

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS UN OPTOMETRIJAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**VIDEO ATSKAŅOŠANAS ĀTRUMA IETEKME UZ
DOBĀS MASKAS UZTVERI**

MAGISTRA DARBS

Autore: **Anastasija Medvedeva**

Studenta apliecības Nr. am18109

Darba vadītājs: profesore, Dr. phys. Gunta Krūmiņa

RĪGA 2020

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs izstrādāts latviešu valodā uz 49 lapaspusēm. Tas satur 15 attēlus, 4 tabulas un 113 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: Noskaidrot, kā mainās dobās sejas uztvere, mainoties maskas atskaņošanas ātrumam. Eksperimentālajā daļā tika veikts psihofizikālais pētījums, vērtējot reakcijas laiku dobās maskas ilūzijā pie 0,8; 0,9; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 video atskaņošanas ātruma paātrinājumiem, kā arī tika novērtēts motorais reakcijas laiks atkarībā no vecuma. Reakcijas laiks pasliktinās, pieaugot video atskaņošanas ātrumam, kā arī tiek novērtēts, ka, sākot ar 5 paātrinājuma reizēm notiek redzes uztveres aizture, salīdzinot ar lēnākiem ātrumiem. Motorais reakcijas laiks tieši atkarīgs no vecuma.

Atslēgas vārdi: Dobās maskas ilūzija, redzes uztvere, rotācijas ātrums, motorais reakcijas laiks

ABSTRACT

Master's thesis is written in Latvian on 49 pages. There are 15 images, 4 tables and 113 literature references included.

Purpose of master thesis: to find out how the perception of a hollow face changes if the speed of mask playback changes. In the experimental part, a psychophysical study was performed, evaluating the reaction time in the illusion of a hollow mask at 0,8; 0,9; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 video playback speed accelerations, and motor response time was evaluated depending on age. The response time deteriorates with increasing video playback speed, and it is estimated that starting from 5 accelerations, visual perception is delayed compared to slower speeds. Motor response time depends directly on age.

Keywords: hollow-mask illusion, visual perception, rotation speed, motor reaction time

SATURS

<i>IEVADS</i>	1
<i>1. LITERATŪRAS PĀRSKATS</i>	3
1.1. Redzes uztveres pamatprincipi sejas uztveres procesā.....	3
1.2. Sejas atpazīšanas apgabala fizioloģiska lokācija.....	4
1.3. Sejas uztveres novērtēšana ar objektīvām un subjektīvām metodēm.....	8
1.3.1. Sejas atpazīšanas apgabala objektīvais mērījums ar elektroencefalogrāfijas metodi..	8
1.3.2. Sejas uztveres noteikšana ar subjektīvām metodēm.....	10
1.4. Dobās sejas (<i>angl. Hollow-mask</i>) ilūzija	11
1.5. Kustības uztvere	13
1.6. Reakcijas laiks	14
<i>2. PĒTĪJUMA DAĻA</i>	18
2.1. Pētījuma dalībnieki.....	18
2.2. Iekārtas apraksts	19
2.2.1. Redzes asums.....	19
2.2.2. Motorais reakcijas laiks	20
2.2.3. Dobās sejas rotācijas ātruma ietekme uz redzes uztveri subjektīvais mērījums.....	20
2.3. Pētījuma gaita	22
2.4. Datu apstrāde	24
2.5. Rezultāti un to analīze	24
2.5.1. Pētījuma dalībnieku motorais reakcijas ātrums un tās saistība ar cilvēka vecumu. ..	24
2.5.2. Dobās sejas uztvere par reālu seju, ņemot vērā individuālos pētījuma dalībnieka reakcijas ātrumus.	26
2.5.3. Video rādīšanas ātruma ietekmi uz sejas uztveres atpazīšanas laiku.	30
2.5.4. Dobās sejas ilūzijas atpazīstamība par reālu seju, ja tiek mainīts video rādīšanas ātrums.	31
2.6. Diskusija	34

<i>SECINĀJUMI</i>	37
<i>NOBEIGUMS</i>	38
<i>PATEICĪBA</i>	39
<i>IZMANTOTĀ LITERATŪRA</i>	40

IEVADS

Mūsdienās, starp dažām jaunajām biometriskajām tehnikām, sejas atpazīšana ir labs kompromiss starp aktualitāti un sociālo uztveri, kā arī starp drošību un privātumu. Jebkuras sejas atpazīšanu var sadalīt divās galvenajās funkcijās, proti: sejas pārbaude un sejas identificēšana. Tas arvien vairāk tiek izmantots visur: sākot ar telefona atbloķēšanu un beidzot ar cilvēka identitātes apstiprināšanu, sākot ar digitālo fotoattēlu automātisku marķēšanu līdz pazudušu personu atrašanai un sākot no mērķtiecīgas reklāmas līdz tiesībaizsardzības iestādēm. Un laba iemesla dēļ - mēs sevi atpazīstam nevis, piemēram, aplūkojot pirkstu nospiedumus vai varavīksneni, bet gan skatoties uz mūsu sejām.

Sejas atpazīšana parasti notiek ātri un bez piepūlēm. Neskatoties uz sejas izteiksmes, frizūras un apģērba izmaiņām dažādās vietās un laikos, mēs viegli atpazīstam kolēģus, draugus un ģimeni. Mūsu redzes kompetence par sejām, iespējams, pārsniedz jebkura cita veida objektu atpazīšanu, un šī spēja identificēt cilvēkus ir mūsu kā cilvēku mijiedarbības stūrakmens. Cilvēki ar sejas uztveres problēmām tomēr nevar atpazīt, ka ir redzējuši seju iepriekš, šie traucējumi sastopami gan viņiem labi zināmās sejas, gan nesen sastaptās sejas. Tas nav saistīts ar vispārīgākām redzes, objekta atpazīšanas vai atmiņas problēmām. Termins “traucēta sejas atpazīšana” ir simptoms, kas ir daļa no plašākas problēmas, piemēram, makulas deģenerācija, vispārējās atmiņas problēmas Alcheimera slimības gadījumā un, piemēram, šizofrēnijas redzes uztveres problēmas. Šie cilvēki saprot, ka seja ir seja, nevis automašīna vai koks, bet vienkārši nevar pateikt, vai viņi to ir redzējuši agrāk vai kura seja tā ir. Šie cilvēki paļaujas uz citām identitātes norādēm, piemēram, frizūru, gaitu vai balsi, un pieļauj kļūdas, ja šie norādījumi mainās (piemēram, frizūra). Viņi stāsta pārsteidzošus un dažreiz mulsinošus stāstus, piemēram, viņi neatpazīst sevi spogulī vai pāriet garām brāļiem un māsām vai laulātajiem, it kā viņi būtu svešinieki. Ir pierādīts, ka cilvēkiem ar sejas uztveres traucējumiem var būt grūti atrasties sociālajā vidē, radot gan iekšējo, gan ārējo diskomfortu. Tāpēc ļoti svarīgi saprast kādas izmaiņas sejas atpazīšanas stimulā var ietekmēt sejas uztveri.

Sejas noteikšana ir sejas atrašanas process vizuālā ainā. Tas tiek uzskatīts par izšķirīgu soli mašīnredzēšanas izpētē, un datorzinātnieki ir veltījuši ievērojamas pūles tādu sistēmu izveidošanai, kas attēlos automātiski nosaka sejas (*Yang et al., 2002; Viola & Jones, 2004*). Tomēr pārsteidzoši maz pētījumu ir pārbaudījuši cilvēka sejas noteikšanu. Kaut arī sejas noteikšana šķita būtisks priekšnoteikums sejai raksturīgu procesu aktivizēšanai, visietekmīgākie sejas atpazīšanas modeļi ir pievērsušies tikai tiem kognitīvajiem un neironu mehānismiem, kas tiek izmantoti seju apstrādei,

pēc tam, kad tās ir identificētas kā sejas (*Bruce & Young, 1986; Burton et al., 1999; Haxby et al., 2000*).

Līdz šim brīdim pētījumi, kas tika veikti redzes uztverē ar dobās sejas maskas ilūziju, izmantoja sejas stimulu, kur mainīja stimula intensitāti, tekstūru, atrašanās koordinātes, izvietojumu telpā, ēnojumu u.c. Tika secināts, ka ilūzija rodas izliekuma izvēles dēļ, kad izejas dati ir neskaidri interpretēti. Tomēr pazīstama objekta izmantošana ar tipisku orientāciju, ēnojumu un tekstūru ievērojami pastiprina ilūzijas efektu. Taču, mainot ilūzijas parametrus, efekts samazinājās.

Pētījumi, kur tika mainīts ilūzijas video atskaņošanas ātrums, netika atrasti, tāpēc šis liek aizdomāties, ka vēl nav līdz galam izpētīts šīs ilūzijas rādīšanas izmaiņas un tā iedarbība uz redzes uztveres procesiem, it sevišķi uz sejas atpazīšanu. Atskaņošanas ātrums, kā viens no izmainītiem parametriem var ietekmēt cilvēka redzes uztveri, vai cilvēks joprojām izjūt ilūzijas kustību, vai tā pazūd, mainoties ātrumam. Šis pētījums dod ieguldījumu sejas noteikšanas izpratnē, izpētot video atskaņošanas ietekmi uz sejas noteikšanas uzdevumiem, un pārbaudot cilvēkus bez sejas apstrādes traucējumiem šajos uzdevumos. Tādēļ šajā pētījumā tika izvirzīta sekojošā hipotēze.

Darba hipotēze: palielinot dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumu, iluzorā kustība izzūd.

Darba mērķis ir novērtēt dobās sejas video rādīšanas ātruma ietekmi uz dobās sejas ilūzijas uztveri.

Darba uzdevumi:

1. novērtēt pētījuma dalībnieku motoro reakcijas ātrumu un tās saistību ar cilvēka vecumu;
2. salīdzināt dobās sejas uztveri par reālu seju, ņemot vērā individuālos pētījuma dalībnieka reakcijas ātrumus;
3. novērtēt video rādīšanas ātruma ietekmi uz sejas uztveres atpazīšanas laiku;
4. novērtēt dobās sejas ilūzijas atpazīstamību par reālu seju, ja tiek mainīts video rādīšanas ātrums.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Redzes uztveres pamatprincipi sejas uztveres procesā

Angļu zinātnieka *Richard Gregory* (1980) uztveres teorija ir spilgts piemērs subjektīvo procesu lomai uztveres sistēmā. Galveno lomu uztverē spēlē visa cilvēka pieredze, kur iekļaujas viņa zināšanas un idejas par pasauli. *Gregory* (1980) teoriju bieži dēvē par netiešās uztveres teoriju, jo, saskaņā ar viņa uzskatiem, uztvere ir pastarpināta ar intelektuālo darbību. Tāpēc, pēc paša *Gregory* teiktā, viņa teorijas galvenais priekštecis ir *Hermann von Helmholtz* (*Gregory*, 1997).

Gregory (1980) apgalvo, ka uztvere ir konstruktīvs process, kas balstās uz augšupejošiem procesiem, un atspoguļo hipotēžu formulēšanu un attīstību attiecībā uz to, ko mēs redzam. Mūsu zināšanas un visa iepriekšējā pieredze ir kritiski svarīga, tās vai citas, perceptīvās hipotēzes pieņemšanai vai atsaukšanai. *Gregory* (1980) teica: "Mēs uztveri uztveram kā aktīvu procesu, kas izmanto informāciju hipotēžu izvirzīšanai un pārbaudei."

Gregory (1997) uzskatīja, ka tīklene uzņem ļoti daudz informācijas, taču lielākā daļa (aptuveni 90%) tiek zaudēta un smadzenes nespēj visu apstrādāt. Tā rezultātā smadzenēm ir jāmin, ko redzēja mūsu acis, balstoties uz pieredzi, tādējādi aktīvi konstruējot uztverto realitāti. *Gregory* (1980) raksta: "Mūsu acis ir universāls rīks, kas smadzenēm piegādā salīdzinoši neapstrādātu informāciju. Pateicoties lielajām zīdītāju smadzenēm un, īpaši, cilvēku pieredzei, kā arī nākotnes tālredzība paplašina sensoro informāciju, lai mēs pasauli uztvertu ne tikai balstoties uz mums pieejamo maņu informāciju, kas pieejama šobrīd, bet mēs arī izmantojam šo informāciju, lai pārbaudītu hipotēzes par to, kas mūs gaida nākotnē. Uztvere kļūst par pamatu hipotēžu formulēšanai un pārbaudei". Mūsu uztvere apstrādā informāciju par sejām, kustībām, formām, krāsām, objektiem u.c.

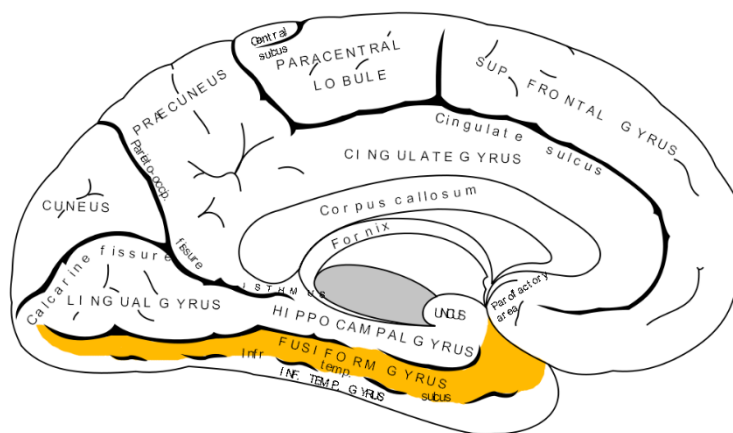
Sejas uztvere saistīta ar cilvēka sejas izpratni un interpretāciju, it īpaši ar informācijas apstrādi smadzenēs. Sejas iezīmēm ir liela nozīme cilvēka attīstībā, iekļaujot daudz sociālās informācijas. Taču ir pierādīts, ka sejas atpazīšanu nodrošina konkrētais apgabals galvas smadzenēs.

1.2. Sejas atpazīšanas apgabala fizioloģiska lokācija

Cilvēka seja ir sarežģīts daudzdimensionāls vizuālais modelis, ar kuru visi ir pazīstami, kas padara to īpaši piemērotu, lai pētītu redzes uztveri un procesus. Cilvēka seja sniedz plašu informācijas diapazonu par indivīdu (personību, dzimumu, vecumu, emocijām, noskaņojumu u.tml.)

Sejas atpazīšana ir ļoti svarīga efektīvai personas orientācijai sociālajā vidē. Daži autori atzīst smadzeņu garozas speciālo zonu esamību, kas specializējas cilvēku sejas standartu kodēšanai. Šādu zonu klātbūtne tika atklāta pētījumos ar primātiem, kur zinātnieki ir pierādījuši neironus, kas selektīvi reaģē uz sejām (*Gross et al.*, 1972; *Desimone*, 1991; *Perrett et al.*, 1992).

Nav šaubu, ka cilvēka bērns ir spējīgs sastapties ar sejas atpazīšanu, pārsteidzoši īsā laikā, pēc dzimšanas. Piedzimstot mazuļi interesējas par cilvēkiem, taču viņiem ir ļoti aptuvens sejas modelis un tāpēc skatās gandrīz uz jebkuru apaļo priekšmetu, kuram ir divas “acis” un “mute” un kas atrodas aptuveni 20 cm attālumā. Pēc četriem vai pieciem mēnešiem bērni sāk pārliecinoši atšķirt sejas no citiem objektiem. Visticamāk, ka tas ir saistīts ar vārpstveidīgās krokas (*fusiform gyrus*) attīstību – apgabals starp pakauša un deniņu daivām nedaudz virs ausīm, kuras ventrālā informācijas plūsma atbild par sejas atpazīšanu (skat. 1.1. att) (*Field et al.*, 1984; *Bushnell et al.*, 1989; *Walton et al.*, 1992; *Pascalis et al.*, 1995).

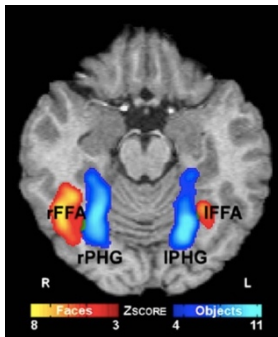


1.1. att. Vārpstveidīgas krokas (*fusiform gyrus*) fizioloģiska lokācija galvas smadzenēs (*Ocklenburg & Güntürkün*, 2018).

Turpmākie pētījumi liecina, ka šī zona mūsu uztverē ir nozīmīga un ir būtiski, lai vārpstveidīga kroka pareizi attīstītos. Zinātnieki pētījuši sejas apstrādes funkcionālo lokalizāciju smadzenēs, izmantojot pozitronu emisijas tomogrāfiju (PET) un funkcionālo magnētiskās rezonanses attēlveidošanu (fMRI).

