

LATVIJAS UNIVERSITĀTE



EVITA KASSALIETE

**REDZES UZTVERES RAKSTURLIELUMI GRAFĒMU
KOGNITĪVAJĀ APSTRĀDĒ**

PROMOCIJAS DARBS

Doktora grāda iegūšanai fizikas nozarē
Apakšnozare: medicīniskā fizika

Rīga, 2015



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē»

Promocijas darbs izstrādāts:
Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes
Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā
laika posmā no 2011. gada līdz 2015. gadam.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr.2009/0138/ 1DP/1.1.2.1.2./ 09/IPIA/ VIAA/004.

Darbs sastāv no ievada, literatūras pārskata un 3 eksperimentālajām nodaļām, literatūras saraksta, 2 pielikumiem.

Darba forma: disertācija fizikas nozarē, medicīniskās fizikas apakšnozarē

Darba zinātniskais vadītājs: Dr. Habil. Phys., profesors, **Ivars Lācis**

Darba recenzenti:

- 1) **Jānis Spīgulis** *Dr.Habil.Phys., profesors, LU Atomfizikas un spektroskopijas institūts;*
- 2) **Zenta Anspoka**, *Dr.Paed., profesore, Rīgas Pedagoģijas un izglītības vadības akadēmija;*
- 3) **Rozhkova Galina Ivanovna**, *Dr.Biol, professor, Institute for Information Transmission Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.*

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2015. gada 11. maijā plkst: 15:00 Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūta konferenču zālē Ķengaraga ielā 8, Rīgā Latvijas Universitātes Fizikas, astronomijas un mehānikas nozares promocijas padomes atklātā sēdē.

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

LU Fizikas, astronomijas un mehānikas zinātņu nozares promocijas padomes

priekšsēdētājs Dr. Habil. Phys., profesors **Jānis Spīgulis**
sekretāre **Laureta Buševica**

SATURS

ANOTĀCIJA	6
ABSTRACT.....	7
DARBĀ IZMANTOTIE APZĪMĒJUMI.....	8
1. IEVADS.....	9
1.1. Darba aktualitāte un motivācija	9
1.2. Darba uzdevumi un mērķi.....	9
1.3. Darba zinātniskā novitāte.....	10
1.4. Autores ieguldījums	10
2. LITERATŪRAS PĀRSKATS.....	11
2.1. Lasīšana.....	11
2.1.1. Lasītprasmes definīcijas:.....	11
2.1.2. Lasīšanas attīstība	12
2.1.3. Lasīšanas un vārda atpazīšanas modeļi.....	12
2.1.4. Lasīšanas novērtēšanas parametri un metodes.....	14
2.1.5. Lasīšanas grūtības	15
2.2. Fonoloģiskās prasmes	17
2.2.1. Nevārdu kodēšana	17
2.2.2. Vārdu atpazīšana	17
2.2.3. Ātrā automātiskā saukšana	19
2.2.4. Īslaicīgā atmiņa	19
2.3. Redzes uztvere un tās svarīgākie raksturlielumi	19
2.3.1. Redzes ceļu organizācija.....	19
2.3.2. Vizuālās informācijas apstrādes ātrums.....	21
2.3.3. Vizuālās uztveres apgabals	22
2.3.4. Burta relatīvā pozīcija un orientācija telpā	26
2.3.5. Okulomotorie (acu kustību) ierobežojumi	27
2.3.6. Tuvuma redzes efektivitātes funkcijas.....	28
2.3.7. Tuvuma redzes efektivitātes funkcijas un lasītprasme.....	32
2.4. Kustības uztvere.....	34
2.4.1. Kustības uztveres mehānisms	34
2.4.2. Kustības uztveri ietekmējošie faktori.....	35
2.4.3. Koherentas kustības uztveres attīstība	39
2.4.4. Koherentas kustības uztvere un lasītprasme	39
3. EKSPERIMENTS I -Redzes uzmanības apgabala, fonoloģisko faktoru un vizuālās automatizācijas ietekme uz grafēmu saukšanas attīstību skolēniem.....	41
3.1. Mērķis, uzdevumi	41
3.2. Metode	41
3.2.1. Dalībnieki.....	41
3.2.2. Pētījuma datorprogramma un stimuli vārda atpazīšanas un nevārda kodēšanas uzdevumā.....	42
3.2.3. Eksperimentālie uzdevumi.....	45
3.3. Analīze	47
3.4. Rezultāti	48
3.4.1. Attīstības trajektorijas	48

3.4.2. Lasīšanas ātruma attīstība bērniem ar būtiski samazinātu lasīšanas ātrumu	54
3.4.3. Samazināta lasīšanas ātruma izplatība	54
3.4.4. Grafēmu uztveres ātruma attīstība un skolēna vecums	55
3.4.5. Daudzfaktoru lineārās regresijas modelis, lasīšanas ātruma izvērtēšanai ..	56
3.4.6. Vārda garuma ietekme uz tā atpazīšanu 2. un 3. klases skolēnu vidū ar atšķirīgu lasīšanas ātruma līmeni	58
3.5. Diskusija	60
3.6. Secinājumi.....	61
4. EKSPERIMENTS II - Kustības uztveres sliekšņa un lasīšanas ātruma attīstība.....	62
4.1. Mērķis	62
4.2. Metode	62
4.2.1. Dalībnieki.....	62
4.2.2. Procedūra	62
4.3. Rezultāti	63
4.4. Diskusija	70
4.5. Secinājumi.....	75
5. EKSPERIMENTS III – Tuvuma redzes efektivitātes funkcijas un lasīšanas ātrums	76
5.1. Mērķis, hipotēze, uzdevumi	76
5.2. Metode	76
5.2.1. Dalībnieki.....	76
5.2.2. Procedūra	77
5.3. Redzes efektivitātes funkciju izvērtējums 1.-4. klases skolēniem	79
5.3.1. Lasītprasme	79
5.3.2. Tuvuma redzes funkcijas un to ietekme uz lasītprasmi	80
5.4. Tuvuma redzes efektivitātes funkciju izvērtējums 7-12 gadīgo un 13-18 gadīgo grupās	85
5.4.1. Teksta skaļas lasīšanas ātrums	85
5.4.2. Redzes funkcijas un to ietekme uz lasīšanas ātrumu	85
5.4.3. Daudzfaktoru lineārās regresijas analīze	89
5.5. Standarta un apgrieztas kontrasta polaritātes stimulu uztvere	90
5.6. Diskusija	91
5.7. Secinājumi.....	92
AIZSTĀVAMĀS TĒZES	93
LITERATŪRAS SARAĶSTS.....	94
AUTORES PUBLIKĀCIJU SARAĶSTS	103
DALĪBA KONFERENCĒS	104
PATEICĪBAS	106
PIELIKUMI	107

ANOTĀCIJA

Lasīšana ir viena no svarīgākajām dzīves prasmēm, kas ļauj vizuāli uztvert un apstrādāt rakstīto un drukāto informāciju. Lasītprasme pilnveidojas bērna vecumā, parasti skolas laikā. Tās attīstību ietekmē personas neuro-bioloģiskie, kognitīvie, psiho-sociālie faktori un arī dažādi ārējie faktori, piemēram, izglītības sistēma, attiecīgās valodas sarežģītība u.c. Apgrūtinātu lasītprasmi parasti saista ar valodas fonoloģiskajām problēmām, taču arī vizuālā uzmanība, redzes uztvere, acu muskuļu koordinācija un redzes funkciju efektivitāte ir svarīgi faktori. Jebkura traucēta funkcija var apgrūtināt lasīšanas procesu. Kā optometristei – redzes speciālistei – man darba izstrādē radās jautājumi: Ar kādām metodēm vislabāk novērtēt skolēnu redzes uztveres traucējumus tuvumā, kas raksturotu lasītprasmi? Cik bieži skolēnu populācijā redzes uztveres traucējumi var radīt samazinātu lasīšanas ātrumu? Vai var izveidot ticamu metodi ar redzes uztveri samazināta lasīšanas ātruma diagnostikai latviešu valodā? Līdz ar to šī darba mērķis bija izpētīt lasīšanas ātruma saistību ar grafēmu uztveres ātrumu latviešu valodā, acu kustību raksturu un koherentas kustības uztveri, kā arī pierādīt, ka pastāv sakarība starp skolas vecuma bērnu redzes uztveri tuvumā un lasīšanas problēmām.

Pētījuma rezultāti ir balstīti uz epidemioloģisku skolēnu ($n = 11000$) redzes funkciju skrīningu, kas papildināts ar datorizētiem lasītprasmes, acu kustību attīstības un koherentas kustības uztveres sliekšņu noteikšanas uzdevumiem.

Izstrādātais pētījums kvantitatīvi izvērtē skolas vecuma bērnu lasīšanas ātruma attīstību, analizējot lasīšanas procesu ar dažādiem vizuālās uztveres un kognitīvajiem uzdevumiem latviešu valodā. Parādīts, ka informācijas daudzumu, ko laika vienībā spēj uztvert redze, ierobežo kognitīvie un motorie procesi. Savukārt vārda uztvere laika vienībā ir par 27% efektīvāka nekā nevārda uztvere, kas pierāda semantikas būtiskumu. Pētījuma rezultātā ir izveidots modelis teksta skaļas lasīšanas ātruma (TSLĀ) (grafēmas sekundē jeb gr/s) izvērtēšanai latviešu valodā:

$$TSL\bar{A}=0,06*a+1,26*b+2,84*c-0,0048*J*(a*b*c)-0,18; (R^2 = 0,77),$$

kur a – vārdu atpazīšana (gr/s), b – DEM(V) rādītājs (gr/s), c – DEM(H) rādītājs (gr/s) un J – koeficients mērvienību saskaņošanai $1 \text{ s}^2/\text{gr}^2$.

Koherentas kustības uztvere, ko neietekmē valodas kognitīvie faktori, attīstās vienmērīgi lēni, un 16% skolēnu ar samazinātu lasīšanas ātrumu uzrāda paaugstinātus uztveres sliekšņus. Kustības uztverē stimula ātrums ($2^\circ/\text{s}$) precīzāk atrod skolēnus ar samazinātu lasīšanas ātrumu. Pētījumā parādīts, ka lēnu lasītprasmi 7% gadījumu nosaka redzes efektivitātes funkciju neadekvāta darbība. Svarīgākās redzes funkcijas ir redzes asums tuvumā, akomodācijas atbildes laiks uz $-2,0 \text{ D}$ optisko stimulu, fuzionālās vergēnces atbildes laiks uz $8 \Delta \text{ BIE}$ prizmu, forijas lielums un stereoredzes sliekšnis.

Atslēgas vārdi: lasīšanas ātrums, redzes uztvere, grafēmas, skolēni

ABSTRACT

Reading is one of the most important life skills that allows us to visually perceive and process written and printed information. Literacy usually develops in childhood during elementary school. Literacy development depends upon individual neurobiological, cognitive, and psycho-social factors, as well as various external factors, including one's educational system, the complexity of one's language, etc. Reading difficulties are typically associated with impairments in phonological awareness; however, reading difficulties may also be the result of impairments in visual attention, visual perception, eye movement coordination, and visual function efficiency. Any impaired function may interfere with reading processing. Optometrists and vision specialists sought answers to the following questions: What methods are available to minimize the effects of perceptual impairments on reading ability in school-aged children? How are visual perception disorders correlated with reading difficulties within the population of school-aged children? Is it possible to create a reliable diagnostic tool – in Latvian – to methodically evaluate reading speed impairments associated with visual perception disorders? These are the questions that drove this work, the purpose of which is the investigation of the relationship between reading speed and grapheme perception speed (in Latvian), as well as eye movement characteristics and coherent motion perception. This study also includes a demonstration of the relationship between near-distance visual perception impairments and reading difficulties in school-aged children.

The results of the study are based on epidemiological screening of visual functions in school-aged children ($n = 11,000$), with additional testing for reading ability, eye movement development, and coherent motion perception thresholds. All testing was executed with the use of specially developed computerized tests.

The study includes a quantitative evaluation of reading speed development in school-aged children by analyzing reading processing (in Latvian) through the use of a variety of visual perception and cognitive tasks. The results reveal that both cognitive and motor processes limit the amount of information perceived per unit of time. The perception of words is 27% more efficient than the perception of nonwords, which demonstrates the effect of semantics (meaning) on information processing. The formula for the evaluation of verbal reading speed (number of graphemes per second or gr/s) in Latvian:

$$\text{ORFT} = 0.06 * a + 1.26 * b + 2.84 * c - 0.0048 * J * (a * b * c) - 0.18; (R^2 = 0.77),$$

where a – word recognition (VWR) (gr/s), b – DEM (V) ratio (gr/s), c – DEM (H) ratio (gr/s), and J – coefficient to dovetail the unit $1 \text{ s}^2/\text{gr}^2$.

The cognitive features of the children's reading language do not affect coherent motion perception; it develops slowly and steadily. 16% of school-aged children who have been categorized as slow readers exhibit high perception thresholds. With respect to motion perception, the use of low speed dot velocities (2 deg/s) facilitates distinguishing slow readers from faster readers. The study demonstrates that inadequate visual functions are responsible for slow reading rates in 7 % of school-aged children. The essential visual functions are visual acuity at near distances, accommodation response time on -2.0 D, vergence response time on 8 Δ base in, heterophoria, and stereopsis.

Keywords: reading speed, visual perception, grapheme, school-aged children

DARBĀ IZMANTOTIE APZĪMĒJUMI

AA	akomodācijas amplitūda
AR vai V	redzes asums
AV +2,0 vai AVP	akomodācijas viegluma testa daļa ar +2,0 D optisko stimulu
AV -2,0 vai AVN	akomodācijas viegluma testa daļa ar -2,0 D optisko stimulu
DEC vienības	decimālās vienības redzes asuma kvantitatīvai mērīšanai
DEM(V)	grafēmu ātrā automātiskā saukšana, iesaistot acu kustības pa vertikāli
DEM(H)	grafēmu ātrā automātiskā saukšana, iesaistot lasīšanas uzdevumam līdzīgas acu kustības pa horizontāli
EKSO	eksoforija
EZO	ezoforija
FORIJA	abu acu stāvoklis (krustots vai nekrustots), iztrūkstot kopīgam, līdzīgam stimulam
Grafēma (gr)	atbilstošās valodas rakstu zīmju sistēmas pamatvienība (burts, cipars, hieroglifs)
IQR	starp kvartīļu apgabals ($Q_3 - Q_1$)
KAP	konverģences atjaunošanās punkts
KTP	konverģences tuvuma punkts
logMAR	logaritmiskā mērvienība redzes asuma kvantitātes mērīšanai
n	skaits
NFR	negatīvās fūziju rezerves
OD	labā acs
OS	kreisā acs
PIV/min	pareizi izlasīti vārdi minūtē
PFR	pozitīvās fūziju rezerves
SD vai STDEV	standartdeviācija jeb standartizkliede
SE	standartklūda
STEREO	stereoredze
TSLĀ	teksta skaļas lasīšanas ātruma tests
VV BĀ	verģences viegluma atbildes laiks ar 8 Δ BĀ
VV BIE	verģences viegluma atbildes laiks ar 8 Δ BIE
Δ	prizmatiskā dioptrijs
VNK	vizuālā nevārda kodēšana
VVA	vizuālā vārda atpazīšana
Q ₁ ;Q ₃	pirmā kvartīle; trešā kvartīle
°	leņķa grādi
'	leņķa minūtes
''	leņķa sekundes
°/s	leņķa grādi/ sekundē

1. IEVADS

Lasītprasme ir visaptveroša spēja izprast, izmantot un pārdomāt rakstu valodas formas, lai iegūtu personīgo un sociālo piepildījumu (Martin, Mullis, & Kennedy, 2007). Lasīšanas procesa attīstība norit skolas laikā (Carver, 1990) un ātra, precīza, uz izpratni vērsta lasītprasme ir būtiska veiksmīga akadēmiskā snieguma sastāvdaļa (Moats & Tolman, 2009). Tās attīstību ietekmē personas neirobioloģiski, kognitīvi, psiho-sociāli faktori un arī dažādi ārējie faktori, piemēram, izglītības sistēma, attiecīgās valodas sarežģītība u.c. (Fletcher, 2009). Pēc starptautiskās skolēnu novērtēšanas programmas (PISA, 2012) rezultātiem Latvijā 17% gadījumu 15 gadus vecu skolēnu lasītprasme ir apgrūtināta. Iegūtie rezultāti atbilst vidējam projektā pētīto dalībvalstu skolēnu līmenim. Taču tie ir identiski ar tādās valodās runājošu skolēnu lasītprasmi, kurās valodas ortogrāfiskās rakstības fonētiskā transkripcija ir sarežģītāka. Proti, Latvijā skolēnu lasītprasme nav pietiekoša.

1.1. Darba aktualitāte un motivācija

Diferencēt apgrūtinātas lasītprasmes cēloņus ir grūti. Izstrādātajiem testiem jābūt aprobētiem attiecīgajā valodā. Zinot, ka lasīšanas traucējumi pamatā ir saistīti ar valodas fononētiskās izpratnes problēmām, interese bija izvērtēt redzes uztveres un efektivitātes funkciju ietekmi lasīšanas procesā. Vizuālās uzmanības kapacitāte, uztveres ātrums, acu muskuļu koordinācija, kustības uztvere un redzes funkciju efektivitāte ir faktori, kas veicina vai apgrūtina rakstu valodas formu (grafēmu, morfēmu, vārdu, teikumu) uztveri (Bosse, & Valdois, 2009); (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001); (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998); (Rayner, 1986); (Nicolson & Fawcett, 2008). Ja kāds no uztveres procesiem ir traucēts, var veidoties lasīšanas traucējumi.

Apzinoties potenciālo risku, attīstītajās valstīs tiek pievērsta papildus uzmanība skolas vecuma bērnu redzes pārbaudēm, jaunu redzes pārbaudes metodiku izstrādei un speciālām redzes korekcijas atbalsta programmām. Epidemioloģiskie bērnu redzes pētījumi rāda, ka skolēnu redze pasliktinās: ASV 25 %, Taivānā 28 %, Ķīnā vairāk nekā 50 % (Lin, et al., 1999). Tuvuma redzes slodzes un citu ekoloģisko faktoru ietekmē cieš arī skolas vecuma bērnu redzes uztvere un var parādīties risks viņu garīgai attīstībai un akadēmiskajam sniegumam

Latvijā skolas vecuma bērnu redzes aprūpe balstās tikai uz tāluma redzes asuma novērtēšanu skolās un vecāku atbildību par bērnu redzes pārbaudēm (MK Noteikumi, 2006). Tuvuma redzes izvērtēšana netiek veikta, taču tieši tuvuma redzes efektivitātes funkcijas kā akomodācija, redzes asums, binokularitāte un acu kustības (verģences un sakādes) primāri nodrošina skaidru, stabilu un vienotu rakstītā vai drukātā teksta uztveri. Mūsdienās informācijas tehnoloģiju attīstības produkti pakļauj riskam sabiedrības veselību, jo sevišķi redzi. Skolas vecuma bērni pavada pie datora monitoriem, mobilajiem telefoniem, grāmatām, mājas darbiem lielu dienas daļu, tāpēc var rasties tādas tuvuma redzes problēmas kā akomodācijas kūtrums, konverģences nepietiekamība vai ekscēss, verģences traucējumi, acu kustību traucējumi u.c. Kā optometristei un redzes uztveres speciālistei svarīgi bija izprast, cik bieži skolēnu populācijā redzes uztveres traucējumi rada samazinātu teksta skaļas lasīšanas ātrumu un ar kādām metodēm ir vislabāk novērtēt tuvuma redzes uztveres traucējumus skolas vecuma bērniem. Būtiskākais, vai var latviešu valodā izveidot ticamu ar redzes uztveri saistītu metodi lasīšanas ātruma diagnostikā?

1.2. Darba uzdevumi un mērķi

Darba mērķis ir izpētīt dažādu ar redzes uztveri un kognīciju saistītu faktoru ietekmi uz lasīšanas ātruma attīstību skolas vecuma bērniem.

Darba uzdevumi:

- Izmantojot matemātisko un dažādu statistiskās analīzes metodiku, kvantitatīvi novērtēt atsevišķo redzes uztveres un kognitīvo faktoru ieguldījumu lasīšanas ātruma attīstībā skolas vecuma bērniem Rīgas latviešu skolās.
- Izstrādāt datorizētus un drukātus uzdevumus redzes uzmanības, atmiņas, telpiskās un temporālās redzes uztveres pētījumiem.
- Noteikt redzes uztveres jutības sliekšņus.
- Noteikt diferenciāldiagnozes sakarības mērķa un pamatgrupā, izmantojot redzes uztveres efektivitātes funkcijas.
- Izstrādāt modeli lasīšanas ātruma novērtēšanai latviešu valodā, izmantojot izveidotus redzes uztveres un kognitīvos testus.

1.3. Darba zinātniskā novitāte

Pirmo reizi Latvijā veikts plašs epidemioloģisks gadījuma kontroles pētījums ($n=11000$), analizējot redzes efektivitātes funkcijas skolas vecuma bērniem saistībā ar lasīšanas ātruma novērtējumu. Redzes funkcionālie traucējumi var sekmēt samazinājumu lasīšanas ātrumā, līdz ar to indivīda akadēmiskā snieguma attīstību.

Pētījuma rezultātā ir izstrādāti uzdevumi redzes uztveres un rakstu valodas dažādu formu **kvantitatīvai** attīstības izvērtēšanai latviešu valodā. TSLĀ (teksta skaļas lasīšanas ātrums), VVA (vizuāla vārda atpazīšana), VNK (vizuāla nevārda kodēšana), DEM (V) (ātrā grafēmu (ciparu) automātiskā saukšana, iesaistot vertikāli vērsta acu kustības) un DEM (H) (ātrā grafēmu (ciparu) automātiskā saukšana, iesaistot horizontāli vērsta acu kustība). Balstoties uz matemātiskās statistikas metodēm, katrā uzdevumā ir izdalītas kritiskās vērtības jeb normas vecuma grupās no 7-18 gadiem.

Izmantojot daudzfaktoru lineārās regresijas analīzi izveidots matemātiskais modelis teksta skaļas lasīšanas ātruma prognozēšanai latviešu valodā.

Kustības uztvere ir viena no vizuālās informācijas komponentēm. Balstoties uz literatūru, tās attīstība norit līdz skolas vecumam (6-7 gadiem) (Paris, 2005); (Hayward, Truong, Partanen, & Giaschi, 2011). Tā kā kustības uztvere nav saistīta ar specifiskām valodas īpatnībām, tā varētu kalpot kā redzes uztveres problēmu indikators lasīšanas procesā. Pateicoties epidemioloģiskajam pētījumam ($n=2027$) izdodas pierādīt, ka kustības uztvere vienmērīgi attīstās, uzrādot samērojamu attīstības tendenci ar teksta skaļas lasīšanas ātrumu skolēniem pēc 13 gadu vecuma. Iegūtie koherentas kustības uztveres sliekšņi, kas iegūti ar adaptīvo trepjveida psihofizikālo metodi, balstoties uz 4 alternatīvu piespiedu izvēles procedūru ir ticami un pielietojami skolas vecuma bērnu vizuālās uztveres kustības komponentes izvērtēšanā. Pie stimula kustības ātruma $2^{\circ}/s$ tie var kalpot kā diferenciāldiagnostikas rīks skolēnu grupai, kurai samazināts lasīšanas ātrums var tikt saistīts ar redze uztveres īpatnībām.

1.4. Autores ieguldījums

Lielākā daļa pētījuma ir veikta LU Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas projekta „Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde” ietvaros. Datorizētās programmas ir izveidotas LU Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā, pamatojoties uz autores izstrādātajiem nosacījumiem. Darba autore kā redzes speciāliste - optometriste (komandā) ir veikusi redzes efektivitātes funkciju novērtēšanu 11000 skolēniem 28 Rīgas skolās. Pārbaude veikta skolēniem vecuma grupās no 6-19 gadiem. Projekta virzībai un rezultātu ieguvei, izstrādāta metodika redzes efektivitātes funkciju diagnostikā un izdoti 2 mācību materiāli.

Darba autore ir veikusi koherentas kustības sliekšņu un lasīšanas ātrumu raksturojošo parametru mērījumus, datu apstrādi un analīzi. Koherentas kustības uzdevuma analīze tika veikta Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā, izvērtējot testa raksturlielumus. Pētījumu analīze ir veikta un secinājumi izdarīti, autorei apspriežot iegūtos rezultātus ar Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas darba kolēģiem.

Par šī darba ietvaros iegūtajiem rezultātiem ir sagatavoti un prezentēti 16 ziņojumi starptautiskās konferencēs, 1 ziņojums starptautiskā konferencē-skolā un 23 ziņojumi vietējās konferencēs. Darba rezultāti ir apspriesti Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūta zinātniskajā seminārā 2014. gada 24. septembrī. Galvenie rezultāti publicēti 6 zinātniskos žurnālos.

2. LITERATŪRAS PĀRSKATS

2.1. Lasīšana

Lasīšana ir sarežģīts process, kas ļauj vizuāli uztvert un apstrādāt rakstītā vai drukātā veida informāciju. Tā ir mācīšanās balsts, apkārtējās pasaules izziņošanas instruments, līdz ar to ir viena no svarīgākajām dzīves prasmēm.

Lasīšana ir psihofizioloģisks un okulomotors process. Kura pamatā mijiedarbojas redzes, runas, kustību un dzirdes analizatori, bet okulomotorajā procesā lasītājs pārvieto savu skatu tieši pa lasāmo tekstu. Atsevišķu burtu (grafēmu) pareizrakstības analīze norisinās sākotnējos redzes uztvērējos, kas atbild par orientāciju, telpisko frekvenci un burtu kontrastu. Vārdu krājuma izmantošana ir kognitīvs process. Burtu rinda, kura veido vārdu ar nozīmi, tiek pielīdzināta šīs burtu rindas vārdiem no ilgtermiņa atmiņas attiecīgajā valodā. Valoda veidojas no specifiskas atbildes par apzinātu vārdu lasīšanu (Legge, 2007).

Zināms, ka bērniem ar mācīšanās traucējumiem grūtības parasti izpaužas vienā vai vairākās no četrām pamata sfērām, kuras nosaka informācijas netraucētu apstrādi: kā uzmanība, vizuālā uztvere, valodas signālu apstrāde un muskuļu koordinācija (Smita & Strika, 1997). Ja kāds no procesiem vai posmiem, kuri palīdz analizēt un uztvert tekstu, ir traucēti, tas ietekmē lasīšanu un atspoguļojas lasīšanas prasmēs (Nicolson & Fawcett, 2008).

Vārdu ar nozīmi atpazīšana norisinās galvenokārt smadzeņu kreisajā puslodē, vidējā pakaušādeniņu krokā jeb „*Fusiform gyrus*” VWFA (*visual word form area*) laukā (McCandliss, Cohen, & Dehaene, 2003). Savukārt, lasīšanas okulomotorā komponente uzsāk papildus aktivitāti smadzeņu centrālās krokas, pieres un vidussmadzeņu zonās - FEF (*frontal eye field-BA8*), SEF (*supplementary eye field- BA6*), IPS (*intraparietal sulcus*), SC (*superior colliculus*), kas koordinē acu kustības vizuālās uzmanības un sensoro maņu ietekmē (Schall, 2004).

Vārdu atpazīšanas un lasīšanas procesa neirālais modelis balstās uz ventrālā jeb priekšējā ceļa un dorsālā jeb mugurējā ceļa fizioloģiskajām un anatomiskajām īpatnībām. Lai gan abi šie vizuālās informācijas ceļi ir samērā atšķirīgi, vārdu atpazīšanas un lasīšanas procesā tiem jādarbojas vienoti. Dorsālais jeb mugurējais jeb „Kur?” ceļš nodrošina redzes attēla uztveršanu telpā un tā atpazīšanu. Informācija no dorsālā ceļa tālāk tiek nodota ventrālajam ceļam vai arī virzīta atpakaļ uz primāro redzes garozu pakauša daivā sīkākai apstrādei. Ventrālais jeb priekšējais jeb „Kas?” ceļš ir atbildīgs par redzes attēlu atpazīšanu un pārvēršanu skaņās, kā rezultātā tiek izlasīta noteikta teksta vienība. Informācija no ventrālā ceļa tiek tālāk nogādāta uz deniņu daivu, kur iegūtā jaunā informācija tiek salīdzināta ar to informāciju, kas jau glabājas atmiņā, tādējādi nodrošinot atpazīšanu, kā arī atpazītās vizuālās vienības pārvēršanu skaņā (Pammer, Hansen, Holliday, & Cornellsen, 2006). Līdz ar to abi šie ceļi, gan ventrālais, gan dorsālais, savstarpēji sadarbojas vārdu atpazīšanas procesā (Rosazza, Cai, Minati, Paulignan, & Nazir, 2009). Vārdu atpazīšanu ietekmē arī magnocelulārie ceļi. Magno ceļš veido saikni starp ārējo ceļgalveida ķermeni un primāro redzes garozu, nodrošinot lielāko daļu informācijas dorsālajam ceļam. Tādējādi jebkurš traucējums magno ceļos ir kritisks spējai uztvert vizuālu attēlu. Magno ceļš tiek uzskatīts arī par būtisku sistēmu netraucētam lasīšanas procesam, kā arī vārdu atpazīšanā (Chouake, Levy, Javitt, & Lavidor, 2012).

2.1.1. Lasītprasmes definīcijas:

Lasītprasmes definīcijas ir daudz un dažādas. Kopumā tās iedala 4 grupās:

1. Akcentē rakstītā vārda atpazīšanu, bet minimāla uzmanība tiek pievērsta teksta jēgai, tādējādi uzsverot pareizu lasīšanu, burtu un skaņu attiecību ievērošanu (*Elkoņins D.B „Lasīšanas ir vārda skaņu formas atveidošana, balstoties uz tā grafisko apzīmējumu”*)
2. Akcentē valodas psiholoģisko pusi, kur lielāks uzsvars tiek likts uz lasītā teksta jēgas izpratni, nevis uz pareizību (Levy, Abello, & Lysynchuk, 1997).
3. Iesaista kognitīvos procesus, kas noskaidro mērķi, veido spriedumu, novērtē tekstu un pārrunā to.
4. Ietilpst psiholingvistiskās un kognitīvās lasīšanas pamatnostādnes kā motivācija un darbošanos ar rakstu materiāliem: „*Lasītprasme ir visaptveroša spēja izprast, izmantot un pārdomāt rakstu valodas formas, lai iegūtu personīgo un sociālo piepildījumu*” (Martin, Mullis, & Kennedy, 2007); (Helviga & Rakēviča, 2008).

2.1.2. Lasīšanas attīstība

Lasītprasmes apguve attīstās līdz 4.klasei (Helviga & Rakēviča, 2008). Savukārt *Paris* uzrāda, ka pirmais, kas bērnam piedzimstot, sāk attīstīties, ir artikulācija. Pirmajos 3 dzīves gados strauji pieaug vārdu krājums, kas turpina pilnveidoties visu skolas laiku. Tālāk notiek sintakses un lingvistikas attīstība. Vārdu atpazīšana, kodēšana un kā pēdējā attīstās sapratne par lasīto tekstu, kas veidojas no 5-7 gadu vecuma un strauji attīstās līdz 12-15 gadu vecumam (Paris, 2005). Lasīšanas ātrums būtiski pieaug no 7 gadu vecuma līdz 15 gadu vecumam, vidēji par 14 standarta garuma vārdiem minūtē katru gadu (Carver, 1990).

Pēc *Frith* modeļa izdala trīs lasīšanas attīstības posmus:

1. Pirmais no tiem ir logogrāfiskais līmenis, kad tiek veidota saikne starp redzamo, labi pazīstamo vārda grafisko attēlu un tā izrunāšanu. Šajā stadijā ir raksturīga lēna un kļūdaina lasīšana.
2. Nākamais līmenis ir alfabētiskais līmenis, kurā ir veidojas spēja radīt atbilstību starp burtiem un skaņu, kas noved pie jauna vārda izpratnes. Izzinot, ka valoda var tikt attēlota grafiskos simbolos, šī spēja būtiski atvieglo fonoloģiskās sapratnes rašanos. Pieredzējušam lasītājam spēja pārveidot atsevišķas rakstu zīmes (grafēmas) par atbilstošu skaņu (fonēmu), tā sauktais fonoloģiskais ceļš uz lasīšanu, spēlēt nozīmīgu lomu lasot jaunus vai bezjēdzīgus vārdus.
3. Pēdējais līmenis lasīšanas attīstībā ir ortogrāfiskais līmenis, un šajā līmenī vārdi tiek atpazīti pēc to vizuālās formas. Tas attīsta raitāku lasīšanu nekā izrunājot vārdus burtu pa burtam. Ortogrāfiskais līmenis, saukts par „redzes ceļu”, apstrādā ātru un automātisku lasīšanu, un tas ir visizplatītākais lasīšanas veids pieredzējušiem lasītājiem, kuri lasa pazīstamus vārdus (Frith, 1986).

2.1.3. Lasīšanas un vārda atpazīšanas modeļi

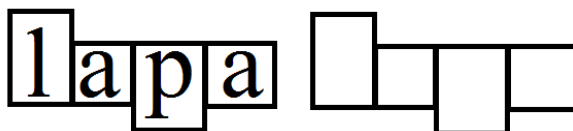
Literatūrā ir sastopami vairāki lasīšanas modeļi, kas skaidro lasīšanu caur vārda atpazīšanas, sintakses, runas apstrādes un acu kustību kontroles modeļiem (Rayner, & Reichle, 2010).

Šos modeļus visbiežāk iedala divās grupās - ar atšķirīgu viedokli par to, vai lasīšanas laikā valodas apstrādei ir vai nav ievērojama loma acu kustību vadīšanā. Okulomotorās apstrādes modeļos teksta raksturīgās īpatnības - (piem., vārdu garums), redzes raksturojošie parametri - (piem., redzes asums) un okulomotorā sistēma - (piem., sakāžu precizitāte) galvenokārt nosaka fiksācijas vietu. Papildus pieņēmums ir, ka fiksācijas ilgums ir lielākoties atkarīgs no tā, kurā vārda vietā ir fiksēts skatiens. Kognitīvajos apstrādes modeļos lasīšanas laikā valodas apstrāde ir galvenais acu kustību virzītājs. Saskaņā ar šo modeli, lēmumu par to, cik ilgi tiks fiksēta acs, nosaka valodas apstrāde, bet lēmumu par to, kur tiks fiksēts, nosaka lingvistiskie, vizuālie un okulomotorie faktori vienkopus (Reichle, Pollatsek, Fisher, & Rayner, 1998).

Tradicionāli vārdu atpazīšanas modeļos izšķir 3 etapus – vārda sadalīšana rakstu zīmēs, rakstu zīmju uztveršana un atpazīšana un visa vārda pēcapstrāde (Ho, Hull, & Srihari, 1992). Taču ir atklāts, ka šis nebūt nav vienīgais vārdu atpazīšanas veids. Līdz ar to vārda atpazīšanas modeļi iedalās 3 grupās:

Vārda formas - Pēc *Cattell, 1886* vārds netiek sadalīts pa burtam, bet gan tiek uztverts viss vārds vienlaicīgi, balstoties tikai uz tā formu pēc pieredzes. Šim modelim izšķir divus apakštipus:

- Kad vārdi tiek atpazīti pēc augstajām (piem., *b, d, t*), zemajām (piem., *p, g, j*) un neitrālajām (piem., *a, s, k*) grafēmām. Skatīt 2.1. attēlu.



2.1. attēls. Vārdu atpazīšanas modelis, kur vārdi tiek atpazīti pēc burtu formas (Larson, 2004).

- Kad vārds tiek atpazīts tikai pēc tā ārējās formas. Skatīt 2.2. attēlu.

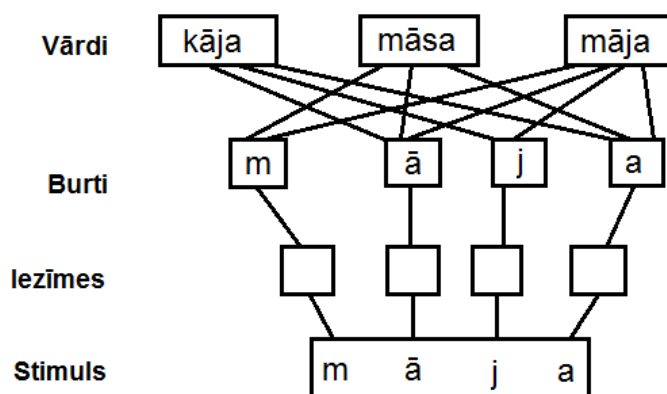
l a m p a

2.2. attēls. Vārdu atpazīšanas modelis, kur vārdi tiek atpazīti pēc ārējās formas (Larson, 2004).

Lai gan šis vārdu modelis nodrošina, ka vārds tiks atpazīts ļoti ātri (pat 5-10ms) Šāds vārdu atpazīšanas modelis var radīt kļūdas, jo pastāv iespēja sajaukt attēloto vārdu ar kādu citu līdzīgas formas vārdu. Modelis ir pielietojams tikai tad, ja attēlotais vārds lasītājam ir ļoti zināms, saprotams un šī vārda atpazīšanā viņš var izmantot iepriekš iegūto pieredzi.

Secīgu burtu atpazīšana – vārds tiek uztverts burtu pa burtam secīgi lasot no kreisās uz labo pusi. Viena burta uztveršanai vidēji ir nepieciešams aptuveni 10 – 20 ms. Šādā veidā īsāki vārdi tiek atpazīti ātrāk nekā garāki vārdi.

Paralēla burtu atpazīšana - šajā gadījumā vairāki burti vārdā tiek atpazīti vienlaikus, un informācija par šiem burtiem tiek izmantota tālāk, lai atkodētu visu vārdu. Pirmajā apstrādes stadijā nepieciešams atpazīt atsevišķo rakstu zīmju īpašās iezīmes - horizontālās vai vertikālās līnijas, liekumus. Tālāk informācija par šīm iezīmēm nonāk burtu atpazīšanas stadijā, kur visi vārda burti tiek atpazīti vienlaikus. Informācija par burtiem tālāk nonāk vārda atpazīšanas stadijā, kur, izmantojot iegūto informāciju, tiek atmesti visi līdzīgie vārdi, līdz tiek iegūts īstais vārds, ko redzējis lasītājs (Larson, 2004). Skatīt 2.3. attēlu.



2.3. attēls. Vārdu atpazīšanas modelis, kur vārdi tiek atpazīti, vienlaicīgi atkodējot vairākus vai visus burtus vārdā (Larson, 2004).

Plaši literatūrā pazīstams ir DRC (Dual Route Cascaded) modelis, kas norāda uz vārda garuma ietekmi mācoties lasīt. Tas ietver galvenās valodas komponentes - rakstīto un dzirdēto vārdu. Šajā modelī sākotnējs lasītājs darbojas pa ceļu, kurā netiek iesaistīta leksika jeb vārdu krājums jeb fonoloģiskais ceļš. Fonēmas (runas minimālā vienība – skaņa) un grafēmas (rakstu zīmju sistēmas pamatvienība) tiek atkodētas fonēmās secīgi. Katra burta uztveršanai un atpazīšanai nepieciešams 10-20ms ilgs laiks, lai veiksmīgi atpazītu vārdus. Šis modelis vairāk tiek izmantots, mēģinot atpazīt kādu lasītājam svešu, jaunu vārdu vai mācoties lasīt. Savukārt pieredzējis lasītājs pielieto uzkrāto pieredzi par vārda formu, vārdu krājumu un to nozīmi, tverot grafēmas paralēli, izmantojot leksisko ceļu (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001).

Vispopulārākā vārda atpazīšanas stratēģija psiholingvistu vidū ir MTM (Multi-Trace Memory) modelis, kur ortogrāfija un fonoloģija darbojas pēc kārtas. Vispirms ir vizuālais uzmanības logs (*visual attentional window*) jeb globālais, kas aptver visus vārda burtus. Visi burti tiek apstrādāti paralēli. Ja vārds netiek atpazīts šajā logā, tad tas tiek apstrādāts analītiskajā posmā. Šis posms tiek balstīts uz vārda zilbju vai pat grafēmu aktivizēšanu. Pazīstamos vārdus lasa uzmanības logā, bet nepazīstamie vārdi tiek lasīti caur analītisko ceļu. Analītiskajā posmā burti tiek apstrādāti secīgi, rezultātā garos vārdos lasīšana kļūst lēnāka. Ja lasījumā ir daudz kļūdu un tā ir lēnāka, tiek pieņemts, ka problēmas ir analītiskajā posmā vai arī uzmanības logā. Kad vizuālais uzmanības logs ir samazināts, tad lasīšanas process balstās uz analītisko apstrādi jeb fonoloģisko izpratni (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998).

Iepriekšminētajos modeļos netiek izvērtēta acu kustību nozīme lasīšanas procesā. Tāpēc E-Z Reader modelis aktualizē acu kustību kontroli saistībā ar lasīšanu (Reichle, Pollatsek, Fisher, & Rayner, 1998). Tas balstās uz to, ka fiksācijas ilgumu lasīšanas procesā nosaka lingvistiskā datu apstrāde. Šajā

modelī vārda atpazīšanas process ir dzinējspēks, lai notiktu lasīšana. Augstākās kārtas procesi iejaucas acu kustību kontrolē tikai tad, kad kaut kas ir nepareizi, un lasīšanu ietekmē ar signālu, kas liek pārtraukt kustību uz priekšu vai veikt regresijas kustību. Tādēļ, ar E – Z lasīšanas modeli var skaidrot tādu lasīšanas procesu, kur augstākās kārtas lingvistiskā apstrāde norit mierīgi un neietekmē to. Šis modelis nepaskaidro, kādēļ rodas regresijas starp vārdiem. Šajā modelī uzskata, ka lasot informācijas apstrāde notiek tikai par vienu vārdu. Vizuālās pazīmes, no kurām sastāv lasāmais teksts, no tīklenes projicējas uz sākotnējo vizuālās apstrādes posmu, kuru pārstrādes ātrums ir atkarīgs no ierobežotā redzes asuma. Okulomotorā sistēma izmanto informāciju par zemajām telpiskām frekvencēm (piem., vārda robežas), lai noteiktu nākamās sakādes īpašības. Pirmais posms leksikas apstrādē dod signālu okulomotorajai sistēmai, lai sāktu programmēt sakādi uz nākošo vārdu. Vārda identifikācijas otrā posma beigas rada pamudinājumu, lai pārceltu un pievērstu uzmanību uz nākamo vārdu. Sakāžu programmēšana tādējādi ir atkarīga no uzmanības pārvietošanas jeb redzes uztveres apgabala (Reichle, 2002); (Feng, 2009). Redzes uztveres apgabals (*perceptual span*) ir horizontāli izkārtotu grafēmu skaits lasīšanas uzdevumā, kas tiek uztverts vienas fiksācijas laikā. Uztveres apgabals pieaugušiem cilvēkiem ietver sevī aptuveni 14 – 15 zīmes pa labi un 3 – 4 zīmes pa kreisi no fiksācijas objekta (Legge, Cheung, Yu, Lee, Owens, & Chung, 2007); (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007).

Foveola ir 0,35 mm (1,5°) liela acs tīklenes anatomiskā struktūra ar maksimālo optisko izšķirtspēju, kur vienā fiksācijas laikā vidēji nonāk 4 – 5 simboli. Simbolu skaitu ierobežo grafēmu izmēri un tīklenes funkcionālā optiskā izšķirtspēja jeb redzes asums. Fiksējot garākus vārdus, izmanto redzes uztveres apgabalu, lai tos uztvertu. Informācija tiek daļēji apstrādāta parafoveolā jeb foveā, kas aptver 5° lielu tīklenes apgabalu (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003). Tā kā parasti vārdi nav garāki par 8 – 10 burtiem, tie var tikt uztverti vienā fiksācijas reizē. Lai gan uztveres apgabals nodrošina garu vārda uztveršanu vienā fiksācijas laikā, tas neuzlabo lasīšanas ātrumu (Legge, Cheung, Yu, Lee, Owens, & Chung, 2007); (Legge, Ahn, Klitz, & Luebker, 1997). Iemesls tam ir informācijas apstrādes ātrums, kas foveolā ir ātrāks nekā parafoveolā, atšķirīgās optiskās informācijas apstrādes dēļ. Ja fiksācijas reizē tiek uztverti vairāki īsi vārdi, kāds no vārdiem, kas nonāk parafoveolā, var tikt izlaists (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003). Otrs iemesls ir zemā optiskā izšķirtspēja pie garu vārdu redzes uztveres apgabala labās robežas, kas veicina jaunas sakādes veidošanos un atbilstošā tempa krišanos. Tādēļ papildus uztveres apgabalam ir ieviests arī vārda atpazīšanas apgabals (*word identification span*), kura ietvaros lasītājs var atpazīt vārdu vienas fiksācijas laikā. Šis apgabals ir mazāks nekā uztveres apgabals un iekļauj sevī aptuveni 7 simbolus pa labi no fiksācijas objekta (Hand, 2010). Vārda atpazīšanas apgabala lielums gan ir atkarīgs no lasīšanas ātruma – mazākam uztveres apgabalam, sakādes ir īsākas, līdz ar to lasītājs ir lēnāks.

SWIFT modelis (*Saccade-generation With Inhibition by Foveal Targets*) – sakāžu veidošanās, kavējoties foveolārajam attēlam. Šis lasīšanas modelis ir tikai okulomotorās apstrādes modelis, kur galvenā nav valodas apstrāde, bet gan vizuālās īpašības (piem., vārda garums), bet fiksāciju vietas nosaka redzes un okulomotorās funkciju īpašības (piem., redzes asums un sakādisko funkciju īpatnības) (Reichle, 2002). Ja E-Z lasīšanas modelī tiek uzskatīts, ka uzmanība vienlaicīgi tiek pievērstā vienam vārdam, tad *SWIFT* modelī leksikas apstrāde vienlaicīgi notiek apmēram četriem vārdiem (viens vārds līdz 4 – 5 burtiem). Šajā modelī arī pastāv uzskats, ka sakāžu programmēšana notiek automātiski, bet šis programmēšanas laika intervāls nav konstants. *SWIFT* modelī leksikas apstrāde nav acu kustību virzītājs, bet gan sakādes, kuru programmēšana notiek automātiski (Feng, 2009); (Reichle, 2002).

Minimālās kontroles (*Minimal control*) modelis, lingvistiskie vai kognitīvie procesi neietekmē fiksācijas ilgumu un sakāžu garumu, bet to ietekmē tikai teksta uzbūve. Modeli pavada aksiomas, ka fiksācijas ilguma sadalījums un nejauši kustības procesi nosaka acs kustību tekstā: fiksācijas ilgumu nosaka dažādās funkcionālās operācijas, kuras ir jāizpilda fiksācijas laikā, kā arī pieņemtais laiks, kas nepieciešams, lai veiktu vienu funkcionālo operāciju. Savukārt acu kustība uz priekšu tekstā norit tikai pēc pabeigtas teksta apstrādes vai pazūdot no atmiņas informācijai atgriežas pie iepriekšējās, veicot regresiju (Reichle, 2002).

2.1.4. Lasīšanas novērtēšanas parametri un metodes

Lasītprasmi raksturo tādi kvalitātes rādītāji kā:

- Precizitāte jeb izlaisto, apmainīto, atkārtoto burtu vai vārdu procentuālā daļa,
- Ātrums jeb izlasīto vārdu skaits laika vienībā,
- Izteiksmīgums, ko raksturo apzinātība.

Apzinātību var uzskatīt par galveno kvalitatīvas lasīšanas pazīmi. Tā dod lasīšanas mērķi – gūt informāciju, uztvert saturu un pārdomāt to. Savukārt, apzinātību ietekmē precīza un plūstoša lasītprasme, intelekta līmenis un motivācija (Torgesen, 2006).

Lai izprastu lasīto tekstu, jāapgūst visi lasīšanas kvalitātes rādītāji. Lasīšanas kvalitātes pārbaude domāta skolēnu attīstības dinamikas noteikšanai un skolēnu pašvērtējumam. Psiholingvisti Latvijā iesaka šādus lasīšanas ātruma rādītājus:

- 1.klasē – 45–60 vārdi minūtē,
- 2.klasē – 60–80 vārdi minūtē,
- 3.klasē – 80–90 vārdi minūtē,
- 4.klasē – 100–120 vārdi minūtē. (Helviga & Rakēviča, 2008)

Darbā par lasītprasmes novērtēšanas kritēriju tika ieviests skaļas lasīšanas ātrums, jo neatbilstošs lasīšanas temps negatīvi ietekmē lasītā teksta satura uztveri. Lasīšanas ātrums nav konstants lielums, tas mainās ne tikai dzīves laikā (Carver, 1990), bet arī stresa, lasāmā teksta sarežģītības, koncentrēšanās spēju dēļ. Vidēji lasīšanas ātrums var svārstīties no 100-300 vārdiem/minūtē (Bell, 2001); (Nicolson & Fawcett, 2008). Lasīšanas ātrumu ir iespējams uzlabot, palielinot lasīšanai veltīto laiku, jeb praksi (Levy, Abello, & Lysynchuk, 1997). Savukārt, lasīšanas ātrumu nosaka artikulatīvās fonētikas precizitāte, automātiskums jeb vizuālās informācijas apstrādes ātrums, pieredze jeb valodas sintakses un ortogrāfijas zināšanas, atmiņa un leksika jeb vārdu krājums (Bell, 2001). Ir dažādi veidi kā mērīt lasīšanas ātrumu:

- Plūstošā teksta metode - noteiktā ātrumā viena rindiņa teksta kustās no displeja labās puses uz kreiso. Dalībnieks lasa tekstu skaļi. Nosaka ātrāko teksta pārvietošanās ātrumu, kur atbilstošo stimulu ir bijis iespējams pareizi atbildēt. Procentuāli pareizi izlasītie vārdi un teksta pārvietošanās ātrums ir psihometriskā funkcija, ko uzskata par lasīšanas ātrumu. Testa priekšrocība ir iespējā mainīt burtu parametrus, bet grūti ir salīdzināt ar ikdienas lasīšanas taktiku.
- Strauju sēriju vizuāla metode (*RSVP- rapid serial visual presentation*) - uz datora ekrāna konstantā vietā tiek rādīti vārdi pa vienam noteiktu laika sprīdi. Testa specifika neiesaista acu kustības – sakādes. Šādi novērtēts lasīšanas ātrums ir būtiski augstāks (Oquist, 2001).
- *Flashcard* metode – testā izmanto drukāto tekstu, ko lasa skaļi un novērtē laiku, kādā tiek izlasīts norādītais tests. Uzdevums tiek dots pēc iespējas ātrāk un precīzāk veikt uzdevumu. Lasīšanas ātrumu aprēķina, ņemot vērā pieļautās kļūdas (Legge, 2007).

2.1.5. Lasīšanas grūtības

Mācīšanās grūtības ir attiecināmas uz nevienmērīgu traucējumu kopu ar nozīmīgām problēmām izmantot klausīšanās, runāšanas, lasīšanas un rakstīšanas spējas. Lasīšanas disfunkciju raksturo nespēja iemācīties lasīt pie vidēja vai augsta inteligences līmeņa, pie atbilstošas izglītības kvalitātes, netraucētas sensorās uztveres (redze, dzirde). Kā otrs nosaukums tiek lietots – disleksija (Chouake, Levy, Javitt, & Lavidor, 2012). Cilvēkiem ar disleksiju ir raksturīga disgrāfija – parasti ir arī grūtības rakstīt, piemēram, viņi izlaiž burtus, jauc to kārtību, jauc vārda skaņu un zilbju sastāvu, viņiem ir nesalasāms rokraksts. Taču lasīšanas traucējumiem nav nekāda sakara ar intelektu; vairumam cilvēku ar specifiskiem lasīšanas traucējumiem intelekts ir vidējs vai augstāks par vidējo (Birzniece, 2013).

Disleksija jeb lasīšanas grūtības ir neirobioloģisks traucējums. Tas parasti saistās ar apgrūtinātu precīzu un/vai raitu vārdu atpazīšanu un apgrūtinātu kodēšanas spēju, kā rezultātu traucētai valodas fonoloģijai, ko ietekmē arī citas kognitīvās komponentes. Problēmas valodas fonoloģiskajā izpratnē var novest pie teksta apzinātības problēmām, samazinātas lasīšanas pieredzes, vārdu krājuma un grūtībām mācībās (IDA); (Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003).

Literatūrā ir atrodamas vairākas definīcijas, kas skaidro lasīšanas grūtības. Iemesls tam ir daudzās hipotēzes par lasīšanas grūtību cēloņiem. Par galveno disleksijas cēloni izdala izmaiņas kognitīvās uztveres līmenī, kura izpētes laikā ir radušās trīs hipotēzes:

- Fonoloģiskā deficīta hipotēze (Stanovich, 1988)
- Dubultā deficīta hipotēze (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004)
- Automatizācijas deficīta hipotēze (Nicolson, Fawcett, 1990)

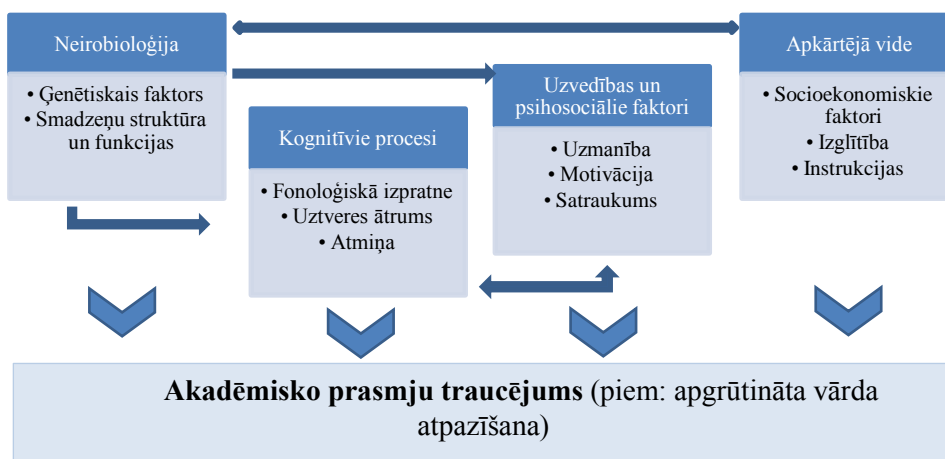
Savukārt neirobioloģiskajā līmenī izdala:

- Smadzeņu garozas struktūras atšķirības (Galaburda, 2005)
- Magnošūnu deficīta hipotēzi (Stein, & Walsh, 1997)
- 1. Redzes uztverē (Lovegrove, Bowling, Badcock, & Blackwood, 1980); (Livingstone, Rosen, Drislane, & Galaburda, 1991)

2. Dzirdes uztverē (Tallal, 1980)

- Smadzeņu gan strukturālās gan funkcionālas izmaiņas, kas atbild par motorajām prasmēm un automatizācijas procesu, (Ramus, Pidgeon, & Frith, 2003).

Fletcher, 2009. gadā izdala vairāku uztveres līmeņu ietekmi uz apgrūtinātu vārda atpazīšanu, kas noved pie mācīšanās traucējumiem. Līmeņu savstarpējā saistība sasaucas ar izvirzīto hipotēžu pamatteorijām. Savstarpējā līmeņu saistība atainota shēmā (Fletcher, 2009). Skatīt 2.4. attēlu.



2.4. attēls. Uztveres līmeņi un vārda atpazīšana (Fletcher, 2009).

Lasīšanas grūtības iedala divās galvenajās grupās: attīstības un iegūtas lasīšanas grūtības jeb disleksija. Attīstības disleksija ietekmē cilvēku bērnībā un apgrūtinā lasīšanas un mācīšanās procesa attīstību. Savukārt iegūtas lasīšanas grūtības jeb aleksija, rodas pēc galvas traumām vai triekas (Norton & Wolf, 2012).

Nozīmīgu darbu par attīstības disleksiju veica neirologs S. Orton un atklāja teoriju, ka lasot, burti un vārdi tiek mainīti vietām, nepareizas smadzeņu darbības dēļ, bet tas būtiski neietekmē cilvēka intelektuālās spējas. 10% no populācijas var skart attiecīgā problēma (Norton & Wolf, 2012). Witton *et al.*, min, ka disleksija vai specifiskas lasīšanas grūtības ietekmē apmēram 3-9% no skolas vecuma bērnus (Witton, u.c., 1998). Anthony *et al.* apraksta, ka disleksijas izplatība ir 5-10% (Anthony & Francis, 2005). Badinans savā pētījumā starp 4. mācību gada skolas audzēkņiem uzrāda, ka 4% novēro lasīšanas grūtības un zēniem tās izpaužas 2,5 reizes biežāk nekā meitenēm (Badian, 1984).

Zinātniskajās publikācijās joprojām nav vienprātības par to, kas noved pie lasīšanas grūtībām. Jakobs savā darbā akcentē četras specifiskas jomas, kas ir saistītas ar lasīšanas grūtībām. Tās ir: fonoloģiskā sapratne, ātrā automātiskā saukšana, dubultā deficīta hipotēze jeb apgrūtināta fonoloģiskā sapratne un ātrā automātiskā saukšana kopā un vizuālā ortogrāfiskā uztvere jeb sašaurināts vārda atpazīšanas apgabals. Šīs četras jomas ir viegli atpazīt, bet tās ir grūti definēt. Katra no tām ietver vairākus faktorus, kur visi ir saistīti ar lasīšanu un/vai lasīšanas grūtībām (Jacobs, 2007).

Savukārt Moats & Tolman norāda trīs iemeslus, kāpēc var rasties lasīšanas grūtības, kuras parasti pārklājas, bet tās ir iespējams atšķirt:

- a. Fonoloģiskais deficīts, pamata problēma ir mutiskajā valodā. Nespēja saprast saistību starp vārdu un tā izrunu (Mubanga, 2010).
- b. Ātrā vārdu saukšana jeb ortogrāfiskās apstrādes deficīts, iespaido ātrumu un precizitāti.
- c. Sapratnes deficīts (Moats & Tolman, 2009).

Fletcher *et al.* 2007. gada pētījumā lasīšanas grūtības atlasīja pēc pamata lasīšanas spējām, izmantojot par kritēriju 30. procenti. Gandrīz visiem sliktajiem lasītājiem 70-80% bija problēmas ar pareizu vārdu atpazīšanu atkodēšanu, kas izpaudās kā traucējumi fonoloģiskajos procesos. Bērniem bija grūtības iemācīties skaņas-simbolu saistību un izrunāt vārdus. Šiem bērniem parasti tiek attiecināts termins disleksija. Pārējiem 10-15% bija grūtības ar lēnu vārdu atpazīšanu un teksta lasīšanu jeb automātiskumu. Toties tiem bija relatīvi labi sasniegumi fonoloģiskās sapratnes uzdevumos. Atlikušajiem 10-15% nebija nekādu problēmu vārdus atpazīt, bet bija problēmas ar to saprašanu. Šie sliktie lasītāji no bērniem ar disleksiju atšķiras ar to, ka tie spēj izlasīt vārdus pareizi un ātri, bet iztrūkst sapratnes

(Fletcher, 2009); (Moats & Tolman, 2009). Pamatojoties uz atradnēm autori secina, ka lasīšanas grūtību apakštipi balstās pamatā uz fonoloģisko sapratni, ātro automatisko saukšanu un leksiku jeb vārdu krājumu (Fletcher, Fooman, Boudousquie, Barnes, Schatschneider, & Francis, 2002). 2002. gada pētījumā *Wolf et al.* secināja, ka fonoloģiskās sapratnes deficīts ir 19% pētāmās grupas bērniem, ātrās automatiskās saukšanas deficīts 15% bērnu, 60% bija dubultdeficīts, bet 6% nevienu apakš klasifikāciju nevarēja piešķirt (Wolf, Goldberg O'Rourke, Gidney, Lovett, Cirino, & Morris, 2002).

2.2. Fonoloģiskās prasmes

Pēc *Wagner & Torgesen* fonoloģiskajai uztverei var tikt izdalīti trīs galvenie aspekti: grūtības segmentēt vārdus pa fonēmām jeb fonētiskās izpratnes trūkums; grafēmu, zilbju, vārdu automatiskās atpazīšanas traucējumi pēc formas, ortogrāfijas jeb fonētiskās segmentācijas traucējumi, kas parasti tiek novērtēti ar ātrās saukšanas testiem; apgrūtinātu informācijas saglabāšanu darba atmiņā - daļā no ilglaicīgās atmiņas, kuras informācija ir aktivizēta dotajā situācijā, un ietver īslaicīgo atmiņu jeb fonoloģiskās īslaicīgās atmiņas traucējumi (Wagner & Torgesen, 1987) (Shapiro, Carroll, & Solity, 2013). Lai tiktu izmantota leksika jeb vizuālais vārdu krājums, ir nepieciešama spēja rast saikni starp grafēmām un fonēmām. Mācoties lasīt, bērni sākumā dzird tikai vārdu izrunu. Neredzot uzrakstīto vārdu, nevar saprast, kāda ir tā fonēmiskā struktūra. Fonoloģiskā izpratne, bet ne zilbju sapratne, attīstās kopā ar lasīšanas apgūšanu. Šo fenomenu nevar izskaidrot tikai ar augšanu, jo identiski rezultāti ir iegūti salīdzinot analfabētus ar skolotiem. Lasīšanas uzdevumos mācoties lasīt novēro augstu korelāciju ar fonoloģiskās izpratnes spējām (Sprenger-Charolles, Cole, Bechenec, & Kipffer-Piquard, 2005). Fonoloģisko izpratni vispārēji definē kā spēju skaidri manipulēt ar skaņām, un parasti tā tiek mērīta ar uzdevumiem, kas pieprasa zilbju vai burtu identifikāciju vārdos, ritma atpazīšanu, izrunu vai skaņu sajaukšanu. Bērniem, kuriem ir labāk attīstīta fonoloģiskā izpratne, ir lielāka iespēja kļūt par labiem lasītājiem, turpretī disleksija parasti ir saistīta ar fonoloģiskās izpratnes problēmām (Jacobs, 2007).

