

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻAS

KRĒSLAS IETEKME UZ REAKCIJAS LAIKU

BAKALAURA DARBS

Autors: **Iveta Ivanāne**

Studentu apliecība Nr. ii14011

Darba vadītājs: Dr. fiz. Sergejs Fomins

RĪGA 2017

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs uzrakstīts latviešu valodā uz 31 lapaspusēm. Tās satur 15 attēlus, 3 tabulas, 11 grafikus un 39 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: noteikt reakcijas laika un redzes asuma izmaiņas krēslas apstākļos.

Pētījumā piedalījās 15 dalībnieki (12 sievietes un 3 vīrieši) vecumā no 21 līdz 31 gadiem (vid. vecums 21,1 +/- 0,5), kuriem tika noteikts gan redzes asums, gan reakcijas laiks gaismas (500 +/- 30 lx) un krēslas (5 +/- 0,3 lx) apstākļos. Pētījumā iegūtie dati norāda uz apgaismojuma ietekmi uz abiem pētītajiem parametriem ($p < 0,05$) un melnā fona spēju mazināt redzes asuma kritumu pārejot no gaismas uz krēslas apstākļiem ($p < 0,05$). Kā arī reakcijas laika atšķirībām atkarībā no uzdevuma, kas tiek dots, ieraudzīt vai atpazīt ($p < 0,05$).

Atslēgas vārdi: krēsla, reakcijas laiks, redzes asums, balts un melns fons.

ABSTRACT

Bachelor thesis, written on 31 pages in Latvian, contains 15 pictures, 3 tables, 11 graphs and 39 references.

Goal of the study: determine how twilight affects reaction time and visual acuity.

Research involved 15 participants of whom 12 were woman and 3 – men, aged 21 to 31 (median age – 21,1; +/- 0,5) whom visual acuity and reaction time changes during daylight (500 +/- 30 lx) and twilight (5 +/- 0,3 lx) conditions were recorded. Data acquired during this paper indicate lighting influence on both study conditions ($p < 0,05$) and black background capability to lower visual acuity drop during transition between daylight and twilight conditions ($p < 0,05$) and how tasks given (to sight either any or specific target) affect reaction time ($p < 0,05$).

Keywords: twilight, reaction time, visual acuity, white and black background.

SATURS

IEVADS	1
1 LITERATŪRAS PĀRSKATS	2
1.1 Redzes ceļi	2
1.2 Reakcijas laiks.....	4
1.2.1 Redzes reakcijas laiks.....	6
1.2.2 Vienkāršais un izvēles reakcijas laiks	7
1.2.3 Stimula izvēle.....	8
1.3 Dažādi gaismas apstākļi	10
1.3.1 Krēsla	10
1.3.2 Tumsas adaptācija	12
1.3.3 Nakts miopija	13
1.4 Reakcijas laiks dažādos apgaismojumos	15
2 EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	17
2.1 Dalībnieki.....	17
2.2 Metodika	17
2.2.1 Stimuls.....	17
2.2.2 Aprīkojums.....	18
2.2.3 Kalibrēšana.....	18
2.2.4 Darba gaita	19
2.2.5 Rezultātu analīze	21
2.3 Rezultāti	21
SECINĀJUMI	31
NOBEIGUMS	32
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	33
PIELIKUMS	37

IEVADS

Mūsdienās, kad automašīnas ir pārpildījušas ielas un sastrēgumi ir norma, cilvēku prasme un spēja vadīt savu spēkratu ir apkārtējo līdzcilvēku drošības garants. Tomēr ir apstākļi, kad autovadītāji diemžēl nespēj pilnīgi sev uzticēties, jo tos ietekmē apkārtējās vides izmaiņas, piemēram, tumšā diennakts laika iestāšanās. Nakts laikā ir vairāk negadījumu, kas saistīti ar gājējiem nekā dienā (*Plainis, Murray, & Charman, 2005*).

Spēja ātri reaģēt ārkārtas situācijās ir mūsdienu nepieciešamība. Redzes reakcijas laiks ir brīdis no stimula ieraudzīšanas līdz atbildes reakcijai. Katram cilvēkam šis laika sprīdis atšķiras, jo to ietekmē dažādi faktori. Dažus no tiem ir iespējams uzlabot, šādi saīsinot reakcijas laiku, kas var būt tiešām svarīgi bīstamās situācijās uz ceļa un dažādu profesiju ikdienā.

Darba autoru interesē kā mainās reakcijas laiks, mainot apgaismojumu no dienas uz krēslas apstākļiem, kā arī vai šīs izmaiņas ir proporcionālas redzes asuma izmaiņām veicot identiskas pārmaiņas. Ir zināms, ka redzes asums pasliktinās krēslas apstākļos salīdzinot ar dienas gaismas apstākļiem (*Hiraoka et al., 2015*).

Darba mērķis: noteikt reakcijas laika un redzes asuma izmaiņas krēslas apstākļos.

Darba uzdevumi:

1. Noteikt redzes asumu dienas gaismas un krēslas apstākļos.
2. Noteikt redzes reakcijas laiku dienas gaismas un krēslas apstākļos.
3. Salīdzināt iegūtās izmaiņas redzes asumā un reakcijas laikā.

1 LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1 Redzes ceļi

Izmantojot acis, mēs iegūstam ļoti lielu informācijas daudzumu katru dienu. Visa šī informācija tiek nodota uz smadzenēm, izmantojot redzes ceļus, kas stiepjas no tīklenes līdz redzes garozai (*Pokorny & Cao, 2010*).

Tīklenē galvenais informācijas pārvades ceļš ir no fotoreceptoriem uz bipolārajām šūnām, bet tālāk uz ganglionārajām šūnām. Savukārt, laterālajā ceļā piedalās arī horizontālās un amakrīnās šūnas. Tomēr ne visa informācija, kas nonāk uz tīklenes, tiek nodota tālāk uz smadzenēm, jo cilvēkam ir ierobežots skaits ganglionāro šūnu un redzes nerva diska diametra lielums (*Schwartz, 2004*).

Pirmais informācijas pieturas punkts ir fotoreceptori, kas atrodas vienā no tīklenes slāņiem, kurš novietojas netālu no dzīslenes, kura apgādā tīklieni ar barības vielām. Tos var iedalīt divās grupās: vāļītēs, kas atbild par redzi dienā un nūjiņās, kas gādā par redzi naktī. Tīklenē ir aptuveni 120 miljoni nūjiņu un 6 miljoni vāļīšu (*Schwartz, 2004*).

Fotoreceptori, lai pārvadītu informāciju, izmanto ārējā segmentā esošo fotopigmentu, kas, reaģējot uz gaismu, pārvēršas elektriskā signālā. Nūjiņās šī viela ir rodopsīns, bet vāļītes satur trīs dažādus fotopigmentus: jodopsīnu (*cyanolabe*), hlorobolu (*chlorolabe*) un eritlabu (*erythrolabe*). Gaismai iedarbojoties uz rodopsīnu tā molekulas izbālē un vairs nespēj absorbēt gaismas kvantus. Lai fotopigments atjaunotos par 50% nepieciešamas 5 minūtes, savukārt vāļīšu fotopigmenti atjaunojas ātrāk - 50% nepieciešamas tikai 1,5 minūtes. Nūjiņās esošā viela spēj absorbēt visu viļņu garumu gaismu, bet visvairāk tā ir uzņēmīga pret 507 nanometriem gariem viļņiem, bet vāļītes esošajiem foto pigmentam gaismas viļņu garumi, ko tie vislabāk absorbē ir 426, 530 un 557 nanometri. Tomēr neskatoties uz to, ka rodopsīns absorbē visu gaismu, tas nespēj uztvert tās spektrālo sadalījumu, tikai kvantu daudzumu tajā. Katra vāļīte satur tikai vienu fotopigmentu, tāpēc tās var iedalīt pēc viļņu garumiem, ko tās vislabāk absorbē: īso (S), vidējo (M) un garo (L) viļņu vāļītēs (*Schwartz, 2004*).

Savienojošais posms starp fotoreceptoriem un ganglionārajām šūnām ir bipolārās šūnas. Tās var iedalīt divās grupās: *on* centra un *off* centra šūnas. Tās ir iesaistītas lieliska redzes asuma iegūšanā un krāsu redzē (*Schwartz, 2004*).

Pēdējais posms, pa kuru iziet informācija tīklenē, ir ganglionāro šūnu slānis. To var iedalīt trīs veidu šūnās: parvo, magno un konio. Parvo šūnas uztver krāsas ar dažādiem viļņa

garumiem, spēj atbildēt uz ilgu stimulu visu tā darbības laiku un tām ir mazi receptīvie lauki, kas ir jūtīgi uz augstām telpiskām frekvencēm. Savukārt, magno šūnas nav jūtīgas uz krāsām, dod atbildi uz stimulu tikai, kad tas sākas un beidzas un to receptīvie lauki ir lielāki nekā parvo šūnām, tāpēc tās labāk uztver zemas telpiskās frekvences un spēj pārvadīt informāciju ātrāk, jo to aksonu diametrs ir lielāks. Parvo ceļš atbild uz jautājumu “Kas?”, bet magno “Kur?”. Magno ceļš atbild par kustībām, bet parvo par krāsu atšķiršanu un redzes asumu (*Schwartz, 2004*).

Parvo raida signālus uz smadzenēm no garo un vidējo viļņu vāļītēm gan par gaismas spilgtumu, gan par krāsu. Magno raida informāciju no garo un vidējo viļņu vāļītēm par to uztverto gaismas spilgtumu. Konio sniedz informāciju par īso viļņu vāļītēm (*Pokorny & Cao, 2010*).

Pēc tīklenes redzes ceļš turpinās ganglionārajām šūnām atstājot aci ar redzes nervu un krustojoties hiazmā. Tur krustojas abu acu nazālās ganglionāro šūnu šķiedras un veido optisko traktu pievienojoties pretējās acs otrai šķiedrai. Tālāk informācija no optiskā trakta nonāk laterālajā ceļgalveida ķermenī, kam ir seši slāņi un trīs reģioni (*Schwartz, 2004*).

Viens no reģioniem ir veidots no maziem neironiem, kurus sauc par parvo šūnām un tās sastāda četrus no laterālā ceļgalveida ķermeņa slāņiem. Toties atlikušos divus - lielāki neironi, ko sauc par magno šūnām, bet starp parvo un magno šūnām atrodas ļoti mazi neironi, ko sauc par konio šūnām. Visi trīs šūnu veidi veido redzes ceļus, kas ir paralēli savā starpā un nodod dažādu informāciju par attēlu, kas rodas uz tīklenes, gaismas staram pārvarot optiski caurspīdīgās vides (*Schwartz, 2004*).

Visbeidzot no laterālā ceļgalveida ķermeņa informācija nonāk redzes garozā, no kurienes ir iespējama arī atpakaļ ejoša saite (*Schwartz, 2004*).

1.2 Reakcijas laiks

Reakcijas laiks ir periods no signāla uztveršanas līdz atbildes kustībai. Šis laika periods pie dažādiem sensoriem kairinātajiem atšķiras (1.1. tabula). Tas skaidrojams ar dažādu signālu pārvades ātrumu (Kraukle, 1974).

1.1. tabula

Reakcijas laika atkarība no kairinātāja sensorās modalitātes¹

Nr.p.k.	Analizators	Reakcijas laiks, sekundēs
1.	Taktilais (pieskārsšanās)	0,09-0,22
2.	Dzirdes (skaņa)	0,12-0,18
3.	Redze (gaisma)	0,15-0,22
4.	Ožas (smarža)	0,31-0,39
5.	Tempertūras (aukstums, siltums)	0,28-1,6
6.	Vestibulārais aparāts (ķermeņa griešana riņķī)	0,4
7.	Sāpju	0,13-0,89

Reakcijas laiku ietekmē šādi faktori:

- fizioloģiskie;
- psiholoģiskie;
- personības;
- organiskie;
- patoloģiskie.

Fizioloģiskie faktori ir maņu orgānu elektrisko potenciālu un aferento nervu darbības potenciālu reģistrācijas ātrums, sinapšu aizture, dažādu sensoro neironu uzbudinājuma pakāpes un reakcijas laiks, kā arī muskuļu šķiedru garums. Psiholoģiskie faktori ir uzmanība, attieksme, dotās instrukcijas, intelekts, atmiņa un emocionālais stāvoklis. Personības faktori ir individuālas atšķirības, vecums un dzimums. Organiskie faktori ir nogurums, diennakts laiks, ārējie apstākļi un dažādu vielu ietekme uz organismu. Patoloģiskai faktors ir centrālās nervu sistēmas stāvoklis dažādu slimību ietekmē (Kraukle, 1974).

¹ Inta Kraukle „Reakcijas laiks”, 1974

Ak & Koçak (2010) savā pētījumā apskatīja, kā atšķiras reakcijas laiks 10 līdz 14 gadus veciem tenisa un galda tenisa spēlētājiem. Viņi atklāja, ka reakcijas laiks ātrāks ir galda tenisa spēlētājiem 435 ms, bet tenisa spēlētājiem tikai 460 ms. Tas tika skaidrots ar galda tenisa izmantojamo platību, kas ir 3 metri, bet tenisā 25 metri, tātad galda tenisistiem ātrāk jāpieņem lēmums, lai raidītu bumbiņu pretiniekam, jo bumbiņas vidējais ātrums šajā sporta veidā ir no 6 līdz 10 m/s, bet tenisā 27m/s. Tātad cilvēks pielāgojas savām vajadzībām un ir spējīgs uztrenēt reakcijas laiku. Kā arī tas liek domāt, ka mazāk aktīvam cilvēkam atbildes laiks būs garāks nekā sportiskam.

Reakcijas laiks var atšķirties ne tika starp cilvēkiem, bet arī starp ķermeņa daļām. Tika veikts pētījums, kurā cilvēkam bija jāsasprindzina konkrēta ķermeņa daļa, kas parādījās uz ekrānu pēc iespējas ātrāk pēc pamanīšanas un tik ilgi kamēr tā ir redzama uz ekrāna, rezultātā tika iegūts dažādu ķermeņa daļu reakcijas laiks (1.2. tabula), kas tika noteikts ar speciālu aparāturu, kas izsekoja elektriskos impulsus (Crone et al., 1998).

1.2. tabula

Dažādu ķermeņu daļu reakcijas laiks²

Uzdevums	Ķermeņa daļa	Skaitis (n)*	Reakcijas laiks [^]
K. k. pa labi	Mēle	45	426
K. k. pa labi	Roka	44	659
K. k. pa labi	Kāja	44	660
K. k. pa kreisi	Mēle	43	491
K. k. pa kreisi	Roka	38	618
K. k. pa kreisi	Kāja	46	676
Vienkārši	Mēle	41	291
Vienkārši	Labā roka	48	434
Vienkārši	Kreisā roka	50	423
Vienkārši	Labā kāja	48	441
Vienkārši	Kreisā kāja	44	382

K. k. pa labi - konkrēta kustība katrai ķermeņa daļai mēle tiek parādīta labajā pusē, labā roka sažņaugta, labās kājas pirksti tiek virzīti uz sevi. K. k. pa kreisi - konkrēta kustība katrai ķermeņa daļai mēle tiek parādīta kreisajā pusē, kreisā roka sažņaugta, kreisās kājas pirksti tiek virzīti uz sevi. Vienkārši - konkrētā ķermeņa daļa tiek sasprindzināta. *Mērījumu skaits, kuros netika ņemta vērā kļūda. ^EMG reģistrētā motorā atbilde milisekundēs.