1997. gadā Nensija Kanvišere no Hārvardas universitātes izmantoja toreiz jaunu paņēmienu ar nosaukumu fMRI, lai atrastu atbildi uz jautājumu, vai ir iespējams ar vēl lielāku precizitāti noteikt sejas atpazīšanas svarīgos smadzeņu apgabalus (*Kanwisher et al.*, 1997). Salīdzinot ar PET, kas bija paņēmiens, ko bija izmantojis *Sergent et al.* (1992), fMRI bija vairākas priekšrocības: dalībnieki nebija pakļauti potenciāli kaitīgam starojumam, attēli bija daudz asāki, tehnoloģijai bija daudz labāka izšķirtspēja, kas ļāva ierakstīt attēlu ik pēc dažām sekundēm. No otras puses, PET izšķirtspēja bija zema – no 10 sekundēm līdz vairākām minūtēm atkarībā no izmantotās PET tehnikas, kas padarīja neiespējamu smadzeņu kognitīvās apstrādes novērtēšanu reālā laikā, ņemot vērā, ka lielākā daļa kognitīvo procesu sejas atpazīšana notiek daudz ātrāk (*Ocklenburg & Güntürkün*, 2018).

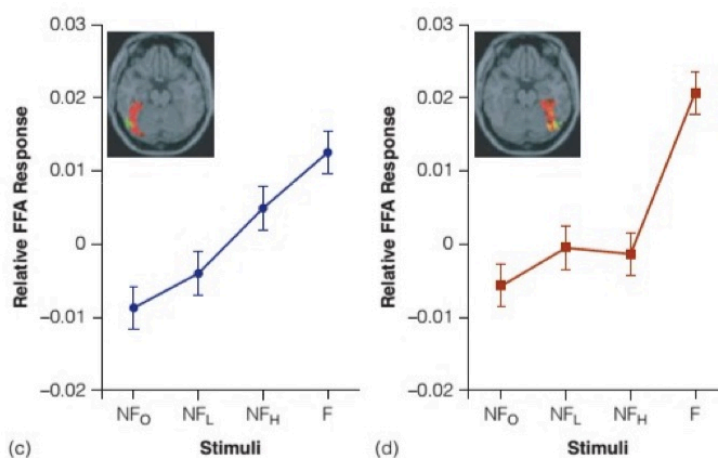
Kanwisher et al. (1997) lūdza 15 dalībniekus apskatīt cilvēka fotogrāfijas vai tādus attēlus kā karotes un automašīnas. Pēc tam individuāli katram dalībniekam tika noteikts, kuros smadzeņu apgabalos bija novērojama aktivitāte, kas saistīta ar sejas uztveri. 12 no 15 dalībniekiem tika konstatēta būtiska smadzeņu aktivitāte vārpstveidīgā krokā. Šis apgabals tika nosaukts par sejas jutīgo zonu (*fusiform face area*) jeb FFA (skat. 1.2. att.). Mūsdienās šis termins tiek plaši pielietots. Pēc tam zinātnieki veica vairākus kontroles eksperimentus, lai pierādītu, ka FFA tiešām ir selektīvi iesaistīts sejas apstrādē.



1.2. att. Labās un kreisās sejas jutīgās zonas (FFA), kā arī kreisais un labais *parahippocampal gyrus*, kas ir saistīts ar objekta atpazīšanu. Labais FFA ir lielāks par kreiso FFA.¹

¹ Caldara, R., Seghier, M. L., Rossion, B., Lazeyras, F., Michel, C., & Hauert, C.-A. (2006). The fusiform face area is tuned for curvilinear patterns with more high-contrast elements in the upper part. *NeuroImage*, 31(1), 313-31.

Pēc tam *Meng et al.* (2012) izmērīja FFA reakciju uz sejas un ne-sejas stimuliem. Viņi atklāja, ka kreisajā puslodē FFA reakcija ir atkarīga no tā, cik stingri stimuluss atgādina seju, ja tiek palielināta sejas līdzība. Tas izraisīja pastiprinātu reakciju kreisajā pusē FFA (skat. 1.3.c att.). Bet labā FFA nereaģēja uz šiem stimuliem, kas nav saistīti ar seju, neatkarīgi no tā, cik cieši tie atgādina seju (skat. 1.3.d att.). Labā FFA reaģēja tikai uz īstajām sejām. Tādējādi kreisā sejas jutīgā zona (FFA) reaģē uz to, cik stingri stimuluss atgādina seju. Labā puslodē FFA reaģē uz to, vai stimuluss patiesībā ir seja. Tāpēc sejām ir apgabals, kas atbild “jā” vai “nē” uz jautājumu “Vai šī ir seja?” (*Meng et al.*, 2012).



1.3. att. Kreisās un labās sejas jutīgas zonas (FFA). c) Kreisā FFA reakcija uz sejas un ne-sejas stimuliem. NF_O=nav līdzības ar seju; NF_L=zema līdzība; NF_H=liela līdzība; F=īstā seja. d) Labās FFA reakcija uz sejas un ne-sejas stimuliem. Uz visiem stimuliem, kas nav saistīti ar sejas iedarbību, reakcija joprojām ir zema, bet reālajiem sejas stimuliem tiek sasniegts augstāks līmenis (*Meng et al.*, 2012).

Vēl viena sejas īpašība ir tāda, proti, kad cilvēkiem tiek lūgts pēc iespējas ātrāk aplūkot sejas, dzīvnieka vai transportlīdzekļa attēlus, seja izraisa visātrākās acu kustības, kas notiek 138 ms, salīdzinot ar 170 ms dzīvniekiem un 188 ms transportlīdzekļiem (*Crouzet et al.*, 2010). Līdzīgi rezultāti ļāva secināt, ka sejām ir specifiskas īpašības, kas ļauj tās apstrādāt efektīvāk un ātrāk kā citu kategoriju objektus (*Farah et al.*, 1998; *Crouzet et al.*, 2010).

Kā arī literatūrā var atrast plaši izplatīto viedokli, ka vārdu atpazīšanai, galvenokārt, ir atbildīgi laukumi, kas atrodas kreisajā puslodē, un par sejas atpazīšanu labajā pusē (*Bentin et al.*, 1996; *McCarthy et al.*, 1997; *Cohen et al.*, 2000; *Yovel et al.*, 2008).

Neskaitāmi psihofiziski un neurofizioloģiski pētījumi norāda, ka šāda lokalizācija ir saistīta ar stimulu kvalitatīvajām īpašībām. Tika konstatēts, ka kreisā puslode galvenokārt ir atbildīga par

abstraktu objektu atpazīšanu, kurām raksturīgi asociatīvi savienojumi starp izolētiem elementiem. Labā puslode ir atbildīga par īpašu subjektu kategoriju atpazīšanu, kas balstīta uz telpiskajām attiecībām starp elementiem (Dien, 2009). Tomēr parādās arvien vairāk pētījumu, kuru rezultāti liek apšaubīt tik skaidru nodalījumu. Neskatoties uz vārdu un sejas atpazīšanas funkciju lateralizāciju, uzrādot šāda veida stimulus, abas puslodes parasti tiek aktivizētas, reaģējot uz katru no tām, un abās puslodēs ir pārklājošās zonas FFA un VWFA (*visual word form area*) (Bouhali et al., 2014; Harris et al., 2015), tādēļ, atpazīstot sejas un vārdus, abas daļas tiek iesaistītas šajā procesā (Robinson et al., 2017).

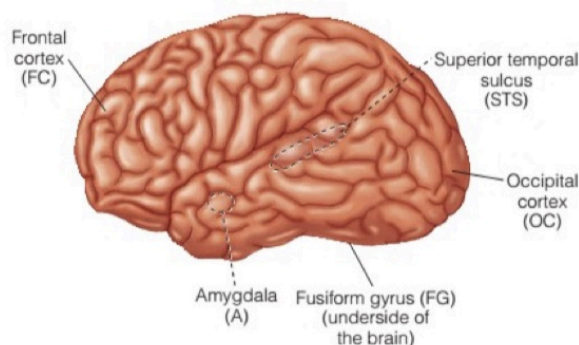
Uz to norāda arī literatūrā minētie klīniskie dati. Piemēram, 90. gados tika aprakstītas sarežģītas redzes agnoziņas gadījumi, kad traucējumi ietekmē gan sejas uztveri, gan objektu un vārdu atpazīšanu (Farah, 1991;1995). Buxbaum et al. (1998) pētījumā ir aprakstīts gadījums, ka pacientiem ar agnoziņu (neiropsiholoģiskais traucējums, kas izraisa nespēju atpazīt objektus, cilvēkus vai skaņas) uz sejām un vārdiem, kas attīstījās pēc galvas traumas bērnībā, objektu atpazīšana nebija pasliktināta. Līdz šim literatūrā ir uzkrājušies diezgan daudz datu par cilvēkiem ar traucētu redzes uztveri, smadzeņu ievainojuma (tā saucamās iegūtās prosopagnoziņas) rezultātā, kad tiek traucēta arī vārdu uztvere (Geskin & Behrmann, 2018). Turklāt ir iegūti dati, ka pacientiem ar aleksiju (nespēja atpazīt vai lasīt rakstītus vārdus vai burtus, parasti smadzeņu bojājumu rezultātā) arī sejas atpazīšana nedaudz pasliktinās (Behrmann & Plaut, 2012).

Visbeidzot, kaut arī smadzeņu zonu klātbūtne, kas īpaši reaģē uz sejām, sniedz pierādījumus par smadzeņu specializētajiem moduļiem, sejas arī sniedz pierādījumus par sadalītu apstrādi, jo smadzenēs ir zonas, kas apstrādā informāciju, kas saistīta ar sejām (Geskin & Behrmann, 2018).

Zemāk redzamais saraksts parāda dažus no smadzeņu apgabaliem un to, par ko tie atbild attiecībā uz sejām (skat. 1.4. att.):

- pakauša garoza (*occipital cortex*) – sejas informācijas sākotnējā apstrāde;
- sejas jutīga zona (*fusiform face area*) jeb FFA – seju identificēšana (Kanwisher et al., 1997);
- mandeļveida kodols (*amygdala*) – sejas emocionālie aspekti, reakcija uz sejas izteiksmēm (Ishai et al., 2004; Gobbini & Haxby, 2007);
- augšējā deniņu kroka (*superior temporal sulcus*) – vērtējums, kur cilvēks skatās (Calder et al., 2007);

- priekšēja garoza (*frontal cortex*) – sejas pievilcības novērtēšana (*Winston et al., 2007*).



1.4. att. Cilvēka smadzenes apgabali, kas iesaistītas sejas uztverē. Norādīts kopējais garozas laukums, bet ne kopēja platība. Arī sejas jūtīga zona (FFA) atrodas vārpstveidīgā krokā (*fusiform gyrus*), un mandeļveida kodols (*amygdala*) atrodas dziļi garozas iekšpusē, aptuveni zem šeit norādītā laukuma².

Lai izpētītu sejas noteikšanas un atpazīšanas procesu dinamiku, tiek plaši izmantota redzes izsaukto potenciālu (VEP) metode, kā arī citas elektrofizioloģiskās metodes. Balstoties uz to, kā reaģē smadzenes uz stimuliem ar sejas attēlu, ko izmanto dažādās eksperimentālās paradigmās, pētnieki izšķir vairākas apstrādes metodes.

1.3. Sejas uztveres novērtēšana ar objektīvām un subjektīvām metodēm

1.3.1. Sejas atpazīšanas apgabala objektīvais mērījums ar elektroencefalogrāfijas metodi

Agrīnā VEP komponente, kas literatūrā tradicionāli tiek asociēta ar sejas uztveres attēla apstrādi, ir tā saucamā komponente N170 – negatīvs vilnis ar latenci 130-200 ms diapazonā, sasniedz maksimumu, reaģējot uz sejas stimuliem pakauša-parietālajā apgabalā (*Rossion & Jacques, 2011*). Tiek uzskatīts, ka posmā N170 tiek atrasta un atdalīta seja no fona un tiek veikta tās primārā apstrāde, kas neietver atpazīšanas procesu (*Eimer, 2000; Engst et al., 2006*). Tomēr vairākos pētījumos tika pierādīts, ka šīs komponentes amplitūdu modulē ne tikai stimula tips, bet arī tā atrašanās ilglaicīgā atmiņā, t.i. atpazīstamība, proti, N170 amplitūda bija lielāka pazīstamām

² Goldstein, E.B. (2016). *Sensation and Perception. 10th Edition - Chapter 5 "Perceiving Objects and Scenes"*. Cengage Learning

cilvēku sejām, salīdzinot ar nepazīstamām sejām (*Caharel et al., 2002; 2006; Wild-Wall et al., 2008*). Tādējādi jau pirmo 100-200 ms posmā pēc stimula parādīšanās (sejas attēls), visticamāk, sākas tā atpazīšanas process.

Vēl viens pierādījums labās puslodes izšķirošajai lomai sejas atpazīšanā ir arī EEG pētījumi (elektroencefalogrāfija). Pētījumi par sejas uztveri ir visplašāk izpētīti ar ERP (*event related potential*) metodi. Parasti tas tiek koncentrēts smadzeņu pakauša reģionos ar avotu vārpstveidīgā krokā. Tiek uzskatīts, ka N170 atspoguļo sejas agrīno strukturālo kodēšanu, un ir pierādīts, ka tas ir negatīvāks sejām salīdzinājumā ar priekšmetiem. Tika pierādīts, ka N170 ir vairākkārt parādījis negatīvāku efektu labajā puslodē salīdzinājumā ar kreiso puslodi, kas norāda uz spēcīgu lateralizāciju labajā smadzeņu puslodē, šeit pastāv sejas atpazīšana agrīnajos posmos (*Wild-Wall et al., 2008*).

EEG ir augsta laika izšķirtspēja, to var izmantot, lai pārbaudītu dinamiskos procesus (*Bentin et al., 1996*). Ir pierādīts, ka dažas ERP komponentes ir saistītas ar sejas apstrādi. P1 ir agrīni pozitīva komponente, sasniedzot ap 100 ms un vairāk tā labāk reaģē uz sejām nekā uz objektiem (*Eimer, 2000b; Itier & Taylor, 2004; Rossion & Caharel, 2011; Ganis et al., 2012*). Sejas jutīgā reakcija tika konstatēta N170 līmenī, sasniedzot maksimumu aptuveni 160 ms virs oksipito-temporalajā zonā (*Bentin et al., 1996; Rossion & Jacques, 2011*). N170 komponente ir lielāka sejām nekā visiem citiem objektiem, īpaši labajā puslodē (*Bentin et al., 1996; Rossion & Jacques, 2011*). Turklāt šī komponente ir jutīga ne tikai uz cilvēku sejām, bet arī uz shematiskām sejām (*Bötzel & Grüsser, 1989; Itier et al., 2011*). Tādēļ tiek uzskatīts, ka tas ir cieši iesaistīts sejas apstrādē. Turklāt N170 puslodes atšķirās (*Bentin et al., 1996; Eimer, 2000a; Caharel et al., 2013*); amplitūda ir lielāka kreisajā puslodē, lai veiktu raksturīgu apstrādi (acis, deguns un mute), un labajā puslodē, lai apstrādātu konfigurāciju un holistiskus procesus (*Hillger & Koenig, 1991; Caharel et al., 2013*).

Ir pazīmes, kuras ietekmē cilvēka sejas atpazīšanas procesu, tai skaitā sejas inversija. Tās efekti ir labi pētīti, lai noteiktu sejas atpazīšanu. Šī parādība traucē sejas atpazīšanu, kad sejas stimuli tiek apgriezti par 180°. Turklāt traucējošais efekts ir lielāks sejas stimuliem nekā citiem objekta stimuliem (*Yin, 1969*). Ir pierādījumi, ka holistisko (*Farah et al., 1995*) cilvēku seju apstrādi traucē sejas inversija (*Freire et al., 2000*). *Reed et al. (2006)* ziņoja par lēnākiem reakcijas laikiem (*reaction time*) un augstāku kļūdu līmeni lēmumos par apgrieztām sejām nekā lēmumos par pareizajām sejām. Šis efekts tiek novērots smadzeņu darbībā, kā arī uzvedībā (*Bentin et al., 1996*).

Par ciešas saiknes esamību starp sejas elektrofizioloģiskiem procesiem norāda daudzi pētījumi, kas veikti, izmantojot EEG metodes, redzes izsauktos potenciālus (VEP), funkcionālo MRI. Kā arī literatūrā aprakstītie klīniskie dati liecina par traucētu personas uztveri ar papildu vārdu un sejas atpazīšanas traucējumiem. Tā rezultātā verbālo un neverbālo stimulu vispārējās atpazīšanas mehānismu identificēšana ir būtiska ne tikai normālai fizioloģijai un kognitīvajai neirozinātnei, bet arī dažādu etioloģiju klīniskai agnozījai.

