

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**SAKĀDISKO ACU KUSTĪBU ADAPTĀCIJA
DUBULTSOĻA STIMULIEM GALDA TENISA UN
FRISBIJA SPĒLĒTĀJIEM**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Ilona Cehanoviča**

Studenta apliecības Nr.: ic16014

Darba vadītājs: lektore, Prof. Mag. Ilze Ceple

RĪGA 2018

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs uzrakstīts latviešu valodā uz 35 lapām, satur 17 attēlus un 45 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: novērtēt sakādisko acu kustību adaptāciju nesportistiem un galda tenisa un frisbija spēlētājiem.

Metode: Pētījuma izstrādē tika izmantota *iViewX Experiment Center* datorprogramma. Acu kustības tika pierakstītas ar videookulogrāfu *iViewX Hi-Speed*.

Secinājumi: Pētījuma dalībniekiem, kas regulāri nodarbojas ar sportu, novērojama straujāka sakādisko acu kustību adaptācija dubultsoļa uzdevumiem un zemāka sakādisko acu kustību latence, nekā nesportistiem. Sakāžu ilguma mērījumos netika noteiktas būtiskas atšķirības starp nesportistiem un gada tenisa un frisbija spēlētājiem.

Atslēgvārdi: sakādisko acu kustību adaptācija, redzes īpatnības sportā, dubultsolis, frisbijs, galda teniss.

ABSTRACT

Master thesis is written in Latvian on 35 pages. It contains 17 figures and 45 references.

Purpose: to analyze saccadic eye movement adaptation for non-athletes and table tennis and frisbee players.

Methods: Experiments were designed using iViewX Experiment Center software. Eye movements were recorded using IView X Hi-Speed video-oculograph.

Results: The participants that perform different physical activities on daily basis demonstrate a more rapid saccadic eye movement adaptation to double step stimuli and reduced saccadic eye movement latency than non-athletes. No significant differences in saccade duration were observed when comparing the performance between non-athletes and table tennis and frisbee players.

Keywords: saccadic eye movement adaptation, sports vision, double-step, frisbee, table tennis.

SATURS

IEVADS.....	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS.....	2
1.1. Acu kustību iedalījums.....	3
1.2. Sakādiskās acu kustības.....	4
1.3. Sakāžu neirofizioloģija.....	5
1.4. Sakāžu veidi.....	7
1.4.1. Spontānās sakādes.....	7
1.4.2. Refleksīvās sakādes.....	8
1.4.3. Gribai pakļautas sakādes.....	8
1.5. Sakādisko acu kustību īpašības.....	8
1.5.1. Globālais efekts.....	9
1.5.2. Dubultā soļa paradigma.....	11
1.6. Redzes nozīme sportā.....	12
1.6.1. Redzes asums.....	12
1.6.2. Kontrastredze.....	12
1.6.3. Redzes lauks.....	14
1.7. Acu kustību nozīme sportā.....	14
2. PĒTĪJUMA DAĻA.....	17
2.1. Dubultā soļa stimulss.....	17
2.2. Pētījuma dalībnieki.....	20
2.3. Acu kustību pieraksta iekārtas.....	20
2.3. Datu analīze.....	22
2.4. Rezultāti.....	23
2.4.1. Sakādisko acu kustību latence.....	23
2.4.2. Sakādisko acu kustību ilgums.....	24

2.4.3. Dubultā soļa uzdevumi.....	26
2.4.4. Adaptācija dubultā soļa uzdevumiem.....	29
DISKUSIJA.....	33
SECINĀJUMI.....	35
NOBEIGUMS.....	36
PATEICĪBAS.....	38
LITERATŪRA.....	39

IEVADS

Redze ir būtiska cilvēka dzīves sastāvdaļa, ar kuras palīdzību tiek uztverta apkārtējās vides sniegtā vizuālā informācija. Precīza redzes uztveres procesu norise ir nozīmīga arī sportā, jo ar uztveres procesu palīdzību notiek vizuālās informācijas, pieņemto lēmumu un ķermeņa kustību koordinācija. Spēja ātri reaģēt uz mainīgiem apstākļiem sniedz iespēju uzlabot sportista sniegumu, tāpēc sporta redzē viens no būtiskajiem faktoriem ir spēja precīzi veikt straujākās acu kustības (sakādes), ar kuru palīdzību iespējama efektīva vizuālās informācijas uztvere.

Latvijā ir veikti salīdzinoši maz pētījumi par dažādu sakādisko acu kustību parametru nozīmi sportā, tāpēc šī darba tēma ir aktuāla tieši Latvijas mērogā. Lai izvērtētu acu kustību parametru atšķirības sportistiem un ne-sportistiem darba ietvaros tika analizēti acu kustību parametri galda tenisa kā ļoti ātra un dinamisku sporta veida un frisbija kā salīdzinoši jauna un neizpētīta sporta veida spēlētājiem.

Ņemot vērā iepriekš minētos rezultātus, šajā pētījumā tika izvēlēts izvērtēt sakādisko acu kustību parametrus sportistiem un nesportistiem tepat Latvijā, apskatot gan iepriekš minētos rakešu sporta veidus (galda tenisu), gan mazāk pazīstamo frisbiju.

Pētījuma **mērķis** ir novērtēt sakādisko acu kustību adaptāciju nesportistiem un galda tenisa un frisbija spēlētājiem. Lai to noskaidrotu, darbā tika izmantoti divu veidu dubultā soļa (*Nam et al.*, 1975) stimuli, kas nosaka sakādisko acu kustību adaptāciju mainīgiem apstākļiem.

Izvirzītā hipotēze:

- Sakādisko acu kustību parametri un adaptācija mainīgiem stimuliem ir atkarīga no novērotāja regulāras dalības strauju sporta veidu (galda tenisa un frisbija) aktivitātēs.

Darba uzdevumi:

1. Izvērtēt sakādisko acu kustību reakcijas laiku (latenci) nesportistiem un galda galda tenisa un frisbija spēlētājiem;
2. Izvērtēt sakādisko acu kustību ilgumu nesportistiem un galda galda tenisa un frisbija spēlētājiem;
3. Izvērtēt, kā mainās sakādisko acu kustību parametri ilgstoša vizuāla uzdevuma (dubultā soļa adaptācijas posmā) izpildes laikā;
4. Izvērtēt sakādisko acu kustību adaptāciju dubultā soļa stimuliem nesportistiem un galda tenisa un frisbija spēlētājiem;
5. Izvērtēt dažādu dubultā soļa stimulu ietekmi uz sakādisko acu kustību adaptācijas laiku.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

Cilvēks saņem informāciju no apkārtējās vides, izmantojot visas piecas maņas: redzi, dzirdi, tausti, garšu un ožu. Uztvertā sensorā informācija tiek vienkopus analizēta, sniedzot informāciju par apkārtējās vides īpašībām un palīdzot pieņemt lēmumus par nākamajām darbībām. Vizuālās informācijas uztvere no visām maņām ir visdominējošākā un aptuveni 70% no visiem sensorajiem receptoriem nodrošina tieši vizuālās informācijas uztveri. Pateicoties šādam skaitam receptoru, aptuveni 80% no uztvertās informācijas nonāk mūsu apziņā tieši no redzes.

Dažādiem sporta veidiem, kā dinamiskiem uztveres un lēmumu pieņemšanas procesiem, mūsdienās tiek veltīta liela uzmanība no fiziskā, psiholoģiskā u.c. skata punktiem, lai izvērtētu, kas nosaka dalībnieku sniegumu dažādos sporta veidos. Sportistu sniegums ir atkarīgs no tādiem faktoriem kā fiziskā un emocionālā sagatavotība un, atkarībā no sporta veida, arī dažādu maņu attīstīta darbība. Viena no maņām, kas var būtiski ietekmēt sportistu reakcijas laiku un sniegumu, ir redze. Kā norāda *Griffiths* (1999) visus sporta veidus var iedalīt divos veidos – dinamiskie un ne-dinamiskie un savā pētījumā es pētīšu divus dinamiskus sporta veidus (galda tenisu un frisbiju), jo tieši dinamiskajos sporta veidos notiek straujas acu kustības.

Veiksmīgam sniegunam dažādos sporta veidos būtiska nozīme ir redzes uztveres procesu norisei un acu kustību programmēšanai. Sportam nepieciešamās acu kustību stratēģijas var iedalīt trīs lielākās grupās - sekošana mērķim, skata virziena sadalījums uz dažādiem vizuālās informācijas objektiem un meklēšanas stratēģija (*Squatrito*, 2010). Šajā pētījumā apskatītā galda tenisa un frisbija spēlētājiem ļoti būtiska ir tieši spēja izsekot strauji kustīgam mērķim, ko nodrošina gan sekošanas acu kustības, gan straujās acu kustības sakādes, ar kuru palīdzību objekts tiek “noķerts”.

Nepieciešamā stratēģija, kas tiek izmantota, lai varētu izsekot kustīgam mērķim, sadalīt skata virzienu uz dažādiem objektiem un nodrošināt meklēšanu katrā sporta veidā ir individuāli. *Irving et al.* (2005) un *Sharipan & Rudin* (2016) izstrādātajos pētījumos tika izvērtēts, kā atšķiras redzes funkcijas profesionāliem un neprofesionāliem sportistiem (cilvēkiem, kuri ar sportu ikdienā nenodarbojas). Savukārt, *Hunfalvay et al.* (2017) demonstrēja, ka ir novērojamas atšķirības meklēšanas acu kustību stratēģijās beisbolā amatieru un profesionāļu spēlētājiem.

Irving et al. (2005) veiktajā pētījumā tika izvērtēta sakādisko acu kustību adaptācijas atšķirības sportistiem un nesportistiem tajos sporta veidos, kuros izmanto raketes (teniss, badmintons u.c.). Pētījuma rezultāti demonstrēja, ka dalībniekiem, kas regulāri nodarbojas ar

kādu rakešu sporta veidu novērojama straujāka sakādisko acu kustību adaptētācija mainīgiem apstākļiem, nekā nesportistiem. *Sharipan* (2016) pētījumā tika izvērtēti sakādisko acu kustību treniņu rezultāti badmintona spēlētājiem un nesportistiem. Gūtie rezultāti norādīja uz būtiski lielākām sakādisko acu kustību amplitūdām badmintona spēlētājiem, salīdzinājumā ar nesportistiem.

Lai labāk izprastu dažādu redzes uztveru procesu nozīmi un acu kustību parametru ietekmi uz dalībnieku sniegumu dažādu sporta veidu sniegumā, turpmākajās nodaļās tiks apskatīti acu kustību pamatīpašības un zinātniskajā literatūrā pieejamā informācija par acu kustību un citu redzes parametru atšķirībām sportistiem un dalībniekiem, kas ar sport ikdienā nenodarbojas.

1.1. Acu kustību iedalījums

Kopumā acu kustības iedala divās daļās: vergēnces acu kustības (abu acu kustības pretējos virzienos) un versijas (abu acu kustības vienā un tajā pašā virzienā). Versijas, savukārt, var smalkāk iedalīt – sakādēs, lēnas sekošanas acu kustībās, vestibulāri-okulārā refleksā un optokinētiskā nistagmā. (*Bahill & Stark, 1975*).

Sportistu redzei ir būtiska katru šo acu kustību veida precīza darbība. Piemēram, lēnas sekošanas acu kustības nodrošina izsekošanu kādam konkrētam mērķim (spēlētājam, bumbai u.c.). Pretēji, sakādes ir ātrās un straujas acu kustības, ar kuru palīdzību skata virziens tiek mainīts no viena fiksācijas punkta uz otro, neanalizējot vizuālo informāciju, kas atrodas starp šiem punktiem. Sakādes kopā ar acu sekošanas kustībām veido versijas (*Babu, 2004*).

Vergēnces kustību pamatā ir abu acu kustības pretējā virzienā, analizējot objektus, kas atrodas tuvāk vai tālāk. Horizontālās vergēnces acu kustības iespējams iedalīt konvergēnces un divergēnces kustībās. Konvergēnce ir abu acu kustība deguna virzienā (uz iekšu), lai apskatītu attēlu tuvumā. Divergēnces gadījumā, atšķirībā no konvergēnces, acis vienlaicīgi pretējā virzienā, lai apskatītu objektu tālumā. Precīza vergēnces acu kustību norise ir būtiskā arī sportā, piemēram, spēlējot volejbolu. Kad notiek serve, serves uzņēmējam ir jākoncentrē savs skatiens uz bumbu, kas tuvojas, pēc tam vēršot skatienu tālumā un novērtējot bumbas lidojuma trajektoriju. Līdz ar to nepārtraukti novērojamas vergēnces acu kustības, ar kuru palīdzību tiek fiksēts skatiens uz bumbu, kuras attālums līdz novērotājam ir nepārtraukti mainīgs. (*Spering, 2011*).

Vestibulāri-okulārā refleksa acu kustības kompensē galvas un visa ķermeņa pārvietojumu, tādējādi nodrošinot stabilu objekta attēlu uz tīklenes. Ar šo refleksa kustību palīdzību tiek panākta attēla stabilizēšanās, kas arī atstāj ietekmi arī uz redzes kvalitāti sportā (*Olson, 1956*).

Visas iepriekš minētās acu kustības ir būtiskas sporta panākumos dažāda līmeņa sportistiem, turklāt augstāka līmeņa sportistiem ir labāk attīstītas acu kustības (precīzākas, straujākas), kas ļauj viņiem pieņemt lēmumus straujāk un efektīvāk (*Gregg, 1987*). Tā kā šajā pētījumā uzmanība tiek vērsta uz sakādisko acu kustību adaptāciju sportistiem un nesportistiem, turpmākā literatūras apskatā, uzmanība tiks vērsta uz sakādisko acu kustību īpašībām.

1.2. Sakādiskās acu kustības

Sakādes ir straujas acu kustības, kuru rezultātā skata virziens tiek vērsts uz interesi piesaistošo objektu tā, lai objekta attēls tiktu projicēts uz tīklenes foveolas apgabala (*Walker et al., 2000*). Sakādes ir novērojamas tad, kad redzes lauka perifērijā ir novērojams uzmanību piesaistošs objekts, kuru nepieciešams padziļināti analizēt (*Babu, 2004*).