Fonoloģisko prasmju uzdevumus var attiecināt uz vārdu un nevārdu izlasīšanas precizitāti un saprašanu (Wolf, Goldberg O'Rourke, Gidney, Lovett, Cirino, & Morris, 2002). 2010. gada pētījumā *Wise et al.*, noteica fonoloģiskās prasmes un vārdu un nevārdu atpazīšanas spējas 80 pamatskolas skolniekiem ar intelektuālām problēmām. Fonoloģisko sapratni novērtēja, izmantojot CTOPP (*Comprehensive test of phonological processing*) testu, kur pirmajā uzdevumā tika parādītas zilbes, kas jāsaliek kopā vienā vārdā. Otrajā uzdevumā no vesela vārda bija jāizņem ārā burts un jāizlasa jauniegūtais vārds. Vārdu un nevārdu atpazīšana tika novērtēta, izmantojot *Woodcock Reading Mastery Test-Revides* testu. Šeit tika novērtēta vārdu un nevārdu identifikācijas spēja. Iegūtie rezultāti apliecināja, ja vecums un vārdu krājums tiek kontrolēti, tad vārdu un nevārdu atpazīšana veido nozīmīgu korelāciju ar fonoloģiskajām prasmēm (Wise, Secvik, Ronski, & Morris, 2010).

2.2.1. Nevārdu kodēšana

Nevārds vai pseido-vārds ir runas un rakstu vienība, kas ir izrunājama, bet nesatur semantisko nozīmi. Nevārdu lasīšanas uzdevums novērtē kodēšanas iemaņas. Nevārdu izmantošana ir vispārāzīts izmeklēšanas paņēmiens, izmeklējot disleksiju. Nespēja izlasīt nevārdus atklāj grafēmas-fonēmas tulkošanas grūtības, kas var radīt bērnam mācīšanās grūtības (Turner, 2003). Tiek uzskatīts, ka cilvēkiem ar lasīšanas grūtībām parādās specifiskas problēmas lasīt nevārdus.

Van den Broeck & Geude pētījums uzskatāmi parāda, ka bērniem ar lasīšanas grūtībām ir samazināts iegūto punktu skaits, lasot vārdus un ievērojami samazināts, lasot nevārdus, salīdzinot ar lasītājiem bez grūtībām. Kā arī bērniem ar lasīšanas grūtībām ir ilgāks nevārdu lasīšanas laiks, salīdzinājumā ar lasītājiem bez problēmām (Van den Broeck & Geude, 2012). Analizējot fonoloģisko izpratni eksperimentāli vai klīniski, var tikt izmantoti nevārdi (Lennon & Slesinski, 2002).

2.2.2. Vārdu atpazīšana

Vārda atpazīšanas process sākas jau tajā brīdī, kad uz vārdu tiek fokusēta uzmanība. Atpazīšanas process tiek noslēgts divos posmos. Pirmajā posmā vārds tiek atpazīts pēc ortogrāfiskām pazīmēm. Otrajā posmā ietilpst vārda atpazīšana pēc fonoloģiskām un/vai semantiskām (sematika - valodniecības nozare, kas pēti valodas vienību nozīmes, atbild uz jautājumu: ko apzīmē zīme) pazīmēm (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003); (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001).

Ir divi diskrēti ceļi, pa kuriem tiek atpazīti vārdi: pirmais ir fonoloģiskais ceļš un otrs- leksiskais ceļš. Fonoloģiskajā ceļā bērns izmanto lingvistiskos fonoloģijas noteikumus, lai atpazītu fonētiski pareizus vārdus (kaķis, suns) vai nevārdus (eple, zers). Leksiskajā ceļā bērns izdara secinājumus no savām zināšanām par ortogrāfiskiem kodiem, lai uzkrātu nekārtno darbības vārdu vai izņēmumu (iet, būt,

dot) atšķirīgo izrunu. Fonētiski regulāros vārdus var atpazīt, izmantojot vienu vai otru ceļu. Nekārtos vārdus un izņēmumus atpazīst, izmantojot tikai leksisko ceļu, tāpēc, ka tiem mainās vārda sakne un to atpazīšanai nevar izmantot fonētiskos noteikumus. Nevārdi (mūže, dilgs) tiek identificēti tikai izmantojot fonoloģisko ceļu, jo šie vārdi neietilpst bērna vārdu krājumā (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998); (Hoskyn, 2004).

Vārdus tekstā var atpazīt pēc vairākām pazīmēm: izmantojot burta-skaņas attiecības, to izrunājot; atpazīstot vārdu no konteksta un atsaucot vārdu no ilgstošās atmiņas. Zināms, ka apstrādes loma kognitīvos uzdevumos ir relatīvi stabila un ar vispārēju raksturu, kas katram cilvēkam ir atšķirīgs. Savukārt nezināmu vārdu kodēšanas procesā, kad vārdu nevar izlasīt pēc atmiņas par tā izskatu, tas tiek atpazīts analītiski. Fonēmas tiek kodētas, izmantojot analogijas, vai vārds tiek uzminēts no konteksta. Lai tiktu atkodēti nezināmi vārdi, lasītājam ir jābūt šādām (analītiskām) prasmēm: kā zināšanām par skaņas (fonēmas) - simbolu (grafēmas) attiecību un spējas šīs skaņas (fonēmas) salikt vienā vārdā, kā arī atpazīt fonogrammas vārdā un vārda ortogrāfijas un nozīmes saskaņošana, lai noteiktu precīzu vārdu. Ja kāda no šīm analītiskajām prasmēm ir lēna vai neprecīza, tas ietekmē teksta apstrādes ātrumu un precizitāti (Torgesen, & Hudson, 2006).

Ir izpētīts, ka dažiem bērniem ar lasīšanas grūtībām ir specifiskas grūtības veidot ortogrāfisko attēlojumu, kas ir par pamatu, lai vārdus atcerētos pēc atmiņas. Šāda problēma eksistē neatkarīgi no vispārējās problēmas un var radīt dubultdeficitu. Bērniem ar šādu deficitu parādās ļoti slikti rezultāti ātrajā automatiskajā saukšanā. Pastāv hipotēze, ka lēnāka burtu vai ciparu saukšana var norādīt uz sagrautu automatisko procesu, kas atbild par ortogrāfiskā modeļa izmantošanu, lai ātri atpazītu vārdus. Līdz ar to cilvēkiem ar šādu deficitu tik un tā būs apgrūtināta lasīšanas plūsma, jo viņi nespēs atpazīt vārdus pēc izskata (Torgesen, & Hudson, 2006).

Faktori, kas ietekmē vārdu atpazīšanu

Spēju atpazīt vārdus var ietekmēt dažādi faktori. Viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē to, cik ātri vārds tiek atpazīts, ir acu kustības jeb sakādes. Ja vārds netiek uztverts vienas fiksācijas reizē, nepieciešams veikts sakādi, ar kuras palīdzību acis tiks pārvirzītas par noteiktu skaitu rakstu zīmju uz priekšu, tādējādi intereses objekts nonāks foveolā un tiks veikta nākamā fiksācija. Šīs papildus acu kustības ietekmē vārdu atpazīšanas procesa ātrumu, jo nepieciešams papildus laiks sakādes un vēl vienas fiksācijas veikšanai.

Taču arī pats fiksācijas ilgums ietekmē vārdu atpazīšanas ātrumu. Jo ilgāka fiksācija, jo ilgāks laiks nepieciešams vārda atpazīšanai. Fiksācija ilgumu ietekmē paša vārda īpatnības. Piemēram, vārda garums var ietekmēt fiksācijas ilgumu – lai atpazītu garāku vārdu, vienas fiksācijas garums būs ilgāks. Taču šis nav noteicošais fiksācijas ilguma faktors. Par nozīmīgākiem faktoriem var uzskatīt vārda sastopamības biežumu un spēju paredzēt vārdu.

Vārda sastopamības biežums ir mērs, kas nosaka to, cik bieži konkrētais vārds būs sastopams tekstā. Vārdi var tika iedalīti kā reti sastopami vārdi (*Low frequency, LF*) un bieži sastopami vārdi (*High frequency, HF*). Reti sastopami vārdi ir tādi vārdi, kas sastopami mazāk nekā 10 – 15 reizes uz 1 miljonu vārdu, bet bieži sastopami vārdi ir tādi vārdi, kas sastopami vairāk nekā 40 – 50 reizes uz 1 miljonu vārdu. Ir izpētīts, ka fiksācijas ilgums uz reti sastopamu vārdu ir ilgāks nekā uz bieži sastopamu vārdu.

Vārda kontekstuālā paredzamība nosaka to, cik viegli ir iespējams paredzēt sekojošo vārdu pēc kopējā teksta konteksta. Pētījumi pierāda, ka fiksācija ilgums ir lielāks, ja vārds neiekļaujas visa teksta kopējā kontekstā, nekā tas ir tad, ja vārds ir kā sekojoša, loģiska vienība kopējam tekstam.

Spēju atpazīt vārdu ātri ietekmē vārda atpazīšanas apgabala lielums. Jo lielāks šis apgabals, jo vairāk simbolu cilvēks spēj uztvert vienā fiksācijas reizē, līdz ar to ir iespējams atpazīt garāku, sarežģītāku vārdu, neveicot sakādes.

Svarīgs faktors ir arī tas, kurā vietā uz tiklenes vārds nonāk. Pētījumi liecina, ka, lai veiksmīgi un viegli tiktu atpazīts vārds, nepieciešams, lai lasītājs spētu identificēt šī vārda pirmos 3 burtus, tātad vārda sākumam jābūt maksimāli tuvu foveolas reģionam, salīdzinot ar vārda beigām. Ja lasītājs spēs identificēt pirmos 3 burtus, viss pārējais vārda atpazīšanas process būs daudz ātrāks un vienkāršāks, jo tālākā procesā būs iespējams balsstīties uz savu pieredzi (Hand, 2010).

Arī simbolu fonta stils var ietekmēt vārda atpazīšanas ātrumu. Pētījumi liecina, ka serifa (*serif*) tipa burti kavē to uztveri par aptuveni 8ms, salīdzinājumā ar ne serifa (*sans serif*) tipa burtiem. Serifa tipa burti var radīt vizuālu troksni, kas traucē burta, līdz ar to arī visa vārda, uztveri. Atstarpes starp serifa tipa burtiem ir mazākas nekā atstarpes starp ne serifa tipa burtiem, un pētījumos ir pierādīts, ka nedaudz lielākas atstarpes starp burtiem palīdz ātrāk uztvert vārdu nekā standarta burtu atstarpes (Moret-Tatay & Perea, 2011).

2.2.3. Ātrā automātiskā saukšana

Ātrā automātiskā saukšana RAN (*rapid automatized naming*) tiek plaši pētīta bērniem ar lasīšanas grūtībām. Šāda tipa uzdevumi sevī ietver objektu, krāsu, burtu vai ciparu ātru un precīzu nosaukšanu. Tie tiek parādīti uz vienas lapas dažādā secībā, bet visu laiku vieni un tie paši simboli, kas atkārtojas 10 reizes. Šādos uzdevumos tiek novērtēts ātrums un precizitāte, skaļi nosaukti simboliem. *Ackerman & Dykman* 1993. gadā veiktajos pētījumos atklājās, ka cilvēkiem ar lasīšanas grūtībām saukšanas ātrums ir mazāks un neprecīzāks, nekā kontroles grupai un ir ar lielāku paredzēšanas koeficientu attiecībā uz lasīšanas spējam. Savukārt *Kirby et al.* 2003. gadā veiktajos pētījumos, kuros tiek noteikta ātrās saukšanas un fonoloģisko prasmju ietekme, parāda, ka ātrajai saukšanai ir zemāks paredzēšanas koeficients par lasīšanu salīdzinājumā ar fonoloģiskajām prasmēm. Pētījumi lielā mērā ir pretrunīgi, jo ātrā saukšana prasa vārdu artikulācijas ātrumu, kas pieaug, pieaugot vecumam, kā arī šāds tests var sniegt dažādus rezultātus, jo stimuli ir atšķirīgi. Krāsas vai objekta saukšana nav pielīdzināma lasīšanas uzdevumam. Tāpēc, izvēloties testa mērķi, labāk būtu izmantot burtu vai ciparu saukšanu (*Sprenger-Charolles, Cole, Bechennec, & Kipffer-Piquard, 2005*). Veicot ātrās saukšanas uzdevumus, dažādās smadzeņu struktūrās notiek kognitīvie uztveres procesi, kas ir atbildīgi par dažādo stimulu atpazīšanu un izslēgšanu; leksiskie procesi, kas ir atbildīgi par fonoloģiskās informācijas pieejamību, koriģēšanu, un integrāciju; motorie procesi, kas ir atbildīgi par artikulāciju un acu kustībām. Lai veiksmīgi izpildītu šāda tipa uzdevumus, ir nepieciešama šo procesu automātiska darbība. Burtu un skaitļu ātra saukšana spēj paredzēt vārdu atpazīšanu (precizitāti un ātrumu), savukārt objektu un krāsu saukšana labāk paredz lasāmā teksta sapratni (*Wolf, Goldberg O'Rourke, Gidney, Lovett, Cirino, & Morris, 2002*).

2.2.4. Īslaicīgā atmiņa

Lasot vārdus, tiek izmantots fonētisko vienību kodēšanas process, kurā iesaistās īslaicīgā atmiņa. Rezultātā, īslaicīgā atmiņa ietekmē spēju mācīties lasīt. Taču rezultāti no dažādiem longitudināliem pētījumiem parāda, ka īslaicīgās atmiņas ietekme uz lasīšanu ir mazāka nekā fonoloģiskās izpratnes spējas (*Sprenger-Charolles, Cole, Bechennec, & Kipffer-Piquard, 2005*); (*Shapiro, Carroll, & Solity, 2013*). Īslaicīgās atmiņas jeb darba atmiņas aktuālās informācijas ilgums ir no 3 līdz 20 sekundēm. Šajā laikā uztvertā informācija tiek izvērtēta: informācija tiks noraidīta, vai nodota tālāk ilgtermiņa atmiņai. Mērķis ir nodot informāciju tūlītējai izmantošanai. Vidēji atmiņa spēj uzglabāt vienlaicīgi 7 +/- 2 elementus, atkarībā no informācijas sarežģītības pakāpes. Īslaicīgās atmiņas kapacitāte samazinās ar gadiem (Types of memory).

2.3. Redzes uztvere un tās svarīgākie raksturlielumi

2.3.1. Redzes ceļu organizācija

Acs tīklenes gangliju šūnu aksoni pa optisko nervu, daļēji krustojas hiazmā, kur katras acs nazālas puses šķiedras krustojas, bet tempurālās nē. Rezultātā informācija par apkārtējo ainu no ārējiem redzes laukiem līdz smadzeņu garozai ir pilnībā krustota. Visa informācija no kreisās puses redzes lauka nonāk smadzeņu labajā puslodē, un no labās puses – kreisajā smadzeņu puslodē. Optiskajā hiazmā informācija tiek novadīta pa diviem atsevišķiem kanāliem – īsāko - caur *superior colliculus* (augšējo redzes pauguru), t.i., kodols smadzeņu stumbrā, kur tiek apstrādāta primārā informācija par objektu telpā un acu kustību kontroli un garāko ceļu, kas dod informāciju caur LGĶ uz pakauša garozu (primāro redzes garozu jeb V1) (*Carver, 1990*).

Tīklenes līmenī redzes sistēma sākotnējo informāciju par kustību iegūst, analizējot vizuālās un orientācijas izmaiņas attēlam uz tīklenes (*Heeger, 2006*). Tīklenē notiek divdimensionālās kustības uztvere un apstrāde, kas balstīta uz tīklenes attēla pārvietošanos laikā, kā arī tīklenes attēla apgaismojuma izmaiņām (*Burr, 2004*). Tīklenes centrālā daļa (foveola, fovejas apgabals) ir vienlīdz jutīga gan pret redzes asumu, gan kustību, savukārt perifērijā kustības jutība ir daudz izteiktāka. Signālus, kas iegūti no tīklenes attēla apgaismojuma izmaiņām, var uzskatīt par lokālās kustības uztveri (*Van Boxtel, 2005*). Tīklenē esošās virzienjutīgās šūnas savā starpā darbojas saistīti, kā vienotu pamatmērķi izvīzot informācijas nodošanu tālākai apstrādei laterāli genikulārajam ķermenim (*Braddick, & Qian, 2001*).

Savukārt laterāli genikulārais ķermenis (LGĶ) sastāv no 6 slāņiem. Katrs slānis saņem informāciju tikai no vienas acs. Divi zemākie slāņi (1. un 2.) sastāv no lieliem neironiem (magno), un veido magnocelulāro šūnu slāni, kas ir jutīgāks uz redzes stimuliem ar zemu telpisko frekvenci, augstu temporālo frekvenci un ātru kustību, kas realizējas caur magno šūnu lielajiem receptīvajiem laukiem. Turpretī 3., 4., 5. un 6. slānis sastāv no mazākām šūnām (parvo), veidojot parvocelulāro šūnu slāni, kas ir

jutīgs uz augstas telpiskās frekvences stimuliem, statisku vai lēnu kustību un krāsu. Parvo šūnu receptīvie lauki ir mazāki nekā magno šūnu receptīvie lauki (Rheingans, 2003). Koniocelulāro neirālo redzes ceļu veido koniocelulārās šūnas (konio) ar ļoti maziem šūnu ķermeņiem un tās ir lokalizētas starp LGĶ visiem sešiem slāņiem. Uzskata, ka to saistība ir ar somatosensorās - proprioceptīvās informācijas saskaņošanu redzes uztverē, kā arī saistītas ar krāsu uztveri. Tās nodrošina zilās- dzeltenās krāsas oponenci (Carver, 1990).

Ipsilaterālā (tajā pašā pusē esošā) acs sūta signālus uz LGĶ slāņiem 2, 3 un 5, bet kontralaterālā (pretējā pusē esošā) acs sūta signālus uz 1., 4. un 6. slāni. Informācija no LGĶ tiek pārnesta tālāk uz optisko starojumu, un pēc tam uz primārās redzes garozas (V1) 17., 18. un 19. Brodmana lauku. Tīklenes sistemātiskais attēlojums atrodas katrā LGĶ slānī. Receptīvie lauki LGĶ ir līdzīgi receptīvajiem laukiem, kas atrodas tīklenē. LGĶ pārvada tālāk signālus uz primāro redzes garozu (V1). Kad šī signālu pārvade tiek pabeigta, tālāk tie tiek projicēti uz ipsilaterālo smadzeņu garozas pakauša daivu (Rheingans, 2003).

Turpmāk informācija nonāk primārajā redzes garozā jeb V1. Savā starpā korespondējošās V1 zonas abās puslodes ir savienotas caur *corpus callosum* – liels šķiedru trakts, kas ļauj 2 smadzeņu puslodēm komunicēt savā starpā. V1 zonā notiek primārā redzes informācijas apstrāde. Informācija primārajā redzes garozā ir topogrāfiski organizēta attiecībā pret tīklieni, saglabājot kvalitatīvo informāciju, taču kvantitatīvi izmainītu, t.i., centrālais redzes lauks primārajā redzes garozā ir proporcionāli lielāks nekā perifērais redzes lauks. V1 zonā nonāk detalizētāka telpiskā informācija no centrālajiem tīklenes reģioniem, nekā no perifērijas (Carver, 1990).

Primārā redzes garoza tiek saukta arī par 17. Brodmana lauku vai svītrotu smadzeņu garozu (striate cortex) (Guillaume, 2010). Tā atrodas pakauša daivā un sastāv no 6 slāņiem tāpat kā LGĶ. Šūnas, kas atrodas 4. slānī ir monokulāras – tās saņem informāciju, kas nāk caur LGĶ no vienas vai no otras acs. To sauc par acu dominanci. Ārpus 4. slāņa lielākā daļa šūnu jau ir binokulāras, līdz ar to tās reaģē uz stimuliem no jebkuras acs (Yoonessi, 2011). Hubel & Wiesel pētīja V1 uzbūvi un funkcionālos procesus, pierādot, ka V1 smadzeņu apgabals ir saistīts ar spēju uztvert stimula orientāciju un virzienu. Viņi atklāja, ka V1 satur secīgi sakārtotas orientācijas kolonnas, kas veidotas no virzienjutīgiem neironiem. Neironi ar līdzīgām reaģēšanas spējām (šeit: virziena jutība), atrodas viens otram blakus secīgā kārtībā. Ceturto slāni iedala vēl trijos slāņos: 4A, 4B un 4C slānis, savukārt 4C vēl iedala 4C α un 4C β . Lielākā daļa šķiedru no LGĶ nonāk līdz redzes garozas 4C slānim, tās daudzkārtīgi sazarojas un veido sinapses ar zvaigžņveida šūnām, no kurām pārsvarā arī sastāv šis slānis. Aksoni, kas iziet no LGĶ magnocelulārajām šūnām, nonāk 4C α apakšslānī, bet aksoni no LGĶ parvocelulārajām šūnām - 4C β apakšslānī.

Slāņos atrodas dažādas specializācijas šūnas:

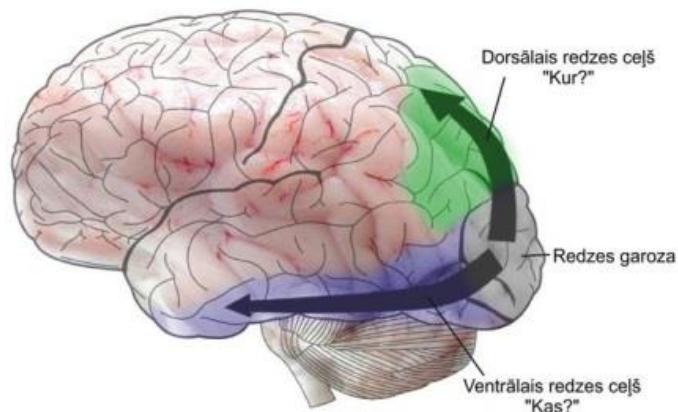
- šūnas, kuras reaģē uz formu malām, gaišām un tumšām līnijām, kas atrodas uz kontrastaina fona;
- šūnas, kuras reaģē uz līnijām dažāda noliekuma leņķī;
- šūnas, kuras reaģē uz kustīgām vai tikai nekustīgām līnijām vai malām;
- šūnas, kuras reaģē uz noteikta virziena kustībām;
- šūnas, kuras novērtē kontrasta izmaiņas (gaišās līnijas uz tumša fona un tumšas līnijas uz gaiša fona) (Palmer, 1999).

Cilvēkiem ātrā, zema kontrasta redzes informācija tiek pārvadīta pa magnocelulāro apakšvienību redzes ceļā, bet lēna, augsta kontrasta informācija tiek pārvadīta pa parvocelulāro ceļu. Primāta redzes sistēma sastāv lielākoties no diviem svarīgiem apstrādes ceļiem, kas saglabājas lielā mērā atsevišķi un neatkarīgi visā redzes sistēmā. Šis sadalījums sākas tīklenē, pētīts ārējā ceļgalveida ķermenī (LGĶ), kur šūnas ventrālajā vai magnocelulārajā slānī ir lielākas nekā šūnas dorsālajā vai parvocelulārajā slānī. Fizioloģiski pētījumi parāda, ka magno sistēma nes informāciju par kustību un stereo izjūtu, un uztveres pētījumi parāda, ka magno sistēma arī varētu būt atbildīga par lokalizāciju telpā, dziļuma izjūtu un hiperasumu (Carver, 1990).

V2 (sekundārā redzes garoza) ir otrs lielākais smadzeņu apgabals pēc V1, bet, salīdzinot ar primāro redzes garozu, V2 ir lielāki receptīvie lauki. Šajā apgabalā notiek primārā redzes informācijas atpazīšana. V1 sūta informāciju uz V2 apgabalu, turpretī V2 to sūta tālākai apstrādei uz augstākiem smadzeņu apgabaliem. V2 un V1 starpā novērojama atgriezeniska sadarbšanās, arī to uzbūve un funkcionalitāte ir līdzīga (Uka & DeAngelis, 2006). V2 notiek primāra saistība starp kustības uztveri un stereoredzi (Wandell, 1995). V2 sūta informāciju uz V3, V4 un V5/MT apgabaliem (Uka & DeAngelis, 2006).

Ganglionārās šūnas tiek iedalītas magno, parvo un konio tipa šūnās (Yoonessi, 2011). Magno un parvo šūnas veido divus galvenos redzes ceļus. Magno šūnas veido magnocelulāro (dorsālo jeb „kur”) ceļu, kurā šūnas izvietotas ekscentriski un atbild par lielajiem receptīvajiem laukiem, nosakot objekta

atrašanās vietu attiecībā pret novērotāju un apkārtējo vidi. Parvo šūnas veido parvocelulāro (ventrālo jeb „kas”) ceļu, nosakot, kas tas ir par objektu. Skatīt 2.5. attēlu. (Stockdale & Thompson, 2012) Tālāk redzes sistēmu nosacīti iedala divās informācijas apstrādes plūsmās. Ventrālā redzes sistēma sākas V1 pakauša daivā, iet cauri V2, tālāk caur V4 un deniņu daivu. Tā satur specializētas zonas, kas tiek iesaistītas objektu atpazīšanā un krāsu redzes nodrošināšanā. Dorsālā redzes plūsma sākas V1 apgabalā, iet cauri V2 uz mugurpusi un iekšpusi vērsto (dorsomediālo) apgabalu un redzes apgabalu V5, tālāk uz apakšējo paura daivu. Tā sevī iekļauj acu kustību kontroles zonas, kā arī kustības un izvietojuma analīzes funkcijas (Farroni & Menon, 2008).



2.5. attēls. Ventrālais un dorsālais redzes ceļš (Farroni & Menon, 2008)

Parvo šūnas ir jutīgas pie augstām telpiskām frekvencēm, uz lēni kustīgiem objektiem un krāsainiem stimuliem. Magno šūnas ir jutīgākas uz stimuliem ar zemu telpisko frekvenci, bet ar augstu kontrastjutību, tās aktīvāk reaģē uz apgaismojuma izmaiņām. Šī tipa šūnām ir lielāki receptīvie lauki, tādējādi ir spējīgas uztvert un apstrādāt globālu kustību (Yoonessi, 2011). Šie divi galvenie kanāli savieno tīklieni ar primāro redzes garozu, nodrošinot informācijas secīgu pārvadi (Stockdale & Thompson, 2012). Tālākie magnocelulārā ceļa posmi (it īpaši MT apgabals) satur ievērojamu skaitu šūnu, kas spēj uztvert kustību un virzienu, līdz ar to var apgalvot, ka magno sistēma ir iesaistīta kustības uztveres veidošanā (Rheingans, 2003).

Literatūrā ir apskatītas, kādas fizioloģiskās un anatomiskās izmaiņas notiek magno un parvo pārvades ceļos disleksijas un lēnas lasīšanas gadījumos.

Pētījumos pacientiem ar disleksiju novēro samazinātu stereoasumu un acu kustību (verģeņču) kontroles nestabilitāti. To saista ar problēmām magnocelulārā pārvades ceļā (Stein, Riddell, & Fowler, 1988). Turklāt lasīt ir daudz grūtāk, kad burtiem un fonam ir dažādas krāsas. Šajā situācijā neveidojas gaismas kontrasta izmaiņas, kurā magno sistēma varētu atbilstoši reaģēt. Magnocelulārās sistēmas loma lasīšanā ir nezināma, bet ir pieņēmumi, ka pēc katras sakādes magno sistēmai ir jākavē parvo sistēma, dzēšot attēlu no iepriekšējās fiksācijas (Carver, 1990).

Pētījumos, izdala vizuālo magnocelulāro hipotēzi, kur apgrūtināta lasīšana tiek saistīta ar izmaiņām šo šūnu slāņiem LGĶ. Pētījumos ir izmantotas gan psihofizikālās, gan elektroфизиoloģijas metodes (VEP), kā arī pielietota magnētiskā rezonance un pat šūnu līmenī *post-mortem* analizēti dati. Šo pārbaužu laikā ir konstatēts samazināts smadzeņu šūnu izmērs un aktivitāte, tieši magnocelulārā informācijas ceļā (Galaburda, 2005); (Stein, & Walsh, 1997); (Lovegrove, Bowling, Badcock, & Blackwood, 1980); (Demb, Boynton, Bent, & Hugor, 1998).

Lai gan fonoloģiskais deficīts ir apgrūtinātas lasīšanas galvenais iemesls, tomēr redzes uztveres un apstrādes īpatnības, ko nodrošina magnocelulārais uztveres ceļš, tiek literatūrā plaši pētīts un atrastas likumsakarības.

2.3.2. Vizuālās informācijas apstrādes ātrums

Cilvēka redzes sistēma ir ļoti ātra un precīza, lai iegūtu informāciju par apkārtējiem objektiem. Vidējais un minimālais reakcijas laiks ir 450 ms un 250 ms, šie abi laiki ietver redzes procesa ātrumu un motorās atbildes izpildi. Ja tiek runāts tikai par redzes procesa apstrādes laiku, tad var minēt 150 ms un dažreiz pat īsāku laiku. Pēc Schiller & Kendall (2004) pētījuma, minimālais laiks, kad notiek vārda atpazīšana V1 smadzeņu zonā, ir 25ms. (Kirchner & Thorpe, 2006). Savukārt 0,7° lielu divu garfēmus

atpazīšanai, kas izkārtoti 3,3°rādiusā no fiksācijas vietas, vizuālajai uztverei ir nepieciešamas vidēji 20-110 ms (Lobier, Dubois, & Valdois, 2013).

Zinātniskajā literatūrā var atrast, ka lasīšanas traucējumu gadījumā vizuālās informācijas apstrāde norit atšķirīgi no kontroles grupas, tā ir lēnāka. 75% gadījumu ir atrodams traucējums magnošņu redzes uztveres pārvades sistēmā, kas atbild par kustības uztveri, zema kontrasta uztveri un lielajām telpiskajām frekvencēm (Lovegrove, Martin, & Slaghuis, 1986).

Pieredzējuša lasītāja rakstīto vārdu neirālais kods ir abstrakts, jo tas var atpazīt vārdus neatkarīgi no to atrašanās vietas, fonta veida un izmēra, tomēr tas ir jutīgs pret burtu kārtību. Lielākā daļa no esošajām kodēšanas shēmām nav nemainīga, jo to ierobežo redzes sistēma. Taču ļoti svarīgs posms vizuālo vārdu atpazīšanā ir grafēmu kombinācijām. Vizuālā vārda atpazīšana notiek jau nepilnas sekundes laikā, kad gaismas intensitātes izmaiņas, kas, nonākušas uz tīklenes, tiek atpazīta kā vārds, neatkarīgi no stimula atšķirībām pozīcijā, izmērā, formā un fontā. Taču samazinot vārda uztveres laiku, šīs īpašības kļūst būtiskas, un tas var radīt ievērojamas atšķirības vārda vizuālajā apstrādē (Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005).

Pieredzējušam lasītājam piemīt vizuālā pieredze, kura ļauj redzes sistēmai efektīvi apstrādāt vārdus. Redzes sistēma iegūst informāciju, kas vajadzīga, lai identificētu tās lingvistisko nozīmi, mazāk kā 250 ms, skatoties uz uzrakstītu vārdu, un to neietekmē druka, skripts, fonts, lielums un funkcionālais tīklenes stāvoklis. Hronometriskie pētījumi liecina, ka ātrumu vārdu atzīšanai neietekmēs burtu skaits vārdā, ja tie būs trīs burtu līdz sešu burtu vārdi. Ir pierādīts, ka visefektīvāk var atpazīt labi strukturētus vārdus nekā nejaušā secībā sakārtotus vārdus. Kā arī efektīvāk atpazīst vārdus teksta kontekstā nekā atsevišķus izolētus vārdus (McCandliss, Cohen, & Dehaene, 2003). Vārdu atpazīšanas neirālais mehānisms galvas smadzenēs lielā mērā balstās uz ventrālā (priekšējā ceļa) un dorsālā (mugurējā ceļa) anatomiskajām īpatnībām. Ventrālais ceļš ir jutīgs uz krāsu un detaļām, bet dorsālais ceļš ir atbildīgs par telpiskās informācijas apstrādi, piemēram, kustība, dziļuma izjūta un objekta atrašanās vieta (Pammer, Hansen, Holliday, & Cornillissen, 2006).

Psihofizikālie pētījumi ar neverbāliem, vizuāliem stimuliem atklāj to, ka prasmi diskriminēt mērķa stimulu var būtiski uzlabot ar ilgstošu apmācību. Tomēr dažos apstākļos parādās uzlabojums, kurš ir saistīts ar precīzu stimulu savstarpēju izvietojumu, kāds tika izmantots apmācības procesā, ieskaitot tā kontekstu un arī lokalizāciju uz tīklenes, kur šis stimulants attēlojas. Apmācība uzlabo prasmi atšķirt mazas atšķirības starp stimuliem. Tas norāda, ka vizuālās informācijas apstrādes ātrumu var trenēt (Nazir, Ben-Boutayab, Decoppet, Deutsch, & Frost, 2004).

2.3.3. Vizuālās uztveres apgabals

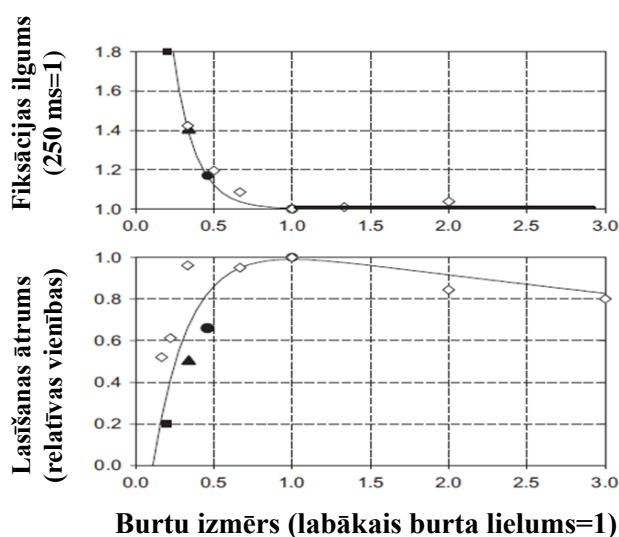
Redzes un kognitīvo zinātņu literatūrā dažādi tiek definēti un uztverti vizuālās uztveres apgabali. Atšķirīgā izpratne pamatā ir balstīta uz dažādu testēšanas metožu pielietojumu. Pamatā literatūrā parādās termini:

- *Perceptual span* – uztveres apgabals, ko ierobežo cilvēka fizioloģiskais redzes lauks. Uztveres apgabals virza acu kustības (sakādes) un fiksāciju laiku teksta lasīšanas uzdevumā. Prasti uztveres apgabala novērtēšanā izmanto kustīgā loga tehniku (*the moving window technique*). To ieviesa *McConkie & Rayner, 1975. gadā*. *gadā*, veidojot E-Z lasīšanas modeli. Literatūrā min, ka pa labi no fiksācijas vietas tas sastāda vidēji 15 grafēmas, bet pa kreisi vidēji 4 grafēmas. Vēlākos pētījumos *Rayner* pierāda, ka ar vecumu, uztveres lauks palielinās un fiksāciju laiks samazinās, kas pamatā nav saistīts ar uztveres ātruma attīstību vai okulomotoro funkciju nobriešanu, bet galvenokārt saistīts smadzeņu līmenī lejupvērstajiem kognitīvajiem un lingvistiskajiem procesiem (Rayner, 1986).
- *Visual span* – vizuālais apgabals ir zona ap fiksācijas vietu, neiesaistot acu kustības, kurā atbilstoša izmēra grafēmas var tikt izšķirtas. To ieviesa *O'Regan, 1990. gadā*. Pamatā vizuālā apgabala novērtēšanā izmanto dažādās ekscentritātēs novietotu, parasti, neasaistītu grafēmu tripletu vidējā grafēma atpazīšanas metodi. Vizuālā apgabala lielumu, kas pieaugušam cilvēkam sastāda 7-11 grafēmu platumu, ietekmē grafēmu kontrasts un izmērs (Legge, Cheung, Yu, Lee, Owens, & Chung, 2007), kā arī atstarpes starp burtiem (Yu, Cheung, Legge, & Chung, 2007), tīklenes ekscentritāte (Legge, Mansfield, & Chung, 2001). Pētījumi parāda, ka vizuālais apgabals, jeb „bezpūļaepekta” apgabals palielinās ar vecumu un tā lielums tieši ietekmē lasīšanas ātrumu (Pelli, Tillman, Freeman, Su, Berger, & Majaj, 2007); (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007).
- *Visual attention span* – vizuālās uzmanības apgabals ir atsevišķo vizuālo elementu (grafēmas,

morfēmas, vārda ortogrāfiskās vienības) skaits, kas tiek apstrādātas vienlaicīgi vizuālās uztveres procesā (Bosse, M L; Valdois, S, 2009). Vizuālās uzmanības apgabals ir pamatvienība vārda atpazīšanas modeļos- DRC (*Dual Route Cascaded*) (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001); MTM (*Multi-Trace Memory*) (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998). Viens no populārākajiem veidiem kā novērtēt vizuālās uzmanības apgabalu ir līdzskaņu secīgā nosaukšana, parādot tos uz īsu brīdi (20-200ms) un neiesaistot acu kustības. Izmantojot šo metodi autori pierāda, ka burtu ķēdes vizuālā apstrāde ir būtiski vājāka pacientiem ar disleksiju un šī atradne nav saistīta ar fonoloģiskajām prasmēm. Tā būtiski ietekmē lasīšanas ātrumu. (Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007). Sākotnējiem lasītājiem vārda garums ir svarīgs faktors tekošai lasīšanai un vārda garuma ietekme uz lasīšanas tempu ir izteikta disleksijas gadījumā. Jauniem un nepieredzējušiem lasītājiem vieglāk ir uztvert īsus vārdus nekā garus. Taču pieredzējušus lasītājus maz ietekmē vārda garums, jo lasīšanas procesā liela loma ir iepriekš iegūtai pieredzei par vārda ortogrāfiskajām īpašībām, atbilstošās valodas sintaksi un morfoloģiju. Tas norāda ka vizuālās informācijas apstrādes kapacitāte attīstās ar pieredzi par valodu. (Martens & de Jong, 2006); (Kassaliete, Megne, Lācis, & Fomins, 2012). Vizuālās uzmanības apgabals sekmē informācijas saglabāšanu vizuālajā īslaicīgajā atmiņā, tādā veidā ietekmējot atsevišķu vārdu atpazīšanu pēc ortogrāfiskajām īpašībām (Lassus-Sangosse, N'Guyen-Morel, & Valdois, 2008). Pēc Lobier, Dubois & Valdois, 2013. gada pētījumā secina, ka vizuālās apstrādes ātrums un īslaicīgā atmiņa spēj paredzēt vizuālās uzmanības apgabalu 8-9 gadus veciem bērniem, savukārt uztveres ātrums paredz lasīšanas ātrumu, bet īslaicīgā atmiņa nē (Lobier, Dubois, & Valdois, 2013).

Tā kā Stanovich savā pētījumā rāda, ka atsevišķa vārda atpazīšanas laiks stingri korelē ar lasīšanas ātrumu, balstoties uz uztveres procesa ātrumu nevis lingvistisko ietekmi (Stanovich, 1988), tad vārda atpazīšanas ātrumu ietekmē vai nu vizuālā signāla transformācija uz fonemātisko vai redzes uztveres problēmas. Individuālās atšķirības lasīšanas prasmēs var skaidrot caur īpatnībām redzes uztverē. Var izdalīt faktorus, kas var ietekmēt lasīšanas attīstību:

Kritiskais drukātā burta lielums - Bērnam attīstoties novēro, ka vizuālā apgabala lielumu ietekmē grafēmu izmērs. Sākumskolas vecuma bērniem kritiskais simbolu izmērs (CPS- mazākais burta izmērs, kas neietekmē lasīšanas ātrumu) ir aptuveni 0,1° - 0,3°, lasot 40 centimetru attālumā. Samazinot simbolu izmēru, mazinās arī lasīšanas ātrums (O'Brien, Mansfield, & Legge, 2005). Bērnam pieaugot, samazinās kritiskais simbolu izmērs, kā arī tas vairs tik ļoti neietekmē vizuālās apgabala lielumu, līdz ar to arī lasīšanas ātrumu (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007); (Cornelissen, Bradley, Fowler, & Stein, 1991). Lasīšanas ātrumu un fiksāciju vidējo ilgumu ietekmē burtu izmērs. Pārāk mazi burti palielina fiksācijas ilgumu un līdz ar to samazinās lasīšanas ātrums. Fiksācijas ilgums tiek izmantots kā fiksētā vārda apstrādes laika rādītājs. Palielinoties burtu izmēram, samazinās fiksāciju vidējais ilgums un pieaug lasīšanas ātrums (Krischer & Zangemeister, 2007). Skatīt 2.6. attēlu.



2.6. attēls. Fiksācijas ilguma (250 milisekundes=1) un lasīšanas ātruma atkarība no burtu izmēriem (Krischer & Zangemeister, 2007).

Teksta labu lasāmību un uztveri nosaka burtu lielums, atbilstoši vecuma grupai. Pieaugot skolēna vecumam, notiek pakāpeniska pāreja uz mazāku burtu izmantošanu tekstā. *Paterson & Tinkler* pētījumā 320 koledžas vecuma skolēnu labākais lasīšanas ātrums tika sasniegt pie burtu izmēra 10 punkti (40 cm attālumā burta izmērs atbilst $\sim 0,5^\circ$, jo tipogrāfijā 1 punkts atbilst 0,376 mm), savukārt 6 ($\sim 0,3^\circ$, 40 cm) punkti un 14 ($\sim 0,8^\circ$, 40 cm) punktu lieli burti kavē lasīšanas ātrumu (*Paretson & Tinker*, 1929).

Atbilstoši pētījumiem, Minesotas Universitātes pētnieks *Tinkers* piedāvā izmantot šādus burtu izmērus skolas vecuma bērnu apmācības tekstos:

- 6 gadus veciem skolēniem – no 14 līdz 18 punktu burtus;
- 7 un 8 gadus veciem skolēniem – no 14 līdz 16 punktu burtus;
- 9 gadus veciem skolēniem – 12 punktu burtus;
- 10 gadus un vecākiem skolēniem – no 10 līdz 12 punktu burtus (*Andersone, Maslo, Krūze, Rutka, & Zogla*, 2010)

Latvijā pēc Ilgas Klotiņas mācību literatūras izdevumu veidošanas noformējuma pamatiem, ieteicamais burtu lielums atbilstoši vecumposmam, ir izstrādāti līdzīgi kā ASV.

- 1. klasē – 18-16 punkti lieli burti (6,77-6,02 mm)
- 2. klasē – 16-14 punkti lieli burti (6,01-5,26 mm)
- 3.-4. klase – 14-12 punkti lieli burti (5,25-4,51 mm)
- 5.-7. klase – 13-11 punkti lieli burti (4,89-4,14 mm)
- 8.-12. klase – 12-10 punkti lieli burti (4,50-3,76 mm) (*Klotiņa*, 2008)

Kritiskais drukātā burta lielums ir tieši saistīts ar redzes sistēmas maksimālo izšķirtspēju, jeb redzes asumu. Tātad, lasīšanas ātrums ir atkarīgs no redzes asuma. Attīstoties lielākai izšķirtspējai, palielinās arī lasīšanas ātrums.

Anatomiski attēla zemo telpisko frekvenču uztveres apgabalu ierobežo redzes lauks, kas cilvēkam vidēji sastāda 160° horizontālā plaknē un 135° vertikālā plaknē, pieaugot telpiskajai frekvencei, tas būtiski samazinās. Visaugstāko redzes asumu norealizē $1,2^\circ$ jeb 0,44 milimetrus liels foveolas jeb centrālās daļas apgabals. Tā kā bērnu redzes asums 7 gadu vecumā ir praktiski sasniedzis pieauguša cilvēka sliekšni, tad redzes asuma izraisītās lasīšanas grūtības literatūrā nepierādās (*Stein, Vision and visual dyslexia*, 1991). Savukārt, vājredzīgo pacientu praksē redzes asums ir būtisks lasīšanas ātruma faktors. Vājredzīgo pacientu lasīšanas ātruma uzlabošanai, izmanto burtu palielinājumu, ko aprēķina pēc sakarības:

$$s_{opt} = \frac{1}{V}, \quad (1)$$

kur V – pacienta redzes asums decimālā skalā, S_{opt} - nepieciešamais palielinājums.

Piemēram, ja cilvēkam redzes asums ir 0,2 DEC vienības, tad optimālais burtu lielums lasīšanai ir 5 reizes lielāks par optimālo burtu lielumu pie redzes asuma 1,0 DEC vienībās (*Krischer & Zangemeister*, 2007).

Kritiskā drukātā burta lielums redzes zinātnē ir cieši saistīts ar telpas un kontrasta redzi.

Kontrasts ir fizikāls lielums, kas raksturo spožuma attiecību starp divām blakus esošām virsmām.

Redzes zinātnē ir divi ierastie veidi, kā izteikt kontrastu:

- *Maikelsona* kontrasts attiecināms uz periodiskiem rakstiem, tādiem kā sinusa viļņu režģi, un to definē kā gaišākā laukuma spožuma starpība ar tumšāko un dalot ar šo lielumu summu:

$$\text{Maikelsona kontrasts (\%)} = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \times 100\% \quad (2)$$

kur L_{max} - gaišākā laukuma spožums, L_{min} - tumšākā laukuma spožums.

- *Vēbera* kontrasts attiecināms uz neperiodiskiem rakstiem, kā burtiem un tabulām, kur tumšāki simboli atrodas uz izmēra ziņā lielāka balta fona, un to definē kā fona spožuma un simbola spožuma vērtību starpību, kas dalīta ar fona spožuma vērtību.

$$\text{Vēbera kontrasts (\%)} = \frac{L_{fona} - L_{stimula}}{L_{fona}} \times 100\% \quad (3)$$

Kontrasta līmeni, ko persona sākt izšķirt starp mērķi uz fona, sauc par kontrasta sliekšni. Kontrasta sliekšņus mēra dažāda tipa vizuālo stimulu uzdevumos, kā atšķiršana, diskriminācija, atpazīšana, vai

identificēšana. Mērķa atšķiršanas sliekšnis ir viszemākais. Klīniskos pētījumos un pacientu aprūpē kontrasta sliekšnis parasti tiek izteikts ar kontrastjutību, kur kontrastjutība ir kontrasta sliekšņa apgriezts lielums. Tādējādi, personām ar zemu kontrasta sliekšni piemīt augsta kontrastjutība, un tiem, kam ir augsts kontrasta sliekšnis, piemīt zema kontrastjutība (Owsley, 2003). Jaunam, veselam subjektam kontrasta sliekšnis var būt 1% jeb 1/100 (kontrastjutība šajā gadījumā ir 100). Literatūrā kontrasta sliekšni pieraksta logaritmiskās vienībās vai relatīvās vienībās (Kaufman, Alm, & Adler, 2003).

Cilvēka kontrastjutība (CSF) ar savu līkni atšķiras no gandrīz visām labām optiskajām sistēmām. Cilvēka kontrastjutības līkne sasniedz savu kontrastjutības virsotni pie vidējām telpiskajām frekvencēm (3-6 cikli/grādu), ar strauju kritumu pie augstām telpiskajām frekvencēm un lēzenāku kritumu pie zemām telpiskajām frekvencēm (Owsley, 2003). Straujāks kontrastjutības kritums pie augstākajām telpiskajām frekvencēm izskaidrojams ar difrakcijas un citu aberāciju klātbūtni, kas padara sarežģītāku smalku detaļu atpazīšanu (Schwartz, 2004).

Cilvēka kontrastjutība ir atšķirīga no tās komponentu summas, jo tīklenes-smadzeņu apstrādes sistēma ir ieprogrammēta uzlabot telpiskās frekvences intervālā no 3 līdz 6 cikli/°. Receptorie lauki, on/off sistēmas un laterālā inhibīcija ir labi zināmie fizioloģiskie mehānismi, kas ietekmē dažādus telpisko frekvenču kanālus un ir atbildīgi par šo telpisko frekvenču uzlabošanu (Kline, Schieber, Abusamra, & Coyne, 1983). Cilvēka acs kontrasta jutīguma funkcija (CSF) izskaidro burtu lieluma ietekmi uz lasīšanas ātrumu. *Legge, Rubin un Luebker* parādīja, kā burtu lielums mijiedarbībā ar teksta kontrastu ietekmē lasīšanas ātrumu. Teksta kontrasta samazinājums, pirmkārt, pazemina ļoti lielas un ļoti mazas drukas lasīšanas ātrumu. Rezultātā tiek atrasts funkcijas izliekuma augstākais rādītājs vidējas drukas lasīšanā un zemākais rādītājs mazo un lielo burtu lasīšanā. Šī līkne pēc formas atgādina kontrasta jutīguma funkcijas (CSF) sinusa līnijas, un norāda, ka dažādas telpiskās frekvences kontrasta jutīgums var ietekmēt lasīšanas ātruma atkarību no burtu lieluma (Legge, & Bigelow, 2011). *Solomon & Pelli* novērtēja telpiskās frekvences burtu atpazīšanā un ieguva, ka 1° Bookman stila burti, pamata frekvence atbilst 3 cikliem/°. Savukārt pēc *Majaj et al., 2002.* datiem pamata frekvence 0,16° burtiem atbilst 1,7 cikliem/°, bet 16° burtiem tā ir 7,7 cikli/°. Šie rezultāti ļauj secināt, ka lielo izmēru burti tiek identificēti ar to kanālu palīdzību, kuros ir iekodēti kontūras parametri vai citi burtu spektrālie komponenti. Kritiskā burtu lieluma identifikācija ir atkarīga no rupjākiem aspektiem (zemākas frekvences ciklu kopumā uz vienu burtu) (Legge, & Bigelow, 2011).

O'Brien et al., pētījumā par kontrasta ietekmi uz lasīšanas ātrumu, tika konstatēts, ka gan mērķa grupā, kurā bija bērni ar samazinātām lasīšanas spējām, gan kontrolgrupā (bērni ar labām lasīšanas spējām) nenovēro statistiski nozīmīgas atšķirības. Interesanti pavērsieni tika novēroti, pētot katru dalībnieku atsevišķi, dažiem no viņiem varēja novērot, ka pie samazināta kontrasta uzlabojas lasīšanas ātrums, šiem bērniem tika novērota arī anormāla kontrastjutības līkne (O'Brien, Mansfield, & Legge, 2000).

Ja skatās uz redzes uztveres apgabala lielumu, to ietekmē arī lasāmā teksta kontrasts. Samazinoties kontrastam, mazāks ir uztveres apgabals. Zema kontrasta apstākļos parafoveolas daļa nespēj izšķirt grafēmu formu jeb augsto telpisko frekvenču radītās grafēmu nianšes. Tā rezultātā samazinās parafovejas apgabals, kas ir spējīgs izšķirt simbolus, līdz ar to samazinās arī pats redzes uztveres apgabals (Legge, Ahn, Klitz, & Luebker, 1997).

Tā kā redzes asumu nelabvēlīgi ietekmē zems kontrasts un apgaismojums, tad, kontrasts ietekmē lasīšanas ātrumu. Burtu izmēra palielināšana pie zema kontrasta niecīgi atvieglo teksta saskatīšanu (Bernard, Kumar, Junge, & Chung, 2013).

„Pūļa efekts” - atpazīt burtu ar perifēro redzi, kas atrodas pa vidu diviem citiem burtiem ir daudz grūtāk nekā vienu pašu burtu. Šo kavējošo efektu sauc par pūļa efektu. Tā kā lasīšanas ātrums ir atkarīgs no tā, cik daudz burtus mēs uztveram katrā fiksācijā, tomēr to ierobežo pūļa efekts. Palielināts pūļa efekts var būtiski ietekmēt bērna mācīšanās spējas. Atsevišķi pētījumi rāda, ka tiem bērniem, kuriem ir disleksija, novēro daudz lielāku pūļa efektu (Martelli, DiFilippo, Spinelli, & Zoccolotti, 2009).

Pūļa efektu raksturo kritiskā atstarpe starp burtiem, kas ir atkarīga no tīklenes ekscentritātes. Jo tālāk perifērijā no fiksācijas punkta atrodas burts, jo lielākas atstarpes nepieciešamas, lai to saskatītu. Kritiskā atstarpe ir mazākais attālums starp burtiem, pie kura netiek novērots pūļa efekts un tiek saglabāts nemainīgs lasīšanas ātrums. Atkarībā no burtu atstarpes, perifērijā vairāk kā viens objekts nonāks vienā un tajā pašā burta integrācijas zonā, traucējot atpazīšanu. Ja blakus esošie burti atrodas uz integrācijas zonas robežas vai ārpus tās, tad var viegli atpazīt interesējošo burtu. Izolācijas lauki uz perifēriju palielinās, līdz ar to kritiskā atstarpe palielinās un burtus ir grūtāk atpazīstami (Pelli, Tillman, Freeman, Su, Berger, & Majaj, 2007).

Palielinoties atstarpēm starp burtiem, kas ir divas reizes lielāka par burta platumu, lasīšanas ātrums centrālajā redzē samazinās. Sakarība ir spēcīgāka, ja atstarpes starp burtiem samazina mazākas par burta platumu. Garajās atstarpēs lasīšanas ātrumu kavē sakāžu plānošanas mehānisms (Yu, Cheung, Legge, & Chung, 2007).

Diskusijas par pūļa efektu un uztveres lauku varētu norādīt uz to, ka papildus atstarpe starp burtiem tekstā varētu samazināt pūļa efektu, palielināt uztveres lauka izmēru un veicināt ātrāku lasīšanu. Tomēr empīriskie pētījumi parādīja, ka ļoti platas atstarpes nepalielina uztveres lauku un lasīšanas ātrumu (Legge, & Bigelow, 2011).

Pastāv arī cita definīcija kā tiek skaidrots pūļa efekts – pēc *Stuart & Burian* - ja elementu ieskauj citi apkārt esoši objekti, tad redzes asums būtiski krītas, nekā ja elements būtu redzams viens pats, šo fenomenu sauc par pūļa efektu (Stuart & Burian, 1962).

Pēc *Pelli et al.*, pūļa efekts ir sekas pārmērīgai figūru integrācijai, ko rada redzes sistēma, veicot objekta atpazīšanu. Pūļa efekts sāk darboties, ja mērķis un apkārt esošie objekti iekrīt vienā un tajā pašā integrācijas zonā (Levi, 2008); (Pelli, Palomares, & Majaj, 2004), kas ir hipotētisks reģions augstākajā redzes garozā, kur zemākas pakāpes informācija tiek tālāk pārveidota, lai veidotos priekšstats par redzamo objektu. Ambliopijas (slinkās acs) gadījumā ir novērojams daudz lielāks pūļa efekts. Rādot redzes asuma tabulā optotipus pa vienam, ir sagaidāms augstāks redzes asums nekā rādot visu rindiņu vienkopus (Bonneh, Sagi, & Polat, 2007); (Whitney & Levi, 2011).

Tika noskaidrots, ka kritiskā atstarpe pastāv, gan bērniem, gan pieaugušajiem. Tikai bērniem (piecus, astoņus un vienpadsmit gadus veciem) šis lielums ir vienāds ar 1,5x no optotipa lieluma, bet pieaugušajiem tas ir 0,5x no optotipa lieluma (Semenov, Chernova, & Bondarko, 2000).

Klīniskos pētījumos, pūļa efekta novērtēšanai, līdzīgi kā *Atkinson et al.*, mēra redzes asumu izolētam optotipam un optotipam, kuru apkārt ieskauj kontūra, kuras attālums atbilst pusei no optotipa lieluma. Pūļa efekta koeficients tiek aprēķināts kā attiecība starp redzes asumu izolētam burtam un redzes asumu ieskautam burtam kontūrā:

$$PEK = \frac{V(\text{izolētam optotipam})}{V(\text{optotipam ar kontūrām})} \quad (4)$$

kur PEK – pūļa efekta koeficients, V – redzes asums decimālā skalā (Atkinson, Anker, Evans, Hall, & Pimm-Smith, 1988).

Atkinson, et al., mērīja izolētu burtu redzes asuma sliekšni un redzes asuma sliekšni ar pūļa efektu trīs un četrus gadus veciem bērniem un pieci līdz septiņus gadus veciem bērniem ar normālu redzes asumu un pieaugušajiem. Rezultāti parādīja, ka pūļa efekts kavē ieskautu optotipu atpazīšanu visvairāk trīs un četrus gadus veciem bērniem, mazāk piecus līdz septiņus gadus veciem bērniem, kuru rezultāti neatšķīrās no pieaugušajiem (Atkinson, Anker, Evans, Hall, & Pimm-Smith, 1988). *Semenov et al.*, mērīja pūļa efekta sliekšni no trīs līdz deviņus gadus veciem bērniem un pieaugušajiem, iegūstot ka pūļa kritiskās atstarpes lielums konstanti samazinājās attiecībā pret vecumu, sasniedzot pieaugušo līmeni jau deviņos gados (Semenov, Chernova, & Bondarko, 2000). Arī *Bondarenko & Semenov* pētījumā tika pētīti bērni vecuma grupās 8, 11,5, 12,5, 15 un 17 gadu vecumā, izmantojot dažādus stimulus. Kritiskās atstarpes lielums, samazinājās līdz ar vecumu, straujāk līdz 11,5 gadiem. Dažādie stimuli uzrādīja atšķirīgus pūļa efekta koeficienta lielumus (Bondarko & Semenov, 2005). Līdzīgu pētījumu veica arī *Jeon et al.*, mērot kritisko atstarpi, kad parādās pūļa efekts. Dalībnieki bija 5 gadus, 8 gadus, 11 gadus veci un arī pieaugušie. Uzdevums bija noteikt Snellena E burta virzienu ar un bez pūļa efekta. Kā apkārt esošas kontūras tika izmantotas trīs paralēlas līnijas. Pūļa efekta koeficients būtiski lielāks bija 5 gadus veciem bērniem, savukārt kritiskā atstarpe būtiski mazāka bija pieaugušajiem (Jeon, Hamid, Maurer, & Lewis, 2010).

Pūļa efekta neirofizioloģiskās izpētes parāda, ka ir grūti atdalīt pūļa efekta neirālos mehānismus. Lai arī ir liela dažādība lietoto stimulu, vairākums pētījumu pārliecina, ka pūļa efekts ir vienots fenomens, notiekošs konkrētā vizuālās uztveres apstrādes līmenī (Livingstone, Rosen, Drislane, & Galaburda, 1991) vai, iespējams, specifiskā redzes zonā kā V1;V2;V3;V4 (Tyler & Likova, 2007).

2.3.4. Burta relatīvā pozīcija un orientācija telpā

Pēc *Farkas & Smothergill*, burta relatīvās pozīcijas telpā precīza atpazīšana attīstās vēl skolas laikā. Pētījumā tika analizēti bērni vecuma grupās no 6 līdz 8 un 10 līdz 11 gadiem un iegūts, ka burtu mainīšana vārdā lasīšanas procesā samazinās ar vecumu un ir būtiski augstāka bērniem ar lasīšanas

grūtībām (Farkas & Smothergill, 1979). Atbilstoši, līdzīgu fenomenu novēro ar burtu orientācijas jaukšanu, kā, piemēram d un b , vai p ar d vai b , pieaugot vecumam, fenomens samazinās (Terepocki, Kruk, & Willows, 2002).

2.3.5. Okulomotorie (acu kustību) ierobežojumi

Kā iepriekš tika minēt redzes uztveres apgabalu fizioloģiski ierobežo redzes lauks un tīklenes fizioloģiski- anatomiskā struktūra. Mazu burtu lasīšanas ātruma samazinājumu var ietekmēt īso sakāžu ($<1^\circ$) pārsvars lasīšanas procesā, kas būtiski padara ilgākas acu fiksācijas. Biežā sakāžu plānošana noved pie tempa krišanās lasīšanas laikā (pēc Kowler & Anton, 1987) (Legge, & Bigelow, 2011).

Literatūrā okulomotorie ierobežojumi netiek minēti pie pamata faktoriem lasīšanas ātruma mainībai. Lai izvērtētu okulomotoro acu kustību ietekmi lasīšanas procesā, pielieto dažādas metodes lasīšanas novērtēšanā. Parasti, tās ir RSVP – strauju sēriju vizuālā metode, kur acu sakāžu ietekme tiek minimizēta, un *Flashcard* metode, kas ir līdzīga teksta skaļas lasīšanas testam, tikai veidota uz datora ekrāna. Yu, Cheung, Legge & Chung salīdzināja kritiskā drukātā burtu lielumu starp abām metodēm un nekonstatēja būtisku atšķirību sakāžu ietekmē. Viņi novēroja, ka abās metodēs lasīšanas ātrums lineāri pieaug skolas vecuma bērniem un tas ir nozīmīgi augstāks RSVP metodē, jo sakāžu programmēšana prasa attiecīgu laiku, kas kavē lasīšanas ātrumu (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007).