² Attēls pieejams: https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/brain/121/12/10.1093_brain_121.12.2301/1/1212301.pdf?Expires=1494258239&Signature=Goltj19ffzTlnBwl mRWdQADF-E-0fM770o6l0alaIHIpGNcuqXQWAXDpXn6gKpTRFqDZ-CohN-8Dj5iH7FD1ONjy6wIGy5cENGL-e-tYKPWRfWR2~dCSjLCZ0S2cfUjGqgtJx-Yvn-EOKpehKLgc4flz5au47PvISad~L1jAkr0KmzyPf7gdekBub0UeJsVByIHrs8AnDM8q0giBvxaJKOJbwmaoPXK7xqTWZsf8LvhPe0xDNy4ivaLwL9AnsLcZuZuH1uNZ7F4WGRGECB~r9SAIPMArHe-WigNdAFD06wZhpCo7Uucyux9dTRph3Cfldhdy6axNHxycVhu6hWkuA__&Key-Pair-Id=APKAIUCZBIA4LVPAVW3Q

Cilvēkus var dalīt ne tikai pēc to fiziskās sagatavotības, bet arī pēc dzimuma. Šis faktors bieži tiek apspriests sabiedrībā un atainots jau no seniem laikiem, kā iedalījums vīriešos un sievietēs, stiprajā un vājajā dzimumā. Tas tiek pieminēts, kā viens no ietekmējošiem faktoriem arī atbildes ilgumam uz stimulu, jo vīriešiem tiek reģistrēts mazāk kļūdu. Tomēr, kā ir noskaidrots, tad viss ir atkarīgs no vecuma, jo jauniešu starpā šī atšķirība nebūs tik stipri izteikta vai vispār neparādīsies, bet pieaugušu cilvēku starpā var tikt izmantota, kā kritērijs (Ak & Koçak, 2010).

Howes & Boller (1975) veica eksperimentu, lai noteiktu reakcijas laiku cilvēkiem ar dominanto labo un kreiso puslodi. Metode ietvēra smadzeņu skenēšanu un reakcijas laika mērīšanu nedēļas garumā. Atbildi uz stimulu mērīja liekot pētījuma dalībniekam nospiegt taustiņu uz telegrāfa tiklīdz atskanēja noteikts signāls. Gan labrociem, gan kreīļiem vajadzēja spiegt atbildes paneli ar labo roku. Dati tik iegūti no 49 eksperimenta dalībniekiem, no kuriem 21 bija labroči un 18 kreīļi, rezultāti parādīja, ka cilvēkiem ar dominanto labo puslodi reakcijas laiks ir 334 milisekundes, bet ar kreiso 635 milisekundes.

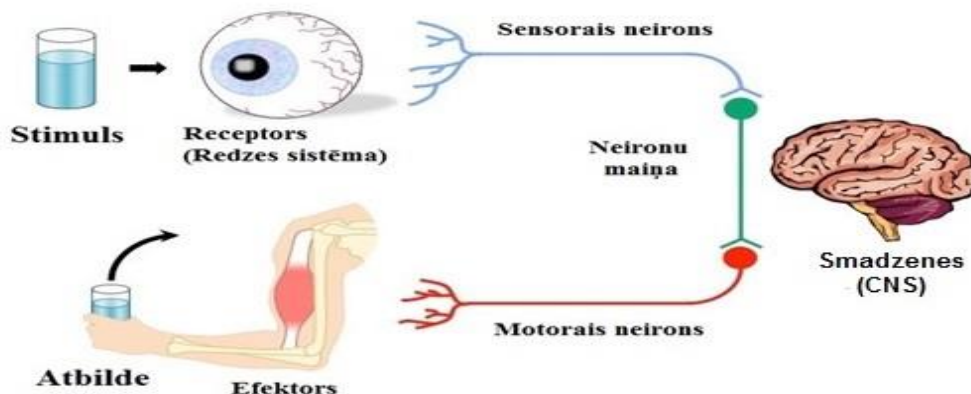
Reakcijas laiku ietekmē ļoti daudz faktoru, kas to padara par labu kritēriju vērtējot cilvēka veselību. Kā noskaidrots, tad ir iespējams noteikt traucējumus redzes sistēmā un smadzeņu darbībā, izmantojot atbildi uz impulsu, ar ko nākotnē varētu diagnosticēt tādas saslimšanas kā Parkinsona slimība un citas (*Medina & Díaz, 2016*).

Reakcijas laiks var samazināties vairākas reizes, darot vienu un to pašu, ja šīm darbībām ir noteikta kārtība. *Pascual-Leone et al. (1994)* veica pētījumu, kurā tika noteikts reakcijas laiks izmantojot atbildes paneli ar četrām pogām, kur katru pogu vajadzēja nospiegt ar konkrētu rokas pirkstu, tātad uz ekrāna parādoties stimulam bija jānospiež konkrēta poga. Eksperimenta gaitā tika novērots, ka dalībniekiem, zinot kopsakarības, kādā kārtībā parādās stimuls un pildot pētījumā doto uzdevumu vairākas reizes, to reakcijas laiks samazinās, jo darbojas muskuļu atmiņa un nav nepieciešams redzēt stimulu, jo zināms kādā kārtībā tie parādīsies.

1.2.1 Redzes reakcijas laiks

Reakcijas laiks no stimula uztveršanas līdz atbildes sākumam jeb latentais reakcijas periods, kā jau minēts iepriekš, ir no 0,15 līdz 0,22 sekundēm. Impulss, kas tiek raidīts redzes sistēmai iziet garu ceļu - caur acs struktūrām, galvas smadzenēm, muguras smadzenēm un muskuli (1.1. attēls), līdz seko atbildes reakcija (Kraukle, 1974).

Galvenais ceļš acī, kas nodod informāciju par kustībām, ir magno šūnu veidotais. Tas impulsu nodod redzes garozai, kas tālāk šo impulsu pārraida redzes zonai 5 (*visual area 5*), kur nonāk visa informācija par ieraudzītajām kustībām (*Schwartz, 2004*).



1.1. attēls Redzes reakcijas ceļš³ Gaismas viļņi no stimula iekļūst acī (receptorā), absorbējas tīklenes fotoreceptoros un tiek pārvērsti elektriskā signālā, kas iziet no acs ar optisko nervu. Tālāk impulss nokļūst sensorajā neironā (optiskie trakti, laterālais ceļgalveida ķermenis), kas informāciju nodod redzes garozai, kas atrodas smadzenēs. Tur notiek neironu maiņa un signāls tiek nodots motorajam neironam muskuļos (efektors) un tiek dota atbilde uz stimulu.

Uz redzi balstītais reakcijas laiks ir svarīgs dažādās nodarbēs, piemēram, sportā un autovadīšanā. Protams, nevar aizmirst arī, ka ir darba vietas, kurās nepieciešama spēja ātri reaģēt un pieņemt lēmumu. Pie šādām profesijām noteikti pieder piloti, policisti, militāristi un arī citas ne tik bīstamas nodarbošanās kā šūšana un ēdiena gatavošana. Tāpēc ir svarīgi spēt novērtēt cilvēka spēju reaģēt uz redzes stimuliem (*Kraukle, 1974*).

1.2.2 Vienkāršais un izvēles reakcijas laiks

Vienkāršais reakcijas laiks ir periods no stimula parādīšanās līdz atbildes reakcijai, savukārt izvēles reakcijas laiks ir intervāls, kad tikai uz noteiktu stimulu jādod atbilde vai kad katram stimulam ir sava atbildes reakcija. *Logan et al. (1984)* pārbaudīja kāda ir atšķirība starp šiem reakcijas periodiem laika ziņām. Eksperimenta gaitā dalībniekiem bija pirmajā daļā jādod atbilde uz jebkuru burtu, kas tika demonstrēts, bet otrajā vajadzēja spiest tikai, kad tika rādīts noteikts burts. Rezultāti norādīja uz to, ka vienkāršais un izvēles reakcijas laiks var atšķirties par aptuveni 300 ms, vienkāršais bija vidēji ap 200 ms, bet izvēles ap 500 ms. Pētījumā tika izteikta doma, ka reakcijas laiks, kas bija ātrāks par 200 ms visdrīzāk bija skaidrojams ar dalībnieka spēju paredzēt, ka stimuls tūlīt parādīsies, ko skaidroja ar vienādo

³ Attēls pieejams <http://ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-6-human-physiology/65-neurons-and-synapses/stimulus-response.html>

intervālu starp mērķiem. Pie līdzīgiem seciājumiem par atšķirību starp vienkāršo un izvēles reakcijas laiku nonāca arī *Brown & Robbins* (1991) veicot eksperimentu uz žurkām.

1.2.3 Stimula izvēle

Veicot redzes reakcijas laika novērtējumus, jāņem vērā dažādus faktorus, kas tieši ietekmē tā noteikšanu. Atbilde uz stimulu paātrinās, ja pirms tās tiek dots sagatavošanās signāls. Tikai jāņem vērā, ka laikam starp brīdinājumu un stimulu nevajadzētu būt pārāk īsam vai garam, lai būtu iespējams sagatavošanās periods, bet netiktu pārsniegts maksimālās koncentrācijas mirklis. Šis periods var būt no 1 līdz 8 sekundēm, kas atkarīgs no reakcijas laika mērījuma apstākļiem. Tāpat arī starp stimuliem ir jābūt starplaikam, lai tiktu ģenerēta jauna atbilde uz katru nākamo impulsu. Šis starplaiks var būt intervālā no 100 līdz 800 milisekundēm. Kā arī šo periodu jāvariē, lai tas visu laiku nebūtu konstants. Tas nepieciešams, jo iespējama atbildes automatizācija. Vēl jāpievērš uzmanība diennakts laikam, kurā tiek veikts mērījums, jo ir iespējams vilkt paralēles starp reakcijas laiku un darba spējām (Kraukle, 1974).

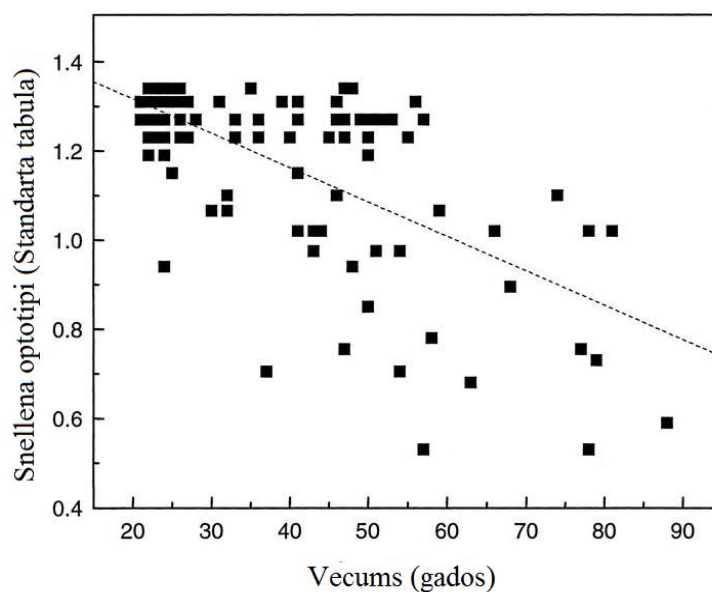
Paša stimula izvēlē jāpievērš uzmanība tā izmēriem, jo tam ir liela nozīme redzes reakcijas laika noteikšanai. Ņemot vērā, ka stimuluss var tikt rādīts dažādos apgaismojumos, jānosaka kādi fotoreceptori tobrīd darbojas, jo tīklenē to izvietojums nav vienlīdzīgs. Foveā (*fovea*), tīklenes centrālajā daļā, vairāk ir vāļišu, bet perifērijā - nūjiņu. Tātad, ja tiek izvēlēts stimuluss, kas mazāks par 1,2 grādiem, tas nebūs saskatāms tumsas apstākļos, kad darbojas nūjiņas, jo atspoguļosies foveā. (Schwartz, 2004) Tāpat reakcijas laiks ir atkarīgs arī no tā cik tālu un kur attiecībā pret foveu novietosies stimuluss. Mediālajā pusē tas tiks uztverts ātrāk nekā temporālajā (Wall *et al.*, 2002).

Wall *et al.* (2002) atklāja, ka jo tuvāk redzes lauka sliksnim, galējai robežai, ir stimuluss, jo ilgāks ir reakcijas laiks, pie sliksņa, tas bija pat par 200 ms sekundēm garāks.

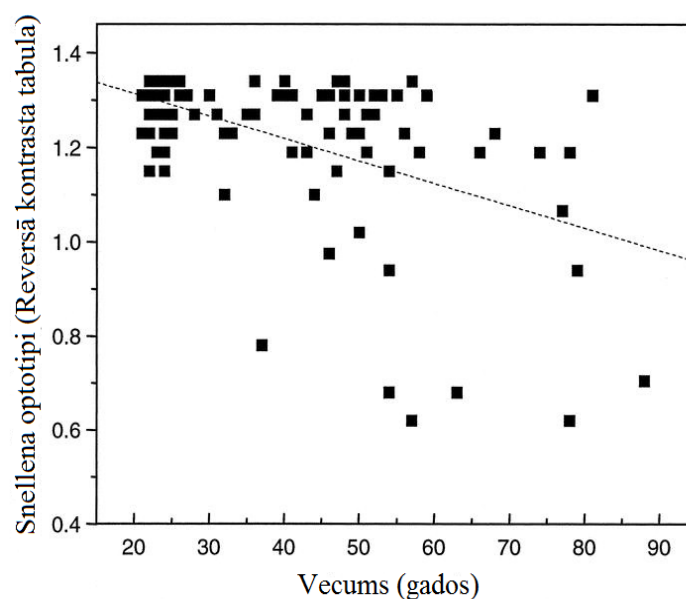
Vēl jāņem vērā vai izvēlētais stimuluss būs krāsains vai melnbalts, jo arī tas ietekmēs atbildes ātrumu. Un tas attieksies ne tikai uz fotopiskiem, dienas gaismas, bet arī uz mezopiskiem, krāsas, apstākļiem (Walkey *et al.*, 2006). Reakcijas laiks ir atkarīgs arī no tā, vai stimuluss uz kuru jādod atbilde, būs viens, vai tiks kombinēts ar citiem objektiem uz kuriem nav jāreaģē (Hyman, 1953).

Reakcijas laika mērījumos jāņem vērā ne tika stimuluss un tā parādīšanās laiki, bet arī fons uz kura tas parādās, jo, kā izrādās, ātrāka atbilde tiek dota, kad kontrasts starp stimulu un fonu ir lielāks (Donner & Fagerholm, 2003). Walkey *et al.* (2006) savā pētījumā arī apskatīja reakcijas laika izmaiņas, ja tiek izmantots melns stimuluss uz balta fona, pozitīvs kontrasts, un balts mērķis uz melna fona, negatīvs kontrasts, un atklāja, ka lielas starpības reakcijas laikā

netiek novērotas. Savukārt, *Westheimer* (2003) atklāja, ka uz redzes asumu tiek atstāts vērā ņemams iespaids, izvēloties pozitīvu vai negatīvu kontrastu. Uz melna fona iespējams saskatīt un atpazīt mazāka izmēra simbolus nekā uz balta fona, ko autors skaidro ar mazāku aberāciju un citu attēla kropļojumu izpausmi, ja tiek izmantots negatīvs kontrasts. Turpinot savu pētījumu, *Westheimer et al.* (2003) atklāja, ka negatīvā kontrasta ietekme uz gados vecākiem pētījuma dalībniekiem ir lielāka nekā uz jaunākiem (1.2. attēls), vecākiem dalībniekiem bija novērojamas izteiktāks redzes asuma uzlabojums ar negatīvu kontrastu (1.3. attēls).



1.2. attēls Redzes asums (noteikts ar Snellena optotipiem) atkarībā no vecuma, ja izmanto standarta (melns simbols, balts fons) tabulu.



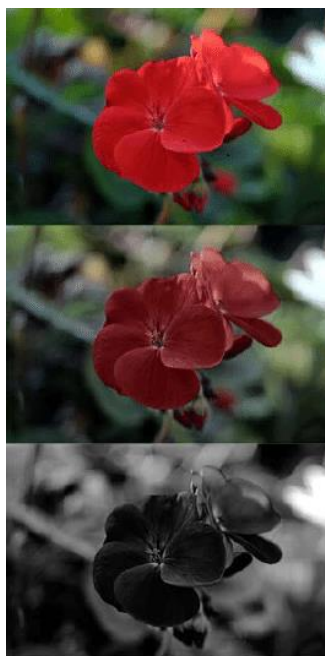
1.3. attēls Redzes asums (noteikts ar Snellena optotipiem) atkarībā no vecuma, ja izmanto tabulu ar reversu (balts simbols, melns fons) kontrastu.