Sakādiskās acu kustības var iedalīt divos veidos – spontānās un refleksīvās sakādes. Refleksīvās sakādes novērojamas tad, kad redzes lauka perifērijā parādās kāds negaidīts, uzmanību piesaistošs objekts. Skata virziens, reaģējot uz perifērijā demonstrētās informācijas izmaiņām, tiek strauji vērsts uz uzmanību piesaistošo objektu. Atšķirībā no refleksīvajām sakādēm, spontānām sakādes ir mērķtiecīgas acu kustības, kas novērojamas tad, kad cilvēks apzināti izvēlas veikt sakādi uz kādu konkrētu stimulu (*Walker et al., 2000*).

Sakādisko acu kustību reakcijas laiks jeb latence ir aptuveni 200 milisekundes (*Kluka, 1990*). Par reakcijas laiku tiek uzskatīts laika posms no brīža, kad stimuls parādās redzes lauka perifērijā, līdz brīdim, kad tiek uzsākta sakāde uz šo konkrēto stimulu. Arī sakāžu ilgums var tikt izmantots kā sakādisko acu kustību rādītājs. Tas ir laiks no sakādes uzsākšanās līdz brīdim kad sakāde beidzas uz skata virziens tiek fiksēts uz stimula/mērķa. Sakāžu ilgums ir atkarīgs no pašas sakādes amplitūdas – jo lielāka sakādes amplitūda, jo ilgāka būs pati sakāde un otrādi (*Babu, 2004*).

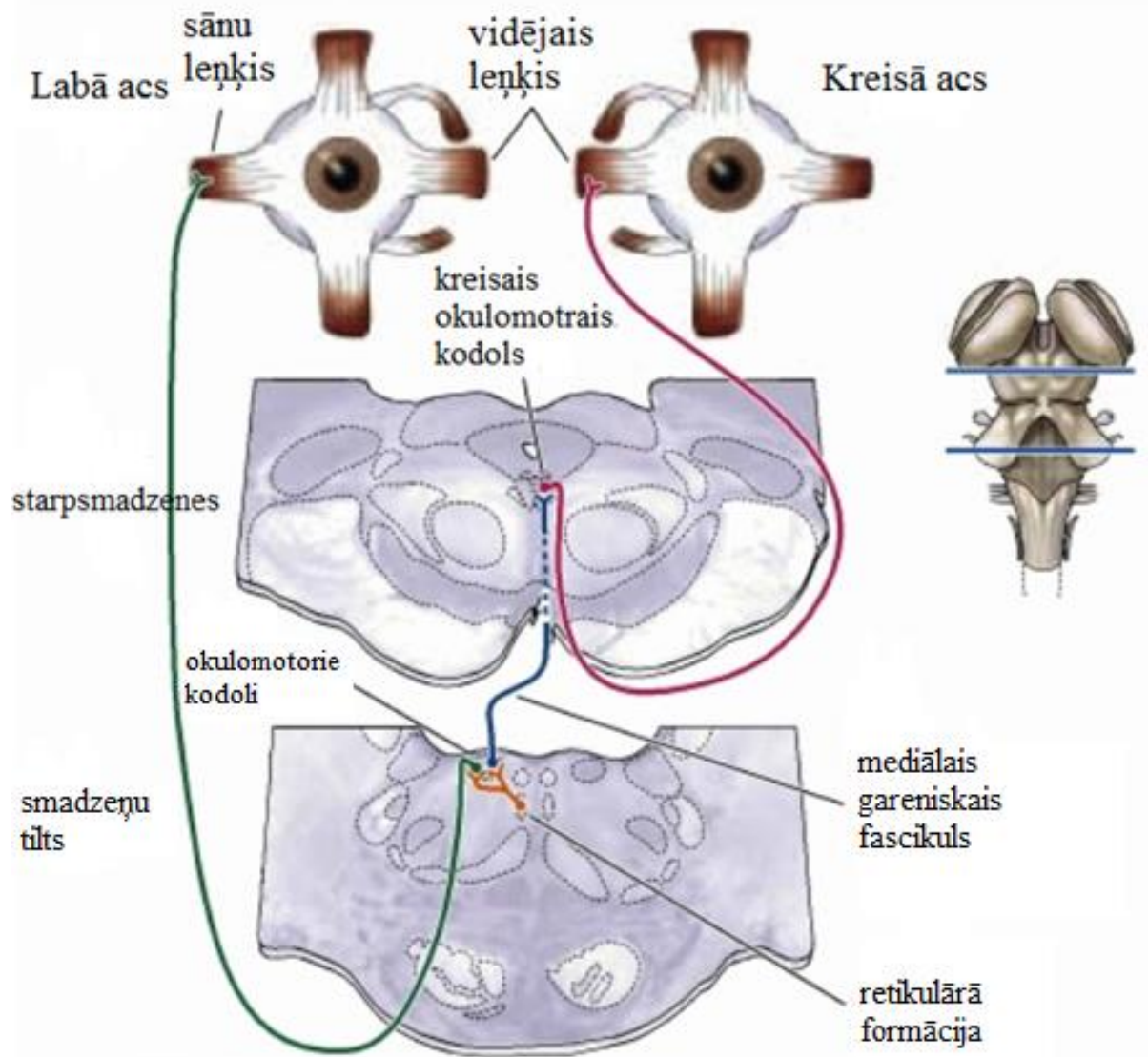
Par precīzām sakādām var uzskatīt tādas sakādes, kur pēc sakādes veikšanas skata virziens ir vērsts tieši uz stimula. Kā norāda *Babu (2004)* sakāžu precizitāte ir atkarīga no sakādes izmēra, stimula lieluma un citiem parametriem. Taču jāņem vērā, ka neprecīza sakāde uzreiz nenorāda uz izmaiņām sakādisko acu kustību sistēmā. Arī ikdienā ir novērojamas sakādes, kuras nofiksējas pirms vai aiz stimula (hipometriskas un hipermetriskas sakādes).

1.3. Sakāžu neurofizioloģija

Acu kustības programmēšana ir neurofizioloģisks process, un, lai šis process noritētu (tiktu programmēta skata pārnese), ir nepieciešams saņemt informāciju par nākamā fiksācijas objekta mērķi. Informācija par mērķi var būt stimula atrašanās vieta, mērķa izmērs, krāsa u.c. īpašības.

Kā norāda *Purves et al.* (2001), lai nodrošinātu precīzas acu kustības un fiksāciju uz interesi piesaistošo objektu, ir nepieciešama divu procesu norise: kustības amplitūdas kontrole un kustības virziena kontrole. Sakādisko acu kustību amplitūda ir saistīta ar neirālo aktivitāti apakšējos motorajos neironos (*neuron*). Neironiem ir dažādi savi enerģētiskie līmeņi. Katram enerģētiskajam līmenim piemīt savs miera stāvoklis – kad acs pēc kustības tiek noturēta jaunā pozīcijā. Ar katru sakādi, neironi sasniedz jaunu enerģētiskā līmeņa izlādes sākumpunktu, kurš, savukārt, ir saistīts ar acs pozīciju orbītā. Sasniedzot jaunā enerģētiskā līmeņa miera sākumpunktu acs tiek noturēta jaunajā pozīcijā.

Kustību virziens ir atkarīgs no acu kustību muskuļu darbības, kam kustības brīdī tiek mainīta aktivitāte (noteikti muskuļi tiek sasprindzināti, savukārt, šo muskuļu antagonisti tiek atslābināti). Acs kustību virziens tiek noteikts retikulārajā formācijā, kas atbild par acu rotāciju. 1.1. attēlā demonstrēta retikulārā formācija (to dēvē arī par horizontālo skatienu centru), kas veidota no bipolāriem neironiem tilta vidū un atbild par horizontālām acu kustībām. Vertikālā skatienu centrs atrodas retikulārās formācijas rostrālajā daļā un atbild par vertikālajām kustībām. Abiem šiem skatienu centriem mijiedarbojoties, iespējams programmēt acu kustības dažādos virzienos (*Purves et al.*, 2001)



1.1. att. Sinaptiskā aprīte horizontālām acu kustībām (Purves et al., 2001)

Informācija par apkārtējo pasauli caur redzi tiek uztverta uz tīklenes, kur gaismas signāls tiek pārvērst elektriskajā impulsā un tiek sūtīts uz centrālo nervu sistēmu. Informācija nonāk primārajā redzes garozā, un tālāk specifiskos reģionos, kas atbild par acu kustību programmēšanu. Kustības ir atkarīgas no neironu izlādes intensitātes jeb frekvences (cik bieži notiek neironu informācijas nodošana) (Salinas & Abbott, 1995).

Leigh un Zee (1999) norāda, ka tālāk, iesaistot okulāros motoneironus, acu kustību muskuļiem tiek sūtīts noteikts impulsu daudzums, kas rada pietiekamu spēku, lai pārvarētu orbitālo viskozo vilci un veiktu skata virziena pārneši. Kad skata virziens tiek vērsts jaunajā pozīcijā, seko okulāro motoneironu inervācija un okulāro muskuļu darbības izmaiņas. Šis

process palīdz noturēt aci jaunajā pozīcijā, jo elastīgie orbitālie spēki cenšas atgriezt acis sākotnējā pozīcijā. Acu pāreja no viena skata punkta stāvokļa uz citu nav strauja, un šīs izmaiņas notiek lēni. Lēnās pārejas dēļ, šo procesu dēvē par slīdi

Tālāk visi procesi notiek centrālajā nervu sistēmā, iesaistoties augšējam un apakšējam neironu slānim. Augšējais neironu slānis pēc būtības ir sensors, bet apakšējais ir motorais slānis. Mazas amplitūdas sakādes veidojas tuvāk rostrālajai fiksācijas zonai acu orbītā. Vienāda izmēra sakāžu izoamplitūdas līnijas smadzeņu neirālajā reģionā pārvietojas no vidus uz sāniem, savukārt, viena virziena sakāžu izovirziena līnijas smadzeņu reģionā pārvietojas no priekšas uz aizmuguri. Rodoties stimulācijai gar šīm līnijām smadzeņu neirālajā reģionā, rodas arī dažādas specifiska izmēra un virziena sakādes (*Munoz & Wurtz, 1995*).

Pēc *Scudder* (2002), par sakāžu precizitātes regulēšanu ir atbildīgi smadzenītēs notiekošie procesi. Sakāžu veikšanas laikā novērojama paaugstināta neironu aktivitāte smadzenīšu apgabalā, kas būtiski samazinās tad, kad sakādes sāk apstāties. Šo neironu izlādes maksimālā frekvence un ilgums nemitīgi mainās, lai saglabātu labu sakāžu precizitāti.

1.4. Sakāžu veidi

Kā tika minēts iepriekš, sakādes iespējams iedalīt divās pamatgrupās – spontānās un refleksīvās sakādes. Šie divi sakāžu veidi konceptuāli tika aprakstīti jau 20.gadsimtā (*Klein et al., 1992*).

1.4.1. Spontānās sakādes

Kā norāda *Mort et al.* (2002), spontāno sakāžu veikšana netiek tieši kontrolēta ar vizuālās informācijas izmaiņām redzes lauka perifērijā. Spontāno sakāžu norisi kontrolē kognitīvie signāli, kas noris neirofizioloģiskajā līmenī. Piemēram, informācijas apstrāde par stimula vai mērķa kustības virzienu, kas var noritēt pirms vizuālās informācijas apstrādes. Tiklīdz šī informācija tiek apstrādāta, tā uzreiz notiek spontānas acu kustības noteiktā virzienā un laikā. Reakcijas laiks uz stimulu pie spontānajām sakādēm ir aptuveni 300 ms (*Sluganovic et al., 2016*), kuru ietekmē dažādi iekšēji un ārēji faktori.

Spontāno sakāžu īpašības būtiski ietekmē telpiskā uzmanība. Telpiskās uzmanības piešķiršana ir būtiska arī ar prātu vadīto antisakāžu veikšanā (acu kustības, kuras notiek pretējā virzienā no stimula) (*Sidlits et al., 2003*). Dažāda vizuālā informācija var veicināt telpiskās uzmanības piešķiršanu noteiktam redzes lauka apgabalam, kā rezultātā tiek veicināti kognitīvo procesu vadītās spontānās sakādes veikšana un acis sāk kustēties nepieciešamajā virzienā. Tādējādi spontānās sakādes var būt virzītas ar stimulu palīdzību (*Klein et al., 1992*).

1.4.2. Refleksīvās sakādes

Refleksīvās sakādes savu nosaukumu ir ieguvušas, jo tās notiek momentāni kā reakcija uz pēkšņa uzmanību piesaistoša stimula parādīšanos redzes lauka perifērijā. Šādas izmaiņas var būt zibsnis vai gaisma, krāsas izmaiņas, vai arī kāds cits stimuls (*Mort et al.*, 2002).

Atšķirībā no spontānajām sakādēm, kuru reakcijas laiks ir 300 ms, refleksīvajām sakādēm reakcijas laiks ir mazāks – aptuveni 250 ms (*Sluganovic et al.*, 2016). Šāds reakcijas laiks izskaidrojams, ar to, ka refleksīvās sakādes notiek momentāni, neietverot vairākus neirofizioloģiskus procesus, kas var radīt šādu informācijas apstrādes laika starpību. Apskatot citu stimulu ietekmi uz refleksīvo sakāžu parametriem, var teikt, ka, salīdzinājumā ar spontānajām sakādēm, citu stimulu ietekme ir minimāla. Piemēram, demonstrējot virziena norādi (bultiņu vai citu stimulu), refleksīvās sakādes veikšana netiek ietekmēta (*Seidlits et al.*, 2003).