1.3.2. Sejas uztveres noteikšana ar subjektīvām metodēm

Sejas atpazīšanu var novērtēt ne tikai, izmantojot elektrofizioloģiskas jeb objektīvas metodes, bet arī subjektīvas, kur dalībniekam tiek prasīta atbilde. Literatūra minēts tikai par dažiem subjektīviem sejas uztveres testiem. Tādiem kā: Kembridžas sejas atmiņas tests (*angl. Cambridge face memory test*), slavenā sejas tests (*angl. Famous Faces Test*).

Kembridžas sejas atmiņas testā (CFMT) (*Duchaine & Nakayama, 2005*) ir trīs posmi. Sākumā dalībnieki tika iepazīstināti ar testa instrukciju. Tā ir sekojoša: iegaumējiet seju nākamajos trīs attēlos. Dalībnieki redzēja trīs dažādus sešu vīriešu attēlus, kuri viņiem bija jāatpazīst visa testa laikā. Katra mērķa indivīda dalībniekam tika parādīts kreisais trīs ceturtdaļu profila skats, skats priekšā un labais trīs ceturtdaļu profila skats, katrs pa 3 sekundēm. Pēc trīs attēlu apskatīšanas, dalībniekiem tika uzrādīti trīs testa priekšmeti, kuros viņiem vajadzēja identificēt vienu no pētītajiem attēliem starp diviem distraktoriem, parādot dažādus indivīdus vienā un tajā pašā skatā. Tas tika atkārtots visām sešām mērķa sejām. Otrajā posmā testa dalībniekiem parādīja trīs attēlus (vienu mērķi un divus traucētājus), un dalībniekiem bija jāizvēlas mērķis. Otrās fāzes mērķi vienmēr tika parādīti pozā vai apgaismojumā, kas atšķiras no pētījuma attēliem. Trešā fāze bija līdzīga otrajai, bet attēliem tika pievienots Gausa radītais troksnis. Bija 72 izmēģinājumi (ievads, 18; otrā fāze, 30; trešā fāze, 24). Kopā tika analizēti 50 dalībnieki, starp kuriem 8 bija ar prosopagnoziju. Tad pētīnieki novērtēja, vai tie 8 dalībnieki slikti darbosies vertikālajā rādīšanas versijā. Vidējā vērtība bija 37, un ārpus normas robežās tika novērtēti seši prosopagnozijas rādītāji. Šie rezultāti parāda, ka jaunais tests efektīvi novērtē sejas atpazīšanu plašā diapazonā.

Slaveno sejas testā (*Duchaine & Nakayama, 2005*) dalībniekiem tika pasniegtas 60 slavenu cilvēku fotogrāfijas, katra tika uzrādīta 3 sekundes. Attēli tika apgriezti, lai noņemtu matus. Dalībniekiem bija jānosauc šie attēli vai jāsniedz unikāla informācija par sejas identitāti. Britu un amerikāņu dalībniekiem tika izmantotas atšķirīgas, kaut arī pārklājošas, sejas. Lielbritānijas identificētais seju skaits tika salīdzināts ar 22 Lielbritānijas dalībnieku rezultātiem, kuru vidējais

vecums bija 25,2 gadi. Amerikāņu sadarbības partnerības rezultāti tika salīdzināti ar 19 amerikāņu dalībnieku rezultātiem no 35 līdz 45 gadiem; ASV kontroles ieguva vidējo kopējo punktu skaitu 52,5. Lai redzētu, vai dalībnieki ar prosopagnoziju pazina un bija pakļauti parādītajiem slavenajiem cilvēkiem, testa beigās dalībniekiem tika lasīti to cilvēku vārdi, kurus viņi neidentificēja, un ziņoja, vai viņi domā, ka viņi ikdienā daudzkārt ir redzējuši šo seju. Rādītāji parādīja, ka cilvēkiem ar prosopagnoziju tika pakļauti lielākajai daļai slaveno seju, ka viņi nevar atpazīt slavenus cilvēkus, ja nav kādas citas iezīmes (piem., mati u.c.).

Šajos pētījumos izmantoja statistisku stimulu, t.i. seju, kur mainīja jebkādu atpazīšanas parametru, taču kā strādās mūsu uztvere, ja mēs izmantotu dinamisku sejas stimulu.

1.4. Dobās sejas (*angl. Hollow-mask*) ilūzija

Redzes ilūzijas var atklāt uztveres mehānismus, kas pasaulei ap mums piešķir nozīmi. Lai uztvertu vidi ap mums kā jēgpilnu, mijiedarbībai starp *bottom-up* and *top-down* apstrādei jābūt neskartai (*Wallbott & Ricci-Bitti, 1993; Cauller, 1995*). Pastāv divu veidu redzes ilūzijas: fizioloģiskas ilūzijas, kas rodas dabiski (piemēram, pēcefekts), un kognitīvas ilūzijas, kas parāda, kā darbojas cilvēka uztveres sistēmas (*Gregory, 1997*). Kognitīvās ilūzijas rodas tādēļ, ka smadzenes visu ienākošo maņu informāciju interpretē, balstoties uz zināšanām, un mēģina stimulam pievienot jēgu. Ir pierādīts, ka šizofrēnijas pacientiem ir paaugstināta jutība pret dažām redzes ilūzijām un dažiem ir jutība pret citām ilūzijām, salīdzinot ar veselu cilvēku.

“Dobās sejas maskas” (*angl. Hollow mask*) (skat. 1.5. att.) testu pirmo reizi piedāvāja un aprakstīja britu psihologs un neiropsiholoģijas profesors *Richards Gregory* (1997) zinātniskajā darbā “*Knowledge in perception and illusion*”. Pētot atšķirību starp šizofrēniju un veselu cilvēku uztveri, neiropsihologs secināja, ka cilvēka uztvere ir tieši atkarīga no domāšanas procesiem, kas balstīti uz iepriekšējo pieredzi. Tas nozīmē, jo vairāk zināšanu cilvēkam ir par pasauli, jo mazāk viņam jāapstrādā jauna informācija (*Gregory, 1997*). Bet kā šī ilūzija strādā mūsu uztverē?



1.5. att. Dobās sejas maskas (*Hollow mask*) ilūzija.³

Vispirms šo masku mēs redzam ar ārējo (izliekto) pusi – mēs redzam sejas masku pretskatā; tad maska sāk pakāpeniski pagriezties, un šī pagrieziņa pirmajās sekundēs skatītājs apzinās, ka tagad viņš redz ieliektu maskas pusi. Paradokss ir tāds, ka jo vairāk maska pagriežas ar savu iekšējo pusi, jo ticamāka ir sajūta, ka maska atkal ir izliekta un vērsta pret to, kas to uztver. Ilūzija ir saistīta, ka cilvēka kognitīvajā pieredzē cilvēka sejas uztvere vienmēr ir telpiska – izliekta virsma un nekad – ieliekta, tādēļ šī shēma nosaka to, ko redzam, mūsu “realitāte”, lai gan racionāli mēs varam saprast, ka mūsu priekšā ir ieliekta maskas puse. Kā tas darbojas uz vienas un tās pašas maskas piemēra? Lielākā daļa masku, kuras redzēja cilvēks, ir izliektas. Viņš nevēlas uztvert masku kā ieliektu (neparasta pieredze), tāpēc viņa smadzenes neuztver pareizi ēnas un gaismu maskas ārpusē un pasaka cilvēkam, ka maska ir izliekta saskaņā ar viņa idejām par pareizajām maskām. Balstoties uz iepriekšējo pieredzi, ideja par to, kādai vajadzētu būt normālai maskai, ir pretrunā ar saņemto signālu. Tā kā veselīga cilvēka pieredzei vienmēr ir priekšrocības, maska mums šķiet izliekta. Taču šizofrēnijas pacientiem ilūzijas sajūtas netiek novērotas, jo smadzenes funkcionē nepareizi (Gregory, 1997).

Ir pierādīts, ka ilūzijas efektivitāti ietekmē gan stereoskopiskā, gan attēla informācija: ilūziju var nenovērot, ja dobo masku aplūko no neliela attāluma, tas ir, ja tīklenes disparitāte nepārprotami norāda uz tās ieliekto formu un otrādi, tā uztveri atvieglo monokulārās apskates apstākļi tad, kad nav pieejama stereoskopiska dziļuma informācija (Hill & Bruce, 1993). Dobā sejas maska nodrošina dažādus dažreiz neviennozīmīgus dziļuma sajūtas informācijas avotus, ieskaitot kustības

³ Pieejams: <https://www.studyinternational.com/news/university-study-finds-a-brain-that-cant-be-fooled-by-this-optical-illusion/>

paralaksi, oklūziju, perspektīvu un ēnojumu (*Gregory, 1973*). Tā kā šī ilūzija nav statiska, bet ar kustības izmaiņām ir vērts saprast, kā mūsu uztverē veidojās kustības sajūta.

1.5. Kustības uztvere

Kustības uztvere notiek pateicoties ļoti sarežģītam mehānismam, kura būtība vēl nav pilnībā noskaidrota. Kāda ir šī jautājuma sarežģītība? Var secināt, ka priekšmetu kustības uztvere ir saistīta ar acs tīklenes attēla pārvietošanu, bet tā nav. Varam iedomāties, ka ejot pa ielu, protams, priekšmetu attēli tiek pārvietoti pa mūsu tīkleri, bet mēs neuztveram priekšmetus kā kustīgus, tie atrodas uz vietas (to sauc par stāvokļa konstanti) (*Verri et al., 1990*).

Kāpēc mēs uztveram materiālo objektu kustību? Ja priekšmets kustas telpā, tad mēs uztveram tā kustību tādēļ, ka tā iznāk ārā no vislabākā redzes apgabala un liek mums kustināt acis vai galvu, lai atkal nofiksētu skatu uz objektu. Šajā gadījumā notiek divas parādības. Pirmkārt, objekta pārvietoējums attiecībā pret mūsu ķermeņa stāvokli norāda uz tā kustību telpā. Otrkārt, smadzenes uztver to acu kustību, kuras seko objektam. Otrais ir īpaši svarīgs kustības uztverei, bet informācijas apstrādes mehānisms ir ļoti sarežģīts un pretrunīgs (*Tanaka & Saito, 1989*). Vai cilvēks spēj uztvert kustību, ja viņam nofiksē galvu un neļauj pagriezt acis? Vienā eksperimentā dalībniekiem neļāva pagriezt acis, iepilnot speciālus medikamentus, kas bloķē acu muskuļu darbību. Tomēr pārbaudāmajam radās iespaids par priekšmetu kustību (priekšmetu pārvietošanās ilūzija) katru reizi, kad viņš mēģināja pagriezt acis. Tātad smadzenēs netika fiksēta acs kustība, bet tiek fiksēti mēģinājumi kustināt acis, t.i., kustības uztverei svarīga nevis aferenta informācija par acu kustību (signāls par acu kustību), bet eferentas informācijas (acu kustības komandas) kopija (*Koenderink & van Doorn, 1976*).

Reālajā pasaulē kustību modeļu daudzveidību var sadalīt trīs veidu kustības pamatelementos vai modeļos, ieskaitot translāciju (*translation*), paplašināšanu (*expansion*) un saraušanos (*contraction*), un rotācijas kustību (*Koenderink & van Doorn, 1976*). Šiem pamata kustības modeļiem ir liela nozīme kustību sintēzē, piemēram, kustīgam ritenim ir pārvietošanās un rotācijas kustība (*Verri et al., 1990*).

Bioloģiskās redzes sistēmās zinātnieki ir atklājuši, ka īpaša veida redzes neironiem ir īpašas izvēles attiecībā uz katru no trim kustības elementiem. Piemēram, *Hubel & Wiesel (1962)* atklāja, ka vienkāršie, sarežģītie un hiperkompleksie neironu tipi demonstrē orientācijas un ātruma jutības raksturlielumus. Redzes neurofizioloģiskajos pētījumos ir atrasti trīs veidu neironi augšējā

mediālajā temporālajā zonā (MSTd) dorsālajā daļā, ventrālajā intraparietālajā apgabalā, augstākā temporālajā polisensorā apgabala priekšējā reģionā un 7a zonā primātu smadzenēs (*Sakata et al.*, 1986; *Tanaka & Saito*, 1989; *Duffy & Wurtz*, 1991) – šie neironi ir translācijas, rotācijas un paplašināšanās/kontrakcijas neironi, kas galvenokārt reaģē uz translācijas, rotācijas vai paplašināšanās/kontrakcijas kustības modeļiem.

Kā arī mūsu uztvere saistīta cik ātri mēs spējam reaģēt uz stimuliem un cik ātri mēs varam ieraudzīt un interpretēt, taču svarīgi zināt par reakcijas laiku un atkarīgiem faktoriem, it īpaši pētot dinamiskus stimulus.

1.6. Reakcijas laiks

Ātrāka domāšana un ātrāk sasniedzams problēmas risinājums ir svarīgas ikdienas dzīves iezīmes. Tas ir svarīgi arī fizioloģiski (*Warden et al.*, 2001). Stimulam jābūt saistītam ar redzes, dzirdes un taustes maņām. Reakcija ir apzināta atbilde (*Teichner*, 1954). Stimula sarežģītība vai pieaugošais skaits izraisa reakcijas laika palielināšanos. Tādējādi reakcijas laiku izšķir divas grupas kā vienkāršu reakcijas laiku un vairāku izvēles reakciju laiku (*Spirdušo*, 1975; *Collardeau et al.*, 2001). Vienkāršs reakcijas laiks ir laiks, kas paiet starp atsevišķu stimulu un reakcijas atbildi (*Spirdušo*, 1975).

Cilvēka ķermenis reaģē uz vairākiem faktoriem ar ārējās vides ietekmes palīdzību. Tas dod vēlamu un mērķtiecīgi brīvprātīgo reakciju uz stimulu. Cilvēkiem ir dažādās maņas orgāni un reakcijas uz stimuliem notiek ar dažādu ātrumu, tam ir svarīga loma ikdienas dzīvē (*Der & Deary*, 2006).

Reakcijas laiks tiek definēts kā laika intervāls starp stimula parādīšanos un atbilstošās brīvprātīgās reakcijas atbildi. Starp stimula parādīšanas laiku un atbilstošo motoro reakciju ir noteikts laika periods. Vizuālās reakcijas laiks (VRL) ir laiks, kas nepieciešams, lai reaģētu uz redzes stimuliem. Reakcijas laiks kļūst par svarīgu informācijas apstrādes sastāvdaļu, jo tas nosaka stimulu ātrumu atbilžu apstrāde un programmēšana (*Rose et al.*, 2002).

Motorais laiks ir viens no svarīgiem fizioloģiskajiem parametriem, kas sniedz informāciju par to, cik ātri cilvēks reaģē. Reakcijas laikam galvenokārt ir divas sastāvdaļas.

1. Domu apstrādes laiks: cik ilgi respondentam nepieciešams uztvert stimulus, identificēt un analizēt un izvēlēties pareizo atbildi.

2. Kustības laiks: tas ir laiks, kas nepieciešams, lai pabeigtu kustību pēc atbildes izvēles.

Daudzi pētnieki ir savos pētījumos saka, ka reakcija uz skaņas stimuliem notiek ātrāk nekā r uz gaismas stimuliem, aptuveni vidējais dzirdes reakcijas laiks ir 140–160 ms un redzes reakcijas laiks ir 180–200 ms (*Galton, 1899; Fieandt et al., 1956; Welford, 1980; Brebner & Welford, 1980*). Iespējams, autori saka, tas notiek tādēļ, ka dzirdes stimulam smadzenēs nokļūst tikai 8–10 ms (*Kemp et al., 1973*), bet redzes stimulam ir nepieciešami ilgāks laiks 20–40 ms (*Marshall et al., 1943*). Kā arī reakcijas laiks atkarīgs no daudziem faktoriem: vecums, dzimums, stimula veids u.c. Šajā nodaļā tiks apskatīti vecuma un dzimuma ietekmējošie faktori.

Zinātnieki pierādījuši, ka reakcijas laiks sāk samazināties, sākot no bērna piedzimšanas līdz 20 gadu vecumam, pēc tam lēnām palielinās no 50 - 60 gadu vecumam. Un 70 gados reakcijas laiks sāk strauji palēnināties, tas nozīme, ka reakcija paliek ārvien lēnāka (*Welford, 1977; Jervas & Yan, 2001; Luchies et al., 2002; Rose et al., 2002; Der & Deary, 2006*). *Luchies et al. (2002)* arī ziņoja, ka šī vecuma ietekme bija izteiktāka sarežģītu reakcijas laika uzdevumu veikšanā, un *Der & Deary (2006)* tam piekrita. *MacDonald et al. (2008)* atklāja, ka reakcijas laika mainīgums vecākiem pieaugušajiem parasti ir saistīts ar lēnāku reakcijas laiku un sliktāku stimulu atpazīšanu, un ierosināja, ka mainīgums varētu būt noderīgs vispārējās nervu integritātes rādītājs.