Lasīšanas procesā acis nevirzās vienmērīgi pa visu tekstu, bet gan veic īsas un straujas kustības jeb sakādes. Ar sakāžu palīdzību acis virzās tekstā uz priekšu vidēji par 7 – 9 rakstu zīmēm. Tās var būt no vienas grafēmas līdz pat 20 rakstu zīmēm. Taču pēc garākiem pārlēcieniem mēdz sekot atpakaļejoša sakāde – regresija. Regresijas sastāda apmēram 10 – 15 % no kopējo sakāžu skaita. Tās veidojas, ja ir pazaudēta kāda daļa no teksta, vizuālais pārlēcienis ir bijis pārāk garš vai teksts ir sarežģītas uzbūves. Pieaugot lasīšanas prasmēm, sakādes kļūst precīzākas un ir mazāks regresiju daudzums. 100 vārdos pirmskolas skolēns veic vidēji 52 regresijas, bet koledžas students tikai 15 regresijas (Pavlidis, 1985); (Reichle, 2000); (Vogel, 1995).

Kamēr teksts nav ļoti mazā drukā vai nesamērīgi lielā drukā, zīmju skaita atkarība, ko cilvēks fiksē vienas fiksācijas laikā, nav saistīts ar iespiesto burtu lielumu. Parasti aprakstot grafēmu skaitu, ko cilvēks fiksē un uztver lasot tekstu, uzskata, ka ikdienas apstākļos 1° lielā redzes leņķī cilvēks uztver 3 – 4 rakstu zīmes (Rayner, 1998).

Vidēji sakāde ilgst 20 – 50 milisekundes. Šajā laikā netiek iegūta vizuālā informācija. Sakāžu raksturlielumi ir ātrums, ilgums, kustības trajektorija, reakcijas laiks jeb latence un precizitāte. Jo garāka sakāde, jo lielāks tās ātrums un ilgums. Maksimālā sakāde neilgst vairāk par 100 milisekundēm. Šajā laikā vizuālā sistēma nevar paspēt ietekmēt sakādes kustības virzienu. Sakādes galvenais uzdevums ir pagriezt aci uz interesējošo objektu tā, lai tas tiktu novietots tīklenes centrālajā zonā jeb foveolā (Leigh & Zee, 2006). Sakāžu ātrums mainās robežās no 30 – 700 grādiem/ sekundē, bet amplitūda no $0,5^\circ$ – 40° . To ietekmē burtu izmēri, vārda garums un atstarpes starp vārdiem (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003). Parasti, sakādes nekavē un netraucē redzes procesam, tās ir ātras un precīzas. Jo sakāde ir ātrāka, jo tā sasniedz lielāku ātrumu un ir ilgāka. (Legge, 2007).

Starp sakādēm acs atrodas salīdzinoši miera stāvoklī, ko sauc par fiksāciju. Fiksāciju vidējais ilgums ir 200 – 250 milisekundes. Īsāko fiksāciju ilgums var būt mazāks par 100 ms, bet garāko fiksāciju ilgums var būt virs 400 ms (Blignaut & Beelders, 2009). To laikā notiek aktīva informācijas apstrāde, nākamās fiksācijas vietas izvēle un sakādes programmēšana. Sakādes programmēšana notiek jau pirmajās 100 milisekundēs (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003); (Blignaut & Beelders, 2009). Fiksācijas ilgumu ietekmē tādi faktori, kā vārda garums; vārda sarežģītība; vārda sastopamības biežums (Rayner, Duffy, 1986), vārda iepriekšparedzamība tekstā – nebijuši vārdi tiek fiksēti ilgāk; informācijas pieejamības no parafovejas apgabala; teksta kontekstas; semantiskā saistība starp vārdiem; leksikas; teksta sintakses un stilistikas (Rayner, 1998). Parasti pirmā fiksācija notiek vārda vidū, tai seko sakāde, kuras laikā acis tiek aizvirzītas uz nākamo vārdu vai arī tiek izlaisti viens vai divi vārdi (tas atkarīgs no vārdu garuma) (Nicolson & Fawcett, 2008). Sakādes un fiksācijas kopējais ilgums ir aptuveni 200 - 250 milisekundes, tātad šī sakāžu un fiksāciju kombinācija notiek vidēji 4-5 reizes vienā sekundē (Nicolson & Fawcett, 2008)

Pētot fiksāciju ilgumus, zinātnē tiek vērtēts pirmās fiksācijas ilgums – īsiem vārdiem tā var būt pirmā un vienīgā fiksācija, bet garākiem vārdiem pirmā fiksācija; skata ilgums – kopējais fiksāciju ilgums līdz brīdim, kad tiek pārvietots skats uz nākošo vārdu, neieskaitot regresijas un pilnais laiks jeb kopējais fiksāciju ilgums uz vienu vārdu, ieskaitot regresijas (Wang, Hwang, & Pomplun, 2010); (Huestegge, 2010). Lēmumu pat to, kur notiks nākamā fiksācija nosaka teksta iezīmes, vārda garums un atstarpes starp

vārdiem. Sakādes garumu ietekmē fiksētā vārda garums un vārds, kas seko pa labi no fiksētā vārda, jo garāks vārds, jo sakāde mazāka. Ja lasītājam nav informācijas par to, kur ir nākošā pauze starp tālāk tekstā sekojošajiem vārdiem, sakāžu garums samazinās un ievērojami krītas lasīšanas ātrums. Lasītājiem ir tendence pirmo fiksāciju uz vārdu izdarīt vārda daļā, kas ir starp vārda sākumu un vārda vidu (Reichle, 2000).

Lasīšanas procesa laikā ik brīdi notiek fiksētā vārda analizēšana un nākošās sakādes plānošana. Pirmajās 50 – 60 milisekundēs, no fiksācijas sākuma, tiek iegūta informācija, kas nepieciešama informācijas apstrādei par fiksētajām grafēmām un fiksācijas pēdējās 100 ms notiek nākamās sakādes plānošana (Reichle, 2000). Fizioloģiski, sākot no tīklenes fotoreceptoru un ganglionāro šūnu slāņa līmeņa, centrālā (parvocelulārā) un perifērā (magnocelulārā) apstrādes sistēma kontrolē sakādes un fiksācijas. Šo divu sistēmu integrācija ļauj mums veiksmīgi lasīt līnijas ietvaros. Centrālā redze uztver vārdu, bet perifērā lūko pēc nākamā vārda. Traucētas sistēmas rezultātā lasīšanas process ir haotisks.

Acu darbība nesastāv tikai no sakādēm un fiksācijām. Cilvēka acis kustas arī brīdī, kad liekas, ka tās stāv nekustīgi. Ja acu fiksācijas brīdī nenotiek acu mikrokustības, tad tīkļenei atrodoties nekustīgā stāvoklī, fotoreceptori izbalē un nespēj darboties. Mazās un ātrās kustības ir nepieciešamas, lai informāciju par attēlu saņemtu blakus esošie fotoreceptori. Šo mazo kustību amplitūda svārstās no leņķiskajām sekundēm līdz minūtēm (Martinez-Conde, 2005). Acu mikrokustības var būt dažādas. Tremors ir periodiska, viļņveidīga acu kustība ar frekvenci no 40 – 90 Hz un ar amplitūdu 20 leņķa sekundes. Dreifs ir lēna acu kustība (0,1 – 0,5 grādiem sekundē), kura notiek vienlaicīgi ar tremoru. Augstas frekvences tremors lielākoties notiek pie lēna dreifa. Dreifs ir novērojams arī pēc sakādēm, lai pēc tām nokoriģētu precīzo fiksācijas vietu un mikrosakādes, kas ir mazas (apmēram 0,3°), ātras (apmēram 100 grādi sekundē) acu kustības. 300 milisekunžu garā fiksācijā mikrosakādes notiek vienu līdz divas reizes. Galvenā loma mikrosakādēm ir izlabot dreifa radīto fiksācijas nobīdi no fiksācijas punkta (Martinez-Conde, 2005).

2.3.6. Tuvuma redzes efektivitātes funkcijas

Redzes traucējumi var ietekmēt spēju mācīties, personības izveidi un stāvokli skolas hierarhijā. Tie nav būtiskākie mācīšanās grūtību cēloņi, jo bez redzes efektivitātes funkcijām eksistē psiholoģiskie, lingvistiskie, ekonomiskie, sociālie un anatomiski – fizioloģiskie aspekti, kas traucē veiksmīgu mācīšanās procesa apguvi. Atkarībā no diagnostisko metožu pielietojuma un definīcijas, mācīšanās grūtības novērojamas 2-10% skolas vecuma bērniem. 75% no bērniem ar mācību grūtībām piemīt lasīšanas grūtības. (Scheiman & Rouse, 1994).

Vizuālās efektivitātes kritēriji galvenokārt ir redzes asums, acu kustības, binokulārā redze jeb acu sadarbības funkcijas un akomodācija jeb acs fokusēšanās spējas dažādiem attālumiem. Šīs redzes funkcijas kļūst nozīmīgi būtiskas brīdī, kad skolēns lasa, lai mācītos. Parasti tas sāk veidoties pēc 4 mācību gada vai pēc 10 gadu vecuma, kad lasīšanas attīstībā ir notikušas visstraujākās izmaiņas.

Galvenās sūdzības un simptomi, kas liecina par redzes efektivitātes traucējumiem ir tuvs darba attālums, pirksta izmantošana lasīšanas uzdevumos, galvas noliekšana uz vienu pusi, vienas acs aizvērsšana, veicot uzdevumu, izvairīšanās no tuvuma darbiem vai tālumā vērstām aktivitātēm, acu berzēšana, miegšana, galvassāpes un nogurums pēc redzes slodzes.

Septiņu gadu vecumā, uzsākot skolas gaitas, bērna redze ir gandrīz nostabilizējusies, tā vēl attīstās līdz astoņu gadu vecumam, atsevišķos gadījumos – nedaudz ilgāk. 13–15 gadu vecumā redze ir attīstījusies un nostiprinājusies. Vienlaikus palielinās tuvuma slodze acīm – skolēnam ir daudz jālasa, jāraksta un darbos tiek iesaistītas arī elektroniskās ierīces kā dators, viedtālruni, kas rada milzīgu redzes funkciju – akomodācijas un vergēnces slodzi.

Nekoriģēta ametropija ir samazināta redzes asuma viens no būtiskākajiem iemesliem. Kaut gan miopijas jeb tuvredzības klīniskā aina ir ļoti bieži saistīta ar akomodācijas vājumu, konverģences pārpūli un acs aizmugurēja segmenta izstiepšanos. 6-7 gadu vecumā bērnu refraktīvais stāvoklis ir pārsvarā emetropija vai hipermetropija, savukārt 7-15 gados dominējošā ir miopija, kuru sauc par skolas tuvredzību. Nepietiekams apgaismojums, piepūlēta redze tuvumā un āra aktivitāšu trūkums ir vieni no galvenajiem ārējās vides nelabvēlīgajiem faktoriem, kuri ietekmē miopijas progresēšanu (Deng, Gwiazda, & Thorn, 2010); (Jones, Sinnott, Mutti, Mitchell, Moeschberger, & Zadnik, 2007).

Miopija ir arī visvairāk sastopamā acs refrakcijas stāvokļa anomālija skolas vecuma bērniem Honkongā. No 7560 bērniem, kuru vecums ir no 6 – 16 gadiem (vidējais vecums 9±1 gadi), tā ir sastopama 36,7% ± 2,9% gadījumu, savukārt astigmātisms 18,1%±0,4% un hipermetropija virs +1,75D - 4%±1,2% (Fan, et al., 2004).

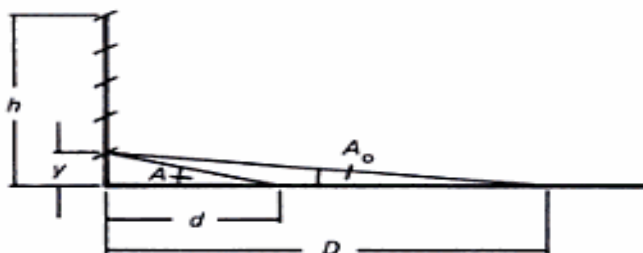
Latvijas pētījumā (2010) par refrakcijas izplatību skolas vecuma bērniem, iegūtie rezultāti parāda, ka vecuma grupā no 7-10 gadiem miopijas izplatība ir novērojama tikai 8%±1,1%, bet 5.-9. klasē miopija ir 25%±1,6% gadījumu, taču 10.-12. klasē miopijas izplatība jau ir ievērojami palielinājusies – 38%±1,8%. Dati par astigmātisma izplatību latviešu skolās norāda uz 2%±0,4% virs 0,75 D (Medne, 2010)

Redzes asums

Redzes asums ir skaitlis, kas raksturo redzes kvalitāti jeb spēju izšķirt smalkas detaļas (augstās telpiskās frekvences) noteiktā attālumā un apstākļos. Jauniem, veselīgiem pieaugušajiem, augstās frekvences robeža ir no 40 līdz 60 cikliem/grādu, kā ekvivalents MAR vērtību skalā no 0,75 līdz 0,50 leņķa minūtēm.

Klīnikā būtiska loma ir redzes asuma novērtēšanā ir izšķirtspējai un atpazīšanai. Atpazīšanas funkcija ir izšķirtspējas forma, kuras darbības nodrošināšanai nepieciešams, lai atpazīstamais objekts cilvēkam būtu zināms. Snellena redzes asums ir atpazīšanas funkcijas piemērs, jo pacientam jāpārzina alfabēta burti, lai varētu nolasīt kartē esošos optotipus. Redzes asuma mērīšanai izmanto dažāda veida redzes asuma pārbaudes kartes. Viena no pirmajām šāda veida kartēm tika prezentēta 1862. gadā - Snellena burtu karte, kur pamatā ir skaidra simbolu robeža starp baltu fonu un melnas krāsas burtiem. Leņķiskais izmērs šādam burtam vertikāli atbilst 5 leņķa minūtēm un horizontāli no 4 līdz 6 leņķa minūtēm, atkarībā no konkrēta alfabēta burta formas. Burta detaļas izmērs atbilst 1 leņķa minūtei, kas ir pieņemts kā konstants lielums redzes asuma aprēķinos (Yanoff & Duker, 2009)

Redzes asumu visbiežāk novērtē Snellena frakcijās, decimālajās vai logMAR vienībās. Redzes asums 20/20 Snellena frakcijā, jeb 1,0 decimālajās jeb 0,00 logMAR vienībās nozīmē skaidru atbilstošu redzi. Parametri, kas nosaka redzes asuma vērtību atainoti 2.7. attēlā:



2.7. attēls. Nepieciešamie parametri redzes asuma aprēķināšanai,

kur h- burta augstums testā metros; y- burta vienas detaļas izmērs metros; d- standarta testa attālumu – novērotājs – testa tabula metros; D- attālums, kura stimula leņķiskais izmērs sasniedz 1 leņķa min; A₀ - leņķis kādā jaspēj saskatīt stimulu no standarta attāluma, kur detaļas izmērs atbilst 1 leņķa min; A – leņķis, kādā pacients redz stimulu no standarta attāluma grādos (Bennett & Rabbetts, 1984).

Redzes asumu (V- *visus*) var tikt izteikts kā A₀/A attiecību, ko pazīst kā „Snellena frakciju” un kuru izmanto oftalmoloģijas praksē, pierakstot redzes asumu.

$$V = \frac{A_0}{A} = \frac{y/D}{y/d} = \frac{d}{D} \quad (5)$$

Snellena frakciju var izteikt arī decimālā veidā, kur, piemēram, 20/80 = 0,25. Šāda redzes asuma pieraksta veidu izmanto Latvijā, un to dēvē par decimālo redzes asuma (DecV) pierakstu. Lai pārietu no decimālajām vienībām uz logMAR vienībām un otrādi izmanto formulas:

$$\log\text{MAR} = -\log(\text{DecV}) \quad (6)$$

$$\text{DecV} = 10^{-\log\text{MAR}} \quad (7)$$

Redzes asuma tabulās, kas veidotas pēc logMAR principa, vienas rindiņas vērtība atbilst 0,1 logMAR vienībām, bet viena optotipa vērtība ir 0,02 logMAR, kas ļauj precīzāk novērtēt redzes asumu. Kad redzes asums ir 1,0 decimālās vienības, tad $\log_{10}1 = 0,0$ logMAR (Holladay, 1997).

Klīnikā redzes asumu novērtē gan tālumā, gan tuvumā. Redzes asumu var ietekmēt redzes acs refraktīvais stāvoklis (hipermetropija – tālredzība, miopija – tuvredzība, astigmātisms, presbiopija),

akomodācijas traucējumi un dažādas acu slimības. Skolas vecuma bērniem biežākie iemesli ir nekoriģēti redzes refraktīvie defekti vai pārlietu liels redzes saspringums vai nogurums.

Akomodācija

Akomodācija ir acs spēja izmainīt acs optiskās sistēmas laušanas spēju tā, lai visu objektu, kuri atrodas starp tālāko skaidrās redzes punktu un tuvāko skaidrās redzes punktu, attēli uz tīklenes veidotos skaidri. Tā ir acs piemērošanās spēja priekšmetu aplūkošanai dažādos attālumos. Jebkuri akomodācijas traucējumi var izraisīt problēmas tuvuma darba veikšanā, tādēļ acs akomodācijas sistēma ir ļoti nozīmīga mācību procesā (Palomo-Alvarez & Puell, 2008). Pēc *Ritty et al.*, pētījuma rezultātiem skolēns mācoties skolā 21,1 % no visa laika, pavada, mainot skatu no tāluma uz tuvumu, 54,2 % laika, pavada strādājot tuvumā un 24,7 % laika izmanto tāluma darbiem (Ritty, Solan, & Cool, 1993).

Akomodācijas traucējumi ir atrodami 60-80% pacientu ar binokulārās redzes problēmām. Populācijā novēro 9,2% akomodācijas nepietiekamību, 5,1% akomodācijas kūtrumu un 2,5% akomodācijas spazmas. Biežākie akomodācijas traucējumu simptomi ir miglošanās, acu nogurums un galvassāpes (Griffin, Grisham, & Ciuffreda, 2002).

Monokulāri veiktais, akomodācijas viegluma tests, kas novērtē pacienta spēju ātri mainīt akomodāciju un absolūtā akomodācijas apjoma test, novērtēts monokulāros apstākļos, ir veidi kā tiek novērtētas akomodācijas funkcijas. Ja akomodācijas vieglums ir traucēts vai absolūtās rezerves ir izmainītas, tad var secināt par vai nu akomodācijas nepietiekamību, inertumu vai pārmērīgu darbību, vai spazmām. Savukārt binokulāri veiktais akomodācijas viegluma tests un relatīvās akomodācijas rezerves novērtē akomodācijas darbības spēju kopā ar verģenču darbību. (Evans, Allens, & Wilkins, 2009); (Scheiman, 2002).

Akomodācijas viegluma noteikšanai visbiežāk izmanto *flipperu* metodi, kur akomodāciju periodiski atslābina 2,0 D zem un sasprindzina virs 2,0 D dabīgā līmeņa. Testu veic ar pilnu ametropijas korekciju parasti vienu minūti un novērtē veiktos ciklus atbilstošajā laika vienībā (Griffin, Grisham, & Ciuffreda, 2002); (Scheiman & Wick, 2008).

Plaši pētījumos tiek izvērtēta akomodācijas viegluma rezultāti dažādās vecuma grupās. Tie nav viennozīmīgi, lai salīdzinātu, jo atšķirīgas ir pielietotās metodes, stimula izmēri un vecuma grupas. *Jimenez et al.*, veiktajā pētījumā, kurā piedalījās bērni no 6 līdz 12 gadiem, atrada, ka akomodācijas vieglums (monokulārais un binokulārais) katrā vecuma grupā nav būtiski atšķirīgs un, ka monokulāri veiktais akomodācija vieglums uzrāda augstāku frekvenci, jeb ciklus/minūtē. Šajā pētījumā ir apkopoti citu autoru kā *Burge (1979)*, *Hennessey et al. (1984)*, *Schienman et al. (1988)*, *Rouse et al. (1991)*, *Jackson & Goss (1991)* un *Kulp & Schmidt (1996)* iegūtie rezultāti par akomodācijas vieglumu. Monokulāros apstākļos tiek uzrādīti vidēji rezultāti robežās no 3 cikliem/minūtē līdz 10 cikliem/minūtē. Savukārt binokulāri veiktie mērījumi uzrāda izkliedi robežās no 5 cikliem/minūtē līdz 14 cikliem/ minūtē (Jimenez, Gonzalez, Perez, & Garcia, 2003).

Autori rekomendē šādus kritērijus: testu nevar ieskaitīt, ja pacienta monokulārais akomodācijas vieglums ir mazāk par 10 cikliem/min, kā arī, ja starpība starp acīm ir vairāk par 2 cikliem/min un ja binokulārais akomodācijas vieglums ir mazāks par 6 cikliem/min (Griffin, Grisham, & Ciuffreda, 2002).

Akomodācijas amplitūda (AA), faktors, kas būtiski mainās ar vecumu. 1944. gadā *Hofstetter* apkopoja visus datus, kas tika iegūti ar *Push up* metodi un piedāvāja trīs lineārus vienādojumus, aprēķinot minimālo, maksimālo un sagaidāmo akomodācijas amplitūdas vērtību visos vecumos: (Jimenez, Gonzalez, Perez, & Garcia, 2003)

$$\begin{aligned} AA_{\max} &= 25 - 0,4 * \text{Vecums (gados)} \\ AA_{\text{sag}} &= 18,5 - 0,3 * \text{Vecums (gados)} \\ AA_{\min} &= 15 - 0,25 * \text{Vecums (gados)} \end{aligned} \quad (8)$$

Tomēr *Hofstetter* metode, izmantot lineāro attiecību savā vienādojumā, arī nav gluži ticama. Pēc viņa iegūtā vienādojuma trīsgadīga bērnam akomodācijas amplitūda sastāda 17,60D. *Woodruff* un arī *Sterner et al.*, novērtēja akomodācijas amplitūdu bērniem jaunākiem par 11 gadiem un uzrādīja zemāku akomodācijas amplitūdu. Amplitūdas vērtība aug līdz ar vecumu, un sasniedza maksimālo vērtību 10 – 12 gados. Līdz šim vecuma posmam nav korekti izmantot Hofstettera vienādojumu, jo sakarība nav lineāra, tā veido piesātinājumu, un arī atbilstošās vērtības ir būtiski zemākas nekā aprēķinātās (Woodruff, 1987); (Sterner, Gellerstet, & Sjostrom, 2004).

Vergence

Vergences ir pretēji vērstas abu acu kustības. Atkarībā no veicamās kustības vergences tiek iedalītas konverģencē un diverģencē. Konverģējot acis veic kustību uz iekšu, bet diverģējo, acu kustība iet uz āru. Vergences galvenokārt ir gribai pakļautas acu kustības, par kuru darbību liecina vergences vieglums - redzes sistēmas spēja efektīvi, ātri un bez kļūdām mainīt vergences pieprasījumu laikā, kā arī konverģences tuvuma punkts jeb tuvākais punkts mediālajā plaknē, uz kuru acis spēj konverģēt. Konverģence ir maza acu kustība uz deguna pusi, ko novērojam, mainot skata virzienu no tālumā esoša objekta uz tuvāku. Nepietiekama vai pārmēru spēcīga konverģence ir saistīta arī ar akomodācijas problēmām, jo šīs divas redzes funkcijas viena otru būtiski ietekmē (Bennett & Rabbetts, 1984); (Griffin, Grisham, & Ciuffreda, 2002).

Vergences funkciju novērtēšanā izmanto fuzionālās vergences amplitūdas mērījumus, ko iegūst ar prizmu lineālu, palielinot attēlu disparitāti uz tīklenes līdz atbilstošie attēli nevar tikt sensori savietoti vienā jeb sapludināti. Šim mērķim tiek izmantotas horizontālās prizmas ar bāzi uz āru (pozitīvās-PFR) un bāzi uz iekšu (negatīvās-NFR). Klīniski svarīgi ir rādītāji pie kāda prizmas stipruma novēro attēla miglošanos, dubultošanos un saplūšanu. Miglošanās punkts liecina par fuzionālās vergences izsīkumu, dubultošanās stāvoklis par akomodatīvās un fuzionālās vergences izsīkumu. Savukārt saplūšanas stāvoklis liecina par binokulāro funkciju atjaunošanos. Fuzionālās vergences amplitūdas jeb fūziju rezervju lielumi mainās no mērījumu metodikas, attāluma, kādā tiek vērots objekts un parasti tās ir lielākas tuvuma distancēs, un vecuma, kā arī no izvēlēta stimula izmēriem. Pēc *Scheiman & Bruce*, izdala vidējos lielumus 7-12 gadus veciem pacientiem un pieaugušajiem (Scheiman & Wick, 2008).

7-12 gadīgo grupā:

PFR ($\Delta B\bar{A}$) tuvumā -	dubultošanās saplūšana	23±8 Δ 16±6 Δ
NFR (ΔBI) tuvumā -	dubultošanās saplūšana	12±5 Δ 7±4 Δ

Pieaugušo grupā:

PFR ($\Delta B\bar{A}$) tuvumā -	dubultošanās saplūšana	19±9 Δ 14±7 Δ
NFR (ΔBI) tuvumā -	dubultošanās saplūšana	13±6 Δ 10±5 Δ

Otrs veids, kā novērtēt vergences sistēmas dinamiku laikā ir pielietot dažādu kombināciju prizmu fīperus. Populārākās kombinācijas tuvuma funkciju novērtēšanā: 4 ΔBI /16 $\Delta B\bar{A}$ (*Buzzelli, 1986*), 8 ΔBI /8 $\Delta B\bar{A}$ (*Griffin&Grisham, 1995*), 3 ΔBI /12 $\Delta B\bar{A}$ (*Gall, Wick&Bedell, 1998*). Galla piedāvātajai prizmu kombinācijai frekvence vidēji populācijā sastāda 15 ciklus/minūtē, pie fiksācijas objekta izmēra 0,18 logMAR. Tas nozīmē, ka viena perioda veikšanai ir nepieciešamas 4 sekundes (Gall, Wick, & Bedell, 1998). Savukārt, Buzzelli, pielietojot 4 ΔBI /16 $\Delta B\bar{A}$, iegūst, ka 7 gadu vecumā vidēji nepieciešams veikt 7,5 cikli/minūtē, bet 11-13 gadu vecumā 11-13 cikli/ minūtē. Viena perioda ilgums no 4,6 -8 sekundēm, atbilstoši vecumam (Buzzelli, 1986). Eksperimentā tika pielietota 8 ΔBI /8 $\Delta B\bar{A}$ prizmu kombinācija, balstoties uz *Pierce, 1973* atradnēm. Skolas vecuma bērniem skrīninga apstākļos 7,5 cikli/minūtē ir pieņemamais kritērijs vergences dinamikas novērtēšanā. Tas nozīmē, ka pusperioda veikšanai ir nepieciešamas 4 sekundes.

Konverģences amplitūdas novērtēšanā pielieto gan akomodatīvu objektu, gan gaismas diodi, kas tiek tuvināta deguna saknei, līdz pacients ziņo par dubultošanos. Attālināts konverģences tuvuma punkts ir viena no konverģences nepietiekamības pazīmēm. Savukārt, konverģences atjaunošanās punkts tiek noteikts pēc dubultošanās punkta, kad cilvēks atkal spēj sapludināt objektu vienā. Nomērot konverģences tuvuma punkta un konverģences atjaunošanās punkta robežas, var secināt par konverģences spēju. (Evans, Allens, & Wilkins, 2009). Literatūrā ieteicamais attālums no deguna saknes atbilst 5±2,5 cm ar atjaunošanās punktu 7±3,0 cm, ja stimul ir bijis akomodatīvs, bet diodes gadījumā 7±4 cm ar atjaunošanās punktu 10±5 cm (Scheiman, Galloway, Frantz, & et al., 2003).

Heteroforija

Lai nodrošinātu komfortablu un stabilu binokulāro redzi ir nepieciešams, lai abas acis fiksētu vienu un to pašu objektu. Ortoforija ir acu stāvoklis, kad abas redzes asis ir vērstas uz vienu fiksācijas punktu, bez fūzijas jeb attēla sapludināšanas palīdzības. Heteroforija ir acu stāvoklis, kad abas redzes asis nefiksē

vienu un to pašu objektu, taču ar fūziju mehānisma palīdzību spēj sapludināt abus attēlus vienā. Kad foriju vairs nav iespējams kompensēt ar fūzijas palīdzību, tā kļūst par dekompensētu heteroforiju. Praksē heteroforiju koriģēšana ir nepieciešama tikai tad, kad pacientam parādās grūtības kompensēt šo heteroforiju aktualizējoties sūdzībām (Evans & Pickwell, 2002).

Foriju novērtēšanā izmanto dažādas metodes, kuras atšķiras ar disociācijas pakāpi un veidu, kā tiek atdalīti stimuli, kas nonāk konkrētā acī. Biežāk lietojamās metodes ir aizklāšanas tests, Grēfes tests (*Von Graefe*), Toringtona (*Thorington*) metode, izmantojot Madoks (*Maddox*) cilindrus – paralēli vērsta cilindriskas lēcas, kas punktveida gaismas avotu pārvērš lineārā gaismas avotā. Heteroforijas lielums ir atkarīgs no attāluma kādā tiek fiksēts objekts, stimula fizikālajiem parametriem un arī no vecuma. Heteroforijas visbiežāk ir novērojamas, fiksējot objektu tuvumā. Tālumā ap 70% ir ortoforija, taču tuvumā raksturīgākā ir eksoforija ($3\pm 3 \Delta D$) (Stidwill & Fletcher, 2010).

Stereoredze

Stereoredze dziļuma un telpiskuma uztveres mehānisms, kas ir atkarīgs no vienlaicīgas abu acu izmantošanas redzes uztveres procesā. Stereoredzes procesā smadzenes salīdzina vienas un tās pašas ainas attēlus abu acu tīklenēs un ar lielu precizitāti nosaka telpisko dziļumu. Stereoredzes raksturlielums ir stereoasums, stereoleņķis vai stereoslieksnis, kuru mērvienība ir leņķa sekundes. Stereoasums 80-200 leņķa sekundes raksturo binokularitāti, kas veidojas makulas rajonā, stereoasums kas ir vairāk kā 200 leņķa sekundes jau var tikt uzskatīts par samērā rupju stereoredzi. Stereoasumu var novērtēt izmantojot lokālo stereopsi un globālo stereopsi. Lokālās stereopses gadījumā divi vienādi attēli tiek laterāli nobīdīti telpā (Titmus tests), bet globālā stereopsē stimul tiek apslēpts izklaidētos punktos, ko uztver ar dihromātiskām lēcām. Tas nesatur monokulārās telpiskuma īpašības (TNO tests). Stereoredzes pasliktināšanās var būt kā pirmā pazīme par fūziju darbības pavājināšanos un iespējamu heteroforijas dekompensāciju (Simons, 1993).

2.3.7. Tuvuma redzes efektivitātes funkcijas un lasītprasme

Literatūrā ir plaši pētīta redzes efektivitātes funkciju saistība ar lasītprasmi un iegūtie rezultāti ir ļoti pretrunīgi. Jau vairākus gadus notiek diskusija par to, vai redzes traucējumi izraisa lasīšanas grūtības. Piemēram, bērniem ar lasīšanas grūtībām, lietojot atbilstošu redzes korekciju, redzes asums ir normas robežās. Tomēr lasīšana ir dinamisks process, kas ietver sevī acu kustību saskaņotu darbību, lai tiktu iegūta informācija no precīzām un secīgām fiksācijām.

Bērniem ar specifiskiem mācību traucējumiem, piemēram, ar disleksiju, un samazinātu intelektuālo spēju, tomēr biežāk sastopami redzes funkciju traucējumi nekā viņu vienaudžiem bez mācību traucējumiem (Lehmkuhle, Garzia, Turner, Hash, & Baro, 1993).

Grishman et al., 2007. gada pētījumā tiek novērtēti skolēni ar vidējo vecumu 15,4 gadi, kas pēc skolotāju vērtējumu ir vai nav ar lasīšanas grūtībām. Arī šeit novēro, ka lasītprasmes grūtības biežāk novērojamas zēniem nekā meitenēm. Pētījuma rezultātā skolēnu redzes traucējumi ir saistīti vairāk ar verģenču amplitūdu, mazāk akomodācijas un konverģences tuvuma punkta izmainītām vērtībām apgrūtinātas lasīšanas grupā. 15,4 % skolēnu ar lasīšanas grūtībām bija attālināts konverģences tuvuma punkts, 38 % tuvuma pozitīvās fūzijas rezerves bija mazākas par 18 ΔD un 9 % mazākas par 7 ΔD un 60 % negatīvās fūzijas rezerve bija zem 11 ΔD . Tikai 17% gadījumu redzes asums tālumā vienā no acīm bija zemāks par 0,5 DEC vienībām, kas nav nozīmīgs faktors, lai rastos lasīšanas grūtības. Šis pētījums pierāda saistību starp redzes traucējumiem un lasītprasmi, lai gan pētījumā īsti skaidra nebija lasīšanas ir grūtību definētā pakāpe (Grisham & Riles, 2007).

Pētījumu rezultātus ietekmē atšķirīgā terminu definēšana. Piemēram, konverģences nepietiekamība var tikt definēta, nosakot konverģences tuvuma punktu kombinācijā gan ar tuvuma heteroforijas, fūzijas rezervju vai citiem papildus mērījumiem vai nosakot tikai konverģences tuvuma punktu atsevišķi, turklāt pastāv dažādi pētījumi, kur konverģences nepietiekamība tiek definēta kā nespēja konverģēt 6 cm, citā 7,5 cm vai 10,5 cm attālumā. Standartizētas definīcijas trūkums padara zinātnisko aprakstu salīdzināšanu sarežģītāku.

Simonsa & Gassler pētījumā tiek atrasts, ka acs refraktīvais stāvoklis un binokulāro funkciju stabilitāte ietekmē lasīšanas prasmes. Tālredzība, eksoforija tuvumā, vertikālās forijas un anizotropija ir raksturīgākie stāvokļi samazinātām lasīšanas prasmēm, savukārt tuvredzība un ezoforija un ezoforija tālumā ir raksturīga prasmīgiem lasītājiem. (Simons & Gassler, 1988).

Pētījumos akcentē, ka bērniem ar lasīšanas un mācību grūtībām biežāk tiek novērota hipermetropija un ar šķīelēšanu nesaistīti binokulārās redzes traucējumi. Šie traucējumi sevī ietver eksoforiju tuvumā,

vertikālās forijas, samazinātas fūzijas rezerves, anizeikoniju, anizotropiju, fiksācijas dispartitāti un konverģences nepietiekamību. Pētījumi liecina arī par samazinātu monokulārās akomodācijas amplitūdu un apgrūtinātu binokulāro akomodācijas vieglumu bērniem ar lasīšanas grūtībām, kuriem nav disleksijas.

Liela bērnu populācija pieder tai grupai, kuriem ir apgrūtināta lasītprasme, bet diagnosticēta disleksija nebūt nav. *Motsch & Muhlendyck*, novēroja, ka sākumskolēnu lasīšanas problēmu būtisks cēlonis ir pavājinātas akomodācijas funkcijas. Pētījumā piedalījās 127 bērni, 18% no tiem bija lasīšanas problēmas un 10% no tiem bija pavājinātas akomodācijas funkcijas. 6,7% - pavājināts akomodācijas vieglums un pārējiem pavājināta akomodācijas amplitūda. Akomodācijas vieglums tika novērtēts ar standarta *flipera* metodi un binokulārā akomodācijas amplitūda ar *push-up* metodi (*Motsch & Muhlenduck*, 2000).

Turpretī, *Kedzia et al.*, pētījumā piedalījās 8 gadus veci sākumskolas skolēni, kuru prasmes - lasīšana, rakstīšana, matemātika un sports - tika novērtētas ar attiecīgu atzīmi. Visiem bērniem tika pārbaudīts akomodācijas vieglums ar standarta *flipera* metodi. Pēc tam iegūtos rezultātus salīdzināja ar skolēnu mācību prasmju atzīmēm. Rezultāti neuzrādīja skaidru korelāciju starp akomodācijas vieglumu un mācību prasmēm. Akomodācijas funkciju pasliktināšanās neietekmē skolēna mācību procesu (*Kedzia, Tondel, & Pieczyrak*, 1999). Arī *Kiely et al.*, skrīningā piedalījās 9 un 10 gadus veci sākumskolas skolēni. Skrīninga uzdevums bija atrast korelāciju starp pavājinātām binokulārajām funkcijām, tai skaitā arī akomodācijas vieglumu, un ar skolēnu lasītprasmi. Skolēni tika sadalīti trīs grupās: prasmīgie lasītāji, bērni ar lasīšanas grūtībām un skolēni ar disleksiju. Rezultāti neuzrādīja korelāciju starp skolēnu binokulārajām funkcijām un lasītprasmi. Vidējais akomodācijas vieglums nebija zemāks par 6 cikliem/min visās norādītajās grupās. (*Kiely, Crewther, & Crewther*, 2001).

2010. gadā Austrijā veiktajā pētījumā redzes funkcijas tika novērtētas skolēniem ar lasīšanas un rakstīšanas grūtībām (n=825) un bez tām (n=328), vecumā no 6-14 gadiem. Skolēni tika novērtēti kā neiroloģiski veseli un nav novērojama disleksija. Šajā pētījumā skolēniem ar lasīšanas grūtībām novērots zemāks redzes asums, vairāk astenopisko sūdzību, statistiski nozīmīga atšķirība vergēncu viegluma vērtībās un konverģences darbībā (*Dusek, Pierscionek, & McClelland*, 2010). Pēc gada šie paši autori veica vēl vienu pētījumu, kas apskata vairāk kā vienu redzes funkciju attiecībā pret lasītprasmi. Arī šajā pētījumā tika izmantotas tādas pašas izmeklēšanas metodes kā iepriekš veiktajā pētījumā. Šeit statistiski nozīmīgu atšķirību novēroja starp akomodācijas un vergēncu viegluma testa rezultātiem (*Dusek, Pierscionek, & McClelland*, 2011).

Reti pētījumos tiek atrasts izmainīts konverģences tuvuma punkta bērniem ar lasīšanas grūtībām. Tomēr *Kapoula et al.*, 2007. gada veiktajā pētījumā atrod, ka bērniem ar disleksiju ir nedaudz attālināts konverģences tuvuma punkts (*Kapoula, Bucci, Jurion, Ayoun, Afkhami, & Bremond-Gignac*, 2007).

Novērtējot tikai akomodācijas funkciju saistību ar lasītprasmi spāņu pētnieces 2008. gadā skolēnu vecuma grupā no 7-13 gadiem atrod, ka skolēniem ar lasīšanas grūtībām ir samazināta monokulārā akomodācijas amplitūda ($p < 0,001$) un akomodācijas vieglums ($p = 0,05$) (*Palomo-Alvarez & Puell*, 2008).

Tās pašas pētnieces 2010. gadā, pētot binokulārās funkcijas bērniem ar lasīšanas grūtībām, atrada, ka horizontālo tuvuma un tāluma heteroforiju vidējās vērtības bija līdzīgas gan pētāmajai, gan kontrolgrupai. Šajā pētījumā horizontālo tuvuma un tāluma heteroforiju vidējās vērtības nebija būtiski atšķirīgas dažādu klašu, vecumu grupu bērniem. Savukārt tāluma negatīvās fūzijas rezervju atjaunošanās punkts bija par 2ΔD tālāk nekā bērniem bez lasīšanas grūtībām. Līdzīgi pētījumi rāda, ka bērniem ar disleksiju ir vāja vergēncu kontrole, nestabila binokulārā redze līdz ar to stereoredze un ierobežota diverģences spēja tālumā un tuvumā (*Stein, Riddell, & Fowler*, 1988). Šajā pētījumā bērniem ar lasīšanas grūtībām un kontrolgrupai tuvuma diverģences vērtības būtiski neatšķīrās. Tomēr būtisks ir aspekts, ka svarīgi laicīgi atklāt jebkuru diverģences ierobežojumu, lai būtu iespējams, veicot atbilstošus treniņus un sabalansējot konverģenci un diverģenci, samazināt redzes noguruma, uzmanības trūkuma simptomus, kas bieži izpaužas bērniem ar lasīšanas grūtībām (*Palomo-Alvarez, & Puell*, 2010).

Blika, pētījumā dalībniekiem tika noteikta stereoredze, redzes asums, heteroforijas, heterotropijas, fūziju rezerves, un objektīvā refrakcija, taču statistiski nozīmīgas atšķirības starp bērniem ar lasīšanas grūtībām un bērniem bez lasīšanas grūtībām netika atrastas (*Blika*, 1982). Līdzīgi, *Helveston et al.*, pētījumā, kur bērniem tika noteikts redzes asums, acu kustību muskuļu darbība, vadošā acs, krāsu redze, sensorās un motorās funkcijas, kā arī veikts rakstīšanas un zīmēšanas uzdevums un tika novērtēta skolotāju noteikta lasītprasme, taču statistiski nozīmīgas atšķirības starp bērniem ar lasīšanas grūtībām un bērniem bez lasīšanas grūtībām netika atrastas (*Helveston, et al.*, 1985).

Binokulāro funkciju nozīme mācību procesā nedrīkst būt nepietiekami novērtēta. Nenovērtēti binokulārās redzes traucējumi (heteroforijas, vergēncu un akomodācijas sistēmu traucējumi) var veicināt pieaugošus lasīšanas un rakstīšanas traucējumus. Vājas vergēncu un akomodācijas spējas iespaido ne tikai

mācīšanās procesu, bet arī panākumus sportā, kā līdzsvaru un koordināciju, un var ietekmēt pašpārliecinātību.

2.4. Kustības uztvere

Kustības uztvere ir nozīmīga redzes uztveres komponente. Pati kustība ir stimula pozīcijas maiņa laikā. To raksturo pārvietojums, laiks, ātrums, paātrinājums un virziens (Krantz). No redzes viedokļa kustības uztverē ir iesaistītas gan redzes zinātne, gan fizika un matemātika, gan psiholoģija, gan fizioloģija un neiroloģija (Bruce, Green, & Georgeson, 2003). Cilvēkam piemīt gan paškustības, gan tās uztveres spējas. Izmantojot mūsdienu medicīniskās vizualizācijas (tomogrāfijas un magnētiskās rezonanses) tehnoloģijas, ir iespējams analizēt cilvēka vai citas dzīvās būtnes specifisku smadzeņu apgabalu aktivitāti stimulu uztveršanas brīdī (Blake & Shiffar, 2007).

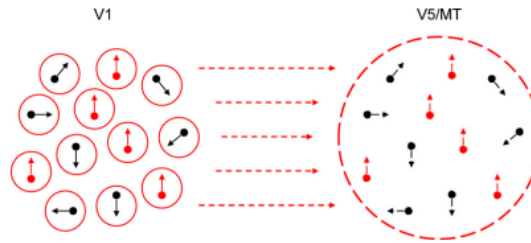
Pastāv dažāda veida kustības, kuras iedala pēc uztveres veida (lokālā un globālā), pēc kustības sarežģītības (vienkārša vai salikta), pēc trajektorijas (lineāra, lokveida u.c.), pēc matemātiskā apraksta (pirmās kārtas, otrās kārtas un trešās kārtas kustība; Furjē un ne-Furjē kustība), pēc bioloģiskās komponentes (bioloģiska, nebioloģiska), pēc virziena vai ātruma u.c. (Lūse, 2008).

Ja runā par iedalījumu pēc uztveres veida, tad lokāla kustība ir atsevišķa stimula (elementa, objekta u.tml.) virzība laikā un telpā. Kustības uztverē tas ir primārais kustību veids, kurā tiek uztverts un analizēts individuāls kustīgs elements. Lokālā kustība ietver sevī iedalījumu pirmās un otrās kārtas kustībā, kur pirmās kārtas stimuls no apkārtējās vides atšķiras ar dažādu apgaismojuma pakāpi. Savukārt, otrās kārtas stimuls tiek analizēts pēc tā kontrasta, tekstūras, flikera vai citām vizuālajām īpašībām, kas nav tieši saistītas ar apgaismojumu. Pirmās un otrās kārtas kustību var raksturot ar lokālās kustības vektoriem, savukārt ja tos savā starpā integrē, tad veidojas globāla kustība (Cropper, 2001). Globālā kustība ir saskaņotas kustības uztvere trokšņainā kustību jūklī. Par globālu jeb vispārēju kustību runā gadījumos, kad lokālās kustības atsevišķas trajektorijas skata laukā tiek sasummētas un uztvertas kā saskaņota virzība, veidojot vispārēju kustības stimulu, piemēram, lidojošs putnu bars. Atsevišķie elementi pārvietojas pa individuāli atšķirīgām lokālajām trajektorijām, bet to kopējais kustības virziens veido saskaņotu kustību. (Grossberg, 1993). Lai redzes zinātnē analizētu globālās kustības uztveri, tiek izmantoti izkliedēto punktu testi (random dot kinematogrammas – RDK). RDK ir kustības stimuls, kas sastāv no daudziem atsevišķiem lokāliem punktiem. Stimula kustības brīdī daļa lokālo punktu kustas vienā konkrētā virzienā, kurus sauc par signāla punktiem, bet pārējie punkti kustas nesaskaņotos virzienos jeb randomizēti (haotiski), kurus sauc par trokšņa punktiem (Hutchinsona, Arenaa, Allenb, & Ledgeway, 2012). Pieaugot koherencei jeb palielinoties vienā virzienā kustošo punktu skaitam, vieglāk kļūst uztvert globālo kustību. Globālās kustības uztveres sliekšnis atbilst minimālajam vienā virzienā kustošo lokālo punktu skaitam, kas rada iespaidu, ka viss punktu lauks kustas konkrētā virzienā (Braddick, 1995).

2.4.1. Kustības uztveres mehānisms

Kustības uztveres procesā, notiek objekta telpiskā virziena un ātruma mainība, kuru mēs uztveram kā objekta stāvokļa maiņu laikā. Informācija par kustību tiek iegūta, balstoties uz objektu savstarpējo pārvietošanos, acu kustībām un cilvēka paškustībām attiecībā pret apkārtējo vidi. Spēja precīzi uztvert kustību cilvēkam nodrošina sarežģīti mehānismi dažādos vizuālās uztveres ceļu posmos. Kustības uztverē iesaistās tīklene, LĢĶ (laterālā ģenikulārā ķermeņa magnocelulārais slānis), primārā redzes garoza (V1) ar kolaterālēm tieši uz V5/MT un pastarpināti caur sekundāro redzes garožu V2 uz V5/MT (*middle temporal area- vidējā deniņu zona*) zonām smadzeņu puslodēs (Hutchinsona, Arenaa, Allenb, & Ledgeway, 2012). Globālās kustības uztveres pētījumi palīdz izprast redzes sistēmas uzbūvi un attiecīgo smadzeņu apgabalu funkcionālo aktivitāti un nozīmi redzes uztverē. Lai uztvertu kustību, nepieciešama sarežģīta stimulu apstrāde, kas nav pilnvērtīgi iespējama tīklenes robežās. Apkārtējā vide ir dinamiska, nemitīgi notiek objektu pārvietošanās telpā un laikā. Tā kā mūsu acis spēj uztvert tikai no šiem objektiem atstaroto gaismu, nepieciešams kustības uztverē iesaistīt arī neirālos procesus, kas nodrošinātu spēju optimāli spriest par detalizētākiem kustības parametriem – ātrumu, virzienu u.tml. (Van Loon, 2011).

Par V3 smadzeņu apgabalu ir zināms, ka tā šūnas iesaistās kustības, orientācijas un disparitātes uztveršanā (Stockdale & Thompson, 2012), kā arī tas ir iesaistīts procesos, kas kontrolē redzes uztveri pie formas izmaiņām, piemēram, liektām kontūrlīnijām. Kustības virzienu jutīgie V1 neironi atbild par lokālo elementu virzības uztveri, pārvadot informāciju uz V5/MT apgabalu. V5/MT zona satur daudz lielākus receptīvos laukus, līdz ar to spēj integrēt lokālās kustības signālus globālajā kustībā (Hutchinsona, Arenaa, Allenb, & Ledgeway, 2012). Skatīt 2.8. attēlu.

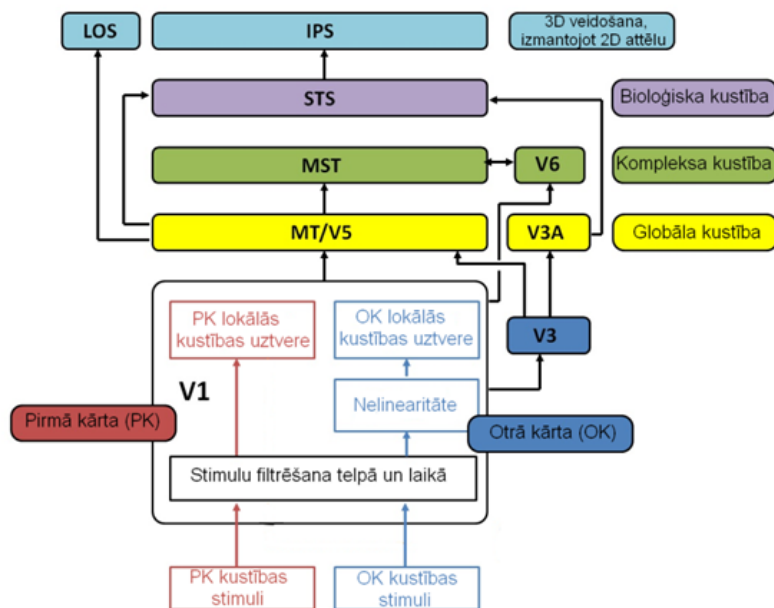


2.8. attēls. Lokālās kustības signālu integrēšana globālajā kustībā. (Hutchinsona, Arenaa, Allenb, & Ledgeway, 2012)

V5/MT apgabālā vairākums neironu ir virzienuztveroši, atšķirīgi kā V1 zonā virzienus uztvert ir spējīgi tikai 25% neironu (Wandell, 1995). MT zonas neironi ir atbildīgi par stimula izšķiršanu no trokšņa un kustības ātruma uztveršanu. Katrs no šiem neironiem vislabāk reaģē uz savā receptīvajā laukā esošu ātrumu un virzienu, neatkarīgi no stimula veida. V5/MT zonas neironi ir sakārtoti atbilstoši V1 neironiem - virzienjutīgie neironi blakus organizētā kārtībā, ievērojot secīgu pāreju no viena virziena uz blakusesošo (Heeger, 2006).

Beckers & Zeki 1995. gadā publicētie pētījumi parāda, ka V5/MT zona ir spējīga uztvert un apstrādāt daļu informācijas pat pirms tā ir nokļuvusi V1 zonā (Van Loon, 2011). V5/MT apgabals sūta tālāk signālus uz centrāli augšējo deniņu daivu (MST), kuriem ir raksturīgi lieli receptīvie lauki. Tie uztver un apstrādā optisko plūsmu, kas raksturo plašāka veida (arī 3D) kustības kā izplešanās vai satuvināšanās telpā, rotācija u.tml. Šajā daļā notiek stimula formas, orientācijas un kustības apvienošana, tādējādi spējot atšķirt, vai kustība notiek virzienā uz novērotāju vai pretēji (Heeger, 2006).

Tootell et al., (1995) sarindoja kustības uztverē iesaistītās galvas smadzeņu struktūras pēc to nozīmīguma: V1=V3<VP<V2<V3A<MT+ (Culham, 2001). Kustības uztveres mehānismā katrai smadzeņu zonai ir savs funkcionālais posms, kas ar citiem apgabaliem saistīts tieši, pakārtoti vai atgriezeniski. Skatīt 2.9. attēlu:



2.9. attēls. Kustīgu stimulu uztveres shēma,

kur PK – pirmā kārtā; OK – otrā kārtā; MT/V5 – gyrus temporalis medialis; MST – gyrus temporalis (medialis) superior; STS – sulcus temporalis superior; IPS - sulcus intraparietalis; LOS - sulcus occipitalis lateralis (Rheingans, 2003).

2.4.2. Kustības uztveri ietekmējošie faktori

Kustības uztvere ir atkarīga gan no objekta īpašībām, gan no apkārtējiem apstākļiem. Kombinējot dažādus stimulu un to prezentēšanas parametrus, iespējams veicināt vai apgrūtināt uztveres procesu.

Kustības koherence

Procentuālais elementu (punktu) skaits, kas stimula ietvaros kustas vienā konkrētā virzienā, tiek saukts par kustības saskaņotību jeb koherenci. Palielinoties kustības koherencei, globālās kustības virziens kļūst vieglāk izšķirams.

Chen et al., veica pētījumu par koherences ietekmi uz globālās kustības uztveri, izmantojot psihometriskos mērījumus, skatījās kustības uztvere pie 5 koherences līmeņiem (3%, 6%, 12%, 24% un 48%), secinot, ka visgrūtāk nosakāms kustības virziens ir pie zemas jeb 3% koherences (pareizi uztverto virzienu īpatsvars 50%), bet vieglāk un precīzāk pie 24% un 48% koherences (pareizi uztverto virzienu īpatsvars pārsniedz 90%). Uztverto kustības virzienu 75% precizitāte tiek sasniegta pie 9,2% koherences. Maksimālā koherence ir 100%, bet šādu stimulu uzskata par lokālu nevis globālu kustību, jo visi individuālie punkti (gan stimula, gan randomizētie) kustas vienā virzienā (*Chena, Nakayama, Levya, & Matthysea, 2003*).

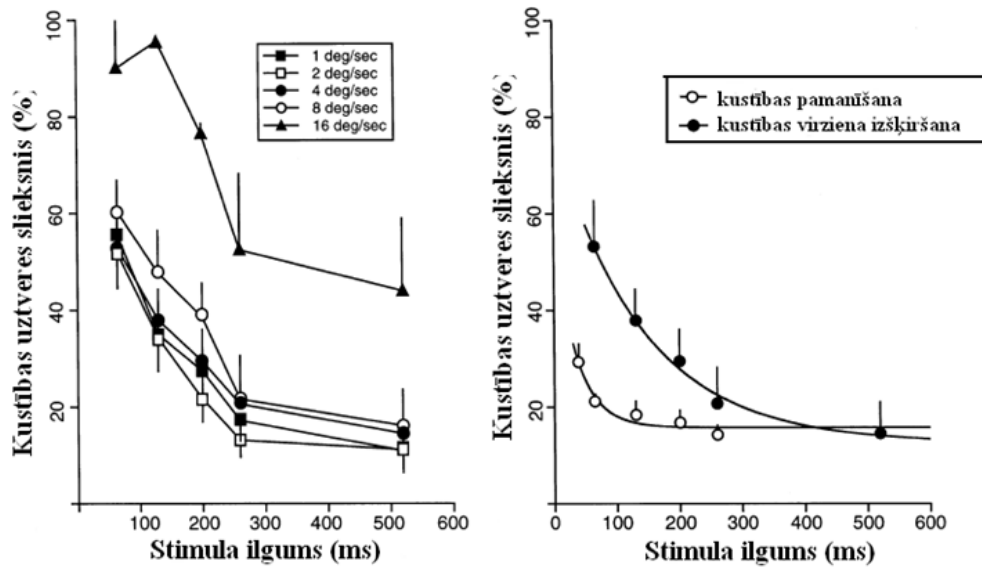
Stimula kustības ātrums

Par ātruma uztveršanu ir atbildīgi V5/MT neironi. Ātruma diapazons, pie kura cilvēks ir spējīgs precīzi izšķirt kustības virzienu, ir ļoti plašs. Mazam stimulam pārvietojoties fovejas apgabalā, lēnākā kustība, pie kuras var izšķirt tā virzienu, ir $\sim 0,015$ °/s, bet perifērijā (pie 90° ekscentricitātes) šis ātrums palielinās līdz $\sim 0,12 - 0,15$ °/s. Ātrākā kustība nav tik konkrēti nosakāma, jo to ietekmē temporālā frekvence. *Burr & Ross* parāda, ka lielākais ātrums, pie kura cilvēks spēj vēl uztvert kustību, ir ~ 10000 °/s. (*Burr, 2004*). *Van Boxtel*, savā pētījumā apraksta un pierāda pieņēmumu, ka globālās kustības uztveres pamatā ir 2 neatkarīgi kanāli: lēnas kustības un ātras kustības uztveršanai un apstrādei. Kā pierādījumu autors min vairākus faktus, piemēram, pie lēna virzības ātruma hromatiski stimulu kustības uztveres sliekšnis ir augstāks nekā pie ahromatiskiem stimuliem, savukārt pie ātra virzības ātruma šie sliekšņi ir vienlīdzīgi (*Van Boxtel, 2005*). *Edwards, 1998; Badcock, 2002* parāda, ka globālā kustība ir grūtāk izšķirama, ja gan stimula koherentie punkti (viena konkrētā virziena), gan randomizētie punkti kustas ar vienu ātrumu. Nav viennozīmīga viedokļa, vai stimula virzības ātruma palielināšana uzlabo vai samazina kustības uztveres spēju. Vairāki pētījumi (*Gegentfurner & Hawken, 1995; Edwards, 1998 u.c.*) parāda, ka, palielinoties stimula ātrumam, kustība kļūst vieglāk uztverama (*Van Boxtel, 2005*).

Bischof parādīja, ka ātruma ietekme uz kustības uztveri ir mainīga, respektīvi, atkarīga no attiecīgā ātruma posma un apstākļiem. Rezultāti liecina, ka pie stimula ātruma līdz ~ 9 °/s kustības uztvere samazinās, bet pie ātruma >10 °/s kustība kļūst vieglāk izšķirama (*Bischof, 1999*). Savukārt *Masson* pierāda, ka kustības uztvere jāiedala vēl smalkāk (primāri iespējama kustības pamanīšana, bet sekundāri kustības klasifikācijas jeb virziena izšķiršanas spēja). *Masson* apgalvo, ka, palielinoties stimula ātrumam, kustības pamanīšana kļūst vieglāka, bet klasificēšana apgrūtinātāka (*Masson, 1999*).

Stimula demonstrācijas ilgums

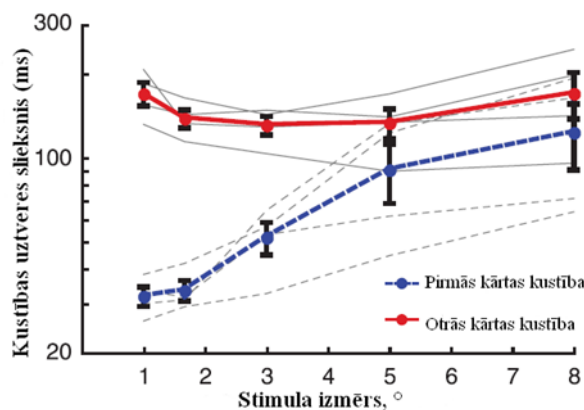
Masson, savā pētījumā arī apskata kustības uztveres sliekšņa atkarību no stimula demonstrācijas ilguma. Kustības pamanīšanas notiek ātrāk nekā kustības virziena izšķiršana, tomēr, sasniedzot demonstrācijas ilgumu 400 ms, abi iepriekšminētie procesi savstarpēji pārklājas, t.i., kolīdz tiek pamanīta kustība, uzreiz ir iespējams noteikt arī šīs kustības virzienu. Skatīt 2.10. attēlu. Apskatot laika posmu no 39 ms – 520 ms, redzams, ka būtiska kustības uztveres sliekšņa samazināšanās vērojama līdz stimula demonstrācijas ilgumam 260 ms, bet pie ilgākas kustības būtiska sliekšņa vērtību samazināšanās nav konstatēta. Līdz ar to var secināt, ka, palielinot stimula demonstrācijas laiku no minimālā līdz ~ 300 ms, jutība uz kustību pieaug, savukārt, sasniedzot šo demonstrācijas laika sliekšni (260 ms), turpmāka stimula ilguma palielināšana kļūst mazsvarīga (*Masson, 1999*). Skatīt 2.10. attēlu.



2.10. attēls. Kustības uztveres sliekšņa atkarība no stimula demonstrācijas ilguma (Masson, 1999)

Stimula īpašības: izmērs, kontrasts, blīvums, transparence, sapārotība

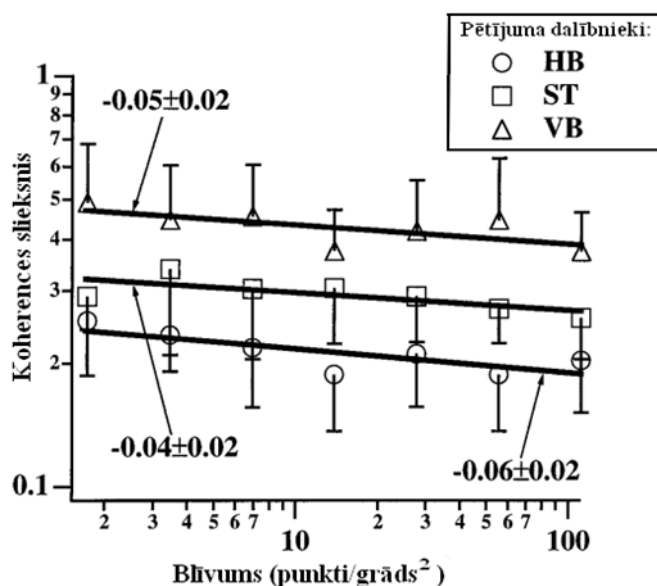
Palielinoties stimulu izmēram, grūtāka kļūst virziena noteikšana pirmās kārtas kustībām, savukārt otrās kārtas kustībām šī sakarība netiek novērota. Skatīt 2.11. attēlu. Šis fakts skaidrojams ar to, ka lieli kustīgi stimuli neatkarīgi no to veida (pirmās vai otrās kārtas) tiek analizēti pēc otrās kārtas kustības niansēm (Glasser & Tadin, 2011).