Refleksīvās sakādes notiek ļoti strauji, un ir svarīgi, lai gala fiksācija būtu tieši uz mērķa, nevis pirms vai aiz tā. Tas ir būtiski arī sportā, kur precizitātei ir būtiska loma labāka snieguma sasniegšanā. Veiksmīgam sportista sniegunam nepieciešams, lai viņa skatiens pēc straujām acu kustībām tiktu fiksēts uz mērķa, kas, savukārt, sniegtu iespēju savlaicīgi reaģēt uz izmaiņām kāda konkrēta sporta veida ietvaros.

1.4.3. Gribai pakļautas sakādes

Gribai pakļauto sakāžu norisē ir būtiska atmiņas darbība. Šādas sakādes ir novērojama brīžos, kad ir zināma mērķa atrašanās vieta un ir nepieciešams pārvietot skatienu uz to pēc kāda laika brīža. (*Pierrot-Deseiligny et al.*, 1990). Sākotnēji mērķa pozīcija tiek iekodēta un iegaumēta, attiecībā pret acu un galvas novietojumu. Pēc kāda laika brīža gribai pakļautās, tīšas sakādes tiek iniciētas, lai novirzītu acis uz iegaumēto mērķa atrašanās vietu.

Gribai pakļautās sakādes var tik programmētas, balstoties ne tikai uz iepriekš demonstrētiem vizuālajiem stimuliem, bet arī uz saņemtām komandām jeb norādēm. Piemēram, ja novērotājam tiek sniegta instrukcija skatīties pa labi, un skata virziens, balstoties uz šo norādi, ar sakādisko acu kustību palīdzību tiek vērsts pa labi. (*Seidlits et al.*, 2003).

1.5. Sakādisko acu kustību īpašības

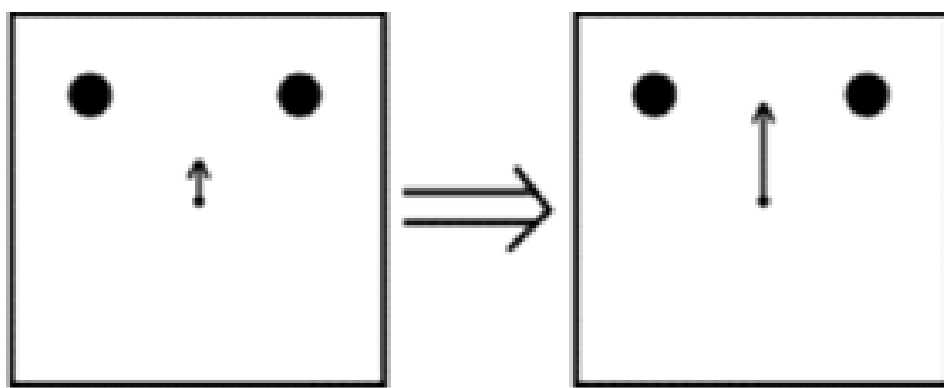
Sakādisko acu kustību gadījumā centrālās nervu sistēmas okulomotorā (acu kustību) sistēma ģenerē straujas acu kustības ar mērķi pārvietot acis no viena mērķa vai objekta redzes laukā uz citu pēc iespējas ātrākā laikā. Lai izvērtētu sakādisko acu kustību īpašības un vizuālās informācijas uztveres procesus starp-sakāžu laikā, iespējams analizēt tādas acu

kustību parametrus kā fiksācijas ilgums, sakādisko acu kustību amplitūda, latence, ilgums, maksimālais ātrums u.c. (Nam et al., 1975).

Lai noteiktu attēla sākumu, ilgumu un novietojumu, mērķa vadītās sakādes izvēlas nākamo mērķi, nosaka tā atrašanās vietu ar fovejas fiksāciju, tad pārtrauc iepriekšējo fiksācijas periodu un pārtrauc sākotnējo sakādes ceļu, lai izvairītos no apkārtējā redzes lauka attēlu ietekmes. Tādējādi sakādes kontrolē tīklenes attēla sākumu, ilgumu un novietojumu (Nam et al., 1975).

1.5.1. Globālais efekts

Sakādisko acu kustību globālais efekts raksturo skata virziena pozīciju pēc sakādes veikšanas, gadījumā, ja novērotājam tiek demonstrēti vairāki uzmanību piesaistoši objekti vienlaicīgi. (Stigchel & Nijboer, 1995). Globālo efektu iespējams novērot attēlā 1.2., kur attēlā pa kreisi ir redzami divi perifērijā demonstrēti objekti un sākotnējā skata virziena pozīcija pirms sakādes veikšanas perifērijā demonstrēto objektu virzienā. Attēlā pa labi ir novērojams skata virziena novietojums pēc sakādes veikšanas, kas novietojas starp abiem šiem mērķiem vai stimuliem.



1.2. att. Globālais efekts (Stigchel et al., 2005).

Globālais efekts visbiežāk tiek skaidrots ar gravitācijas centru, kurš nosaka, ka sakāžu beigu stāvoklis atspoguļo redzes laukā dažādu blakus esošo elementu ievērojamību, tādējādi skata virziens pēc sakādes ir novietots visu demonstrēto objektu gravitācijas centrā jeb pa vidu starp šiem objektiem (Coren & Hoenig, 1972). Tomēr jāatzīst, ka šāds apgalvojums par gravitācijas centru neatspoguļo pilnībā visus globālā efekta procesus. Globālo efektu ietekmē ne tikai redzes laukā esošā informācija, bet arī dažādu mērķu paredzamība (Coeffe & O'Regan, 1987). Tāpat arī tiek uzskatīts, ka sakāžu gala novietojumu jeb skata virzienu

ietekmē arī tie stimuli, kuri vairs nav redzes laukā, bet ir bijuši iepriekš un ir palikuši atmiņā (*Herwing, 2010*).

Ir zināmi četri stimulu raksturlielumi, kuri nosaka globālā efekta ietekmi uz skata virzienu pēc sakādes veikšanas. Šie raksturlielumi ir: perifērijā demonstrēto stimulu atrašanās vieta jeb lokācija, stimula izmērs, stimula intensitāte un stimula līdzība fonam. Stimuli, kuri atrodas tuvāk fiksācijas punktam tiek uztverti kā nozīmīgāki un vairāk uzmanību piesaistoši, kas, savukārt, izraisa spēcīgāku skata virzienu novietojuma nobīdi (*Stigchel, 1995*).

Sakādes gala novietojums būs tuvāks lielāka izmēra stimulam, ko savos pētījumos demonstrēja *Findlay (1982)*, izmantojot divus kvadrātveida stimulus, kas tika novietoti horizontāli viens otram blakus (līdzīgi kā attēlā 1.2.). Eksperimenta laikā netika noteikts kurš no stimuliem ir mērķis. Rezultāti parādīja to, ka sakāžu gala novietojums bija tuvāks lielākam stimulam. Jāatzīmē, ka stimuli bija salīdzinoši nelieli - 0.14° līdz 0.42° (*Findlay, 1982*).

Globālo efektu ietekmē arī perifērijā demonstrēto stimulu intensitāti: skata virziens pēc sakādes veikšanas novietojas tuvāk stimuliem ar lielāku intensitāti (stimula spožums). Skata virziena novietojums pēc sakādes veikšanas ir lineāri atkarīgs no stimula intensitātes – jo lielāka intensitāte, jo tuvāk šim stimulam būs sakādes mērķa novietojums. Sakāžu galapunkta novietojums būs tuvāks tiem stimuliem, kuri kopējā redzes laukā visvairāk atšķirsies no kopējā fona (*Stigchel, 1995*).

Nemot vērā iepriekš minētos apsvērumus, sakāžu globālais efekts jāuztver kā plašs jēdziens. Tāpēc *Stigchel* un *Theeuwes (2010)* ieviesa sakāžu vidējās aktivitātes karti ar kuras palīdzību iespējams paredzēt sakāžu gala pozīciju. Pētījumā tika noteikts, pēc kādiem principiem iespējams veidot karti ar lielākās aktivitātes punktiem, starp kuriem novietojas skata virziens pēc sakādes veikšanas (*Stigchel & Theeuwes, 2010*).

Izveidotā stimulu aktivitātes karte tika sastādīta, balstoties uz divu parametru mijiedarbību – stimulu īpašību un uzdevuma instrukciju un nozīmes mijiedarbību. Stimulu īpašību analīze atspoguļo vizuālās informācijas analīzi jeb katru attēla, kas nonāk līdz tīklinei, analīzi. Savukārt uzdevuma instrukciju analīze nosaka kā iekšējie informācijas procesi palīdz noteikt skata pārneši un mērķa objekta izvēli (*Rizzolatti & Riggio, 1994*).

Precīzs skata virziens pēc acu kustību veikšanas ir atkarīgs no vairākiem faktoriem. Globālais efekts ir interesants informācijas kopums, kas ir saistīts ar okulārās motorikas sistēmu, kuru ietekmē ne tikai redzamā informācija, bet arī augstāka līmeņa informācijas analīze (*Stigchel & Nijboer, 1995*).

1.5.2. Dubultā soļa paradigma

Sakādisko acu kustību adaptācija tiek uzskatīta kā divu procesu kopums: sensorimotoro ceļu pārkalibrēšana un objekta paredzamības analīze un kognitīvā pielāgošanās (*Clower & Boussaoud, 2000*). Viens no veidiem, kā iespējams analizēt sakādisko acu kustību adaptāciju vizuālajai informācijai, ir izmantojot dubultā soļa paradigmu.

Dubultā soļa paradigma raksturo sakādisko acu kustību izmaiņas pie mainīgiem mērķa stimuliem. Novērotājam tiek demonstrēts sakādisko acu kustību mērķa stimulš, taču pēc sakādes uzsākšanas sakādes mērķa stimula novietojums tiek strauji mainīts. Laika posms starp stimula parādīšanos un stimula novietojuma izmaiņu var būt gan sakāžu izraisīts (mērķa stimula novietojums tiek mainīts automātiski brīdī, kad ir uzsākta sakādisko acu kustību veikšana) vai konstants (mērķa stimulš vienmēr tiek mainīts pēc noteikta laika brīža, pieņemot, ka sakādes veikšana ir jau uzsākta) (*Grigороva & Borisova, 2010*).

Pētījuma dalībniekiem, kas iepriekš nav veikuši dubultā soļa paradigmas uzdevumu, tiek novērota primārā sakāde sākotnējā mērķa virzienā kam seko korekcijas sakāde uz otru stimula parādīšanās vietu. Tomēr, ja novērotājs jau iepriekš ir veicis līdzīgus uzdevumus, tad primārās sakādes amplitūda tiek izmainīta, izslēdzot korekcijas sakādes nepieciešamību. Dubultā soļa paradigma apraksta sakādisko acu kustību amplitūdas un virziena korekciju (*Alahyane et al., 2004*).

Izmantojot konstantu laika intervālu dubultā soļa stimulu izveidē, otrā sakādes mērķa parādīšanās notiek pēc noteikta laika posma, kurš, kā norāda *Grigороva* un *Borisova* (2010), būtu jāņem 200 milisekundes (sakādes mērķa objekta novietojums tiek mainīts 200ms pēc pirmā objekta parādīšanās). Sakādisko acu kustība mērķa novietojuma izmaiņa pēc 200ms demonstrē līdzīgus rezultātus kā mērķa objekta izmaiņa, balstoties uz acs kustību uzsākšanos. Dubultā soļa gadījumā konstantu laika intervālu ieteicams izmantot arī tad, kad tiek ņemtas vērā acs adaptācija un rokas kustība pie vienādiem citiem eksperimentu nosacījumiem (*Grigороva & Borisova, 2010*).

Pretēji konstanta laika intervālam, iespējams izmantot sakāžu izraisītu mērķa objekta novietojuma izmaiņu, t.i. sakādisko acu kustību mērķa objekts maina pozīciju tikai tajā brīdī, kad ir uzsākta primārā sakāde. Šādas metodes gadījumā tiek samazināta iespēja, ka pētījuma dalībnieks zinās kurā brīdī parādīsies nākamais stimulš un tādējādi samazinās iespēja, ka gūtie rezultāti neraksturo dubultā soļa paradigmu. (*Clower & Boussaoud, 2000*).

Ar dubultā soļa paradigmu ir iespējams iegūt kādu no trim novērojumiem. Gadījumā, ja laika intervāls starp abu stimulu demonstrācijas diviem soļiem būs pietiekami liels, sakāde uz pirmo stimulu būs jau beigusies vēl pirms stimulš būs mainījies atrašanās vietu. Otrs

novērojums dubultā soļa uzdevumā ir tāds, ka dalībnieks var veikt tikai vienu sakādi, kuras gala mērķis ir mainītais stimula novietojums. Iznākumu iespējams panākt, ja pauze starp soļiem ir brīvi izvēlēta un variatīva, bet ne pārāk maza. Trešais novērojums dubultā soļa uzdevumā var būt gadījumā, kad pirmā sakāde tiek veikta starpposmā starp abu stimulu parādīšanās vietām. Šādai sakādei parasti seko otra, koriģējoša sakāde, kura jau virzās uz otra stimula atrašanās vietu (*Findlay & Gilchrist, 2003*).

1.6. Redzes nozīme sportā

Precīza vizuālās informācijas uztveres procesu norise un smalka detaļu analīze ir būtiska, lai varētu sasniegt pietiekami labus rezultātus dažādos sporta veidos. Kā biežāk zinātniskajā literatūrā apskatītie un analizētie parametri, kam ir būtiska nozīme sportistu snieģumā ir redzes asums, kontrastredze, redzes lauks un acu kustības.

1.6.1. Redzes asums

Statiskais redzes asums (acs spēja saskatīt smalkas detaļas nekustīgos objektos) ir ticis uzskatīts par vienu no galvenajām redzes sistēmas funkcijām, kas nodrošina precīzu redzes uzdevumu izpildi. Taču kā norāda *Zavod (2004)*, analizējot sportistu redzi, statiskais redzes asums vien nespēj nodrošināt pietiekami labu snieģumu kustīgu mērķu uztverē. *Zavod (2004)* pētījumā tika demonstrēts, ka dinamiskā redzes asuma (acs spējas saskatīt smalkas detaļas kustīgam objektam) un kontrastredzes mērījumi var tikt izmantoti kā alternatīva statiskajam redzes asuma mērījumam un redzes funkciju izvērtēšanai. Ar dinamisko redzes asumu ir daudz vieglāk nomērīt kustīgus mērķu uztveri, izmantojot dinamiskās redzes testus. Praktiski jebkurš sporta veids ir ļoti dinamisks, līdz ar to arī dinamiskais redzes asums var būt pat informatīvāks rādītājs dalībnieku redzes funkciju analīzē tajos sporta veidos, kur notiek strauja sportistu pārvietošanās vai bumbas kustība.