Apmēram pēdējo 120 gadus vidējie reakcijas laiki jauniem vecuma cilvēkiem ir bijuši aptuveni 190 ms (0,19 sek) gaismas stimuliem un apmēram 160 ms (0,16 s) skaņu stimuliem (*Galton, 1899; Fieandt et al., 1956; Welford, 1980; Brebner & Welford, 1980*). Ir zināms, ka reakcijas laiks uz vienkāršiem maņu stimuliem (dzirdes stimuliem vai gaismas zibspuldzēm) palielinās ar vecumu (*Ballesteros et al., 2013*). Tomēr nav skaidrs, vai pieaugumu izraisa maņu vai motoro komponentu palielināšanās, un ir ļoti maz zināms par novecošanas ietekmi uz reakciju uz sarežģītākiem redzes stimuliem.

Novecošana ir klasiski saistīta ar gandrīz visu motora aktivitāšu palēnināšanos (*Der & Deary, 2006*). Vecākiem pieaugušajiem novēroto psihomotorisko procesu palēnināšanos bieži saprot kā difūzas smadzeņu izmaiņas, ko izraisa neironu deģenerācija un zudums (*Luchies et al., 2002*). Saskaroties ar aizvien vecāka gadagājuma cilvēkiem, lai agrīni atklātu patoloģiju, ir nepieciešama informācija par “normālām” novecošanās izmaiņām nervu sistēmā. Nervu faktors pieļaujamo pārmaiņu robežas vecuma dēļ ir vāji noteiktas, atstājot plašu izmaiņu spektru, kas attiecināms uz “novecošanos” (*Ballesteros et al., 2013*). Šo robežu noteikšanu sarežģī veiktspējas un novecošanas rādītāju atšķirības veselu vecu cilvēku vidū.

Redzes izvēles reakcijas laika uzdevumi tiek plaši izmantoti, lai izmērītu ar vecumu saistītas apstrādes ātruma kritumus (*Salthouse, 2000; Anstey et al., 2005; Deary & Der, 2005; Bugg et al.,*

2006; Der & Deary, 2006; Deary et al., 2010, 2011; Ballesteros et al., 2013). Iepriekšējie pētījumi ir atklājuši ievērojamu ar vecumu saistītu reakcijas laika latences palēnināšanos dažādos eksperimentos, ieskaitot paradigmas ar diviem stimuliem un diviem atbilžu variantiem (Bugg et al., 2006; Feeney et al., 2013), paradigmas ar četriem stimuliem un diviem atbilžu variantiem un paradigmas ar četriem stimuliem un četrām atbildes pogām (Deary et al., 2011). 1.1. tabulā attēlotas nesen veiktas plaša mēroga redzes reakcijas laika pētījumu kopsavilkums. Visos pētījumos latences ir minimālas jauna pieauguša cilvēka vecumā un palielinās par 2,0–3,4 ms katru gadu.

1.1. tabula

Plaša mēroga pētījumi ar vecumu saistītām redzes izvēles reakcijas laika izmaiņām.

Pētījums	N	Vecums	RL (ms)	SD (ms)	CV (%)	Vecuma slīpums ms/gadā
<i>Bugg et al.</i> (2006)	196	20-89	497	91		
<i>Dykert et al.</i> (2012b)	312	18-59 (40)	518	68	17	2,2
<i>Vincent et al.</i> (2012)	107,413	17-65 (27)	592	90		2,0
<i>Deary et al.</i> (2001)	900	(56)	728	108	18	
<i>Deary et al.</i> (2011) box	150	18-80 (48)	556	92	19	2,5
<i>Deary et al.</i> (2011) PC	150	18-80 (48)	475	94	21	2,5
<i>Deary & Der</i> (2005)	1,900	16-60	638	84	19	3,4
<i>Feeney et al.</i> (2013)	4,453	47-78 (41)	801	192	38	

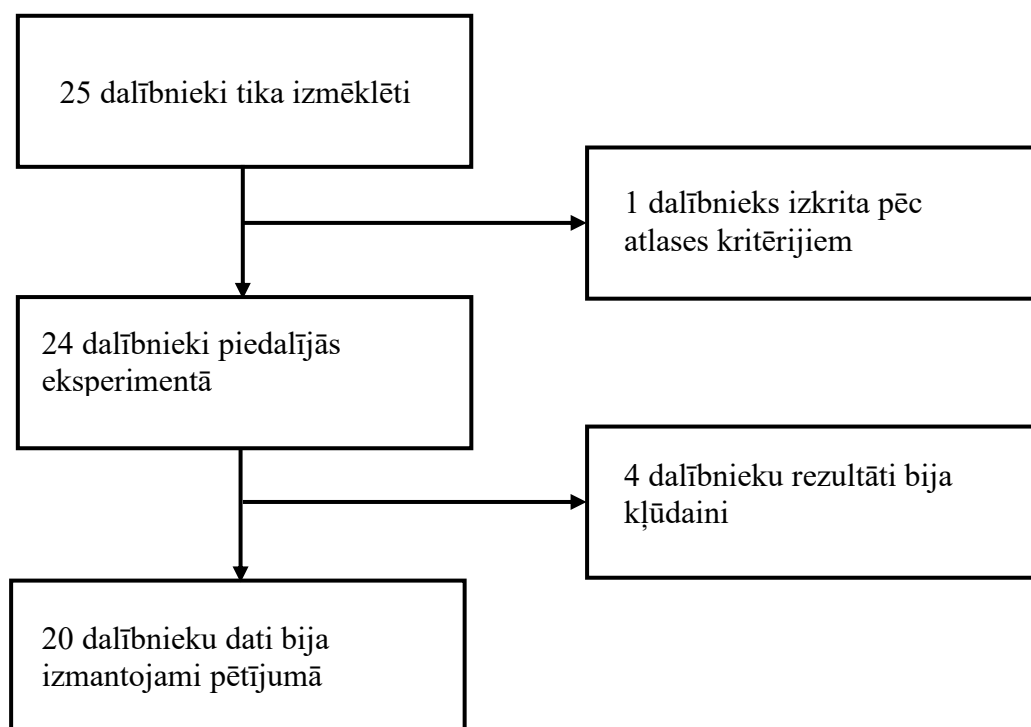
Kas saistīts ar dzimumu, pētījumi pierādījuši, ka gandrīz katrā vecuma grupā vīriešiem ir ātrāks reakcijas laiks nekā sievietēm, un sieviešu nelabvēlīgo stāvokli nemazina prakse (Noble et al., 1964; Welford, 1980; Adam et al., 1999; Dane & Erzurumluoglu, 2003; Der & Deary, 2006). Pēdējais pētījums ir ievērojams, jo tajā iekļauti vairāk nekā 7400 subjekti. Bellis (1933) ziņoja, ka vidējais laiks, lai nospiestu taustiņu, reaģējot uz gaismu, bija 220 ms vīriešiem un 260 ms

sievietēm; skaņai starpība bija no 190 ms (vīriešiem) līdz 200 ms (sievietēm). *Botwinick & Thompson* (1966) atklāja, ka gandrīz visas vīriešu un sieviešu atšķirības ir saistītas ar nobīdi starp stimula uzrādīšanu un muskuļu kontrakcijas sākumu. Vīriešiem un sievietēm muskuļu kontrakcijas laiki bija vienādi. *Barral & Debu* (2004) secināja, ka, kamēr vīrieši mērķa sasniegšanā bija ātrāki nekā sievietes, sievietes bija precīzākas. *Jevas & Yan* (2001) ziņoja, ka vīriešu un sieviešu reakcijas laika pasliktināšanās ar vecumu bija vienāda.

2. PĒTĪJUMA DAĻA

2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 25 (7 vīrieši, 18 sievietes) brīvprātīgie vecumā no 20 līdz 49 gadiem (vidējais vecums: 29 ± 8 gadi) ar emetropiju vai ar izkorigētu ametropiju. Dalībnieki tika atlasīti pēc sekojošajiem kritērijiem: 1) redzes asums 70 cm bez korekcijas vai ar korekciju ir 0,8 (dec. vienības) vai labāks, 2) nav organisku acs struktūru izmaiņu. Dalībnieki iepriekš tika iepazīstināti ar eksperimentālo procedūru, viņi tika informēti par datu konfidencialitāti un par iespēju jebkurā laikā pabeigt eksperimentu. Katrs dalībnieks parakstīja rakstisku piekrišanu dalībai eksperimentā. Pētījums tika veikts saskaņā ar Helsinku deklarāciju (2013) un apstiprināts ar LU KRMI Zinātniskās izpētes ētikas komisiju.



2.1.att. Dalībnieku atlases shēma.

Atlases kritērijiem atbilda tikai 20 dalībnieki. 4 dalībnieku mērījumi ar reakcijas laika pieraksta programmu tika uzskatīti par neprecīziem vai kļūdainiem, tāpēc netika izmantoti tālākai datu analīzei. Līdz ar to eksperimentā tika analizēti 20 dalībnieku dati (skat. 2.1. att.).

2.2. Iekārtas apraksts

2.2.1. Redzes asums

Lai noskaidrotu pirms pētījuma dalībnieku redzes asumu un varētu atlasīt pētījuma dalībniekus, tika izmantota *Freiburg Vision Test* (FrACT) redzes asuma un kontrasta tests (skat. 2.2. att.), kas ir plaši izmantots redzes tests un ir pieejams kā bezmaksas datorprogramma. Programma strādā pēc psihofizikālās metodes – piespiedu izvēles trepjveida metodes, lai noteiktu gan redzes asumu, gan kontrastjutību. Ar šo datorprogrammu strādā visā pasaulē oftalmologi, optometri, kā arī tiek izmantota klīniskajos izmeklējumos un dažādos pētījumos (*Bach, 2016*). No šīs programmas šajā konkrētajā pētījumā tika izmantots redzes asuma tests ar Landolta gredzeniem 4 iespējamās virzienos. Lai izvairītos no iemācīšanās riska, Landolta gredzenu virzieni tika demonstrēti jauktā secībā. Landolta gredzeni tika rādīti pa vienam, pēc piespiedu izvēles trepjveida metodes, atbildot nepareizi – optotipa izmērs palielinājās, atbildot pareizi – optotipa izmērs samazinājās. Katrs optotips tika demonstrēts 5 sekundes un atbildes laiks bija 10 sekundes. Mērījumi tika veikti 3 reizes un katram dalībniekam tika izrēķināts vidējais redzes asums 70 cm. Tests tika demonstrēts uz portatīvā datora 13,3 collas monitora (*13-inch MacBook Air*) ar izšķirtspēju 1440x900 px, kura spožums bija $102,3 \pm 0,1 \text{ cd/m}^2$ 0,70 metru attālumā. Stimulu spožums tika pieskaņots ar *Konica Minolta Chroma Meter* (CS100A) kolorimetru. Pētījuma dalībnieki sniedza atbildes par Landolta gredzenu atvērumu virzienu. Programma tika nokalibrēta, lai atbilstu datora monitora izšķirtspējai un testa attālumam (*Medvedeva, 2018*).



2.2.att. Ekrānuņēmums no FrACT datorprogrammas.

2.2.2. Motorais reakcijas laiks

Lai noteiktu motoro reakcijas laiku, tika izmantots *Human Benchmark* tiešsaistes pieejamais (<https://www.humanbenchmark.com/tests/reactiontime>) tests, kur var ne tikai novērtēt reakcijas laiku, bet arī verbālo atmiņu, redzes atmiņu, ciparu atmiņu, dzirdes reakcijas laiku. Šis ir vienkāršs rīks reakcijas laika noteikšanai, kur dalībniekam jāsniedz atbilde nekavējoties, kad sarkanais ekrāns paliek zaļš. Tika ierakstītas 5 atbildes reakcijas un izrēķināts vidējais reakcijas laiks dalībniekam. Kopš šī vietne tika izveidota, tajā reģistrēts vairāk nekā 81 miljons klikšķu uz reakcijas laiku. Papildus reakcijas laika mērīšanai šo testu ietekmē arī datora un monitora latentais laiks. Interesanti redzēt, ka reģistrētais reakcijas laiks gadu gaitā ir kļuvis nedaudz lēnāks, ko gandrīz noteikti izraisa izmaiņas displeja tehnoloģijās. Jaunākas operētājsistēmas mēdz veikt dārgākus redzes efektus, kas nozīmē ilgāku nokavējuma laiku no testa līdz ekrānam. Arī mobilo ierīču pieskārieni mēdz būt nedaudz lēnāki nekā klikšķi. Droši vien, ka ietekme būs arī mobilo tālrunu lietošanas pieaugumam. Pašlaik 30 ms ir tipisks galddatora/klēpjatora nobīde.

2.2.3. Dobās sejas rotācijas ātruma ietekme uz redzes uztveri subjektīvais mērījums

Lai pārbaudītu dobās sejas rotācijas ātruma ietekmi uz redzes uztveri, tika izveidota datorprogramma (izveidoja prof. Gunta Krūmiņa un *Vsevolod Lyakhovetski* (Krievijas zinātņu akadēmijas Pavlova fizioloģijas institūts)) reakcijas laika noteikšanai pie katra no izveidota dobās sejas ilūzijas atskaņošanas ātrumiem. Programma tika izveidota pēc psihofizikālās ascendējošās un descendējošās metodes. Robežu metodē atsevišķa stimula, teiksim, viena videofaila, atskaņošanas ātrums tiek mainīts secīgos, diskrētos posmos un tiek reģistrēta dalībnieka reakcija uz katru stimula sniegšanu. Stimuls jeb dobās sejas maskas ilūzija ātrums sākotnēji bija lēns, pēc tam tas tika palielināts pa soļiem, līdz stimuls kļūst ātrāks un “samazinās iluzorā kustība” (augošā virkne), ka arī tas tiek mainīts no lielākas intensitātes līdz tas kļūst lēnāks (dilstošā virkne). Pēdējo “redzēto” un pirmo “neredzēto” stimulu vidējo intensitāti ascendējošos izmēģinājumos vai otrādi descendējošos izmēģinājumos reģistrē kā absolūtā sliekšņa novērtējumu (skat. 2.3. att.). Augošā un dilstošā secībā bieži rodas nelielas, bet sistemātiskas sliekšņu atšķirības. Tādēļ abu sēriju veidus parasti izmanto pārmaiņus, un rezultātā tiek aprēķināta vidējā vērtība, lai iegūtu sliekšņa novērtējumu.

Stimulus Intensity	Alternating Ascending and Descending Series					
0	N		N		N	
1	N		N		N	
2	N		N	N	N	
3	N	N	N	Y	N	N
4	N	Y	N	Y	N	Y
5	N	Y	Y	Y	Y	Y
6	Y	Y		Y		Y
7		Y		Y		Y
Transition Points	5.5	3.5	4.5	2.5	4.5	3.5

Threshold = Average Transition Points = $(5.5+3.5+4.5+2.5+4.5+3.5)/6 = 24/6 = 4$

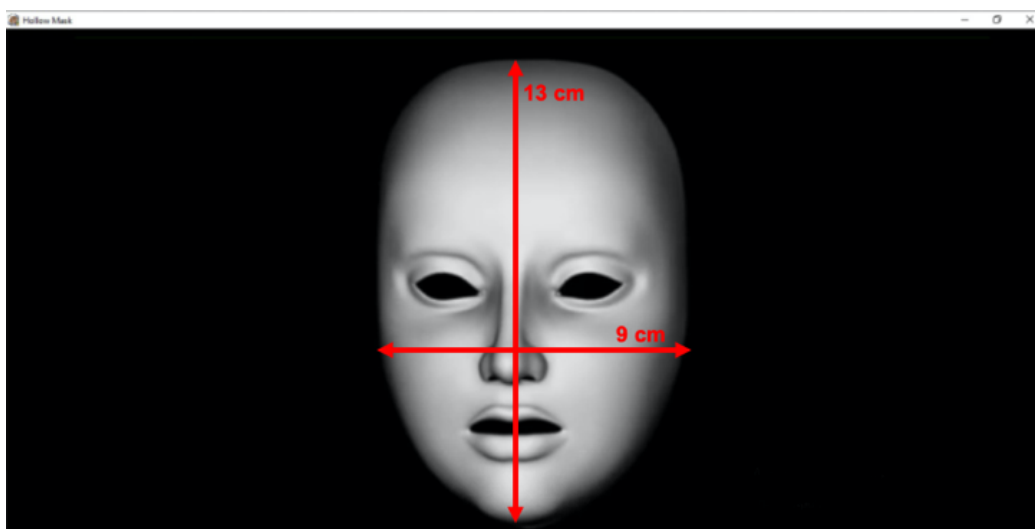
2.3.att. Robežu metode. Absolūtā sliekšņa noteikšana. Atbilde (uztvertais stimuluss): jā (Y), nē (N).⁴

Atšķirības sliekšņa noteikšanai nepieciešami stimuli, piemēram, divi dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumi, kas var būt vienlaicīgi viens otram blakus vai secīgi viens pēc otra. Kamēr standarta stimula intensitāte tiek uzturēta nemainīga, salīdzināšanas stimula intensitāte tiek mainīta vairākās pakāpēs. Salīdzināšanas stimuluss sākotnēji ir vājāks (augošā secībā) vai sākotnēji spēcīgāks (dilstošā secībā) nekā standarts. Sērija beidzas, kad novērotāja reakcija mainās no “vājāka” uz “spēcīgāka” vai otrādi. Starpības sliekšnis ir intensitātes starpība starp pirmā izmēģinājuma stimuliem uz kuriem reakcija atšķīrās no iepriekšējā. Tāpat kā iepriekš, augošās un dilstošās sērijas tiek pārmaiņus mainītas, lai iegūtu sliekšņa novērtējumu, rezultātu vidējā vērtība.