1.3 Dažādi gaismas apstākļi

Diennakti, ar aci spēju uztvert gaismas daudzuma, var iedalīt 3 daļās. Pirmie ir dienas gaismas jeb fotopiski apstākļi, kad gaismas stari, iekļūstot cilvēka acī un nokļūstot uz tīklenes, sāk darboties uz tīklenē esošajām vāļītēm, kas atbild par krāsu redzi un mēs iegūstam krāsainu attēlu (*Ashdown & Eng, 2013*).

Otrie ir krēslas jeb mezopiski apstākļi, kad gaismas daudzums ir samazinājies, bet tomēr nonāk uz tīklenes, kur iedarbojas ne tikai uz vāļītēm, bet arī uz nūjiņām, kas neuztver krāsu. Šajos apstākļos iegūtais attēls vairs neizceļas ar krāsu spilgtumu (*Ashdown & Eng, 2013*).

Trešie ir tumsas jeb skotopiski apstākļi, kad uz tīklenes nonākošais gaismas daudzums ir ļoti minimāls un tas iedarbojas tikai uz nūjiņām. Attēls tādēļ zaudē savu krāsu un tiek citādāk uztverts. Šo situāciju apraksta Purkinjē efekts (1.4. attēls) (*Ashdown & Eng, 2013*).



1.4. attēls Purkinjē efekts⁴ Dažāda nūjiņu un vāļīšu spektrālā jūtība.

1.3.1 Krēsla

Par mezopiskiem apstākļiem var runāt, kad gaismas spilgtums ir no 0,001 līdz 3 cd/m² (*Lin, Chen, & Chen, 2006*). Šajos apstākļos joprojām ir aktīvas vāļītes tāpat kā dienas gaismā, bet tām pievienojas arī nūjiņas, kas pakāpeniski sāk piedalīties gaismas uztverē. Informācijas pārvade mezopiskos apstākļos notiek gan magno, gan parvo, gan konio ceļos (*Zele & Cao, 2015*).

Krēslā gaismas spektrālais sadalījums tiek uztverts citādāk nekā fotopiskos apstākļos, ko var skaidrot ar dažādiem informācijas pārvades veidiem. Dienas gaismā gaismas viļņi tiek

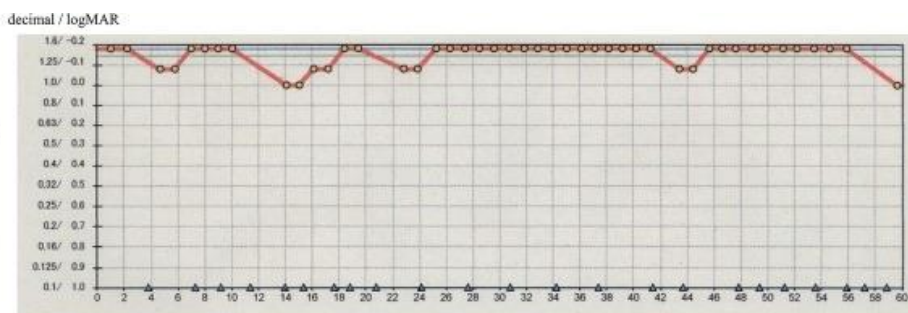
⁴ Attēls pieejams https://www.researchgate.net/publication/273763386_Understanding_Mesopic_Photometry

pārvadīti kā viens process, bet mezopiskos apstākļos kā vairāku darbību kopums (Zelev et al., 2014). To var skaidrot ar nūjiņu darbību kopā ar vāļītēm, kas liek funkcionēt vairākiem informācijas pārvades ceļiem vienlaicīgi (Zelev & Cao, 2015).

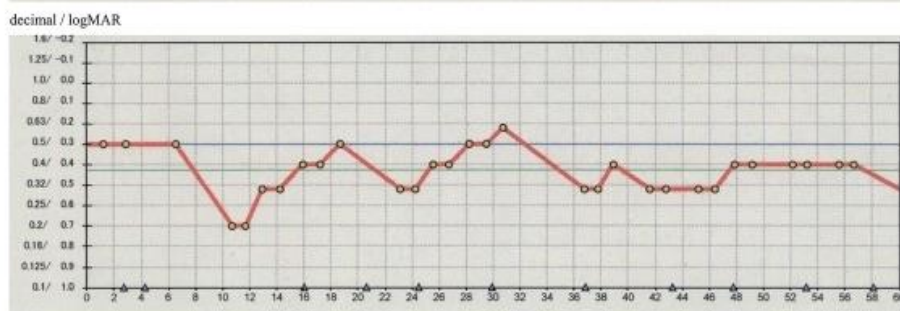
Plainis et al. (2005) savā pētījumā atklāja, ka dažādas pakāpes mezopiskos apstākļos, ko viņi iedalīja sekojoši: 5 luksu augsti, bet 0,5 luksu zemi, ir dažāda redze. Viņi to skaidro ar nūjiņu dominanci zemos un vāļīšu pārākumu augstos krēslas apstākļos. Kā arī viņi min, ka atkarībā no mezopisku apstākļu pakāpes, ir atšķirīgs fotoreceptoru adaptācijas laiks.

Mezopiskos apstākļos dažādi redzes parametri, piemēram, redzes asums, kontrastjutība un apžilbšana maina savas vērtības. Un pārsvarā šīs izmaiņas norāda uz sliktāku redzes kvalitāti. Krēslas apgaismojuma ietekmē redzes asums var kristies pat uz pusi (1.5. attēls) (Hiraoka et al., 2015). Redzes kvalitāte mezopiskos apstākļos ir sliktāka, ja sākotnēji jau ir nepietiekams, samazināts redzes asums, kā arī uz gados vecākiem cilvēkiem tie atstāj lielāko iespaidu, jo sākot no 50 gadu vecuma kontrastjutība krēslas apstākļos krītas aptuveni par 0,1 log desmitgadē (Puell et al., 2004).

Fotopiski apstākļi



Mezopiski apstākļi



1.5. attēls Redzes asuma izmaiņas fotopiskos un mezopiskos apstākļos⁵ Uz vertikālās skalas abos grafikos ir atlikts redzes asums, bet horizontālās laiks - sekundēs.

Krēslas iedarbība uz cilvēka redzi, kad tie vada automašīnu ir svarīgi novērtēt, jo mūsdienu sabiedrībā pārvietošanās ar tām ir ļoti izplatīta. Mezopiskus apstākļus nodrošina ne tikai daba, bet arī ceļa apgaismojums naktī. Pasaulē ir noteikti vidējie ieteicamie

⁵ Attēls pieejams <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4517889/>

standarti, kādam jābūt ceļu apgaismojumam. Eiropā, tas ir starp 0,3-2 cd/m² (*de Normalisation & Normung*, 2003), bet ASV starp 0,3-1,2 cd/m² (*Illuminating Engineering Society of North America*, 2006). Bet gaismas daudzums uz brauktuves ir atkarīgs arī no ceļmalas esošajiem objektiem, laikapstākļiem un gadalaika (*Viikari et al.*, 2008).

Wood & Owens (2005) savā pētījumā izteica domu, ka, lai noteiktu autovadītāju spēju atpazīt dažādus objektus fotopiskos un mezopiskos apstākļos, nepietiek tikai ar redzes asuma noteikšanu dienas gaismas apstākļos. Viņi ieteica jau esošo testu papildināt ar kontrast jūtības pārbaudi fotopiskos apstākļos vai redzes asuma pārbaudi mezopiskos apstākļos.

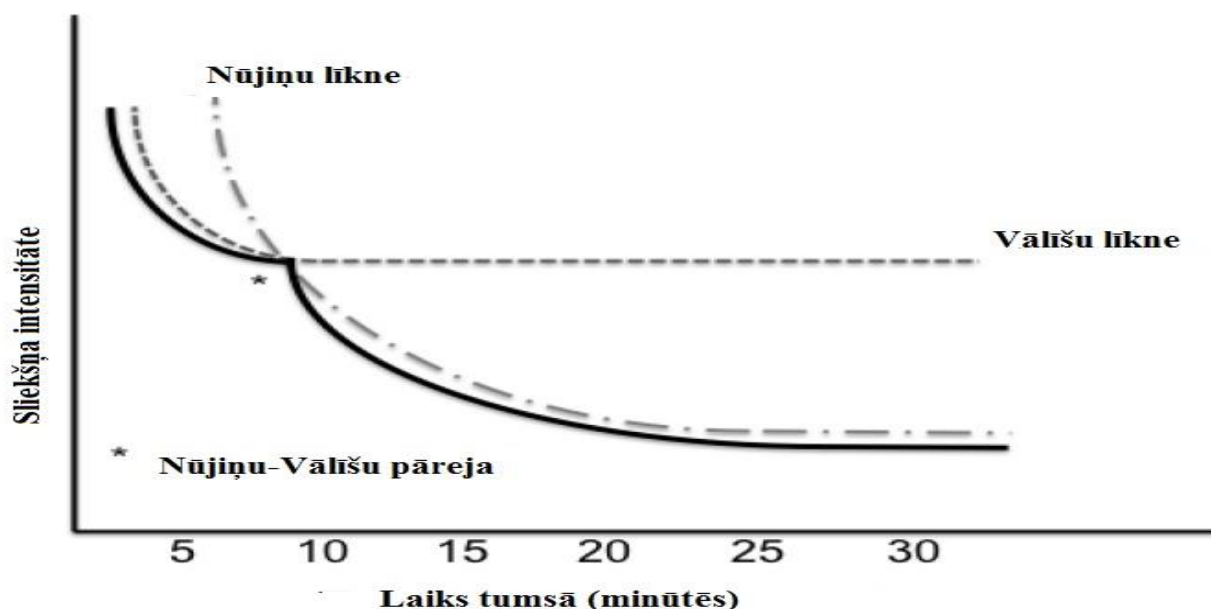
Bet ne tikai redzes asums ir svarīgs autovadītājiem krēslas apstākļos, jo kā izrādās noteicoša loma ir arī reakcijas ātrumam, kas var atšķirties dažādos apgaismojumos. To var skaidrot ar nepieciešamību ātri pielāgoties un reaģēt uz visdažādākajām situācijām uz ceļa, tāpēc, samazinot reakcijas laika izmaiņas, mainot apgaismojumu, varētu samazināt ceļa satiksmes negadījumu skaitu (*Bisketzis et al.*, 2004).

Tomēr ne tikai autovadītāji ir tie kam svarīgi noskaidrot to redzes funkcijas krēslas apstākļos, jo kā noskaidrots ir slimības, kas var ietekmēt redzi tieši mezopiskos apstākļos. Tas tiek skaidrots ar vāļišu un nūjiņu kopējo darbu, kas ļauj apjaust disfunkciju ātrāk, jo redzes funkciju pasliktināšanās tieši mezopiskos apstākļos var tik uzskatīta par pirmo saslimšanas simptomu, tādēļ abu fotoreceptoru kopējā darbība mezopiskus apstākļus padara visjutīgākos uz nevēlamu izmaiņu diagnostiku. Tas norāda uz nepieciešamību vairāk iepazīties ar redzi krēslas apstākļos un to ietekmējošiem faktoriem (*Petzold & Plant*, 2006).

1.3.2 Tumsas adaptācija

Ieejot no gaišas telpas tumšā, sākumā vienmēr saskaramies ar nespēju orientēties apkārtējā vidē, jo priekšā ir tikai necaurredzama tumsa. Tomēr, pēc kāda laika atrodoties aptumšotajā telpā, ir iespējams atšķirt dažādus apveidus un orientēšanās telpā vairs nešķiet neiespējama. Tāpat ilgstoši atrodoties nakts apstākļos mēs adaptējamies tiem.

Pielāgoties skotopiskiem apstākļiem, tāpat kā fotopiskiem palīdz fotoreceptoru. Tumsas adaptācijas gadījumā lielāka loma ir nūjiņām nekā vāļītēm, jo aptuveni 10 minūtēs pēc tumsas apstākļu iestāšanās vāļītes sasniedz savu gaismas intensitātes sliekšņa vērtību. Pēc tam aptuveni 12. minūtē notiek nūjiņu un vāļišu pāreja, kad nūjiņas kļūst jutīgākas uz stimulu nekā vāļītes (*Schwartz*, 2004). Citos avotos min arī ātrāku pārejas iestāšanos, aptuveni 4-8 minūtes (*Wolfe & Ali*, 2015). Savukārt, aptuveni 35. minūtē nūjiņas sasniedz savu sliekšņa intensitātes vērtību. (1.6. attēls) Laika sprīdi no vāļišu līdz nūjiņu sliekšņa intensitātes vērtībām sauc par fotohromatisko intervālu (*Schwartz*, 2004).



1.6.attēls Nūjiņu un vālišu sliedzņa intensitātes izmaiņas adaptējoties tumsas apstākļiem (ilgstoši atrodoties tumsas apstākļos)⁶

Tiek uzskatīts, ka tumsas apstākļos esošo fotoreceptoru jūtību var skaidrot ar fotopigmentu atjaunošanos, zīlītes palielināšanos un horizontālo šūnu darbību (Wolfe & Ali, 2015).

Adaptācija mezopiskiem apstākļiem iespējama intervālā no 5 līdz 20 minūtēm, taču par labāko adaptācijas laiku tiek uzskatītas 15 minūtes, jo tad tiek sagaidīti labāki un stabilākie rezultāti (Hiraoka et al., 2015).

1.3.3 Nakts miopija

Astronoms *Maskelyne* tiek uzskatīts par pirmo, kas pamanīja izmaiņas redzē uz miopijas pusi naktī skatoties uz zvaigznēm 1797. gadā. Šo fizioloģisko fenomenu mūsdienās sauc par nakts miopiju. Kā tās iemesli tiek minēti akomodācijas izmaiņas (pārmērīga akomodācija), hromatiskā un sfēriskā aberācija lēcā, taču joprojām nav zināms mehānisms, kā tieši un kāpēc attīstās tumsas tuvredzība (Cohen et al, 2007). Viens no parametriem, kas izsauc anomālu miopiju un saistīts ar akomodāciju, ir tumšais fokuss (dark focus)⁷ (Leibowitz & Owens, 1976).