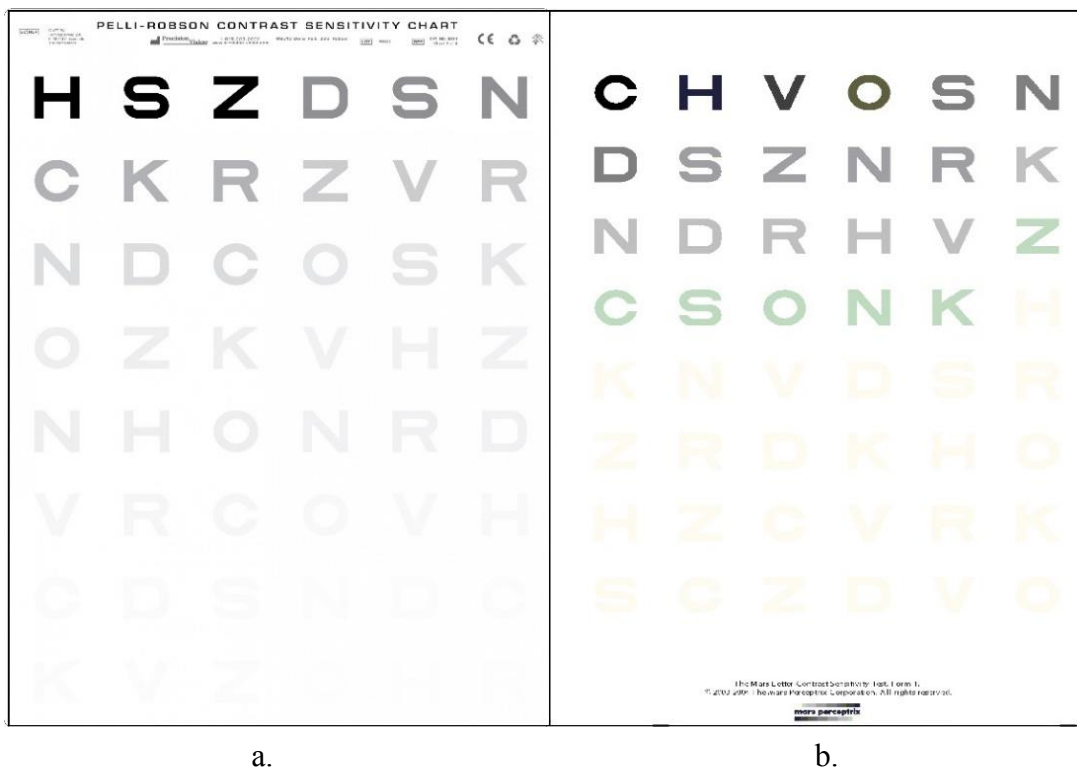
1.6.2. Kontrastredze

Sporta redzē ir būtiska ne tikai smalku melnbaltu detaļu izšķiršana, kādas tiek novērtētas redzes asuma pārbaudē, būtiski ir atšķirt arī objekta detaļas pie līdzīgām krāsām vai zema kontrasta, ko iespējams novērtēt ar kontrastredzes mērījumiem. Kontrastredzes pamatā ir spēja redzēt objektu uz noteikta fona (*Loran, 1999*). Grūtāk kļūst atšķirt objektu uz fona, ja objektam un fonam ir līdzīgas krāsas un līdzīgs spoģums (t.i objektam ir zemāks kontrasts).

Kontrastredzi ietekmē vairāki apstākļi – vājš apgaismojums, vecums, acu veselības stāvoklis, netīras brillu lēcas u.c.. Pie labas kontrastredzes dažādu sporta veidu sportisti spēj uzrādīt labus rezultātus un pie pavājinātas kontrastredzes – vājākus rezultātus (*Strydom & Ferreira, 2010*). Dažādi autori norāda, ka kontrastredze ir vissvarīgākā redzes spēja sportā (*Buys, 2002*), tā ir īpaši nozīmīga slēpošanas (*Loran, 1999*) un šaušanas sporta veidos (*Strydom & Ferreira, 2010*).

Kontrastjutību sportistiem visbiežāk pārbauda ar divu veidu tabulām – *Mars* vai *Pelli Robson* (*Rahul et al, 2016*). *Mars* tabula tiek uzskatīta par labāku un ērtāku, jo ciparu izmēri ir mazāki par burtu izmēriem *Pelli Robson* tabulā. Tāpat arī izmēra ziņā *Mars* tabula ir mazāka, kas ļauj to vieglāk pārnēsāt un izmantot dažādos testos (*Rahul et al., 2016*).

Attēlā 1.3. demonstrēta atšķirība starp *Mars* un *Pelli Robson* kontrastjutības tabulām. Abas tabulas sastāv no astoņām burtu rindām. Katrā burtu rindā ir seši burti, katras rindas kontrasts ir mainīgs – jo zemāk atrodas rinda, jo grūtāk kļūst saskatīt burtus. Neskatoties uz to, ka abās tabulās izmanto līdzīgus burtus jauktā secībā ar līdzīgu kontrastjutības diapazonu, *Mars* tabula sniedz precīzāku rezultātu. *Mars* tabulām princips, pēc kā mainās katra nākamā simbola kontrasts ir atšķirīgs no *Pelli Robson* tabulās pielietojamā principa. (*Rahul et al., 2016*).



1.3. att. *Pelli Robson* tabula (a) un *Mars* tabula (b) (*Rahul et al, 2016*)

1.6.3. Redzes lauks

Redzes uztveres procesi ietver ne tikai smalkāko detaļu analīzi centrālajā redzes laukā, bet arī aptver citus vizuālās informācijas analīzes procesus centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, apkopojot visu informāciju kopsummā. Tieši tāpēc ir būtiski izvērtēt redzes uztveres procesus visā redzes laukā.

Redzes laukam sportā jābūt pēc iespējas plašākam, lai varētu pilnvērtīgāk uztvert kustības, vizuālās informācijas izmaiņas un varētu arī paredzēt turpmākās darbības un sekmīgāk veikt noteiktus manevrus. Lai gan redzes lauka ietekme sportistu sniegunā ir nozīmīga un neapstrīdama, nav veikti pietiekami daudz pētījumi tieši saistībā ar šo redzes uztveres daļu. (*Erickson, 2007*). Ir vērts atzīmēt, ka ir novērots plašāks redzes loks sportistiem tādos sporta veidos kā basketbols, beisbols, futbols un regbija. Salīdzinājums ir veikts ar cilvēkiem, kuri ikdienā nenodarbojas ar sportu (*Olson, 1956*).

1.7. Acu kustību nozīme sportā

Apkopojot informāciju par dažādu pētījumu rezultātiem *Griffiths* (1999) norāda, ka sportistiem, kuriem ir labāki sniegumi pārstāvētajā sporta veidā, ir labāk attīstīta acu un ķermeņa kustību koordinācija. Piemēram, *Griffiths* (1999) pētījumā aprakstītas sporta redzes īpatnības un redzes nozīmīgums labāku rezultātu sasniegšanā, pētījumā iegūtie rezultāti norāda, ka futbola spēlētājiem ir svarīga roku-acu koordinācija. Loka šaušanā ir svarīgs redzes asums, jo bez tā ir grūti precīzi notēmēt un trāpīt mērķī ar bultu no attāluma. Citos sporta veidos ir svarīgas citas redzes iemaņas – vizualizācija, perifērā redzes uztvere, dinamisks redzes asums u.c. (*Griffiths, 1999*).

Kato un *Fukida* (2002) veica pētījumu, izvērtējot redzes funkcijas beisbola spēlētājiem. Pētījuma rezultāti demonstrēja, ka profesionāli beisbola spēlētāji skatienu vairāk vērš uz metēja roku (nelielā lokalizētā punktā), kas ļauj efektīvi reaģēt tajā brīdī, kad metējs sāk mest bumbu. Pretēji ne-profesionāli spēlētāji parasti savu skatienu vērš lielākā apgabalā, kas palielina reakcijas laiku brīdī, kad metējs sāk mest bumbu. Tādējādi profesionāli panāk savu pārsvaru pār ne-profesionāliem spēlētājiem, kur pat milisekundēm ir būtiska nozīme labāka snieguma veikšanā.

Elsawy (2011) izvērtēja dažādu maņu uztveri cīņas sporta veida Teikvando (*Taekwondo*) sportistēm. Savā pētījumā *Elsawy* (2011) pierādīja, ka redzes uztverei ir lielāka ietekme, salīdzinājumā ar citām cilvēka maņām. Sieviešu Teikvando ir svarīgas precīzas acu kustības dažādos virzienos, pietam šīm acu kustībām jābūt ātrām un jāpiemīt spējai ilgstošu laiku veikt ātras acu kustības. *Elsawy* (2011) pētījuma ietvaros Teikvando sportistēm tika izvērtēta

sakādisko acu kustību adaptācija un tās saistība ar sportistu sniegumu jeb sportistu uzrādītajiem rezultātiem. Teikvando eksperimentā piedalījās 20 sievietes, kuras tika sadalītas divās grupās pēc snieguma savā sporta veidā. Vidējais vecums bija 21 gads abās grupās. Dalībniekiem tika novērtēti sakādisko acu kustību un lēnas sekošanas acu kustību parametri, kā arī izvērtēta dalībnieku spēja novietot objektu, no galvas novietojuma. Objekta novietošanas uzdevums deva ieskatu dalībnieka līdzsvara stāvoklī. Iegūtie rezultāti norādīja, ka nav atšķirības sakāžu adaptācijā starp augsta līmeņa sportistēm un zema līmeņa Teikvando sportistēm. Atšķirībā no Teikvando, galda teniss ir ļoti dinamiska spēle un prasa no spēlētājiem ātru vizuālās informācijas apstrādi par dažādu kustīgu objektu pārvietojumu – bumbiņa, rakete, arī pretinieks. Lai trāpītu pa bumbiņu ir nepieciešama nepārtrauktas un precīzas acu vergences kustības (Paul et al., 2011). Vergences acu kustības ir būtiskas, lai noteiktu bumbiņas lidojuma ātrumu un lidojuma ceļu, jo bumbiņa kustās nepārtraukti un lielā ātrumā. Tāpat galda tenisa spēlētājiem, atšķirībā no Teikvando sportistēm, ir jāprot tikt galā ar lielāku laika trūkumu lēmuma pieņemšanai, lai iedarbinātu motorikas kustības caur saņemto vizuālo informāciju.

Tā kā galda tenisā ir svarīgi dažādi redzes un motorikas aspekti, pētījumā tika izvērtēti dažādi redzes uztveres procesi. Pētījumā tika izvērtēta reakcija uz kustībām, dziļuma uztvere (nepieciešams savietot vienu kustīgu stieni ar diviem nekustīgiem stieņiem), akomodāciju (izlasīto burtu skaits minūtes laikā no tuvākā un tālākā diagrammas stūra 0.15-6m attālumos), acu un roku koordinācija (tika testēta pēc Vīnes sistēmas, izmantojot dubultos labirintus – bija jānotur bumbiņa uz nemitīgi mainīgā ceļa) u.c. (Paul et al., 2011).

Paul et al. (2011) izstrādāja pētījumu, kura mērķis bija noskaidrot redzes funkcijas ietekmi uz sniegumu galda tenisā. Galda tenisa spēlētāju grupu veidoja 45 sportisti vecumā no 18 līdz 28 gadiem. Visi dalībnieki tika sadalīti trijās grupās pēc nejaušības principa (gan labi, gan slikti sportisti): eksperimentālā grupa, kontroles grupa un placebo grupa. Katrā grupu veidoja 15 sportistu. Placebo grupa tika izvēlēta, lai izslēgtu iespējamo Hotorna efektu (*Hawthorne effect*) (nosacījumi, pie kuriem pētāmie izraisa paaugstinātu interesi pret eksperimentu, kā rezultātā tiek iegūti labvēlīgi rezultāti - pētāmie vairāk cenšas nekā parasti un uzvedas nedabiski) un lai pārlicinātos, ka pētījumā gūtie efekti ir gūti ar treniņu palīdzību (Paul et al., 2011, Witton et al., 2014).

Galda tenisa sportistu eksperimentālo grupu veidoja 15 sportisti, kas paralēli ikdienas treniņiem 8 nedēļu garumā 3 reizes nedēļā veica redzes un acu-roku koordinācijas treniņus. Katrā dienā tika veikti 5 treniņi – reakcijas un kustības laika tests, acu roku koordinācijas tests, dziļuma uztveres tests, dažādu diagrammu uztveres testi un redzes un acu vingrinājumi. Kontroles grupa piedalījās tikai ikdienas treniņos un papildus treniņus neveica, savukārt

placebo grupai tika iedoti vienkārši lasīšanas uzdevumi un bija jāskatās galda tenisa spēles 8 nedēļu garumā, kas neveicināja redzes funkciju un koordinācijas uzlabojumus. (Paul et al., 2011).

Eksperimentālā grupa uzrādīja statistiski nozīmīgus uzlabojumus sakādisko acu kustību adaptācijā, salīdzinot ar placebo un kontroles grupu. Turklāt, iegūtie uzlabojumi tika novēroti gan horizontālo, gan vertikālo sakāžu izpildē. Tā, piemēram eksperimentālajā grupā, kura 8 nedēļu garumā veica redzes un acu-roku koordinācijas uzdevumus, uzlaboja savus rezultātus par vairākām milisekundēm attiecībā uz sakādēm un latenci (sakādes un latence kļuva ātrākas). Taču pārējās grupu snieguma uzlabojums nebija statistiski nozīmīgs (Paul et al., 2011).