2.11. attēls. Stimula izmēra ietekme uz kustības uztveri (Glasser & Tadin, 2011)

Pamatojoties uz *Badcock & Derrington* pētījumiem, vēl joprojām nav vienprātīgu un pilnvērtīgi pamatotu pierādījumu pieņemumam, ka kustības stimula krāsa un kontrasts būtu uzskatāmi kā primāro faktoru saskaņotas kustības uztveres pamat mehānismā. 20. gs. beigās *Croner, Albright, Badcock* et al., pētīja kustības stimula krāsas, kontrasta un apgaismojuma pakāpes (*luminance level*) ietekmi uz kustības uztveri, nonākot pie secinājuma, ka būtiska nozīme ir nevis vienotās kustības parametru intensitātei, bet gan individuālo stimulu vizuālajiem parametriem. Līdzīgāki atsevišķie elementi sniedz iespēju vieglāk un precīzāk integrēt lokālos elementus globālā kustībā (Cropper, 2001). Stimula krāsa kustības uztveri ietekmē tikai tik daudz, cik tā spēj pastiprināt/pavājināt stimula elementa kontūru, t.i. fona un elementa kontrasta atšķirību. Palielinoties atšķirībai starp fona un stimula kontrastiem, pieaug lokālās kustības uztveres spēja, tādējādi ietekmējot arī globālo kustību (Krantz). *Edwards* un *Badcock* (1995) pētījumi atklāja, ka kustības uztveres mehānisms, kas atbild par lokālās kustības atpazīšanu pēc kontrasta, ir arī spējīgs uztvert un atšķirt lokālo kustību pēc apgaismojuma pakāpes, bet ne pretēji (Cropper, 2001). Pēc *Heeger*, V1 neironi reaģē aktīvāk, palielinoties kontrastam, savukārt V5/MT neironi, kas ir vairāk atbildīgi par globālu kustību, reaģē uz jebkāda veida stimulu neatkarīgi no tā kontrasta tik ilgi, kamēr viens stimuls kustas neirona uztverošajā reģionā ar atbilstošu ātrumu un virzienu (Heeger, 2006).

Pēc *Barlow & Tripathy*, globālās kustības uztveres sliekšnis samazinās, pieaugot stimulu blīvumam. Veiktajā pētījumā, blīvumu no 1,7 punkti/grāds² palielinot līdz 111 punkti/grāds² (blīvums palielinās ~65 reizes), ieguva, ka kustības uztveres sliekšnis maksimālā gadījumā samazināsies tikai par <20%. Pētījumā tiek izceltas blīvuma amplitūdas galējās robežas, tomēr, novērtējot blīvuma izmaiņas mazākā intervālā, kustības uztveres jutības izmaiņas nav izteikti novērojamas, tāpēc blīvuma ietekme uz kustības uztveri var tikt uzskatāma par nebūtisku faktoru (*Barlow & Tripathy*, 1997). Skatīt 2.12. attēlu.



2.12. attēls. Stimula blīvuma ietekme uz kustības uztveres sliekšni (*Barlow & Tripathy*, 1997)

Koherentā stimula veidošanā, kur trokšņa stimuliem jāpiemīt haosam līdzīgām īpašībā grūti ir izvairīties no stimula transparences un sapārotības fenomeniem redzes uztverē. Transparence ir kustības uztveres fenomens, kad elementu lokālie virzieni nerada globālas kustības jušanu, bet gan sadala uztverto kustību divās plaknēs ar pretējiem virzieniem (piemēram, priekšējā plaknē tiek veidota globālās kustības sajūta virzienā uz augšu, bet mugurējā plaknē – uz leju). Šāda kustības sajūta rodas, ja stimuli tiek rādīti vienlaicīgi pretējos virzienos vai ja no diviem virzieniem katrā kustošo punktu skaits ir tik līdzīgs, ka vienlaicīgi tiek uztverti abi virzieni kā divas dažādas globālās kustības. Savukārt, sapārotība (*paired/unpaired dots*) ir kustības elementu īpašība, kas raksturo laika un telpas brīdi, kad divi dažādos virzienos kustoši punkti, veicot virzību viens otram garām, satuvinās tik ļoti, ka rodas pāra sajūta un šie abi punkti īsu mirkli tiek uztverti kā vienoti nevis lokāli elementi. Šādā mirklī tiek iztraucēta globālās kustības uztvere, radot randomizētu stimulu vai īslaicīgu flikera efekta sajūtu (*Braddick, & Qian*, 2001).

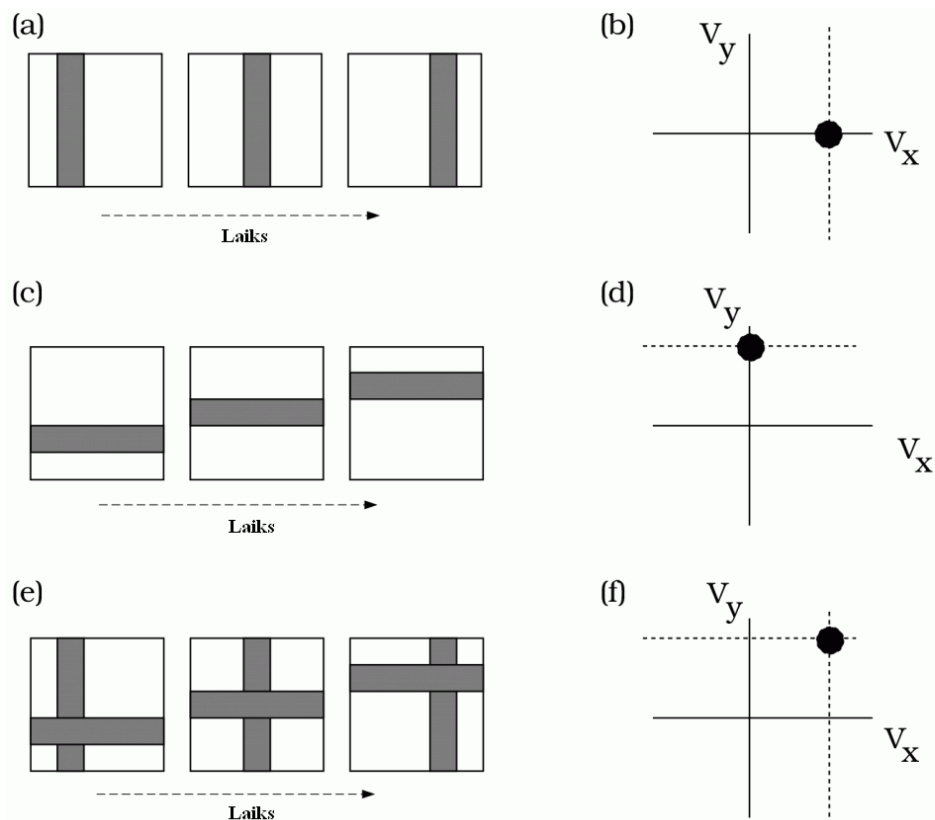
Virzienu izšķiršanas spēja un jutības sadalījums

Virzienu uztveres pamatā ir neironu spēja atšķirīgi reaģēt uz dažādu kustības virzienu stimuliem. Virzienu uztveres precizitāte var būt atkarīga no kontrasta, krāsas, formas, kustības ātruma u.c. faktoriem. Kustības virzienu nav iespējams noteikt, vadoties pēc viena virzienjutīgā neirona, jo neironiem ir relatīvi mazi receptīvie lauki, kas var uztvert tikai nelielu daļu no kustības stimula, līdz ar to jāapvieno daudzu virzienu selektīvo neironu atbildes, lai spētu precīzi izšķirt kustības vērsumu (*Grzywacz & Merwine*, 2003).

Par virzienu uztveri laikā un telpā atbildīgie V5/MT apgabala neironi uztver ne tikai dominanto kustības virzienu, bet izrāda jutību arī pret stimula kustības blakus virzieniem, tādējādi samazinot pareizā virziena maksimāli precīzu jutību (*Heeger*, 2006). Cilvēks ir spējīgs noteikt globālās kustības virzienu pat ar 2° precizitāti tad, ja visu individuālo elementu virzības vektori ir izkliedēti ne lielākā amplitūdā par 120° (*Braddick, & Qian*, 2001).

V5/MT neironi precīzi reaģē uz vienā virzienā vērstu kustību, bet to aktivitāte ir salīdzinoši vājāka, ja kustība vienlaicīgi notiek dažādos virzienos (*Wandell*, 1995).

Adelson & Movshon izveidoja virzienu uztveres grafisko shēmu. Attēlā redzams, uztverot un analizējot vienkāršas taisnas kustības virzienu, tiek skatīta objekta pārvietošanās telpā un laikā. Virzienu selektivitātes spēja ir jebkura kustīga elementa precīzas uztveršanas priekšnoteikums (*Wandell*, 1995). Skatīt 2.13. attēlu.



2.13. attēls. Virzienu uztveres grafisks mehānisms,

kur a, b – virziens pa labi; c, d – virziens uz augšu; e, f – diagonāls virziens (uz augšu – pa labi) (Wandell, 1995).

2.4.3. Koherentas kustības uztveres attīstība

Par globālās kustības attīstību skolas vecuma bērniem literatūrā ir atrodami dažādi pētījumu rezultāti. Tā kā koherentas kustības uztvere ir magnocelulārā redzes ceļa funkcija, tad attīstoties magnocelulārās funkcijas, kā zema kontrasta (60%,40%,20%,10%,6% un 2%) mirgojošu (33Hz) 4-5° optotipu atpazīšana, attīstās līdz aptuveni 11 – 12 gadu vecumam (Barnard, Crewther, & Crewther, 1998). Ja runā par koherentas kustības attīstības piesātinājumu, tad literatūrā kritisko robežu min 6-7 gadu vecumu (Parrish, Giaschi, Boden, & Dougherty, 2005); (Palomares & Shannon, 2013). Manning et al., izvērtējot bērnus vecuma grupās 5., 7., 9.,11. un pieaugušos ieguva, ka pie punktu kustības ātruma 6°/s koherentas kustības uztveres trajektorija pie 11 gadiem sasniedz pieaugušo uztveres līmeni, bet pie ātruma 1.5°/s eksponenciālās funkcijas piesātinājums netika noteikts (Manning, Aagten-Murphy, & Pellicano, 2012).

2.4.4. Koherentas kustības uztvere un lasītprasme

Lasīšana prasmes attīstās ar vecumu. Attīstību var ietekmēt gan anatomiskie, gan neiroloģiskie, gan fizioloģiskie faktori, kā arī ārējie faktori, kā atsevišķu valodu fonoloģiskā sarežģītība, sociāli-ekonomiskie un personīgais ieguldījums u.c.. Izmantojot lasīšanas ātruma testus, nevar izvērtēt lasīšanas grūtību cēloni. Pēc Fletcher iedalījuma 10-15% bērnu ir problēmas ar informācijas apstrādes ātruma un automātisku vārdu ortogrāfisko atpazīšanu, kas sasaucas ar magošūnu deficīta hipotēzi, balstītu gan uz anatomiski mazākām magnocelulārām šūnām, gan to lēnāku informācijas pārvadi, gan magnocelulārā redzes ceļa funkciju apgrūtinātu darbību. (Fletcher, 2009). Balstoties uz Witton et al., un Talcott et al., apgrūtinātas lasītprasmes gadījumā novēro zemāku koherentas kustības jutību un 25% no atbilstošās variānces, kad koherentas kustības jutība ir samazināta, novēro arī apgrūtinātu lasītprasmi atbilstošajā vecumā. (Witton, et al., 1998); (Talcott, Hansen, & Stein, 1998). Lasītā teksta uztvere un kustības uztvere notiek atšķirīgās smadzeņu darbības zonās. Lasīšanas procesa un kustības uztveres procesa saistība ir pastarpināta, kas balstīta tieši uz magnocelulārās atšķirīgās darbības teoriju (Stein, & Walsh, 1997). Tomēr ir daudz pētījumi, kas apstiprina, ka gan disleksijas pacientiem (Laycock et al., 2006; Ridder III, Borsting and Banton, 2001; Pellicano and Gibson, 2008;), gan pacientiem ar apgrūtinātu lasītprasmi Cornelissen et al., 1998b, gan

autisma, šizofrēnijas un *Williams* sindroma (Manning, Agten-Murphy and Pellicano, 2012; Milne et al., 2002; Pellicano et al., 2005; Chen et al., 2003; Palomares, & Shannon, 2013) gadījumos novēro augstāku koherentas kustības uztveres psihofizikālo sliekšni. Lai gan kustība un lasīšanas analīzes centri atrodas dažādos smadzeņu garozas zonās, tās uzrāda nozīmīgu saistību abu mehānismiem dorsālajā redzes ceļā.

3. EKSPERIMENTS I -REDZES UZMANĪBAS APGABALA, FONOLOĢISKO FAKTORU UN VIZUĀLĀS AUTOMATIZĀCIJAS IETEKME UZ GRAFĒMU SAUKŠANAS ATTĪSTĪBU SKOLĒNIEM

3.1. Mērķis, uzdevumi

Mērķis

Izstrādāt metodiku lasīšanas ātruma novērtēšanas testu pielietojumam latviešu valodā.

Uzdevumi

- Izvērtēt vecumu, kad sāk stabilizēties lasīšanas ātrums dažādu kognitīvo faktoru ietekmē.
- Izstrādāt kritērijus lasīšanas ātruma novērtēšanas testiem skolas vecuma bērniem latviešu valodā.
- Raksturot samazināta lasīšanas ātruma izplatību latviešu valodā skolas vecuma bērnu vidū.
- Izveidot matemātisko modeli lasīšanas ātruma izvērtēšanai, izmantojot vārda atpazīšanas, nevārda kodēšanas un ātrās automatiskās saukšanas testa rezultātus.
- Noteikt grafēmu skaita, kas veido semantisko nozīmi un ekspozīcijas laika ietekmi uz vārda atpazīšanu.

3.2. Metode

3.2.1. Dalībnieki

Šis pētījums notika sadarbībā ar Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas projektu "Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde" (Nr.2011/0004/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/027). Projekta laikā tika novērtētas redzes funkcijas vairāk nekā 11000 skolēniem 28 Rīgas vispārīgizglītojošās skolās un 2 specializētajās skolās ar mācīšanās grūtībām. Tā mērķis bija noskaidrot, vai mācīšanās grūtības un tai skaitā lasīšanas grūtības var ietekmēt redzes funkcionālie traucējumi kā samazināts redzes asums vai apgrūtināta akomodācijas un vergēnces darbība. Tika izstrādāti speciāli testi, lai novērtētu redzes uztveres komponentes kā koherētā kustība, krāsa, telpiskā uztvere, „pūļa efekts”, vārdu, nevārdu un ciparu vizuālās apstrādes ātruma un uzmanības novērtēšanai.

Konkrētajā pētījumā piedalījās 2258 bērni no 13 dažādām vispārīgizglītojošajām Rīgas latviešu skolām. Datu apstrādē tikai izmantoti dati par bērniem 12 vecuma grupās no 7 līdz 18 gadiem. Sešgadīgo un deviņpadsmitgadīgo bērnu skaits bija pārāk maz, lai iegūtu zinātniski pierādāmus rezultātus, tie netika analizēti. Vecuma grupā ietilpa visi tie bērni, kuru vecums bija mērāms pilnos gados. Dzimuma procentuālais sadalījums: 54% (1218) meitenes un 46% (1040) zēni. Visi bērni plūstoši runāja latviešu valodā. Tuvuma redzes asums atbilda vismaz 0,5 DEC vienībām vai 0,3 logMAR, kā arī noteikti bija abu acu sadarbība, izslēdzot redzes asuma un binokulārās redzes traucējumu radītos efektus. Ja bija nepieciešamas brilles, tās tika palūgtas pielietot eksperimenta gaitā.

Visiem pētījuma dalībniekiem tika novērtēta teksta skaļā lasīšana un veikts redzes funkciju skrīnings. No visiem pētījuma dalībniekiem 640 bērni veica visus mūs interesējošos psiholingvistiskos uzdevumus (teksta skaļās lasīšanas ātrums, vārdu atpazīšana, nevārdu kodēšana, ātrā automatiskā saukšana). Pārējie dalībnieki piedalījās tikai dažos uzdevumos. Dalībnieku skaits katrā vecuma grupā noteiktajos testos ir parādīts 3.1. tabulā.

Dalībnieku skaits katrā vecuma grupā, kas veikuši norādītos testus

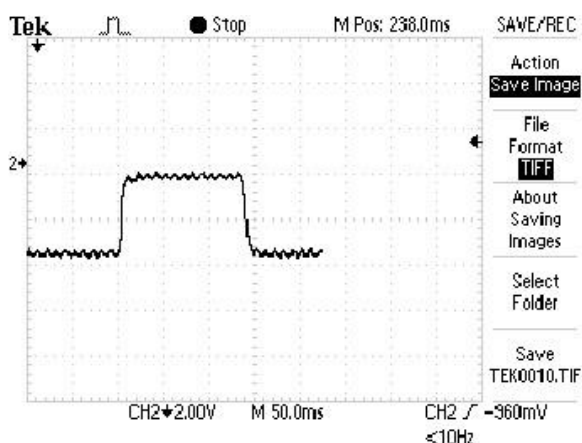
Vecums	DEM (V)	DEM (H)	VNK	VVA	TSLĀ
7	126	126	88	183	224
8	97	97	95	177	213
9	149	149	136	233	278
10	89	89	121	173	209
11	88	88	131	216	235
12	103	103	94	194	209
13	131	131	77	175	192
14	108	108	69	182	206
15	101	101	75	113	181
16	71	71	55	113	125
17	51	51	43	96	102
18	53	53	47	77	84
<i>Kopskaits</i>	1167	1167	1031	1932	2258

Eksperimentālās procedūras tika apstiprinātas Latvijas Universitātes Ētikas komisijā. Testēšana notika dalībnieku skolās ar vecāku parakstītu piekrišanu un ievērojot Helsinku deklarācijas protokolu.

3.2.2. Pētījuma datorprogramma un stimuli vārda atpazīšanas un nevārda kodēšanas uzdevumā

Par pētījuma programmas prototipu tika izvēlēta ātrā vārdu prezentācija (*rapid serial visual presentation*), ko pirmo reizi ieviesa Foster 1970. gadā, lai izpētītu teksta apstrādi un sapratni. Vēlāk šo tehniku izmanto uz datora ekrāniem, mazinot acu kustību ietekmi uz kognitīvo slodzi lasīšanas laikā, kas uzlabo lasīšanas ātrumu apmēram par 30% (Oquist, 2001). Pētījuma laikā datorizētie testi tika rādīti uz portatīvā datora, kura monitora parametri ir sekojoši: HD WLED, izšķirtspēja 1366x768 pikseļi, kadru atjaunošanās frekvence 60 Hz, kur viena pikseļa lielums atbilst 0,252x0,252 mm. Atjaunošanās frekvence norāda uz maksimālo kadru nomaiņas skaitu vienā sekundē. Viena kadra ekspozīcijas laiks atbilst 1/60Hz, kas ir 16,67 ms.

Lai pārliecinātos par monitoru veiktspēju un pareizu stimula prezentēšanas ilgumu, tika veikts mērījums ar oscilogrāfu. Zemāk redzamajā 3.1. attēlā var novērot stimula prezentācijas ilgumu, kas tika parādīts 8 kadru ekspozīcijas laikā, kas sastāda 133,3 ms.



3.1. attēls. Osciloskops (Tektronix TDS-1024) mērījums: stimuls tiek attēlots 133,3 ms.

Kur vienas iedaļas vērtība atbilst 50 ms. Foto diodes sprieguma izmaiņa ir noritējusi līdzīgā laika intervālā.

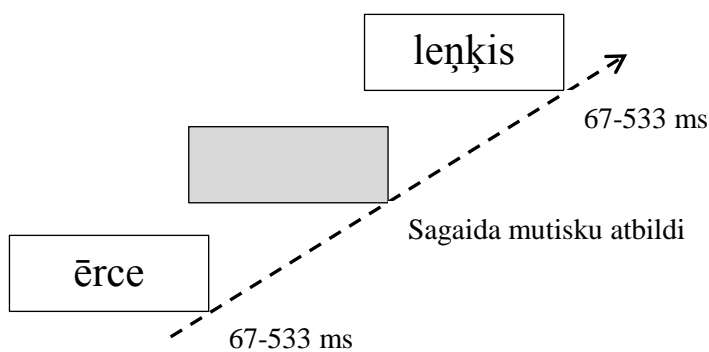
Datorizēto testu programmas ietvaros ir iespējams mainīt stimula ekspozīcijas laiku kadros – freimu skaits, burtu izmēru pikseļos – fonta lielums, iespējams ievadīt dalībnieka vārdu, uzvārdu, skolu un klasi. Visi iegūtie dati un rezultāti tiek saglabāti programmas izveidotā datnē. 3.2. attēlā *Visual basic* programmas ievades logs.

Sākt	fonta lielums	<input type="text"/>
Beigt	freimu skaits 60Hz	<input type="text"/>
Vārds		triāls <input type="checkbox"/>
Uzvārds		
Skola		
Klase		

šeit rādīsies teksts

3.2. attēls. Datorizētā vārda un nevārda uzdevuma parametru ievades logs un stimula parādīšanās vieta

Vārdu atpazīšanas uzdevumā par stimuliem izvēlējās latviešu valodā zināmus, literārus, ar dažādu fonemātisko sarežģītības pakāpi vārdus, kuru garums sastādīja 4; 6; 8 un 10 burtus. To izvēlei tika piesaistīts logopēds. Savukārt nevārdi tika izvēlēti 4; 5 un 6 burtu garumā. Nevārdu veidoja pēc principa: katrā vārda zilbē vienu burtu aizstāj ar kādu citu burtu (Turner, 2003). Katra stimula garuma grupā iekļāva 7 vārdus (kopskaitā 28) un nevārdus (kopskaitā 21). Programmas algoritmā dažāda garuma vārdus vai nevārdus rādīja jauktā secībā, bet šī konkrētā secība paliek nemainīga katram testa dalībniekam. Skatīt 3.3. attēlu.



3.3. attēls. Testa algoritma shematiskais atainojums

Testa veikšanai izvēlētie dažāda garuma vārdi un nevārdi parādīti tabulās 3.2. un 3.3.

3.2. tabula

Izvēlētie vārdi

4 burti	6 burti	8 burti	10 burti
Ērce	Leņķis	Spogulis	Ģeogrāfija
Egle	Bruģis	Ģērbtuve	Kaklasaite
Aļģe	Siksna	Karavīrs	Kartupelis
Gids	Krupis	Dzērvene	Katastrofa
Ogle	Mērķis	Slēdzene	Bibliotēka
Apse	Kundze	Makšķere	Lakstīgala
Elpa	Drosme	Pulveris	Divritenis

3.3. tabula

Izvēlētie nevārdi

4 burti	5 burti	6 burti
Eple (<i>egle</i>)	Dilgs (<i>diegs</i>)	Aufsts (<i>augsts, auksts</i>)
Zers (<i>zars</i>)	Kabls (<i>katls, kakls</i>)	Balrts (<i>balsts</i>)
Rabj (<i>rauj</i>)	Disms (<i>disks</i>)	Krāpns (<i>krāsns</i>)
Lovs (<i>loms, govš</i>)	Kavns (<i>kauns, kalns</i>)	Kaksts (<i>karsts</i>)
Vēmš (<i>vējš</i>)	Kpēts (<i>klēts</i>)	Rabsts (<i>raksts</i>)
Habs (<i>labs</i>)	Magts (<i>masts, maksts</i>)	Svarbs (<i>skarbs</i>)
Muze (<i>mute</i>)	Nakzs (<i>nakts</i>)	Tegsts (<i>teksts</i>)

Mērījumu laikā mainīja stimula ekspozīcijas laiku, atkarībā no klases, kurā mācījās konkrētais pētījuma dalībnieks. Šie laiki ietilpst 95% ticamības ekspozīcijas intervālā, kurā atbilstošā vecuma grupa, neatkarīgi no vārda garuma pēc eksponenciālās aproksimācijas, sasniedz atpazīšanas piesātinājumu. Skatīt 3.4. tabulu.

3.4. tabula

Ekspozīcijas laiki katrā klašu grupā

Klašu grupa	Kadru skaits (n)	Ekspozīcijas laiks (ms)
1 un 2	32	533
3 un 4	16	267
5 un 6	8	133
7; 8 un 9	6	100
10; 11 un 12	4	67

Tā kā redzes uztverē telpisko frekvenču augstākā jutība ir novērojama pie 3 – 6 cikliem/grādu, tika izmantoti 24 fonta *Baltic Sans* mazie burti, kas atbilst aptuveni 3 cikliem/ grādu, dalībniekam atrodoties 50 cm attālumā no monitora. Tipogrāfijā izmantoto grafēmu ģeometriskie parametri nesakrīt ar optometrijā pielietotajiem optotipu tehniskajiem lielumiem, tāpēc 24 fonts tipogrāfijā atbilst 0,18 DEC vienībām redzes asumā pie 50 cm. Savukārt abu testu vārdu/nevārdu horizontālais leņķiskais lielums ir uzrādīts 3.5. tabulā.

Vārdu un nevārdu leņķiskie izmēri horizontālajā asī

Burtu skaits vārdā	Leņķiskais izmērs
4	1,36°±0,03
6	2,0°±0,1
8	2,8°±0,1
10	3,1°±0,1

Visaugstākais redzes asums atbilst 1°- 2° lielam foveolas apgabalam, kas pie šāda stimula izmēra 4-6 grafēmus projicē foveolas apgabalā. 8 un 10 burtu garie vārdi tiek atainoti parafoveolā un to uztveršanai nepieciešams izmantot uztveres apgabalu vai arī veikt sakādi. Ja šī vārda uztveršanai izmanto redzes uztveres apgabalu, daļa no vārda projicējas parafovejā, kur redzes asums ir zemāks nekā foveolā, bet joprojām pietiekošs, lai izšķirtu atsevišķos burtus. Ja visa vārda uztveršanai lieto sakādisko kustību, pastāv iespēja nespēt veikt turpmākās fiksācijas. Dalībnieks min daļēji uztverto vārdu, balstoties uz pieredzi. Tādēļ jaunākie testa dalībnieki biežāk kļūdās garajos vārdos, nekā vecākie testa dalībnieki, jo šiem jaunākajiem testa dalībniekiem nav tik liela fonoloģiskās pieredzes. Vārdi un nevārdi tika prezentēti ar melniem burtiem uz balta fona (99% kontrasts pēc Maikelsona).

3.2.3. Eksperimentālie uzdevumi

Vizuālā vārda atpazīšanas (VVA) uzdevums

Vārdu atpazīšanas uzdevumu lieto, lai novērtētu bērnu spēju atpazīt zināmus literārus vārdus latviešu valodā, vienas fiksācijas laikā, neiesaistot acu kustības un artikulāciju kognitīvajā vārda atpazīšanas procesā. Uzdevumā novērtē pareizi atpazītos vārdus. Dažāda garuma vārdi tiek projicēti uz datora ekrāna konstantā vietā un noteiktu laika sprīdi (ms). Ekspozīcijas laiks ir atšķirīgs klašu grupās. Pēc vārda ekspozīcijas bērnam ir skaļi jānosauc atbilstošais vārds, kas parādās ekrāna centrā. Starp vārdu sesijām eksaminators, izmantojot datora pogas „m” un „z”, novērtē vai bērns parādīto vārdu ir nosaucis pareizi vai nepareizi. Ja atbilde ir pareiza, nospiež pogu „m”, bet ja nepareiza – pogu „z”. Šajā brīdī programmas izveidotā datnē ieraksta rezultātu, ar „1” apzīmējot, ja nospiesta „m” poga (pareizi), un ar „0”, ja nospiesta „z” poga (nepareizi). Ja dalībniekam nepieciešama jebkāda redzes korekcija, tad to palūdzta izmantot testa laikā un testu veica skatoties ar abām acīm.

Vizuālā nevārda kodēšanas (VVK) uzdevums

Nevārdu atpazīšanas uzdevumus izmanto, lai novērtētu bērnu spēju izlasīt nezināmu vārdu, izmantojot redzes uztveres apgabalu, īslaicīgo un darba atmiņu (Bosse, M L; Valdois, S, 2009). Uzdevumā novērtē pareizi atkodētos nevārdus vienas fiksācijas laikā, neiesaistot acu kustības un artikulāciju kognitīvajā grafēmu rindas kodēšanā.

Mērījumu izpildei ir nepieciešams tāds pats aprīkojums kā vārdu atpazīšanas testā. Nevārdi ir iedalīti 3 grupās: 4, 5, un 6 burtu gari. Katrā grupā 7 vārdi, tātad kopā ir 21 nevārdi. Programmas algoritmā nevārdus rāda pēc kārtas, sākot ar četrus burtu nevārdiem un beidzot ar sešu burtu nevārdiem. Šī secība paliek nemainīga katram testa dalībniekam. Pēc nevārda ekspozīcijas bērnam ir skaļi jānosauc grafēmu rinda, kas atradās ekrāna centrā. Nevārdu ekspozīcijas laiks un izmērs ir identisks vārdu atpazīšanas testam. Testa izpilde notiek vienādi kā vārdu atpazīšanas testā. Novērtē pareizi atbildēto nevārdu skaitu.

Teksta skaļas lasīšanas ātruma (TSLĀ) novērtējums

Teksta skaļas lasīšanas laikā iesaistās visu līmeņu kognitīvie procesi sadarbībā ar muskuļu motoro darbību – acu kustībām un artikulāciju. Lasīšanas ātrumu palīdz virzīt konteksts un lasītāja pieredze par attiecīgās valodas morfoloģiju un sintaksi. Lasīšanas ātrumu aprēķina kā izlasīto vārdu skaitu laika vienībā. Biežāk – vārdi/minūtē, bet arī burti vai grafēmas/sekundē. Nepareizi izlasītie, atkārtotie, apmainītie, izlaistie vārdi, tika iekļauti lasīšanas ātruma aprēķinos. Lasīšanas ātrumu (*reading rate score*) novērtē balstoties uz *Wiederholt & Bryant, 1992.* gadā izstrādātā lasītprasmes novērtēšanas testa *Gray Oral Reading Test-III* līdzības latviešu valodā (Torgesen, & Hudson, 2006). Tika izvēlēti 130 vārdus garš drukāts teksts no pasakas, ar vidējo vārdu garumu 5 burti, kas leņķiskajos izmēros sastāda aptuveni 1,5°.

Drukātā teksta kontrasts atbilda 99%. Drukāto burtu lielums atbilst *Times New Roman*, 16 pt fonta izmēram ar rindstarpu 22 pt. 40 cm attālumā teksts atbilst redzes asumam 0,25 DEC vienības. 3.4. attēlā ir parādīts paraugs lasīšanas ātruma kartei.

Redziet,” burvis runāja. „Vēlos jūsu princesi dabūt par sievu. Bet nevaru nekādi pie viņas tikt klāt. Ar varu to nespētu aizvest, un ar viltu man tas līdz šim nav laimējies. Tādēļ jums man jāpalīdz. Princesei ir brīnišķīgs goda krēsls, kurā viņa sēd, preciniekus saņemdamā. Atzveltnē, taisni pret pakausi, ir iesista veca, sarūsējusi nagla. Tiklīdz nu viņa galvu atspiež pret šo naglu, viņa tūlīt redz, kas viņas priekšā stāv: vai tiešām jauns, skaists princis vai tāds, kas tikai šādu izskatu pieņēmis.

Tā jau viņa daudz varenu burvju pazinusi un ar kaunu aizdzinusi. Lai nu man arī tā neizdotos, tad jums nagla jāizvelk un jāiedzen zemē, bet atzveltnē jāiesit cita, ko nometīšu jūsu priekšā. Rītā tad braukšu pie princeses precībās, viņa mani noturēs par skaistu princi, un tā man laimēsies viņu aizvest.”

3.4. attēls. *Paraugs teksta skaļas lasīšanas ātruma (TSLĀ) kartei.*
Kopējais vārdu skaits -130, vidējais vārda garums 5 burti.

Visās vecuma grupās izmanto vienu un to pašu tekstu, un pirms teksta izlasīšanas bērnu brīdina par to, ka pēc tam uzdos 2 jautājumus par izlasīto. Nosacījumu ievieša, lai dalībnieks necenstos lasīt pēc iespējas ātrāk, bet arī saprastu uzrakstīto.

Teksta lasāmība ir atkarīga no vārdu sastopamības biežuma, vārdu un teikuma garuma. Lai kvantitatīvi novērtētu atbilstošā teksta lasāmību, pielietoja Zviedrijā izstrādātu formulu LIX: (Bjornsson, 1968). Testa interpretācija vērojama 3.6. tabulā.

$$LIX=(lwrđ/nwrđ)*100+(nwrđ/nsnt), \quad (9)$$

kur lwrđ- vārdu skaits ar garumu virs 7 burtiem, nwrđ – visu vārdu skaits tekstā, nsnt- teikumu skaits tekstā.

3.6. tabula

Bjornsona lasāmības testa interpretācija (Oquist, 2001)

LIX vērtība	Interpretācija	Teksta veids
20	Ļoti viegls	Bērnu grāmatas
30	Viegls	Romāni
40	Vidējs	Avīžu teksti
50	Grūts	Oficiālie dokumenti
60	Ļoti grūts	Juridiskie dokumenti

Pēc atbilstošajiem parametriem, mūsu izvēlētais teksts atbilda vidēji-vieglam ar LIX=39,5.

Ātrā automātiskā saukšana (DEM (V) un DEM (H))

Par ātrās automātiskās saukšanas testu izmantoja DEM (*developmental eye movements*) testa prototipu, kas izveidots kā klīniski pielietojams rīks acu motorās kvalitātes un ātrās automātiskās saukšanas prasmi novērtēšanai. Testa atkārtojamības koeficients vertikālā un horizontālā laika novērtējumā sastāda $r=0,9$, $p<0,001$ (Garzia, Richman, Nicholson, & Gaines, 1990).

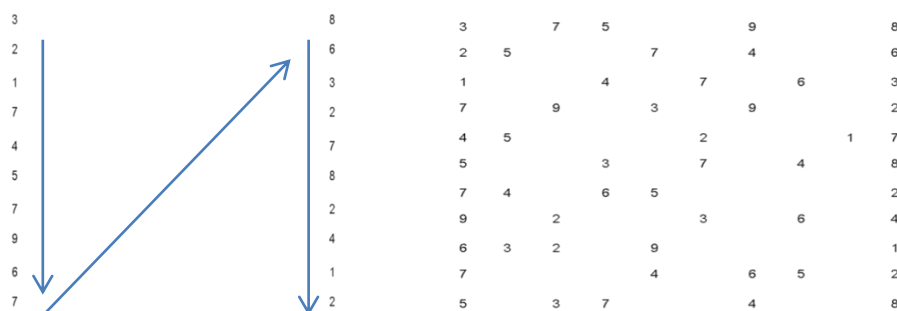
Tests sastāv no trīs A5 formāta kartēm, uz kurām izvietoti cipari no 1 – 9. A un B karti veido 40 cipari, kuri izvietoti divās vertikālās rindās (katrā pa 20 cipariem), bet C karti veido 80 cipari, kuri izvietoti 16 horizontāli vērstās rindās, katrā rindā 5 cipari ar dažādiem atstarpju lielumiem. Ciparu lielums veidots *Calibri, 11 pt*, kas 40 cm attālumā atbilst redzes asumam 0,2 DEC vienības. Vertikālā atstarpe starp burtiem – 13 pt. A;B kartēs attālums starp ciparu kolonām atbilst 6,5 cm (8°), savukārt C kartes rindas garums 8,5 cm (12°). Lielākais attālums starp C kartes cipariem sastāda $6,7^\circ$, mazākais $1,4^\circ$. A;B kartē novērtē ciparu ātru automātisku saukšanu (RAN), kura pēc *Wagner & Torgesen, 1987.* gadā izvirzītās hipotēzes ir viena no fonemātiskās uztveres sastāvdaļām (Shapiro, Carroll, & Solity, 2013) un C daļa novērtē acu kustību efektivitāti, saucot ciparus pa horizontāli no kreisās uz labo pusi. Cipari izvietoti, lai dalībnieks veic dažāda garuma sakādes līdzīgi kā lasīšanas laikā. Šāds tests ir klīniski pierādīts acu sakādisko kustību novērtēšanā bērniem (Powell, Birk, Cummings, & Ciol, 2005).

Testa veikšanas laikā uzņem izpildes laiku, atzīmējot izlaistos vai nosauktos atkārtoti. Pēc tam aprēķina punktus pēc formulas:

$$(\text{Laiks} \cdot 80) / (80 - n + a), \quad (10)$$

kur laiks – laiks, kurā bērns veicis uzdevumu, n – nenosaukties cipari, a – atkārtotie cipari.

3.5. attēlā pa kreisi attēlots DEM testa A un B kartes ciparu izvietojuma princips, bet pa labi – C kartes.



3.5. attēls. DEM A; B un C kartēs izvietoto ciparu atainošanas veids

DEM testa C kartes piecu lielumu atstarpju skaits ir dažāds. No 64 atstarpēm $1,4^\circ$ atstarpes ir 15 (23%), $2,4^\circ$ - 25 (39%), $4,2^\circ$ - 19 (30%), $5,6^\circ$ - 3 (5%) un $6,7^\circ$ - 2 (3%).

3.3. Analīze

Datu apstrādē matemātiskie aprēķini tika veikti izmantojot datorprogrammas *Microsoft Office Excel* un *Graph Pad Prism 5.0*. Visos mērījumos tika veikta aprakstošā statistika par 12 vecuma grupām, pielietojot vidējos rādītājus, kā vidējā vērtības (\bar{x}), mediāna (*med*), kvartīle (Q_i ($i=0, \dots, 4$)) un izkliedes rādītāji, kā novērojumu maksimālā (x_{max}) un minimālā (x_{min}) vērtība, starpkvartīļu apgabals (*IQR*), standartnovirze (*SD*) un standartklūda (*SE*). Izveidoto izlašu salīdzināšanai pielietoja gan, t-testu - divu neatkarīgu izlašu vidējo salīdzināšanai, gan daudzfaktoru dispersijas analīzi – ANOVA. Sakarību pētīšanā pielietoja korelāciju analīzi, vienkāršo lineārās regresijas analīzi un nelineāro pāru regresijas analīzi – eksponentes regresiju, parabolisko regresiju un daudzfaktoru regresiju un korelāciju.

Nosakot kritērijus, kad dalībnieks nav nokārtojis kādu no izvērtētajiem testiem, pielietoja datu matemātisko apstrādi 12 vecuma grupās (no 7 gadu vecuma līdz 18 gadiem) ar intervālu 1 gads. Katrai no šīm grupām atrada datu kopai neraksturīgās vērtības jeb „izlecējdatus” (no angļu valodas *outlier*, turpmāk tekstā apzīmēts ar O).

O vērtību aprēķina pēc formulas:

$$O = (Q_3 - Q_1) \cdot 1,5 + Q_3 \quad (11)$$

kur Q_3 - trešā kvartīle, Q_1 - pirmā kvartīle.

Pēc definīcijas O atspoguļo visai datu kopai neraksturīgās vērtības. O datu matemātiskā interpretācija norāda par būtiski atšķirīgām vērtībām no izlases, kas ir iegūti tādos pašos apstākļos vai tie ir pretrunīgi. Šādi dati no turpmākās datu analīzes būtu jāizslēdz (Mason, Gunst, & Hess, 2003); (Ben-Gal, 2005). Darba analīzē tiek pieņemts, ka dalībnieki, kas uzrāda O vērtības uzdevumos, tiek uzskatīti par bērniem ar apgrūtinātām uztveres spējām atbilstošajā testā, jo viņu rezultāti būtiski atšķiras no visu pārējo bērnu rezultātiem.

3.4. Rezultāti

3.4.1. Attīstības trajektorijas

3.7. tabulā parādīti veikto testu rezultāti: teksta skaļas lasīšanas ātrums (TSLĀ), ātra automātiska saukšana, iesaistot gan vertikālās sakādes DEM (V), gan horizontālās sakādes DEM (H), atpazīto vārdu (VVA) un nevārdu (VNK) procentuālie sadalījumi. Tabulā uzrādītas lielumu vidējās vērtības, standarta novirzes un izlecējdati (O) katrā vecuma grupā. DEM(V) un DEM(H) rādītāji ietver fonoloģisko izpratni par grafēmu (ciparu), vizuālās uztveres un artikulācijas ātrumu. VNK un VVA rādītāji ietver fonoloģisko izpratni par grafēmu (burtu), morfēmu un vārta ortogrāfiju un vizuālas uztveres ātrumu. TSLĀ iekļauj sevī visus iepriekšminētos parametrus un konteksta ietekmi.

3.7. tabula

Lasītprasmes novērtēšanas testu vidējās vērtības vecuma grupās un datu kopai neraksturīgo vērtību sastopamība

Vecums (gadi)	DEM (V) (s)	SD (s)	O (%)	DEM (H) (s)	SD (s)	O (%)	VNK (%)	SD (%)	O (%)	VVA (%)	SD (%)	O (%)	TSLĀ (vārdi/min)	SD	O (%)
7	63	15	5,6	91	21	0,8	39	33	0,0	49	32	0,0	45	26	0,0
8	53	13	5,2	74	23	8,2	61	34	0,0	69	28	0,0	67	30	0,0
9	47	10	4,0	60	13	0,7	70	27	3,7	80	24	3,0	86	29	0,0
10	43	8	2,2	52	11	3,4	78	23	5,0	89	16	7,5	103	27	0,5
11	40	9	2,3	48	10	0,0	71	25	4,6	87	17	3,7	113	26	1,7
12	35	7	2,9	43	8	1,9	71	30	11,7	90	14	6,7	124	27	0,0
13	34	6	3,1	40	8	3,1	83	21	7,8	92	12	5,7	134	27	2,1
14	32	7	1,9	37	8	2,8	79	25	8,7	94	11	7,1	140	25	0,0
15	31	5	1,0	35	5	0,0	85	18	4,0	96	5	2,7	143	24	2,2
16	30	5	1,4	33	5	0,0	88	12	12,7	96	5	2,7	150	21	0,8
17	29	5	2,0	32	6	0,0	90	17	7,0	96	6	7,3	155	26	3,9
18	29	3	1,9	32	4	1,9	93	9	2,1	98	3	6,5	155	22	1,2
$\bar{x}\%$			3,0			2,0			6,4			4,2			0,8
ANOVA	F(11,1155)=157; p<0,0001			F(11,1155)=231; p<0,0001			F(11,1019)=27; p<0,0001			F(11,1930)=101; p<0,0001			F(11,2246)=334; p<0,0001		

Izdarot viena faktora dispersijas analīzi ANOVA iegūstam, ka vecums būtiski ietekmē visu novērtēto funkciju gradācijas dispersiju, ja salīdzina vidējās vērtības. Tātad, pieaugot vecumam gan DEM (V), gan DEM (H), gan nevārdu un vārdu, gan teksta skaļas lasīšanas vērtības būtiski mainās, jo Fišera kritērijs pie uzrādītajām brīvības pakāpēm ir būtiski augstāks par kritisko vērtību (skatīt 3.7. tabulā).

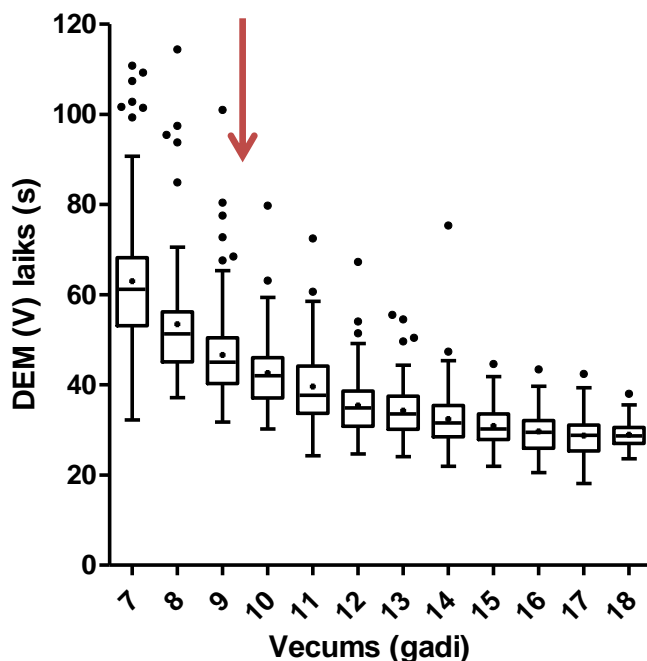
Vērtējot grafēmu (ciparu) ātro automātisko saukšanu (**DEM (V)**), kur iesaistās ciparu kodēšanas ātrums un motorā funkcijas kā artikulācija un 0,5° lielas vertikālās sakādes, iegūst, ka, pieaugot vecumam, 80 grafēmu saukšanas laiks samazinās. Attiecīgi 7 gadu vecumā vertikālais grafēmu laiks sastāda $\bar{x} = 63 \pm 1,3$ sekundes, bet 18 gadu vecumā vairs tikai $\bar{x} = 29 \pm 0,4$ sekundes. Visi tālākie aprēķini tiek veikti *GraphPad Prism 5.0* datorprogrammā, pielietojot *exponential plateau followed by one phase decay* aprakstošo analīzi. Šo laika samazināšanos, jeb saukšanas ātruma pieaugumu var aprakstīt ar eksponentes funkciju $y = 27,4 + 35,2e^{-0,28(x-7)}$, kur determinācijas koeficients $R^2 = 0,6$ pie $n = 1167$, attiecīgi korelācijas koeficients $r = 0,72$. Pēc 3.6 attēla ir redzams, ka ir tāds vecums, līdz kuram notiek straujākas laika izmaiņas. Tādēļ, lai novērtētu vecumu, pie kura DEM (V) būtiski vairs nemainās, tiek izvēlēts kritērijs – mācību gads, kad laika samazinājums attiecībā pret sākotnējo vairs nav lielāks par $e \sim 2,71282$ reizēm. Lai aprēķinātu šo mācību gadu tika pielietota formula:

$$\frac{1}{k} = MG \quad (12)$$

kur k-pakāpes koeficients, MG- mācību gads.

Līdz ar to mācību gads, kad laika izmaiņas nepārsniedz 2,7 reizes, ir **3,5** mācību gads ar 95% konfidences intervālu no 3,1 līdz 4,1 mācību gads. Vidējais skolēna vecums atbilst 9,1 līdz 10,1 gadiem. Savukārt pielietojot dispersijas analīzi ANOVA un papildus testu, kas salīdzina divu grupu dispersijas

vidējās vērtības savstarpēji visās grupās - *Tukey's Multiple Comparison Test*, iegūst, ka vecuma posmā no 10-14 gadiem atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku. Var teikt, ka 14 gadu vecumā tiek sasniegts atbilstošās funkcijas piesātinājums. Ātrā automatiskā saukšana pa vertikāli sasniedz piesātinājumu.



3.6. attēls. DEM (V) – ātrās automatiskās saukšanas izpildes laika attiecība pret vecumu

Datu atainošanai izmanto kastīšu diagramma. Kastītes robežas iezīmē Q_1 (pirmo kvartīli) un Q_3 (trešo kvartīli), jeb starpkvartīļu robežu (IQR), savukārt vidējā līnija norāda uz mediānas jeb Q_2 (otrās kvartīles) lokalizācijas vietu. Apakšējo slotiņu robeža = $Q_1 - 1,5 * IQR$, bet augšējo slotiņu robeža = $Q_3 + 1,5 * IQR$. Attiecīgi punkti ir izlecējdati, šeit kopskaitā $n=35$ (3%). Grupas vidējā vērtība atainota kā plus zīme iekš kastītes. Bulta norāda robežu gados, kur izmaiņas nepārsniedz 2,7 reizes.

Aprēķinot ātrās automatiskās saukšanas testa kritērijus DEM (V), pielietoja izlecēj datu analīzi. Ieguvām vērtības, kas atdala bērnus ar ciparu automatiskās atpazīšanas ātruma un artikulācijas problēmām atbilstošā vecuma grupā. Testa kritēriji atainoti 3.8. tabulā.

3.8. tabula

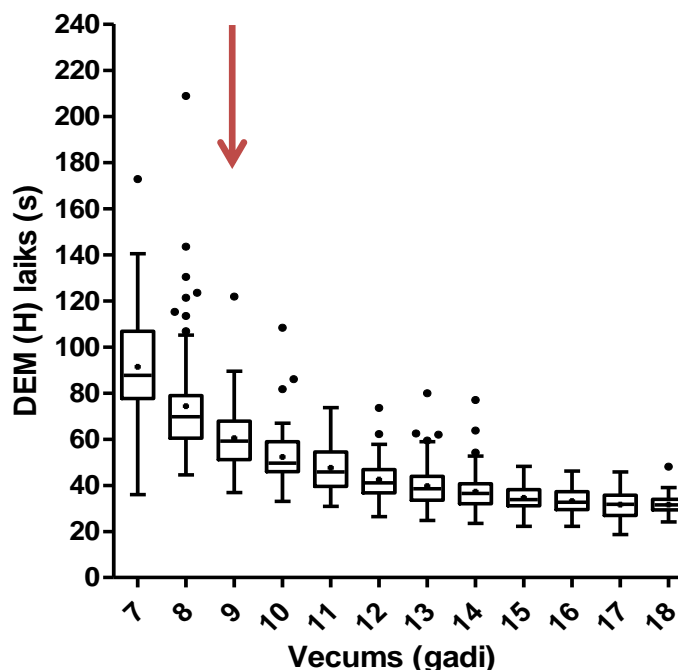
DEM (V) testa kritēriji vecuma grupās

Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kritērijs (sekundes)	91	73	66	60	60	50	49	46	42	41	40	36

DEM (V) testā O vērtības sasniedza 35 bērni no 1167, jeb 3%. Lai nokārtotu ātrās automatiskās saukšanas testu atbilstošā vecuma kategorijā, laiks nedrīkst būt lielāks par tabulā norādīto.

Vērtējot grafēmu (ciparu) ātro automatisko saukšanu (**DEM (H)**), kur iesaistās ciparu kodēšanas ātrums un motorā funkcijas kā artikulācija un $1,4^\circ$ līdz $6,7^\circ$ dažāda lieluma horizontālās sakādes, iegūst, ka, pieaugot vecumam, 80 grafēmu saukšanas laiks samazinās. Attiecīgi 7 gadu vecumā vertikālais grafēmu laiks sastāda $\bar{x} = 91 \pm 1,9$ sekundes, bet 18 gadu vecumā vairs tikai $\bar{x} = 32 \pm 0,5$ sekundes. Šo laika samazināšanos, jeb saukšanas ātruma pieaugumu var aprakstīt ar eksponentes funkciju $y = 30,8 + 60,3e^{-0,34(x-7)}$, kur determinācijas koeficients $R^2 = 0,7$ pie $n = 1167$, attiecīgi korelācijas koeficients $r = 0,76$. Pēc 3.7. attēla ir redzams, ka ir tāds vecums, līdz kuram notiek straujākas laika izmaiņas. Veicot iepriekšminētos pārveidojumus, mēs iegūstam, ka mācību gads, kad laika izmaiņas attiecībā pret sākotnējo gadu nepārsniedz 2,7 reizes, ir **3,0** mācību gads ar 95% konfidences intervālu no 2,7 līdz 3,4 mācību gads. Vidējais skolēna vecums atbilst 8,7 līdz 9,4 gadiem. Savukārt pielietojot dispersijas analīzi ANOVA un papildus testu, kas salīdzina divu grupu dispersijas vidējās vērtības savstarpēji visās grupās - *Tukey's Multiple Comparison Test*, iegūst, ka līdzīgi kā DEM (V), vecuma posmā no 10-14 gadiem

atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku. Var teikt, ka 14 gadu vecumā tiek sasniegts ātrās automatiskās saukšanas piesātinājums pa horizontāli.



3.7. attēls. DEM (H) – ātrās automatiskās saukšanas izpildes laika attiecība pret vecumu. Bulta norāda vecuma robežu, kurā veicot eksponentes aproksimāciju iegūst izmaiņas mazākas par 2,7 reizēm

Aprēķinot ātrās automatiskās saukšanas testa kritērijus pa horizontāli, pielietoja izlecēj datu analīzi. Iegūtās vērtības atdala bērnus ar automatizācijas, artikulācijas un lasīšanai līdzīgu sakāžu veidošanas problēmām vecuma grupā. Testa kritēriji atainoti 3.9. tabulā.

3.9. tabula

DEM (H) testa kritēriji vecuma grupās

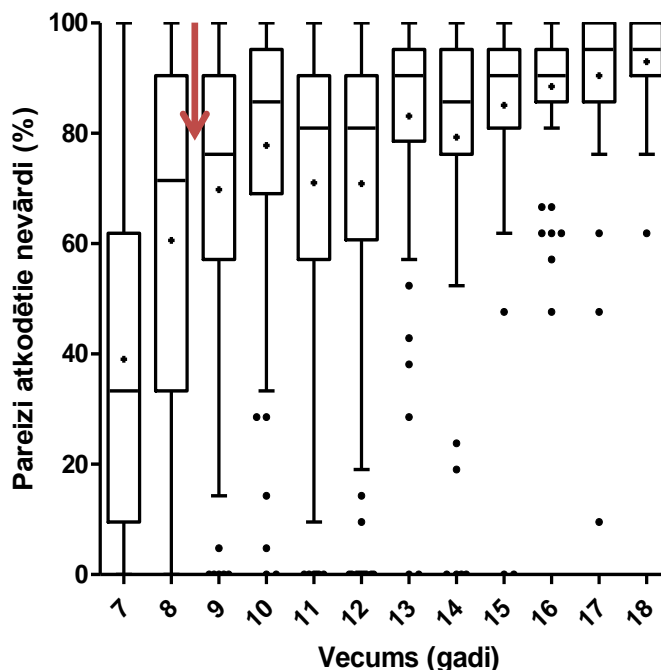
Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kritērijs (sekundes)	150	107	93	79	77	62	59	54	49	49	49	41

DEM (H) testā O vērtības sasniedza 23 bērni no 1167, jeb 2%. Lai nokārtotu ātrās automatiskās saukšanas testu atbilstošā vecuma kategorijā, laiks nedrīkst būt lielāks par tabulā norādīto.

Analizējot *nevārda kodēšanas (VNK)* attīstību laikā, novēro tādu pašu sakarību, ka funkcijas attīstība sasniedz piesātinājumu jau skolas laikā. Nevārda kodēšanā iesaistās kognitīvie faktori kā grafēmu (burta) fonoloģiskā izpratne, uztveres ātrums un īslaicīgā atmiņa. Ne mazāk būtisks ir vārda uztveres apgabals, kurā atbilstošo nevārdu, kas ir ortogrāfiski līdzīgs vārdam, bet nesatur semantisko nozīmi, dalībnieks spēj atpazīt vienas fiksācijas laikā, neiesaistot nekāda veida sakādes.

Nevārdu testā tiek analizēti pareizi nosaukto nevārdu skaits, kuru attiecīgi var pārveidot procentuālajā skalā. Pareizi atkodēto nevārdu procentuālā daļa palielinās, pieaugot vecumam. Attiecīgi 7 gadu vecumā pareizi atkodēti nevārdi sastāda $\bar{x} = 39\% \pm 3,5\%$, bet 18 gadu vecumā jau $\bar{x} = 93\% \pm 1,3\%$ sekundes. Pielietojot *GraphPad Prism 5.0*, *exponential plateau followed by one phase association* aprakstošo analīzi. Procentuālo pieaugumu apraksta eksponentes funkcija $y = 42,9 + 43,3(1 - e^{-0,39(x-7)})$, kur determinācijas koeficients $R^2 = 0,2$ pie $n = 1031$, attiecīgi korelācijas koeficients $r = 0,41$. Pēc 3.8. attēla ir redzams, ka ir tāds vecums, līdz kuram notiek straujākas izmaiņas. Tādēļ, lai novērtētu vecumu, pie kura nevārda kodēšana vairs būtiski nemainās izmantojam eksponentes aproksimāciju un atrodam, ka mācību gads, kad procentuālās izmaiņas attiecībā pret sākotnējo katru gadu nepārsniedz 2,7 reizes, ir **2,5** mācību gads ar 95% konfidences intervālu no 1,9 līdz 3,6 mācību gads. Vidējais skolēna vecums atbilst 7,9 līdz 9,6 gadiem. Savukārt pielietojot dispersijas analīzi ANOVA un papildus testu, kas salīdzina divu grupu dispersijas vidējās vērtības savstarpēji visās grupās - *Tukey's Multiple Comparison Test*, iegūst, ka vecuma posmā no 8-13 gadiem atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku. 13 gadu vecumā tiek sasniegts nevārdu kodēšanas piesātinājums. Eksponenciālā analīzes dati sakrīt ar *Paris*, 2005. gada

rezultātiem, ka nevārdu kodēšana sākas jau 8 gadu vecumā un strauji attīstās līdz 14 gadu vecumam (Paris, 2005).



3.8. attēls. Pareizi kodēto nevārdu procentuālā daļa katrā vecuma grupā, uzrādot vidējās vērtības, mediānas, IQR in izlecējus. Bulta norāda vecuma robežu, kurā veicot eksponentes aproksimāciju iegūst izmaiņas mazākas par 2,7 reizēm gada ietvaros.

Mēs pielietojām izlecējdatu analīzi, aprēķinot nevārda kodēšanas uzdevuma kritērijus latviešu skolās. Iegūtās vērtības atdala bērnus ar fonoloģiskās izpratnes, uztveres ātruma, īslaicīgās atmiņas un vārda uztveres apgabala problēmām vecuma grupā. Testa kritēriji atainoti 3.10. tabulā.

3.10. tabula

Nevārdu kodēšanas uzdevuma kritēriji vecuma grupās

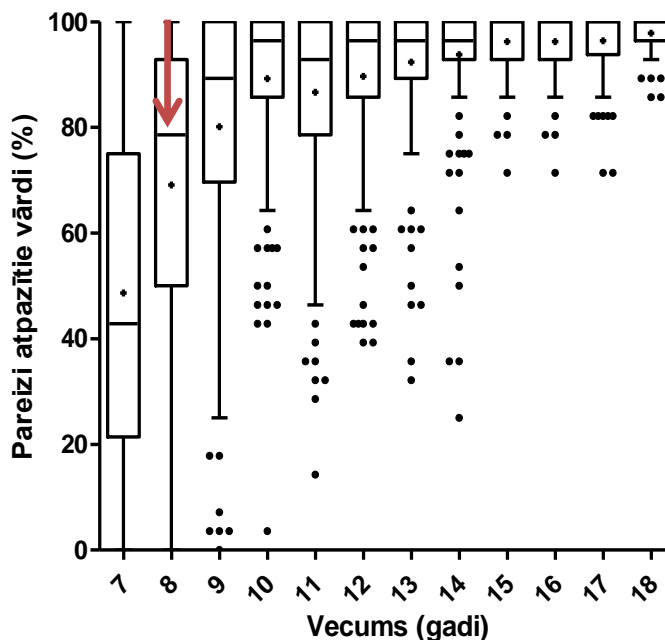
Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kritērijs (pareizie nevārdi)	-	-	1	6	1	3	11	10	12	15	13	16

Nevārdu kodēšanas testā O vērtības sasniedza 54 bērni no 1031, jeb 6.4%. Lai nokārtotu nevārdu kodēšanas testu atbilstošā vecuma kategorijā, nosaukto nevārdu, skaits nedrīkst būt mazāks vai vienāds nekā norādīts tabulā. Redzam, ka 7 un 8 gadus vecajiem dalībniekiem nav novērojams neviens bērns, kura rezultāts būtu virs O līmeņa. Tas norāda, ka šajās vecuma grupās datu kopa ir vienmērīgi izkliedēta un neviena vērtība nav būtiski atšķirīga no pārējām.

Analizējot *vārda atpazīšanas (VVA)* attīstību laikā, novēro līdzīgu sakarību, ka funkcijas attīstība sasniedz piesātinājumu jau skolas laikā. Vārda kodēšanā iesaistās kognitīvie faktori kā fonoloģiskā izpratne par morfēmām un vārda ortogrāfiju, uztveres ātrums un īslaicīgā atmiņa, kā arī vārda uztveres apgabals, kurā atbilstošo vārdu, ar semantisko nozīmi, dalībnieks spēj atpazīt vienas fiksācijas laikā, neiesaistot nekāda veida sakādes.