Fejer & Girgis (1992) savā pētījumā noskaidroja, ka no 26 cilvēkiem, vecumā no 16 līdz 25 gadiem, nakts miopija 38% izpaužas ar 0,75 dioptrijām vai vairāk, bet 4% pat 2,50 dioptrijām. Šos rezultātus jauniem cilvēkiem apstiprināja *Cohen et al.* (2007) pētot 136 autovadītājus, vecumā no 19 līdz 24 gadiem, no kuriem 34 tika atklāta refrakcijas izmaiņa par

⁶ Attēls pieejams: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25838803>

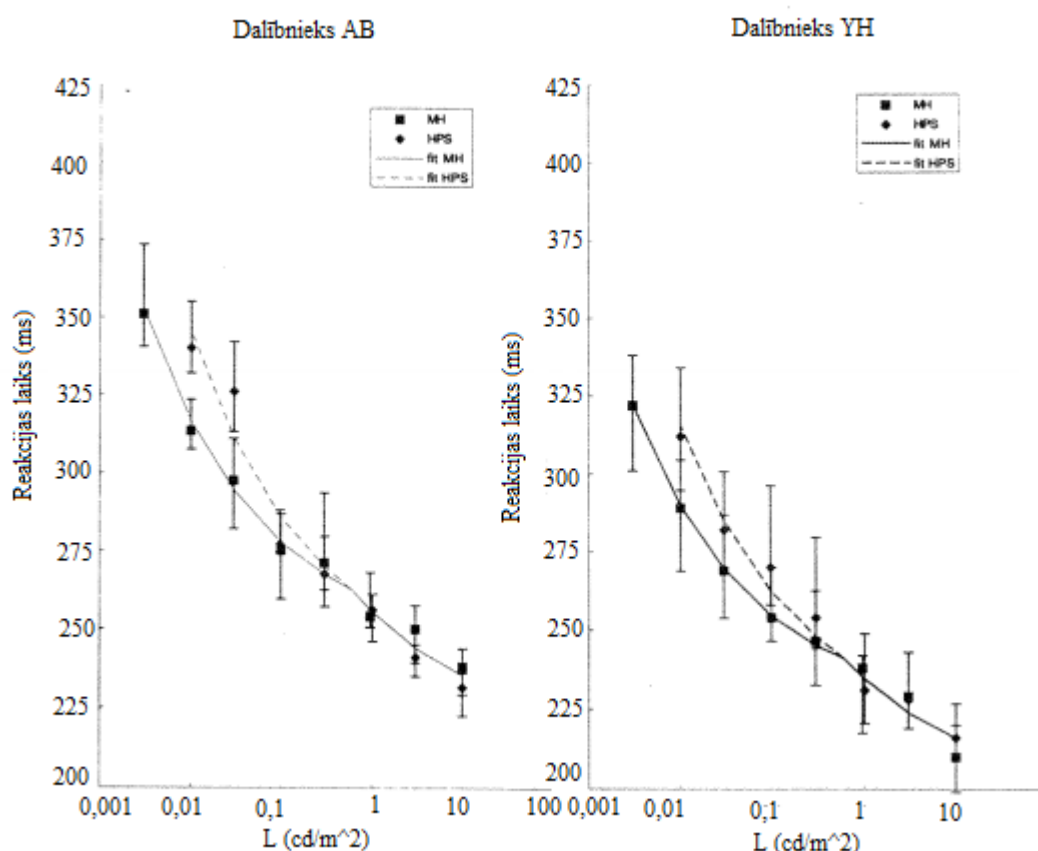
⁷ Tumšais fokuss (dark focus) – akomodācijas normālas darbības traucējums, kas izpaužas tumsas vai bez stimula apstākļos, jo attēls nespēj fokusēties uz tīklenes. Skaidrojums pieejams: <http://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095700632>

0,75 un vairāk dioptrijām uz tuvredzības pusi. Nakts miopijas izraisītu refrakcijas kļūdu intervālu *Leibowitz & Owens* (1975) noteica no -0,37 līdz -2,89 dioptrijām analizējot 59 sava pētījuma dalībniekus.

Nakts miopija var mainīt savas vērtības atkarībā no apgaismojuma. *Artal et al.* (2012) eksperimentā piedalījās 8 dalībnieki ar normālu redzi. Stimulam tika izmantoti 5 spožumi, kas sevī ietvēra gan fotopiskus, gan skotopiskus apstākļus. Rezultātā tika noskaidrots, ka pusei no dalībniekiem nakts miopija nav atklāta, maksimālā miopija bija -2 dioptrijas, bet vidēji starp dalībniekiem tā bija - 0,8 D.

1.4 Reakcijas laiks dažādos apgaismojumos

He et al. (1997) apskatīja dažādu apgaismojumu ietekmi uz reakcijas lauku šādi cenšoties noteikt labāko ceļa apgaismojumu nakts laikā. Pētījumā piedalījās 3 dalībnieki (2 vīrieši un 1 sieviete), kam tika noteikts reakcijas laiks ar apaļu stimulu, mainot tā fona apgaismojumu no 0,003 līdz 10 cd/m², kas sevī iekļāva 8 dažādus spožumus. Fona apgaismojums tika izmantotas divi gaismas avoti MH un HPS, kas pēc tam tika salīdzināti savā starpā par atskaites punktu izmantojot reakcijas laiku (1.7. attēls). Šajā eksperimentā tika noskaidrots, ka reakcijas laiks maina savas vērtības pie dažādiem apgaismojumiem tāpēc var tikt izmantots krēslas apstākļu fotometrijas aprakstā.



1.7. attēls Reakcijas laiks atkarībā no stimula fona apgaismojuma⁸

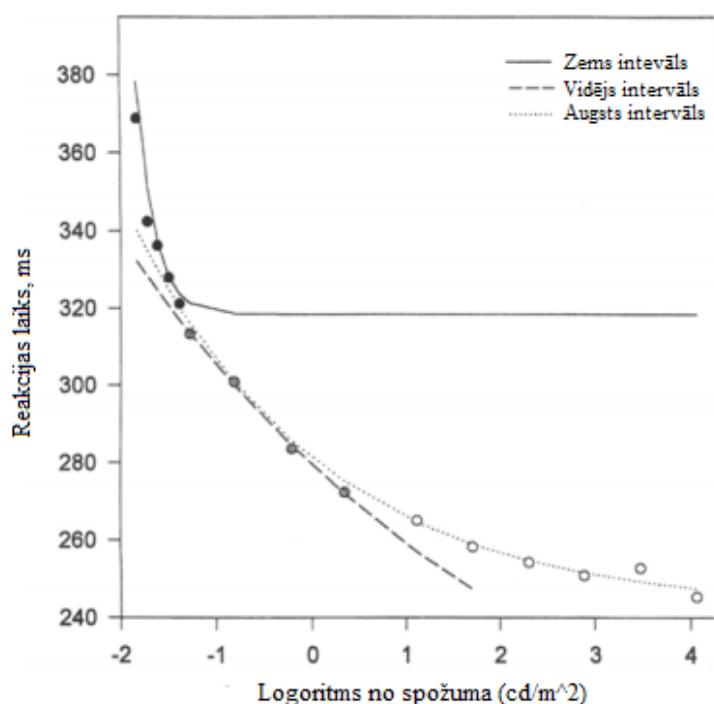
Ja tiek savienoti kopā trīs dažādi parametri - reakcijas laiks, apgaismojums un kontrasts,- ir iespējams ieraudzīt, ka samazinoties gaismas daudzumam, kontrasts samazinās un reakcijas laiks palielinās, kas liek domāt, ka šie parametri ir saistīti viens ar otru. Kā arī stimulam esot perifērijā kontrasts samazinās, bet reakcijas laiks pieaug straujāk nekā tad, kad

⁸Attēls

pieejasm:https://www.researchgate.net/profile/John_Bullough/publication/216817359_Evaluating_Light_Source_Efficacy_under_Mesopic_Conditions_Using_Reaction_Times/links/09e4150c0a58026681000000.pdf

mērķis atrodas tuvāk centrālajai daļai. Tāpēc apkopojot informāciju iespējams nonākt pie secinājuma, ka reakcijas laiku ietekmē tādi parametri kā attālums no foveas, kontrasts un apgaismojums (Plainis & Murray, 2002).

Reakcijas laiku var ietekmēt ne tikai telpas apgaismojums, bet arī stimula spožuma izmaiņas. Pins & Bonnet (1997) savā eksperimentā pētīja reakcijas laiku mainot gan telpas apgaismojumu, gan stimula spožumu, bet mērķa fonu atstājot konstantu $0,02 \text{ cd/m}^2$. Pētījuma dalībnieki atradās 70 centimetru attālumā no stimula un tiem tika lūgts skatīties uz fiksācijas punktu, kamēr dažāda spožuma kvadrāti parādījās labajā vai kreisajā pusē no tā, tiklīdz tas notika pēc iespējas ātrāk bija jānospiež atbildes poga, kurā pusē stimuls parādījās. Telpas apgaismojumam bija 15 spožuma līmeņi (0,16; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,45; 0,81; 1,41; 3,08; 5,54; 10,01; 17,94; 32,30; 58,18), kas vēlāk tika iedalīti trīs intervālos. Rezultātā tika novērots, ka stimula spožumam nav tik liela nozīme, ja telpas apgaismojums ir ļoti zems (1.8. attēls). Kā arī šajā pētījumā tika izteikti divi minējumi, ka mezopiskos apstākļos reakcijas laiku ietekmē nūjiņu un vālišu neatkarīga darbība un mijiedarbība starp šiem fotoreceptoriem, bet tieši šajā pētījumā vairāk sliecas uz otro minējumu.



1.8. attēls Reakcijas laiks atkarībā no spožuma logaritma⁹ Zems intervāls no 0,16 līdz 0,25 cd/m^2 (-1,83 līdz -1,39 $\ln(\text{cd/m}^2)$), vidējs intervāls no 0,28 līdz 1,41 cd/m^2 (-1,27 līdz 0,34 $\ln(\text{cd/m}^2)$) un augsts intervāls no 3,08 līdz 58,18 cd/m^2 (1,13 līdz 4,06 $\ln(\text{cd/m}^2)$).

⁹Attēls pieejams

https://www.researchgate.net/profile/Delphine_Pins2/publication/227191681_Reaction_times_reveal_the_contribution_of_the_different_receptor_components_in_luminance_perception/links/548870960cf268d28f08f415.pdf

2 EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1 Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 15 cilvēki vecumā no 21-31 gadam bez redzes pataloģijām un cita veida traucējumiem, kas palēnina atbildi uz stimulu. Redzes asums vismaz 0,1 logMAR vienības dienas gaismas apstākļos (ar vai bez korekcijas) binokulāri.

Katrs dalībnieks pirms piedalīšanās pētījumā tika iepazīstināts ar eksperimenta gaitu un mērķiem un lūgts rakstiski apstiprināt savu dalību tajā, kā arī aptaujāts.

2.2 Metodika

Izmantojot datorprogrammu FrACT (*Freiburg Visual Acuity Test*), kā optotipu izmantojot Landolta gredzenu, katram dalībniekam tika noteikts redzes asums dienas gaismas apstākļos (500 +/- 30 luks) un krēslas apstākļos (5 +/- 0,3 luks). Pirms mērījumu veikšanas mezopiskos apstākļos tika dotas 15 minūtes adaptēties tiem.

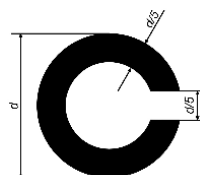
Katram pētījuma dalībniekam tika noteikts ne tikai redzes asums divos gaismas daudzuma apstākļos, bet arī reakcijas laiks. Tas tika noteikts ar Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā izveidotas datorprogrammas palīdzību. Programma uz datora ekrāna ģenerē četrus dažādus Landolta gredzenus, kuru atvērumi vērsti uz leju, pa labi, pa kreisi un uz augšu. Kopā uz ekrāna stimulsi parādījās 20 reizes.

Reakcijas laika mērīšana tika iedalīta divās daļās no sākuma pētījuma dalībniekam tika lūgts dot pēc iespējas ātrāku atbildi ieraugot uz ekrāna jebkura vērsuma stimulu, bet otrā daļā tikai, ja Landolta gredzena atvēruma virziens bija uz leju.

Krēslas apstākļos, lai mazinātu datora ekrāna izstaroto gaismas daudzumu tika izmantota pelēka caurspīdīga filtra plāksne.

2.2.1 Stimuls

Dažādi vērsts Landolta gredzens (2.1 attēls) (melns uz balta fona pielīdzināts redzes asuma tabulā attēlotajam un balts uz melna fona). Stimula izmērs 16,67 loka minūtes jeb 0,28 grādi.



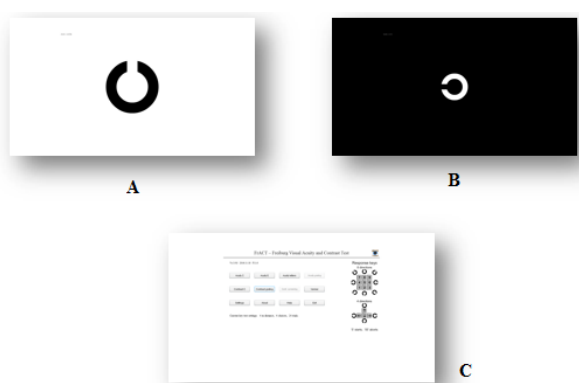
2.1. attēls Landolta gredzens¹⁰

¹⁰ Attēls pieejams <http://www.olis.us/clauses/iso/iso.htm>

Datorprogramma veiks reakcijas laika reģistru un nejaušā kārtībā uz ekrāna attēlos stimulus, kopā 20 reizes uz 1000 ms ar starplaiku no 600 ms līdz 1000 ms.

2.2.2 Aprīkojums

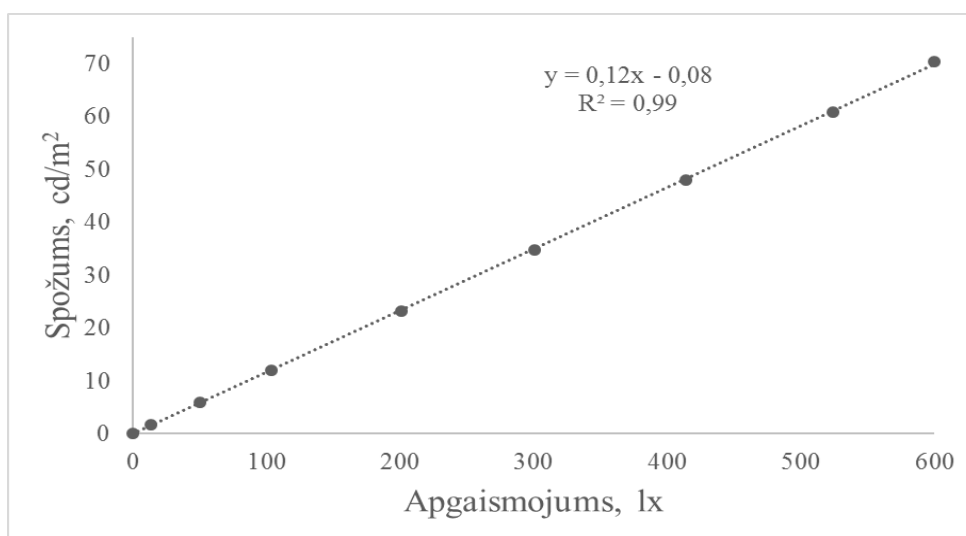
Pētījumā tiek izmantota datora klaviatūra, kas tiek lietota veicot FrACT (*Freiburg Visual Acuity Test*) (2.2. attēls) un pele, ko izmanto, lai sniegtu atbildi reakcijas laika noteikšanas brīdī. Mērlente, ko izmanto, lai noteiktu 4 metru attālumu starp datora ekrānu un dalībnieku. Portatīvais dators, Acer Aspire E 15 ar izšķirtspēju 1366 x 768, kas veicot mērījumus dienas gaismā un krēslas apstākļos tiek kalibrēts atbilstoši nepieciešamajam apgaismojumam. Gaismas filtrs, kas samazina datora izstarotās gaismas daudzumu mezopiskos apstākļos.



2.2. attēls FrACT (*Freiburg Visual Acuity Test*) A Balts fons un melns stimuls, B Melns fons un balts stimuls, C Programmas izskats pēc atvēršanas

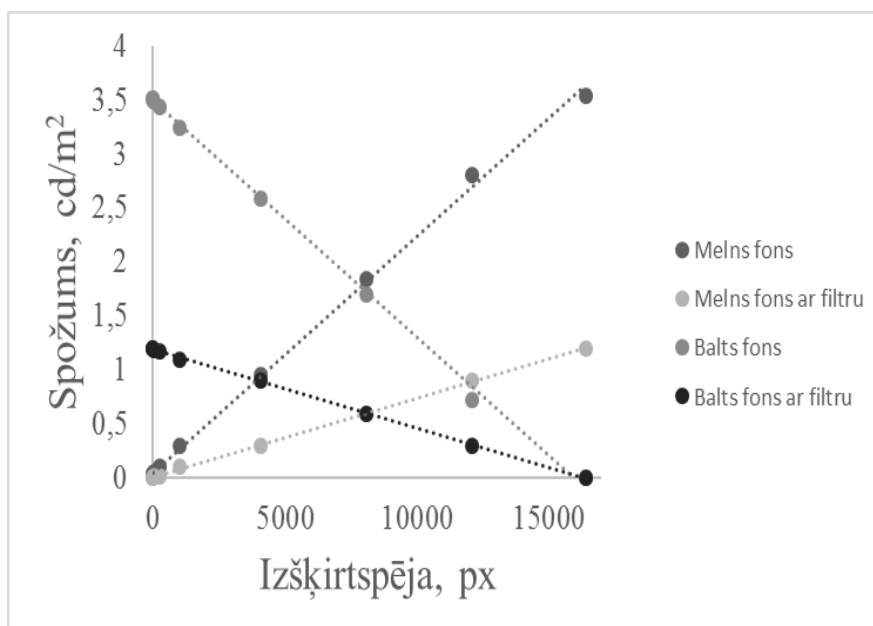
2.2.3 Kalibrēšana

Veicot pētījumu radās vajadzība veikt kalibrēšanu, lai pārietu no vienām mērvienībām uz citām (2.3. attēls un 2.4. attēls) vai apskatītu filtra, kas tika izmantot, lai samazinātu datora ekrāna spožumu, caurlaidību dažādiem redzamās gaismas viļņu garumiem (2.5. attēls).