Lai gan dažādu sporta veidu prasības attiecībā uz redzes sistēmas un vispārējās ķermeņa sagatavotības ir atšķirīgas, tomēr gan galda tenisā, gan Teikvando tiek uzskatīts, ka pasliktinātu redzes uztveres funkciju gadījumā sportistu sniegums samazināsies, ko demonstrē arī Griffiths (1999) veiktais apkopojums klīniskajiem pētījumiem sporta redzē. Demonstrēts, ka redzes funkcijas būtiski ietekmē dalībnieku sniegumu dažādos sporta veidos, kā arī tas, ka redzes treniņi var attīstīt noteiktas redzes funkcijas un iespējams arī dalībnieku sniegumu. Pasliktinātas redzes gadījumā sportisti izmanto dažādus līdzekļus redzes korekcijai. Sportisti lielākoties neizmanto briļļu korekciju, jo tās var traucēt labāka snieguma sasniegšanai, kā arī var radīt nevēlamus optiskos efektus (Griffiths, 1999). Ir iespējams izmantot arī dažādas kontaktlēcas, kuras piemērotas sportam, taču arī tām pagaidām nav liela popularitāte gan starp Teikvando, gan starp galda tenisa sportistiem.

Babu (2004) savā pētījumā par par sakāžu adaptāciju starp nesportistiem un badmintona un skvoša spēlētājiem ieguva rezultātus, kuri norāda uz nebūtiskām atšķirībām starp palielināta dubultā soļa adaptāciju. Tas nozīmē, ka sportistiem un nesportistiem šāda adaptācija notiek līdzīgi. Tādus pašus secinājumus izdevās iegūt arī pie samazināta dubultā soļa gadījumā.

Kopumā, no visiem minētajiem rakstiem var secināt, ka nepieciešami papildus pētījumi un eksperimenti, lai varētu viennozīmīgi atbildēt uz jautājumu par redzes treniņu ietekmi uz panākumiem sportā, jo manā 8 nedēļas, kas ir iepriekš minēto treniņu posms, iespējams, ir pārāk mazs, lai korekti novērtētu treniņu ietekmi uz dalībnieku sniegumu sportā. Līdzīga situācija ir izveidojusies arī sporta redzes klīniskajiem pētījumiem (Griffiths, 1999).

2. PĒTĪJUMA DAĻA

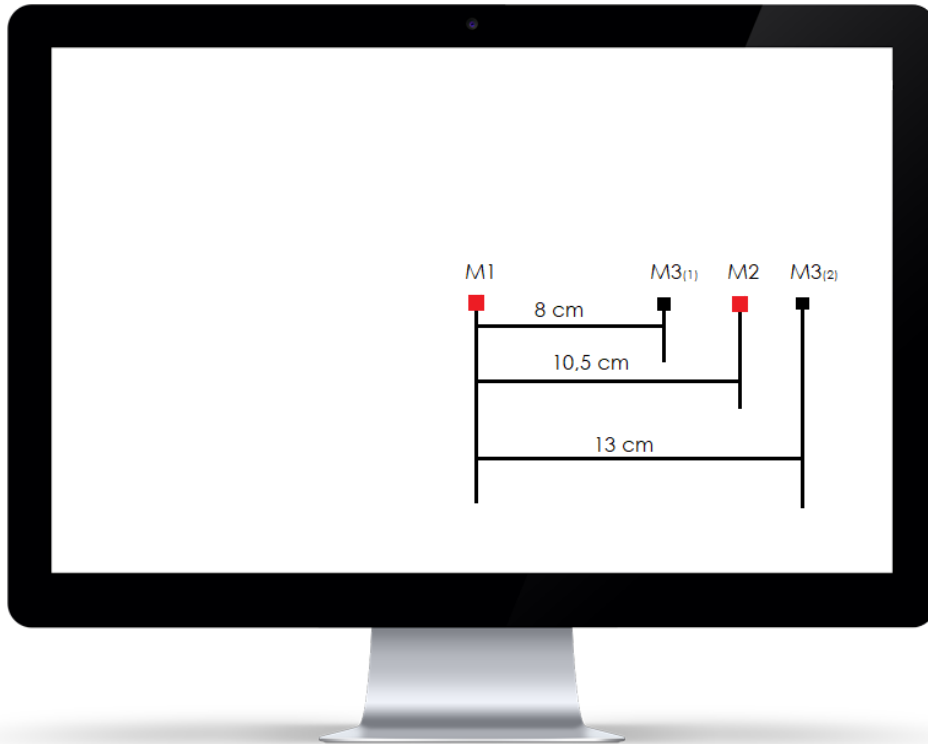
Pētījuma daļā tika izvērtēta sportistu (frisbija un galda tenisa spēlētāju) un nesportistu sakādisko acu kustību adaptācija. Adaptācijas analīzei tika izmantoti (*Grigorova & Borisova, 2010*) aprakstītie dubultsoļa paradigmas stimuli.

2.1. Dubultā soļa stimul

Lai izvērtētu sakādisko acu kustību adaptācijas procesus un novērtētu redzes funkciju atšķirības sportistiem un nesportistiem, pētījuma dalībniekiem tika demonstrēts dubultā soļa uzdevums, kas aprakstīts apakšnodaļā. 1.5.2. Pētījuma uzdevumi tika izveidoti programmās *MS PowerPoint* un *iViewX Experiment Center*, kas sniedz iespēju izveidot redzes stimulu demonstrēšanas kārtību, kā arī saskaņot redzes stimulu demonstrāciju ar acu kustību reģistrēšanu.

Pētījuma dalībniekiem tika demonstrēts centrālais fiksācijas objekts, pēc noteikta laika perifērijā tika demonstrēts mērķa objekts, kas 200 milisekundes pēc mērķa objekta parādīšanās mainīja savu novietojumu (objekts parādījās citā ekrāna daļā). Visos uzdevumos tika lietots $0,5^\circ$ liels, melns stimul (mērķis) kvadrāta formā uz balta fona.

Lai novērtētu dalībnieku sakādisko acu kustību parametrus (ilgumu un latenci), pētījuma pirmajā daļā tika rādīti 40 uzdevumi. Šajā fāzē dalībniekiem tika demonstrēts tikai sākuma mērķis – M1 (ekrāna vidū) nu pēc nejauši izvēlētā laika (1000 ms – 2000 ms) tika demonstrēts arī gala mērķis – M2 (pa labi no sākuma mērķa). Attālums starp abiem mērķiem bija 10,5 cm jeb $\sim 10^\circ$ (skat. 2.1. att.).



2.1. att. Dubultā soļa stimula elementu novietojums un savstarpējie attālumi uz datora monitora. **M1** – sākuma mērķis, **M2** – gala mērķis, **M3(1)** – tuvāks starp-mērķis, **M3(2)** – tālāks starp-mērķis.

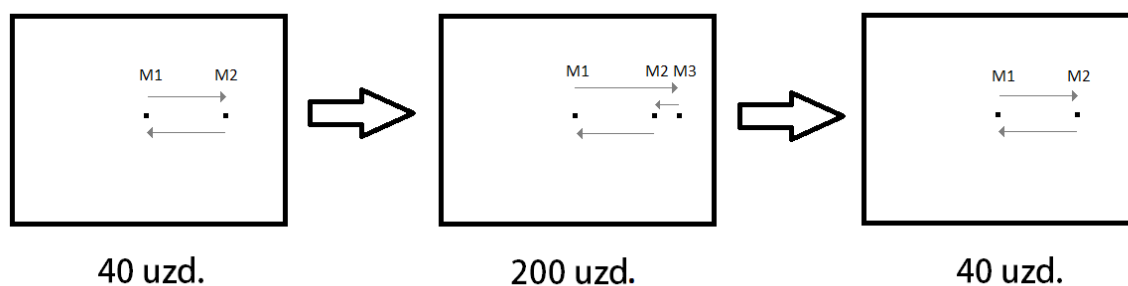
Pēc 40 sākotnējo uzdevumu veikšanas sākās pētījuma otrā daļa- dubultā soļa fāze, kur tika demonstrēti 200 uzdevumi un kur bija iesaistīti jau trīs mērķi (sākuma mērķis (M1), starp-mērķis (M3), kas atradās 2,5 cm jeb $\sim 2,5^\circ$ tālāk vai tuvāk par gala mērķi un gala mērķis (M2)). Tāpat kā pētījuma pirmajā daļā sākuma mērķis tika demonstrēts ekrāna vidū, pēc nejauši izvēlēta laika posma (programmā tika iestatīts laiks no 1000ms līdz 2000ms), kas tika izvēlēts tāpēc, lai dalībnieks nepierastu pie noteikta laika un nevarētu uzminēt, kad ir jāpārnes skats uz nākamo mērķi, ekrāna labajā pusē tika demonstrēts otrais mērķis. Otrais mērķis jeb starp-mērķis tika rādīts 2,5 cm (jeb $\sim 2,5^\circ$) tuvāk un vai $\sim 2,5^\circ$ tālāk par gala mērķi.

Uzdevums, kurā starp-mērķis tika novietots tuvāk par gala mērķi tika nodēvēts par samazināto dubultā soļa (*decrease double-step*) uzdevumu, savukārt gadījumos, kad starp-mērķis tika novietots tālāk par mērķa objektu, uzdevums tika nosaukts par palielinātā dubultā soļa (*increase double-step*) uzdevumu. Dalībniekiem tika sniegta instrukcija skatīties uz mērķi, un, ja mainījās mērķa novietojums, mainīt skata virzienu uz jauno mērķa atrašanās vietu. Neatkarīgi no uzdevuma veida (palielinātais vai samazinātais dubultā soļa uzdevums), laika posms starp starp-mērķa un mērķa objekta parādīšanos bija konstanti 200ms. Šis laiks (200ms) tika izvēlēts, balstoties uz Kluka (1990) pētījumu, kur šāds laika posms tika

aprakstīts kā vidējais cilvēka reakcijas laiks. Pēc starp-mērķa stimula pazušanas mērķa stimulš tika demonstrēts konstantu laika posmu 700ms.

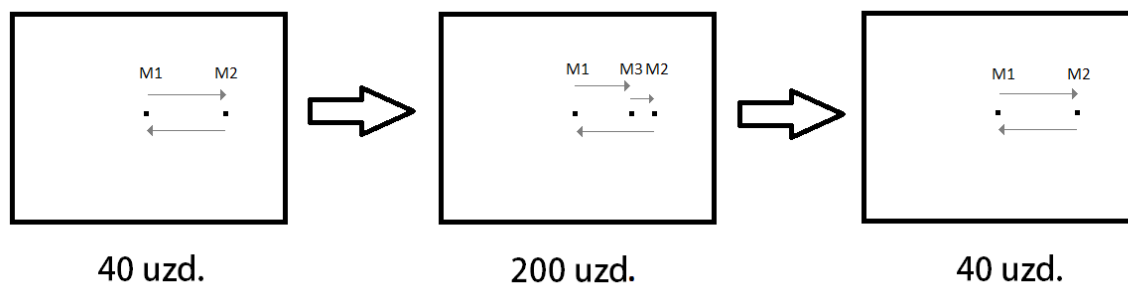
Pētījumā izmantotie dubultā soļa uzdevumi:

1. Palielināta dubultā soļa (*increase double-step*) uzdevums demonstrēts 2.2. attēlā. Palielināta dubultā soļa uzdevumu otrajā pētījuma daļā pildīja gan sportisti, gan nesportisti, tādējādi sniedzot iespēju salīdzināt sakādisko acu kustību parametrus un acu kustību adaptāciju sportistiem un nesportistiem, kā arī noteikt, kā sakādisko acu kustību parametri atšķiras dažādu sporta veida pārstāvjiem.



2.2. att. Palielināts dubultā soļa (*increas double-step*) uzdevums.

2. Samazināta dubultā soļa (*decreas double-step*) uzdevums demonstrēts attēlā 2.3. Šo uzdevumu pildīja tikai viena nesportistu grupa, kas sniedza iespēju izvērtēt, vai adaptācijas ātrums ir atkarīgs no uzdevuma veida, salīdzinot savā starpā divas nesportistu grupas.



2.3. att. Samazināts dubultā soļa (*decreas double-step*) uzdevums.

Pēc 200 uzdevumu sērijas, kad dalībnieks bija adaptējies dubultā soļa uzdevumiem, pētījuma trešajā daļā dalībniekiem atkal tika demonstrēti 40 uzdevumi ar 2 stimuliem, kā pētījuma pirmajā daļā. Kopumā dalībniekiem tika demonstrēti 280 uzdevumi.

2.2. Pētījuma dalībnieki

Pētījuma daļā piedalījās 30 dalībnieki, kuri bija sadalīti četrās grupās. 14 no dalībniekiem bija profesionāli sportisti (8 frisbijisti un 6 galda tenisisti), kuri trenējās Latvijas Valsts izlases līmenī ne mazāk par 5 gadiem, un 16 dalībnieki, kuri ikdienā nenodarbojas ar sportu vai jebkādam fiziskām aktivitātēm.

Dalībnieku grupas:

1. 6 galda tenisa profesionālie spēlētāji (vidējais vecums – 20,7 gadi) – pildīja palielināta dubultā soļa (*increase double-step*) uzdevumus;
2. 8 frisbija profesionālie spēlētāji (vidējais vecums – 22,3 gadi) – pildīja palielināta dubultā soļa (*increase double-step*) uzdevumus;
3. 8 dalībnieki, kuri ikdienā nenodarbojas ar sportu (vidējais vecums – 26,8 gadi) - pildīja palielināta dubultā soļa (*increase double-step*) uzdevumus;
4. 8 dalībnieki, kuri ikdienā nenodarbojas ar sportu (vidējais vecums – 23,3 gadi) - pildīja samazināta dubultā soļa (*decrease double-step*) uzdevumus.