Izveidotā programmā par standarta ātrumu (ne paātrināto, ne palēnināto) tika ņemts dobās sejas maskas ilūzijas videofails ar 100 % (1 reize) ātrumu, atskaņošanas laiks bija 72 s. Savukārt, lai noskaidrotu video atskaņošanas ātruma ietekmi uz redzes uztveri, video ar dobās sejas ilūziju tika modificēti ar *iMovie* 10.1.14 videomontēšanas programmu, kur varēja izmainīt atskaites videofaila atskaņošanas ātrumu, proti par palēninātiem atskaņošanas ātrumiem tika izveidoti 2 videofaili ar ātrumiem 0,9 reizes (80 s) un 0,8 reizes (90 s) no 1 reizes jeb 100 % videofaila, tieši šādi ātrumi parāda lēnāko atskaņošanas ātrumu un nav pārāk ilgi. Attiecīgi paātrinātie videofaili tika izveidoti ar 2x (36 s), 3x (24 s), 4x (18 s), 5x (14 s), 6x (12 s), 7x (10 s), 8x (9 s), 9x (8 s), 10x (7 s) ātrumiem. Paātrinātie videofaili tika modificēti tā, lai no katra iepriekšējā videofaila atskaņošanas

⁴ Pieejams: <https://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-psychophysics-of-vision/psychophysics-of-vision/>

ātrums tika palielināts par 100 %, tika izvēlēts tieši šāds solis, jo tikai tad var pamanīt ātruma izmaiņas, un tikai pie ļoti liela ātruma izmaiņas subjektīvi izzūd vai samazinās dobās maskas ilūzijas kustība. Ka arī, lai neveidotu ātruma izmaiņas ar 10 % soli līdz brīdim, kad subjektīvi iluzorā kustība izzūd, tika pieņemts lēmums, ka palēninātā fāzē tiks apskatīta ar 80 % (0,8 reizes) un 90 % (0,9 reizes), taču ātrākie videofaili tiks paātrināti ar lielāko soli 100% no katra iepriekšējā. Par stimulu tika izvēlēta dobās sejas ilūzija, kur sejas garums ir 13 cm, platums 9 cm, spožums $76,6 \pm 0,01$ cd/m² $\pm 0,1$ cd/m, apkārt melnais fons (skat. 2.4. att.).



2.4.att. Ekrānuzņēmums no izveidotās *Hollow mask* reakcijas laika noteikšanas datorprogrammas.

2.3. Pētījuma gaita

Eksperiments tika veikts fotopiskos apstākļos, dalībniekam atrodoties 70 cm attālumā no monitora. Dalībnieka galva tika fiksēta uz speciāla galvas un zoda balsta, lai kontrolētu testa attālumu.

Visiem dalībniekiem pirms eksperimenta veikšanas tika pārbaudīts redzes asums, izmantojot Landolta gredzenus, ar FrACT programmu. Labākais redzes asums visiem dalībniekiem ir 0,8 dec.vien. (0,1 LogMAR).

Eksperiments tika sadalīts divās sesijās: motorā reakcijas laika novērtējums un subjektīvais psihofizikālais mērījums dobās sejas maskas video atskaņošanas ātruma ietekme uz redzes uztveri. Abas sesijas laiks - 1 stunda.

Pirmā eksperimenta sesijas laikā dalībniekam tika noteikts motorais reakcijas laiks, izmantojot *Human Benchmark* tiešsaistes pieejamo testu. Šis datoru – spēļu reakcijas tests tika izveidots, lai

novērtētu reakcijas laiku uz frontālajiem redzes stimuliem. Programma mēra reakcijas laiku milisekundēs ar precizitāti \pm viens cipars. Dalībniekiem pārbaude jāveic 5 reizes, un tika reģistrēts vidējais reakcijas laiks milisekundēs. Norādījumi: kad sarkanais lodziņš kļūst zaļš, noklikšķiniet, cik ātri vien iespējams. Tests tika atkārtots 3 reizes.

Otrā eksperimenta sesijas laikā eksperimenta dalībnieki tika apsēdināti pie datora 70 cm attālumā, fiksējot savu pozīciju ar zoda un galvas balstu. Datorprogrammā tika ievadīti dalībnieka dati: vārds, uzvārds, vecums. Pirms testa veikšanas tika dotas visas nepieciešamas instrukcijas. Uz monitora tika radīta dobās sejas ilūzijas rotācijas kustība ar dažādiem ātrumiem no mazākā uz lielāku un otrādi. Dalībniekam uz datora tastatūras bija jāspiež taustiņš “R”, kad redz masku uz otro pusi “izvērstu” (skat. 2.5. att.), t.i. pirmais mirklis, kad jūt, ka maska sāk griezties uz otru pusi. Tika fiksēts reakcijas laiks katrā no radītā rotācijas ātruma un katrā pagriešanas vietā jeb flipa, kad dalībnieks nospiež “R”, kad redz masku uz otro pusi. Šīs sesijas būtība ir tas, ka var subjektīvi novērtēt izmaiņas redzes uztverē atkarībā no rotācijas ātruma, vai palielinot rotācijas ātrumu ilūzijas kustība samazinās vai izzūd. Tests tika atkārtots 3 reizes.



2.5. att. Dobās sejas ilūzija, izvērsta puse⁵.

⁵ Pieejams: <https://www.studyinternational.com/news/university-study-finds-a-brain-that-cant-be-fooled-by-this-optical-illusion/>

2.4. Datu apstrāde

Datu statistiskā analīze tika veikta *Microsoft Excel* programmā ar aprakstošo statistiku (angļu val.: *Descriptive Statistics*), lai aprēķinātu standarta novirzi vai kļūdu. Divu neatkarīgu izlasu vidējo salīdzināšanai tika izmantots t-tests, kuru dispersijas nav vienādas vidējo salīdzināšanai (angļu val.: *t-test: two-sample assuming unequal variances*). Lai salīdzinātu, ka faktors kopumā ir būtisks, video atskaņošanas ātruma ietekmi uz sejas atpazīstamību, vidējos atbilžu laikus katras grupas dalībniekiem, palielinot testa stimula rādīšanas ātrumu, tika izmantota viena faktora dispersiju analīze (angļu val.: *ANOVA: Single Factor*). Pirms šo testu veikšanas, tika izmantots Fišera tests (angļu val.: *F-test two-sample for variances*) grupu dispersiju salīdzināšanai, kas palīdzēja noteikt grupas variācija dažādību. Ar *Shapiro – Wilk Normality* test tika pārbaudīts, ka datu lielākā daļa atbilst normālam sadalījumam.

2.5. Rezultāti un to analīze

2.5.1. Pētījuma dalībnieku motorais reakcijas ātrums un tās saistība ar cilvēka vecumu.

Eksperimenta pirmajā daļā tika analizēts motorais reakcijas laiks atkarībā no dalībnieka vecuma, jo vecuma analīze pirms ātrumu analīzes ir būtiska un ietekmē tālāko rezultātu analīzi. Lai analizētu dobās sejas maskas uztveri, sākumā tika noteikts motorais atbildes laiks, lai saprastu, kurā brīdī dalībnieki ar lēnāku motoro reakciju datus padara savādākus, piemēram, cilvēkiem gados ir atbildes reakcija lēnāka, jo reakcijas motorais ātrums kritās, taču tas nenozīmē, ka ir vaina redzes uztverē. Tas tika ņemts vērā, turpmāk datu apstrādē un analizēšanā motorais laiks tika noņemts.

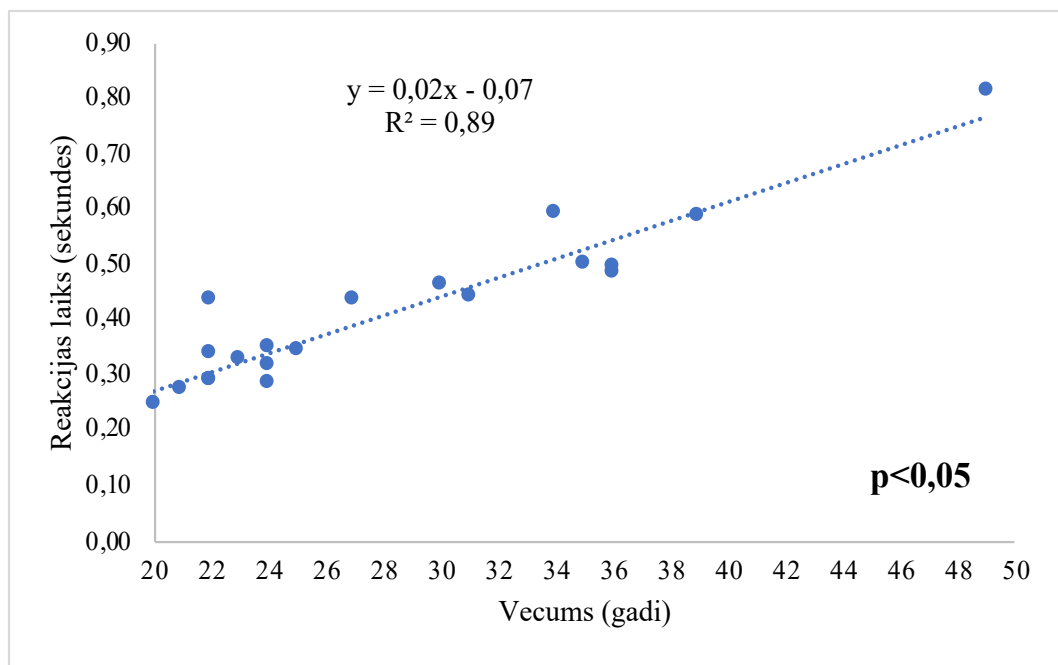
Pētījumu veidoja 20 pētījuma dalībnieki (4 vīrieši un 16 sievietes), kuru vecums bija $M \pm SD = 28,8 \pm 8,2$, no kuriem. 2.1. tabulā attēlots dalībnieku vecuma grupas sadalījums.

2.1. tabula

Dalībnieku vecuma grupas sadalījums				
	Vecuma grupas			
Vecums	20-24	25-29	30-34	35-49
Dalībnieku skaits	9	2	3	6

Pētījuma rezultāti tika parādīti turpmākajā grafikā, lai uzsvērtu pētīto parametru korelāciju un statistisko nozīmīgumu. 2.6. attēlā ir attēloti visu dalībnieku 3 mērījumu vidējā reakcijas laika latences izkliedes grafiks atkarībā no dalībnieku vecuma. Motoro laiku definē kā laiku starp elektromiogrāfisko aktivitāti un kustību, un tādēļ tas atspoguļo reakcijas laika muskuļu komponentu. Reakcijas laika latence palielinājās ar vecuma pieaugumu (no 0,29 s jaunākajām dalībniekiem līdz 0,88 s vecākajām). Tika novērota tendence, ka motorais reakcijas laiks korelē ar vecumu, korelācijas koeficients $k = 0,94$, kas nozīmē ļoti spēcīgu korelāciju starp motoro reakcijas laiku un vecumu, jo vecāks cilvēks, jo motorais reakcijas laiks palielinās, t.i. ilgāk tiek sagaidīta atbilde no stimula parādīšanas brīža. Korelācijas koeficienta 95 % ticamības intervāla apakšējā robeža ir 0,41 augšējā robeža - 0,87. Korelācijas koeficients ir statistiski nozīmīgs, jo tā ticamības intervālā nav iekļauts 0. Tāpēc var secināt, ka dalībnieka vecums būtiski ietekmē motoro reakcijas laiku. Šajā piemērā taisna tendences līnija apraksta stabilu reakcijas laika palēninājumu, palielinoties vecumam. Determinācijas koeficienta vērtība ir 0,89, kas norāda uz aprēķinātās līnijas diezgan labu sakrītību ar datiem (skat. 2.6. att.). Tas nozīmē, ka 89 % gadījumu vecuma izmaiņas izraisa reakcijas laika izmaiņas. Citiem vārdiem sakot, regresijas vienādojuma precizitāte ir augsta.

Datu statistiskai apstrādei no sākuma tika veikts *Shapiro-Wilk* tests, kas norādīja uz to, ka katra dalībnieka motorā reakcija laika vērtības ir normāli sadalītas ($p > 0,05$). Izmantojot pāra t-testu (*t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances*) visā vecuma grupā (skat. 2.1. tab.), salīdzinājumi pēc kārtas sasniedza statistiski būtisku nozīmi ($p < 0,05$ nekoriģēts), un jaudas (*Post-hoc Power*) analīze parādīja 99 % varbūtību noteikt novecošanās efektu $p < 0,05$ līmenī 20 dalībniekiem. Ir pierādīts, ka vecums ietekmē motoro reakciju laiku, kas nozīmē, jo vecāks cilvēks, jo atbildes reakcija palēninās.



2.6. att. Reakcijas laiks atkarībā no dalībnieka vecuma.

2.5.2. Dobās sejas uztvere par reālu seju, ņemot vērā individuālos pētījuma dalībnieka reakcijas ātrumus.

Otrajā eksperimenta daļā tika analizēta dobās sejas maskas video atskaņošanas ātruma ietekme uz redzes uztveri. Sākotnēji tika izveidoti modificēti dobās sejas maskas atskaņošanas ātrumi, kas tika palēnināti un paātrināti par 80 % (0,8 reizēm), 90 % (0,9 reizēm), 200 % (2 reizēm), 300 % (3 reizēm), 400 % (4 reizēm), 500 % (5 reizēm), 600 % (6 reizēm), 700 % (7 reizēm), 800 % (8 reizēm), 900% (9 reizēm) un 1000 % (10 reizēm) no standarta ātruma 100 % jeb 1 reize, kur video atskaņošanas laiks ir 7240 ms (skat. 2.2. tabula). Tika ieviests papildus paātrinājuma koeficients, kurš ir attēlots 2.2. tabulā. Lai saprotamāk attēlotu un analizētu datus, šis koeficients parāda par cik reizēm katrs dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrums lēnāks vai ātrāks par standarta video atskaņošanas ātrumu. Tas nosaka video atskaņošanas ilguma attiecību starp modificēto video ilgumu un standarta video atskaņošanas ilgumu.

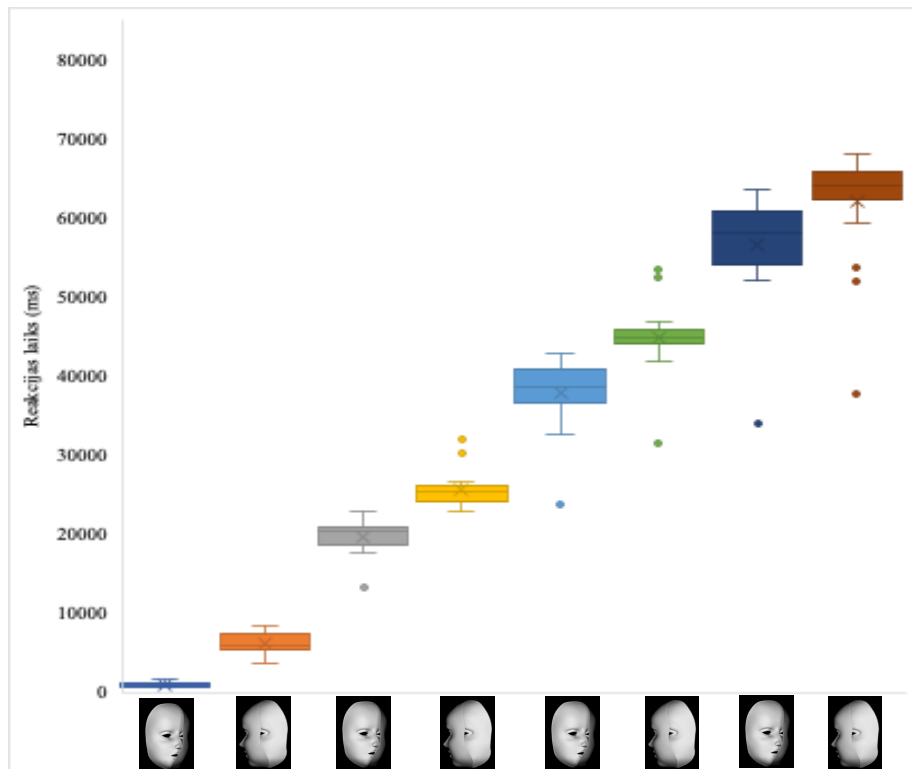
Piemēram, tika ņemts standarta ātrums 100 %, ilgums 7240 ms, lai noteiktu koeficientu 1000 % video paātrinājumam, kas ilgst 724 ms, tika izrēķināta video atskaņošanas ātruma attiecība, t.i. $7240 \text{ ms} / 724 \text{ ms} = 10$ reizes). Pēc šī algoritma tika izrēķināti pārējie paātrinājuma koeficienti (skat. 2.2 tabula).