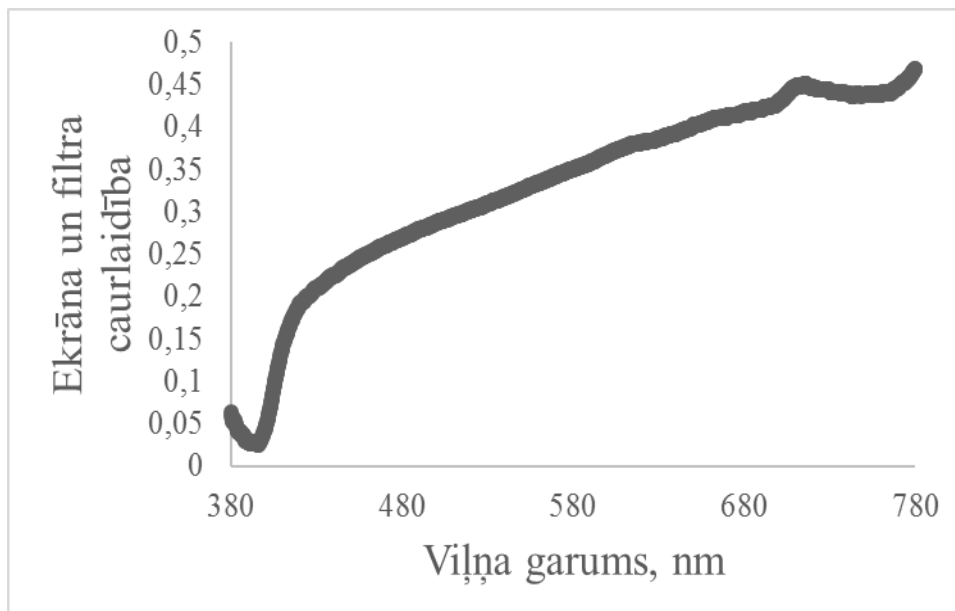
2.3. attēls Spožums (cd/m²) atkarībā no apgaismojuma (lx)

Iespēja pāriet no spožuma mērvienībā uz apgaismojuma mērvienībām tika izmantota, lai noteiktu datora ekrāna radītā apgaismojuma daudzumu ar un bez filtra, kas tika izmantots lai nodrošinātu konstantu apgaismojumu visā telpā.



2.4. attēls Spožums (cd/m^2) atkarībā no izšķirtspējas (px).

Zinot stimula izmēru pikseļos ir iespējams uzzināt tā spožumu candelās uz kvadrātmetru (cd/m^2) ņemot vērā kādos apstākļos un kurš no stimuliem tika izmantots.



2.5. attēls Ekrāna ar filtru caurlaidība atkarībā no redzamās gaismas viļņa garumiem (nm)

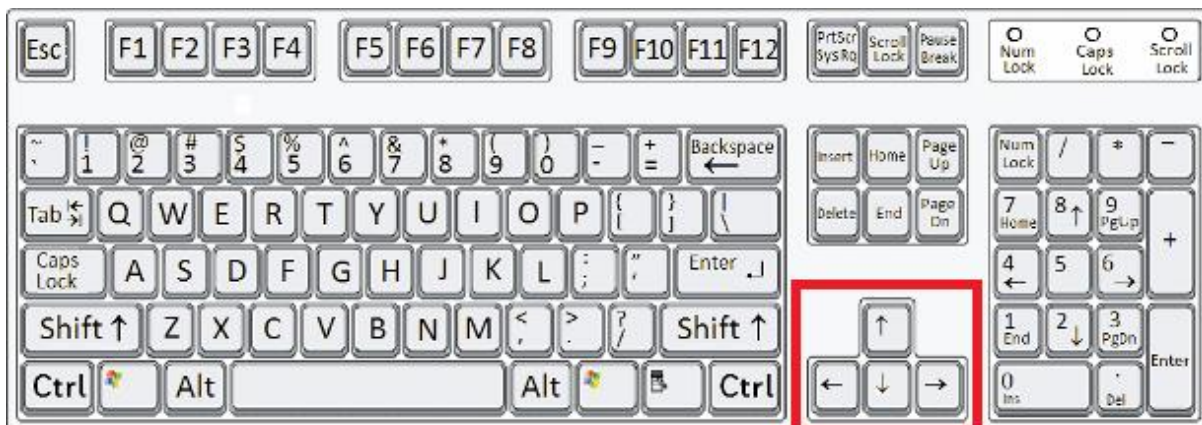
Iespējams noteikt kāda ir filtra iedarbība uz dažādiem viļņa garumiem, kas var būt svarīgi cilvēkam uztverot stimulu, kad filtrs ir priekšā datora ekrānam.

2.2.4 Darba gaita

Pētījuma dalībnieks atrodas 4 metru attālumā no datora ekrāna, pie datora klaviatūras un peles, kas kalpo kā atbilžu panelis. Uz ekrāna tiek rādīti dažāda vērsuma Landolta gredzeni no

sākuma veicot redzes asuma pārbaudi un vēlāk reakcijas laika noteikšanu gan fotopiskos, gan mezopiskos apstākļos.

Vispirms dienas gaismas apstākļos tiek noteikts redzes asums ar FrACT (*Freiburg Visual Acuity Test*) palīdzību gan izmantojot melnu fonu un baltu stimulu, gan baltu fonu un melnu mērķi. Dalībnieks tiek lūgts skatīties uz datora ekrāna un spiest Landolta gredzena atvēršanai atbilstošo klaviatūras taustiņu (2.6. attēls), ja atvērums uz augšu, tad jāspiež bultiņa, kas norāda virzienu uz augšu.



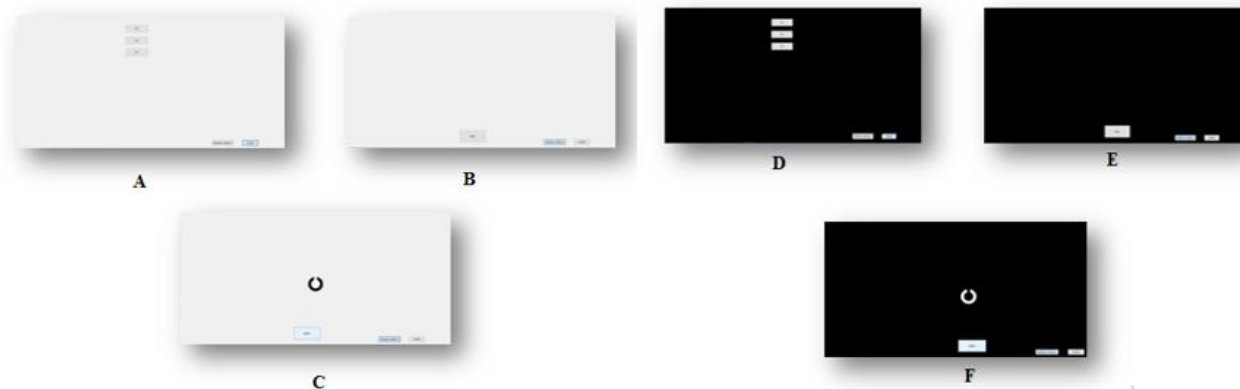
2.6. attēls Datora klaviatūra¹¹ Atzīmētie taustiņi tika izmantoti veicot redzes asuma pārbaudi ar FrACT (Freiburg Visual Acuity Test)

Pēc tam tiek veikts mērījums, lai uzzinātu atbildes ātrums uz stimulu. Tam tiek izmantota speciāli šim mērķim izveidotas programmas (2.7. attēls), viena ar baltu fonu un melnu stimulu, otra ar melnu fonu un baltu stimulu, kas uz ekrāna ar dažādiem starplaikiem attēlo dažāda vērsuma Landolta gredzenus. Pētījuma dalībnieki pirmajā mērījumā kārtā spiež atbildes taustiņu ikreiz, kad pamana stimulu, bet otrajā tikai, kad uz ekrāna tiek attēlots ar atvēršanu uz leju vērsts Landolta gredzens. Atbilde tiek sniegta ar peli noklikšķinot uz datora ekrāna attēlotā taustiņa „Atbilde”.

Kopumā tiek veikti 5 redzes asuma un 3 reakcijas laika mērījumi gan ar balto, gan melno fonu, tātad kopā 32 mērījumi abos apgaismojumos.

Tam seko cilvēka adaptēšana krāsas apstākļiem un tajos tiek veikti tādi paši mērījumi, kā fotopiskos apstākļos. Samazinātas gaismas apstākļiem cilvēks tiek adaptēts liekot tam 15 minūtes atrasties aptumšotā telpā, šajā laikā pētījuma dalībniekam tiek lūgts vienkārši skatīties tumsā un nedarīt neko, kas varētu izjaukt adaptēšanās procesu.

¹¹ Attēls pieejams: <http://profizgl.lu.lv/mod/book/tool/print/index.php?id=22319&chapterid=6866>



2.7. attēls Reakcijas laika mērīšanai domātās programmas A, B un C attēlota programma ar balto fonu, D, E un F ar melno fonu.

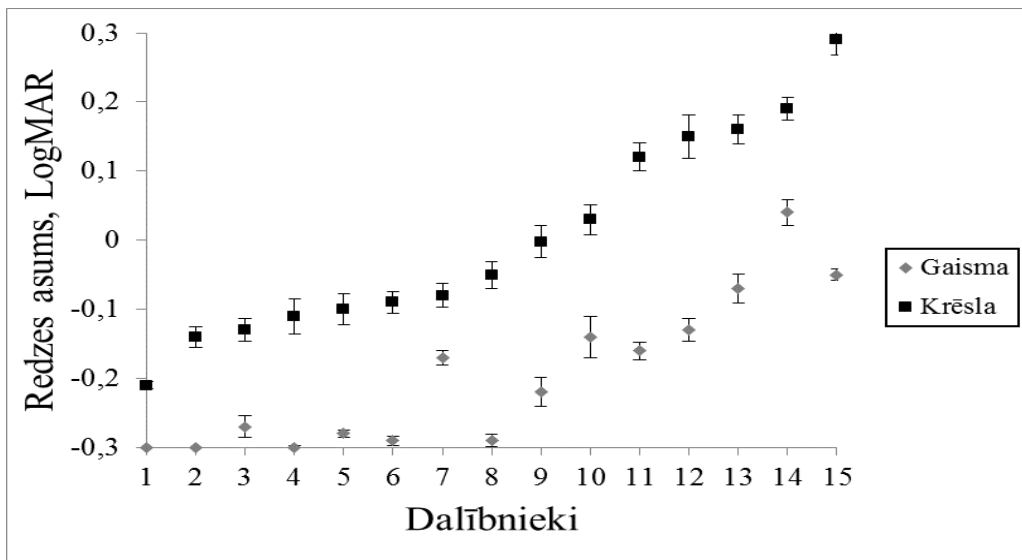
2.2.5 Rezultātu analīze

Katra dalībnieka iegūtie redzes asuma dati tika pierakstīti no datora ekrāna, kad tie parādījās testa beigās un vēlāk ievadīti *Microsoft office Excel* dokumentā. Reakcijas laika mērījumos iegūtie dati automātiski ierakstījās Notepad failā, bet vēlāk tika pārnesti uz *Microsoft office Excel* dokumentu, kur kopā ar redzes asuma datiem tika analizēti. No mērījumos iegūtajiem rezultātiem tika izņemti dati, kas bija radušies programmas nepilnvērtīgas analīzes rezultātā FrACT (Freiburg Visual Acuity Test) testa gadījumā, kad viens vai divi mērījumos iegūtie redzes asumi bija ļoti atšķirīgi no pārējiem, ko varētu skaidrot ar nepieejamo atbildi “Neredzu” šādi liekot minēt simbola vērsumu pat, ja simbola vērsums nav saredzams. Savukārt, no reakcijas laika mērījumos iegūtajiem datiem tika izņemti rezultāti, kas norādīja, ka dalībnieks vai nu pogu nospiedis uz atbildes paneļa pirms stimula parādīšanās vai ļoti novēloti, kas lika datiem ļoti izcelties uz pārējo fona.

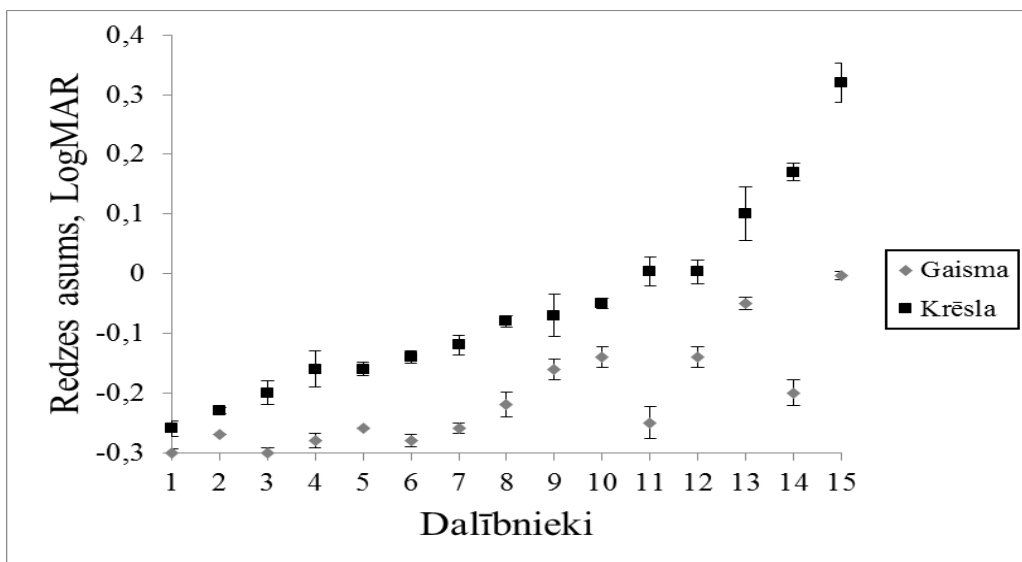
Izfiltrētie dati tika analizēti ar vairākiem statistiskajiem testiem, lai noskaidrotu vai tiem ir statistiska atšķirība salīdzinot tos noteiktās grupās vienu ar otru viena dalībnieka ietvaros. Pēc tam visu dalībnieku dati tika apkopoti tabulā iekļaujot tajā iegūto rezultātu vidējās vērtības, standartklūdas, starpību starp divu iegūto rezultātu grupām, tas ir starp gaismas un krāsas apstākļos iegūtajiem datiem.

2.3 Rezultāti

Dalībniekiem redzes asums bija robežās no 0,04 līdz -0,3 LogMAR vienības ar baltu fonu (2.1. grafiks) un no -0,003 līdz -0,28 LogMAR vienībām ar melnu fonu (2.2. grafiks) dienas gaismas apstākļos (500 +/- 30 lx), bet no 0,29 līdz -0,21 un no 0,32 līdz -0,26 LogMAR vienībām krāsas apstākļos (5 +/- 0,3 lx). Salīdzinot redzes asumu, kas tika iegūts ar baltu un ar melnu fonu, netika atrasta statistiska atšķirība gaismas apstākļos $p=0,40$, bet krāsas apstākļos redzes asums bija labāks uz melnā fona $p=0,0014$.