Arī vārdu atpazīšanas testā tiek analizēti pareizi nosaukto vārdu skaits, kuru attiecīgi var pārveidot procentuālajā skalā. Pareizi atkodēto vārdu procentuālā daļa palielinās, pieaugot vecumam. Attiecīgi 7 gadu vecumā pareizi atpazītie vārdi sastāda $\bar{x} = 49\% \pm 2,3\%$, bet 18 gadu vecumā jau $\bar{x} = 98\% \pm 0,4\%$. Tika pielietota *GraphPad Prism 5.0*, *exponential plateau followed by one phase association* aprakstošā analīze. Procentuālo pieaugumu apraksta eksponentes funkcija $y = 48,2 + 46,7(1 - e^{-0,56(x-7)})$, kur determinācijas koeficients $R^2 = 0,37$ pie $n = 1932$, attiecīgi korelācijas koeficients $r = 0,51$. Pēc 3.9. attēla ir redzams, ka arī šeit ir vecums, līdz kuram notiek straujākas izmaiņas. Tādēļ, lai novērtētu vecumu, pie kura vārda atpazīšana vairs būtiski nemainās, izmantojam eksponentes aproksimāciju un atrodam, ka mācību gads, kad procentuālās izmaiņas attiecībā pret sākotnējo gadu nepārsniedz 2,7 reizes, ir **1,8** mācību gads, ar 95% konfidences intervālu no 1,6 līdz 2,1 mācību gads. Vidējais skolēna vecums atbilst

7,6 līdz 8,1 gadiem. Savukārt pielietojot dispersijas analīzi ANOVA un papildus testu, kas salīdzina divu grupu dispersijas vidējās vērtības savstarpēji visās grupās - *Tukey's Multiple Comparison Test*, iegūst, ka vecuma posmā no 10 līdz 12 gadiem atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku. 12 gadu vecumā tiek sasniegts nevārdu kodēšanas piesātinājums. Līdzīgus rezultātus apraksta *Paris 2005.* gada pētījumā par lasīšanas attīstību, kur vārda atpazīšanas veidošanās notiek no 7 līdz 12 gadu vecumam ik 10% pieaugums gada laikā, bet pēc 14 gadu vecuma ik 4% (*Paris, 2005*). Mūsu iegūtie rezultāti uzrāda līdzīgu tendenci.



3.9. attēls. Pareizi atpazīto vārdu procentuālā daļa katrā vecuma grupā, uzrādot vidējās vērtības, mediānas, IQR in izlecējus. Bulta norāda vecuma robežu, kurā, veicot eksponentes aproksimāciju, iegūst izmaiņas mazākas par 2,7 reizēm gada ietvaros.

Aprēķinot vārdu atpazīšanas testa kritērijus latviešu skolās un pielietojot izlecēju datu analīzi, ieguvām vērtības, kas atdala bērnus ar fonoloģiskās izpratnes par morfēmām un vārda ortogrāfiju, uztveres ātruma, īslaicīgās atmiņas un vārda uztveres apgabala problēmām 12 vecuma grupās. Uzdevuma kritēriji atainoti 3.11. tabulā.

3.11. tabula

Vārdu atpazīšanas uzdevuma kritēriji vecuma grupās

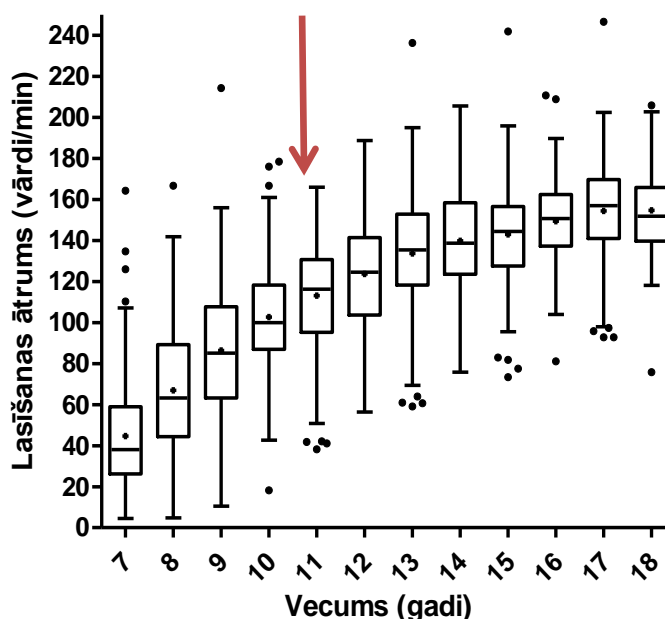
Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kritērijs (pareizie vārdi)	-	-	7	18	13	18	20	23	23	23	24	25

Vārdu kodēšanas testā O vērtības sasniedza 82 bērni no 1932, jeb 5,2%. Lai nokārtotu vārda atpazīšanas testu atbilstošā vecuma kategorijā, nosaukto vārdu skaits nedrīkst būt mazāks vai vienāds nekā norādīts tabulā. Redzam, ka 7 un 8 gadus vecajiem dalībniekiem nav novērojams neviens bērns, kura rezultāts būtu virs O līmeņa. Tas norāda, ka šajās vecuma grupās datu kopa ir vienmērīgi izkliedēta un neviena vērtība nav būtiski atšķirīga no pārējām. Izstrādātais vārda atpazīšanas un nevārda kodēšanas tests pirmajā un otrajā mācību gadā neuzrādīs bērnus ar uzdevuma traucējumiem.

Izvērtējot *teksta skaļas lasīšanas ātruma (TSLĀ)* attīstību laikā, novēro līdzīgu sakarību, ka funkcijas attīstība sasniedz piesātinājumu jau skolas laikā. Teksta skaļas lasīšanas procesā iesaistās fonoloģiskā izpratne par burtu, morfēmu un vārda ortogrāfiju, vārda atpazīšanas automatiskums (vārda uztveres apgabals) un acu okulomotoro funkciju sinhronitāte (sakādes un fiksācijas), artikulācijas ātrums, pieredze par valodas sintaksi un teksta sarežģītība un teksta izpratne.

Iegūtie dati par lasīšanas ātrumu tika analizēti, aprēķinot visus pareizi izlasītos vārdus, no kuriem tika atņemti neizlasītie vārdi, otrreiz izlasītie vārdi vai citi izlasītie vārdi. Lasīšanas ātrums palielinās,

pieaugot vecumam. 7 gadu vecumā lasīšanas ātrums $\bar{x} = 45 \pm 2$ vārdi/minūtē, bet 18 gadu vecumā jau $\bar{x} = 155 \pm 2$ vārdi/minūtē. *GraphPad Prism 5.0*, *exponential plateau followed by one phase association* aprakstošā analīze uzrāda lasīšanas ātruma pieaugumu apraksta eksponentes funkcija $y = 45 + 124,4(1 - e^{-0,21(x-7)})$, kur determinācijas koeficients $R^2 = 0,61$ pie $n = 2258$, attiecīgi korelācijas koeficients $r = 0,75$. Pēc 3.10 attēla ir redzams, ka arī šeit ir vecums, līdz kuram notiek straujākas izmaiņas. Tādēļ, lai novērtētu vecumu, pie kura vārda atpazīšana vairs būtiski nemainās, izmantojam eksponentes aproksimāciju un atrodam, ka mācību gads, kad procentuālās izmaiņas attiecībā pret sākotnējo gadu nepārsniedz 2,7 reizes. Tas ir **4,9** mācību gads ar 95% konfidences intervālu no 4,3 līdz 5,6 mācību gads. Vidējais skolēna vecums atbilst 10,3 līdz 11,6 gadiem. Savukārt pielietojot dispersijas analīzi ANOVA un papildus testu, kas salīdzina divu grupu dispersijas vidējās vērtības savstarpēji visās grupās - *Tukey's Multiple Comparison Test*, iegūst, ka vecuma posmā no 13 līdz 16 gadiem atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku. 16 gadu vecumā tiek sasniegts lasīšanas ātruma piesātinājums. Savukārt, *Dunn's Multiple Comparison Test* – salīdzina savstarpēji divu vecuma grupu mediānas, uzrāda, ka vecuma posmā no 10 līdz 13 gadiem atšķirība starp grupām mainās no būtiskas uz nebūtisku, 13 gadu vecumā tiek sasniegts nosacītais lasīšanas ātruma piesātinājums.



3.10. attēls. Lasīšanas ātruma sakarība no vecuma, uzrādot vidējās vērtības, mediānas, IQR un izlecējus. Bulta norāda vecuma robežu, kurā veicot eksponentes aproksimāciju iegūst izmaiņas mazākas par 2,7 reizēm, attiecībā pret pirmo mācību gadu.

Lasīšanas ātruma vērtības zem O kritērija atdala bērnus ar būtiskiem lasīšanas ātruma procesa uztveres traucējumiem. Testa kritēriji atainoti 3.12. tabulā:

3.12. tabula

TSLĀ testa kritēriji vecuma grupās

Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kritērijs (vārdi/ min)	-	-	-	40	42	47	66	71	84	100	98	100

Teksta skaļas lasīšanas mērījumā O vērtības sasniedza 19 bērni no 2258, jeb 0,84%. Tabulā norādītie skaitļi atbilst vecuma lasīšanas kritērijiem. Testa rezultātam, atrodoties zem uzrādītās vērtības, liecina par lasīšanas procesa traucējumiem. Redzam, ka 7; 8 un 9 gadus vecajiem dalībniekiem nav novērojams neviens bērns, kura rezultāts būtu zem O līmeņa. Tas norāda, ka šajās vecuma grupās datu kopa ir vienmērīgi izkliedēta un neviena vērtība nav būtiski atšķirīga no pārējām. Pirmo triju klašu laikā rezultātu būtiski var ietekmēt psihoneirālie, uzmanības, koncentrēšanās un apkārtējās vides faktori. Šajā vecumā zemās lasīšanas prasmes nenorāda uz traucējumu neirobioloģiskajā vai kognitīvajā līmenī.

Apkopojot rezultātus par lasītprasmes attīstību dažādu kognitīvo faktoru ietekmē, varam secināt, ka primāri attīstības piesātinājumu sasniedz vārda atpazīšanas un nevārda kodēšanas prasmes. Tas nozīmē,

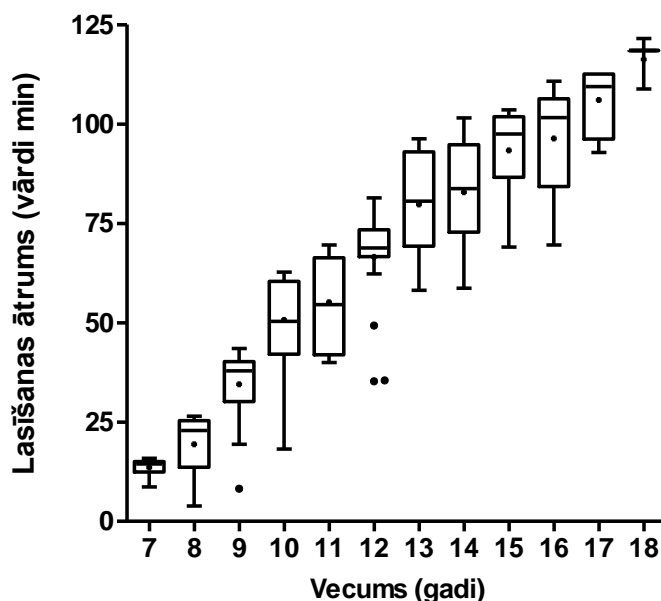
ka primāri izveidojas fonoloģiskā izpratne par burtiem, morfēmām un vārda ortogrāfiju. Artikulācijas, acu kustību okulomotorā darbība un uztveres ātrums savu attīstības piesātinājumu sasniedz ap 3 mācību gadu, bet teksta skaļš lasīšanas ātrums stabilizējas uz 5 mācību gadu. Jo vairāk kognitīvās funkcijas un motorās darbības iesaistās lasīšanas procesā, jo vēlāk izveidojas atbilstošais piesātinājums.

3.4.2. Lasīšanas ātruma attīstība bērniem ar būtiski samazinātu lasīšanas ātrumu

Lai izvērtētu, lasīšanas ātruma attīstības trajektoriju bērniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu, katras vecuma grupas dispersijā, mēs izdalām 10. procentīli. Tos bērnus (n=199), kuru lasīšanas ātrums atbilda vērtībām zem 10. procentīles nosaucām par mērķa grupu vai lēnajiem lasītājiem un atradām lineāru sakarību, kuru apraksta vienādojums:

$$y=(9,63\pm 0,29)x-(51,4\pm 3,5); (R^2=0,86) \quad (13)$$

Pēc Fišera kritērija, šī sakarība ir būtiski atšķirīga no nulles $F(1,197)=1073$; $p<0,0001$). Šiem bērniem lasīšanas ātrums katru gadu pieaug par 9 vārdiem minūtē. Lasīšanas ātruma trajektorija neuzrāda attīstībā piesātinājumu (ANOVAs *Dunn's Multiple Comparison Test*). Ja visā populācijā lasīšanas ātrums aktīvi attīstās līdz 13 gadu vecumam, bet lēno lasītāju grupā tas turpina lineāri pieaugt pat līdz 18 gadiem, šo bērnu lasītprasmes attīstība kavējas vairāk par 3-6 gadiem. Skatīt 3.11.attēlu, kur līnija iekš kastītes ir mediāna, kastītes robežas ir IQR, slotiņu augšējā un apakšējā robeža - 1,5(IQR), punkti – kopai neraksturīgie izlecējdati.



3.11. attēls. Lasīšanas ātruma (vārdi/minūtē) sadalījums lasītājiem, kuru lasīšanas ātruma vērtība atrodas zem 10. procentīles savā vecuma grupā.

3.4.3. Samazināta lasīšanas ātruma izplatība

Veicot matemātisko datu apstrādi, lai noskaidrotu, cik procentiem no apskatītajiem bērniem ir lasīšanas grūtības pēc jaunizveidotā kritērija, kļuva skaidrs, ka no 640 bērniem, kas veica visu 5 uzdevumus, vienlaicīgi vismaz vienā no uzdevumiem bija izkrituši 12,3% (79) bērni. Augstā kritērija dēļ, var apgalvot, ja kaut viens no testa rezultātiem atbilst izlecējdatu kopai, tas liecina par lasīšanas grūtībām. Tikai vienā uzdevumā izkrita 9,1% (58) bērnu, divos uzdevumos izkrituši bija 2,5% (16) bērnu, 3 uzdevumos 0,6% (4) bērnu, 4 uzdevumos 0%, bet visos piecos uzdevumos vienlaicīgi izkrituši bija 0,16% (1) bērns.

Tikai 0,16% jeb viena bērna lasīšanas ātruma rezultāts atbilda kritiskajai vērtībai situācijā, kad pārējo mērījumu vērtības bija pietiekošas. Līdz ar to varam secināt, ka pēc šī kritērija, lai novērtētu bērna lasīšanas spējas, nepietiek tikai ar lasīšanas ātruma pārbaudi, bet ir nepieciešami arī citi uzdevumi.

3.4.4. Grafēmu uztveres ātruma attīstība un skolēna vecums

Lasīšanas ātrums attīstās skolas laikā, iesaistoties fonoloģiskajām, lingvistiskajām un lasīšanai raksturīgās redzes uztveres komponentes. Pēc *Dowdeswell et al.*, 1995. gadā veiktajā pētījumā, apmēram septiņu gadu vecumā nobriest visas redzes funkcijas, kā redzes telpiskā izšķirtspēja jeb redzes asums. Balstoties uz to, lasītprasmes attīstība norisinās, pilnveidojoties fonoloģiskajām un lingvistiskajām prasmēm. Prasmīgie lasītāji vienas fiksācijas laikā spēj labāk uztvert grafēmu kodus, spēj labāk izmantot lingvistisko struktūru vai vada informāciju daudz efektīvāk cauri atmiņas struktūrām. Arī acu kustību kontroles neefektivitāte apgrūtina lingvistisko procesu apstrādi (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007). Savukārt pēc *Stanovich* teorijas katra vārda atpazīšanas laiks būtiski korelē ar lasīšanas ātrumu, kas balstīta uz uztveres procesa ātrumu nevis uz lingvistisko ietekmi. Neprasmīgam lasītājam atšķirības vārda atpazīšanas laikā ir saistāmas ar citādu stimula transformāciju no vizuālā signāla uz fonoloģisko vārda atpazīšanu (Stanovich, 1988). Savukārt *Legge et al.*, 2001. gada pētījumā atrod sakarību starp burtu atpazīšanu un lasīšanas ātrumu. Vārda uztveres apgabals, jeb burtu kopums, kas ir veidots kā teksts, ko var atpazīt vienas fiksācijas laikā korelē ar lasīšanas ātrumu. Papildus faktori, kas ietekmē lasīšanas ātrumu ir teksta kontrasts, burtu izmēri, rindstarpu platums un tīklenes ekscentritāte (Legge, Mansfield, & Chung, 2001). *Lobier et al.*, 2013. gada pētījumā parāda, ka vizuālās uztveres ātrums un redzes īslaicīgā atmiņa paredz vizuālās uzmanības apgabala lielumu un, ka vizuālā uztveres ātrums ir būtisks lasīšanas ātrumam, bet īslaicīgai atmiņai - nē (Lobier, Dubois, & Valdois, 2013).

Lai novērtētu vizuālās uztveres ātruma izmaiņas gan fonoloģisko, gan lingvistisko, gan motoro funkciju ietekmē un atbrīvotos no vecuma kā faktora matemātiskajā modelī, esošos datus pārveidojām uz vienādām mērvienībām – grafēmas/sekundē.

Matemātiskie pārveidojumi DEM (V) un DEM (H):

$$v_{DEM} = \frac{n}{t} \quad (14)$$

kur n - nosaukto ciparu skaits DEM testā, $n=80$, t – testa izpildes laiks sekundēs, v - vizuālās uztveres ātrums (grafēms/sekundē).

Matemātiskais pārveidojums teksta skaļas lasīšanas testā:

$$V_{TSLA} = \frac{n \cdot \bar{d}}{60} \quad (15)$$

kur n – izlasīto vārdu skaits minūtē (testa rezultāts), \bar{d} – vidējais vārda garums tekstā, izteikts burtos, $\bar{d} = 5$, $v_{Las} - v$ - vizuālās uztveres ātrums (grafēms/sekundē).

Matemātiskais pārveidojums vārda atpazīšanas testā:

$$V_{VVA} = \left(\frac{n \cdot \bar{d}}{k \cdot t} \right) * 1000 \quad (16)$$

kur n – pareizi atpazīto vārdu skaits (testa rezultāts), \bar{d} - vidējais vārda garums testā, $\bar{d} = 7$, k - vārdu skaits testā, $k = 28$, t – vārda ekspozīcijas laiks (ms), v_v - vizuālās uztveres ātrums (grafēms/sekundē).

Matemātiskais pārveidojums nevārda kodēšanas testā:

$$V_{VNK} = \left(\frac{n \cdot \bar{d}}{k \cdot t} \right) * 1000 \quad (17)$$

kur n – pareizi atpazīto nevārdu skaits (testa rezultāts), \bar{d} = vidējais nevārda garums testā, $\bar{d} = 5$, k – nevārdu skaits testā, $k = 21$, t – nevārda ekspozīcijas laiks (ms), v_N - vizuālās uztveres ātrums (grafēms/sekundē).

Visos dotajos mērījumos grafēmu atpazīšanas ātrums palielinās, pieaugot vecumam. Vērtējot divu mainīgo lielumu – grafēmu uztveres ātruma un vecuma savstarpējo korelāciju, iegūstam, ka visos mērījumos tā ir cieša, $r > 0,75$. Datu kopas pa vecumiem pakļaujas lineārais sakarībai, kas ļauj prognozēt

grafēma uztveres ātrumu, zinot skolēna vecumu. Katrā testā, izmantojot lineārās regresijas analīzi, mēs ieguvām taisnes virziena koeficientus, kas, balstoties uz Fišera kritēriju, ir būtiski atšķirīgi no nulles virziena koeficienta. Tas nozīmē, mainoties vecumam, grafēmu uztveres ātruma pieaugums ir nozīmīgs. 3.13. tabulā uzrādīti virziena koeficienti ar standarta kļūdu, 95% konfidences intervāls un determinācijas koeficients (R^2), kas uzrāda, ar kādu daļu no kopējās rezultatīvās pazīmes izklaides izskaidro faktoriālā pazīme.

3.13. tabula

Grafēmas uztveres ātruma (grafēma/s) lineārās sakarības no vecuma virziena koeficienti, ticamības intervāli, determinācijas koeficienti, korelācijas lasīšanas ātruma novērtēšanas uzdevumos

Testa veids	Virziena koeficients (grafēmas/s)	95% konfidences intervāls	R^2	Korelācijas koeficients r	Fišera kritērijs, vai virziena koeficients ir atšķirīgs no 0
DEM (V)	0,15±0,003	0,139 - 0,153	0,61	0,78	F(1,1165)=1797; p< 0,0001
DEM (H)	0,16±0,003	0,155 - 0,168	0,68	0,83	F(1,1165)=2498; p< 0,0001
TSLĀ	0,86±0,02	0,828 - 0,89	0,57	0,75	F(1,2256)=2975; p<0,0001
VVA	8,6±0,1	8,40 - 8,89	0,71	0,84	F(1,1980)=4779; p< 0,0001
VNK	6,3±0,1	6,10 - 6,46	0,81	0,9	F(1,1029)=4480; p< 0,0001

Rezultāti parāda, ka vārda uztveres apgabals (*visual span*) jeb grafēmu apjoms, ko uztveram vienā laika vienībā, būtiski pieaug ar vecumu salīdzinājumā ar procesiem, kur iesaistās acu okulomotorā darbība un artikulācija. Kwon *et al.*, parāda, ka vārda uztveres apgabals palielinās lineāri ar vecumu un cieši korelē ar lasīšanas ātrumu (Kwon, Legge, & Dubbels, 2007). Piedaloties vairākiem kognitīvajiem procesiem vienlaikus, vizuālās uztveres apjoms, lai gan tas ir milzīgs un spējīgs tvert tekstu lielos uztveres apgabalos, tiek bremsēts, lai notiktu informācijas integrācija kognīcijai. Tas sakrīt ar Rayner, vizuālās uztveres apgabals (*perceptual span*) ar vecumu palielinās, bet acu fiksāciju laiks samazinās. Savukārt, attīstības izmaiņas acu kustībās ar vecumu, galvenokārt ir saistīts ar lejupvērstajiem kognitīvajiem faktoriem, jo uztveres apgabalu un acu fiksāciju ilgumu ietekmē teksta sarežģītība. Vārda uztveres apgabals jeb (*visual span*) ir relatīvi neatkarīgs no okulomotorajiem un lejupvērstajiem kognitīvajiem procesiem. Tas novērtē stimula primāro vizuālās uztveres kapacitāti (Rayner, 1986).

Ātrās automātiskās saukšanas testos, ciparu saukšanas ātruma lineārais virziena koeficients ir būtiski atšķirīgs starp vertikālajām un horizontālajām sakādēm pēc Fišera kritērija $F(1,2330)=11,12$; $p=0,00087$. Tas norāda, ka horizontālo sakāžu, kas ir tuvākas lasīšanas uzdevumam, attīstība noris straujāk par vertikālajām. Okulomotorās funkcijas, neraugoties uz literatūrā minēto, tomēr stabilizējas skolas laikā. Tāpēc, tā var ienest savu ietekmi uz lasīšanas attīstību. Artikulācijas attīstība nosacīta mainās maz, vidēji $0,15\pm 0,003$ grafēms/s gada ietvaros un ir konstanta abos uzdevumos. Uz horizontālo sakāžu stabilitātes pieaugumu grafēmu uztveres ātrums palielinās par 6,25%.

Ortogrāfiski līdzīgu nevārdu kodēšanā un vārdu atpazīšanā grafēmu uztveres ātrums ir vislielākais. Tas apstiprina literatūrā aprakstīto, ka vizuālas uztveres apstrāde norit ātri (Kirchner & Thorpe, 2006). Tomēr arī šajā laikā būtisku ieguldījumu ienes vārda semantiskā nozīme, kas par 26,7% paātrina informācijas apstrādes kapacitāti. Semantikas ieguldījums vārda atpazīšanā leksiskā lēmuma testos palielinās, pieaugot nevārda ortogrāfiskai līdzībai ar vārdu (Evans, Lambon Ralph, & Woollams, 2012).

Skaļās lasīšanas uzdevumā, grafēmu saukšanas ātruma attīstība samazinās par 10 reizēm, salīdzinājumā ar grafēmu saukšanas ātrumu vārda atpazīšanas testā. Lejup vedošie kognitīvie faktori, kā darba atmiņa, ilgstošā atmiņa, izpratne par tekstu, valodas sintaksi, asociācija, un runas (artikulācija) un acu kustību motorā darbība izteikti bremsē vizuālās informācijas apjomu.

3.4.5. Daudzfaktoru lineārās regresijas modelis, lasīšanas ātruma izvērtēšanai

Tā kā pieredzējis lasītājs, lai palielinātu savu lasīšanas ātrumu, pārsvarā izmanto vārdu atpazīšanu pēc atmiņas (Torgesen, & Hudson, 2006), savukārt, ja lasītājs sastopas tekstā ar kādu nezināmu vārdu, viņš sāk to kodēt līdzīgi kā nevārdu, bet, ja lasītājam ir zems saukšanas ātrums, tas norāda uz samazinātu automātisko procesu norisi smadzenēs un var ietekmēt lasīšanas ātrumu. Līdz ar to tika veikta

daudzfaktoru lineārā regresijas analīze, lai noskaidrotu, vai visi šie faktori (vārdu atpazīšana, nevārdu kodēšana, ātrā automatiskā saukšana gan pa vertikāli, gan pa horizontāli) ietekmē pazīmi - lasīšanas ātrums. Multilineārā regresijas analīzē izmantoja pārveidotos datus par 640 dalībniekiem, kas bija veikuši visus uzdevumus, kur analizējams parametrs ir uztveres ātrums ar mērvienību grafēmas/sekundē. 3.14. tabulā redzami faktoru savstarpējās korelācijas, kas ir ciešas.

3.14. tabula

Lasītprasmes novērtēšanas uzdevumu savstarpējās korelācijas					
	<i>TSLĀ</i>	<i>VVA</i>	<i>VNK</i>	<i>DEM (V)</i>	<i>DEM (H)</i>
<i>TSLĀ</i>	1				
<i>VVA</i>	0,81	1			
<i>VNK</i>	0,79	0,96	1		
<i>DEM (V)</i>	0,80	0,78	0,77	1	
<i>DEM (H)</i>	0,84	0,84	0,82	0,93	1

Pēc ANOVA 4 faktoru lineārās regresijas analīzes ir redzams, ka ar 95% ticamību var apgalvot, ka visi faktori, izņemot nevārdu kodēšanas testu, būtiski ietekmē teksta skaļas lasīšanas ātrumu, kur $p < 0,001$. Lasīšanas ātrumu vislabāk apraksta ātrā automatiskā saukšana pa horizontāli, pēc viena faktora lineārās regresijas analīzes, tas izskaidro 70% lasīšanas ātruma, kur $F(1,638)=1490$; $p < 0,0001$. Vārda saukšanas tests izskaidro 66%; $F(1,638)=1250$; $p < 0,0001$, DEM (V)-64%; $F(1,638)=1146$; $p < 0,0001$ un nevārdu kodēšana 62%; $F(1,638)=1056$; $p < 0,0001$. Mūsu atradne sakrīt ar *Savage & Frederickson* pētījumu, kur, veicot lineārās regresijas analīzi, lai noskaidrotu lasītprasmes un kognitīvo procesu interkorelāciju, atrada, ka lasīšanas ātruma labākais paredzētājs ir ciparu saukšanas ātrums ($p < 0,001$) (*Savage & Frederickson, 2005*); (*Witton, et al., 1998*)

Veicot piecu faktoru analīzi, kur papildus tiek piesaistīts vecums, tas uzrāda nebūtisku faktora ietekmi uz pazīmi - lasīšanas ātrums. Līdz ar to no turpmākā matemātiskā modeļa analīzes tiek izslēgti – nevārdu kodēšana un vecums. Iegūtais modelis, kas sastāv no trīs faktoriem un to savstarpējā reizinājuma, lasīšanas ātrumu var izskaidrot 77 %; $F(4,635)=536$; $p < 0,0001$. Skatīt 3.15. tabulu.

No lineārās regresijas analīzes seko šāds vienādojums:

$$TSL\bar{A} = 0,06 * a + 1,26 * b + 2,84 * c - 0,0048 * j * (a * b * c) - 0,18 \quad (18)$$

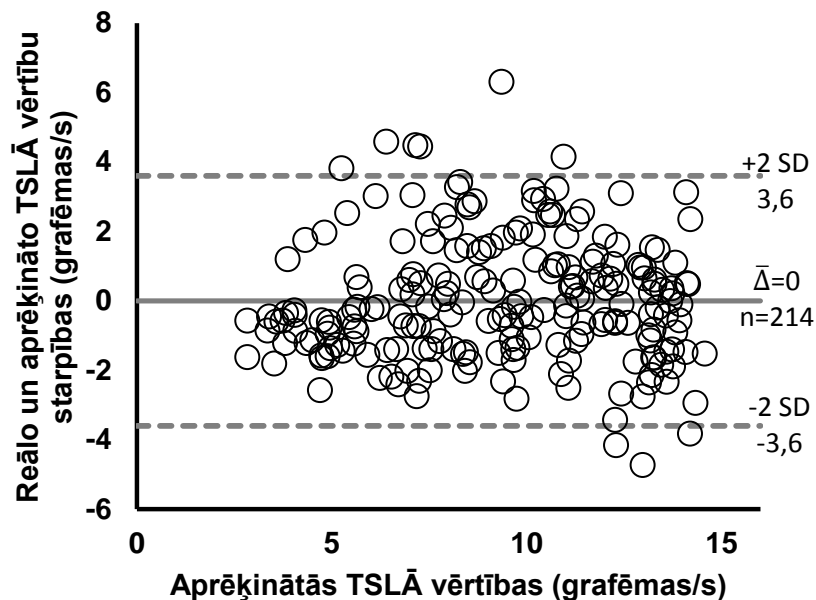
kur TSLĀ – teksta skaļas lasīšanas ātrums (grafēmas/sekundē), a-atpazīto vārdu rādītājs (grafēmas/sekundē), b - DEM (V) – uzdevuma rādītājs (grafēmas/sekundē), c - DEM (H) – uzdevuma rādītājs (grafēmas/sekundē), j – $1s^2/\text{grafēmas}^2$ konstante mērvienību koriģēšanai.

3.15. tabula

Faktoru koeficienti ar SE, būtiskuma līmeni un 95% konfidences intervālu

	Koeficients	SE	P-vērtība	95% konfidences intervāls	
Krustpunkts	-0,183	0,362	0,61	-0,894	0,528
VVA	0,060	0,004	<0,0001	0,051	0,068
DEM(V)	1,264	0,298	<0,0001	0,678	1,849
DEM(H)	2,836	0,336	<0,0001	2,176	3,497
Reizinājums	-0,005	0,001	<0,0001	-0,006	-0,004

Lai izvērtētu jaunizveidoto modeli Latviešu valodā, veicām modeļa matemātisko pārbaudi. Modeli izveidoja uz 640 datu ierakstiem katrā testa veidā. 1/3 no grupas (n=214), ar salīdzināmu vidējo vecumu $11,71 \pm 0,23$ gadi, pārbaudījām izstrādāto modeli. Salīdzinājums veicām, aprēķinot izlases grupas teksta skaļas lasīšanas ātruma vērtības, pēc atlikušās grupas (n=426), vidējais vecums $11,73 \pm 0,16$ gadi, aprēķinātajiem multilineārās regresijas analīzes faktoru koeficientiem. 2/3 modelis tāpat kā kopējais modelis, lasīšanas ātrumu var izskaidrot 77%; $F(4,421)=352,8$; $p < 0,0001$. Modeļa precizitāti apraksta aprēķināto un reālo vērtību starpības analīze. Reālo un aprēķināto teksta skaļas lasīšanas ātruma vērtību starpību izklieide ir apskatāma 3.12. attēlā.



3.12. attēls. Reālo un aprēķināto teksta skaļas lasīšanas ātruma (TSLĀ) vērtību starpību izkliede

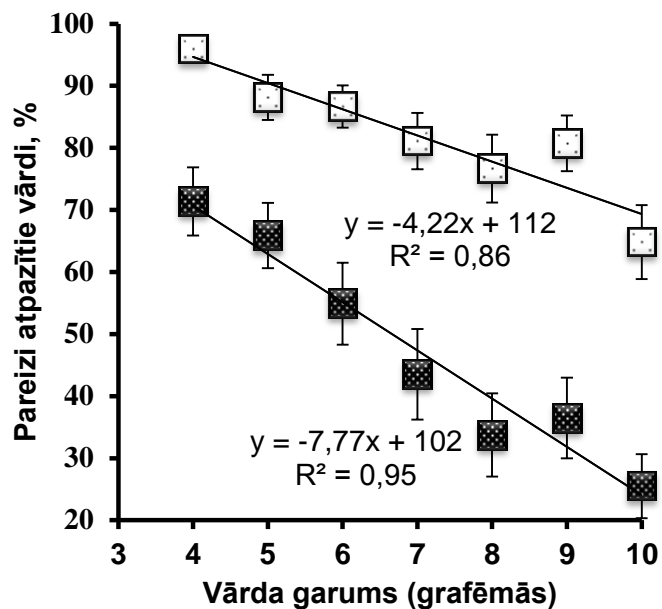
Modeli var uzskatīt par veiksmīgu, jo TSLĀ starpību vidējā vērtība atbilst nullei. Modeļa vidējās vērtības atbilst reālajām vērtībām, bez nobīdes vērtību interpretācijā. Starpību izkliede ir vienmērīga pie visām aprēķinātajām TSLĀ vērtībām. Modelis nav atkarīgs no lasīšanas ātruma vērtības. Divu SD ietvaros, kas atbilst $\sim \pm 4$ grafēmiem, atrodas nozīmīgākā daļa vērtību. 4 grafēmu izkliede nav kritiska, jo TSLĀ-teksta skaļas lasīšanas testā, atbilstošās vecuma grupas ietvaros, lasīšanas ātruma vērtību izkļedes ir būtiski lielākas.

3.4.6. Vārda garuma ietekme uz tā atpazīšanu 2. un 3. klases skolēnu vidū ar atšķirīgu lasīšanas ātruma līmeni

Literatūras pārskatā tika aprakstīts DRC (*Dual Route Cascade*) modelis, kas skaidroja vārda uztveres divējādo dabu. Lasot nezināmus vārdus, sākotnēji tie tiek secīgi kodēti burtu pa burtam vai zilbi pa zilbei jeb fonoloģiskajā ceļā. Katra burta uztveršanai un atpazīšanai nepieciešams vismaz 10-20ms ilgs laiks, lai veiksmīgi atpazītu vārdus. Šis modelis vairāk tiek izmantots, mēģinot atpazīt kādu lasītājam svešu, jaunu vārdu vai mācoties lasīt. Savukārt pieredzējis lasītājs pielieto uzkrāto pieredzi par vārda formu, vārdu krājumu un to nozīmi, tverot grafēmus paralēli, izmantojot leksisko ceļu (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001). Pieaugot lasīšanas pieredzei, pārsvarā vārdi tiek tverti paralēli (Ans, Carbonnel, & Valdois, 1998); (Hoskyn, 2004)

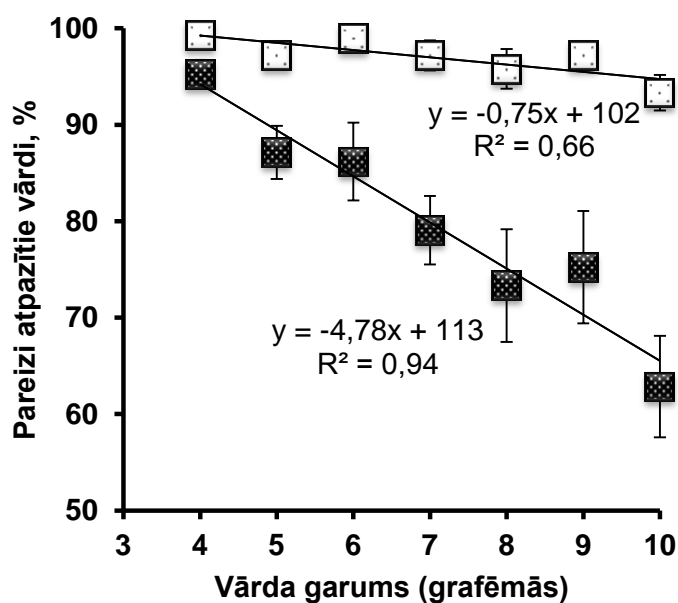
Pētījuma mērķis bija noskaidrot kā vārda garums ietekmē tā atpazīšanu dažādās lasītāju grupās pēc lasīšanas ātruma un novērtēt lasīšanas ātrumu, kurā vārda garuma ietekmē kļūst nebūtiska.

28 otrās klases skolēni un 27 trešās klases skolēni veica augstāk minēto Vārda atpazīšanas testu. Testā tika iekļauti 150 dažāda garuma un fonētiskās sarežģītības vārdi, kuru izvēli veica skolas logopēds pēc līdzskaņu sablīvējuma īpašībām. Vārdi sastāvēja no 4-10 grafēmiem. Katrā vārda garumā, jauktā secībā uz 533 ms, tika prezentēti 15 vārdi. Analīzē tika izmantoti pareizi atbildēto vārdu procentuālā daļa atbilstošam vārda garumam. Iedalot 2. klases skolēnus grupā (n=14) ar vidējo lasīšanas ātrumu 50±5 vārdi minūtē un grupā (n=13) ar vidējo lasīšanas ātrumu 78±4 vārdi minūtē, savukārt, 3. klases skolēnus grupā ar vidējo lasīšanas ātrumu 67±7 vārdi/minūtē un grupā ar vidējo 113±6 vārdi minūtē, mēs ieguvām, ka vārda garums ietekmē vārda atpazīšanas precizitāti. Šo sakarību apraksta lineārā regresijas analīze, kas parāda, ka 2. un 3. klasē skolēni joprojām pielieto fonoloģisko vārda kodēšanas ceļu. Vārda garums ietekmē vārda atpazīšanas precizitāti. Nozīmīgāka sakarība ir novērojama lēnāk lasošo skolēnu grupās. Sakarības slīpuma koeficienti ir būtiski atšķirīgi starp lasītājiem ar labu lasīšanas ātrumu un samazinātu. 2. klases grupā (p<0,012), bet 3. klases grupā (p<0,001) Var apgalvot, ka 3. klases labākajiem lasītājiem ar vidējo lasīšanas ātrumu 113 vārdi minūtē vārda garums joprojām ir būtisks faktors lasīšanas procesā, lai gan sakarība ir ar mazāku nozīmības pakāpi (p<0,004). 3.13. attēlā parādīta 2. klases vārda atpazīšanas precizitāte atkarība no vārda garuma divās atšķirīgās grupās pēc lasīšanas ātruma.



3.13. attēls Vārda garuma ietekme uz vārda atpazīšanas precizitāti 2. klasē. Tumšie kvadrāti – lasītāji ar samazinātu lasīšanas ātrumu, gaišie – pamatgrupa.

3.14. attēlā – 3. klases vārda atpazīšanas precizitāte atkarība no vārda garuma divās atšķirīgās grupās pēc lasīšanas ātruma.



3.14. attēls Vārda garuma ietekme uz vārda atpazīšanas precizitāti 3. klasē. Tumšie kvadrāti – lasītāji ar samazinātu lasīšanas ātrumu, gaišie – pamatgrupa.

3.5. Diskusija

McCallum et al, 2006. gada pētījumā analizējot lasīšanas prasmes, līdz 0,71. augstāko korelāciju ar lasīšanas ātrumu uzrāda ātrā automatiskā saukšana ($r=0,71$). Daudzfaktoru lineārās regresijas analīze uzrādīja, ka īslaicīgā atmiņa arī ir būtisks faktors nevārdu kodēšanā un lasīšanas ātrumā (*McCallum, Bell, Below, Choate, & McCane, 2006*)

Savukārt norvēģu psiholoģe *Melby-Lervag*, 2012, pētot fonoloģisko prasmju kā fonēmu, atskaņu pazīšanu un mutvārdu īslaicīgo atmiņu, atzina, ka fonēmu atpazīšana ir būtiskākais fonoloģisko prasmju mērs (*Melby-Lervag, Lyster, & Hulme, 2012*).

Berninger et al, 2010. gada pētījumā, kurā piedalījās 118 ASV bērni vecuma grupā 7.7 gadi un tie paši bērni pēc 2 gadiem, analizēja četru faktoru (ātro vārdu saukšanu, nevārdu kodēšanu, mutvārdu vārdu krājumu, teksta apzinātības precizitāti) būtiskuma līmeni skaļas lasīšanas ātruma prognozēšanā. Modelis lasīšanas ātrumu izskaidro 79%, otrajā klasē un 75%, ceturtajā klasē. Nozīmīgākais faktors abās klašu grupās ir ātrā vārdu saukšana un nevārdu kodēšana. Vecumam pieaugot svarīga kļūst arī teksta izpratne (*Berninger, et al., 2010*).

Shapiro et al, 2013. gadā veidotajā modelī - fonoloģiskā īslaicīgā atmiņa, fonēmu atpazīšana, ātrā automatiskā saukšana un rakstīto burtu atpazīšana ir būtiskākie nevārdu kodēšanas faktori 4-5 gadīgu skolēnu vidū, kamēr vārda atpazīšanā visbūtiskākā nozīme ir tikai rakstīto burtu atpazīšanai. Sākotnēja lasītāja skaļas lasīšanas korelācija ar vārda atpazīšanu un nevārda kodēšanu sastāda $r=0,78$ un $r=0,71$. (*Shapiro, Carroll, & Solity, 2013*)

Eldredge, 2005, lasīšanas ātruma svarīgākās prasmes ir fonēmu pazīšana un vārda atpazīšana un savukārt vārda atpazīšana ir pamata faktors, kas virza lasīšanas ātrumu (*Eldredge, 2005*).

Sprenger-Charolles et al, 2004. gada pētījumā izveido testu kopu franču valodā, kas novērtē lasīšanu un ar lasīšanu saistītās prasmes pirmo četru klašu skolēniem. Iegūtie dati apliecina, ka tikai fonēmu zināšana stingri korelē ar lasīšanu, bet krāsu ātrā automatiskā saukšana neuzrādīja būtisku saistību ar lasīšanu. Vārda nozīme ietekmē garāku vārdu labāku atpazīšanu salīdzinājumā ar pseidovārdiem (*Sprenger-Charolles, Cole, Bechenec, & Kipffer-Piquard, 2005*).

Plaza un Cohen, 2003 267 7 gadīgiem franču skolniekiem apstiprina, ka fonoloģiskās prasmes ir primārās, kas jāattīsta skolēniem, lai veiksmīgāk veidotos lasīšanas prasmes, parādot, ka arī valodas sintakse ir nozīmīgs faktors lasītprasmes prognozēšanai. (*Plaza & Cohen, 2003*).

Savukārt *Wood*, 2009. gada pētījumā, izstrādājot lasītprasmes ietekmējošo faktoru (ortogrāfiskā vārda atpazīšanas ātrums, pseidovārdu lasīšana un automatiskā vārdu saukšana) modeli, uzrāda, ka starp faktoru korelācijas variē no $r=0,44$ līdz $r=0,78$, kur būtiskākā ir pseidovārdu lasīšanas saistība ar lasīšanas ātrumu. Modelis lasīšanas ātrumu izskaidro ar augstu determinācijas koeficientu $R^2=0,99$, gan trešajā gan ceturtajā mācību gadā (*Wood, 2009*).

Protopapas et al., analizējot lasīšanas un ātrās automatiskās saukšanas attīstību grieķu otrās un sestās klases skolēniem secina, ka korelācija nav konstanta laika griezumā. Ātrā automatiskā saukšana ir būtiskāks faktors lasīšanai vecākās klasēs, kamēr sākumskolā tas ir vārdu saukšana (*Protopapas, Altani, & Georgiou, 2013*).

Savā pētījumā izanalizējot pa vecuma grupām 7-12 gadīgo un 13-18 gadīgo korelācijas, apstiprinās *Protopapas*, (2013) atrastās sakarības, ka jaunākajā grupā augstāko korelāciju ar lasīšanas ātrumu uzrāda vārda atpazīšanas testa rezultāti ($r=0,79$), bet vecākajā grupā to uzrāda DEM (H) ($r=0,53$). Arī vien faktora lineārās regresijas analīzē šie abi faktori ir galvenie, kas visprecīzāk prognozē lasīšanas ātrumu atbilstošā vecuma grupā. 7-12 gadīgo grupā vārda atpazīšanas testa rezultāti izskaidro lasīšanas ātrumu 62% ($p<0,0001$), savukārt nevārdu kodēšanas tests – 52%, DEM (V)- 52% un DEM (H) – 60%. Runājot par vecuma grupu no 13-18 būtiskākais faktors ir DEM (H), kas izskaidro lasīšanas ātrumu 28%. Vārda un nevārda testi – 24 % un DEM(V) – 22%.

3.6. Secinājumi

1. Skolēniem vecumā no 7-18 gadiem, visos lasīšanas ātrumu raksturojošo testu parametrus novēro attīstību ar mainīgu raksturu. Skolas pirmajos gados notiek strauja attīstība, kas vēlāk pāriet lēni progresējošā fāzē. Primāri izveidojas fonoloģiskā izpratne par burtiem, morfēmām un vārda ortogrāfiju, kas attīstības piesātinājumu uzrāda 2-3 mācību gadā. Artikulācijas, acu kustību okulomotorā darbība un uztveres ātrums savu attīstības piesātinājumu sasniedz 3 – 4 mācību gadā, bet teksta skaļas lasīšanas ātrums stabilizējas uz 5 mācību gadu. Iesaistoties lielākam skaitam kognitīvo funkciju un motoro darbību lasīšanas procesā, piesātinājums iestājas vēlāk.
2. Skolēniem ar būtiski samazinātu lasīšanas ātrumu nenovēro teksta skaļas lasīšanas ātruma piesātinājumu līdz 18 gadu vecumam, kas norāda uz lasīšanas ātruma attīstības kavējumu laikā, vismaz par 3-6 gadiem.
3. Vizuālā vārda un nevārda uztveres apgabala kapacitātes pieaugums ar vecumu mainās visstraujāk, turklāt vārda uztvere laika vienībā ir par 27% efektīvāka nekā nevārda uztvere.
4. Horizontāli vērsto sakāžu attīstība norit pa atšķirīgi no vertikāli vērsto sakāžu attīstības. Tas norāda, ka acu kustību neadekvāta darbība var ietekmēt lasīšanas attīstību.
5. Informācijas daudzums laika vienībā, ko ar redzi spēj uztvert skolēns, tiek ierobežots ar kognitīviem un motoriem procesiem. Laiks, kas nepieciešams vārda skaļai nosaukšanai ir desmit reižu garāks par laiku, kas nepieciešams, tikai vārda grafēmu vizuālai atpazīšanai.
6. Pielietojot testu kopumu (VVA, VNK, DEM(H) un DEM(V)) un izmantojot eksperimentālos datus un matemātiskās statistikas metodes, izveidots modelis TSLĀ - teksta skaļas lasīšanas ātrumam latviešu valodā (grafēmas/ sekundē):

$$TSL\bar{A}=0,06*a+1,26*b+2,84*c-0,0048*J*(a*b*c)-0,18; (R^2 = 0,77),$$

kur a – atpazīto vārdu rādītājs (gr/s), b –DEM (V) rādītājs (gr/s), c – DEM (H) rādītājs (gr/s) un J - koeficients mērvienību saskaņošanai 1 s /gr.

7. Parādīts, ka Rīgas skolās, izmantojot datu kopām neraksturīgo izlecējdatu atlases kritēriju, 12% skolēnu ir grūtības lasīšanas ātruma novērtēšanas testos.

4. EKSPERIMENTS II - KUSTĪBAS UZTVERES SLIEKŠŅA UN LASĪŠANAS ĀTRUMA ATTĪSTĪBA

4.1. Mērķis

Mērķis

Noteikt koherentas kustības uztveres sliekšņus skolas vecuma bērniem Latvijā, izmantojot četru alternatīvu piespiedu izvēļu psihometrisko metodi (4AFC), un izveidot sakarības ar lasīšanas ātruma parametru.

Uzdevumi

- Novērtēt koherentas kustības uztveres sliekšņa attīstību skolas vecuma bērniem vecuma grupās no 7-18 gadiem.
- Izvērtēt kustības uztveres sliekšņa atšķirības, mainot punktu kustības ātrumu un punktu blīvumu.
- Atrast sakarības koherentas kustības uztverē ar lasīšanas ātrumu.

4.2. Metode

4.2.1. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 2027 bērni no 28 Rīgas vispārizglītojošām skolām 12 vecuma grupās no 7 līdz 18 gadiem. Vidējais hronoloģiskais vecums sastādīja $11,7 \pm 3,2$ gadus. Specifiski dalībnieku atlases kritēriji netika noteikti. Koherentas kustības uztveres sliekšņi katram skolēnam tika novērtēti vienu reizi un pie viena konkrēta punktu kustības ātruma vai $2^\circ/s$ ($n=760$), vai $5^\circ/s$ ($n=680$), vai $8^\circ/s$ ($n=587$). Tā kā pētījums noritēja sadarbībā ar redzes skrīningu, ko veica Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa projekta „Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde” ietvaros, eksperimentālā procedūra tika apstiprināta Latvija Universitātes Ētikas Komitejā. Katra skolēna-dalībnieka vecāki vai aizbildņi tika informēti par veicamo procedūru un tika saņemts rakstveida apstiprinājums. Pētījumu veica, ievērojot Helsinku deklarācijas principus. Pētījums noritēja atbilstošā skolā, kur skolēns-dalībnieks mācās un ir adaptējies apkārtējai videi.

4.2.2. Procedūra

Koherentas kustības sliekšņa novērtēšanai izstrādāja datorizētu izkliedēto punktu testu (RDK) (autori S.Fomins un E. Kassaliete), kas balstīts pēc līdzības ar literatūrā atrodamiem testu parametriem (Manning, Aagten-Murphy, & Pellicano, 2012); (Van Boxtel & Erkelens, 2006); (Khuu & Badcock, 2002); (Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998). Kustības stimulus demonstrēja, izmantojot Dell Latitude E5420 mobile PC Display Antiglare LED-backlit 14 collu 10:9 ekrānu ar izšķirtspēju 1366x768 pikseļi. Eksperimentālie stimuli sastāvēja no 100 melniem punktiem (blīvuma analīzē no 300), kurus iedalīja divās grupās – signāla punkti jeb koherentie un trokšņa punkti, kas pēc nejaušas izvēles algoritma kustas dažādos virzienos. Punktuveida stimula spožums bija zems $\sim 1 \text{ cd/m}^2$, bet stimula fona spožums $\sim 200 \text{ cd/m}^2$. Pēc Maikelsona kontrasta stimula punktu un fona kontrasts sastādīja 99%. Melno punktu izmērs atbilda $7'$ (leņķa minūtēm) un punktu kustība tika prezentēta uz $12^\circ \times 12^\circ$ balta kvadrātveida apgabala datora ekrānā, neierobežojot laukumu no pārējā monitora ekrāna. Punktu blīvums vidēji sastādīja 1,44 punktu/leņķa grādu². Papildus eksperimentā, palielinot kustīgo punktu skaitu līdz 300, punktu blīvums pieauga 3 reizes $\sim 4,32$ punktu/leņķa grādu². Testa laikā signāla punkti un troksnis kustējās vienādos ātrumos $2^\circ/s$ vai $5^\circ/s$ vai $8^\circ/s$. Balstoties uz literatūru – kustības uztveres sliekšnis ir augstāks punktiem kustoties vienādos ātrumos (Van Boxtel & Erkelens, 2006). Katrs trokšņa punkts pēc random funkcijas varēja kustēties četros virzienos - 45° uz augšu vai leju, vai 135° uz augšu vai leju. Signāla punkti, savukārt varēja kustēties uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi. Tie punkti, kas sasniedza laukuma perimetru, atkal parādījās pretējā laukuma perimetra pusē, saglabājot savu trajektoriju un arī punktu skaitu laukumā.

Koherentas kustības sliekšņa novērtēšanā izmantoja trepjveida adaptīvo psihofizikālo metodi, izmantojot četru alternatīvu piespiedu izvēles procedūru (4AFC), kur sliekšņa vērtība atrodas pie 62,5% (Leek, 2001).

Stimula loga ekspozīcijas laiks ilgst 250 ms. Dalībniekam nav limitēts atbildes laiks. Tas nospiež uz klaviatūras atbilstošo virzienu no četriem, kurā stimulš šķietami pārvietojās koherenti. Vieta, kur fiksēt uz ekrāna, tiek instruēta no testa uzraudzītāja puses, bet īpaša atzīme uz ekrāna netiek projicēta. Fiksācija

notiek binokulāros apstākļos 50-60 cm attālumā no ekrāna ar nepieciešamo ametropijas korekciju, ja tāda nepieciešama. Sākotnējā logā 70 punkti kustas koherenti, bet pārējie veido troksni. Stimula koherences izmaiņa notiek ik pēc trīs dalībnieka sniegtajām atbildēm. Gadījumā, ja 3 secīgas atbildes ir pareizas, tad koherento punktu skaits tiek samazināts par 10 punktiem, ja ir 2 pareizas atbildes punktu skaits tiek samazināts par 5 punktiem, ja ir 1 pareiza atbilde, koherento punktu skaits tiek palielināt par 5, bet ja nav nevienas pareizas atbildes no trijām iespējām, koherento punktu skaits tiek palielināti par 10. Šādā veidā stimula intensitāte variē ap koherences sliekšni. Minimālā koherento punktu skaita vērtība atbilst 5 punktiem, bet maksimālā 95 punktiem. Sliekšnis tiek definēts, līdz ko pēdējo 9 mērījumu koherento punktu skaita vidējo vērtību izkliede ir zem 3 vienībām.

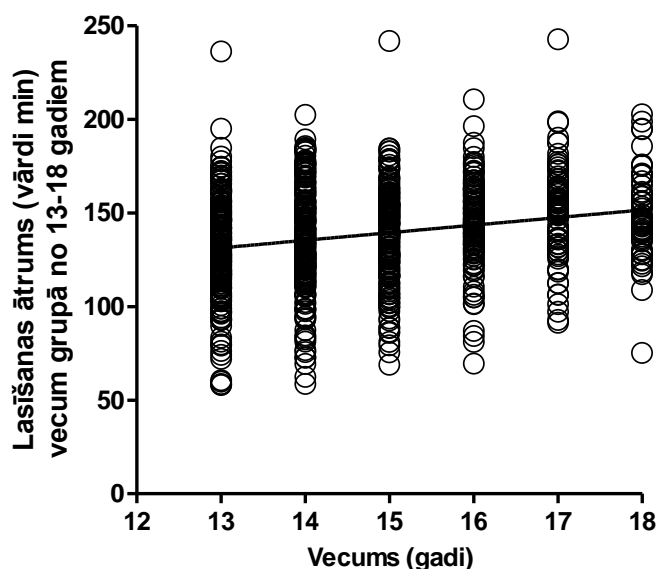
Datu analīzē tika izmantota *Graph Pad Prism5* datorprogrammas aprakstošās statistikas, neparametriskais *Kruskal-Wallis* ANOVA tests, pielietojot *Dunn* multiplo salīdzināšanas testu, korelācijas un regresijas analīze, t-tests – neatkarīgām paraugkopām, ja dispersijas būtiski atšķiras vai neatšķiras (*t - Test: Two-Sample Assuming Unequal/Equal Variances*), kas salīdzina paraugkopu vērtības un nosaka to savstarpēji statistisko atšķirību. Minimālais zinātniskais ticamības intervāls ir 95% un lielāks, tas nozīmē, ja $p \leq 0,05$, tad ar 95% varbūtību var noraidīt nulles hipotēzi ($H_0: \bar{x} = \bar{y}$), ka vidējās vērtības vai mediānas dotajiem datiem ir vienādas.

4.3. Rezultāti

Pētījuma otrajā eksperimentā mēs jau noskaidrojām, ka lasīšanas ātrums strauji attīstās līdz 12-13 gadu vecumam. Šajā laikā ir nostabilizējušās tādas funkcijas kā fonētiskā izpratne, automātiska fonēmu, morfēmu un vārdu atpazīšana un īslaicīgā fonētiskā atmiņa, kā arī vārdu krājums ir nozīmīgi palielinājies. Tā kā pēc 13 gadu vecuma, lasīšanas ātrums mainās maz, mūs interesēja, vai kustības uztveres attīstība norit pēc līdzīga mehānisma. Veicot analīzi, secinājām, ka 13-18 (n=829) gadīgo skolēnu lasīšanas ātruma attīstību var aprakstīt ar lineārās regresijas analīzes funkciju, kas ir atšķirīga no nulles:

$$y = (4,05 \pm 0,6)x + (79 \pm 9); F(1;827) = 45,3; p < 0,0001 \quad (19)$$

Tas norāda, ka lasīšanas ātrums, lai gan lēnu, bet turpina pieaugt pat līdz 18 gadu vecumam. Tendence - lasīšanas ātrums palielinās par 3,1% gadā, tas vidēji ir par 4 vārdiem minūtē vairāk ar katru nākamo gadu. Skatīt 4.1. attēlu.



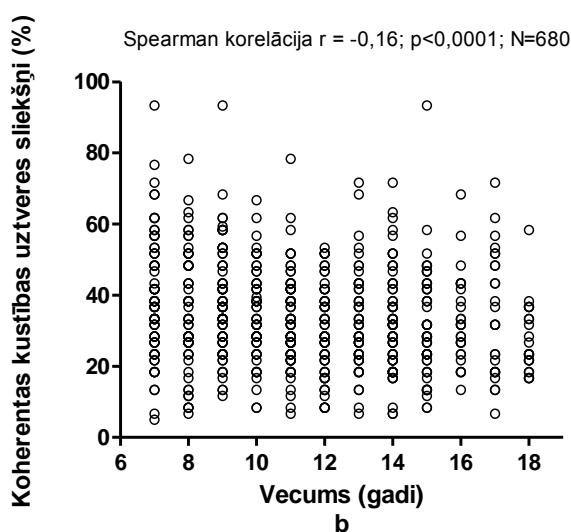
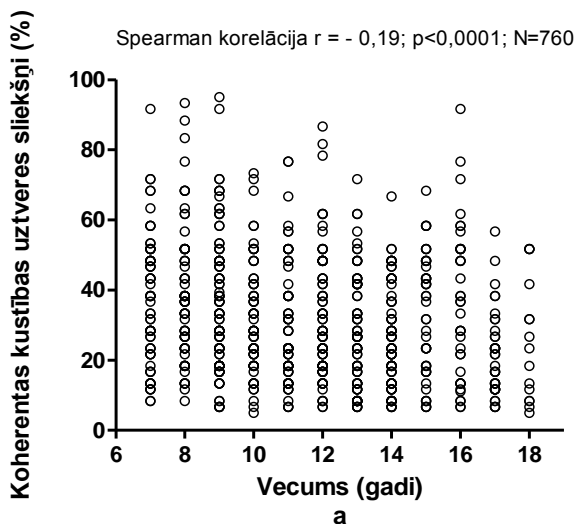
4.1. attēls. Lasīšanas ātruma sadalījums vecuma grupās no 13 līdz 18 gadiem

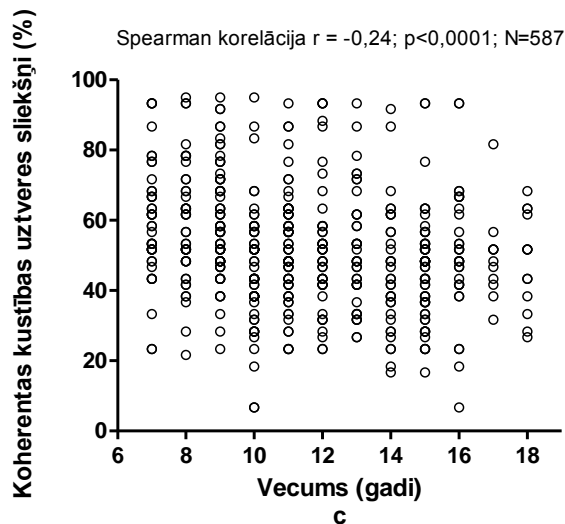
Lai salīdzinātu šo tendenci ar kustības uztveres attīstību, pētījumā noteica koherentas kustības uztveres sliekšņus 12 dažādās vecuma grupās pie trīs stimula kustības ātrumiem un atrada attīstības trajektorijas. Tabulā 4.1. parādīti dati ar koherentas kustības sliekšņa vidējām vērtībām un standartklūdām, mediānām un dalībnieku skaitu katrā vecuma grupā.