Modificēto video atskaņošanas ātruma paātrinājuma koeficients

Video atskaņošanas ātrums, %	Video atskaņošanas ilgums, ms	Ātrums	Paātrinājuma koeficients, reizes
80	9048	Palēninātais	0,80
90	8040	Palēninātais	0,90
100	7240	Bez modifikācijām	1,00
200	3620	Paātrinātais	2,00
300	2412	Paātrinātais	3,00
400	1812	Paātrinātais	4,00
500	1448	Paātrinātais	5,00
600	1208	Paātrinātais	5,99
700	1035	Paātrinātais	7,00
800	903	Paātrinātais	8,02
900	803	Paātrinātais	9,02
1000	724	Paātrinātais	10,00

Katrā no dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumā tika attēloti 8 flipi jeb vietas, kur dalībnieki uztver izvērstu normālu seju no dobās maskas. Normāla seja tika attēlota 1., 3., 5., un 7. flipā, taču dobās maskas seja parādās 2., 4., 6., un 8. flipā. Sākumā, izmantojot standarta rādīšanas ātrumu (1 reize), tika noteikti katram dalībniekam vidēji flipu atrašanas laiki 3 mēģinājumiem (skat. 2.7. att.). Tālāk arī tika noteiktas flipu atrašanas vietas pēc laika pie visiem dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumiem.

Dalībnieki ir spieduši ne tikai, kad dobās maska seja it kā izliecas par seju, bet arī, kad parādās īstā seja, kad rotācija turpinās. Eksperimenta gaitā tika konstatēts, ka dalībnieki reizēm spieda atbildes ātrāk vai lēnāk, tādēļ radījās lielas izkliedes. Vairāk tika pievērsta uzmanība 3. un 5. pogas spiešanai, jo tas atbilst īstai sejas uztverei no dobās maskas. Datu analīzē tika ņemts 3. un 5. flipi, jo tie ir visinformatīvākie.



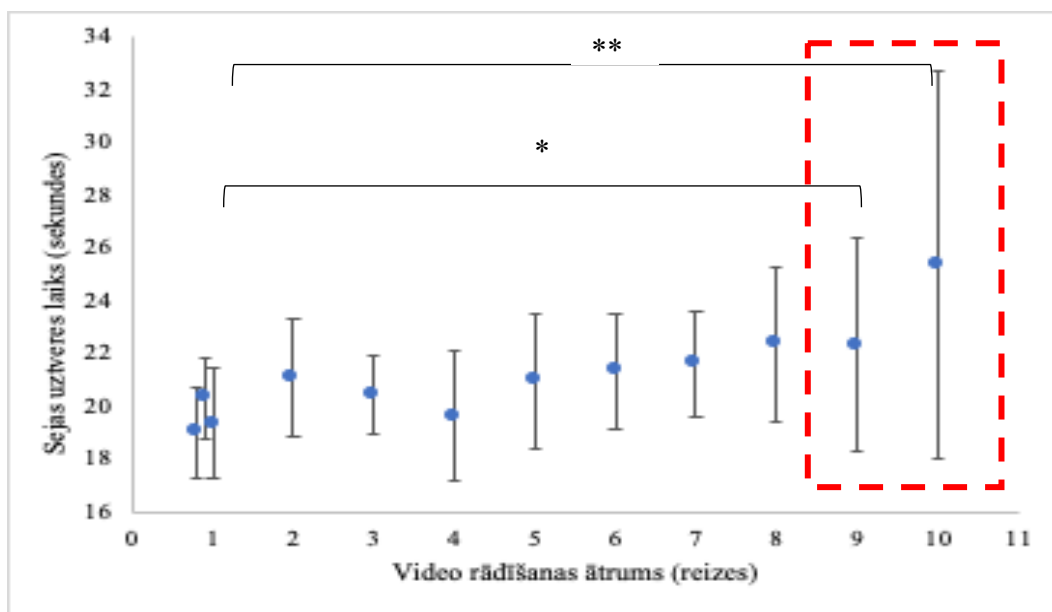
2.7. att. Flipu atrašanas vieta pie standarta (1 reize) dobās sejas video atskaņošanas ātruma. Grafikā attēloti 8 flipi, no kuriem 1., 3., 5., 7., ir reāla seja, 2., 4., 6., 8. ir dobā seja. Grafikā norādītas reakcijas laika vidējās vērtības un mediānas, augšējās un apakšējās kvartiles robežas, un lielākās, un mazākās novērojuma vērtības, kas nepārsniedz kvartiles $\pm 1,5$ *starpkvartīļu apgabala robežas, katram stimulus, kā arī rezultāti, kas pārsniedz vērtību robežas.

Zemāk esošais grafiks attēlo dobās sejas uztveri par reālu seju, ņemot vērā individuālos pētījuma dalībnieka reakcijas ātrumus (skat. 2.8. att.).

Sākumā katram dalībniekam tika aprēķināts individuālais motorais reakcijas ātrums. Šis vidējais motorais ātrums, tika iestrādāts katram dalībniekam sejas uztveres atbildes ātrumā neatkarīgi no flipa. Tālāk tika aprēķināta starpība starp sniegto atbildi video rādīšanas laiku un reakcijas laiku. Tas tika nosaukts par aprēķināto sejas uztveres laiku. Jāsaprot, ka ne visi flipi jeb cilvēku spiestās pogas atbildes bija sejas uztvere no dobās sejas. Tāpēc rezultātu analīzē tika ņemti vērā 3. flipa sniegtās atbildes. 2.8. att. tika attēloti aprēķinātie vidējie laiki no visiem dalībniekiem noņemot katram motoro reakciju un tika attēlota standartdeviācija katram no dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumam.

Datu statistiskai analīzei no sākuma tika veikts *Shapiro-Wilk* tests, kas uzrādīja, ka dati ir normāli sadalīti ($p > 0,05$), tādēļ datu analīzei tika izmantotas parametriskās statistikas metodes. Tālākai apstrādei tika izmantots divu faktora ANOVA tests korelētiem datiem, tika analizēts, vai reakcijas laiks ir atkarīgs no video radīšanas ātruma. Kā faktori tika ņemti katra dalībnieka

reakcijas laiks un demonstrētā video atskaņošanas ātrums. Rezultāti parādīja, ka kopumā video rādīšanas ātrums ietekmē reakcijas laiku ($p < 0,05$). Izmantojot F-testu, tika salīdzinātas standartdeviāciju atšķirības starp visiem video atskaņošanas ātrumiem pret normālo (1 reize) video atskaņošanas ātrumu. Tika atrastas statistiski būtiskas standartdeviāciju atšķirības starp 9x un 10x paātrinātiem video ātrumiem ($p = 0,0027$; $p < 0,05$), jāsecina, ka abas standartdeviācijas ir statistiski nozīmīgi atšķirīgas. Taču, salīdzinot standartdeviācijas pie lēnākiem video atskaņošanas ātrumiem no 0,8 – 8 reizēm, statistiski būtiskas atšķirības netika atrastas ($p > 0,05$). Pētījuma iegūtie rezultāti parāda, ka uztveres ātrums nedaudz palēninās un standartdeviācija palielinās tieši uz lielākiem ātrumiem, proti, tika pierādīts, ka pie normālā un 9x, 10x paātrinātiem video ātrumiem standartdeviācija atšķiras, un tas nozīmē, ka grupā ir lielākas variācijas. Variācijas noteikti ienes vecums, kas tiks analizēts nākamajā sadaļā. Tika secināts, ka ne tikai motorais reakcijas laiks mainās, bet mainās arī uztveres ātrums. No tā izriet, ka cilvēka vecums ietekmē uztveres ātrumu.



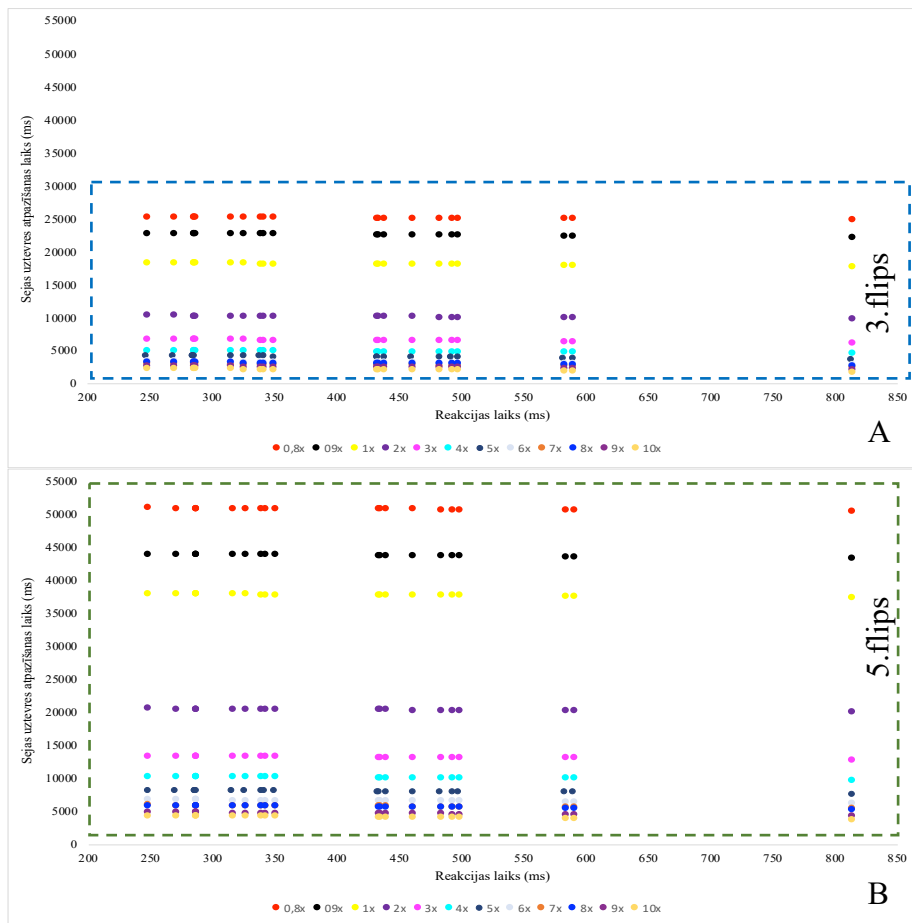
2.8. att. Sejas uztveres laika atkarība no dobās sejas maskas video atskaņošanas ātruma.

2.5.3. Video rādīšanas ātruma ietekmi uz sejas uztveres atpazīšanas laiku.

2.9. att. tika attēlota sakarība starp motorās reakcijas laiku un sejas atpazīstamību. Šajā uzdevumā tika analizēti dalībnieka reālie motorās un uztveres laika mērījumi. Salīdzinājums tika veikts viena un tā paša dalībnieka ietvaros, kur tika iegūts 3., un 5. flipu atbildes laiku katram video rādīšanas ātrumam, un tika aprēķināta starpība starp vidējo uztveres laiku, un motoro reakcijas laiku.

Šajā uzdevumā akcents tika vērsts uz dalībnieku vecumu, jo 1. uzdevumā tika labi parādīts, ka grupā ir cilvēki, kuri motori atbild lēnāk kā citi, jo tika secināts, ka motorais laiks atkarīgs no vecuma. Grupā bija dažāda vecuma dalībnieki. Tāpēc datu analīzē katram individuāli tika atņemts motorais reakciju laiks. Tika izvirzīta hipotēze, uztvere ir atšķirīga ar gadiem. Ja pieņem, ka motorā reakcija ir lēna, tad arī var pieņemt, ka uztveres reakcijas ir lēna. Ja uztvere visiem būs vienāda, tad sejas uztveres laikam vajadzētu būt taisnei paralēli x asij. Izveidots grafiks parāda, ka lielākoties uztveres reakcijas laiks ir paralēls x asij (skat. 2.9. att.).

Datu statistiskai analīzei no sākuma tika veikts *Shapiro-Wilk* tests, kas uzrādīja, ka dati ir normāli sadalīti ($p > 0,05$), tādēļ datu analīzei tika izmantotas parametriskās statistikas metodes. Tālākai apstrādei tika izmantots divu faktora ANOVA tests korelētiem datiem, tika analizēts, vai uztveres reakcijas laiks ir atkarīgs no motorās reakcijas laika. Kā faktori tika ņemti katra dalībnieka uztveres reakcijas laiks un dalībnieka individuālais motorais reakcijas laiks. Iegūtu rezultātu analīze parāda, ka uztveres reakcijai nav saistība ar motoro reakciju ($p = 0,51$). Tas nozīmē, ka jebkura vecuma grupā sejas uztvere notiek līdzīgi, tā netiek ietekmēta. Taču izmaiņas starp video atskaņošanas ātrumu un uztveres laiku tika pierādītas, un tās ir statistiski būtiskas ($p < 0,05$).



2.9. att. Sakarību starp motoro atbildi un sejas atpazīstamību. Uz x ass motorās reakcijas laiks uz stimulu, uz y ass cilvēka vidējais izrēķinātais laiks 3. (A) un 5. (B) flipam.

2.5.4. Dobās sejas ilūzijas atpazīstamība par reālu seju, ja tiek mainīts video rādīšanas ātrums.

Otrajā eksperimenta daļā tika izpētīta dobās sejas ilūzijas atpazīstamība par reālo seju, ja tiek mainīts video atskaņošanas ātrums. Sākotnēji tika izrēķināts teorētiskais paātrinājuma koeficients, ņemot vērā video radīšanas ilgumu, kas attēlo modificēto un standarta video radīšanas ilguma attiecību (skat. 2.3. tab.). Savukārt reālais video paātrinājuma koeficients tika izrēķināts, ņemot vērā 3. un 5. flipa vidējo reakcijas laiku attiecību pret standarta ātruma 3. un 5. flipa reakcijas laiku, kad tiek uztverta reāla seja.

Piemērs: pie 80 % video atskaņošanas ātruma 3. flipa vidējais reakcijas laiks 1 dalībniekam ir 25570 ms, 5. flipa vidējais reakcijas laiks ir 51276 ms. Savukārt pie standarta video ātruma (100 %) tām pašam dalībniekam reakcijas laiks 3. flipam ir 18531 ms, 5. flipam ir 38234 ms. Izrēķinot attiecību 3.flipam = $18531/25570 = 0,73$, 5.flipam = $38234/51276 = 0,75$. Vidējais ir 0,74 vai 0,8.

Šis lielums ir reāli iegūtais koeficients. Zinot, ka video atskaņošanas ātrums tika palielināts par 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 reizēm, tad attiecīgi arī reakcijas atbildei uz lielāku vai mazāku rotācijas

ātrumu būtu jābūt tādai pašai - 2, 3 ...10 reizes ātrākai. Tad ja teorētiskai un reālais koeficients sakrīt, tas nozīmē, ka uztvere ir līdzīga. Seja tika atpazīta pie jebkura modificētā ātruma.

2.3. tabula

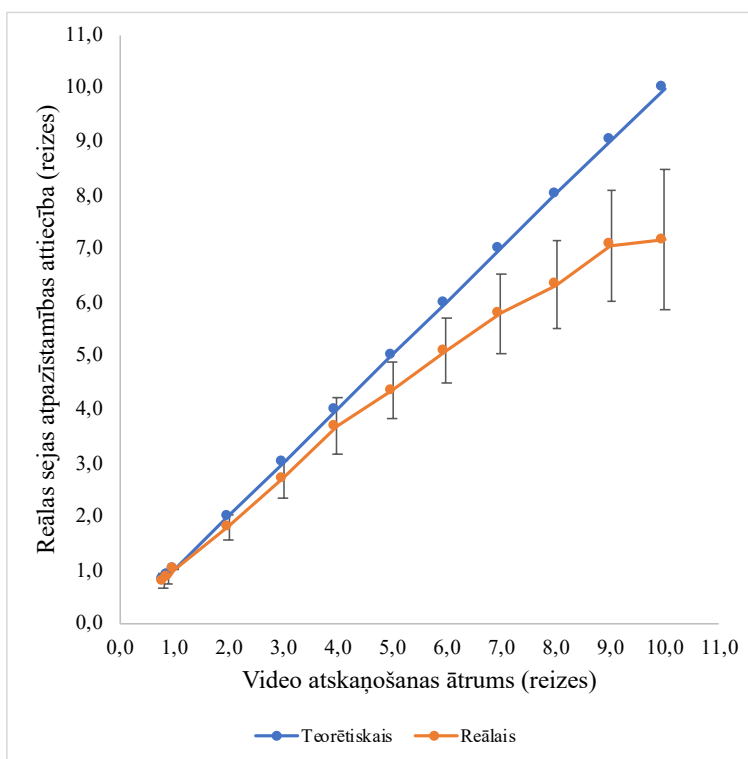
Modificēto video atskaņošanas ātruma paātrinājuma koeficients

Paātrinājuma koeficients, reizes	Teorētiskais koeficients, reizes	Reāli iegūtais koeficients, reizes
0,8	0,8	0,78
0,9	0,9	0,86
1,0	1,0	1,00
2,0	2,0	1,80
3,0	3,0	2,70
4,0	4,0	3,68
5,0	5,0	4,34
6,0	6,0	5,08
7,0	7,0	5,79
8,0	8,0	6,32
9,0	9,0	7,06
10,0	10,0	7,17

2.10. att. var redzēt, ka pie lēniem ātrumiem no 0,8 – 4 reizēm cilvēks reaģē atbilstoši rādīšanas ātrumam. Savukārt palielinot rādīšanas ātrumu, sāk veidoties redzes uztveres aizture un dalībnieks tik ātri vairs nevar atpazīt reālo seju. Ja ātrums ir lielāks, dalībnieki nespēj tik ātri pārslēgt savu dobās maskas uztveri uz sejas uztveri. Ja ātrāk tiek rādīta dobās sejas maskas ilūzija, tad vienā brīdī dalībniekam tika uztverta tikai dobā maska vai tikai parādās maskas šūpošanās sajūta no vienas puses uz otru, kas tajā brīdī netiek uzskatīta par sejas veidošanos no dobās maskas.