2.1. grafiks Redzes asums uz balta fona gaismas un krēslas apstākļos

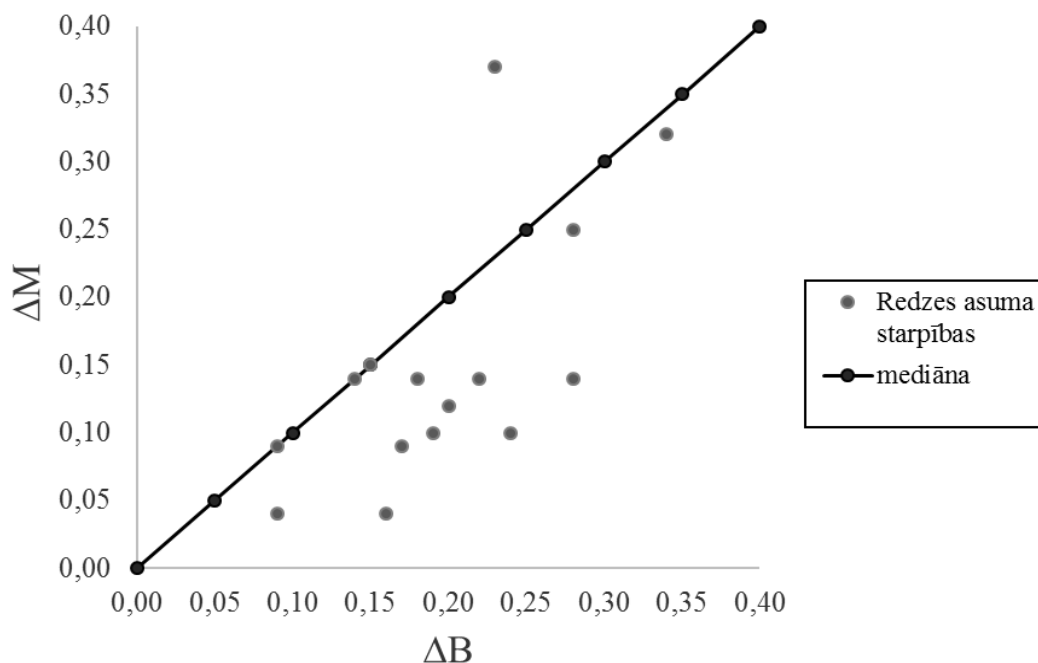


2.2. grafiks Redzes asums uz melna fona gaismas un krēslas apstākļos

Savukārt salīdzinot redzes asuma starpības starp iegūtajiem datiem no balta fona un balta fona krēslā un melna fona un melna fona krēslā tiek atklāta statistiska atšķirība $p=0,02$. Uz balta fona novērojams izteiktāks redzes asuma kritums mainot telpas apgaismojum vidēji 0,20 LogMAR vienības, bet uz melna fona vidēji 0,15 LogMAR vienības (2.3. grafiks). Starpības starp redzes asumiem tika iegūtas pēc formulās: $\Delta B=B-BK$ un $\Delta M=M-MK$, kur B / M ir redzes asums veicot pārbaudi ar baltu/melnu fona un melnu / baltu optotipu dienas gaismas apstākļos, BK / MK ir redzes asums veicot pārbaudi ar baltu / melnu fonu un melnu / baltu optotipu krēslas apstākļos, $\Delta B / \Delta M$ iegūtā starpība starp redzes asumu dažādos apgaismojuma apstākļos.

Mediāna apzīmē gadījumu, kad redzes asuma starpība gan veicot mērījumu ar melnu, gan ar baltu fonu ir vienāda, kas tika novērota trīs dalībniekiem, vienam dalībniekam izteiktāka starpība ir uz melna fona, bet vienpadsmit dalībniekiem izteiktāka starpība ir uz

baltā fona. Starpības, kas iegūtas uz baltā fona vairāk fokusējas intervālā aptuveni no 0,1 līdz 0,3 LogMAR vienībām, bet uz melnā fona no aptuveni 0,05 līdz 0,15 LogMAR vienībām, kas norāda uz lielāku izkliedi uz baltā fona.



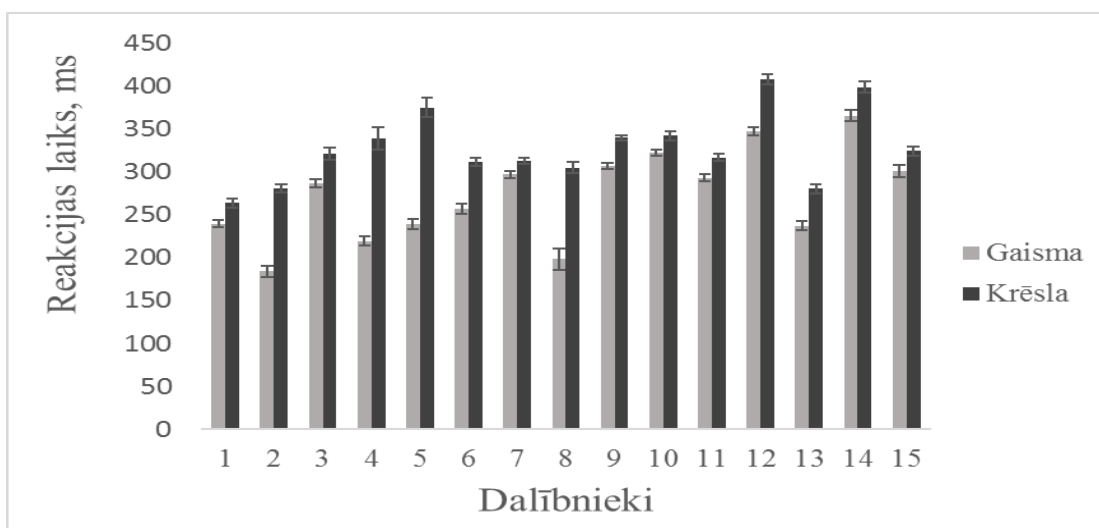
2.3. grafiks Redzes asuma starpības uz melna un uz balta fona.

Pētījumā iegūtie dati liecina, ka redzes asums krēslas apstākļos krītas, tātad sakrita ar *Hiraoka et al.*, (2015) eksperimenta rezultātiem, bet kritums nebija tik liels kā literatūrā pieminētais. Šo atšķirību var skaidrot ar *Hiraoka et al.*, (2015) izmantotajiem zemākiem krēslas apstākļiem $0,1 \pm 0,01 \text{ cd/m}^2$, kas lukos ir aptuveni 1,5 lx, pārējai izmantojot kalibrēšanā iegūto vienādojumu, tas ir vairāk nekā 3 reizes mazāk nekā dotajā eksperimentā. Šīs redzes asuma izmaiņas krēslas ietekmē liek apdomāt iespēju redzes pārbaudē iekļaut redzes funkciju pārbaudi arī krēslā, jo cilvēks pārvietojas ne tikai gaišā dienas laikā, bet arī krēslā un tumsā. Katram izmaiņas var būt ļoti individuāls, kas nozīmē, ka ir dažādu faktoru ietekme, kas to nosaka un kurus vajadzētu apzināt un atrast risinājumu, lai padarītu drošāku pārvietošanos.

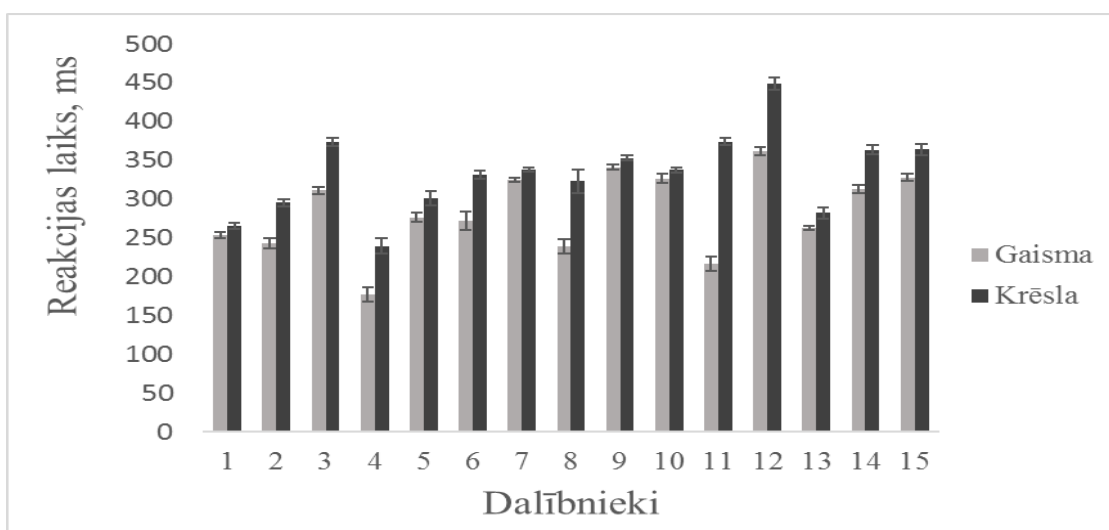
Salīdzinot iegūtos redzes asuma rezultātu ar baltu fonu un melnu redzams, ka ar melno fonu ir mazāks redzes asuma kritums nekā ar baltu, kam skaidrojumu var atrast *Westheimer* (2003) veiktajā pētījumā, tur tika atklāts, ka uz melna fona iespējams saskatīt mazākus simbolus nekā uz baltā, ko skaidro ar mazāku aberāciju ietekmi un gaismas izkliedi acī.

Vērtējot reakcijas laika iegūtos datus pirmajā kārtā, kurā uzdevums bija spiest atbildes paneli, kad uz ekrāna parādījās jebkura vērsma Landolta gredzens, iegūtie rezultāti ir no

183,86 līdz 364,91 milisekundes (ms) ar baltu fonu un no 177,00 līdz 327,83 ms ar melnu fonu gaismas apstākļos, tiek skatīta katra cilvēka reakcija laika vidējā vērtība, savukārt krēslā ar baltu fonu reakcijas laiks bija no 263,37 līdz 407,40 ms, bet ar melnu fonu no 265,51 līdz 448,71 ms. Statistiska atšķirība netika atrasta starp baltu un melnu fonu, gaismas apstākļos $p=0,30$ un krēslā arī $p=0,44$. Bet salīdzinot reakcijas laiku, kas tika iegūts ar baltu fonu dienas gaismas apstākļos - vidēji 272,66 ms un krēslas apstākļos - vidēji 327,69 ms (2.4. grafiks), statistiskā atšķirība tika atrasta $p=0,0001$, apskatot atbildes laiku uz stimulu ar melnu fonu vidēji 283,25 ms gaismā un 332,71 ms krēslā (2.5. grafiks), statistiskā atšķirība arī tika atrasta $p=0,0003$.



2.4. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam ($n\sim 45$) gaismā un krēslā ar baltu fonu.



2.5. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam ($n\sim 45$) gaismā un krēslā ar melnu fonu

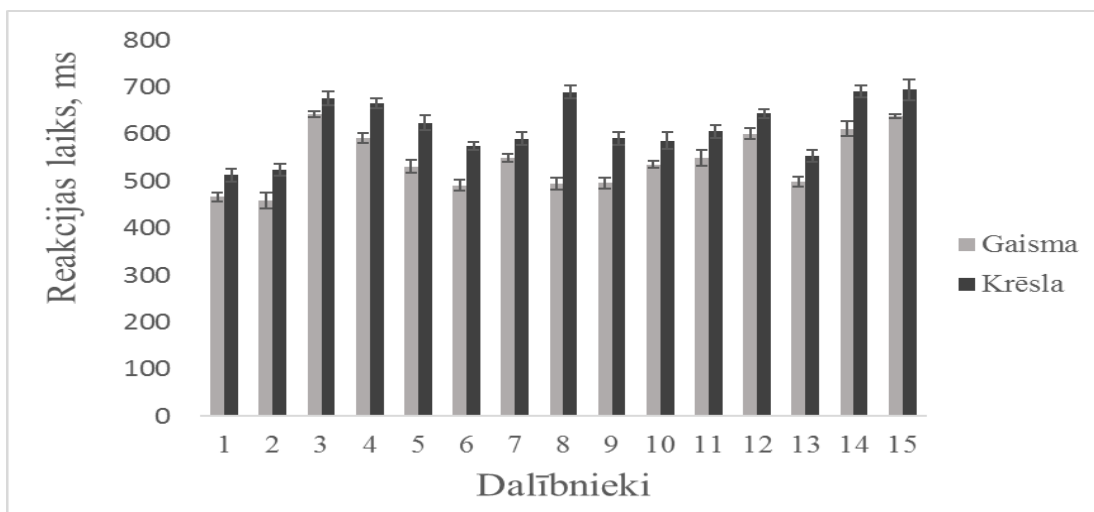
Reakcijas laika starpības, kas tika iegūtas pēc tāda paša principa kā redzes asuma gadījumā, ar baltu fonu bija no 15,61 līdz 135,70 ms, bet ar melnu fonu no 11,08 līdz 157,19 ms. Statistiska atšķirība starp balto fonu vidēji 55,43 ms un melno 49,45 ms netika atrasta, $p=0,66$.

Pirmajā kārtā iegūtie dati attiecināmi uz vienkāršo reakcijas laiku, kas *Logan et al.* (1984) eksperimentā bija vidēji 200 ms, bet dotajā pētījumā vidēji norāda uz 272,66 ms ar baltu fonu un 283,25 ar melnu fonu gaismā, ko varētu skaidrot ar dažādo sagatavotību testa izpildei, jo 1984. gada pētījumā vairāk par pusi dalībnieku bija īpaši trenējuši savu reakciju. *He et al.* (1997) un *Pins & Bonnet* (1997) savos pētījumos apskatīja reakcijas laiku dažādos krēslas apstākļos un novēroja, ka samazinot apgaismojumu reakcijas laiks palielinās. Tas tika novērots arī dotajā eksperimentā, ka samazinot apgaismojumu no 500 lx līdz 5 lx novērojams reakcijas laika pieaugums.

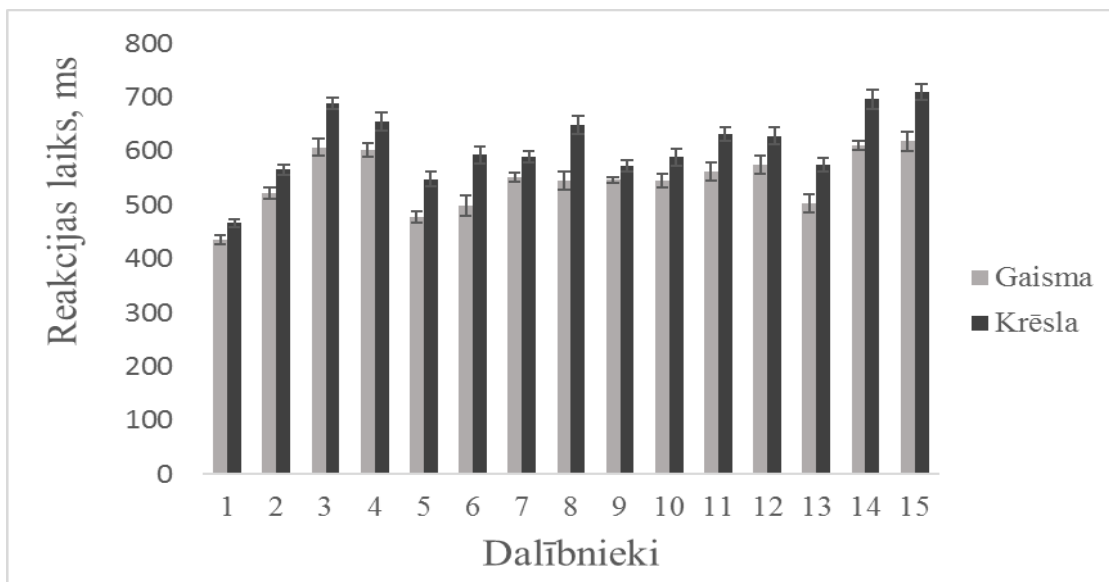
Ņemot vērā, ka bija dalībnieki, kam krēslas apstākļos bija novērojums reakcijas laika pieaugums arī 135,70 ms ar baltu fonu un 157,19 ms ar melnu fonu norāda, ka vadot automašīnu gaišā dienas laikā vai krēslas apstākļos būs vērā ņemam atšķirība reaģējot uz dažādām situācijām uz ceļa, piemēram, cilvēka vai kāda cita šķēršļa parādīšanās uz brauktuves.