Koherentas kustības uztveres sliekšņi 12 vecuma grupās pie 3 stimula kustības ātrumiem

Vecums (gadi)	2 °/s			5 °/s			8 °/s					
	Mediāna (%)	Vid. vērtība (%)	SE	n (760)	Mediāna (%)	Vid. vērtība (%)	SE	n (680)	Mediāna (%)	Vid. vērtība (%)	SE	n (587)
7	38	37	2,2	68	37	39	2,0	74	58	59	2,4	46
8	37	38	2,2	72	32	35	1,9	69	57	59	2,5	44
9	33	35	1,9	101	35	37	1,6	80	57	59	2,0	65
10	28	31	1,9	67	33	34	1,6	62	43	46	2,2	58
11	23	29	2,0	72	28	32	1,3	82	52	52	1,9	66
12	27	31	1,9	85	28	30	1,5	64	52	52	2,7	45
13	27	28	1,8	77	28	32	1,9	53	48	51	2,7	40
14	23	25	1,5	84	32	32	1,7	68	43	46	3,0	34
15	34	33	2,6	44	28	31	2,1	53	47	45	1,9	65
16	37	36	3,4	39	32	33	2,4	27	48	50	2,5	48
17	20	22	2,0	36	32	34	3,4	26	48	45	2,5	35
18	23	25	4,4	15	23	28	2,1	22	47	47	2,1	41

No rezultātiem var redzēt, palielinoties gadu skaitam koherentas kustības sliekšņi samazinās. Lai to statistiski pārbaudītu, pielietojām neparametrisko *Kruskal-Wallis* ANOVA testu divpadsmit atsevišķām paraugkopām un secinājām, ka mediānu vērtības būtiski mainās ar vecumu ($p < 0,0001$) un *Dunn* multiplais salīdzināšanas tests starp 12 neatkarīgām paraugkopām, analizējot pa pāriem, neuzrāda attīstības piesātinājumu. 4.2. attēlos a, b, c redzam, ka kustības uztveres sliekšņi uzrāda lielu izkliedi visos vecumos. Rezultātu izkliede mainās no 5% līdz 95 %.





4.2.attēli a, b, c. A – koherentas kustības sliekšņi pie stimula ātruma 2°/s, B - koherentas kustības sliekšņi pie stimula ātruma 5°/s, C- koherentas kustības sliekšņi pie stimula ātruma 8°/s

Pielietojot Spearman korelācijas funkciju, tika atrasta statistiski nozīmīga ($p < 0,0001$) sakarība starp vecumu un koherentas kustības uztveres sliekšņiem visos stimula kustības ātrumos: pie 2°/s ($r = -0,19$), pie 5°/s ($r = -0,16$) un pie 8°/s ($r = -0,24$).

Tā kā koherentas kustības uztvere attīstās un neuzrāda piesātinājumu, to var aprakstīt ar lineārās regresijas analīzes funkciju trīs dažādiem kustības ātrumiem, izmantojot vecuma grupu mediānu vērtības. Lineāro sakarību vienādojumi un slīpuma koeficienta atšķirība no nulles uzrādīti zemāk.

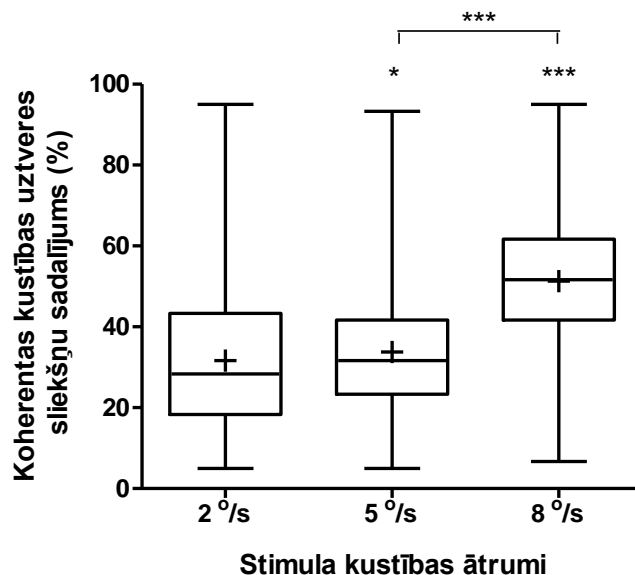
$$y_{2^\circ/s} = -(0,92 \pm 0,5)x + (40,7 \pm 6,1); (R^2 = 0,28), \text{ kur } F(1,10) = 3,79; (p = 0,08) \quad (20)$$

$$y_{5^\circ/s} = -(0,63 \pm 0,2)x + (38,5 \pm 3,1); (R^2 = 0,42), \text{ kur } F(1,10) = 7,09; (p = 0,02) \quad (21)$$

$$y_{8^\circ/s} = -(0,93 \pm 0,3)x + (61,7 \pm 4,3); (R^2 = 0,44), \text{ kur } F(1,10) = 7,95; (p = 0,02) \quad (22)$$

Statistiski salīdzinot slīpuma koeficientus visos trīs kustības ātrumos, netiek uzrādīta būtiski atšķirīga tendence. Tas nozīmē, ka kustības uztveres attīstības ātrums noris līdzvērtīgi. Kustības uztveres sliekšnis samazinās par $0,83 \pm 0,3\%$ gadā. Iegūtie rezultāti apstiprina Parrish *et al.*, un Hayward *et al.*, atrasto, ka koherentas kustības uztvere nobriest līdz 7 gadu vecumam (Parrish, Giaschi, Boden, & Dougherty, 2005); (Hayward, Truong, Partanen, & Giaschi, 2011). Mūsu pētījumā, vecuma grupā no 7 līdz 18 gadiem, piesātinājums attīstībā netika novērots un to varēja aprakstīt ar lineāru sakarību. Līdzīgu sakarību ieguva arī Englund & Palomares, uz 40 skolas vecuma bērniem ar vidējo vecumu $9,06 \pm 2,36$ gadi. Vecuma robežas 5-15 gadi (Englund & Palomares, 2012).

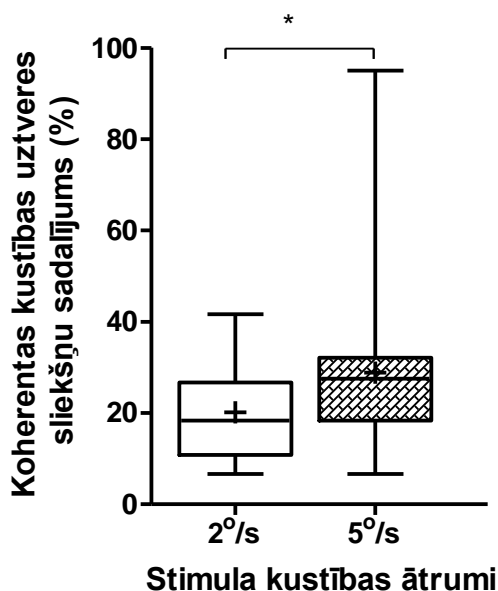
Zinot, ka koherentas kustības uztvere mainās maz ar vecumu, lai izvērtētu, stimula kustības ātruma ietekmi uz koherentas kustības uztveri, apvienojām visu dalībnieku sliekšņa vērtības, neraugoties uz vecumu. Rezultātā mēs ieguvām 3 sliekšņu vērtību sadalījumus pie dažādiem stimula kustības ātrumiem. Skrīninga apstākļu dēļ, kustības sliekšnis tika iegūts vienu reizi vienam dalībniekam pie noteikta stimula kustības ātruma. Testu ar stimula ātrumu 2°/s veica 760 skolēni. Vidējais vecums $11,6 \pm 0,1$ gadi. Testu ar stimula ātrumu 5°/s veica 680 skolēni. Vidējais vecums $11,5 \pm 0,1$ gadi. Testu ar stimula ātrumu 8°/s veica 587 skolēni. Vidējais vecums $11,6 \pm 0,1$ gadi. Visas grupas ir līdzīgas pēc vecuma sadalījuma. Iegūtie rezultāti ir apskatāmi 4.3. attēlā, kur kastītes vidējā līnija norāda uz mediānu un robežas norāda uz IQR, slotiņas - uz maksimālo un minimālo sliekšņa vērtību un krusts, kastītes robežās, norāda uz vidējo vērtību, * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$.



4.3. attēls. Koherentas kustības uztveres sliekšņu sadalījums atkarībā no stimula kustības ātruma

Koherentas kustības uztveres sliekšņu sadalījuma vidējā vērtība pie stimula kustības ātruma 2°/s ir $31,7 \pm 0,6\%$, savukārt pie 5°/s bija $33,7 \pm 0,6\%$ un pie 8°/s bija $51,3 \pm 0,7\%$. Redzams, ka pie lielākā ātruma koherentas kustības uztveres sliekšņu vērtības ir nozīmīgi augstākas. Pielietojot 3 neatkarīgu dispersiju *Kruskal-Wallis* neparametrisko ANOVAs testu, kas salīdzina savstarpēji triju neatkarīgu dispersiju mediānas, ieguvām, ka mediānas ir būtiski atšķirīgas ($p < 0,0001$). Pielietojot papildus *Dunn* multiplo salīdzināšanas testu, kas dispersijas analizē pa pāriem ieguvām, ka stimula kustības ātruma 8°/s sliekšņa vērtības ir statistiski atšķirīgas no 2°/s un 5°/s ($p < 0,0001$). Savstarpēji salīdzinot stimula kustības ātrumus 2°/s un 5°/s, iegūstam arī statistiski atšķirīgas dispersijas, tikai ar mazāku būtiskuma līmeni ($p < 0,002$).

26 skolēniem 13 gadu vecuma grupā tests tika veikts pie diviem stimula kustības ātrumiem (2°/s un 5°/s). Vidējā sliekšņu sadalījuma vērtība pie 2°/s bija $20,13 \pm 2,27\%$, bet pie 5°/s attiecīgi $28,85 \pm 3,4\%$. Skatīt 4.4. attēlu.



4.4. attēls. Divu atkarīgu izlašu koherentas kustības uztveres sliekšņu sadalījums pie stimula kustības ātruma 2°/s un 5°/s

Analizējot divu atkarīgu izlašu dispersijas ar *Wilcoxon t testu*, kas salīdzina dispersijas mediānas, ieguvām statistiski atšķirīgus koherentas kustības sliekšņu sadalījumus ($p = 0,04$). Kustības uztvere ir

mainās ar stimula kustības ātruma izmaiņu. To pierāda gan neatkarīgu, gan atkarīgu izlašu statistiskie aprēķini. Palielinoties kustības ātrumam, koherentas kustības uztvere samazinās. Relatīvi mazās sliekšņu standartklūdas ļauj mums domāt, ka koherentas kustības uztveres mehānisms pie 8°/s ir atšķirīgs no lēnāko stimula kustības ātruma mehānisma. Mūsu rezultāti apstiprina zinātnisko pieņēmumu, ka kustības ātruma uztverē eksistē dažādi mehānismi (Khuu & Badcock, 2002); (Van Boxtel & Erkelens, 2006); (Cassanello, Edwards, Badcock, & Nishida, 2011).

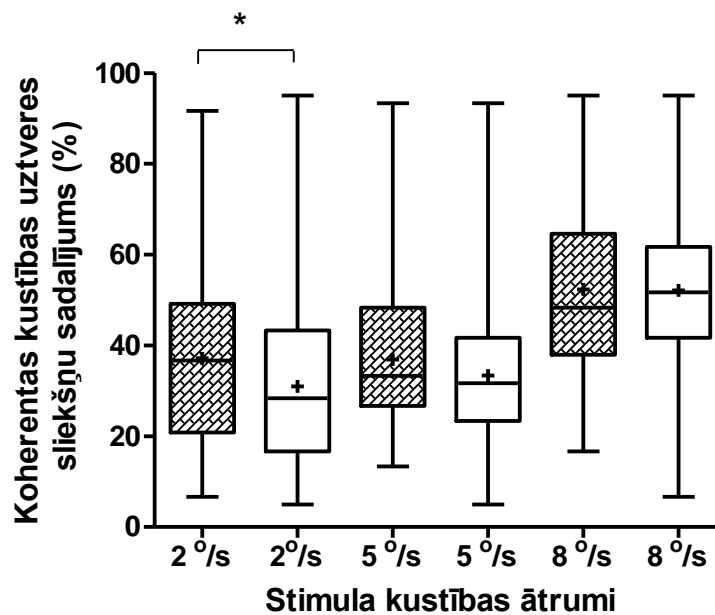
Balstoties uz *Ellenberg et al.*, zinātnisko atradni, ka bērniem ar lasīšanas grūtībām novēro augstākus kustības uztveres sliekšņus pie lēnajiem ātrumiem, ko saista ar lēnās kustības mehānisma lēzenāku nobriešanu. Mēs izanalizējām, kustības uztveres sliekšņu sadalījumus dažādās lasīšanas ātruma kategorijās. Kategorijas izdalīja pēc skaļas teksta lasīšanas ātruma. Skolēni, kuru lasīšanas ātrums atradās zem 10. procentīles pēc atbilstošā vecuma izlases dispersijas, tika ierindoti skolēnu grupā ar samazinātu lasīšanas ātrumu. Šo grupu salīdzināja ar grupu, kuri atradās virs 10. procentīles robežas lasīšanas ātruma parametrā. Tabulā 4.2. parādīts skolēnu sadalījums pa vecuma grupām katrā no lasītprasmes kategorijām.

4.2. tabula

Skolēnu skaits vecuma grupās un atbilstošā lasīšanas ātruma kategorijā

<i>Vecums (gadi)</i>	<i>Grupa ar samazinātu lasīšanas ātrumu (10. procentīle)</i>			<i>Pamatgrupa</i>		
	<i>2 °/s</i>	<i>5 °/s</i>	<i>8 °/s</i>	<i>2 °/s</i>	<i>5 °/s</i>	<i>8 °/s</i>
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
7	2	6	5	66	68	41
8	6	3	9	66	66	35
9	6	9	7	95	71	58
10	8	5	8	59	57	50
11	8	7	7	64	75	59
12	10	5	4	75	59	41
13	9	5	4	68	48	36
14	8	7	2	76	61	32
15	4	5	6	40	48	59
16	7	3	1	32	24	47
17	1	2	1	35	24	34
18	0	1	0	15	21	41
<i>n (dzimums S/V)</i>	69 (17/52)	58 (15/43)	54 (17/37)	691 (393/298)	622 (343/278)	533 (295/238)
<i>Vid. vecums (gadi ±SE)</i>	11,9±0,3	11,6±0,4	10,7±0,4	11,5±0,1	11,4±0,1	12,4±0,2
<i>Lasīšanas ātrums (vārdi/min)</i>	65±3	62±4	50±4	112±2	110±2	119±2

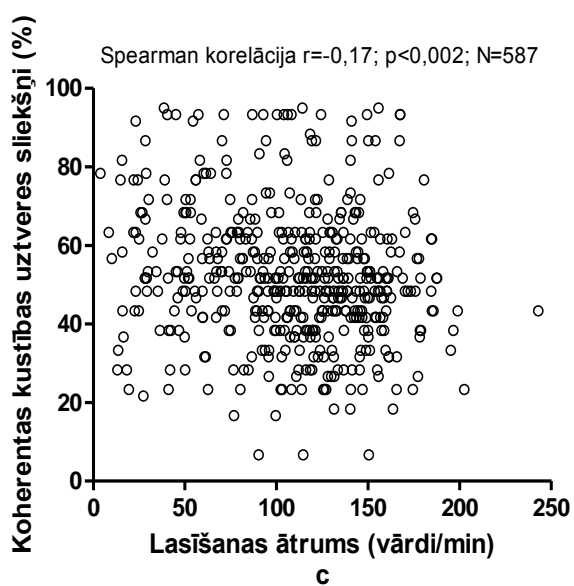
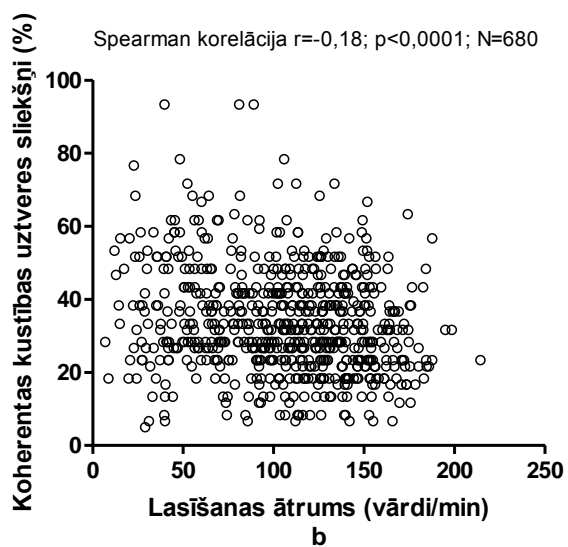
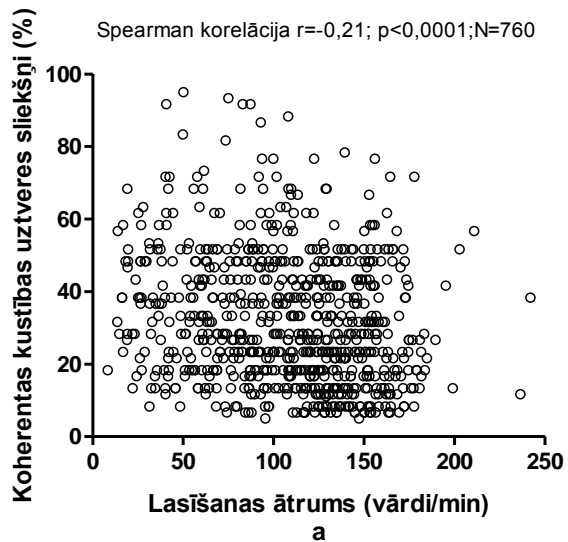
Dažādu lasītprasmes kategoriju datu kopas pie noteikta kustību stimula ātruma tika salīdzinātas ar *Mann-Whitney* t-testu nevienādām dispersijām, kas salīdzina mediānas. Statistiski atšķirīgus koherentas kustības uztveres sliekšņu sadalījumus starp pamatgrupu un grupu ar samazinātu lasīšanas ātrumu uzrādīja vienīgi lēnākais stimula kustības ātrums 2°/s ($p=0,009$). Skatīt 4.5. attēlu. Iegūtais rezultāts apstiprina literatūrā aprakstīto (Ellenberg, et al., 2004).



4.5. attēls. Koherentas kustības sliekšņu sadalījums pēc lasītprasmes kategorijas pie dažādiem stimula kustības ātrumiem. Pildītās kastītes atbilst grupai ar samazinātu lasīšanas ātrumu, bet tukšās – pamatgrupai. * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; * $p < 0.0001$**

Witton *et al.* un Talcott *et al.* atrada, ka apgrūtinātas lasītprasmes gadījumā, 25% bērnu novēro arī zemāku koherentas kustības jutību (Witton, *et al.*, 1998); (Talcott, Hansen, & Stein, 1998). Atrodot, katrā vecuma grupā un pie atbilstoša stimula kustības ātruma, koherentas kustības sliekšņu dispersijas 10. procentīli, mēs izdalījām to bērnu grupu, kuru kustības jutība ir zema. Izrādās, ka vidēji 16% (29 no 181) no lēnajiem lasītājiem ir arī apgrūtināta kustības uztvere. 2°/s stimula kustības ātruma grupā tie bija 17,4% (12 no 69), 5°/s grupā -13,8% (8 no 58) un 8°/s grupā 16,7% (9 no 54).

Kopumā lasīšanas un koherentas kustības uztveres procesi norisinās pa atšķirīgiem smadzeņu darbības kanāliem. Tomēr apgrūtinātas lasītprasmes indivīdi uzrāda neadekvātu atbildi vizuālo stimulu uztverē (Cornelissen, Richardson, Mason, Fowler, & Stein, 1995); (Lovegrove, Martin, & Slaghuis, 1986). Arī koherentas kustības uztveres sliekšņi ir augstāki bērniem ar lasīšanas grūtībām (Laycock, Crewther, Kiely, & Crewther, 2006); (RidderIII, Borsting, & Banton, 2001); (Pellicano & Gibson, 2008); (Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998). Funkcionālā magnētiskā rezonanse (fMRI) disleksijas bērniem uzrāda mazāku aktivitāti V5/MT reģionā, kas atbild par koherentas kustības uztveri (Eden, Van Meter, Rumsey, Maisog, Woods, & Zeffiro, 1996). Tāpēc varētu domāt, ka pie zemāka lasīšanas ātruma varētu novērot arī augstāku kustības sliekšni. Veicām datu korelācijas analīzi starp lasīšanas ātrumu un koherentas kustības uztveri, neraugoties uz vecumu. Skatīt 4.6. attēlus. Korelācijas ir vājas, bet, pateicoties daudzskaitlīgajām izlases grupām, tās izdodas statistiski pierādīt kā būtiski svarīgas (**a** - $p < 0,0001$), **b** – $p < 0,0001$, **c** – $p < 0,002$)



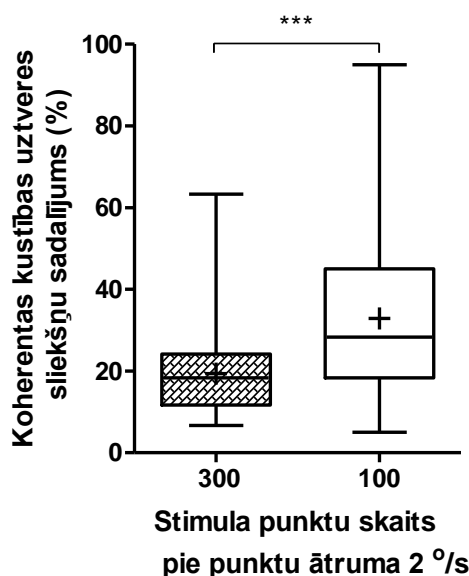
4.6. attēli a,b,c. Lasīšanas ātruma atkarība no koherentas kustības sliekšņa pie stimula ātruma 2% (A), 5% (B) un 8% (C)

Tas norāda, ka lēzenie koherentas kustības uztveres attīstības mehānismi, iespējams, ietekmē lasīšanas ātruma attīstības gaitu. Lasīšanas ātrums ir lielāks pie zemākiem koherentas kustības uztveres sliekšņiem.

4.4. Diskusija

Mūsu iegūtie koherentas kustības uztveres sliekšņi ir būtiski lielāki nekā vairākos citos pētījumos, kur ar izkliedētu kustīgu punktu testu tiek sasniegts 5-7% koherences jutības sliekšnis (Braddick, & Qian, 2001). Ir skaidri saprotams, ka koherentā sliekšņa novērtēšanā būtiski ir stimula fizikālie parametri, kā spožums, stimula kontrasts, stimula blīvums, punktu trajektorijas garums un virziens, stimula punktu sapārotība un transparence, kā arī atšķirīgi koherento un trokšņa signālu ātrumi (Badcock, Clifford, & Khuu, 2005).

Pārbaudot stimula blīvuma ietekmi uz sliekšņa uztveri, mēs 138 skolēniem vecuma grupā no 7-13 gadiem ($\bar{x} = 10,13 \pm 0,15$) novērtējām koherentas kustības uztveres sliekšni pie 300 kustīgiem punktiem ar stimula blīvumu 4,32 punkti uz leņķa grādu². Stimula kustības ātrums atbilda 2°/s. Sliekšņa vidējā vērtība sastādīja 19,4±0,2%. Salīdzinājums tika veikts ar atbilstoša vecuma grupu (n=541) no 7-13 gadiem ($\bar{x} = 10,05 \pm 0,09$), kuru vidējais sliekšnis pie 100 kustīgiem punktiem ar stimula blīvumu 1,44 punkti uz leņķa grādu² bija 32,87±0,77%. Iegūtā sliekšņa vērtība ir par 41% zemāka nekā pie ~3 reizes mazāk blīva stimula un ir statistiski nozīmīgi atšķirīgs izvēlētajās izlases grupās pēc mediānas ($p < 0,0001$). Tas nozīmē pieaugot stimula punktu blīvumam, kustības jutība palielinās. Iegūtais novērojums sakrīt ar Barlow & Tripathy, pētījumu, bet sliekšņa vērtības izmaiņa mūsu pētījumā ir novērojamas straujākas (Barlow & Tripathy, 1997). Skatīt 4.7. attēlu.



4.7. attēls. Koherentas kustības uztveres sliekšņu sadalījumi pie dažādiem stimula blīvumiem

Vairākos literatūras pētījumos stāstīts, ka, palielinoties stimula ātrumam, kustība kļūst vieglāk uztverama (Laycock, Crewther, Kiely, & Crewther, 2006); (Cornelissen, Hansen, Hutton, Evangelinou, & Stein, 1998), savukārt šajā pētījumā iegūtie rezultāti ir pretēji. Iegūtajiem rezultātiem līdzīgus aprakstīja Bischof savā 1999. gada pētījumā, vēstot, ka posmā līdz ātrumam ~10°/s kustības uztvere pazeminās (ātruma intervāls sakrīt ar šajā pētījumā apskatīto, t.i., 2 - 8°/s).

Iegūtie rezultāti, ka, palielinoties kustības ātrumam, kustības uztveres sliekšnis pieaug jeb jutība samazinās, ir uzskatāmi par ticamiem. Kā teorētisko pierādījumu var minēt Masson 1999. gada pētījumu, kas vēsta, ka kustības uztvere iedalās kustības pamanīšanas un kustības klasificēšanas jeb virziena izšķiršanas posmā. Apgalvojums, ka kustības pamanīšana kļūst vieglāka pie lielāka stimula ātruma, savukārt kustības izšķiršanas spēja samazinās. Analogi rezultāti iegūti arī šajā pētījumā. Galvas smadzenēs ir dažādi ātruma pārvaldības apgabali. Par lēnu kustību vairāk atbildīga ir V1 zona, savukārt, pieaugot kustības ātrumam, uztveres procesā vairāk iesaistās MT apgabals (Masson, 1999).

Mūsu iegūtie sliekšņi vecuma grupās uzrāda lielu izkliedi, kas, iespējams, pirmkārt ir izvēlēts psiho fizikālās metodes un protokola dēļ. Literatūrā netiek minēts, ka koherentas kustības noteikšanai tiek

pielietota 4 (AFC) alternatīvu piespiedu izvēles metode. Iespējams, tas padara skolēna izvēli par lēmumu grūtāku.

Redzes uztveres pētījumos izmanto pārsvarā limitu, konstanto stimulu, pielāgošanas vai trepjveida (modificēta limitu) psihofizikālās metodes. Sliekšņa vērtība būtiski mainās arī no protokola, kā tiek veikts mērījums. Pamatā protokolos izmanto Yes-No procedūra vai piespiedu izvēles procedūru. Koherentas kustības novērtēšanai literatūrā biežāk pielieto – 2AFC – divu alternatīvu piespiedu izvēle procedūru, kur – sliekšņa vērtība ir pie 75%. Mūsu pētījumā tiek izmantota 4AFC – četru alternatīvu piespiedu izvēles procedūra, kur sliekšnis atrodas pie 62,5%. Savukārt adaptīvais protokols, ļauj ekonomēt laiku un veicamo mērījumu skaitu, jo stimula intensitāte ir atkarīga no respondenta atbildes. Adaptīvajā psihofizikālajā metodē – lietojot piespiedu izvēles protokolu, sliekšnis ir atkarīgs no soļa algoritma izvēles un stimula sākotnējās intensitātes. Populārākie algoritmi ir PEST (*Parameter estimation by sequential testing*) – Parametru novērtējums ar secīgo testēšanu, kur mainīgs ir stimula intensitātes soļa lielums un MLM (*Maximum likelihood methods- Bayesian*) – maksimālās varbūtības metode.

Vadošā pētnieka S. Fomina izstrādātā programma tika veidota *Visual Basic* vidē. Galvenais izstrādes noteikums bija nodrošināt kustīgo punktu logu, kurā signāla (stimula) punkti kustas vienā virzienā (tas būtu koherenti) un trokšņa signāls kustas četros virzienos. Algoritmā katrs punkts ir uzzīmēts kā *Shape* elements, kas izvēlēts 100 twip („*twentieth of a point*”- mērvienība tipogrāfijā, kas atbilst 17,639µm, jeb 1/20 no tipogrāfijas punkta izmēram) vienību liels. Mērījuma sākumā visi punkti ir randomizēti izklaidēti 6000 x 6000 twipu logā. Sākoties eksperimentam punkti parādās uz noteiktu laika intervālu un pēc tam pazūd. Trokšņa punkti kustās četros diagonālos virzienos. Signāla punkti kustās četros virzienos – uz augšu, uz leju, pa labi. Pēc katra īsā punktu kustības intervāla tiek sniegta atbilde par kustības virzienu.

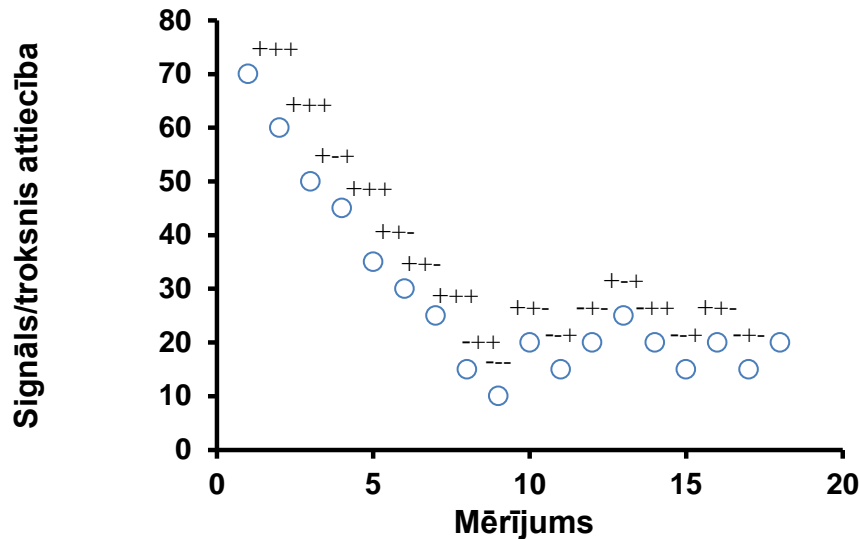
Savā kustībā punkti nekad neiziet ārpus definētā 6000 x 6000 twipu loga. Lai punktu skaits nemazinātos tie tiek atgriezti laukumā no otras loga puses.

$$\begin{aligned} \text{If } X, Y > 6000, \text{ tad } X, Y = 0 \\ \text{If } X, Y < 0, \text{ tad } X, Y = 6000 \end{aligned} \quad (23)$$

Sliekšņa maiņai tika izvēlēta adaptīvā trepjveida psiho fizikālā metode. Pie katras signāls/troksnis attiecības tiek veikti trīs mērījumi. Ja pareizo/nepareizo atbilžu skaits ir vienāds 3, tad S/T attiecība pieaug/samazinās par 10 % soli. Gadījumā kad pareizo/nepareizo atbilžu attiecība ir 1/2 vai 2/1, solis samazinās/palielinās par 5%. Visas atbildes tiek uzkrātas operatīvajā atmiņā. Vidējā sliekšņa aprēķins sākas tikai no 10 mērījuma un tiek veikts 9 pēdējiem mērījumiem. Par faktoru mērījumu baigām kalpo standarta deviācijas skaitlis, kuram ir jāsasniedz minimālā kritiskā vērtība. Minimālā standarta deviācija liecina par uzkrāto datu līdzību un ir uzskatāma par pozitīvu faktoru sliekšņa noteikšanai. 4.10. attēls parāda signāls/troksnis attiecību izmaiņas pēc triju atbilžu summas katrā mērījumā. Saskaitot pareizo atbilžu skaitu katrā no mērījumiem un izdalot to ar kopējo skaitu (trīs atbildes mūsu gadījumā) (skat. 4.8. att.), iespējams iegūt datus psihometriskās līknes izveidošanai pēc Bolcmaņa (*Bolzmanna*) sigmoīdas aproksimācijas:

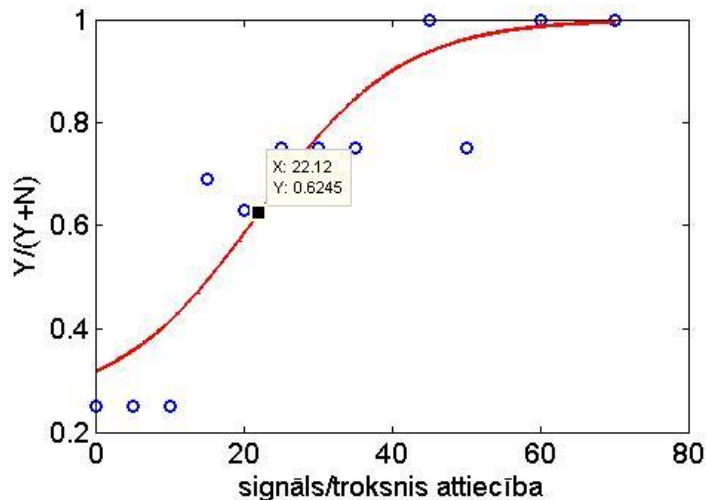
$$F(x) = 1 + \frac{(\delta - 1)}{1 + e^{\frac{x - x_0}{dx}}} \quad (24)$$

kur δ ir funkcijas apakšējā robeža (atkarīga no psiho fizikālā eksperimenta uzbūves), x ir mainīgais, dx - sigmoīdas pus platum.



4.8. attēls. Psihometriskā sliekšņa iegūšana. Plusi un minusi virs datu punktiem apzīmē pareizās un nepareizās atbildes katrā no mērījumiem.

Attēlā 4.9. ir attēlota iegūtā psihometriskā līkne un noteikts koherences sliekšnis 22,1%.



4.9. attēls. Psihometriskā līkne iegūta no 4.8. attēla datiem. Sigmoidālās funkcijas viduspunkts (0,625) atbilst 22,1% signāls/truksnis attiecībai, kuru šajā mērījumā varam uzskatīt par atrasto koherentas kustības uztveres sliekšni.

Kustības koherences eksperimentā ir izmantota 4 alternatīvu piespiedu izvēles psihometriskā eksperimenta modelis. Tas nozīmē, spiežot tikai vienu atbildi ir iespējams uzminēt 25% no atbildēm. Tāpēc par sigmoidālās funkcijas viduspunktu ir jāizvēlas vērtība 0,625 pēc vienādojuma:

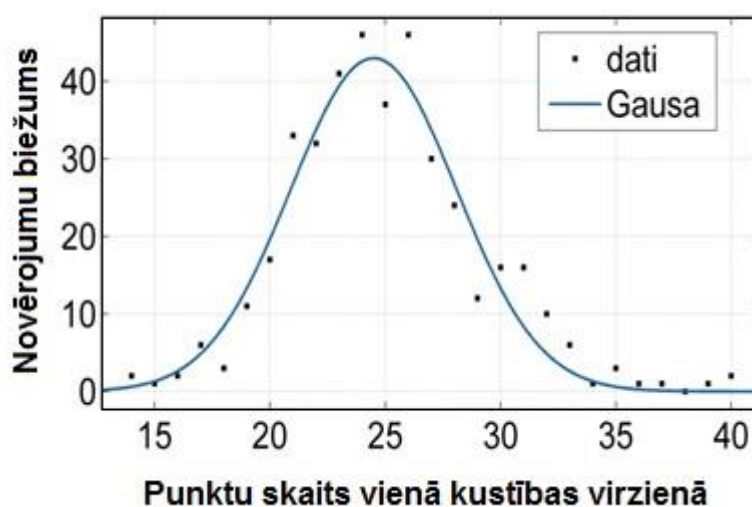
$$x_0 = 0,25 + \frac{(1-0,25)}{2} \quad (25)$$

Otrā iespēja, kāpēc sliekšņa vērtības ir ar tik lielu izkliedi ir datorprogrammatūrā izmantotās *RANDOM* komandas sadalījuma simetriskums attiecībā uz kustības virzieniem. Tāpēc notestēja šo komandu 100 trokšņa punktiem 100 mērījumu setos. Algoritma trokšņa punktu virzienu statistika 100 punktu eksperimentam ir dota 4.3. tabulā.

Trokšņa punktu virzienu statistika 100 atkārtojumiem eksperimentam ar 100 punktiem

Virziena kods	Virziens	Punktu skaits $\bar{x} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} x_i$	SD $\sqrt{\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} (x_i - \bar{x})^2}$	Min	Max
0	↙	25,1	3,7	19	40
1	↘	25,7	4,5	14	40
2	↖	24,5	3,9	14	35
3	↗	24,7	4,0	16	37

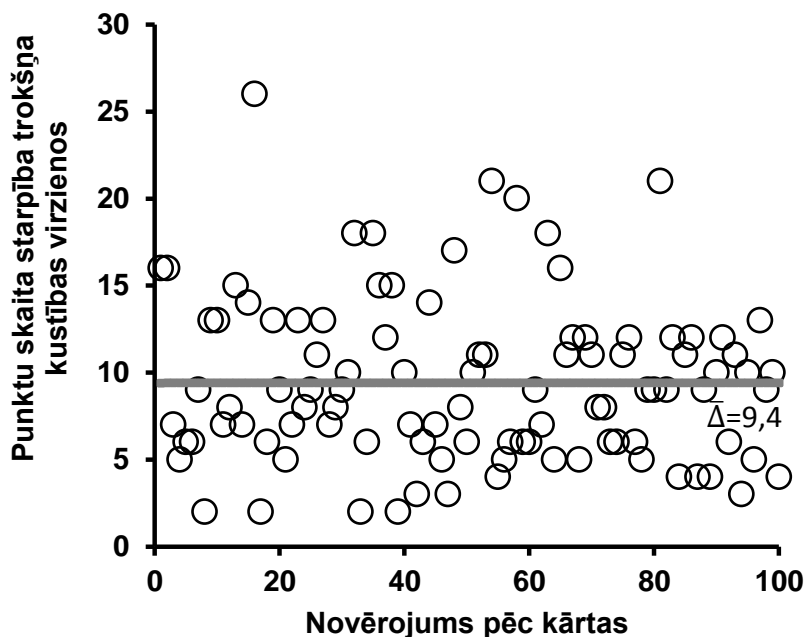
Vidējais *RANDOM* komandas virzienu sadalījuma biežums ir simetrisks. 4.10. attēlā vērojama sadalījuma funkcija, kas atbilst normālajam *Laplasa-Gausa* sadalījumam un ir ar augstu determinācijas koeficientu $R^2=0,94$.



4.10. attēls. Virziena sadalījuma funkcija 100 punktiem, vienā no četriem iespējamajiem virzieniem

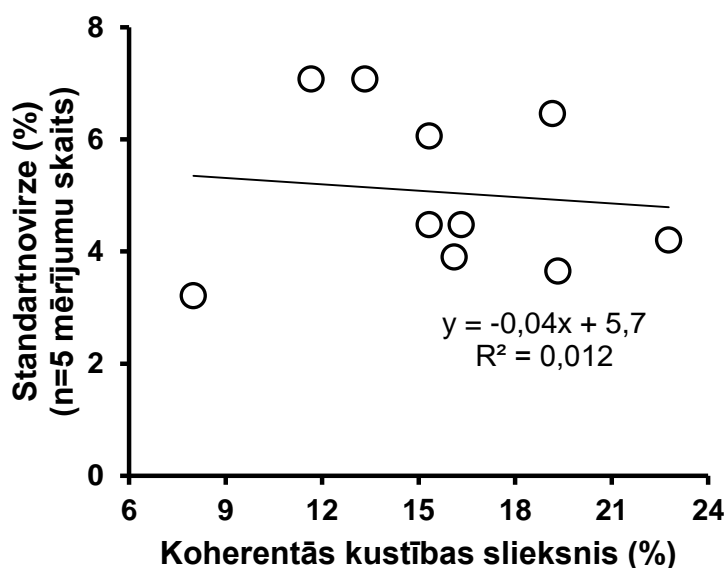
No 4.10. attēla var redzēt, ka tikai ~40 % gadījumu virzienu sadalījums ir bijis līdzvērtīgs visos 4 virzienos. Atlikušajos mērījumos iespējama bija kāda virziena pārsvars, kas varēja radīt sliekšņa vērtības atšķirību un transparences efektu. Kustības transparence ir redzes uztveres spēja izšķirt dažādos virzienos vērstos virziena vektorus un selektīvi integrēt līdzīgus uztveres telpā kā vairāku plakņu savstarpējo kustību (Masson, Mestre, & Stone, 1999).

Tā kā eksperimentā katrs dalībnieks veica tikai vienu mērījumu setu, tad trokšņa signāla sadalījuma virziena varbūtība varēja būt dažāda. Lai noprastu, cik lielā apmērā, kāds no virzieniem dominēja, ikvienā mērījumu setā tika izdalīts maksimālais un minimālais kādā virzienā parādījušos punktu skaits un atrasta starpība. 4.11. attēlā y ass vērtība. Vidējā starpība visos 100 mērījumu setos sastāda 9,4 punktus. Šis iemesls varēja ietekmēt tieši zemo sliekšņu novērtēšanu. Iegūtie dati vidēji arī uzrāda 30% koherences uztveri, kā robežu. Zemāku sliekšņu novērtēšanā traucē stimula īpašības.



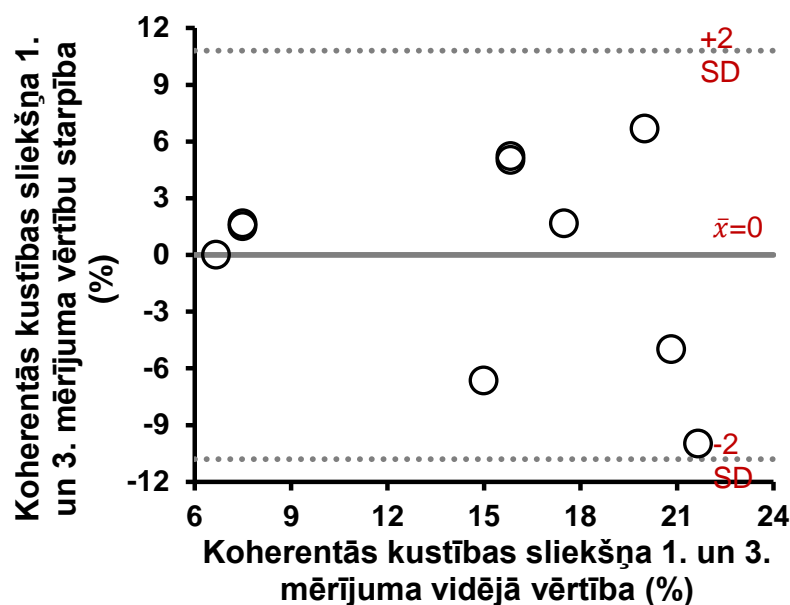
4.11. attēls. Punktu skaita starpība trokšņa kustības virzienos, atkarībā no mērījuma seta

Lai pārbaudītu metodi, 10 studentu grupai tika izanalizēts, koherentās kustības uztveres sliekšņa izkliedes rādītājs pie kustības ātruma 2°/s. 4.12. attēlā parādīts piecu mērījumu setu vidējie koherentas kustības uztveres sliekšņi un to standarta deviācijas. Sliekšņu un standarta deviāciju sakarību apraksta lineārās regresijas vienādojums un Fišera kritērijs: $y = (-0,04 \pm 0,12)x + (5,68 \pm 2,02)$; $R^2 = 0,012$; $F(1,8) = 0,098$; $p = 0,76$, kas norāda uz to, ka sliekšnis nav atkarīgs no koherentas kustības sliekšņa vērtības lieluma. Skatīt 4.14. attēlu. Standarta deviācijas lielums vidēji atbilst ± 5 punktiem, jeb $\pm 5\%$.



4.12. attēls. Koherentas kustības uztveres sliekšņu un standarta deviācijas likumsakarība

Izdarot analīzi pēc *Bland-Altman*, kas novērtē mērījumu atkārtojamību starp diviem dažādiem mērījumu setiem, iegūstam, ka atkārtotais mērījums nenorāda uz mācīšanās efektu un mērījumu starpība nav lielāka par $\pm 10,8$ punktiem. Tātad bērnam, veicot šo sliekšņa novērtējumu tikai vienu reizi, iegūtais rezultāts ir ± 10 punktu intervālā. Skatīt 4.13. attēlu.



4.13. attēls. Koherentas kustības uztveres sliekšņa atkārtotamības analīze pēc Bland-Altman

Treškārt sliekšņa vērtības un izkliedi varēja ietekmēt izvēlētais ekspozīcijas laiks 250 ms. Tomēr visu vecumu bērniem tas bija pietiekošs, lai izdarītu lēmumu par dominējošo virzienu. Kustības uztveres testos zemākas sliekšņa vērtība tiek panākta pie 500-800 ms (Reinagel, 2013).

Atkāpjoties no stimula fizikālo faktoru ietekmes uz kustības uztveres sliekšņu vērtām un izkliedi, tomēr zināmā veidā izdevās atrast apstiprinājumu dorsālā uztveres ceļa neaizsargātībai attīstības procesā (Braddick, Atkinson, & Wattam-Bell, 2003); (Milne, Swettenham, Hansen, Campbell, Jeffries, & Plaisted, 2002); (Manning, Aagten-Murphy, & Pellicano, 2012); (Palomares & Shannon, 2013). Skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu, koherentas kustības uztvere pie lēnā punktu kustības ātruma ir atšķirīga no bērniem ar labu lasīšanas ātrumu. To uzrāda arī Ellenbergs ar kolēģiem, ka lēnās kustības uztvere šiem bērniem norit daudz lēnāk (Ellemborg, et al., 2004).

4.5. Secinājumi

1. Skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu koherentas kustības uztverē punktiem ar 2°/s novēro lielāku sliekšņu vērtību. 16% jeb (29 no 181) skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu, novēro koherentas kustības uztveres traucējumus.
2. Noskaidrots, ka koherentas kustības uztvere ir individuāla un sliekšņu vērtības uzrāda lielu datu izkliedi, bet izlases mediāna samazinās lineāri par 0,83±0,3% gadā. Lasīšanas ātruma attīstības tendence (3,1% gadā) pēc 13 gadu vecuma uzrāda līdzīgu attīstības trajektoriju ar koherentas kustības uztveres attīstību. Vizuālās kustības uztveres mehānismi un lasīšanas mehānismi uzrāda līdzīgu attīstības gaitu.
3. Kustības ātruma uztverē var izdalīt atšķirīgus apstrādes mehānismus. Ātri kustošo stimulu koherentas kustības uztveres sliekšņi ir nozīmīgi augstāki nekā stimuliem kustoties lēni.

5. EKSPERIMENTS III – TUVUMA REDZES EFEKTIVITĀTES FUNKCIJAS UN LASĪŠANAS ĀTRUMS

Lai veiksmīgi noritētu skolēna izglītošanās skolā, nepieciešama ne tikai indivīda personīgā motivācija un kognitīvās spējas, bet arī atbilstoša redzes kvalitāte un redzes funkciju darbības efektivitāte. Redzes funkciju traucējumi un nekoriģētas ametropijas var būt par iemesls lasīšanas grūtībām, kas traucē un apgrūtina mācīšanās procesu.

5.1. Mērķis, hipotēze, uzdevumi

Mērķis

Novērtēt, vai skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu un atbilstošās vecuma pamatgrupas skolēniem redzes efektivitātes funkcijas ir atšķirīgas.

Eksperimenta hipotēze

Skolas vecuma bērniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu biežāk ir novērojamas redzes efektivitātes funkciju neatbilstoša darbība.

Uzdevumi

- Novērtēt redzes efektivitātes funkcijas skolas vecuma bērniem dažādās vecuma grupās
- Novērtēt redzes efektivitātes funkcijas bērniem ar apgrūtinātām ātras lasīšanas spējām dažādos attīstības posmos

5.2. Metode

Lai izpildītu uzstādītos uzdevumus, datu apstrāde notiek divos etapos. Pirmajā etapā tika analizēti 1.- 4. klases redzes efektivitātes funkcijas dažādās lasīšanas prasmju grupās. Apgrūtinātas lasītprasmes grupas izdalīja, izmantojot lasīšanas ātruma vidējās vērtības katrā vecuma grupā, no kurām tika atņemta 1,5 standarta deviācija (SD). Otrs atlasē kritērijs - dalībnieki ar lasīšanas ātrumu zem 25. procentīles un trešais veids – izmantojot skolas pedagoga vērtējumu.

Otrajā etapā tika analizēti redzes funkciju dati 12 vecuma grupās no 7-18 gadiem. Grupu ar samazinātām lasīšanas ātruma iemaņām atlasīja, izmantojot vecuma grupas sadalījuma 10. procentīli pēc lasīšanas ātruma.

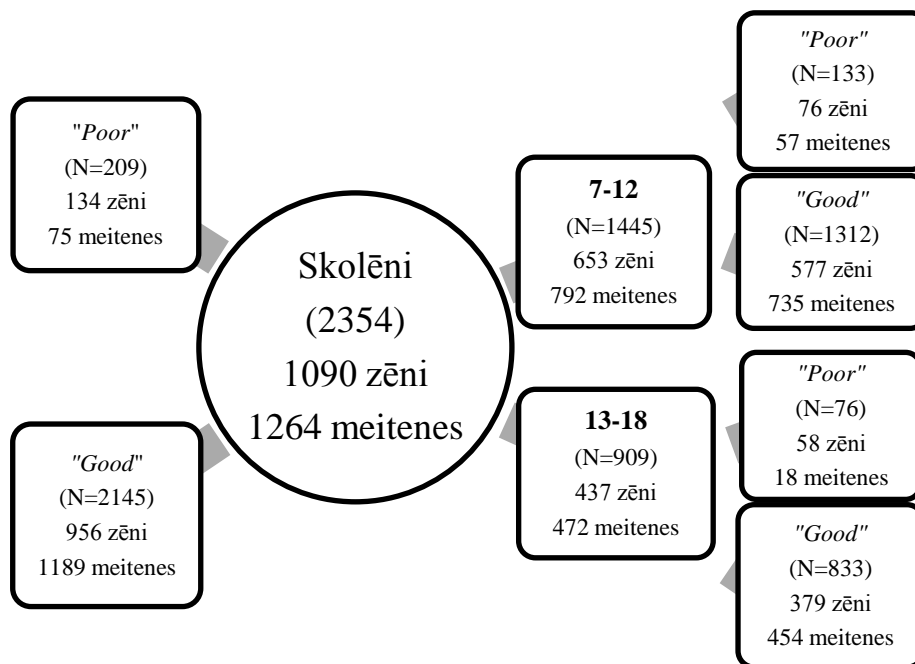
Literatūrā metodes, kādā veidā izdala mērķa grupas, ir atšķirīgas. Līdz ar to veidojas rezultāti, kurus ir grūti salīdzināt savā starpā. Biežāk pielietojamās metodes – 1 SD; 1,5 SD, 30. procentīle, 25. procentīle, 10. procentīle.

5.2.1. Dalībnieki

Pētījuma dati iegūti pateicoties ERAF un LU projektam „Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde”. Visu mērījumu izstrāde izveidota projekta ietvaros. Datu apstrādē izmantoti rezultāti par 16 Rīgas pilsētas izglītības iestādēm: Āgenskalna sākumskola, Baložu vidusskola, Ilģuciema vidusskola, Mārupes vidusskola, pamatskola „Rīdze”, Rīgas 49. vidusskola, Rīgas 85. vidusskola, Rīgas 94. vidusskola, Rīgas Centra Humanitārā vidusskola, Rīgas Hanzas vidusskola, Rīgas Igaņu pamatskola, Rīgas Imantas vidusskola, Rīgas Teikas vidusskola, Rīgas Valdorfa skola, Rīgas Ziepniekkalna sākumskola, Ziemeļvalstu ģimnāzija.

Pirmajā etapā tika izmantoti rezultāti par 1773 skolēniem, vecuma grupā no 6 līdz 11 gadiem, kas uz pētījuma brīdi mācījās 1. līdz 4. klasē. 52% (n=922) bija meitenes un 48% (n=851) atbilstoši zēni. No visiem pētījuma dalībniekiem 1006 lasītprasme tiek novērtēta redzes skrīninga laikā, savukārt 972 no tiem lasīšanas prasmes novērtēja skolas pedagogs, izmantojot lasītprasmes novērtēšanas anketu. Anketā lasītprasme, katram indivīdam novērtēja skalā no 1 līdz 4, kur 1 atbilda vājam lasītprasmei, 2 – viduvējai, 3-labai, 4- teicamai. Pedagogs, kas apmāca skolēnus, veica subjektīvu lasītprasmes novērtējumu katram dalībniekam. Datu analizē izmantoja skolēnus, kam redzes rakstu novērtēja kā binokulāru.

Otrā etapā analizēja datus par 2354 skolēniem, vecuma grupā no 7 līdz 18 gadiem. Vidējais skolēnu vecums sastāda 11,6±0,1 gadus. Savukārt, vecuma apakšgrupā no 7-12 gadiem vidējais vecums sastāda 9,5±0,2 gadi, bet no 13-18 gadiem – 14,5±0,2 gadi. Shēmā atainoti datu iedalīšanas principi pēc vecuma, dzimuma un lasītprasmes kategorijas. Apzīmējumi „Poor” norāda uz skolēnu grupu ar samazinātu lasīšanas ātrumu, bet „Good” uz grupu ar atbilstošu lasīšanas ātrumu vecuma grupā. Skatīt 5.1. attēlu.



5.1. attēls. Dalībnieku skaits, dzimums un lasītprasmes kategorija

5.2.2. Procedūra

Lasīšanas ātrumu novērtēja, izmantojot teksta skaļas lasīšanas testu (testa fizikālie parametri un procedūra aprakstīta I eksperimentā). Skolēnus ar samazinātu lasīšanas ātrumu jeb turpmāk mērķgrupas tika atlasītas pēc trīs veida kritērijiem: pirmajā etapā – 1,5 SD; 25. procentīle un skolotāja vērtējuma un pēc 10. Procentīles - otrajā etapā.

Redzes funkciju izvērtēšanai saistībā ar lasīšanas ātrumu, tika analizēti dati par redzes asumu tuvumā, akomodāciju, vergenci un konverģences darbību, heteroforijas lielumu tuvumā, un stereoredzi. Visi testi tika veikti binokulāri ar optisko korekciju, ja tāda bija nepieciešama.

Redzes raksturu tuvumā novērtēja kvalitatīvi ar TNO testa IV karti 40 cm attālumā. Sagaidāmās atbildes – binokulārs (redzes uztveres laikā iesaistās abas acis vienlaicīgi, veidojot vienotu attēlu), monokulārs (redzes uztveres laikā iesaistās tikai viena acs, veidojot vienu attēlu), vienlaicīgs (redzes uztveres laikā iesaistās abas acis, veidojot divus attēlus) un ļoti reti monokulāti alternējošs (redzes uztverē iesaistās secīgi abas acis, veidojot vienu attēlu) Stereoredzes sliksni līdzīgi kā redzes raksturu noteica kvantitatīvi ar TNO testu, izmantojot V, VI un VII karti. Globālās stereoredzes tests ir veidots pēc izklaidēto punktu metodes. Katra testa karte ir sadalīta 4 kvadrātos un katrā kvadrātā ir ieslēpts nepabeigts aplis, kur iztrūkstošā daļa ir vērsta dažādos virzienos. V karte satur divus 480 un divus 240 leņķa sekunžu lielus stereoredzes stimulus, savukārt VI karte - divus 120 un divus 60 un attiecīgi VII karte – divus 30 un divus 15.

Redzes asums tuvumu mērīja binokulāros apstākļos, izmantojot redzes asuma tabulu, kas veidota pēc *Bailey-Loe* principa, kur optotipu veids ir pieci burti rindā, kas leņķiskajos izmēros mainās pēc logMAR vienību sistēmas. Katra burta vērtība atbilst 0,02 logMAR vienībām. Testa izpildes attālumam 40 cm. Sagaidāmie rezultāti robežās no 0,0-1,0 LogMAR ar soli 0,02 logMAR. Ja skolēna redzes asums tuvumā ir zemāks par 0,10 logMAR jeb 0,8 DEC vienības, tad ir aizdomas par ametropijas eksistenci vai grūtībām fokusēt redzi tuvumā. Fokusācijas problēmas var radīt netikai apgrūtināta akomodācija vai pārmērīga tās darbība, bet arī konverģences traucējumi.

Otrajā etapā izmanto rezultātus arī par redzes asumu tālumā katrai acij atsevišķi, kas iegūti ar datorizēto Tomsona redzes skrīninga programmu (*Thomson (software solutions), Vision screener for schools*), izveidotu Londonas Pilsētas Universitātē (*London City University*). Skrīningā iegūtās redzes asuma vērtības atbilst 0,1 līdz 0,5 logMAR ar soli 0,02 logMAR, kas decimālajā skalā sastāda no 0,8 līdz 0,32 vienības. Aizdomas par miopiju bija pie redzes asuma $\leq 0,2$ logMAR kādā no acīm un situācijā, kad neapstiprinājās hipermetropija, bet pastāvēja sūdzības par redzes kvalitāti tālumā pie redzes asuma 0,1 logMAR. Par anizometropiju norādīja redzes asuma starpība lielāka vienāda par 0,1 logMAR. Hipermetropija tika pārbaudīta, izmantojot binokulāro fliperu tālumā ar +1,5 D un ar +2,5 D. Negatīva

testa rezultātā - dalībnieks nevarēja atpazīt nevienu burtu no 0,1 logMAR rindas ar +1,5 D lēcu un nevienu burtu no 0,2 logMAR rindas ar +2,5 D lēcu.

Akomodācijas tests ir modificēts akomodācijas viegluma novērtēšanas tests ar $\pm 2,0$ D fliperu, kur novērtē pusperioda izpildes laiku sekundēs. Rezultātu iegūst, vidējot 3 līdz 4 pusperiodu laikus. Fliperu secīgi mainīja no stāvokļa +2,0 D, kas atslābina akomodācijas darbību, uz stāvokli -2,0 D, kas stimulē akomodācijas pastiprinātu darbību. Testu veica 40 cm attālumā, izmantojot burtu matricu (5X5). Burta izmērs, atbilst 0,18-0,22 logMAR jeb 0,6-0,7 DEC vienībām. Lai kontrolētu testa kartes konstantu attālumu, pie kartes piestiprināja mēraukliņu, kuras galu skolēns turēja sev pie deniņiem. Ja dalībnieks nevarēja lasīt burtus ar kādu no lēcu pāriem, vai arī laiks, lai sāktu lasīt tekstu bija lielāks par 6 sekundēm, skolēnam iespējami bija akomodācijas un/vai vergēnces darbības traucējumi.

Vergēnces sistēmas darbības novērtēšanā pielietoja vergēnces viegluma testu, (prizmu fliperu 8 Δ BIE un 8 Δ BĀ), kas primāri novērtē vergēnces stāvokļa maiņas dinamiku un sekundāri kvalitatīvi novērtē vergēnces pozitīvo un negatīvo amplitūdu. Testa laikā novērtē laiku, kurā veic vienu vergēnces darbību – konverģenci vai diverģenci. Testa izpildes laikā skolēns skatās uz izolētu Snellena E optotipu, kas atbilst redzes asumam 0,1 logMAR. Pieliekot acīm 8 Δ BIE prizmu, stimulē diverģenci un izvērtē negatīvās fūziju rezerves. Pieliekot acīm 8 Δ BĀ, stimulē konverģenci un izvērtē pozitīvās fūziju rezerves. Pieliekot prizmas, skolēnam attēls sadubultojas. Atkarībā no fūziju lieluma un to darbības efektivitātes, noteiktā laikā veidojas bifoveāla fiksācija un attēls atkal veidojas viens. Testa veicējs uzņem laiku, skaitot sekundes, no prizmu pielikšanas brīža līdz brīdim, kad skolēns ziņopar to, ka optotips atkal ir viens. Veicot trešo ciklu, reģistrēja pusperioda laiku sekundēs, kas nepieciešams, lai saplūdinātu sadubultoto attēlu un atkal ieraudzītu izolētu optotipu. Tā kā liela daļa skolēnu nepamana dubultošanās brīdi vai arī nenovēro dubultošanos, testa izpildes laikā testa veicējs novēro skolnieka acu kustības, lai pamanītu, vai, pieliekot un noņemot prizmu fliperi, parādās raksturīgas acu kustības kā atbilde uz prizmu radītiem efektiem. Ja dalībnieks nav spējis testu veikt ar kādu no prizmu pāriem, vai arī laiks, lai saplūdinātu sadubultotos attēlus, ir lielāks par 4 sekundēm, skolēnam ir iespējama apgrūtināta vergēnces maiņas dinamika vai samazinātas fūzijas rezerves konkrētajā virzienā (negatīvās fūzijas rezerves, ja netiek galā ar 8 Δ BIE prizmu, un pozitīvās fūzijas rezerves, ja netiek galā ar 8 Δ BĀ prizmu).

Konverģenci mērija ar *RAF* lineālu. Noteica konverģences tuvuma punktu (KTP) un konverģences atjaunošanās punktu (KAP). Konverģences noteikšanai izmanto fiksācijas objektu – centrālu punktu, caur kuru iet cauri vertikāla līnija. KTP – nosaka attālumu centimetros, kad objekts sadubultojas, pie KAT – nosaka attālumu, kad objekts saplūst vienā. Izmantojot *RAF* lineālu, attālumu novērtē no vaigu kauliem, kas atrodas apmēram 1,5 - 2,0 cm attālumā no acs rotācijas centra. Rezultātu interpretācijā veic pārrēķinu. Līdz ar to par kritērijiem pieņēma: ja KTP ir 8 cm un lielāks vai KAP ir 13 cm un lielāks, mērot ar *RAF* lineālu, tas norāda uz konverģences nepietiekamu darbību. Konverģences nepietiekamas darbības vai pārmērīgas darbības novērtēšanai pielieto arī vairāku faktoru sakarības, ja $KTP > 5$ cm un NFR saplūdināšanas fāze norit ilgāk par 4 s vai eksoforija ir $\geq 4 \Delta$, tad iespējamās ir konverģences problēmas.