Skatoties pēc paātrinājuma reizēm, tad visiem dalībniekiem sejas uztverē sākas aizture pie ātruma 5 reizes (skat. 2.10. att.). Datu statistiskai analīzei no sākuma tika veikts *Shapiro-Wilk* tests, kas uzrādīja, ka dati ir normāli sadalīti ($p > 0,05$), tādēļ datu analīzei tika izmantotas parametriskās statistikas metodes. Tālākai apstrādei tika izmantots viena faktora ANOVA tests korelētiem datiem, tika analizēts, ka kopumā video rādīšanas ātruma izmaiņas uz lielāko neuzrāda statistiski būtisku ietekmi uz reālās sejas uztveri ($p = 0,48$), taču, salīdzinot datus pa pāriem, tika izmantots

pāra t-tests. Analizējot iegūtos datus, tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības, sākot ar 6 – 10 reizēm video ātruma palielinājumiem ($p < 0,05$). Var secināt, ka palielinot dobās sejas maskas ilūzijas video atskaņošanas ātrumu, sākot ar 6 reizes palielinājumu, dalībniekiem sākas sejas uztveres aizture, kas nozīme, ka dalībniekam ir grūtības atpazīt reālo seju no dobās.



2.10. att. Sakarību starp motoro atbildi un sejas atpazīstamību. Uz x ass motorās reakcijas laiks uz stimulu, uz y ass cilvēka vidējais izrēķinātais laiks 3. un 5. flipam.

2.6. Diskusija

Eksperimenta iegūtie rezultāti daļēji apstiprina darba izvirzīto hipotēzi: palielinot dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumu, iluzora kustība izzūd. Rezultāti parādīja, ka palielinot dobās sejas maskas video radīšanas ātrumu, iluzora kustība paliek, taču rodas sejas uztveres aizture. Tas nozīmē, ja maskas rotācijas ātrums ir paātrināts 6 - 10 reizēm no standarta ātruma, cilvēks tik ātri nevar atpazīt reālo seju no dobās, tādēļ nevar sniegt patiesu atbildi, kad reāla seja bija redzēta.

1. uzdevumā tika novērtēts motorais reakcijas laiks atkarībā no dalībnieku vecuma. Iegūtie rezultāti parāda, ka motorais reakcijas laiks cieši korelē ar vecumu. Pieaugot vecumam, palielinās motorais reakcijas laiks. Cilvēks paliek vecāks, tādēļ arī atbildes ātrums samazinās novecošanas procesu dēļ. Motoro laiku definē kā laiku starp elektromiogrāfisko aktivitāti un kustību, un tādēļ tas atspoguļo reakcijas laika muskuļu komponentu. *Luchies et al.* (2002) arī ziņoja, ka šī vecuma ietekme bija izteiktāka sarežģītu reakcijas laika uzdevumu veikšanā, un *Der & Deary* (2006) tam piekrita. Zinātnieki pierādīja, ka reakcijas laiks mainīgs ar vecumu (*Hultsch et al.*, 2002; *Gorus et al.*, 2008). *MacDonald et al.* (2008) atklāja, ka reakcijas laika mainīgums vecākiem pieaugušajiem parasti ir saistīts ar lēnāku reakcijas laiku un sliktāku stimulu atpazīšanu, un ierosināja, ka mainīgums varētu būt noderīgs vispārējās nervu integritātes rādītājs. Šajā pētījumā tika konstatēts, ka vecuma grupā no 35 – 49 (vidējais vecums 39 gadi) gadiem vidējais reakcijas laiks ir 574 ms. Var salīdzināt ar līdzīgiem pētījumiem, kur tika izmantots cits izvēles reakcija laika tests (CRT). Dalībniekam arī pēc iespējas ātrāk bija jāspiež taustiņš, kad stimulš parādās. *Deary et al.* (2001) atklāja vidējo CRT latentumu 728 ms lielā 56 gadu vecu dalībnieku grupā, bet *Deary et al.* (2011) atklāja CRT vidējo latentumu 556 ms dalībniekiem ar vidējo vecumu 48 gadi. Šīs atšķirības bija būtiskas: CRT vidējie latentumi, par kuriem ziņots *Deary et al.* (2001) tika palielināts par 172 ms, salīdzinot ar *Deary et al.* (2011) rezultātiem. Turklāt *Dykiert et al.* (2012b) izmantoja identisku testu populācijā ar vidējo vecumu 40 gadi, un ieguva CRT vidējos latentumus, kas bija 210 ms. Atšķirības tika prognozētas, pamatojoties uz dalībnieku vidējo atšķirīgo vecumu. Šajā eksperimenta gadījumā vajadzētu uzlabot vecuma grupu kvalitāti; t.i. lielāks dalībnieku skaits vecumā grupā no 45 gadiem, lai prognozēto būtiskas novecošanas procesa izmaiņas uz reakcijas laiku.

2. uzdevumā tika analizēta dobās sejas uztvere par reālu seju, ņemot vērā individuālos pētījuma dalībnieka reakcijas ātrumus. Iegūtie rezultāti parāda, ka uztveres ātrums nedaudz palēninās un standartdeviācijas palielinās tieši uz lielākiem ātrumiem, proti, tika pierādīts, ka pie normālā un 9x, 10x paātrinātiem video ātrumiem standartdeviācija atšķiras. Tas nozīmē, ka grupā

ir lielākas variācijas. Variācijas ienes vecums. Var teikt, ka palielinoties vecumam, ne tikai motorais laiks paliek lēnāks, bet arī palēninās sejas uztveres ātrums pie dobās sejas maskas lielākiem ātrumiem. Līdzīgi pētījumi, kas parāda novecošanas ietekmi uz redzes uztveres ātruma izmaiņām, netika atrasti. Šis pētījums ienes novitāti, ka arī redzes uztveres ātrums ir atkarīgs no motoras reakcijas laika.

3. uzdevumā tika novērtēta video rādīšanas ātruma ietekmi uz sejas uztveres atpazīšanas laiku. Pētījumā iegūtie rezultāti parāda, ka uztveres reakcijai nav saistības ar motoro reakciju. Tas nozīmē, ka jebkura vecuma grupā sejas uztvere notiek līdzīgi, tā netiek ietekmēta. Salīdzinot ar citu līdzīgu pētījumu, līdzīgi rezultāti netika atrasti. Taču zinātnieki izmantoja citu metodi (*Norton et al.*, 2009), kur izmantoja sejas stimulu un dalībniekam bija jāspiež taustiņš pēc iespējas ātrāk, kad parādās seja pa labi vai pa kreisi no fiksācijas punkta. Pētnieki pierādīja, ka redzes jutība samazinās ar vecumu, un tas, domājams, ietekmē sejas atpazīšanu. Tomēr saikne starp novecošanas redzes pamat apstrādi un kognitīvajiem mehānismiem, kas darbojas sejas atpazīšanā, nav labi izprotama. Pamata solis seju atpazīšanā - galvenokārt balstās uz maņu informāciju. Šajā pētījumā tika izmērīta spēja noteikt sejas konfigurāciju un kontrasta noteikšanu jauniem (<40 gadiem), pusmūža (40–59 gadi), un gados vecākiem pieaugušajiem (> 59 gadiem). Gan sejas noteikšanas, gan kontrasta noteikšanas rādītāji pusmūža grupā bija mēreni pasliktinājusies, salīdzinot ar jauno, un gados vecākiem pieaugušajiem tie bija vēl sliktāki. Rezultāti liecina, ka sejas noteikšanas spēja sāk mazināties agrīnā novecošanā, un tā ir saistīta ar spatiotemporālu redzes apstrādi. Lai labāk noskaidrotu vai vecums ietekmē sejas uztveri, vajadzētu lielāks dalībnieku skaits katrā no vecuma grupas.

4. uzdevumā tika analizēta dobās sejas ilūzijas atpazīstamība par reālu seju, ja tiek mainīts video rādīšanas ātrums. Pētījumā gaitā tika secināts, ka pie lielākiem ātrumiem notiek redzes uztveres aizture, kas nozīmē, ka cilvēks nespēj tik ātri reaģēt uz ātruma pārmaiņām un atpazīt reālo seju no dobās. Cilvēkam rodas šūpošanas sajūta. Precīzai redzes uztverei ir nepieciešams plašs atsevišķu komponentu klāsts. Telpiskā uztvere: spēja spriest par objektu izmēru, formu, kustību un orientāciju telpā. Tas ietver daudzus no redzes uztveres komponentiem un spēju integrēt vizuālo informāciju. Tā kā līdzīgie pētījumi netika atrasti, taču agrāk pētnieki *Hill & Johnston* (2007), izmantojot dobās sejas maskas ilūzijas modifikācijas, pierādīja, ka redzes uztvere ir jutīga pret izmaiņām. Notiek redzes uztveres aizture, ja tiek mainītas sejas iezīmes, piemēram, frizūra, kontūras, ēnas u.c. Tādēļ var salīdzināt ar pētījumiem, ka rezultāti parāda līdzīgus secinājumus. Taču, vēl joprojām nav skaidrs, kas būtiski ietekmē sejas atpazīšanas mehānismu. Tādēļ, var

papildināt esošu pētījumu un salīdzināt video atskaņošanas ātrumu un citas dobās sejas maskas ilūziju iezīmju izmaiņas, ka arī ar lielāku dalībnieku skaitu.

Kaut arī ir vairāki pētījumi, kuros tiek pētīta sejas uztvere, katra pētījuma metodika ir ļoti atšķirīga. Līdz ar to pārlicinošus secinājumus un salīdzinājumus nav iespējams veikt. Kopumā jauna programma sejas atpazīšanai strādā labi, lai novērtētu atbilžu laikus un video atskaņošanas ātruma ietekmi uz redzes uztveri, tādējādi izpildot šī darba galveno mērķi. Šo dobās sejas izveidotu programmu ir iespējams pielāgot klīniskiem izmeklējumiem, kas īpaši noderētu pārbaudot sejas atpazīšanu cilvēkiem, kuriem varbūt grūtības ar sejas uztveri vai patoloģijām. Lai būtu iespējams veikt pārlicinošus secinājumus ir nepieciešami jauni pētījumi, kas pēta sejas atpazīšanu, izmantojot pēc iespējas vairāk dalībnieku skaitu un modificējot esošo programmu.

SECINĀJUMI

1. Rezultāti parāda, ka palielinoties cilvēka vecumam, motorais reakcijas atbildes laiks palēninās, kas ietekmē arī sejas atpazīšanas atbildes sniegumu.
2. Visu apskatīto dobās sejas ilūzijas video atskaņošanas ātrumu diapazonā, vecums ietekmē sejas uztveres ātrumu. Palielinoties vecumam, palēninās sejas uztveres ātrums.
3. Visu apskatīto dobās sejas ilūzijas video atskaņošanas ātrumu diapazonā, palielinoties video atskaņošanas ātrumam, uztveres reakcijai nav saistība ar motoro reakciju.
4. Visu apskatīto dobās sejas ilūzijas video atskaņošanas ātrumu diapazonā, pie lēniem atskaņošanas ātrumiem redzes uztvere ir atbilstoša rādīšanas ātrumam, reālo seju var atšķirt no dobās sejas, savukārt palielinot rādīšanas ātrumu, sāk veidoties redzes uztveres aizture un reālo seju tik ātri vairs nevar atpazīt.

NOBEIGUMS

Pētījuma ietvaros tika konstatēts, ka, mainot dobās sejas maskas video atskaņošanas ātrumu, dalībniekiem tika novērota sejas uztveres izmaiņas. Palielinot video atskaņošanas ātrumus tika novērotas sejas uztveres aizture, tādēļ reālo seju no dobās sejas nav iespējams tik ātri novērtēt. Kā arī tas liecina par to, ka sejas uztveres mehānisms ir sensitīvs pret izmaiņām. Kā nākamais pētījuma solis, nepieciešams pētījumu atkārtot uz jaunas dalībnieku grupas. Veicot atkārtotu jaunā testa salīdzinājumu ar objektīvu testa salīdzinājumu par sejas uztveres atbildēm smadzenēs (piemēram, veicot EEG), tādējādi būtu iegūstami pārlicinošāki rezultāti par sejas uztveres mehānismu.

Tā kā pētījuma dalībnieku bija cilvēki bez sejas uztveres patoloģijām, nepieciešams šo programmu pārbaudīt dalībnieku grupai, kuriem ir sejas uztveres problēmas (piem, pacienti ar agnoziju, šizofrēniju). Papildus turpmākie pētījumi var būt izmainīti, izmantojot izveidoto programmu, mainot sejas iezīmes, t.i. ēnas, kontūras, Gausa pievienotais troksnis u.c., lai noskaidrotu vai citas sejas iezīmes ietekmē cilvēka sejas uztveri.

PATEICĪBA

Vēlējos izteikt pateicību savai darba vadītājai profesorei Guntai Krūmiņai par sniegtajiem padomiem un idejām darba tapšanas laikā. Kā arī vēlējos izteikt pateicību programmētājam *Vsevolod Lyakhovetskii* par operatīviem programmas labojumiem. Vēlos pateikt paldies savai ģimenei par atbalstu un pacietību. Pētījuma dalībniekiem par piedalīšanos eksperimentā, kā arī par atbalstu un pretimnākšanu sarežģītajos laikos.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Anstey, K. J., Luszcz, M. A., & Sanchez, L. (2001). A reevaluation of the common factor theory of shared variance among age, sensory function and cognitive function in older adults. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 56 (1), 3-11.
- Bach, M. (2016). *Freiburg Vision test (FrACT)*. Pieejams:
<http://www.michaelbach.de/fract/index.html> (Skatīts 14.01.2020.).
- Ballesteros, S., Mayas, J., & Reales, J. M. (2013). Cognitive function in normal aging and in older adults with mild cognitive impairment. *Psicothema*, 25 (1), 18-24.
- Barral, J., & Debu, B. (2004). Aiming in adults: Sex and laterality effects. *Laterality: Assymetries of Body, Brain and Cognition*, 9 (3), 299-312.
- Barthélémy, S., & Boulinguez, P. (2001). Manual reaction time asymmetries in human subjects: the role of movement planning and attention. *Neuroscience Letters*, 315 (1), 41-44.
- Barthélémy, S., & Boulinguez, P. (2002). Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. *Behavioral Brain Research*, 133 (1), 109-116.
- Behrmann, M., & Plaut, D.C. (2012). Bilateral hemispheric processing of words and faces: evidence from word impairments in prosopagnosia and face impairments in pure alexia. *Cerebral Cortex*, 24 (4), 1102-1118.
- Bellis, C. J. (1933). Reaction time and chronological age. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 30 (6), 801.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8 (6), 551-565.
- Botwinick, J., & Thompson, L. W. (1966). Components of reaction time in relation to age and sex. *Journal of Genetic Psychology*, 108 (2), 175-183.
- Bötzel, K., & Grüsser, O.J. (1989). Electric brain potentials evoked by pictures of faces and non-faces: a search for face-specific EEG-potentials. *Experimental Brain Research*, 77(2), 349-360.