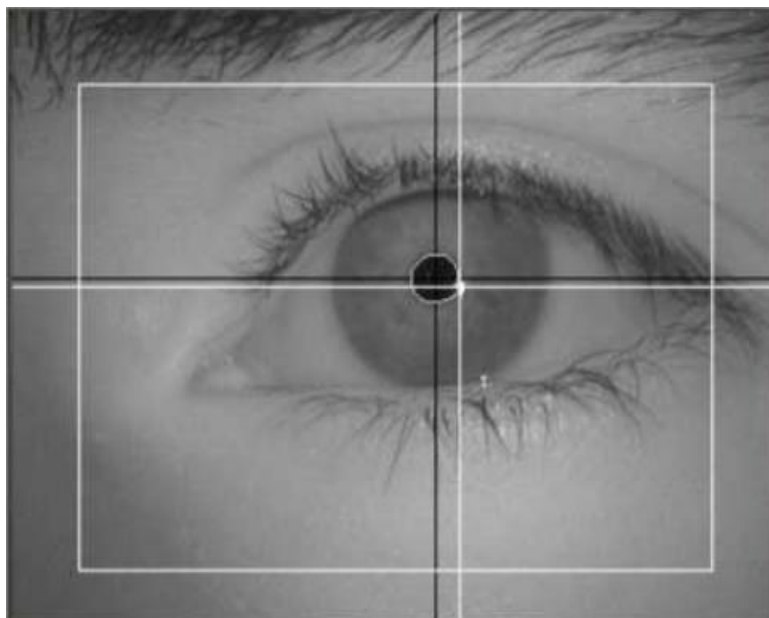
Dalībnieku vecums visās grupās bija no 18 līdz 30 gadiem (vidējais vecums 23,4 gadi). Lai iegūtu precīzākus acu kustību pieraksta datus, pētījuma gaitā dalībnieki neizmantoja redzes asuma korekcija (brilles vai kontaktlēcas). Pētījums tika veikts 60 cm attālumā, visu dalībnieku redzes asums bez redzes korekcijas tuvumā monokulāri bija 0.9 vai labāks. Visi dalībnieki parakstīja piekrišanas veidlapu par dalību pētījumā, kas ir saskaņota ar Latvijas Universitātes ētikas komisiju.

2.3. Acu kustību pieraksta iekārtas

Pētījumā tika izmantota *iViewX Hi-Speed* acu kustību pieraksta iekārta, kura fiksēja acs skata virziena uz datora monitora ar frekvenci 500Hz (500 kadri/sekundē). Iekārta ražota Vācijas kompānija *SensoMotoric Instruments (SMI)*.

iViewX HiSpeed acu kustību pieraksta iekārtu veido videokamera, infrasarkanās gaismas avots, puscaurspīdīgs spogulis, kas laiž redzamā spektra gaismu, taču nelaiž cauri infrasarkanā gaismu. Infrasarkanā gaisma, kura tiek izstarota no gaismas avota, atstarojas no

puscaurspīdīga spoguļa un nonāk acī, kur tiek daļēji absorbēta un daļēji tiek atstarota no acs priekšējās virsmas. Atstarotā gaisma tiek projicēta atpakaļ caur puscaurspīdīgo spoguļi un nonāk attēla uztverošajā videokamerā. Tālākā attēla analīze nosaka, kur atrodas zīlītes centrs un kur atrodas spožākais radzenes. Acs skata virziens tiek noteikts, balstoties uz zīlītes centra novietojuma attiecību pret radzenes refleksu.



2.4. att. Acs kustības pieraksta zona (baltais taisnstūris), zīlītes viduspunkts (melno līniju krustpunkts) un radzenes refleks (balto līniju krustpunkts) *iView X* analīzes programmā.¹

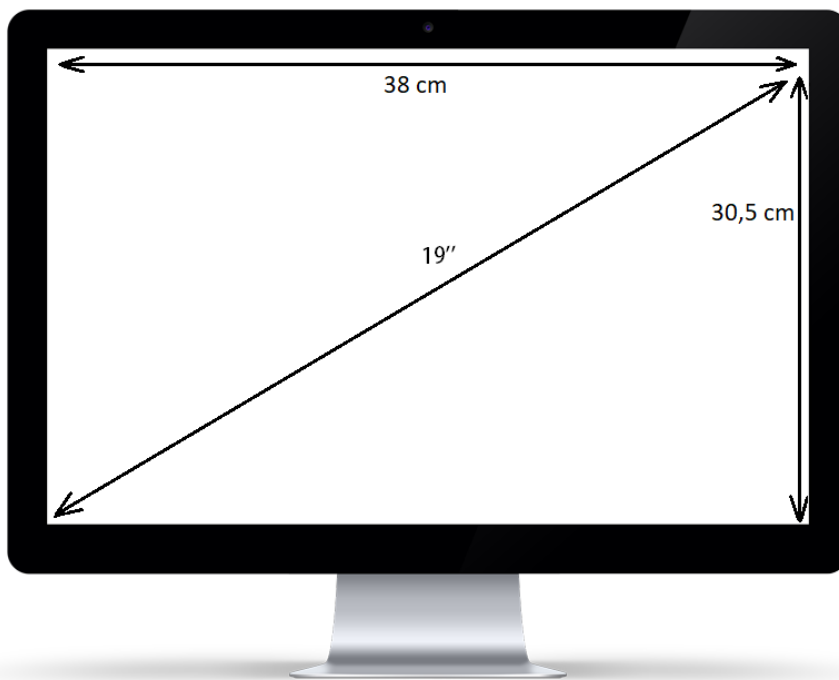
Pirms pētījuma, katram dalībniekam vizuāli tika novērtētas acu kustības uz redzamiem defektiem. Nevienam pētījuma dalībniekam nebija novērojami acu kustību traucējumi, kas ļāva pētījuma dalībnieku iekļaut tālākā datu analīzē. Pētījumā tika analizētas tikai kreisās acs iegūtie rezultāti.

Pētījuma sākumā dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas pēc iespējas ērtāk iekārtoties krēslā, cieši piespiest pieri pie pieres balsta un zodu uzlikt uz zoda balsta, tā lai galva būtu maksimāli nofiksēta, un nerunāt eksperimenta brīdī, lai netiktu iztraucēts kalibrēšanas process. Pētījuma sākumā tika veikts kalibrēšanas process. Kalibrēšana ir nepieciešama, lai *iViewX* datorprogramma spētu noteikt, kur katra dalībnieka zīlītes un radzenes refleksi atrodas pie dažādiem skata punktiem, jo visiem dalībniekiem ir dažādi acu priekšējo daļu parametri. Lai dati būtu pēc iespējas precīzāki tika izvēlēti 13 kalibrēšanas punkti. Pēc kalibrēšanas tika

¹ *iView XTM System Manual*, SensoMotoric Instruments (SMI), 2009

veikta datu validēšana, kur 4 dažādos skata punktos sistēma pārbauda kalibrēšanas rezultātus un uzrāda kalibrēšanas precizitāti. Ja kalibrēšanas rezultāti bija pietiekami labi, tad bija iespējams uzsākt mērījumu, taču, ja kalibrēšanas rezultāti nebija pietiekoši precīzi, kalibrēšanu tika veikta atkārtoti.

Stimuli tika demonstrēti uz LG L1953TR-SF monitora, kura izmērs bija 19'' (skat. att.2.5.) un izšķirtspēja 1280x1024 pie 75Hz. Horizontālais ekrāna izmērs bija 38 cm, bet vertikālais – 30,5 cm.



2.5. att. Pētījumā izmantotais LG L1953TR-SF monitors ar ekrāna izmēriem.

2.3. Datu analīze

Datu analīzei tika izmantotas *BeGaze 3.5*, *IBM SPSS statistics* un *MS Excel 2010* programmas. Tā kā pētījumā bija svarīgi zināt, kad dalībnieks fiksē skatu un kad notiek sakāde, tika izmantotas *BeGaze 3.5* programmas iespējas, kas pierakstītos acu kustību datus sadala trīs notikumos: sakādēs, fiksācijās un mirkšķināšanās. Ja skata pārneses ātrums bija lielāks par 40 %s (maksimālā ātruma sliekšnis), tad programma to uztvēra kā sakādi, bet jā lēnāka, tad par nelielām acu kustībām fiksācijas ietvaros. Otrs noteicošais faktors sakāžu un fiksāciju atdalīšanā bija minimālais fiksācijas ilgums 50 ms, kas nozīmēka, ka fiksācijai ir jābūt ilgākai par 50 ms.

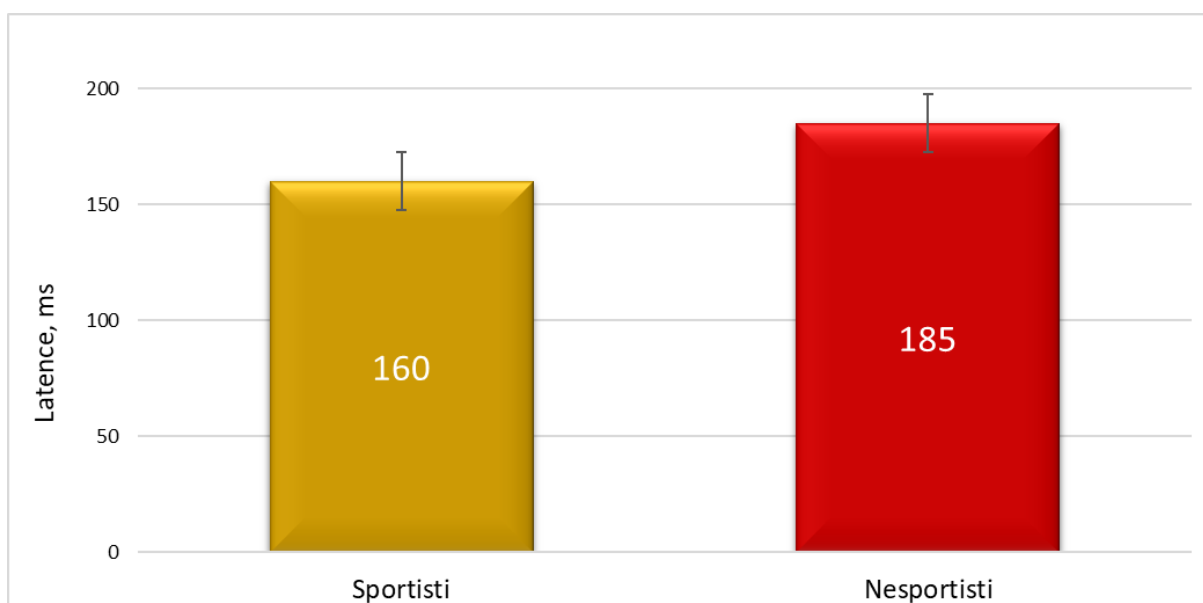
BeGaze 3.5 programmas rezultāti tika pārveidoti *.txt* formātā, iegūtie dati tālāk tika pārbaudīti *IBM SPSS statistics* un *MS Excel 2010* programmās.

2.4. Rezultāti

2.4.1. Sakādisko acu kustību latence

Eksperimentāli iegūtie dati ļauj veikt vairākus secinājumus par sakādisko acu kustību latences atšķirībām sportistiem un nespportistiem, kā arī dažādu sporta veida pārstāvjiem – frisbijistiem un galda tenisa spēlētājiem.

Attēlā 2.6. var redzēt, ka sportistu latence ir ātrāka nekā nespportistiem. Tas nozīmē, ka sportisti spēj ātrāk noreāģēt uz mērķi un daudz ātrāk sāk kustināt acis no brīža, kad parādās mērķis, nekā nespportisti.

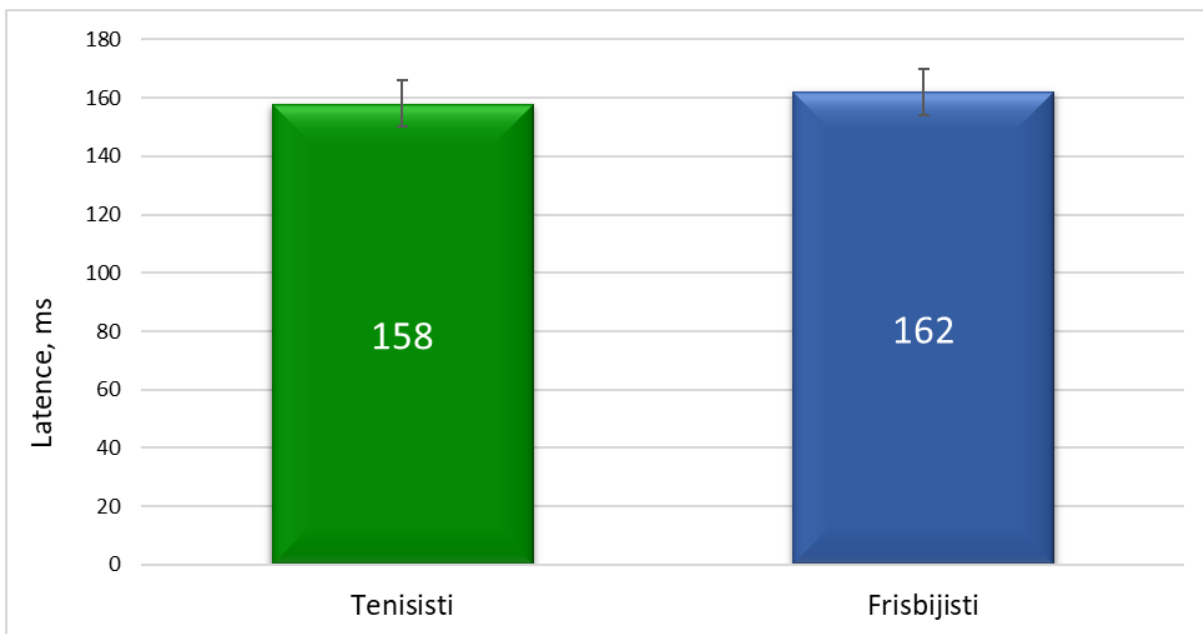


2.6. att. Eksperimenta dalībnieku latences vidējais laiks ar vidējās vērtības standartkļūdu sportistiem un nespportistiem.