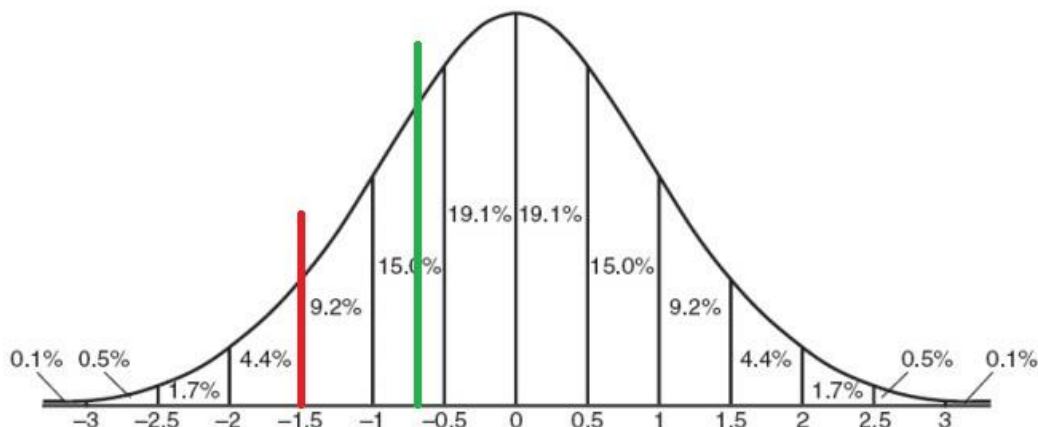
Heteroforiju novērtēšanai tuvumā, izmantoja modificēto Toringtona testu, nosakot heteroforijas lielumu prizmatiskajās dioptrijās (Δ). Testa veikšanai izmanto punktveida gaismas avotu (2,25 V), sarkano Madoksa cilindru un adaptēto Toringtona testa skalas, kura ir kalibrēta prizmatiskajās dioptrijās 40 cm attālumam. Skalas viena iedaļa atbilst 2 Δ . Ja skolēnam ezoforija ir lielāka par 6 Δ vai eksoforija ir lielāka par 12 Δ , tiek uzskatīts, ka varētu būt problēmas ar vergēnces darbību un palielinātu heteroforiju, kuru grūti izdodas kompensēt ar fūziju rezervēm. Tā kā heteroforiju kompensācija ir atkarīga no pretējām fūziju rezervēm, tad par funkciju darbības traucējumiem var spriest no vairāku faktoru likumsakarībām. Eksperimentā piemēroja kritērijus: ja eksoforija tuvumā ir lielāka par 4 Δ un PFR saplūdināšanas fāze norit ilgāk par 4 s un analogi – ezoforija lielāka par 4 Δ un NFR saplūdināšanas fāze norit ilgāk par 4 s, tiek iespējota heteroforijas dekompensācija.

Statistiskās analīzes veikšanai un attēlu konstruēšanai izmantoja programma *MS Excel*, kurā aprēķināja 1,5 standartdeviācijas (SD) (funkcija – *STDEV*), 25. procentili, p-vērtības (funkcija – *T-Test: Two - Sample Assuming Unequal Variances*) un korelāciju (*Data Analysis: Correlation*). Pielietoja datorprogrammu *GraphPad Prism 5.0* 10. procentiles aprēķināšanai. Visi korelācijas dati ir apskatāmi 2. pielikumā.

5.3. Redzes efektivitātes funkciju izvērtējums 1.-4. klases skolēniem

5.3.1. Lasītprasme

Lasīšanas ātruma datus, iegūtus skrīninga laikā, analizēja 1006 skolēniem. Lasīšanas ātruma normas noteica pēc 1,5 SD un 25. procentiles pa klašu grupām. Skatīt 5.2. attēlu.



5.2. attēls. Normāla sadalījuma līkne, kurā ar sarkanu līniju atdalīta 1,5 standartdeviācija un ar zaļu 25. procentile

5.2. attēlā uz x ass atainotas standartnovirzēm atbilstošās argumenta vērtības. Procenti norāda uz varbūtību, izteiktu procentos, kad izlases vērtības atradīsies šajā intervālā.

$$\int_{-\infty}^a f(x)dx = 0,067 \text{ un } \int_{-\infty}^b f(x)dx = 0,25 \quad (26)$$

Ja skolēns lasīja lēnāk par vecumam atbilstošo noteikto lasīšanas ātruma kritēriju, tad šie bērni tiek iekļauti mērķa grupā - skolēni ir ar samazinātu lasīšanas ātrumu, bet ja lasa atbilstoši vecuma grupai vai pat ātrāk - skolēni ar atbilstošu lasīšanas ātrumu. Skatīt 5.1. tabulu.

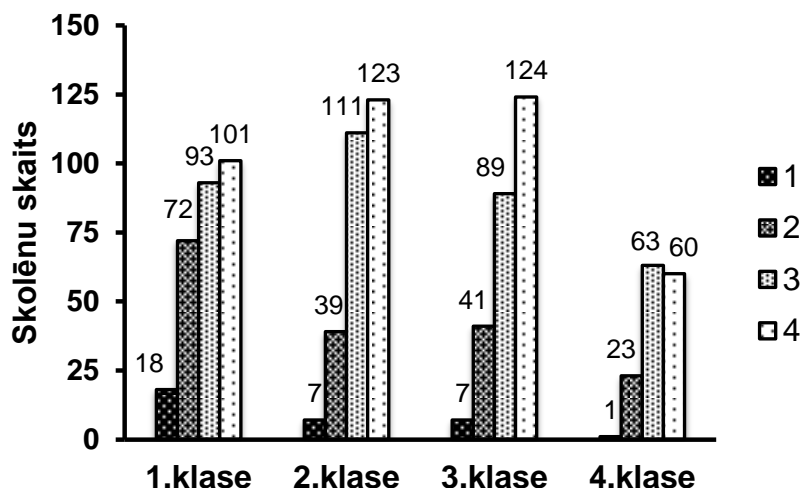
5.1. tabula

Lasīšanas ātruma vidējās vērtības un definētās normas

Klase	$\bar{x} \pm SE(\text{vārdi}/\text{min})$	1,5 SD	25. procentile
1.klase (n=272)	45±2	6	27
2.klase (n=215)	69±2	28	50
3.klase (n=289)	87±2	44	64
4.klase (n=230)	104±2	63	88

Pēc 1,5 standartdeviācijas 4% no skolēniem (n=39 [24 zēni; 15 meitenes]), kas piedalījās pētījumā, bija samazināts lasīšanas ātrums, savukārt atbilstošs lasīšanas ātrums bija 96% skolēnu (n=967 [422 zēni; 545 meitenes]). Pēc 25. procentiles 24,4% no skolēniem (n=245 [135 zēni; 109 meitenes]) bija samazināts lasīšanas ātrums, savukārt atbilstošs lasīšanas ātrums bija 75,6% skolēniem (n=761 [310 zēni; 451 meitenes]).

Pēc skolotāja vērtējuma ar 1 (vāju) lasītprasmi tika novērtēti 3%, ar 2 (viduvēju) - 18%, ar 3 (labu) - 37% un ar 4 (teicamu) - 42%. 1.-4. klases skolēnu sadalījums pa klasēm skolotāja novērtējuma ir apskatāms 5.3. attēlā.



5.3. attēls. Skolēnu skaita un lasītprasmes sadalījums pēc pedagoga novērtējuma pa klasēm

Turpmāk analizē, lasītprasmes sadalījums pēc pedagoga vērtējuma par 972 skolēniem tika iedalīts divās grupās, kur vērtējumi 1(vāji) un 2(viduvēji), tika apvienoti mērķa grupā un 3(labi), 4(teicami) vecumam atbilstošā lasītprasmes grupā. Rezultāti uzrāda, ka 21,4% no skolēniem (n=208 [129 zēni; 79 meitenes]) ir samazināts lasīšanas ātrums, savukārt atbilstošs lasīšanas ātrums ir 78,6% skolēnu (n=764 [367 zēni; 397 meitenes]). No izvēlētās atlasē metodikas, mērķa grupā nonāk dažāds procentuālais skolēnu skaits. Lasīšanas ātruma problēmas biežāk skar zēnus, līdzīgi kā citos izstrādātajos darbos, bet tam literatūrā pamatojuma nav īsti skaidrs.

Analizējot savstarpējo korelāciju starp skrīninga laikā novērtēto lasīšanas ātrumu un skolas pedagoga vērtējumu, ieguvām vidēji ciešu līdz ciešu korelāciju. 1. klases skolēnu vidū (r=0,61), 2. klases skolēnu vidū (r=0,50), 3. klases skolēnu vidū (r=0,70) un 4. klases skolēnu vidū (r=0,52).

5.3.2. Tuvuma redzes funkcijas un to ietekme uz lasītprasmi

Redzes asums tuvumā

Redzes asumu novērtēja visiem skolēniem (n=1006), kuriem lasīšanas ātrumu novērtēja skrīninga laikā. Pēc 1,5 SD lasīšanas ātruma normas sadalījuma, vidējais redzes asums skolēniem mērķa grupā bija 0,018±0,003 logMAR vienības, bet pamatgrupā – 0,015±0,001 logMAR vienības. Savukārt pēc 25.procentiles sadalījuma, vidējais redzes asums skolēniem mērķa grupā bija 0,020±0,004 logMAR vienības, bet skolēniem pamatgrupā – 0,013±0,001 logMAR vienības. Starp pētāmo grupu redzes asuma vērtībām nepastāv statistiski nozīmīga atšķirība, iedalot pēc 1,5 SD (p>0,05), bet pēc 25.procentiles atšķirība bija būtiska (p=0,05). Savukārt, redzes asuma tuvumā un lasīšanas ātruma novēroja vāju korelāciju (r=-0,14) tikai 1.klasē.

Redzes asumu, lielāku par 0,10 logMAR vienībām, atrada 1,6% skolēniem. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam redzes asums bija lielāks par 0,10 logMAR vienībām, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.2 tabulā. Visu redzes funkciju atbilstošie kritēriji norādīti 1. pielikumā.

5.2. tabula

Skolēnu daudzums ārpus normas tuvuma redzes asuma testā

>0,10 logMAR vienības		1,5 SD		25. procentīle		Skolas pedagoga vērtējums	
RA	Lēni lasošie	0	0,0%	6	2,4%	8	3,8%
Tuvumā	Pamatgrupā	16	1,7%	10	1,3%	15	2,0%

Redzes asums tuvumā, iedalot lasītprasmi pēc pedagoga vērtējuma, vidējās vērtības mērķa grupā bija 0,032±0,003 logMAR vienības, bet skolēniem pamatgrupā – 0,015±0,001 logMAR vienības. Starp pētāmo grupu redzes asuma vērtībām pastāv statistiski būtiska atšķirība (p<0,01), kā arī tiek atrasta vāja korelācija ar lasīšanas ātrumu (r=-0,18).

Redzes asums tuvumā, lielāku par 0,10 logMAR vienībām, novēroja 2,4% skolēniem. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam redzes asums ir lielāks par 0,10 logMAR vienībām, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.2.tabulā.

Akomodācijas vieglums

Akomodācijas darbību ar +/-2,0 D lēcām novērtēja 1003 skolēniem. 3 skolēni nespēja veikt testu zemā redzes asuma dēļ.

Akomodācijas testa daļai gan ar +2,0 D, gan -2,0 D lēcām starp grupām nepastāv statistiski nozīmīga atšķirība iedalot gan pēc 1,5 SD, gan pēc 25.procentiles ($p>0,05$). Korelācijas ar lasīšanas ātrumu uzrāda izteikti vāju saistību.

Aprūtinātu akomodācijas darbību ar +2,0 D novēroja 15,5% skolēnu (>6 sekundes) un ar -2,0 D (>6 sekundes) - 5,8% skolēniem. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kas veica testu ārpus normas, pa grupām un pēc lasīšanas ātruma noteikšanas veida, apskatāms 5.3. tabulā.

5.3. tabula

Skolēnu daudzums ārpus normas akomodācijas viegluma novērtēšanas testā

Ārpus normas (>6 sekundes)		1,5 SD		25. procentīle		Skolas pedagoga vērtējums	
AV +2,0 D	Lēni lasošie	4	10,3%	26	10,7%	40	19,2%
	Pamatgrupa	151	15,7%	129	17,0%	146	19,2%
AV -2,0 D	Lēni lasošie	0	0,0%	14	5,7%	22	10,6%
	Pamatgrupa	58	6,0%	44	5,8%	41	5,4%

Akomodācijas darbību ar +/-2,0 D lēcām pārbaudīja 970 skolēniem, kuriem lasītprasmi novērtēja skolas pedagogs. 2 skolēni nespēja veikt testu, zemā redzes asuma tuvumā dēļ. Akomodācijas testa daļai ar +2,0 D lēcām starp abām grupām nepastāv statistiski nozīmīga atšķirība ($p=0,06$), bet ar -2,0 D lēcām starp interesējošām grupām pastāv būtiska atšķirība ($p=0,03$). Statistiski nozīmīga korelācija ar lasītprasmi netiek atrasta akomodācijas testa daļai ar +2,0 D. Turklāt ar -2,0 D tiek atrasta ļoti vāja korelācija ($r=-0,11$).

Aprūtinātu akomodācijas darbību ar +2,0 D novēroja 19,2% skolēnu (>6 sekundes) un ar -2,0 D (>6 sekundes) tikai 6,5% skolēnu. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kas veica testu ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.3. tabulā.

Vergences vieglums

Vergence atbildes laiku ar prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ noteica visiem skolēniem ($n=1006$), kuriem lasītprasme bija novērtēta skrīninga laikā.

Vergences atbildes laikam ar prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ starp mērķa grupu un pamatgrupu nepastāv statistiski nozīmīga atšķirība, iedalot gan pēc 1,5 SD, gan pēc 25.procentiles ($p>0,05$), izņemot atbildes laiks ar prizmu 8 ΔBĀ, iedalot pēc 1,5 SD ($p=0,02$).

Vergences atbildes laiks ar prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ savā starpā uzrāda vidēji ciešu korelāciju ($r=0,56$). Atrastās korelācijas ar lasīšanas ātrumu uzrāda ļoti vāju sakarību, no kurām vāju korelāciju uzrādīja prizma ar 8 ΔBĀ 3. klases skolēnu vidū ($r=-0,12$).

Ārpus normas vergences atbildes laiku ar 8 ΔBIE novēroja 3,5% skolēnu un vergences atbildes laiks ar 8 ΔBĀ ir 2,6% skolēnu. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kas veica testu ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.4. tabulā.

5.4. tabula

Skolēnu daudzums ārpus normas vergences viegluma novērtēšanas testos

Ārpus normas		1,5 SD		25. procentīle		Skolas pedagoga vērtējums	
VV 8Δ BIE	Lēni lasošie	4	10,3%	11	4,5%	26	12,5%
	Pamatgrupa	31	3,2%	24	3,2%	52	6,8%
VV 8Δ BĀ	Lēni lasošie	2	5,1%	8	3,3%	12	5,8%
	Pamatgrupa	24	2,5%	18	2,4%	36	4,7%

Vergēnces atbildes laiku ar prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ noteica visiem skolēniem (n=972), kuriem lasītprasmi novērtēja skolas pedagogs. Starp abām grupām vergēnces atbildes laikam uz prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ nepastāv statistiski nozīmīga atšķirība (p>0,05).

Vergēnces atbildes laikam ar prizmām 8 ΔBIE un 8 ΔBĀ korelācija ir novērojama tikai savā starpā, kas bija vidēji cieša (r=0,55). Ar lasītprasmi netiek atrasta statistiski nozīmīga korelācija.

Ārpus normas vergēnces atbildes laiks ar 8 ΔBIE ir 8% skolēnu un vergēnces atbildes laiks ar 8 ΔBĀ ir tikai 4,9% skolēniem. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kas veica testu ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.4. tabulā.

Konverģences tuvuma un atjaunošanās punkts

Konverģenci noteica visiem skolēniem (n=1006), kuriem lasīšanas ātrumu novērtēja skrīninga laikā.

Pēc 1,5 SD sadalījuma, vidējais KTP lēnājiem lasītājiem bija 4,8±0,2 cm, bet skolēniem pamatgrupā – 4,77±0,03 cm. Savukārt pēc 25.procentiles sadalījuma, vidējais KTP skolēniem mērķa grupā bija 4,7±0,1 cm, bet skolēniem pamatgrupā – 4,79±0,03 cm. Starp interesējošām grupām statistiski nozīmīga atšķirība netika novērota (p>0,05).

Ārpus izvirzītās normas, apgrūtināta konverģences funkcijas bija atrasta 5,1% skolēnu pielietojot, gan viena faktora, gan divu faktoru rezultātu analīzi. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam konverģences spējas bija ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.5. tabulā.

5.5. tabula

Skolēnu daudzums ārpus normas KTP un KAP novērtēšanas testā

Ārpus normas		1,5 SD		25. procentile		Skolas pedagoga vērtējums	
KTP	Lēni lasošie	5	12,8%	10	4,1%	9	4,3%
	Pamatgrupā	46	4,8%	41	5,4%	57	7,5%
KAP	Lēni lasošie	0	0,0%	2	0,8%	3	1,4%
	Pamatgrupā	5	0,5%	4	0,5%	4	0,5%

Konverģenci noteica visiem skolēniem (n=972), kuriem lasītprasmi novērtēja skolas pedagogs. Vidējais KTP skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu bija 4,8±0,1 cm, bet skolēniem pamatgrupā – 4,82±0,03 cm, kas savstarpēji nav statistiski atšķirīgi (p>0,05).

Ārpus normas konverģence bija 6,8% skolēnu. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam konverģences spējas bija ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.5. tabulā.

Heteroforijas tuvumā

Heteroforijas lielumu noteica visiem skolēniem (n=1006), kuriem lasītprasmi novērtēja skrīninga laikā. Kopumā 18% skolēniem ir ortoforija, 27% - ezoforija un 55% - eksoforija. Skolēniem mērķa grupā, pēc 1,5 SD sadalījuma, ezoforijas lielums bija 2,3±0,4 Δ un eksoforijas lielums bija 3,8±0,7 Δ, bet skolēniem pamatgrupā ezoforija - 2,9±0,1 Δ un eksoforija – 3,7±0,1 Δ. Gan ezoforijas, gan eksoforijas lielums starp pētāmajām grupām nav būtiski atšķirīgs (p>0,05).

Savukārt, pēc 25. procentīles sadalījuma, skolēniem mērķa grupā ezoforijas lielums bija 3,2±0,3 Δ un eksoforijas lielums bija 3,8±0,2 Δ, bet skolēniem pamatgrupā ezoforija - 2,8±0,1 Δ un eksoforija – 3,7±0,1 Δ. Arī šeit ezoforijas, eksoforijas lielums starp pētāmajām grupām nav būtiski atšķirīgs (p>0,05). Starp heteroforijas lielumu un lasīšanas ātrumu tika atrasta ļoti vāja korelācija (r=-0,11) 1. un 2. klasē. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam heteroforijas lielums bija ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.6. tabulā.

Skolēnu daudzums ārpus normas heteroforijas novērtēšanas testā

Ārpus normas		1,5 SD		25. procentile		Skolas pedagoga vērtējums	
EZO	Lēni lasošie	0	0,0%	7	10,8%	9	13,6%
	Pamatgrupa	20	7,8%	13	6,5%	19	8,8%
EKSO	Lēni lasošie	1	4,5%	6	4,4%	1	0,9%
	Pamatgrupa	19	3,6%	14	3,3%	23	5,6%

Heteroforijas lielumu noteica visiem skolēniem (n=972), kuriem lasītprasmi novērtēja skolas pedagogs. Kopumā 17% skolēniem bija ortoforija, 29% - ezoforija un 54% - eksoforija. Skolēniem mērķa grupā ezoforijas lielums bija $4,0 \pm 0,3 \Delta$ un eksoforijas lielums bija $3,8 \pm 0,2 \Delta$, bet skolēniem pamatgrupā ezoforija - $2,8 \pm 0,1 \Delta$ un eksoforija - $3,9 \pm 0,2 \Delta$.

Gan ezoforijas, gan eksoforijas lielums starp pētāmajām grupām nav būtiski atšķirīgs ($p > 0,05$). Starp heteroforijas lielumu un lasītprasmi netiek atrasta būtiska korelācija. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam heteroforijas lielums ir ārpus normas, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.6. tabulā.

Stereoredze

Stereoredzi noteica 991 skolēnam, kam lasītprasmi novērtēja skrīninga laikā. Pēc 1,5 SD sadalījuma, vidējās stereoredzes vērtības skolēniem mērķa grupā bija 109 ± 15 leņķa sekundes, bet skolēniem pamatgrupā - 93 ± 3 leņķa sekundes. Savukārt pēc 25. procentiles sadalījuma, vidējās stereoredzes vērtības skolēniem ar samazināti lasīšanas ātrumu bija 94 ± 5 leņķa sekundes, bet skolēniem pamatgrupā - 94 ± 3 leņķa sekundes. Starp pētāmo grupu stereoredzes vērtībām nepastāv statistiska atšķirība iedalot gan pēc 1,5 SD, gan pēc 25. procentiles ($p > 0,05$), kā arī netiek atrasta korelācija ar lasīšanas ātrumu.

Stereoredze, kas ir lielāka par 240 leņķa sekundēm, bija sastopama 4,8% skolēnu. Stereoredze, kas bija lielāka par 120 leņķa sekundēm sastopama 9,6% skolēnu. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam stereoredze bija lielāka par 240 leņķa sekundēm, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.7. tabulā.

Skolēnu daudzums ārpus normas stereoredzes testā

>240 leņķa sekundes		1,5 SD (n=1006)		25. procentile		Skolas pedagoga vērtējums (n=972)	
STEREO	Lēni lasošie	4	10,3%	12	4,9%	13	6,25%
	Pamatgrupa	44	4,6%	36	4,7%	21	2,75%
>120 leņķa sekundes		1,5 SD		25. procentile		Skolas pedagoga vērtējums	
STEREO	Lēni lasošie	8	20,5%	31	12,7%	22	10,6%
	Pamatgrupa	89	9,2%	66	8,7%	45	5,9%

Analizējot stereoredzi 954 skolēniem pēc skolas pedagoga lasītprasmes vērtējuma ieguva, ka vidējās stereoredzes sliekšņa vērtības skolēniem ar lasīšanas grūtībām bija 111 ± 7 leņķa sekundes, bet skolēniem pamatgrupā - 82 ± 2 leņķa sekundes. Starp pētāmo grupu stereoredzes vērtībām pastāv statistiska atšķirība ($p = 0,04$), kā arī tiek atrasta ļoti vāja korelācija ar lasītprasmi ($r = -0,13$).

Stereoredze, kas ir lielāka par 240 leņķa sekundēm, bija 3,4% skolēnu. Stereoredze, kas bija lielāka par 120 leņķa sekundēm sastopama 6,9% skolēnu. Skolēnu skaits un procentuālais sadalījums, kam stereoredze bija lielāka par 240 leņķa sekundēm, pa grupām un lasīšanas normas noteikšanas veida, apskatāms 5.7. tabulā.

Ārpus normas redzes funkciju izplatības biežums, analizējot 1.-4. klases skolēnu redzes funkciju rezultātus pēc dažādiem lasīšanas ātruma kritērijiem.

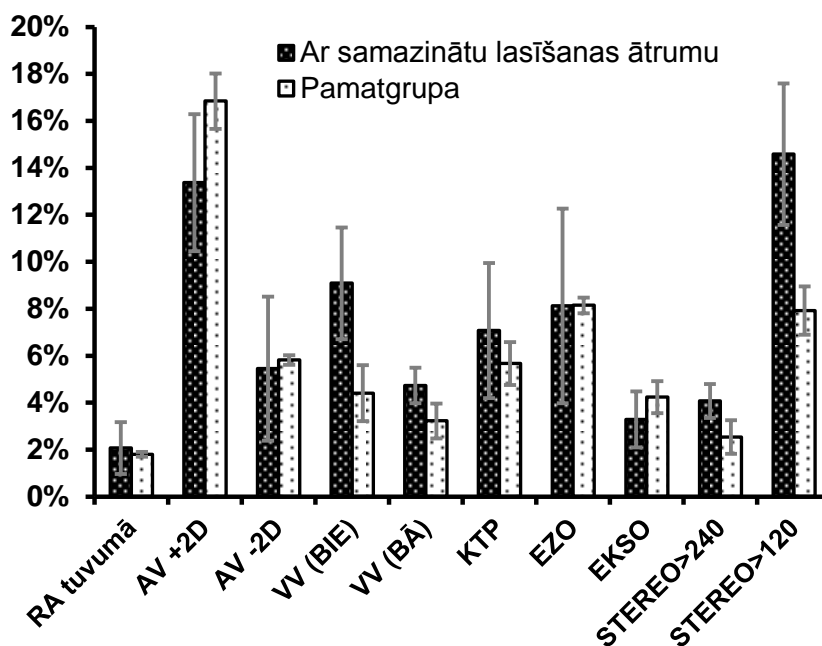
Novērtējot lasītprasmi redzes skrīningā kā lasīšanas ātrumu un iedalot pēc 1,5 SD kritērija, statistiski būtiska atšķirība pastāv starp laikiem vergēnces testa daļā ar prizmu 8 ΔBĀ ($p=0,02$), kas norāda uz traucētu pozitīvo fuzionālo vergēnci. Savukārt iedalot pēc 25. procentīles, statistiski būtiska atšķirība pastāv starp redzes asumu tuvumā ($p=0,05$).

Redzes funkcijas, kas kaut vai vāji korelē ar lasīšanas ātrumu ir redzes asums tuvumā ($r=-0,14$), vergēnces viegluma testa daļa ar prizmu 8 ΔBĀ ($r=-0,12$) un heteroforijas lielums ($r=-0,11$).

Savukārt veicot lasītprasmes iedalījumu pēc skolas pedagoga vērtējuma, statistiski būtiska atšķirība pastāv starp redzes asumu tuvumā ($p<0,01$), stereoredzi ($p=0,04$) un akomodācijas testa daļas veikšanas laikiem ar -2,0 D lēcām ($p=0,03$), kas norāda uz grūtībām sasprindzināt akomodāciju.

Redzes funkcijas, kas kaut vai vāji korelē ar lasītprasmi pēc skolas pedagoga vērtējuma, ir redzes asums tuvumā ($r=-0,18$), akomodācijas viegluma testa daļa ar -2,0 D lēcām ($r=-0,11$) un stereoredze ($r=-0,13$).

Analizējot redzes funkciju testu rezultātus, kuros skolēniem redzes funkcijas ir ārpus normas un kuriem ir samazināts lasīšanas ātrums gan pēc 1,5 SD, gan 10. procentīles, gan pēc pedagoga vērtējuma, vergēnces darbības dinamikas atbildes traucējumi un palielināts stereoredzes sliekšnis ir biežāk novērojami skolēniem ar mērķa grupā. Tātad fuzionālās vergēnces sistēmai un stereoredzes kvalitātei iespējams ir būtiskākā ietekme uz lasītprasmi. Statistiski pierādīt to neizdodas. Iegūtais rezultāts sakrīt ar literatūrā aprakstīto (Palomo-Alvarez, & Puell, 2010), (Kapoula, Bucci, Jurion, Ayoun, Afkhami, & Bremond-Gignac, 2007). Skatīt 5.4. attēlu.



5.4. attēls. Skolēnu procentuālais skaits, kas uzrāda rezultātus ārpus normas atbilstošajā redzes funkciju testā, apvienojot 1,5 SD, 25. procentīles un skolas pedagoga sadalījuma rezultātus

5.4. Tuvuma redzes efektivitātes funkciju izvērtējums 7-12 gadīgo un 13-18 gadīgo grupās

5.4.1. Teksta skaļas lasīšanas ātrums

Lasīšanas ātrumu novērtēja ar TSLĀ testu, kura tehniskie parametri un metodika ir aprakstīta 1 eksperimentā. Lasīšanas ātruma kritērija normas pēc 10. procentīles apskatāmas 5.8. tabulā. Ja lasīšanas ātrums atbilstošā vecuma grupā bija lēnāks nekā uzrādītais kritērijs, skolēnu ierindoja mērķa grupā, jeb lēno lasītāju grupā (Boets, Vandermosten, Cornelissen, Wouters, & Ghesquiere, 2011).

5.8. tabula

Teksta skaļas lasīšanas ātruma normas pēc 10. procentīles

Vecums (gadi)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kasīšanas ātruma kritērijs (vārdi/ min)	16	27	44	63	71	82	96	102	104	112	114	123

Eksperimenta otrajā daļā skolēnus iedalījām divās vecuma grupās: 7-12 gadīgie un 13-18 gadīgie. Pamatojums ir atšķirīga lasīšanas ātruma attīstības trajektorija šajās vecuma grupās. Līdz 13 gadu vecumam var novērot strauju lasīšanas ātruma attīstību, kur būtiskākie faktori ir atbilstošās valodas fonoloģijas, vārdu krājuma un artikulācijas attīstība. Tāpēc redzes efektivitātes funkciju neatbilstošā darbība ir sagaidāma biežāk vecuma grupā no 13-18 gadiem, kur iepriekšminēto faktoru attīstība un ietekme ir būtiski mazinājusies.

5.4.2. Redzes funkcijas un to ietekme uz lasīšanas ātrumu

7-12 gadu grupā, vidējais tuvuma redzes asums skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu bija $0,018 \pm 0,003$ logMAR vienības, bet pamatgrupā – $0,013 \pm 0,001$ logMAR. Savukārt, 13-18 gadu vecuma grupā, lēnajiem lasītājiem bija $0,003 \pm 0,001$ logMAR vienības, bet pamatgrupai – $0,008 \pm 0,0004$ logMAR vienības. Jaunākajā grupā starp pētāmo grupu redzes asuma vērtībām nepastāv statistiska atšķirība ($p > 0,05$), bet vecākajā grupā tā ir novērojama ($p = 0,006$). Tuvuma redzes asums ir būtiski atšķirīgs starp jaunāko un vecāko grupu ($p < 0,0001$). Klīniski šie rādītāji ir nebūtiski.

Heteroforijas lielums noteikts ($n = 2343$) skolēniem. Kopumā jaunākajā grupā 18% no skolēniem ir ortoforija, 26% - ezoforija un 54% - eksoforija, bet vecākajā grupā 17% no skolēniem ir ortoforija, 23% - ezoforija un 60% - eksoforija. Jaunākajā lēno lasītāju grupā vidējais ezoforijas lielums sastāda $2,9 \pm 0,5 \Delta$ un eksoforijas lielums $4,1 \pm 0,5 \Delta$, bet pamatgrupā ezoforija ir $2,8 \pm 0,2 \Delta$ un eksoforija ir $3,7 \pm 0,1 \Delta$. Izvērtējot 13-18 vecuma grupu, lēnajiem lasītājiem ezoforijas lielums vidēji ir $1,9 \pm 0,8 \Delta$ un eksoforijas lielums ir $4,1 \pm 0,5 \Delta$, bet vecākajā pamatgrupā vidējais ezoforijas lielums ir $3,5 \pm 0,3 \Delta$ un eksoforijas lielums ir $4,0 \pm 0,2 \Delta$. Gan ezoforijas, gan eksoforijas lielums starp pētāmajām grupām nav būtiski atšķirīgs ($p > 0,05$). Analizējot heteroforijas izlases grupās, jaunākā grupa uzrāda nozīmīgi atšķirīgas heteroforijas vērtības ($p < 0,01$).

7-12 gadu vecuma grupā, vidējās stereoredzes vērtības skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu ir 94 ± 7 leņķa sekundes, bet pamatgrupas skolēniem 90 ± 2 leņķa sekundes. Savukārt 13-18 vecuma grupā, vidējās stereoredzes vērtības lēnajiem lasītājiem ir 162 ± 21 leņķa sekundes, bet pamatgrupā 114 ± 4 leņķa sekundes. Starp pētāmo grupu stereoredzes vērtībām jaunākajā grupā nepastāv statistiska atšķirība, bet vecākajā grupā tā ir būtiska ($p = 0,03$).

Abās vecuma grupās starp lēnajiem lasītājiem būtiski atšķirīgas vērtības uzrāda RATuv ($p < 0,0001$), heteroforijas ($p = 0,024$), AV-2,0 D ($p = 0,004$) un stereoredze ($p = 0,01$). Abās vecuma izlasēs pamatgrupas skolēni uzrāda atšķirīgas vērtības RATuv ($p < 0,0001$), AV gan uz $+2,0$ D, gan uz $-2,0$ D atbildes laiku ($p < 0,0001$) un stereoredze ($p < 0,0001$).

Statistiski nozīmīgu korelāciju ar teksta skaļas lasīšanas ātrumu uzrāda visas redzes efektivitātes funkcijas izņemot KTP, analizējot visus eksperimenta dalībniekus. 5.9. tabulā uzrādītas visu novērtēto funkciju savstarpējās korelācijas, iekļaujot teksta skaļas lasīšanas ātruma uzdevumu, neraugoties uz vecuma grupu. Pelēkā krāsā uzrādītas statistiski nozīmīgās sakarības ($p < 0,05$). Starpfunkciju dalībnieku skaits norādīts virs diagonālās robežšķirtnes:

5.9. tabula

Redzes funkciju un TSLĀ testa savstarpējās korelācijas vecuma grupā no 7 līdz 18 gadiem

7-18 gadi	TSLĀ	RAOD	RAOS	RATuv	FORIJA	KTP	AV +2,0	AV -2,0	VV BIE	VV BĀ	STEREO
TSLĀ	2354	2354	2354	2354	2342	2343	2077	2276	2210	2297	2265
RAOD	0,13	2354	2354	2354	2342	2343	2077	2276	2210	2297	2265
RAOS	0,12	0,74	2354	2354	2342	2343	2077	2276	2210	2297	2265
RATuv	-0,15	0,02	0,03	2354	2342	2343	2077	2276	2210	2297	2265
FORIJA	-0,06	-0,03	-0,03	0,04	2342	2342	2067	2265	2209	2296	2264
KTP	0,03	-0,03	-0,04	0,01	-0,10	2343	2067	2266	2210	2297	2265
AV +2,0	-0,08	0,03	0,05	0,09	0,00	-0,02	2077	2028	1945	2022	1998
AV -2,0	-0,21	0,07	0,08	0,16	0,00	-0,01	0,31	2276	2138	2221	2190
VV BIE	-0,08	-0,01	-0,03	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	2210	2183	2147
VV BĀ	-0,06	0,02	0,03	0,05	-0,07	0,05	0,01	0,03	0,48	2297	2224
STEREO	0,06	0,03	-0,01	0,04	0,09	0,01	-0,01	-0,02	0,03	-0,02	2265

kur TSLĀ – teksta skaļas lasīšanas ātrums, RAOD – redzes asums tālumā labā acs, RAOS – redzes asums tālumā kreisā acs, RATuv – redzes asums tuvumā, FORIJA – heteroforijas lielums, AV+2,0 – akomodācijas vieglums ar +2,0D, AV-2,0 – akomodācijas vieglums ar -2,0D, BIE – verģences vieglums ar 8 ΔBIE, BĀ – verģences vieglums ar 8 ΔBĀ, STEREO – stereoredze.

Jaunākajā vecuma grupā no 7-12 gadiem statistiski nozīmīgu korelāciju ar TSLĀ uzrāda redzes asums tuvumā ($p < 0,0001$), akomodācijas atbilde uz -2,0 D fliperu ($p = 0,0001$), verģences atbilde uz 8 ΔBIE fliperu ($p = 0,018$) un verģences atbilde uz 8 ΔBĀ fliperu ($p = 0,014$). Skatīt 5.10. tabulu. Pelēkā krāsā uzrādītas statistiski nozīmīgās sakarības ($p < 0,05$). Starpfunkciju dalībnieku skaits norādīts virs diagonālās robežšķirtnes.

5.10. tabula

Redzes funkciju un TSLĀ testa savstarpējās korelācijas vecuma grupā no 7 līdz 12 gadiem

7-12 gadi	TSLĀ	RAOD	RAOS	RATuv	FORIJA	KTP	AV +2,0	AV -2,0	VV BIE	VV BĀ	STEREO
TSLĀ	1445	1445	1445	1445	1437	1437	1255	1382	1351	1411	1407
RAOD	0,09	1445	1445	1445	1437	1437	1255	1382	1351	1411	1407
RAOS	0,06	0,74	1445	1445	1437	1437	1255	1382	1351	1411	1407
RATuv	-0,11	0,07	0,14	1445	1437	1437	1255	1382	1351	1411	1407
FORIJA	-0,05	-0,11	-0,11	0,06	1437	1437	1248	1375	1351	1411	1407
KTP	0,02	-0,03	-0,04	0,03	-0,09	1437	1248	1375	1351	1411	1407
AV +2,0	0,01	0,02	0,05	0,06	-0,03	-0,01	1255	1214	1170	1223	1221
AV -2,0	-0,11	0,11	0,13	0,15	-0,01	0,01	0,27	1382	1292	1350	1345
VV BIE	-0,06	0,02	0,01	0,02	0,08	0,02	-0,02	0,00	1351	1334	1327
VV BĀ	-0,07	0,03	0,02	0,02	-0,03	0,02	0,01	0,02	0,51	1411	1382
STEREO	-0,04	0,04	0,04	0,08	0,08	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	1407

Vecākajā vecuma grupā no 13-18 gadiem statistiski nozīmīgu korelāciju ar TSLĀ uzrāda vienīgi akomodācijas atbilde uz -2,0 D fliperu ($p = 0,013$) un verģences atbilde uz 8 ΔBIE fliperu ($p = 0,019$). Skatīt 5.11. tabulu. Pelēkā krāsā uzrādītas statistiski nozīmīgās sakarības ($p < 0,05$). Starpfunkciju dalībnieku skaits norādīts virs diagonālās robežšķirtnes.

5.11. tabula

Redzes funkciju un TSLĀ testa savstarpējās korelācijas vecuma grupā no 13 līdz 18 gadiem

13-18 gadi	TSLĀ	RAOD	RAOS	RATuv	FORIJA	KTP	AV +2,0	AV -2,0	VV BIE	VV BĀ	STEREO
TSLĀ	909	909	909	909	905	906	822	894	859	886	858
RAOD	0,07	909	909	909	905	906	822	894	859	886	858
RAOS	0,06	0,78	909	909	905	906	822	894	859	886	858
RATuv	-0,02	0,19	0,12	909	905	906	822	894	859	886	858
FORIJA	0,00	0,01	-0,01	-0,07	905	905	819	890	858	885	857
KTP	0,00	-0,01	-0,05	0,12	-0,09	906	819	891	859	886	858
AV +2,0	-0,03	0,05	0,06	0,11	-0,01	-0,02	822	814	775	799	777
AV -2,0	-0,08	0,10	0,11	0,06	-0,01	0,00	0,36	894	846	871	845
VV BIE	-0,08	0,01	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	859	849	820
VV BĀ	-0,03	0,00	0,01	0,06	-0,08	0,07	0,00	0,00	0,44	886	842
STEREO	-0,05	-0,02	-0,07	0,01	0,07	0,04	-0,04	0,02	0,07	-0,03	858

Ārpus normas redzes funkciju izplatības biežums, analizējot 7-12 gadīgo skolēnu grupu salīdzinājumā ar 13-18 gadīgo skolēnu grupu pēc 10. procentīles lasīšanas ātruma kritērija.

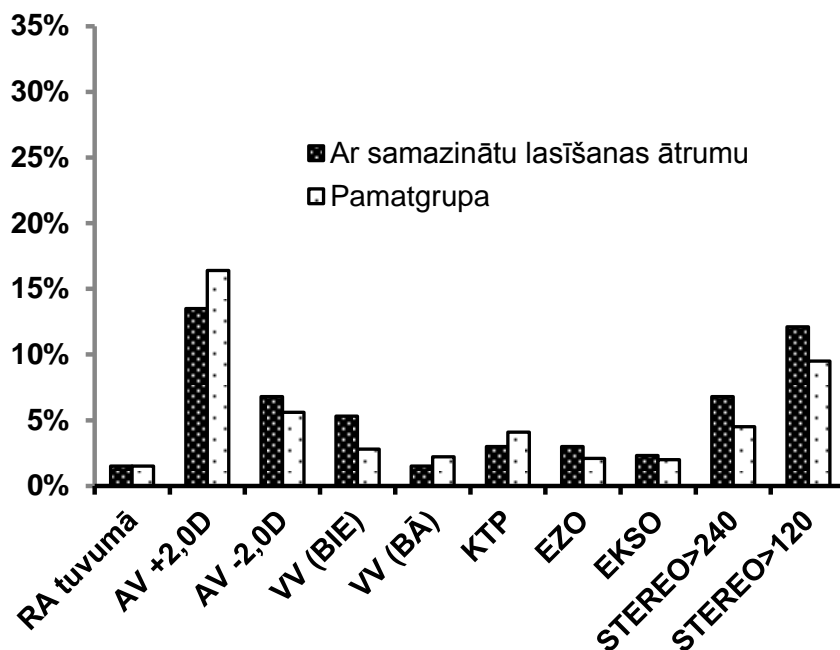
Ārpus normas redzes funkciju izplatības biežums, analizējot 7-12 gadīgo skolēnu grupu salīdzinājumā ar 13-18 gadīgo skolēnu grupu pēc 10. procentīles lasīšanas ātruma kritērija novēro, ka 13-18 gadīgo grupā pieaug to skolēnu skaits, kam tuvuma redzes asums vērtības atrodas zem noteiktā kritērija. Tāpat palielinās to bērnu skaits, kam ir attālināts konverģences tuvuma punkts un stereoredzes sliexnsis ir būtiski augstāks. Tas norāda, ka 13-18 gadīgo lēno lasītāju grupā, aktualizējas akomodācijas un verģences funkciju neatbilstoša darbība, kas visbūtiskāk ietekmē stereoredzes sliexnsi. Katram trešajam skolēnam vecuma grupā no 13-18 gadiem, kam ir samazināts lasīšanas ātrums, stereoredzes sliexnsis ir augstāks par 120 leņķa sekundēm. Skatīt 5.12.tabulu.

5.12..tabula

7-12 un 13-18 gadīgo skolēnu procentuālais skaits atbilstošajā lasītprasmes kategorijā, kur uzrādītās redzes funkcijas neatbilst izstrādātajiem kritērijiem

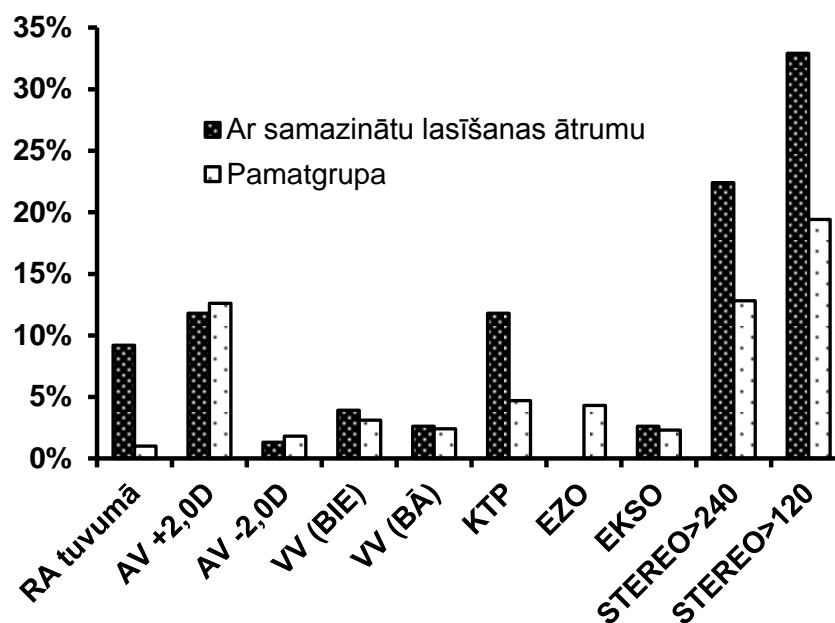
Funkcija	Ārpus normas	Grupa	7-12 gadīgie		13-18 gadīgie	
			n	%	n	%
RA Tuvumā	>0,10 LogMAR	Lēni lasošie	2	1,5%	7	9,2%
		Pamatgrupa	19	1,5%	8	1,0%
AV +2,0 D	>6 sekundes	Lēni lasošie	18	13,5%	9	11,8%
		Pamatgrupa	215	16,4%	105	12,6%
AV -2,0 D	>6 sekundes	Lēni lasošie	9	6,8%	1	1,3%
		Pamatgrupa	73	5,6%	15	1,8%
VV 8Δ BIE	BIE>4s un BĀ>4s; BIE>4s un KTP>5cm;	Lēni lasošie	4	5,3%	3	3,9%
		Pamatgrupa	37	2,8%	26	3,1%
VV 8Δ BĀ	BIE>4s un EZO>4Δ; BĀ>4s un EKSO>4Δ	Lēni lasošie	2	1,5%	2	2,6%
		Pamatgrupa	29	2,2%	20	2,4%
KTP	KTP>5cm un BIE>4s; KTP>5cm un EKSO>4Δ;	Lēni lasošie	5	3,0%	9	11,8%
		Pamatgrupa	53	4,1%	41	4,7%
EZO	EZO>6Δ	Lēni lasošie	4	3,0%	0	0,0%
		Pamatgrupa	28	2,1%	36	4,3%
EKSO	EKSO>12Δ	Lēni lasošie	3	2,3%	2	2,6%
		Pamatgrupa	27	2,0%	19	2,3%
STEREO	>240 leņķa sekundes	Lēni lasošie	9	6,8%	17	22,4%
		Pamatgrupa	59	4,5%	106	12,8%
STEREO	>120 leņķa sekundes	Lēni lasošie	16	12,1%	25	32,9%
		Pamatgrupa	124	9,5%	161	19,4%

5.5. attēlā atspoguļots 7-12 gadīgo skolēnu procentuālais skaits atbilstošajā lasītprasmes kategorijā, kur uzrādītās redzes funkcijas neatbilst izstrādātajiem kritērijiem.



5.5. attēls. Procentuālais skolēnu daudzums atbilstošā lasīšanas ātruma kategorijā, kuriem redzes funkcijas neatbilst izstrādātajām normām. Vecuma grupa no 7-12 gadiem.

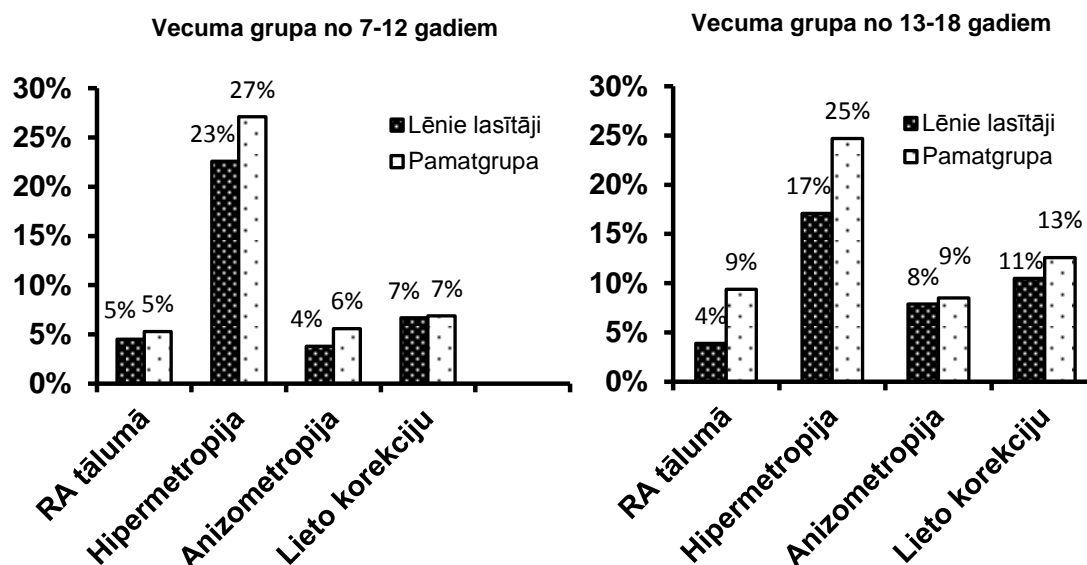
5.6. attēlā atspoguļots 13-18 gadīgo skolēnu procentuālais skaits atbilstošajā lasītprasmes kategorijā, kur uzrādītās redzes funkcijas neatbilst izstrādātajiem kritērijiem.



5.6. attēls. Procentuālais skolēnu daudzums atbilstošā lasīšanas ātruma kategorijā, kuriem redzes funkcijas neatbilst izstrādātajām normām. Vecuma grupa no 13-18 gadiem.

Redzes asuma samazinājums tūlumā virs 0,2 logMAR abās acīs ir sastopams vidēji 5-6% skolēnu. Tas ir līdzvērtīgs pēc bērnu skaita abās interesējošās grupās. Tuvredzība nav faktors, kas būtiski ietekmē lasīšanas ātrumu. Literatūrā tiek minēts, ka tālredzība vai hipermetropija ir biežāk sastopama redzes korekcijas anomālija pie lasīšanas grūtībām. Mēs novērojam, ka iespējamā hipermetropija mērķa grupā drīzāk ir retāk sastopama nekā vidēji vecuma grupā, netīši norādot uz iespējamo akomodācijas funkciju neadekvātu darbību. Arī literatūrā aprakstītās iespējamās anizotropija (redzes asuma atšķirība)

neuzrāda būtiski lielāku bērnu skaitu mērķa grupā. Tas, vai skolēns lieto optisko korekciju, neietekmē skolēnu skaita pieaugumu mērķa grupā. Skatīt 5.7. attēlu.



5.7. attēls. Skolēnu skaits, izteikts procentos, pēc iespējamā ametropijas veida dažādās vecuma un lasīšanas ātruma grupās

5.4.3. Daudzfaktoru lineārās regresijas analīze

Pielietojot multiplu lineāro regresijas analīzi visiem pētījuma dalībniekiem, analizējām redzes efektivitātes funkcijas kā 8 neatkarīgus faktorus, kas iespējams ietekmē pazīmi - lasīšanas ātrums. 7-18 gadīgo grupā, pēc ANOVA 8 faktoru lineārās regresijas analīzes, ir redzams, ka ar 95% ticamību var apgalvot, ka redzes asums tuvumā ($p < 0,0001$), akomodācijas atbilde uz -2,0 D fliperu ($p < 0,0001$), fuzionālās vergēnces atbilde uz 8 ΔBIE prizmu ($p = 0,01$), heteroforijas ($p = 0,01$) un stereoredze ($p = 0,001$) būtiski ietekmē teksta skaļas lasīšanas ātrumu. Redzes efektivitātes funkcijas izskaidro 7,4% lasīšanas ātruma, kur $F(8,1865) = 18,7$; $p < 0,0001$. Skatīt 5.13. tabulu.

5.13. tabula

Daudzfaktoru lineārās regresijas analīzes faktoru koeficienti, standartklūdas un būtiskuma līmenis

	koeficients	SE	P-value
Krustpunkt:	122,71	6,39	<0,00001
RATuv	-249,79	45,69	<0,00001
AV+2	-0,24	0,62	0,701
AV-2	-7,72	1,01	<0,00001
VV BIE	-2,91	1,14	0,011
VV BĀ	-1,57	1,53	0,304
FORIJA	-0,72	0,27	0,008
KTP	1,36	1,18	0,251
STEREO	0,02	0,01	0,001

Lai izdarītu secinājumu par svarīgāko redzes efektivitātes funkciju, kas izskaidro lasīšanas ātrumu, novērtējām ANOVA viena faktora lineārās regresijas analīzi visām redzes funkcijām atsevišķi. Redzes asums tuvumā var prognozēt 2,5%, akomodācijas -2,0 D fāzes izpildes laiks - 4,4%, fuzionālās vergēnces atbilde uz 8 ΔBIE prizmām - 0,7%, heteroforijas 0,4% un stereoredze 0,3% teksta skaļas lasīšanas ātrumu.

5.5. Standarta un apgrieztas kontrasta polaritātes stimulu uztvere

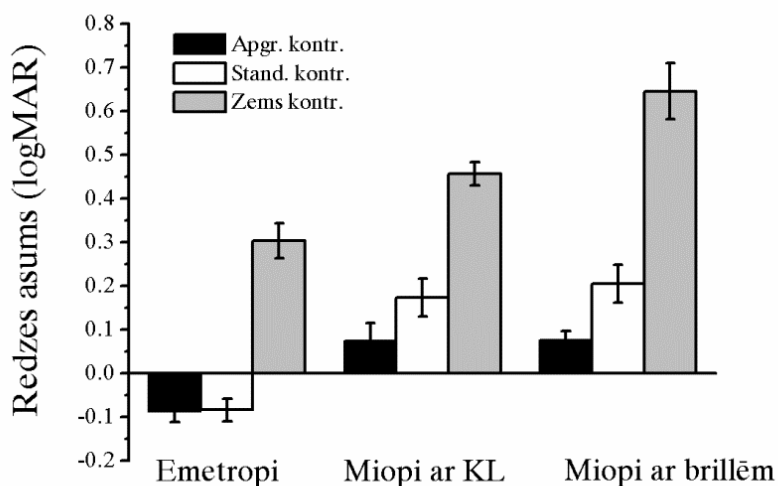
Viens no pirmajiem pētījuma virzieniem bija izvērtēt tīklenes neirālo darbību ar standarta un apgriezta kontrasta polaritātes stimuliem. Literatūrā apraksta, ka bērniem ar lasīšanas grūtībām novēro neadekvātu skotopisko tīklenes jutību, kas bieži asociējas ar redzes efektivitātes funkciju apgrūtinātu darbību (Scheiman, Blaskey, Ciner, & et al., 1990). Šī pētījuma mērķis bija izziņāt vai dalībniekiem ar tīklenes neirālās darbības īpatnībām (pētījumā pacientiem ar tuvredzību) apgrieztā kontrasta polaritāte uzlabo redzes asuma uztveri.

Kā jau tika aprakstīts pārskata daļā, parametrs, kurš var ietekmēt lasīšanas ātrumu, ir teksta kontrasts. To pazeminot, lasīšanas ātrums samazinās (Legge, & Bigelow, 2011); (Whittaker & Lovie-Kitchin, 1993). Lasīšanas spējas var ietekmēt arī teksta kontrasta polaritāte. Piemēram, vājredzīgiem cilvēkiem lasīšanas spējas dažreiz var uzlabot, ja tiek izmantots apgriezta kontrasta polaritātes (gaiši burti uz tumša fona) teksts, salīdzinot ar standarta (tumši burti uz gaiša fona) kontrasta tekstu (Rubin & Legge, 1989). Lasīšanas spēju uzlabojums ar apgriezta kontrasta tekstu tiek skaidrots ar faktu, ka apgriezta kontrasta stimulu uztveri mazāk ietekmē acī izkliedētā gaisma, salīdzinot ar standarta kontrasta stimulu uztveri.

Iespējams, ka arī cilvēkiem ar tuvredzību (miopiju) ir vieglāk uztvert apgriezta nekā standarta kontrasta stimulus. Uz to norāda citu autoru iegūtie rezultāti, kas atrod, ka pētījuma dalībniekiem ar tuvredzību ir novērojama labāka kontrastjutība ar apgriezta nekā standarta kontrasta polaritātes simboliem. Autori šo atšķirību dažāda kontrasta stimulu uztverē galvenokārt skaidro ar neirālām izmaiņām tuvredzīgu cilvēku tīklenēs (Stoimenova, 2007). Otrs skaidrojums - pie palielināta acs aksiālā garuma, kas ir bieža parādība pie tuvredzības, ir novērojams acī izkliedētās gaismas līmeņa pieaugums (Rozema, Van den Berd, & Tassignon, 2010) No tā var secināt, ka arī optisko faktoru dēļ cilvēki ar tuvredzību varētu labāk uztvert apgriezta nekā standarta kontrasta optotipus.

Lai pārbaudītu, vai cilvēkiem ar miopiju ir vieglāk uztvert apgriezta nekā standarta kontrasta simbolus, 11 dalībniekiem tika mērīts redzes asums ar abu kontrasta polaritāšu stimuliem. Mērījumi tika veikti ar dalībnieku ikdienā izmantoto optisko korekciju – brillēm vai kontaktlēcām. Kā kontrolgrupa pētījumā piedalījās 8 dalībnieki, kuriem nebija nepieciešama optiskā korekcija (emetropi). Pētījums tika veikts uz 20-22 gadīgiem studentiem. Papildus abām grupām tika novērtēts arī zema kontrasta redzes asums (~10%), bet šie dati šim darbam nav nozīmīgi un tālāk netiks aplūkoti.

Mērījuma rezultāti parādīja, ka dalībniekiem ar tuvredzību labāks redzes asums ir ar apgriezta nekā standarta kontrasta stimuliem, bet jāņem vērā fakts, ka daudziem dalībniekiem nebija pilna optiskā korekcija. Par to liecina vidējās redzes asuma vērtības, kas ne ar kontaktlēcām, ne ar brillēm nesasniedz standarta redzes asuma vērtību 0,00 logMAR vienības. Skatīt 5.8. attēlu.



5.8. attēls. Vidējās redzes asuma vērtības emetropiem un miopiem ar apgriezta, standarta un zema kontrasta stimuliem

Dalībniekiem ar miopiju, mērījumi tika veikti gan ar kontaktlēcām (KL), gan brillēm. Katrai mērījuma sērijai ir parādīta standartdeviācija. Mazāka vērtība uz y ass nozīmē labāku redzes asumu.

Atsevišķa rezultātu analīze dalībniekiem, kuri ikdienā lietoja pilnu optisko korekciju, parādīja, ka pie pilnībā izkorigētas miopijas nav būtiskas atšķirības starp standarta un apgriezta kontrasta redzes asuma vērtībām. No rezultātiem var secināt, ka miopijas gadījumā nepilna optiskā korekcija (optiskais defokuss) daudz vairāk pazemina standarta nekā apgriezta kontrasta stimulu uztveri. Kontrolgrupai bija novērojama līdzīga tendence kā miopiem ar pilnu korekciju - rezultāti ar abu kontrasta polaritāšu stimuliem nebija būtiski atšķirīgi ($p < 0,05$).

No pētījuma rezultātiem var secināt, ka bērniem ar pilnībā izkorigētu tuvredzību un lasīšanas grūtībām teksta uztveri nevar būtiski uzlabot, izmainot teksta kontrasta polaritāti. Būtiskākais ir tieši optiskā defokusa faktors nevis neirālās uztveres īpatnības.

5.6. Diskusija

Rezultāti parāda, ka skolēniem ar lasīšanas grūtībām ir ilgāka akomodācijas atbilde uz $-2,0$ D lēcām ($p=0,03$), lēnāks vergences atbildes ātrums uz $8 \Delta B\bar{A}$ ($p=0,02$) un $8 \Delta BIE$, lai gan statistiski būtiska atšķirība nav novērojama ($p=0,16$), kā arī samazināts redzes asums tuvumā ($p < 0,01$), augstāks stereoredzes sliekšnis ($p=0,04$) un iespējama ezoforija, lai gan nav statistiski būtiskas atšķirības ($p=0,09$), nekā skolēniem bez lasīšanas grūtībām. Jāpiemin, ka rezultātiem liela nozīme ir lasītprasmes iedalījuma veidam.

Iegūtos pētījuma rezultātus nav iespējams salīdzināt ar citu autoru darbiem kvantitatīvā līmenī. Tie parāda līdzīgas likumsakarības un būtiskākās redzes funkcijas, kuru rezultāti mainās no lasītprasmes kategorijas grupas. *Visual skills of poor readers in high school* (Grisham, Powers, & Riles) pētījumā tiek novērtēti skolēni, kas pēc skolotāju vērtējumu ir vai nav ar lasīšanas grūtībām. Tāpat kā citos pētījumos, arī šajā neizskaidrojamu apstākļu dēļ tiek novērots, ka lasītprasmes grūtības biežāk novērojamas zēniem nekā meitenēm. Šajā pētījumā skolēnu redzes traucējumi ir saistīti ar akomodācijas un vergenču sistēmas darbību. Pētījums pierāda saistību starp redzes traucējumiem un lasītprasmi, lai gan ir grūti definēt lasīšanas grūtību pakāpi (Grisham & Riles, 2007).

2010. gadā Austrijā veiktajā pētījumā redzes funkcijas tika novērtētas skolēniem ar lasīšanas un rakstīšanas grūtībām ($n=825$) un bez tām ($n=328$), vecumā grupā no 6-14 gadiem. Skolēni tika novērtēti kā neiroloģiski veseli un bez disleksijas. Šajā pētījumā netika atrasta statistiski nozīmīga atšķirība starp heteroforijas lielumu tālumā, taču tika atrasta statistiski nozīmīga atšķirība starp redzes asumu tālumā, eksoforijas lielumu tuvumā, akomodācijas amplitūdu, akomodācijas vieglumu, vergences vieglumu un konverģences tuvuma punktu. Gan izstrādātā pētījumā, gan Austrijas pētījumā skolēni ar lasīšanas grūtībām uzrādīja sliktākus rezultātus akomodācijas viegluma, vergences viegluma un eksoforijas lieluma testos (Dusek, Pierscionek, & McClelland, A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties, 2010). Pēc gada šie paši autori veica vēl vienu pētījumu, kas apskata vairāk kā vienu redzes funkciju attiecībā pret lasītprasmi. Arī šajā pētījumā tika izmantotas tādas pašas izmeklēšanas metodes kā iepriekš veiktajā pētījumā. Šeit statistiski nozīmīgu atšķirību novēroja starp akomodācijas un vergences viegluma testa rezultātiem (Dusek, Pierscionek, & McClelland, 2011).