Iegūtais reakcijas laiks otrajā kārtā, kur bija nepieciešams spiest atbildes paneli tikai, ja uz ekrāna parādījās Landolta gredzens ar vērsumu uz leju, ar baltu fonu gaismā bija no 466,11 līdz 638,20 ms, bet ar melnu fonu no 436,05 līdz 618,83 ms, savukārt krēslā ar baltu fonu no 513,05 līdz 693,92 ms, bet ar melnu no 466,0 līdz 710,27 ms. Statistiskā atšķirība starp balto un melno fonu gaismā - $p=0,74$ un krēslā - $p=0,60$ netika atrasta. Salīdzinot savā starpā ar balto fonu iegūtos datus gaismā vidēji 543,74 ms un krēslā 614,78 ms (2.6. grafiks) statistiskā atšķirība tika atrasta, $p=6*10^{-6}$ un ar melno fonu iegūtos datus gaismā vidēji 546,69 ms un krēslā 610,41 ms (2.7. grafiks) statistiskā atšķirība arī tika atrasta, $p=9*10^{-8}$.

Otrajā kārtā iegūto reakcijas laiku starpības gaismas apstākļos un krēslā ar baltu fonu no 21,12 līdz 194,69 ms, bet ar melnu fonu no 17,85 līdz 103,07 ms. Statistiskā atšķirība starp iegūto datu starpībām ar balto fonu vidēji 69,58 ms, ar melno fonu - 62,02 ms netika atrasta, $p=0,45$.



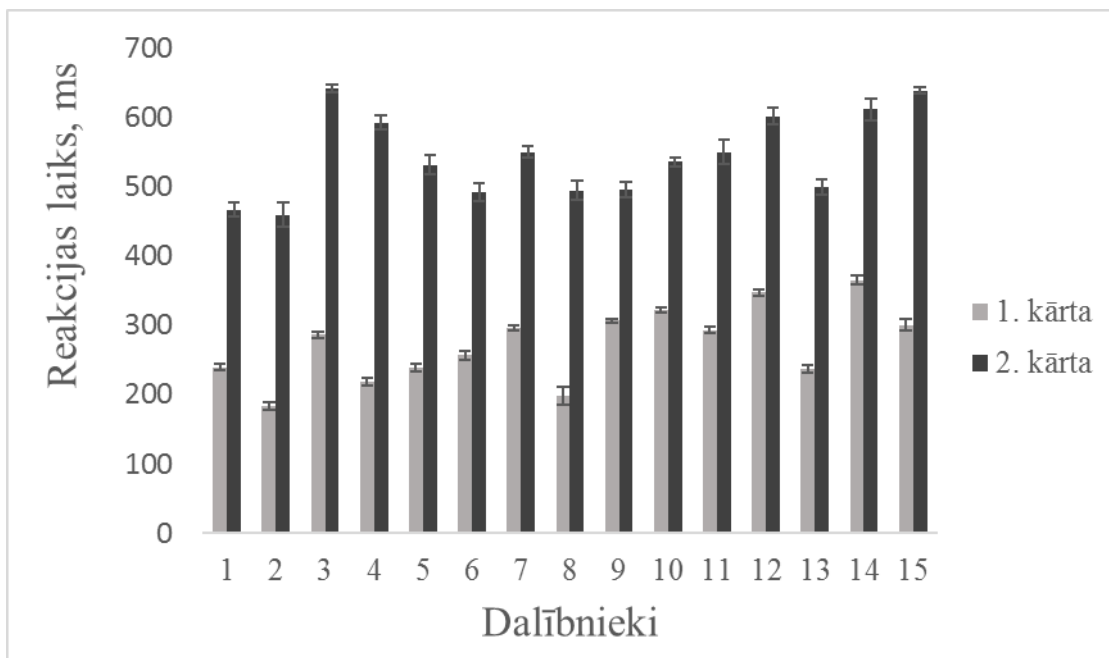
2.6. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) gaismā un krēslā ar baltu fonu.



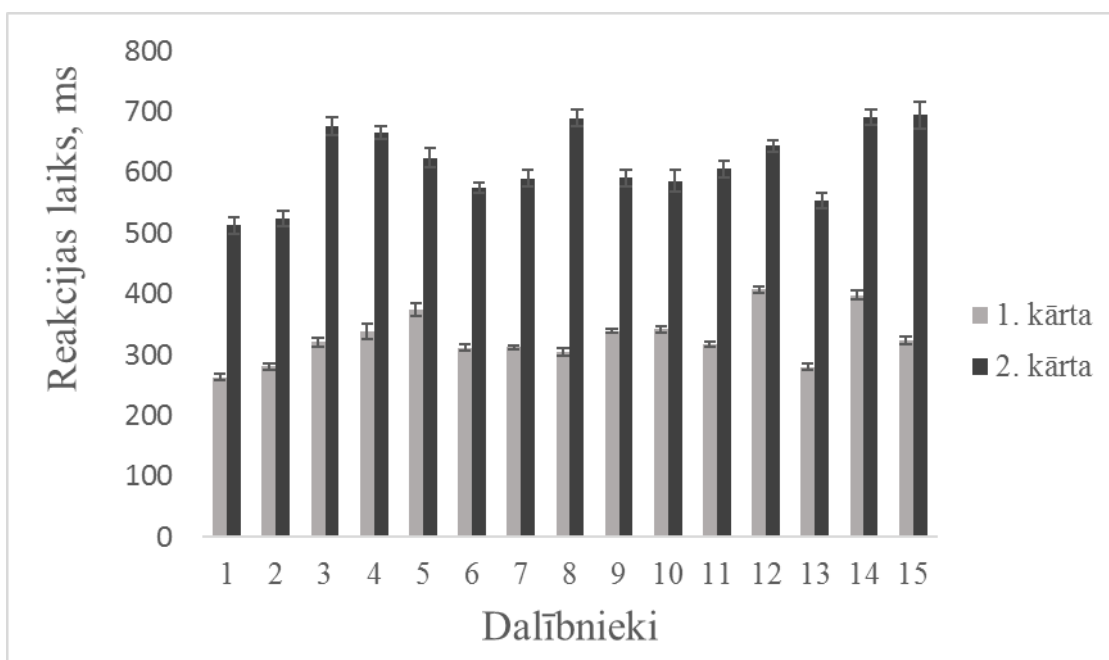
2.7. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) gaismā un krēslā ar melnu fonu.

Reakcijas laiks, kas tika iegūts otrajā kārtā ir izvēles atbilde uz stimulu, kas ir sarežģītāks uzdevums, jo bija nepieciešama lielāka koncentrēšanās un, šajā gadījumā, arī labs redzes asums, jo vajadzēja noteikt Landolta gredzena vērsuma virzienu, kas parasti ir arī galvenais uzdevums redzes asuma pārbaudē, un rada nepieciešamību saskatīt simbolu pilnībā. Crone et al. (1998) savā pētījumā apskatīja dažādu ķermeņa daļu reakcijas laiku izmantojot attēlus ar atzīmētu konkrētu ķermeņa daļu, kas jāspirdzina vai jāpakustina, rezultātā tika iegūts, ka ar roku tas ir aptuveni 400 ms vai 600 ms atkarībā no uzdevuma. Dotajā eksperimentā iegūtie rezultāti arī norāda uz aptuvenām 400 un 600 ms robežām gaismas apstākļos, bet lielāku reakcijas laiku krēslā.

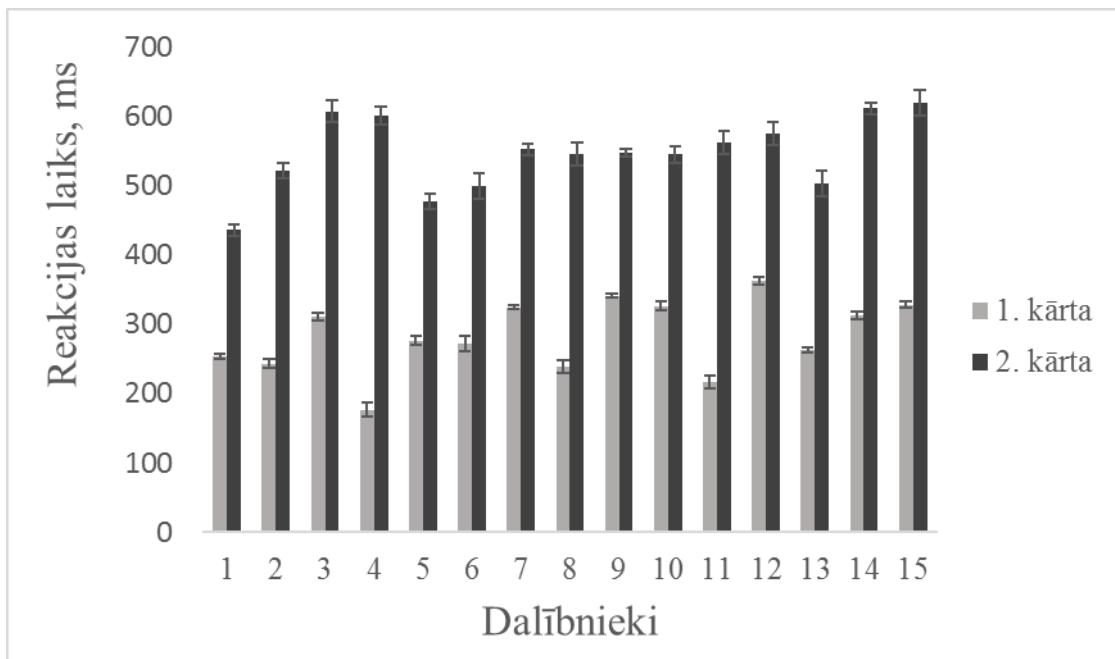
Salīdzinot savā starpā iegūtos reakcijas laika datus no pirmās un otrās kārtas tika iegūta statistiska atšķirība gan gaismā - $p=9*10^{-12}$ (2.8. grafiks), gan krēslā - $p=2*10^{-12}$ (2.9. grafiks) ar baltu fonu, kā arī gan gaismā - $p=8*10^{-12}$ (2.10. grafiks), gan krēslā - $p=6*10^{-11}$ (2.11. grafiks) ar melnu fonu.



2.8. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) 1. un 2. kārtā gaismā ar baltu fonu.

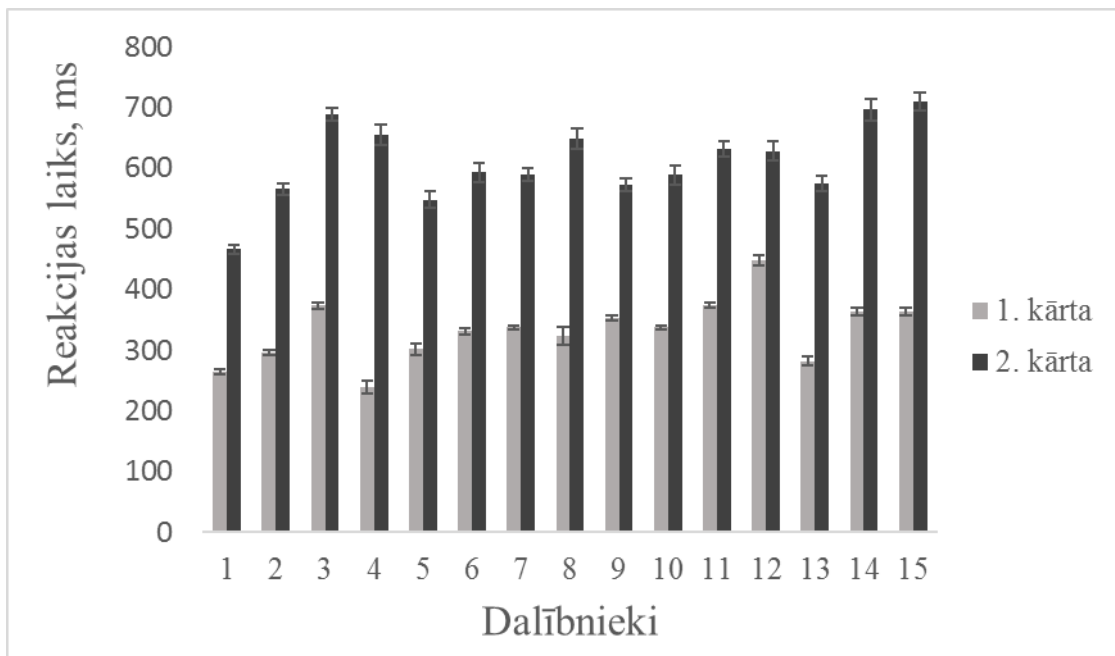


2.9. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) 1. un 2. kārtā krēslā ar baltu fonu.



2.10. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) 1. un 2. kārtā gaismā ar melnu fonu.

Kā atklāts Logan et al. (1984) pētījumā izvēles reakcijas laiks var būt pat 300 ms ilgāks nekā vienkāršais reakcijas laiks. Šajā pētījuma iespējams ieraudzīt līdzīgu tendenci salīdzinot pirmo un otro kārtu.



2.11. grafiks Reakcijas laika vidējā vērtība katram dalībniekam (n~45) 1. un 2. kārtā krēslā ar melnu fonu.

Apkopojot rezultātus par reakcijas laiku gan gaismas, gan krēslas apstākļos abās kārtās iespējams dotos datus apskatīt no autovadītāju skatu punkta, kam svarīgs ir reakcijas ceļš – attālums, ko veic mašīna laika posmā no šķēršļa ieraudzīšanas līdz bremžu pedāļa nospiešanai. Tika ņemts vidējais reakcijas laiks no visiem dalībniekiem katrā kārtā, liekot gan ar balto gan ar melno fonu iegūtos rezultātus kopā šķirojot tikai pēc apgaismojuma veida. Vidējais reakcijas laiks gaismā pirmajā kārtā ir 277,96 +/- 9,46 ms, krēslā 330,20 +/- 8,41 ms, bet otrajā kārtā gaismā 545,21 +/- 10,21 ms, krēslā 612,60 +/- 11,20 ms. No reakcijas laika tika iegūts reakcijas ceļš pie dažādiem braukšanas ātrumiem (2.1. tabula). Vidējais braukšanas ātrums uz Latvijas lielākajiem ceļiem gada laikā (no 2016. gada maijam līdz 2017. gada maijam) ir 92 km/h (Latvijas Valsts ceļi), tātad aptuvenais reakcijas ceļš (pirms bremzes pedāļa nospiešanas) gaismā varētu būt 6,95 vai 13,63 m, kas atkarīgs no tā vai objekts tika ieraudzīts vai atpazīts, krēslā 8,26 vai 15,31 m, tāpat atkarīgs no uzdevuma. Ja apskatām reakcijas ceļu starpību starp fotopiskiem un mezopiskiem apstākļiem tad pie 90 km/h atkarībā no uzdevuma tie ir 1,31 vai 1,65 m, kas ir diezgan liels attālums, jo var būt par iemeslu sadursmei, piemēram, ar priekšā braucošo mašīnu, jo likumā nav stingri noteikta attāluma starp mašīnām, kas būtu jāievēro, tāpēc sastrēguma vai intensīvas satiksmes gadījumā tie var būt izteikti mazi.