Lai veiktu datu analīzi, visi sportistu un nespportistu eksperimentāli iegūtie dati tika pārbaudīti *IBM SPSS Statistics* programmā, ar *Shapiro-Wilk* testu nosakot vai dati ir normāli sadalīti. Testa rezultāti norādīja, ka rezultāti bija normāli sadalīti ($p > 0,05$), kas ļāva turpmākā datu analīzē izmantot parametriskās datu apstrādes metodes. Pēc normalitātes testa veikšanas, rezultāti tika analizēti ar *MS Excel 2010* t-testu: *Two-Sample Assuming Unequal Variance*. Iegūtie dati attiecībā uz vidējo latences laiku liecina par statistiski nozīmīgu atšķirību sportistiem ($M=165$, $SD=13$) un nespportistiem ($M=185$, $SD=13$); $p < 0,05$.

Nemot vērā to, ka frisbijs un galda teniss ir dažādi sporta veidi, pētījumā tika salīdzināti acu kustību latences rādītāji arī starp šo abu sporta veidu sportistiem. Kā var redzēt 2.7. attēlā, tad galda tenisa spēlētājiem ir novērojams nedaudz zemāks vidējais latences laiks

(158 milisekundes), nekā frisbija spēlētājiem (162 milisekundes). Iegūtie dati tika pārbaudīti ar *IBM SPSS Statistics* datu apstrādes programmā, ar *Shapiro-Wilk* testu novērtējot, vai dati ir atbilst normālsadalījumam. Testa rezultāti norādīja, ka dati atbilst normālsadalījumam ($p > 0,05$), kas ļāva šos datus analizēt ar t-testu (*Two-Sample Assuming Unequal Variance*). Rezultāti, attiecībā uz vidējo latences laiku, parādīja statistiski nebūtiskas atšķirības galda tenisistiem ($M=158$, $SD=13$) un frisbijistiem ($M=162$, $SD=13$); $p > 0,05$.

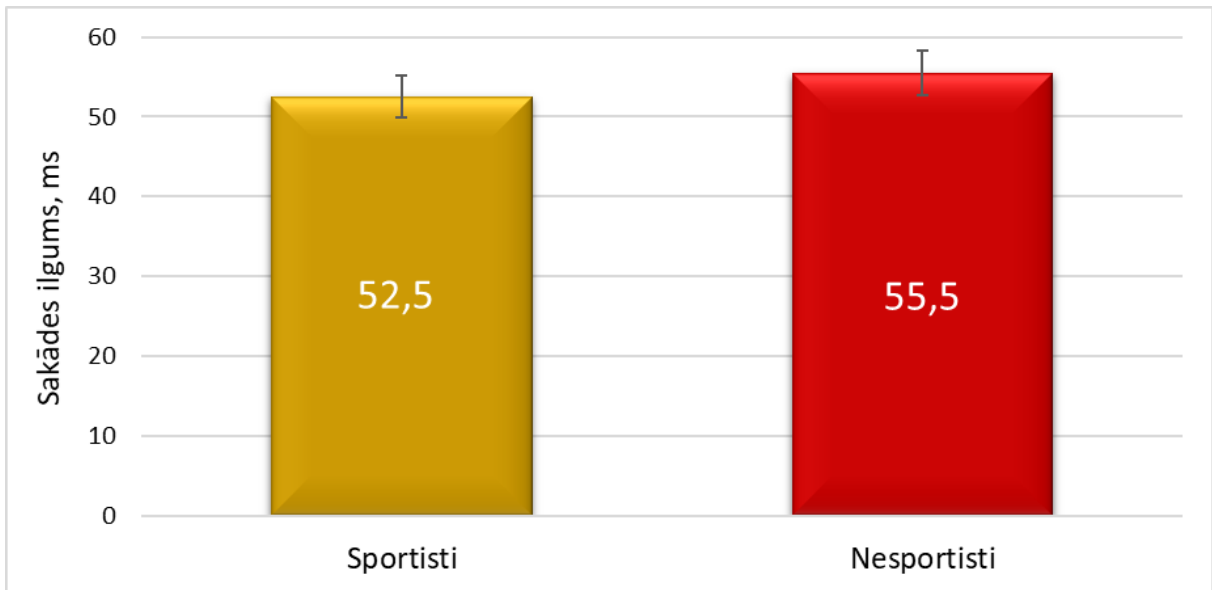


2.7. att. Eksperimenta dalībnieku latences vidējais laiks ar vidējās vērtības standartklūdu frisbija un galda tenisa spēlētājiem.

Apkopojot vidējos latences lielumus gan sportistiem, gan nesportistiem, gan arī katram sporta veidam atsevišķi, var izdarīt sekojošus secinājumus. Pirmkārt, sportistiem ir nozīmīgi ātrāka latence, salīdzinājumā ar nesportistiem. Otrkārt, nav būtiskas atšķirības starp frisbija spēlētājiem un galda tenisa spēlētājiem attiecībā uz latenci.

2.4.2. Sakādisko acu kustību ilgums

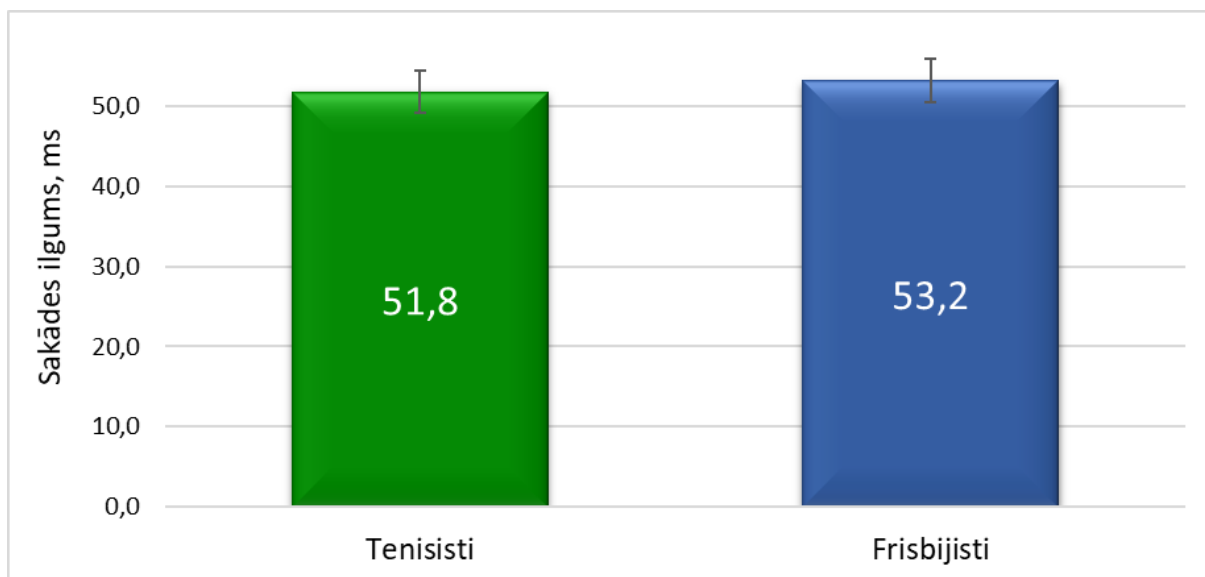
Eksperimentāli iegūtie dati par sakādžu ilgumu ir attēloti 2.8. attēlā, kur novērojams, ka sportistiem (frisbija spēlētājiem un galda tenisistiem) vidējais sakādes ilgums ir īsāks (52,5ms) nekā nesportistiem (55,5ms), norādot, ka sportisti ātrāk pārnes savu skatienu no sākuma mērķa līdz beigu mērķim. Sakādisko acu kustību ilgums, atšķirībā no latences tiek mērīts no kustības sākuma līdz kustības beigām (nofiksējoties gala stāvoklī).



2.8. att. Eksperimenta dalībnieku sakādes vidējais laiks ar vidējās vērtības standartkļūdu sportistiem un nesportistiem.

Datu apstrādes sākumā tika novērtēts, ar *Shapiro-Wilk* testu (*IBM SPSS Statistics* programmā) tika novērtēts, vai dati atbilst normālsadalījumam. Testa rezultāti norādīja, ka dati atbilst normālsadalījumam ($p > 0,05$) kas tālākā datu analīzē ļāva pielietot *t-tests Two-Sample Assuming Unequal Variance* (*MS Excel 2010*). Rezultāti, attiecībā uz sakādes vidējo laiku, parādīja statistiski nebūtiskas atšķirības sportistiem ($M=52,8$, $SD=2,5$) un nesportistiem ($M=55,5$, $SD=2,5$); $p > 0,05$.

Neskatoties uz to, ka abu sporta veidu pārstāvjiem rezultāti ir līdzīgi, tomēr ir novērojama sava veida tendence – galda tenisa spēlētājiem ir ātrākas sakādes nekā frīsbija spēlētājiem. Dati starp dažādu sporta veidu pārstāvjiem attiecībā uz sakādēm ir apkopoti 2.9. attēlā. Precīzāk – galda tenisa spēlētājiem vidējais sakādes ilguma laiks ir 51.8 milisekundes un frīsbija spēlētājiem vidējais sakādes ilguma laiks ir 53.2 milisekundes.



2.9. att. Eksperimenta dalībnieku sakādes vidējais laiks ar vidējās vērtības standartklūdu frisbija un galda tenisa spēlētājiem.

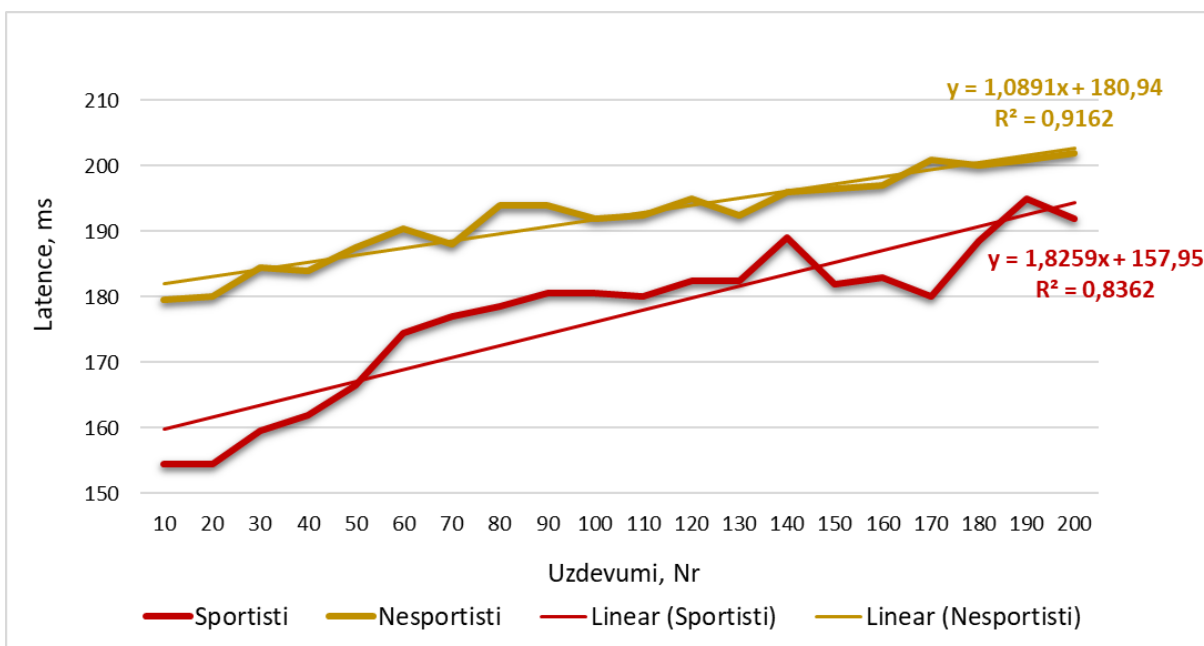
Līdzīgi, kā iepriekšējos rezultātos, datu apstrādes sākumā ar *Shapiro-Wilk* testu (*IBM SPSS Statistics* programmā) tika novērtēts, vai dati atbilst normālsadalījumam. Testa rezultāti norādīja, ka dati atbilst normālsadalījumam ($p > 0,05$), kas ļāva abas grupas tālāk salīdzināt, izmantojot parametrisko datu apstrādes rīku *t*-testu *Two-Sample Assuming Unequal Variance* (*Excel 2010*). Rezultāti, attiecībā uz sakādes vidējo laiku, parādīja statistiski nebūtiskas atšķirības galda tenisistiem ($M=51,8$, $SD=2,5$) un frisbijistiem ($M=53,2$, $SD=2,5$); $p > 0,05$.

2.4.3. Dubultā soļa uzdevumi

Dubultsoļa uzdevumu cikls eksperimenta dalībniekiem bija salīdzinoši garš – 200 uzdevumi. Šāds uzdevumu skaits ļāva novērtēt, kā laika gaitā mainās latences un arī sakādes ilguma mērījumi. Attēlā 2.10. att. datiem var novērot, ka, palielinoties uzdevumu skaitam, palielinās arī vidējais latences lielums. Šāds novērojums ir attiecināms uz abām grupām – sportistiem un nespportistiem.

2.4.3.1. Latences izmaiņas dubultsoļa uzdevumu laikā

Kā var redzēt 2.10. attēlā, tad nespportistu gadījumā vidējā latences izmaiņa dubultsoļa uzdevumu laikā ir bijusi salīdzinoši vienmērīga. Sākotnēji vidējā latences vērtība ir bija 179 milisekundes, taču dubultsoļa uzdevuma beigās vidējā latences vērtība nespportistu vidū pieauga un pārsniedza pat 200 milisekundes. Kopējais pieaugums ir aptuveni 21 milisekundes, jeb 12% no sākotnējās vērtības.



2.10. att. Eksperimenta dalībnieku latences izmaiņas dubultsoļa uzdevumu laikā sportistiem un nesportistiem, kas aprakstīti ar lineārās regresijas līkni.