Palomo-Alvarez & Puell, savā pētījumā tika novērtēja tikai akomodācijas funkcijas skolēniem vecumā no 8-13 gadiem. Pētījumā tika atklāts, ka bērniem ar lasīšanas grūtībām, bet bez disleksijas ir samazināta akomodācijas amplitūda un samazināts akomodācijas vieglums salīdzinot ar skolēniem bez lasīšanas grūtībām (Palomo-Alvarez & Puell, 2008). Mūsu pētījums uzrāda, ka tieši akomodācijas $-2,0D$ fāze tiek veikta būtiski ilgāk bērniem ar lasīšanas grūtībām atbilstošajā vecuma grupā.

5.7. Secinājumi

1. Septiņiem procentiem bērnu tuvuma redzes efektivitātes funkciju apgrūtināta darbība var ietekmēt lasīšanas ātrumu.
2. Skolēniem vecuma grupā no 7-12 gadiem ar samazinātu lasīšanas ātrumu ir ilgāka akomodācijas atbilde uz -2,0 D lēcām ($p=0,03$), lēnāks vergēnces atbildes ātrums uz 8 $\Delta B\bar{A}$ ($p=0,02$), kā arī samazināts redzes asums tuvumā ($p<0,01$) un augstāks stereoredzes sliekšnis ($p=0,04$) nekā skolēniem pamatgrupā. Skolēniem vecuma grupā no 13-18 gadiem ar lasīšanas grūtībām ir samazināts redzes asums tuvumā ($p<0,01$) un augstāks stereoredzes sliekšnis ($p=0,03$) nekā skolēniem atbilstošā pamatgrupā.
3. Skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu 13-18 gadīgo grupā biežāk novēro konverģences un stereoredzes traucējumus, kā arī samazinātu redzes asumu tuvumā, nekā 7-12 gadīgo grupā.

Papildus noteikts:

Ir pētīts teksta kontrasta polaritātes (melni burti uz balta fona vai pretēji) ietekme uz redzes uztveri. Iegūtie rezultāti parāda, ka izkoriģētas tuvredzības un samazināta lasīšanas ātruma gadījumā, uztveri nevar būtiski uzlabot, izmainot teksta kontrasta polaritāti.

Ir izpētīts, ka liela nozīme ir izvērtēt lasītprasmes novērtēšanas metodi un skolēnu sadalījumu ar vai bez lasīšanas grūtībām, lai izvairītos no neatbilstošas bērna spēju raksturošanas un maldinošiem rezultātiem. Vāju korelāciju ar lasīšanas ātrumu uzrādīja tādas funkcijas kā redzes asums tuvumā ($r=-0,18$ pēc pedagoga vērtējuma par lasītprasmi, $r=-0,11$, pēc 10. procentīles 7-12 gadīgo grupā), akomodācijas atbildes laiks un -2,0 D lēcām ($r=-0,11$ gan pēc pedagoga vērtējuma, gan pēc 10. procentīles jaunākajā grupā) un stereoredzes sliekšnis ($r=-0,13$ pēc pedagoga vērtējuma).

Vergēnces darbības dinamikas atbildes traucējumi ar 8 ΔBIE un 8 $\Delta B\bar{A}$ un palielināts stereoredzes sliekšnis ir biežāk novērojami tuvuma redzes efektivitātes traucējumi 1.- 4. klases skolēniem ar samazinātu lasīšanas ātrumu.

AIZSTĀVAMĀS TĒZES

1. Skolēnu lasīšanas ātruma pētījumi ar dažādiem vizuāliem un kognitīviem uzdevumiem parāda, ka attīstības trajektorijās ir divi posmi: strauja attīstība līdz 12 gadu vecumam un piesātinājuma apgabals sākot ar 13 gadiem. Informācijas daudzums laika vienībā, ko spēj uztvert redze, tiek kavēts kognitīvo un motoro procesu dēļ.
2. Vārda un nevārda uztveres apgabala kapacitāte - nosaucamo grafēmu skaits laika vienībā, ir straujākais process skolēnu lasīšanas ātruma attīstībā. Vārda uztvere laika vienībā ir par 27% efektīvāka nekā nevārda uztvere, kas parāda vārda semantisko nozīmi latviešu valodā vizuālajos un kognitīvajos uztveres procesos.
3. Stimulam ar ātri ($8^\circ/s$) kustīgiem punktiem, koherentas kustības uztveres sliekšņi ir nozīmīgi augstāki nekā stimuliem ar lēni kustīgiem punktiem ($2^\circ/s$). Salīdzinot skolēnus pēc lasītprasmes, grupā ar samazinātu lasīšanas ātrumu lēnās kustības koherences sliekšņi ir būtiski augstāki, norādot uz citādu kustības uztveres attīstības gaitu lēni kustīgiem stimuliem.
4. Samazinātu lasīšanas ātrumu 7% gadījumu nosaka redzes efektivitātes funkciju neadekvāta darbība. Svarīgākās redzes funkcijas ir redzes asums tuvumā, akomodācijas atbildes laiks uz $-2,0$ D stimulu, fuzionālās vergences atbildes laiks uz 8Δ BIE prizmu, heteroforijas lielums un paaugstināts stereoredzes sliekšnis.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Andersone, R., Maslo, I., Krūze, A., Rutka, L., & Zogla, I. (2010. gada 02. February). *Valsts izglītības standartiem atbilstošas mācību literatūras satūra izstrāde un izvērtēšana*. Ielādēts 2014. gada 01. August no http://visc.gov.lv: http://visc.gov.lv/vispizglitiba/saturs/dokumenti/metmat/mac_lit_izstrade_20100202.pd
2. Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multi-trace memory model of polysyllabic word reading. *Psychological Review*, *105*, 678-723.
3. Anthony, J. L., & Francis, D. J. (2005). development of phonological awareness. *American Psychological Society*, *14*(5), 255-259.
4. Atkinson, J., Anker, S., Evans, C., Hall, R., & Pimm-Smith, E. (1988). Visual acuity testing of young children with the Cambridge Crowding Cards at 3 and 6m. *Acta Ophthalmologica*, *66*, 505-508.
5. Badcock, D. R., Clifford, C. G., & Khuu, S. K. (2005). Interactions between luminance and contrast signals in global form detection. *Vision Research*, *45*, 881-889.
6. Badian, N. A. (1984). Reading disability in an epidemiological context: Incidence and environmental correlates. *Journal of Learning Disabilities*, *17*(3), 129-136.
7. Barlow, H., & Tripathy, S. (1997). Correspondence noise and signal pooling in the detection of coherent visual motion. *The Journal of Neuroscience*, *17*(20), 7954-7966.
8. Barnard, N., Crewther, S. G., & Crewther, D. P. (1998). Development of magnocellular function in good and poor primary school-age readers. *Optometry and Vision Science*, *75*(1), 62-68.
9. Bell, T. (2001). Extensive reading: speed and comprehension. *The reading matrix*, *1*(1), 1-12.
10. Ben-Gal, I. (2005). *Outlier detection. Data mining and knowledge discovery handbook: a complete guide for practitioners and researchers*. Kluwer Academic Publishers.
11. Bennett, A. G., & Rabbetts, R. B. (1984). *Clinical Visual Optics*. Bodmin, Cornwall: Butterworth Ltd.
12. Bernard, J. B., Kumar, G., Junge, J., & Chung, S. T. (2013). The effect of letter-stroke boldness on reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, *21*(84), 33-42.
13. Berninger, V. W., Abbott, R. D., Trivedi, P., Olson, E., Gould, L., Hiramatsu, S., u.c. (2010). Applying the multiple dimensions of reading fluency to assessment and instruction. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *28*(1), 3-18.
14. Birzniece, E. (2013. gada 28. July). *Kas ir disleksija*. Ielādēts 2014. gada 13. August no www.disleksija.lv: <http://www.disleksija.lv//kas-ir-disleksija>
15. Bischof, W. (1999). perception of coherent motion in random dot displays by pigeons and humans. *Perception and Psychophysics*, *6*, 1089-1101.
16. Björnsson, C. H. (1968). *Lasbarhet*. Stockholm: Liber.
17. Blake, R., & Shiffar, M. (2007). Perception of human motion. *Annual Review of Psychology*, *58*, 47-73.
18. Blignaut, P., & Beelders, T. (2009). The effect of fixation eye movements on fixation identification with a dispersion-based fixation detection algorithm. *Journal of Eye Movement Research*, *2*(5), 1-14.
19. Blika, S. (1982). Ophthalmological findings in pupils of a primary school with particular reference to reading difficulties. *Acta Ophthalmologica*, *60*(6), 927-934.
20. Boets, B., Vandermosten, M., Cornelissen, P., Wouters, J., & Ghesquiere, P. (2011). Coherent motion sensitivity and reading development in the transition from prereading to reading stage. *Child Development*, *82*(3), 854-869.
21. Bondarko, V., & Semenov, L. (2005). Visual acuity and the crowding effect in 8 to 17 year-old schoolchildren. *Human Physiology*, *31*, 532-538.
22. Bonneh, Y. S., Sagi, D., & Polat, U. (2007). Spatial and temporal crowding in amblyopia. *Vision Research*.
23. Bosse, M. L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: a cross-sectional study. *Journal of research in reading*, *32*(2), 230-253.
24. Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span hypothesis. *Cognition*, *104*, 198-230.
25. Braddick, O. (1995). Visual perception: seeing motion signals in noise. *Current Biology*, *5*(1), 7-9.

26. Braddick, O., & Qian, N. (2001). *Motion vision - computational, neural and ecological constraints*. (J. M. Zanker, & J. Zeil, Red.) Berlin: Springer.
27. Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2003). Normal and anomalous development of visual motion processing: Motion coherence and dorsal stream vulnerability. *Neuropsychologia*, *41*(13), 1769-1784.
28. Bruce, V., Green, R. P., & Georgeson, A. M. (2003). *Visual perception: physiology, psychology and ecology* (4th izd.). New York: Psychology Press.
29. Burr, D. C. (2004. gada 29. November). *Motion perception, elementary mechanisms*. Ielādēts 2014. gada 02. September no [http://wexler.free.: http://wexler.free.fr/library/files/burr%20%280%29%20motion%20perception,%20elementary%20mechanisms.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/burr%20%280%29%20motion%20perception,%20elementary%20mechanisms.pdf)
30. Buzzelli, A. (1986). Vergence facility: Developmental trends in a school age population. *American journal of optometry and physiological optics*, *63*, 351-355.
31. Carver, R. P. (1990). *Reading rate: A review of research and theory*. San Diego, CA: Academic Pres.
32. Cassanello, C. R., Edwards, M., Badcock, D. R., & Nishida, S. (2011). No interaction of first- and second-order signals in the extraction of global-motion and optic-flow. *Vision Research*, *51*, 352-361.
33. Chena, Y., Nakayama, D., Levya, S., & Matthissea, P. (2003). Processing of global, but not local, motion direction is deficient in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *6*, 217-227.
34. Chouake, T., Levy, T., Javitt, D. C., & Lavidor, M. (2012). Magnocellular training improves visual word recognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*(14), 1-6.
35. Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*, 204-256.
36. Cornelissen, P. L., Richardson, A., Mason, A., Fowler, S., & Stein, J. (1995). Contrast sensitivity and coherent motion detection measured at photopic luminance levels in dyslexics and controls. *Vision Research*, *35*(10), 1483-1494.
37. Cornelissen, P. L., Hansen, P. C., Hutton, J. L., Evangelinou, V., & Stein, J. F. (1998). Magocellular visual function and children`s single word reading. *Vision Research*, *38*(3), 471-482.
38. Cornelissen, P., Bradley, L., Fowler, S., & Stein, J. (1991). What children see affects how they read. *Developmental medicine and child neurology*, *33*, 755-762.
39. Cropper, S. J. (2001). Local and global motion signals and their interaction in space and time. J. M. Zanker, & J. Zeil, *Motion Vision - Computational, Neural, and Ecological Constraints* (lpp. 125-140). Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
40. Culham, J. (2001). Visual motion and the human brain: what has neuroimaging tolds us? *Acta Psychologica*, *107*, 69-94.
41. Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *TRENDS in Cognitive Sciences*, *9*(7), 335-341.
42. Demb, B. J., Boynton, M. G., Bent, M., & Hugar, J. D. (1998). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, *38*(11), 1555-1559.
43. Deng, L., Gwiazda, J., & Thorn, F. (2010). Childrens refractions and visual activities in the school year and summer. *Optometry and Vision Science*, *87*(6), 406-413.
44. Dusek, W., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2010). A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. *BMC Ophthalmology*, *10*(16), 447-458.
45. Dusek, W., Pierscionek, B. K., & McClelland, J. F. (2011). An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmology*, *11*(21), 1471-2415.
46. Eden, G. F., Van Meter, J. W., Rumsey, J. M., Maisog, J. M., Woods, R. P., & Zeffiro, T. A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, *362*, 66-69.
47. Eldredge, J. L. (2005). Foundations of fluency: an exploration. *Reading Psychology*, *26*, 161-181.
48. Ellemberg, D., Lewis, T. L., Dirks, M., Maurer, D., Ledgeway, T., Guillemot, J. P., u.c. (2004). Putting order into the development of sensitivity to global motion. *Vision Research*, *44*, 2403-2411.
49. Englund, J. A., & Palomares, M. (2012). The relationship of global form and motion to reading fluency. *vision Research*, *67*, 14-21.

50. Evans, B. J., Allens, P. M., & Wilkins, A. J. (2009). Vision and reading difficulties part 2: optometric correlates of reading difficulties. *Optometry Today*, 30-38.
51. Evans, G. A., Lambon Ralph, M. A., & Woollams, A. M. (2012). What's in a word? Aparametric study of esmantic influences on visual word recognition. *Psychon Bull Rev*, 19, 325-331.
52. Evans, J. W., & Pickwell, D. (2002). *Pickwells binocular vision anomalies:investigation and treatment*. Oxford: Reed Educational & Professional Publishing Ltd.
53. Fan, D. S., Lam, D. S., Lam, R. F., Lau, J. T., Chong, K. S., Cheung, E. Y., u.c. (2004). Prevalence, incidence, and progression of myopia of school children in Hong Kong. *Ophtalmology and Vision Science*, 45(4), 1071-1075.
54. Farkas, M. S., & Smothergill, D. W. (1979). Configuration and position encoding in children. *Child Development*, 50, 519-523.
55. Farroni, T., & Menon, E. (2008). *Visual perception and early brain development*. In: *Encyclopedia on early childhood development*. Montreal, Quebec: CEECD / SKC-ECD.
56. Feng, G. (2009). Mixed responses: why readers spend less time at unfavorable landing. *Journal of Eye Movement Research*, 3(2), 1-7.
57. Fletcher, J. M. (2009). Dyslexia: the evolution of a scientific concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(4), 501-508.
58. Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Boudousquie, A., Barnes, M. A., Schatschneider, C., & Francis, D. J. (2002). Assesment of reading and learning disabilities: A research- based intervention-oriented approach. *Journal of school psychology*, 40(1), 27-63.
59. Frith, U. (1986). A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 36, 67-81.
60. Galaburda, A. (2005). Dyslexia-a molecular disorder of neuronal migration. *Annals of dyslexia*, 55(2), 151-165.
61. Gall, R., Wick, B., & Bedell, H. (1998). Vergence facility:establishing clinical utility. *Journals of Optometry and Vision Science*, 75, 731-742.
62. Garzia, R. P., Richman, J. E., Nicholson, S. B., & Gaines, C. S. (1990). A new visual-verbal saccade test: the developmental eye movement test (DEM). *Journal of American optometric association*, 61(2), 124-135.
63. Glasser, D., & Tadin, D. (2011). Increasing stimulus size impairs first- but not second - order motion perception. *Journal of Vision*, 11(13), 1-8.
64. Griffin, J. R., Grisham, J. D., & Ciuffreda, K. J. (2002). *Binocular anomalies. Diagnosis and Vision therapy* (4th izd.). Woburn: Butterworth-Heinemann.
65. Grisham, D., & Riles, P. (2007). Visual skills of poor readers in high school. *Optometry*, 78, 542-549.
66. Grossberg, S. (1993). Neural dynamics of motion perception: direction fields, apertures, and resonant grouping. *Perception & Psychophysics*, 3(53), 243-278.
67. Grzywacz, N., & Merwine, D. (2003). *Directional Selectivity*. Ielādēts 2014. gada 02. September no <http://wexler.free.fr>: [http://wexler.free.fr/library/files/grzywacz%20\(0\)%20directional%20selectivity.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/grzywacz%20(0)%20directional%20selectivity.pdf)
68. Guillaume, S. (2010). *Masson dynamics of visual motion processing*. Berlin: Springer.
69. Hand, C. J. (2010). *An investigation into the perceptual and cognitive factors affecting word recognition during normal reading*. Glasgow: Glasgow Theses Service.
70. Hayward, J., Truong, G., Partanen, M., & Giaschi, D. (2011). Effects of speed, age, and amblyopia on the perception of motion-defined form. *Vision Research*(51), 2216-2234.
71. Heeger , D. (2006. gada 05. December). *Professor David Heeger Perception lecture notes: LGN and V1*. Ielādēts 2014. gada 13. August no www.cns.nyu.edu: <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/V1/lgn-V1.html>
72. Helveston, E. M., Weber, J. C., Miller, K., Robertson, K., Hohberger, G., Estes, R., u.c. (1985). Visual function and academic performance. *American Journal of Ophtalmology*, 99(3), 346-355.
73. Helviga, I., & Rakēviča, I. (2008). *Vienotas runas un rakstu sistēma pamatizglītības 1-4 klasē, metodiski ieteikumi skolotājiem*. Rīga: Izglītības satura un eksaminācijas centrs.
74. Ho, T. K., Hull, J. J., & Srihari, S. N. (1992). A word shape analysis approach to lexicon based word recognition. *Pattern Recognition Letters*, 13, 821-826.
75. Holladay, J. T. (1997). Proper method for calculating average visual acuity. *Journal of Refractive Surgery*, 13, 388-391.

76. Hoskyn, M. (2004). *Learning about learning disabilities* (3rd izd.). New York: Elsevier Academic Press.
77. Huestegge, L. (2010). Effects of vowel length on gaze durations in silent and oral reading. *Journal of Eye Movement Research*, 3(5), 1-18.
78. Hutchinsona, C., Arenaa, A., Allenb, H., & Ledgeway, T. (2012). Psychophysical correlates of global motion processing in the aging visual system: a critical review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(4), 1266-1272.
79. IDA. (bez datuma). *Internacional Dyslexia Association*. Ielādēts no www.interdys.org: <http://www.interdys.org/FAQWhatIs.htm>
80. Jacobs, K. (2007). *Defining reading disabilities: Multiple deficits behind one problem*. Lynchburg: Lynchburg College.
81. Jeon, S. T., Hamid, J., Maurer, D., & Lewis, T. L. (2010). Developmental changes during childhood in single-letter acuity and its crowding by surrounding contours. *Journal of experimental child psychology*, 107, 423-437.
82. Jimenez, R., Gonzalez, M. D., Perez, M. A., & Garcia, J. A. (2003). Evolution of accommodative function and development of ocular movements in children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 23, 97-107.
83. Jones, L. A., Sinnott, L. T., Mutti, D. O., Mitchell, G. L., Moeschberger, M. L., & Zadnik, K. (2007). Parental history of myopia, sport and outdoor activities, and future myopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 48(8), 3524-3532.
84. Kapoula, Z., Bucci, M. P., Jurion, F., Ayoun, J., Afkhami, F., & Bremond-Gignac, D. (2007). Evidence for frequent divergence impairment in French dyslexic children: deficit of convergence relaxation or of divergence per se? *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245(7), 931-936.
85. Kassaliete, E., Megne, E., Lācis, I., & Fomins, S. (2012). Visual word recognition in normal reading children and children with reading difficulties. *Latvian Journal of Physics and technical sciences*, 49(5), 32-39.
86. Kaufman, P. L., Alm, A., & Adler, F. H. (2003). *Adler's physiology of the eye: Clinical application* (10th izd.). Mosby.
87. Kedzia, B., Tondel, G., & Pieczyrak, D. (1999). Accommodative facility test results and academic success in Polish second grades. *Journal of American Optometry Association*, 70, 110-116.
88. Khuu, S. K., & Badcock, D. R. (2002). Global speed processing: evidence for local averaging within, but not across two speed range. *Vision Research*, 42(28), 3031-3042.
89. Kiely, P., Crewther, S., & Crewther, D. (2001). Is there an association between functional vision and learning to read? *Clinical and Experimental Optometry*, 84, 346-353.
90. Kirchner, H., & Thorpe, S. J. (2006). Ultra - rapid object with saccadic eye movement: Visual processing speed revisited. *Vision Research*, 46, 1762-1776.
91. Kline, W. D., Schieber, F., Abusamra, C. L., & Coyne, C. A. (1983). Age, the eye and the visual channels: Contrast sensitivity and response speed. *Journal of Gerontology*, 38(2), 211-216.
92. Klotiņa, I. (2008). *Mācību literatūras izdevumu veidošanas noformējuma pamati*. Ielādēts 2014. gada 01. August no <http://www.bilingvals.lv>: http://www.bilingvals.lv/uploads_docs/A2_Klotina_Macibu_gramatas_1298358695.pdf
93. Krantz, J. (bez datuma). *Experiencing sensation and perception*. 2012: Pearson.
94. Krischer, C. C., & Zangemeister, W. H. (2007). Scanpaths in reading and picture viewing: computer-assisted optimization of display conditions. *Computers in Biology and Medicine*, 37(7), 947-956.
95. Kwon, M. Y., Legge, G. E., & Dubbels, B. R. (2007). Developmental changes in the visual span for reading. *Vision Research*, 47, 2889-2900.
96. Larson, K. (2004. gada July). *The science of word recognition*. Ielādēts 2014. gada 31. July no <http://www.microsoft.com>: <http://www.microsoft.com/typography/ctfonts/WordRecognition.aspx>
97. Lassus-Sangosse, D., N'Guyen-Morel, M. A., & Valdois, S. (2008). Sequential or simultaneous visual processing deficit in developmental dyslexia. *Vision Research*, 48, 979-988.
98. Laycock, R., Crewther, S. G., Kiely, P. M., & Crewther, D. P. (2006). Parietal function in good and poor readers. *Behavioral and Brain Function*, 2(26), 1-14.
99. Leek, M. R. (2001). Adaptive procedures in psychophysical research. *Perception & Psychophysics*, 63(8), 1279-1292.

100. Legge, G. E. (2007). *Psychophysics of reading in normal and low vision*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
101. Legge, G. E., & Bigelow, C. A. (2011). Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography. *Journal of Vision*, 11(5)(8), 1-22.
102. Legge, G. E., Ahn, S. J., Klitz, T. S., & Luebker, A. (1997). Psychophysics of reading - XVI. The visual span in normal and low vision. *Vision Research*, 37(14), 1999-2010.
103. Legge, G. E., Cheung, S. H., Yu, D., Lee, H. W., Owens, D. P., & Chung, S. T. (2007). The case for the visual span as a sensory bottleneck in reading. *Journal of Vision*, 7(2:9), 1-15.
104. Legge, G. E., Mansfield, J. S., & Chung, S. L. (2001). Psychophysics of reading. XX. Linking letter recognition to reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, 41, 725-734.
105. Lehmkuhle, S., Garzia, R., Turner, L., Hash, T., & Baro, J. A. (1993). Defective visual pathway in children with reading disability. *The New England Journal of Medicine*, 328(14), 989-996.
106. Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2006). *The neurology of eye movements, Fourth Edition*. Oxford: University Press.
107. Lennon, J. E., & Slesinski, C. (2002). *comprehensive test of phonological processing (CTOPP): cognitive- linguistic assessment of severe reading problems*. Ielādēts 2014. gada 31. July no <http://alpha.fdu.edu>: http://alpha.fdu.edu/psychology/comprehensive_test_of_phonologic.htm
108. Levi, D. M. (2008). Crowding- an essential bottleneck for object recognition: a mini-review. *Vision Research*, 48, 635-654.
109. Levy, B. A., Abello, B., & Lysynchuk, L. (1997). Transfer from word training to reading in context: Gains in reading fluency and comprehension. *Learning disabilities quarterly*, 20, 173-188.
110. Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 7943-7947.
111. Lobier, M., Dubois, M., & Valdois, S. (2013). The role of visual processing speed in reading speed development. *PLOS ONE*, 8(4: e58097), 1-10.
112. Lovegrove, W. J., Bowling, A., Badcock, B., & Blackwood, M. (1980). Specific reading disability: differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*, 210, 439-440.
113. Lovegrove, W. J., Martin, F., & Slaghuis, W. (1986). A theoretical and experimental case for visual deficit in specific reading disability. *Cognitive Neuropsychology*, 3, 225-267.
114. Lūse, K. (2008). *bioloģiskās kustības uztvere optiski trokšņainā vidē*. Rīga: Latvijas Universitāte.
115. Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). Defining dyslexia, comorbidity, teachers knowledge of language and reading: a definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, 53, 1-14.
116. Manning, C., Aagten-Murphy, D., & Pellicano, E. E. (2012). The development of speed discrimination abilities. *Vision Research*, 70, 27-33.
117. Martelli, M., DiFilippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4:(14)), 1-18.
118. Martens, V. E., & de Jong, P. F. (2006). The effect of word length on lexical decision in dyslexic and normal reading children. *Brain and Language*, 98, 140-149.
119. Martin, M. O., Mullis, I. V., & Kennedy, A. M. (2007). *PIRLS 2006 technical report*. Boston College. Boston: Chestnut Hill, MA:TIMSS&PIRLS International Study Center,.
120. Martinez-Conde, S. (2005). The role of eye movements during visual fixation. *Barrow Quarterly*, 21(3), 44-46.
121. Mason, R. L., Gunst, R. F., & Hess, J. L. (2003). *Statistical design and analysis of experiments. With applications to engineering and science*. (2nd izd.). John Wiley & Sons Publication.
122. Masson, G. S., Mestre, D. R., & Stone, L. S. (1999). Speed tuning of motion segmentation and discrimination. *Vision Research*, 39(26), 4297-4308.
123. Masson, S. (1999). Speed tuning of motion segmentation and discrimination. *Vision Research*, 39(26), 4297-4308.
124. McCallum, R. S., Bell, S. M., Below, J. L., Choate, S. M., & McCane, S. J. (2006). What is the role of working memory in reading relative to the big three processing variables (orthography, phonology, and rapid naming)? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 24(3), 243-259.
125. McCandliss, B. D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: Expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in cognitive sciences*, 7(7), 293-299.
126. Medne, Z. (2010). *Redzes refraktīvie defekti skolas vecuma bērniem*. Rīga: LU Fizikas un Matemātikas fakultāte.

127. Melby-Lervag, M., Lyster, S.-A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, *138*(2), 322-352.
128. Milne, E., Swettenham, J., Hansen, P., Campbell, R., Jeffries, H., & Plaisted, K. (2002). High motion coherence thresholds in children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *43*(2), 255-263.
129. Moats, L., & Tolman, L. (2009). *Types of reading disability*. Ielādēts 2012. gada 12. November no www.readingrockets.org: <http://www.readingrockets.org/article/28749>
130. Moret-Tatay, C., & Perea, M. (2011). Do serifs provide an advantage in the recognition of written words? *Journal of Cognitive Psychology*, *23*(5), 619-624.
131. Motsch, S., & Muhlenduck, H. (2000). Frequency of reading disability caused by ocular problems in 9- and 10-year-old children in a small town. *Strabismus*, *8*(4), 283-285.
132. Mubanga, E. (2010). *the nature and prevalence of reading and writing difficulties in grade two under the primary reading programme: the case of twelve basic schools in the north province of Zambia*. University of Zambia.
133. Nazir, T. A., Ben-Boutayab, N., Decoppet, N., Deutsch, A., & Frost, R. (2004). Reading habits, perceptual learning, and recognition of printed words. *Brain and Language*, 294-311.
134. Nicolson, R. I.; Fawcett, A. J. (1990). Automaticity: A new framework for dyslexia research? *Cognition*, *35*(2), 159-182.
135. Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2008). *Dislexia, learning, and brain*. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.
136. Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual review of psychology*, *63*, 427-452.
137. O'Brien, A. B., Mansfield, S. J., & Legge, E. G. (2000). The effect of contrast on reading speed in dyslexia. *Vision Research*, *40*(14), 1921-1935.
138. O'Brien, B. A., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (2005). The effect of print size on reading speed in dyslexia. *Journal of Research in Reading*, *28*(3), 332-349.
139. Oquist, G. (2001). *Adaptive rapid serial visual presentation*. Language engineering programme, Department of Linguistics. Uppsala: Uppsala University.
140. Owsley, C. (2003). Contrast sensitivity. *Ophthalmology Clinics of North America*, *16*, 117-177.
141. Palmer, E. S. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. Massachusetts: MIT Press Cambridge.
142. Palomares, M., & Shannon, M. T. (2013). Global dot integration in typically developing children and in Williams Syndrome. *Brain and Cognition*, *83*, 262-270.
143. Palomo-Alvarez, C., & Puell, M. C. (2008). Accommodative function in school children with reading difficulties. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, *246*(12), 1769-1774.
144. Palomo-Alvarez, C., & Puell, M. C. (2010). Binocular function in school children with reading difficulties. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, *248*(6), 885-892.
145. Pammer, K., Hansen, P., Holliday, I., & Cornillissen, P. (2006). Attentional shifting and the role of the dorsal pathway in visual word recognition. *Neuropsychologia*, *44*, 2926-2936.
146. Paretson, D. G., & Tinker, M. A. (1929). Studies of typographical factors influencing speed of reading. II Size of type. *Journal of applied psychology*, *13*(2), 120-130.
147. Paris, S. G. (2005). *Reading development in the early years: Instructional, assessment, and educational policies*. Singapore: Centre for research in pedagogy and practice national institute of education.
148. Parrish, E. E., Giaschi, D. E., Boden, C., & Dougherty, R. (2005). The maturation of form and motion perception in school age children. *Vision Research*, *45*, 827-237.
149. Pavlidis, G. T. (1985). Eye movements in dyslexia: their diagnostic significance. *Journal of Learning Disabilities*, *18*(1), 42-50.
150. Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: Distinguish feature integration from detection. *Journal of Vision*, *4*, 1136-1169.
151. Pelli, D. G., Tillman, K. A., Freeman, J., Su, M., Berger, T. D., & Majaj, N. J. (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, *26*(7(2):20), 1-36.
152. Pellicano, E., & Gibson, L. Y. (2008). Investigating the functional integrity of dorsal visual pathway in autism and dyslexia. *Neuropsychologia*, *46*(10), 2593-2596.

153. PISA. (2012). *Council conclusions on reference levels of European average performance in education and training*. Ielādēts 2014. gada 20. September no http://nces.ed.gov/surveys/pisa/pisa2012/pisa2012highlights_5_1.asp: <http://nces.ed.gov>
154. Plaza, M., & Cohen, H. (2003). The interaction between phonological processing, syntactic awareness, and naming speed in the reading and spelling performance of first-grade children. *Brain and Cognition*, 53, 287-292.
155. Powell, J. M., Birk, K., Cummings, E. H., & Ciol, M. A. (2005). The need for adult norms on the developmental eye movements test (DEM). *Journal of behavioral optometry*, 16(2), 38-40.
156. Protopapas, A., Altani, A., & Georgiou, G. K. (2013). Development of serial processing in reading and rapid naming. *Journal of experimental child psychology*, 116, 914-929.
157. Ramus, F., Pidgeon, E., & Frith, U. (2003). The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *Journal of child psychology and psychiatry*, 44(5), 712-722.
158. Rayner, K. (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41, 211-236.
159. Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
160. Rayner, K., & Duffy, S. A. (1986). A lexical complexity and fixation times in reading: effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory&Cognition*, 14(3), 191-201.
161. Rayner, K., & Reichle, E. D. (2010). Models of the reading process. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(6), 787-799.
162. Reichle, E. D. (2000). *Comparing the E-Z Reader model to other models of eye movement control in reading*. Ielādēts 2014. gada 06. August no <http://cogprints.org>: <http://cogprints.org/1169/3/raynerbbs.pdf>
163. Reichle, E. D. (2002). The E-Z reader model of eye movement control in reading: comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences Cambridge University Press*, 18-56.
164. Reichle, E. D., Pollatsek, A., Fisher, D. L., & Rayner, K. (1998). Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review*, 105(1), 125-157.
165. Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (2003). The E-Z reader model of eye movement control in reading: Comparison to other models. *Behavioral and Brain Sciences*, 26, 445-526.
166. Reinagel, P. (2013). Speed and accuracy in a visual motion discrimination task as performed by rats. *Plos one*.
167. Rheingans, P. (2003). *Motion and interaction*. Maryland: University of Maryland Baltimore County.
168. RidderIII, W. H., Borsting, E., & Banton, T. (2001). All developmental dyslexic subtypes display an elevated motion coherence threshold. *Optometry and Vision Science*, 78(7), 510-517.
169. Ritty, J. M., Solan, H. A., & Cool, S. J. (1993). Visual and sensory-motor functioning in the classroom: a preliminary report of ergonomics demands. *Journal of American Optometry Association*, 64, 238-244.
170. Rosazza, C., Cai, Q., Minati, L., Paulignan, Y., & Nazir, T. A. (2009). Early involvement of dorsal and ventral pathways in visual word recognition: an ERP study. *Brain Research*, 3, 32-44.
171. Rozema, J. J., Van den Berd, T. J., & Tassignon, M. J. (2010). Retinal straylight as a function of age and ocular biometry in healthy eyes. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(5), 2795-2799.
172. Rubin, G. S., & Legge, G. E. (1989). Psychophysics of reading. VI-the role of contrast in low vision. *Vision Research*, 29(1), 79-91.
173. Savage, R., & Frederickson, N. (2005). Evidence of a highly specific relationship between rapid automatic naming of digits and text-reading speed. *Brain and language*, 93, 152-159.
174. Schall, J. D. (2004). On the role of frontal eye field in guiding attention and saccades. *Vision Research*, 44(12), 1453-1467.
175. Scheiman, M. (2002). *Understanding and managing vision deficits: a guide for occupational therapists* (2nd izd.). New Jersey: SLACK Incorporated.
176. Scheiman, M. M., & Rouse, M. W. (1994). *Optometric management of learning related vision problems*. St.Louis: Mosby-Year Book.
177. Scheiman, M., & Wick, B. (2008). *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders* (3rd izd.). Philadelphia, Baltimore, New York, London: Wolters Kluwer/Lippincott Williams&Wilkins.

178. Scheiman, M., Blaskey, P., Ciner, E. B., & et al. (1990). Vision characteristics of individuals identified as Irlen filter candidates. *Journal of American Optometry Association*, 61, 600-604.
179. Scheiman, M., Gallaway, M., Frantz, K. A., & et al. (2003). Nearpoint of convergence: test procedure, target selection and normative data. *Journal of Optometry and vision science*, 80, 214-225.
180. Schwartz, S. H. (2004). *visual Perception: a clinical orientation* (3rd izd.). New York.
181. Semenov, L., Chernova, N., & Bondarko, V. (2000). Measurement of visual acuity and crowding effect in 3-9 year-old children. *Human Physiology*, 26, 16-20.
182. Shapiro, L. R., Carroll, J. M., & Solity, J. E. (2013). Separating the influences of prereading skills on early word and nonword reading. *Journal of experimental child psychology*, 116, 278-295.
183. Simons, K. (1993). *Early visual development, normal and abnormal* (1st izd.). Oxford: Oxford University Press.
184. Simons, H. D., & Gassler, P. A. (1988). Vision anomalies and reading skill: meta-analysis of the literature. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 65, 893-904.
185. Smita, K., & Strika, L. (1997). *Mācīšanās traucējumi: no A līdz Z*. Rīga: RaKa.
186. Sprenger-Charolles, L., Cole, P., Bechennec, D., & Kipffer-Piquard, A. (2005). French normative data on reading and related skills from EVALEC, a new computerized battery of tests (end Grade 1, Grade 2, Grade 3, and Grade 4). *Revue europeenne de psychologie appliquee*, 55, 157-186.
187. Stanovich, K. E. (1988). Explaining the differences between the dyslexic and the garden-variety poor reader: The phonological-core variable-difference model. *Journal of learning disabilities*, 21(10), 590-604.
188. Stein, J. F. (1991). *Vision and visual dyslexia*. London: Macmillan Press.
189. Stein, J. F., & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20, 147-152.
190. Stein, J. F., Riddell, P. M., & Fowler, S. (1988). Disordered vergence control in dyslexic children. *British Journal of Ophthalmology*, 72, 162-166.
191. Sterner, B., Gellerstedt, M., & Sjoström, A. (2004). The amplitude of accommodation in 6-10-year-old children- not as good as expected! *Ophthalmic and Physiological Optics*, 24, 246-251.
192. Stidwill, D., & Fletcher, R. (2010). *Normal binocular vision: theory, investigation and practical aspects*. Oxford: John Wiley and Sons.
193. Stockdale, C., & Thompson, B. (2012. gada 26. September). *Visual motion: from cortex to percept*. In: *visual cortex and perspectives*. Ielādēts 2014. gada 02. September no www.intechopen.com: <http://www.intechopen.com/books/visual-cortex-current-status-and-perspectives/visual-motion-from-cortex-to-percept>
194. Stoimenova, B. D. (2007). The effect of myopia on contrast thresholds. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48(5), 2371-2374.
195. Stuart, J., & Burian, H. A. (1962). A study of separation difficulty: Its relationship to visual acuity in normal and amblyopic patients. *American Journal of Ophthalmology*, 53, 471-477.
196. Talcott, J. B., Hansen, P. C., & Stein, J. F. (1998). Visual magnocellular impairment in developmental dyslexics. *Neuroophthalmology*, 20, 187-201.
197. Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182-198.
198. Terepocki, M., Kruk, R. S., & Willows, D. M. (2002). The incidence and nature of letter orientation errors in reading disability. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 214-233.
199. Torgesen, J. K. (2006. gada 02). *Factors that influence reading comprehension: Developmental and instructional consideration*. Ielādēts 2014. gada 07. 07 no www.fcrr.org: http://www.fcrr.org/science/pdf/torgesen/Core_knowledge.pdf
200. Torgesen, J. K., & Hudson, R. F. (2006). Reading fluency: critical issues for struggling readers. *International reading association monograph of the British journal of educational psychology*, 1-16.
201. Turner, M. (2003. gada 10. July). *The nonword decoding test*. Ielādēts 2014. gada 31. July no <http://www.dyslexia-international.org>: <http://www.dyslexia-international.org/content/Informal%20tests/Nonworddecodingtest.pdf>
202. Tyler, C. W., & Likova, L. T. (2007). Crowding: a neuroanalytic approach. *Journal of Vision*, 7(2), 161-169.

203. *Types of memory.* (bez datuma). Ielādēts 2014. gada 14. September no <http://www.positscience.com>: <http://www.positscience.com/human-brain/memory/types-of-memory>
204. Uka, T., & DeAngelis, G. (2006). Linking neural representation to function in stereoscopic depth perception: roles of the Middle Temporal area in coarse versus fine disparity discrimination. *The Journal of Neuroscience*, 26(25), 6791-6802.
205. Van Boxtel, J. A., & Erkelens, C. J. (2006). A single motion system suffices for global-motion perception. *Vision Research*, 4634-4645.
206. Van Boxtel, J. J. (2005). A single motion system suffices for global- motion perception. *Vision Research*, 46, 4634-4645.
207. Van den Broeck, W., & Geude, A. (2012). Old and new ways to study characteristics of reading disability: the case of the nonword- reading deficit. *Cognitive psychology*, 65, 414-456.
208. Van Loon, R. (2011). *Motion direction and perceived relative position: a review and psychophysical study into motion integration.* Utrecht: Universiteit Utrecht.
209. Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability(dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40.
210. Vogel, G. L. (1995). Saccadic eye movements: theory, trsting and therapy. *Journal of Behavioral Optometry*, 6, 3-12.
211. Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). the nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212.
212. Wandell, B. (1995). *Foundation of Vision.* Sinauer Press.
213. Wang, H. C., Hwang, A. D., & Pomplun, M. (2010). object frequency and predictability effects on eye fixation durations in real-word scene viewing. *Journal of Eye Movement Research*, 3(3), 1-10.
214. Whitney, D., & Levi, D. M. (2011). Visual crowding:a fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends of Cognitive sciences*, 15(4), 160-168.
215. Whittaker, S. G., & Lovie-Kitchin, J. (1993). Visual requirements for reading. *Optometry and Vision science*, 70(1), 54-65.
216. Wise, J. C., Sevcik, R. A., Romski, M., & Morris, R. D. (2010). The relationship between phonological processing skills and word and nonword identification performance in children with mild intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 31, 1170-1175.
217. Witton, C., Talcott, J. B., Hansen, P. C., Richardson, A. J., Griffiths, T. D., Rees, A., u.c. (1998). Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonwords reading ability in both dyslexic and normal readers. *Current Biology*, 8(14), 791-797.
218. Wolf, M., Goldberg O'Rourke, A., Gidney, C., Lovett, M., Cirino, P., & Morris, R. (2002). The second deficit: An investigation of the independence of phonological and naming - speed deficits in developmental dyslexia. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 15, 43-72.
219. Wood, D. E. (2009). Modeling the relationships between cognitive and reading measures in third and fourth grade children. *Journal of Psychoeducational assessment*, 27(2), 96-112.
220. Woodruff, M. E. (1987). Ocular accommodation in children aged 3 to 11. *Canadian Journal of Ophthalmology; RCO*, 49, 141-145.
221. Yanoff, M., & Duker, J. S. (2009). *Ophthalmology.* London: Mosby Elsevier.
222. Yoonessi, A. (2011). Functional assessment of magno, parvo and konio-cellular pathways. *Journal of Ophthalmic Vision Research*, 6(2), 119-126.
223. Yu, D., Cheung, S. H., Legge, G. E., & Chung, S. T. (2007). Effect of letter spacing on visual span and reading speed. *Journal of Vision*, 7(2:(2)), 1-10.

AUTORES PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

1. Pausus, A., Kassaliete, E., Ikaunieks, G. (2011). Depth-of-focus dependence on the pupil size and subject age. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 48(4), p.16-23.
2. Kassaliete, E., Megne, E., Lacis, I., Fomins, S. (2012). Visual word recognition in normal reading children and children with reading difficulties. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 49(5), p.32.-39.
3. Ikaunieks, G., Caure, E., Kassaliete, E., Meskovska, Z. (2012). Determination of myopes visual acuity using stimuli with different contrast stimuli. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 49(5), p.18.-23.
4. Kassaliete, E., Megne, E., Lacis, I., Fomins, S. (2012). Visual word recognition in Latvian children with and without reading difficulties. *Perception*, 41(Supplement ECVF 2012 Abstracts), p.130.
5. Kassaliete, E., Krastina, A., Blake, J., Lacis, I., Fomins, S. (2013). Global motion perception thresholds of good and poor readers. *Perception*, 42(Supplement ECVF 2013 Abstracts), p.210.
6. Kassaliete, E., Lacis, I., Krumina, G. (2014). The interaction between phonological processing, naming speed and age in the reading performance of school age children. *Perception*, 43(Supplement ECVF 2014 Abstracts), p.155
7. Kassaliete, E., Lacis, I., Fomins, S., Krumina, G. (2015). Reading and coherent motion perception in school-age children. *Annals of Dyslexia (akceptēts publicēšanai - DOI:10.1007/s11881-015-0099-6)*

Mācību grāmatas un citi

1. Krūmiņa, G., Švede, A., Kassaliete, E., Grabovska, I., Krokša, L., Pūce, G., Caune K., Ikaunieks, G. (2013). Skolas vecuma bērnu redzes skrīnings un tuvuma redzes funkciju novērtēšanas metode. Latgales Druka, Latvijas Universitāte – ISBN 978-9934-517-17-4
2. Krūmiņa, G., Jakovļeva, J., Ekimāne, L., Šķilters, J., Lācis, I., Kassaliete, E., Ikaunieks, G. (2013). Skolas vecuma bērnu redzes uztveres novērtēšanas metodes. Latgales Druka, Latvijas Universitāte – ISBN 978-9934-517-16-7
3. Kassaliete, E. (2011). Redzes asums un fizioloģiskā novecošanās. *Oftalmoloģijas žurnāls*, Rīga, 17, lpp.14.-16.
4. Kassaliete, E. (2011). Sharpness of vision and physiological senescence. *The Journal of Ophthalmology*, Rīga, 17, p.44.-45.

DALĪBA KONFERENCĒS

Starptautiskās konferences

1. Kassaliete, E., Svede, A., Ikaunieks, G., Valeinis, J., Krumina, G. (2014). Near point visual skills and reading fluency in school age children. *AVA(Applied Vision Association) Xmas Meeting*. London, UK.
2. Kassaliete, E., Lacis, I., Krumina, G. (2014). The interaction between phonological processing, naming speed and age in the reading performance of school age children. *37th European Conference on Visual Perception*, Belgrade, Serbia.
3. Kassaliete E., Ikaunieks, G. (2014). Positive and negative contrast and visual acuity in cataract patients. *Developments in Optics and Communications*, (p.43). Rīga, Latvia.
4. Kassaliete E., Krastina, A., Blake, J., Lacis, I., Fomins, S. (2013). Global motion perception thresholds of good and poor readers. *36th European Conference on Visual Perception*, (p.210). Bremen, Germany.
5. Kassaliete, E. (2013). Perceptual learning effects on word recognition in Latvian children with reading difficulties. *ERNI-HSF Science Meeting Orienting of Attention*, (p.30). Tuebingen, Germany.
6. Kassaliete, E., Krastina, A., Blake, J., Lacis, I., Fomins, S. (2013). Global motion perception of school age children. *Developments in Optics and Communications*, (p.84-85). Rīga, Latvia.
7. Ekimane, L., Lacis, I., Kassaliete, E. (2013). Study of childrens eye movements during reading. *Developments in Optics and Communications*, (p.148-149). Rīga, Latvia.
8. Jurasevska, A., Kassaliete, E., Meļķe, K. (2013). Development of computerized test for evaluates reading speed. *Developments in Optics and Communications*, (p.154-155). Rīga, Latvia.
9. Kassaliete, E., Megne, E., Lacis, I., Fomins, S. (2012). Visual word recognition in Latvian children with and without reading difficulties. *35th European Conference on Visual Perception*, (p.130). Alghero, Italy.
10. Ikaunieks, G., Caure, E., Kassaliete, E., Meskovska, Z. (2012). Myopes visual acuity with positive and negative contrast stimuli. *6th EOS Topical Meeting on Visual and Physiological Optics*, (p.86). Dublin, Ireland.
11. Kassaliete E., Megne, E., Lacis, I., Fomins, S. (2012). Visual word recognition in normal reading children and children with reading difficulties. *Developments in Optics and Communications*, (p.66-67). Rīga, Latvia.
12. Pausus, A., Kassaliete, E., Ikaunieks, G., Trukša R. (2012). Subjective blur perception measurements using computerized image defocus. *Developments in Optics and Communications*, (p.62-63). Rīga, Latvia.
13. Caure, E., Ikaunieks, G., Kassaliete, E. (2012). Myopes visual acuity with positive and negative contrast stimuli. *Developments in Optics and Communications*, (p.134). Rīga, Latvia.
14. Kassaliete, E. (2011). Dependence of visual acuity with age. *Developments in Optics and Communications*, (p.32). Rīga, Latvia.
15. Pausus, A., Kassaliete, E. (2011). Impact of size of object and aperture on the depth of focus. *Developments in Optics and Communications*, (p.66). Rīga, Latvia.
16. Pausus, A., Kassaliete, E. (2010). Dependence of depth of focus on pupil size and subject's age. *Advanced Materials and Technologies*, (p.109). Palanga, Lithuania.

Vietējās konferences

1. Kassaliete, E. (2013). Skolēnu lasītprasme un vārdu atpazīšana. *ERAF un LU projekta "Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde" noslēguma zinātniskā konference*. Rīga.
2. Kassaliete, E., Čudihina, M., Ikaunieks, G. (2013). Pozitīva un negatīva kontrasta redzes asums kataraktas pacientiem. *Latvijas Optometristu un Optiķu asociācijas kongress*. Rīga.
3. Grabovska, I., Krokša, L., Pūce, G., Kassaliete, E., Švede, A., Ikaunieks, G., Krūmiņa, G. (2014). Par ko sūdzas Latvijas skolēni? *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, (lpp.7.-8.). Rīga.
4. Nagle, M., Kassaliete, E. (2014). Divu gadu pētījums par pūļa efekta ietekmi uz lasīšanas apguvi pirmsskolas bērniem. *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, (lpp.16.-17.). Rīga.
5. Dižpētere, D., Kassaliete, E., Lācis, I., Krūmiņa, G. (2014). Acu fiksāciju analīze DEM testā. *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, (lpp.20.-21.). Rīga.

6. Griķe, B., Kassaliete, E., Švede, A., Krūmiņa, G. (2014). Lasītprasme un redzes funkcijas. *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, (lpp.24.-25.). Rīga.
7. Rjabceva, K., Kassaliete, E., Fomins, S., Krūmiņa, G. (2014). Vārda atpazīšanas laika piesātinājuma novērtēšana dažādās vecuma grupās. *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, (lpp.28.-29.). Rīga.
8. Ekimāne, L., Lācis, I., Kassaliete, E. (2013). Bērnu acu kustību pētījumi lasīšanas uzdevumos. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.6.-7.). Rīga.
9. Juraševska, A., Melķe, K., Kassaliete, E., Fomins, S. (2013). Vārdu atpazīšanas testa aprobācija bērniem. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.9.-10.). Rīga.
10. Blāķe, J., Krastiņa, A., Kassaliete, E. Koherento stimulu kustības testa lietojums skolas vecuma bērnu redzes uztveres pētījumos. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.18.-19.). Rīga.
11. Melķe, K., Juraševska, A., Kassaliete, E. (2013). Vārdu atpazīšanas testa kritēriji skolas vecuma bērniem. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.45.-46.). Rīga.
12. Švede, A., Slabcova, J., Pūce, G., Caune, K., Krokša, L., Kassaliete, E., Ikaunieks, G., Krūmiņa, G. (2013). Redzes asuma novērtēšanas kritēriji skolas vecuma bērnu redzes skrīningā. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.71.-72.). Rīga.
13. Kassaliete, E., Strode, A. (2013). Radnera lasīšanas testa izstrāde latviešu valodā. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.73.-74.). Rīga.
14. Nagle, M., Kassaliete, E. (2013). Pētījumu apkopojums par dažādu faktoru ietekmi uz lasīšanas apguvi pirmskolas vecuma bērniem. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*, (lpp.75.-76.). Rīga.
15. Kassaliete, E., Švede, A. (2012). Akomodācijas un vergences funkciju diagnostika un ārstēšana. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.48.-49.). Rīga.
16. Barišņikova, K., Kassaliete, E. (2012). Akomodācijas funkcijas bērniem ar lasīšanas grūtībām. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.56.-57.). Rīga.
17. Megne, E., Kassaliete, E. (2012). Vārda zīmju skaita uztvere bērniem ar lasīšanas grūtībām. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.39.-40.). Rīga.
18. Nagle, M., Kassaliete, E. (2012). Pūļa efekts bērniem ar lasīšanas grūtībām. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.20.-21.). Rīga.
19. Blāķe, J., Kassaliete, E., Fomins, S. (2012). Jauna akomodācijas viegluma testa aprobācija. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.18.-19.). Rīga.
20. Liepa, I., Kassaliete, E., Švede, A. (2012). Vergences viegluma novērtēšana. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.16.-17.). Rīga.
21. Paušus, A., Kassaliete, E. (2012). Datorizēti radīta attēla defokusa apjoma ietekme uz apmieglojuma uztveri. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference*, (lpp.8.-9.). Rīga.
22. Kassaliete, E. (2011). Modeļu skaidrojumi problemātiskas progresīvo lēcu adaptācijas gadījumā. *Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference*, (lpp.1.-2.). Rīga.
23. Paušus, A., Kassaliete, E., Lācis, I., Lūse, K. Subjektīvā fokusa dziļuma uztveres izmaiņas atkarībā no cilvēka vecuma un stimula parametriem. *Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference*, (lpp.19.). Rīga.
24. Kassaliete, E. (2011). Progresīvo lēcu parametri un adaptācija. *Latvijas Optiķu un Optometristu asociācijas 16. kongress*. Rīga.
25. Kassaliete, E., Šveļevs, P. (2011). Redzes kvalitāti samazinošie faktori, saistībā ar fizioloģisko novecošanos. *Latvijas Optiķu un Optometristu asociācijas konference*. Rīga.

PATEICĪBAS

ERAF un LU projektam "Skolas vecuma bērnu redzes un redzes uztveres traucējumu pētīšana un diagnostikas metodiku izstrāde" Nr.2011/0004/2DP/2.1.1.1.0/APIA/VIAA/027, īpaši projekta vadītājai asociētajai profesorei **Guntai Krūmiņai**, par iespēju līdzdarboties un izstrādāt promocijas darbu esošajā tēmā. Kā arī visiai speciālistu komandai, kas veica epidemioloģisko pētījumu Rīgas skolās.

Darba vadītājam, profesoram **Ivaram Lācim** par doto iespēju pilnveidoties akadēmiskajā vidē. Paldies, uzņemoties neraksturīgas disertācijas tēmas vādīšanu. Kā arī par noderīgiem padomiem, atbalstu un neizsīkstošo dzinuli noticēt saviem spēkiem.

Sergejam Fominam par datorprogrammu izveidi.

Gatim Ikauniekam, Renāram Trukšam, Aigai Švedei, Jānim Valeinim par padomiem darba tapšanā.

Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas esošajiem un beigušajiem studentiem – Anetei Paušus, Andai Juraševskai, Anetei Krastiņai, Kristīnei Meļķei, Baibai Griķei, Kristīnei Rjabcevai, Justīnei Blāķei, Dailai Dižpēterei, Monikai Naglei, Ksenijai Barišņikovai, Renātei Kašaljanai u.c. - par palīdzību datu vākšanā un ievadē.

Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas darbiniekiem un pasniedzējiem par sapratni un atbalstu.

Paldies atsaucīgajiem Rīgas skolu pedagogiem, īpaši Rīgas 94. vidusskolas skolotājais G.Leitānei.

Paldies ģimenei, īpaši dēlam, Eduardam!

Pateicība par finansiālo atbalstu šī darba tapšanā un rezultātu prezentēšanā:

Eiropas Sociālā fonda projektam „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

PIELIKUMI

Atlases kritēriji redzes funkciju efektivitātes novērtēšanai

Redzes funkcija	labā	apgrūtināta
Redzes asums tuvumā (bin)		
	$\geq 0,80$ (decimālās) jeb $\leq 0,10$ (logMAR)	$< 0,80$ (decimālās) jeb $> 0,10$ (logMAR)
Kopredze		
Redzes raksturs (RR)	bin	mon, vienl, mon alt un stereo >480 (nav kvantitatīva novērtējuma)
Stereo	Stereo 15-240 leņķa sekundes vai Stereo 15-120 leņķa sekundes	Stereo >240 un RR bin vai Stereo >120 un RR bin
Forijas	Ezo $\leq 6 \Delta$, ja BIE ≤ 4 s	Ezo $> 6 \Delta$ Ezo $> 4 \Delta$ un BIE > 4 s
	Ekso $\leq 12 \Delta$, ja BĀ ≤ 4 s	Ekso $> 12 \Delta$ Ekso $> 4 \Delta$ un BĀ > 4 s
Vergence 8Δ BIE/8 Δ BĀ	BIE ≤ 4 s BĀ ≤ 4 s	BIE > 4 s un BĀ > 4 s BIE > 4 s un KTP > 5 cm BIE > 4 s un Ezo $> 4 \Delta$ BĀ > 4 s un Ekso $> 4 \Delta$
Konverģence KTP	KTP ≤ 8 cm	KTP > 8 cm KTP > 5 cm un BIE > 4 s KTP > 5 cm un Ekso $\geq 4 \Delta$
Akomodācija		
$\pm 2,0$ D	$+2,0$ D ≤ 6 s un $-2,0$ D ≤ 6 s	$+2,0$ D > 6 s $-2,0$ D > 6 s

2. pielikums

Lasīšanas ātruma un redzes funkciju korelācija 1. klasē

2.klase	TSLĀ	RA Tuvumā	Heteroforija	KTP	KAP	AV +2D	AV -2D	VV BIE	VV BĀ	Stereoredze
TSLĀ	1,000									
RA Tuvumā	-0,038	1,000								
Heteroforija	0,111	0,030	1,000							
KTP	0,032	0,139	-0,006	1,000						
KAP	0,024	0,093	-0,033	0,897	1,000					
AV +2D	0,018	0,046	-0,061	0,100	0,054	1,000				
AV -2D	0,073	0,010	0,100	-0,069	-0,104	0,387	1,000			
VV BIE	0,074	-0,113	0,178	0,131	0,076	0,108	0,078	1,000		
VV BĀ	0,053	-0,059	0,038	0,051	0,057	0,247	0,024	0,419	1,000	
Stereoredze	-0,090	0,119	0,093	0,036	-0,004	0,001	-0,059	-0,003	-0,012	1,000

Lasīšanas ātruma un redzes funkciju korelācija 2. klasē

2.klase	TSLĀ	RA Tuvumā	Heteroforija	KTP	KAP	AV +2D	AV -2D	VV BIE	VV BĀ	Stereoredze
TSLĀ	1,000									
RA Tuvumā	-0,038	1,000								
Heteroforija	0,111	0,030	1,000							
KTP	0,032	0,139	-0,006	1,000						
KAP	0,024	0,093	-0,033	0,897	1,000					
AV +2D	0,018	0,046	-0,061	0,100	0,054	1,000				
AV -2D	0,073	0,010	0,100	-0,069	-0,104	0,387	1,000			
VV BIE	0,074	-0,113	0,178	0,131	0,076	0,108	0,078	1,000		
VV BĀ	0,053	-0,059	0,038	0,051	0,057	0,247	0,024	0,419	1,000	
Stereoredze	-0,090	0,119	0,093	0,036	-0,004	0,001	-0,059	-0,003	-0,012	1,000

Lasīšanas ātruma un redzes funkciju korelācija 3. klasē

<i>3.klase</i>	<i>TSLĀ</i>	<i>RA Tuvumā</i>	<i>Heteroforija</i>	<i>KTP</i>	<i>KAP</i>	<i>AV +2D</i>	<i>AV -2D</i>	<i>VV BIE</i>	<i>VV BĀ</i>	<i>Stereoredze</i>
TSLĀ	1,000									
RA Tuvumā	-0,021	1,000								
Heteroforija	0,078	0,150	1,000							
KTP	-0,034	0,042	-0,059	1,000						
KAP	-0,042	0,088	-0,129	0,917	1,000					
AV +2D	0,006	-0,008	0,049	0,044	0,053	1,000				
AV -2D	-0,068	0,073	0,022	-0,024	0,005	0,375	1,000			
VV BIE	-0,033	0,110	0,140	0,030	0,018	-0,047	-0,093	1,000		
VV BĀ	-0,122	0,028	-0,025	-0,017	-0,003	0,011	-0,049	0,422	1,000	
Stereoredze	0,022	-0,021	0,048	0,034	0,041	0,162	0,030	-0,029	-0,042	1,000

Lasīšanas ātruma un redzes funkciju korelācija 4. klasē

<i>4.klase</i>	<i>TSLĀ</i>	<i>RA Tuvumā</i>	<i>Heteroforija</i>	<i>KTP</i>	<i>KAP</i>	<i>AV +2D</i>	<i>AV -2D</i>	<i>VV BIE</i>	<i>VV BĀ</i>	<i>Stereoredze</i>
TSLĀ	1,000									
RA Tuvumā	-0,029	1,000								
Heteroforija	0,058	0,080	1,000							
KTP	-0,008	-0,053	-0,262	1,000						
KAP	-0,027	-0,056	-0,217	0,905	1,000					
AV +2D	-0,048	-0,029	-0,091	0,008	0,014	1,000				
AV -2D	-0,052	0,089	-0,031	0,160	0,111	0,250	1,000			
VV BIE	0,025	0,035	0,067	-0,004	-0,007	-0,035	0,022	1,000		
VV BĀ	0,007	0,023	-0,070	0,199	0,213	0,046	0,075	0,450	1,000	
Stereoredze	-0,001	0,131	0,033	-0,067	-0,071	0,045	0,024	-0,062	-0,023	1,000

Skolas pedagoga vērtētās lasītprasmes un redzes funkciju korelācija

	<i>Lasītprasme</i>	<i>RA Tuvumā</i>	<i>Heteroforija</i>	<i>KTP</i>	<i>KAP</i>	<i>AV +2D</i>	<i>AV -2D</i>	<i>VV BIE</i>	<i>VV BĀ</i>	<i>Stereoredze</i>
Lasītprasme	1,000									
RA Tuvumā	-0,180	1,000								
Heteroforija	0,004	0,017	1,000							
KTP	0,017	0,010	-0,131	1,000						
KAP	0,032	0,016	-0,156	0,898	1,000					
AV +2D	-0,042	0,078	0,003	0,002	0,003	1,000				
AV -2D	-0,114	0,246	0,058	0,095	0,077	0,336	1,000			
VV BIE	0,013	0,053	0,117	0,024	0,024	0,023	0,100	1,000		
VV BĀ	0,004	0,063	-0,027	0,020	0,040	0,064	0,143	0,549	1,000	
Stereoredze	-0,128	0,306	0,122	0,034	0,034	0,014	0,057	-0,008	-0,023	1,000