2.1. tabula

Reakcijas ceļš atkarībā no braukšanas ātruma

Braukšanas ātrums		Reakcijas ceļš					
km/h	m/s	G1, m	K1, m	G2, m	K2, m	Δ1, m	Δ2, m
20,00	5,56	1,54	1,83	3,03	3,40	0,29	0,37
30,00	8,33	2,32	2,75	4,54	5,10	0,44	0,55
40,00	11,11	3,09	3,67	6,06	6,81	0,58	0,73
50,00	13,89	3,86	4,59	7,57	8,51	0,73	0,91
60,00	16,67	4,63	5,50	9,09	10,21	0,87	1,10
70,00	19,44	5,40	6,42	10,60	11,91	1,02	1,28
80,00	22,22	6,18	7,34	12,12	13,61	1,17	1,46
90,00	25,00	6,95	8,26	13,63	15,31	1,31	1,65
100,00	27,78	7,72	9,17	15,14	17,02	1,46	1,83
110,00	30,56	8,49	10,09	16,66	18,72	1,60	2,01
120,00	33,33	9,27	11,01	18,17	20,42	1,75	2,19

G1 – attālums metros 500 lx apgaismojumā, ja reakcija bija uz nezināmu objektu. G2 - attālums metros 500 lx apgaismojumā, ja reakcija bija uz atpazītu objektu. K1 - attālums metros 5 lx apgaismojumā, ja reakcija bija uz nezināmu objektu. K2 - attālums metros 5 lx apgaismojumā, ja reakcija bija uz atpazītu objektu. Δ1 - atšķirība starp bremzēšanas ceļu gaismā un krēslā, ja bija nezināms objekts. Δ2 - atšķirība starp bremzēšanas ceļu gaismā un krēslā, ja objekts tika atpazīts.

Aptaujā iegūtie dati neļauj nokļūt pie secinājumiem par kāda konkrēta kritērija lielu ietekmi uz reakcijas laiku, jo neuzrāda nekādu tendenci. Taču rezultāti liek domāt par vairāku kritēriju kopējo darbību, kas ietekmē reakcijas laiku. Pie šāda secinājuma nonāk arī Kraukles (1974) grāmatā, kur tiek uzskaitīti arī iespējamie ietekmējošie faktori.

SECINĀJUMI

- Krēslas apstākļos novērojams redzes asuma kritums salīdzinot ar dienas gaismas apstākļiem ($p < 0,05$).
- Redzes asuma kritums krēslas apstākļos, ja tiek izmantots melns fons ir mazāks nekā izmantojot baltu ($p < 0,05$).
- Vienkāršais un izvēles reakcijas laiks krēslas apstākļos ir lielāks nekā gaismā ($p < 0,05$).
- Ja nepieciešams atpazīt objektu reakcijas laiks ir lielāks nekā, ja tas vienkārši jāierauga ($p < 0,05$).
- Krēslas apstākļi ietekmē vienlīdzīgi gan ieraudzīšanu, gan atpazīšanu ($p > 0,05$).

NOBEIGUMS

Eksperimenta dati norāda uz apgaismojuma būtisku ietekmi uz redzes asumu un reakcijas laiku.

Tāpat kā līdzīgos pētījumos tiek norādīts ieteiktu redzes speciālistiem vairāk pievērst uzmanību dažādu situāciju un nodarbošanos vajadzībām pēc kvalitatīvs redzes un apstākļiem, kādos tā nepieciešama. Reakcijas laika palielināšanās krēslas apstākļos norāda uz vielu pārdomām autovadītājiem par to izvēlēto ātrumu atbilstību to fiziskajām spējām apstāties nepieciešamības gadījumā, ja ir samazināts apgaismojums.

Pētījumu, kur tiek runāts par reakcijas laika izmaiņām dažādu gaismas apstākļu gadījumā ir maz un bieži vien tie ir pagājušā gadsimta darbi, kas norāda, ka mūsdienās tā ir mazliet piemirsta tēma, ko vajadzētu labot, jo attīstoties tehnoloģijām arī ikdienā izmantojamie pārvietošanās ātrumi pieaug, tātad pieaug arī nepieciešamība reaģēt ātri dažādās situācijās.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Ak, E., & Koçak, S. (2010). Coincidence-anticipation timing and reaction time in youth tennis and table tennis players. *Perceptual and motor skills*, 110(3), 879-887.
- Artal, P., Schwarz, C., Cánovas, C., & Mira-Agudelo, A. (2012). Night myopia studied with an adaptive optics visual analyzer. *PLoS One*, 7(7), e40239.
- Ashdown, I., & Eng, P. (2013). Understanding Mesopic Photometry. [tiešsaistē] – [atsauce 30.11.2016]. Pieejams internetā: <http://agi32.com/blog/2013/10/08/understanding-mesopic-photometry/>
- Bisketzis, N., Polymeropoulos, G., & Topalis, F. V. (2004). A mesopic vision approach for a better design of road lighting. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 3(5), 1380-1385
- Brown, V. J., & Robbins, T. W. (1991). Simple and choice reaction time performance following unilateral striatal dopamine depletion in the rat. *Brain*, 114(1), 513-525.
- Cohen, Y., Zadok, D., Barkana, Y., Shochat, Z., Ashkenazi, I., Avni, I., & Morad, Y. (2007). Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 85(4), 367-370.
- Crone, N. E., Miglioretti, D. L., Gordon, B., & Lesser, R. P. (1998). Functional mapping of human sensorimotor cortex with electrocorticographic spectral analysis. II. Event-related synchronization in the gamma band. *Brain*, 121(12), 2301-2315.
- de Normalisation, C. E., & Normung, E. K. (2003). European standard Norme Européenne Europäische norm. . *Recherches*, 14689, 1. [tiešsaistē] – [atsauce 24.12.2016]. Pieejams internetā: <http://www.gnel.ir/files/EN81-1E.pdf>
- Donner, K., & Fagerholm, P. (2003). Visual reaction time: neural conditions for the equivalence of stimulus area and contrast. *Vision research*, 43(27), 2937-2940.
- Fejer, T. P., & Girgis, R. (1992). Night myopia: implications for the young driver. *Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie*, 27(4), 172-176.
- He, Y., Rea, M., Bierman, A., & Bullough, J. (1997). Evaluating light source efficacy under mesopic conditions using reaction times. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 26(1), 125-138.

- Hiraoka, T., Hoshi, S., Okamoto, Y., Okamoto, F., & Oshika, T. (2015). Mesopic Functional Visual Acuity in Normal Subjects. *PloS one*, 10(7), e0134505.
- Howes, D., & Boller, F. (1975). Simple reaction time: evidence for focal impairment from lesions of the right hemisphere. *Brain*, 98(2), 317-332.
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. . *Journal of experimental psychology*, 45(3), 188.
- Illuminating Engineering Society of North America. (2006). IESNA technical memorandum: Spectral effects of lighting on visual performance at mesopic light levels. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America.
- Kraukle, I. (1974). *Reakcijas laiks*. Rīga: Pēteris Stučka LVU Redakcijas un izdevniecības daļa.
- Latvijas Valsts ceļi, *Tiešraides satiksmes dati valsts autoceļu tīklē* Pieejams: <http://www.lvceli.lv/traffic/Yearly.php>
- Leibowitz, H. W., & Owens, D. A. (1975). Night myopia and the intermediate dark focus of accommodation. *Journal of the Optical Society of America*, 65(10):1121-8.
- Leibowitz, H. W., & Owens, D. A. (1976). Night Myopia: Cause and a Possible Basis for Amelioration*. *Optometry & Vision Science*, 53(11), 709-717.
- Lin, Y., Chen, D., & Chen, W. (2006). The significance of mesopic visual performance and its use in developing a mesopic photometry system. *Building and Environment*, 117-125.
- Logan, G. D., Cowan, W. B., & Davis, K. A. (1984). On the ability to inhibit simple and choice reaction time responses: a model and a method. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(2), 276.
- Medina, J. M., & Díaz, J. A. (2016). Extreme reaction times determine fluctuation scaling in human color vision. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 125-132.
- Pascual-Leone, A., Grafman, J., & Hallett, M. (1994). Modulation of cortical motor output maps during development of implicit and explicit knowledge. *Science*, 263(5151), 1287-1289
- Petzold, A., & Plant, G. T. (2006). Clinical disorders affecting mesopic vision. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 26(3), 326-341

- Pins, D., & Bonnet, C. (1997). Reaction times reveal the contribution of the different receptor components in luminance perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(3), 359-366.
- Plainis, S., & Murray, I. (2002). Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night. *Ophthalmic and physiological optics*, 22(5), 409-415.
- Plainis, S., Murray, I. J., & Charman, W. N. (2005). The role of retinal adaptation in night driving. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 682-688.
- Pokorny, J., & Cao, D. (2010). Rod and cone contributions to mesopic vision. *Proceedings of CIE 2010 Lighting Quality & Energy Efficiency*, 9-20.
- Puell, M. C., Palomo, C., Sánchez-Ramos, C., & Villena, C. (2004). Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 42(9), 755-761.
- Schwartz, S. H. (2004). *Visual Perception a clinical orientation*. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division.
- Viikari, M., Ekrias, A., Eloholma, M., & Halonen, L. (2008). Modeling spectral sensitivity at low light levels based on mesopic visual performance. *Clinical ophthalmology (Auckland, NZ)*, 2(1), 173.
- Walkey, H. C., Harlow, J. A., & Barbur, J. L. (2006). Characterising mesopic spectral sensitivity from reaction times. *Vision research*, 46(25), 4232-4243.
- Wall, M., Kutzko, K. E., & Chauhan, B. C. (2002). The relationship of visual threshold and reaction time to visual field eccentricity with conventional automated perimetry. *Vision research*, 42(6), 781-787.
- Westheimer, G. (2003). Visual acuity with reversed-contrast charts: I. Theoretical and psychophysical investigations. *Optometry & Vision Science*, 80(11), 745-748.
- Westheimer, G., Chu, P., Huang, W., Tran, T., & Dister, R. (2003). Visual acuity with reversed-contrast charts: II. Clinical investigation. *Optometry & Vision Science*, 80(11), 749-752.
- Wolfe, U., & Ali, N. (2015). Dark Adaptation and Purkinje Shift: A Laboratory Exercise in Perceptual Neuroscience. *Journal of Undergrad Neurosci Education*, 13(2): A59–A63.

Wood, J. M., & Owens, D.A. (2005). Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 698-705.

Zeile, A. J., & Cao, D. (2015). Vision under mesopic and scotopic illumination. *Frontiers in Psychology*, 5, 1594.

Zeile, A. J., Maynard, M. L., Joyce, D. S., & Cao, D. (2014). Effect of rod-cone interactions on mesopic visual performance mediated by chromatic and luminance pathways. *JOSA A*, 31(4), A7-A14.

PIELIKUMS

ANKETA VIZUĀLĀS UZTVERES UN REDZES FUNKCIONĀLIEM PĒTĪJUMIEM

1. Cikos šodien pamodies (piecēlies)?

___ : ___

2. Cikos vakar aizgāji gulēt?

- a. pirms 21:00
- b. laikā starp 21:00 – 22:00
- c. laikā starp 22:00 – 23:00
- d. laikā starp 23:00 – 24:00
- e. pēc 24:00

3. Vai esi šodien pietiekami gulējis?

par maz -2 -1 0 1 2 pilnīgi pietiekami

4. Vai Tev ir sācies darbs (studijas)?

- a. vēl nav sācies
- b. ir sācies

i. Cikos Tev šodien sākās darbs (studijas)?

- a. pirms 07:00
- b. laikā starp 07:00 – 08:30
- c. laikā starp 08:30 – 10:00
- d. laikā starp 10:00 – 11:30
- e. pēc 11:30

5. Vai Tev ir beidzies darbs (studijas)?

- a. vēl nav beidzies
- b. Ir beidzies

i. Cikos Tev šodien beidzās darbs (studijas)?

- a. pirms 17:00
- b. laikā starp 17:00 – 18:30
- c. laikā starp 18:30 – 20:00
- d. laikā starp 20:00 – 21:30
- e. pēc 21:30

6. Vai patlaban jūties noguris?

ļoti saguris -2 -1 0 1 2 ļoti možs (mundrs)

7. Kāda šobrīd ir Tava pašsajūta?

- a. sāp galva

ļoti sāp -2 -1 0 1 2 nemaz nesāp

- b. jutīga vai saspringusi spranda

ļoti jutīga (izteikts saspringums) -2 -1 0 1 2 nemaz nav
saspringusi

- c. sāp mugura

ļoti sāp -2 -1 0 1 2 nemaz nesāp

- d. ir liela spriedze, satraukums, saspringums
liela spriedze -2 -1 0 1 2 nav nekādas spriedzes
- e. citas problēmas (lūdzu, ierakstiet)
- f. laba pašsajūta

8. Vai tagad Tev ir acu graušana, dedzināšana, miglošanās vai dubultošanās?
ļoti Izteikti -2 -1 0 1 2 nav nemaz

9. Ko šodien esi dzēris, lai justos mundrs?

- a. neko
b. kafiju
c. tēju
d. enerģētisko dzērienu
e. alkoholu
f. ūdeni
g. citu dzērienu, uzraksti to

10. Kad dienas laikā jūties noguris un vēlies atpūsties?

- a. pēc plkst. 16:00
b. pēc plkst. 17:30
c. pēc plkst. 19:00
d. pēc plkst. 21:30
e. pēc plkst. 23:00

11. Kad Tev ir visvairāk enerģijas, lai veiktu sev iemīlotās aktivitātes?

- a. starp 07:00 – 11:00
b. starp 11:00 – 15:00
c. starp 15:00 – 19:00
d. starp 19:00 – 23:00
e. starp 23:00 – 01:00

12. Vai jūties miegains?

ļoti bieži -2 -1 0 1 2 ļoti reti

13. Vai jūties noguris?

ļoti bieži -2 -1 0 1 2 ļoti reti

14. Vai Tev ir grūtības ar koncentrēšanos paveikt iesāktos darbus?

ļoti bieži -2 -1 0 1 2 ļoti reti

15. Cik stundas dienā Tu lieto datoru un citas viedās ierīces (mobilo tālrunus, planšetdatorus, e-grāmatu u.c.)?

- a. mazāk kā vienu stundu
b. vienu līdz divas stundas
c. divas līdz četras stundas
d. četras līdz sešas stundas
e. vairāk kā sešas stundas

16. Vai Tu spēlē datorspēles?

- a. nē
- b. jā

i. Cik stundas dienā?

- a. ne vairāk kā 1 stundu
- b. 1-2 stundas
- c. 2-3 stundas
- d. 3-4 stundas
- e. vairāk kā 4 stundas

ii. Kādas spēles Tu spēlē?

Lūdzu, uzraksti kādas spēles

17. Vai pēdējā mēneša laikā esi slimojis un lietojis medikamentus

- a. nē
- b. jā

Lūdzu, uzrakstiet kāda saslimšana bijusi

18. Vai pēdējās nedēļas laikā Tev ir bijusi acu graušana, dedzināšana, miglošanās vai dubultošanās?

ļoti bieži -2 -1 0 1 2 ļoti reti

19. Vai nodarbojies ar sportu un citām fiziskām aktivitātēm?

- a. nē
- b. jā

i. Cik reizes nedēļā?

20. Kad pēdējo reizi esi lietojis alkoholu?

- a. šodien
- b. vakar
- c. pirms divām dienām
- d. pirms nedēļas
- e. sen neesmu lietojis

21. Tava nodarbošanās:

- a. students
- b. galvenokārt darbs ar datoru
- c. gan dators, gan cita veida darbs
- d. galvenokārt fizisks darbs

22. Vai Tev patīk Tavs darbs (studijas)?

ļoti nepatīk -2 -1 0 1 2 ļoti patīk

23. Vai Tev bija grūti veikt redzes testu un atbildētu uz jautājumiem?

ļoti grūti -2 -1 0 1 2 ļoti viegli

24. Tavs vecums:

..... gadi

25. Tavs dzimums:

- a. sieviete
- b. vīrietis

Bakalaura darbs „Krēslas ietekme uz reakcijas laiku” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

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

Autore: Iveta Ivanāne
Stud. apl. nr. ii14011

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai
Vadītājs: docents, Dr. fiz. Sergejs Fomins

Recenzents: lektore, Dr. fiz. Evita Kassaliete

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

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē
_____.prot. Nr. _____
Komisijas sekretārs: _____