- Bouhali, F., de Schotten, M.T., Pinel, P., Poupon, C., Mangin, J.F., Dehaene, S., & Cohen, L. (2014). Anatomical connections of the visual word form area. *Journal of Neuroscience*, 34(46), 15402-15414.
- Boulinguez, P., & Barthélémy, S. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. *Brain and Cognition*, 44(3), 653-661.
- Boulinguez., P., & Barthélémy, S. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. *Brain and Cognition*, 44 (3), 653-661.
- Brebner, J. T. (1980). *Reaction time in personality theory*. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*, pp. 309-320. London: Academic Press.
- Brebner, J. T., & Welford., A. T. (1980). *Introduction: an historical background sketch*. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*, pp. 1-23. London: Academic Press.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77 (3), 305-327.
- Bugg, J. M., Zook, N. A., DeLosh, E. L., Davalos, D. B., & Davis, H. P. (2006). Age differences in fluid intelligence: contributions of general slowing and frontal decline. *Brain and Cognition*, 62 (1), 9-16.
- Burton, A. M., Bruce, V., & Hancock, P. J. B. (1999). From pixels to people: A model of familiar face recognition. *Cognitive Science*, 23 (1), 1-31.
- Bushnell, I. W. R., Sai, F., & Mullin, J. T. (1989). Neonatal recognition of the mother's face. *British Journal of Developmental Psychology*, 7 (1), 3-15.
- Buxbaum, L.J., Glosser, G., & Coslett, H.B. (1998). Impaired face and word recognition without object agnosia. *Neuropsychologia*, 37 (1), 41-50.
- Caharel, S., Fiori, N., Bernard, C., Lalonde, R., & Rebaï, M. (2006). The effects of inversion and eye displacements of familiar and unknown faces on early and late-stage ERPs. *International Journal of Neuroscience*, 62 (1), 141-151.
- Caharel, S., Leleu, A., Bernard, C., Viggiano, M.-P., Lalonde, R., & Rebaï, M. (2013). Early holistic face-like processing of Arcimboldo paintings in the right occipital-temporal cortex: Evidence from the N170 ERP component. *International Journal of Psychophysiology*, 90 (2), 157-164.

- Caharel, S., Poiroux, S., Bernard, C., Thibaut, F., Lalonde, R., & Rebai M. (2002). ERPs associated with familiarity and degree of familiarity during face recognition. *International Journal of Neuroscience*, 112 (12), 1499-1512.
- Calder, A. J., Beaver, J. D., Winston, J. S., Dolan, R. J., Jenkins, R., Eger, E., & Henson, R. N. A. (2007). Separate Coding of Different Gaze Directions in the Superior Temporal Sulcus and Inferior Parietal Lobule. *Current Biology*, 17 (1), 20-25.
- Cauller, L. (1995). Layer I of primary sensory neocortex: where top-down converges upon bottom-up. *Behavioural Brain Research*, 71 (1-2), 163-170.
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123 (2), 291-307.
- Collardeau, M., Brisswalter, J., & Audiffren, M. (2001). Effects of a Prolonged Run on Simple Reaction Time of Well Trained Runners. *Perceptual and Motor Skills*, 93 (3), 679-689.
- Crouzet, S. M., Kirchner, H., & Thorpe, S. J. (2010). Fast saccades toward faces: Face detection in just 100 ms. *Journal of vision*, 10 (4), 16-17.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, 113 (7), 923-929.
- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction time, age and cognitive ability: longitudinal findings from age 16 to 63 years in representative population samples. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12 (2), 187-215.
- Deary, I. J., Der, G., & Ford, G. (2001). Reaction times and intelligence differences: a population-based cohort study. *Intelligence*, 29 (5), 389-399.
- Deary, I. J., Johnson, W., & Starr, J. M. (2010). Are processing speed tasks biomarkers of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 25 (1), 219-228.
- Deary, I. J., Liewald, D., & Nissan, J. (2011). A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: the Deary-Liewald reaction time task. *Behavior Research Methods*, 43 (1), 258-268.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging*, 21 (1), 62-73.

- Desimone, R. (1991). Face-selective cells in the temporal cortex of monkeys. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3 (1), 1–8.
- Dien, J. (2009). A tale of two recognition systems: implications of the fusiform face area and the visual word form area for lateralized object recognition models. *Neuropsychologia*, 47 (1), 1-16.
- Duchaine, B., & Nakayama, K. (2005). The Cambridge face memory test: results for neurologically intact individuals and an investigation of its validity using inverted face stimuli and prosopagnosic participants. *Neuropsychologia*, 44 (4), 576-585.
- Duffy, C. J. & Wurtz, R. H. (1991). Sensitivity of MST neurons to optic flow stimuli. I. A continuum of response selectivity to large-field stimuli. *Journal of Neurophysiology*, 65 (6), 1329-1345.
- Dykiert, D., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2012b). Sex differences in reaction time mean and intraindividual variability across the life span. *Developmental Psychology*, 48 (5), 1262-1276.
- Eimer, M. (2000). Event-related brain potentials distinguish processing stages involved in face perception and recognition. *Clinical Neurophysiology*, 111 (4), 694-705.
- Eimer, M. (2000a). Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces. *Cognitive Brain Research*, 10 (1-2), 145–158.
- Eimer, M. (2000b). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport*, 11 (10), 2319–2324.
- Engst, F. M., Martín-Loeches, M., & Sommer W. (2006). Memory systems for structural and semantic knowledge of faces and buildings. *Brain Research*, 1124 (1), 70-80.
- Farah, M. J. (1995). *Dissociable systems for visual recognition: a cognitive neuropsychology approach*. Visual cognition: an invitation to cognitive science, Vol. 2. Cambridge: MIT Press.
- Farah, M. J. (1991). Cognitive neuropsychology: patterns of co-occurrence among the associative agnosias: implications for visual object representation. *Cognitive Neuropsychology*, 8 (1), 1-19.
- Farah, M. J., Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). What causes the face inversion effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21 (3), 628-634.

- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., & Tanaka, J. N. (1998). What is “special” about face perception? *Psychological Review*, 105 (3), 482–498.
- Feeney, J., Finucane, C., Savva, G. M., Cronin, H., Beatty, S., Nolan, J. M. (2013). Low macular pigment optical density is associated with lower cognitive performance in a large, population-based sample of older adults. *Neurobiology of Aging*, 34 (11), 2449-2456.
- Field, T. M., Cohen, D., Garcia, R., & Greenberg, R. (1984). Mother-stranger face discrimination by the newborn. *Infant Behavior and Development*, 7 (1), 19-25.
- Flink, R., Pedersen, B., Guekht, A. B., Malmgren, K., Michelucci, R., Neville, B., & Ozkara, C. (2002). Guidelines for the use of EEG methodology in the diagnosis of epilepsy International League Against Epilepsy: Commission Report Commission on European Affairs: Subcommission on European Guidelines. *Acta Neurologica Scandinavica*, 106 (1), 1-7.
- Freire, A., Lee, K., & Symons, L. A. (2000). The Face-Inversion Effect as a Deficit in the Encoding of Configural Information: Direct Evidence. *Perception*, 29 (2), 159-170.
- Galton, F. (1899). On instruments for (1) testing perception of differences of tint and for (2) determining reaction time. *Journal of the Anthropological Institute*, 19, 27-29.
- Ganis, G., Smith, D., & Schendan, H. E. (2012). The N170, not the P1, indexes the earliest time for categorical perception of faces, regardless of interstimulus variance. *NeuroImage*, 62 (3), 1563-1574.
- Geskin, J., & Behrmann, M. (2018). Congenital prosopagnosia without object agnosia? A literature review. *Cognitive Neuropsychology*, 35 (1–2), 4-54.
- Gobbini, M. I., & Haxby, J. V. (2007). Neural systems for recognition of familiar faces. *Neuropsychologia*, 45 (1), 32-41.
- Godefroy, O., Roussel, M., Desprez, P., Quaglino, V., & Boucart, M. (2010). Age-related slowing: perceptuomotor, decision, or attention decline? *Experimental Aging Research*, 36 (2), 169-189.
- Gorus, E., De Raedt, R., Lambert, M., Lemper, J., & T. Mets. (2008). Reaction times and performance variability in normal aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 21(3), 204-219.
- Gregory, R. L. (1980). Perceptions as hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*, 290 (1038), 181-197.

- Gregory, R. L. (1997). Knowledge in perception and illusion. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*, 352 (1358), 1121-1128.
- Gross, C. G., Rocha-Miranda, C. E., & Bender, D. B. (1972). Visual properties of neurons in inferotemporal cortex of the Macaque. *Journal of Neurophysiology*, 35 (1), 96-111.
- Harris, R. J., Rice, G. E., Young, A.W., & Andrews, T. J. (2015). Distinct but overlapping patterns of response to words and faces in the fusiform gyrus. *Cerebral Cortex*, 26 (7), 3161-3168.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (6), 223-233.
- Hill, H., & Bruce, V. (1993). Independent effects of lighting, orientation, and stereopsis on the hollow-face illusion. *Perception*, 22 (8), 887-897.
- Hill, H., & Johnston, A. (2007). The Hollow-Face Illusion: Object-Specific Knowledge, General Assumptions or Properties of the Stimulus? *Perception*, 36 (2), 199-223.
- Hillger, L. A., & Koenig, O. (1991). Separable mechanisms in face processing: evidence from hemispheric specialization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3 (1), 42-58.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *The Journal of Physiology*, 160 (1), 106-154.
- Hultsch, D. F., MacDonald, S. W., & Dixon, R. A. (2002). Variability in reaction time performance of younger and older adults. *The Journals of Gerontology*, 57 (2), 101.
- Human Benchmark Reaction Time Test. (2009). Pieejams: <http://www.humanbenchmark.com/tests/reactiontime>. 2009. (Skatīts 2.05.2020).
- Ishai, A., Pessoa, L., Bickle, P. C., & Ungerleider, L. G. (2004). Repetition Suppression of Faces is Modulated by Emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (26), 9827-9832.
- Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). Effects of repetition learning on upright, inverted and contrast-reversed face processing using ERPs. *NeuroImage*, 21 (4), 1518-1532.
- Itier, R. J., Van Roon, P., & Alain, C. (2011). Species sensitivity of early face and eye processing. *NeuroImage*, 54 (1), 705-713.
- Jevas, S. & Yan, J. H. (2001). The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, A-49.

- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex Specialized for Face Perception. *The Journal of Neuroscience*, 17 (11), 4302-4311.
- Kemp, B. J. (1973). Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. *Developmental Psychology*, 8 (2), 268-272.
- Koenderink, J.J. & van Doorn, A.J. (1976). Local structure of movement parallax of the plane. *Journal of the Optical Society of America*, 66 (7), 717-723.
- Luchies, C. W., Schiffman, J., Richards, L. G., Thompson, M. R., Bazuin, D., & DeYoung, A. J. (2002). Effects of age, step direction, and reaction condition on the ability to step quickly. *The Journals of Gerontology, Series A*, 57 (4), M246.
- MacDonald, S. W. S., Nyberg, L., Sandblom, J., Fischer, H., & Backman, L. (2008). Increased response-time variability is associated with reduced inferior parietal activation during episodic recognition in aging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (5), 779-787.
- Marshall, W. H., Talbot, S. A., & Ades, H. W. (1943). Cortical response of the anaesthetized cat to gross photic and electrical afferent stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 6 (1), 1-15.
- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Allison, T. (1997). Face-specific processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(5), 605-610.
- Medvedeva, A. (2018). *Dažāda veida astigmātisma ietekme uz redzes asumu* (Bakalaura darbs). Latvijas Universitāte.
- Meng, M., Cherian, T., Singal, G., & Sinha, P. (2012). Lateralization of face processing in the human brain. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279 (1735), 2052-2061.
- Noble, C. E., Baker, B. L., & Jones, T. A. (1964). Age and sex parameters in psychomotor learning. *Perceptual and Motor Skills*, 19 (3), 935-945.
- Norton, D., McBain, R., & Chen, Y. (2009). Reduced ability to detect facial configuration in middle-aged and elderly individuals: associations with spatiotemporal visual processing. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 64B (3), 328-334.
- Ocklenburg, S., & Güntürkün, O. (2018). *Recognizing yourself and others—the role of the right hemisphere for face and self-perception*. *The Lateralized Brain*. London: Elsevier.

- Otsuka, Y. (2013). Face recognition in infants: A review of behavioral and near-infrared overlapping distributed networks: evidence from RSVP and EEG investigations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146 (7), 943-96.
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: a replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, 18 (1), 79-85.
- Perret, D. I., Hietanen, J. K., Oram, M. W., Benson, P.J., & Rolls E.T. (1992). Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 335 (1273), 23-30.
- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J.C., & McCarthy, G. (1996). Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letter strings, and textures: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, 16 (16), 5205-5215.
- Reed, C. L., Stone, V. E., Grubb, J. D., & McGoldrick, J. E. (2006). Turning configural processing upside down: Part and whole body postures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32 (1), 73-87.
- Robinson, A. K., Plaut, D. C., & Behrmann, M. (2017). Word and face processing engage overlapping distributed networks: Evidence from RSVP and EEG investigations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146 (7), 943-961.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., Jankowski, J. J., & Caro, D. M. (2002). A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life. *Child Development*, 73 (1), 47.
- Rossion, B., & Caharel, S. (2011). ERP evidence for the speed of face categorization in the human brain: Disentangling the contribution of low-level visual cues from face perception. *Vision Research*, 51 (12), 1297-1311.
- Rossion, B., & Jacques, C. (2011). *The N170: understanding the time-course of face perception in the human brain*. The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components. Oxford: Oxford University Press.
- Sakata, H., Shibutani, H., Ito, Y. & Tsurugai, K. (1986). Parietal cortical neurons responding to rotary movement of visual stimulus in space. *Experimental Brain Research*, 61 (3), 658-663.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54 (1-3), 35-54.

- Sergent, J., Ohta, S., & Macdonald, B. (1992). Functional neuroanatomy of face and object processing. *Brain*, 115 (1), 15-36.
- Spirduso, W. W. (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journal of Gerontology*, 30 (4), 435-440.
- Tanaka, J. W., & Curran, T. (2001). A Neural Basis for Expert Object Recognition. *Psychological Science*, 12 (1), 43-47.
- Tanaka, K. & Saito, H. (1989). Analysis of motion of the visual field by direction, expansion/contraction, and rotation cells clustered in the dorsal part of the medial superior temporal area of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 62 (3), 626-641.
- Teichner, W. H. (1954). Recent studies of simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 51 (2), 128-149. *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24 (1), 34-58.
- Verri, A., Girosi, F. & Torre, V. (1990). Differential techniques for optical flow. *Journal of the Optical Society of America*, 7 (5), 912-922.
- Viola, P., & Jones, M. J. (2004). Robust real-time face detection. *International Journal of Computer Vision*, 57 (2), 137-154.
- von Fieandt, K., Huhtala, A., Kullberg, P, & Saarl, K. (1956). Personal tempo and phenomenal time at different age levels. *Reports from the Psychological Institute, No. 2*, University of Helsinki.
- Wallbott, H. G., & Ricci-Bitti, P. (1993). Decoders' processing of emotional facial expression: A top-down or bottom-up mechanism? *European Journal of Social Psychology*, 23(4), 427-443.
- Walton, G. E, Bower, N. J., & Bower, T. G. (1992). Recognition of familiar faces by newborns. *Infant Behavior and Development*, 15 (2), 265-269.
- Warden, D. L., Bleiberg, J., Cameron, K. L., Ecklund, J., Walter, J., Sparling, M. B., Arciero, R. (2001). Persistent prolongation of simple reaction time in sports concussion. *Neurology*, 57 (3), 524-526.
- Welford, A. T. (1977). *Motor performance*. In J. E. Birren and K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging*. New York: Academic Press.
- Welford, A. T. (1980). *Choice reaction time: Basic concepts*. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. New York: Academic Press.

- Wild-Wall, N., Dimigen, O., & Sommer, W. (2008). Interaction of facial expressions and familiarity: ERP evidence. *Biological Psychology*, 77 (2), 138-149.
- Winston, J. S., O'Doherty, J., Kilner, J. M., Perrett, D. I., & Dolan, R. J. (2007). Brain systems for assessing facial attractiveness. *Neuropsychologia*, 45 (1), 195-206.
- Yang, M. H., Kriegman, D. J., & Ahuja, N. (2002). Detecting faces in images: A survey. *IEEE*
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81 (1), 141-145.
- Yovel, G., Tambini, A., & Brandman, T. (2008). The asymmetry of the fusiform face area is a stable individual characteristic that underlies the left-visual-field superiority for faces. *Neuropsychologia*, 46 (13), 3061-3068.

Maģistra darbs „Video atskaņošanas ātruma ietekme uz dobās maskas uztveri” izstrādāts LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā noslēguma darba elektroniskā versija parakstīta ar drošu elektronisko parakstu.

Autore: Anastasija Medvedeva Stud.apl.Nr. am18109

(studenta paraksts)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: profesore, Dr.phys. Gunta Krūmiņa

(vadītāja paraksts)

25.05.2020.

(datums)

Recenzents: docente, Dr.phys. Aiga Švede

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā 25.05.2020.

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Lāsma Štāle

(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: lektore Anete Petrova

(personiskais paraksts)