Sportistu gadījumā vidējā latences izmaiņa dubultsoļa uzdevumu laikā bija nevienmērīgāka. Vidējais latences lielums uzdevumu izpildes sākumā bija 155 milisekundes. Aptuveni pēc 50 dubultsoļa uzdevumiem vidējais latences laiks pieauga par aptuveni 10 milisekundēm, kad atkal izlīdzinājās un turējās aptuveni vienā līmenī visu atlikušo eksperimenta daļu līdz pēdējiem 30 uzdevumiem, kad atkal bija novērojams salīdzinoši straujš vidējā latences lieluma pieaugums. Eksperimenta beigās sportistiem vidējais latences lielums bija 192 ms. Latences pieaugums, salīdzinājumā ar sākotnējo vērtību, bija aptuveni 40 milisekundes jeb 24%.

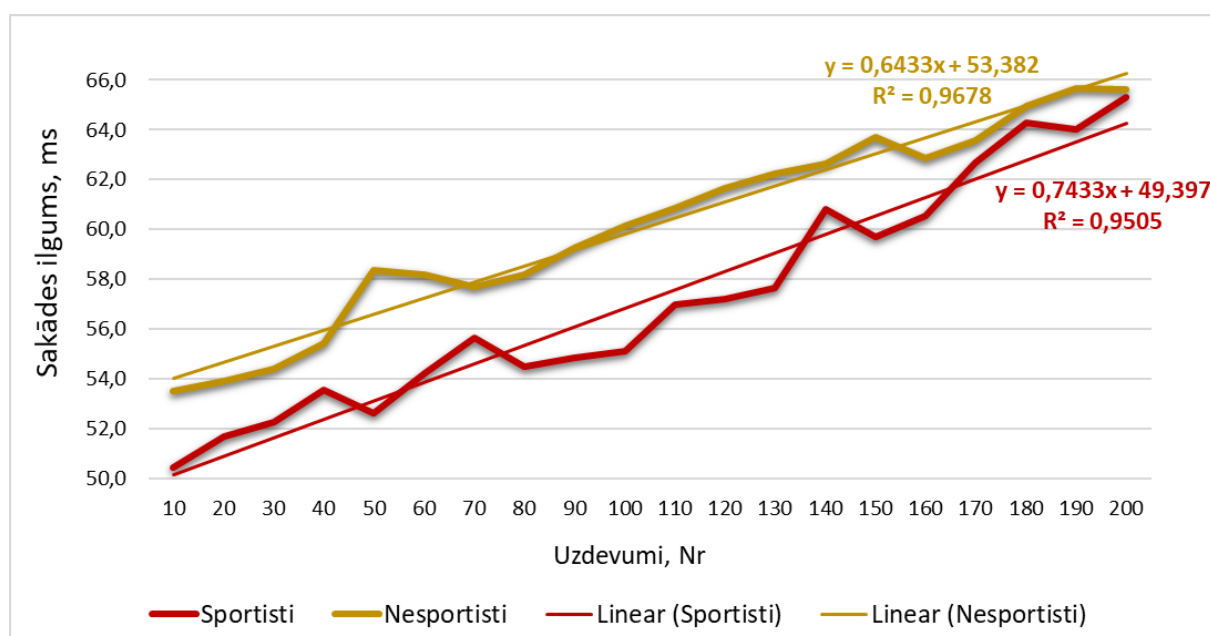
Sportistu un nesportistu iegūtie dati tika aprakstīti arī ar aproksimācijas palīdzību. Aproksimācijas vienādojums raksturo datu izmaiņas īpašības. Jo lielāks ir vienādojuma koeficients x , jo vērojams straujāks latences pieaugums, atkarībā no demonstrācijas laika. R raksturo lineārās korelācijas koeficientu. Jo R tuvāks skaitlim 1, jo stiprāka ir korelācija un aproksimācija ar lielāku ticamību atbilst reālajiem datiem. Gan sportistiem, gan nesportistiem novērojams, ka rezultātus ar ciešu korelāciju iespējams aprakstīt ar lineārās regresijas palīdzību.

Latences vidējā laika pieaugums izskaidrojams ar to, ka eksperimenta dalībnieki nogurst kā rezultātā arī pasliktinās rezultāti. Šo apgalvojumu apliecināja arī dalībnieku

komentāri pēc eksperimenta – gandrīz visi (27 dalībnieki no 30, jeb aptuveni 90%) norādīja uz nogurumu, kurš iestājās aptuveni eksperimenta vidusdaļā. Izmantojot t-testu Independent-Sample Assuming Equal Variance (Excel 2010), izdevās noskaidrot, ka eksperimenta dalībnieki, kuri norādīja uz nogurumu, ir statistiski nozīmīgs skaits ($M=27$, $SD=1,14$); $p>0,05$.

2.4.3.2. Sakāžu ilguma izmaiņas dubultā soļa uzdevumu laikā

Attēlā 2.11. demonstrētas sakādes vidējā laika izmaiņas dubultā soļa uzdevumu cikla laikā abām eksperimentālajām grupām. Līdzīgi kā tas bija ar latences izmaiņām, arī sakādes vidējais laiks palielinās, pieaugot uzdevumu skaitam.



2.11. att. Eksperimenta dalībnieku sakādes izmaiņas dubultā soļa uzdevumu laikā sportistiem un nesportistiem.

Nesportistu gadījumā sakādes vidējā laika izmaiņa no sākuma brīža līdz dubultsoļa uzdevumu beigām ir aptuveni 25%. Salīdzinājumam, sportistiem šis pieaugums ir aptuveni 30%. Iespējamais iemesls šeit ir tāds pat kā latences gadījumā – eksperimenta dalībnieku nogurums.

Arī pie sakāžu ilguma ir novērojamas lineāras korelācijas līknes un abi korelācijas koeficienti (R) ir ļoti tuvu 1 (sportistiem = 0,97 un nesportistiem = 0,95), kas nozīmē ka abu eksperimentālo grupu sakāžu ilguma izmaiņas līknes praktiski sakrīt ar lineāro korelācijas līkni.

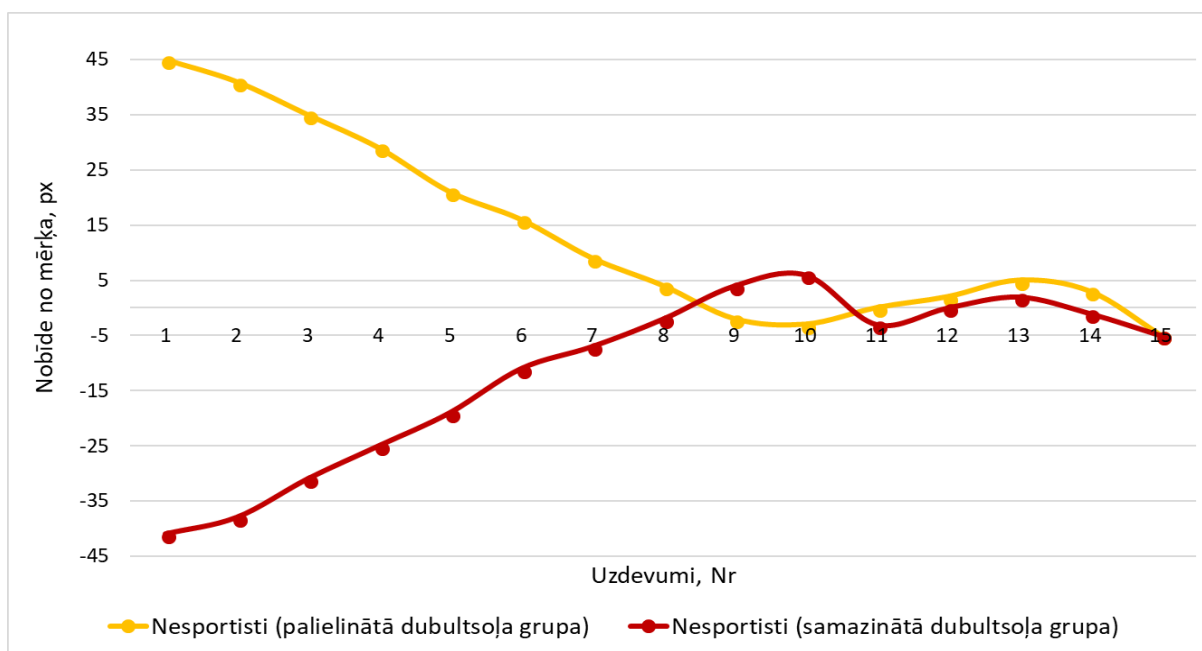
No 2.11. attēla var arī redzēt to, ka sportistiem rezultāti pasliktinās straujāk ($y=0,74x$), nekā nesportistiem ($y=0,64x$) un tāpēc dubultā soļa uzdevumu cikla beigās sakādes vidējais ilgums sportistiem un nesportistiem ir bijis aptuveni vienāds, kas varētu norādīt uz to, ka pie ilgstoša acu noguruma sportistu un nesportistu sakādes izlīdzinās un vairs nav būtisku atšķirību starp sportistiem un nesportistiem.

2.4.4. Adaptācija dubultā soļa uzdevumiem

Attēlā 2.12. demonstrēts nesportistu eksperimentālās grupas adaptācijas samazinātā un palielinātā dubultā soļa uzdevumiem. Novērojams, ka pēc 200 dubultā soļa uzdevumiem, kur dalībniekiem tika demonstrēts starp-mērķis, kas atradās tuvāk vai tālāk no mērķa objekta, atgriežoties pie sākotnējā uzdevuma (kad tikai gala mērķis bez starp-mērķa) eksperimenta dalībnieki fiksēja savu skatienu vidēji 43 pikseļu attālumā ar izkliedi 7 pikseļi no mērķa.

Pakāpeniski, ar katru nākamo uzdevumu, novērojams, ka fiksācija kļūst precīzāka un dalībnieks pakāpeniski adaptējas jaunajiem apstākļiem. Pilna adaptācija, kad skata virziens sakrīt ar objekta reālo pozīciju gan palielinātā, gan samazinātā dubultā soļa stimuliem novērojama vidēji pie 7-8 uzdevuma demonstrācijas (kopumā pētījuma 3 daļā tika demonstrēti 40 uzdevumi).

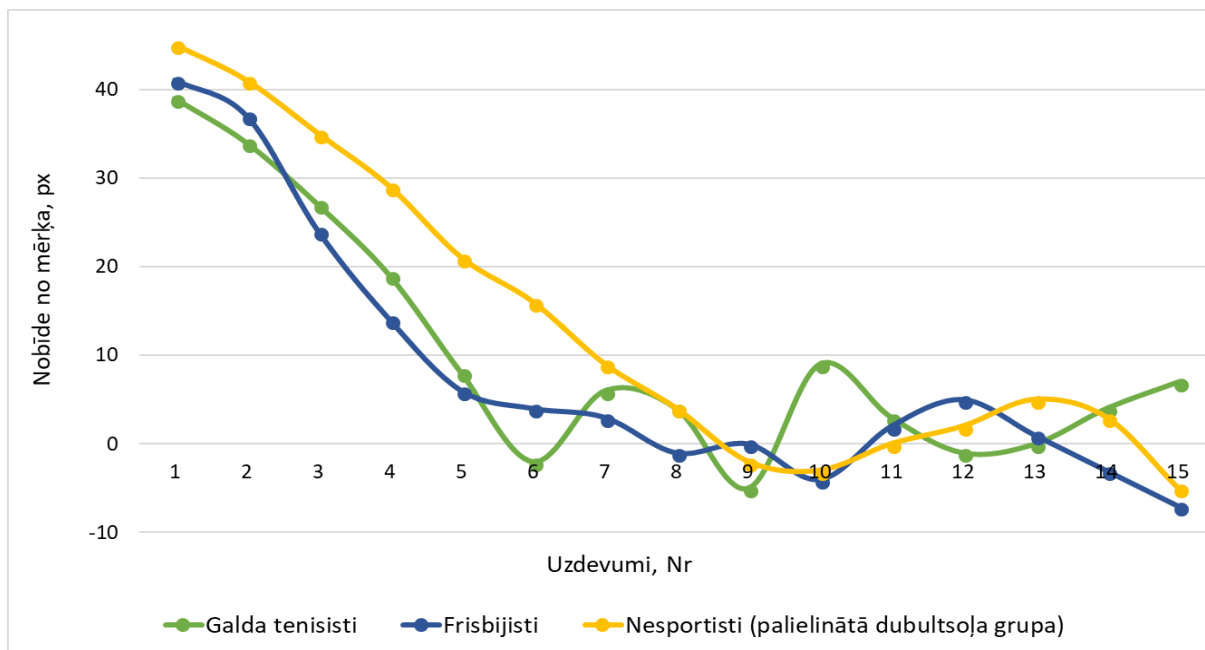
Turpmākais līknes raksturs parāda to, ka skata virziens tiek fiksēts ap gala mērķi. Salīdzinot visus datus palielinātās un pazeminātās dubultā soļu grupas skata virziena nobīdes absolūtās vērtības, izmantojot *t*-testu *Two-Sample Assuming Unequal Variance (Excel 2010)*. Rezultāti parādīja statistiski nebūtiskas atšķirības nesportistiem palielinātā dubultā soļa ($M=26,6$, $SD=1,2$) un samazinātā dubultā soļa ($M=-27,2$, $SD=1,2$) uzdevumos; $p>0,05$.



2.12. att. Abu nesportistu grupu adaptācijas rezultāti pēc dubultā soļa uzdevumiem līdz 15.uzdevumam (pēc 15.uzdevuma rezultāti sadalās vienmērīgi)

Attēlā 2.13. demonstrēta abu pētāmo sporta veidu (galda tenisa un frisbija) pārstāvju adaptācija pēc dubultā soļa uzdevumiem. Abu sporta veidu pārstāvju (attēlā zaļā un ziļā līkne) sakādisko acu kustību adaptācija norisinājās nedaudz ātrāk nekā nesportistiem (attēlā dzeltenā līkne). Sportistu grupas uzrādīja pilnīgu adaptēšanos jau pie 5.-6. uzdevuma – tāpat par diviem uzdevumiem ātrāk, nekā nesportisti.

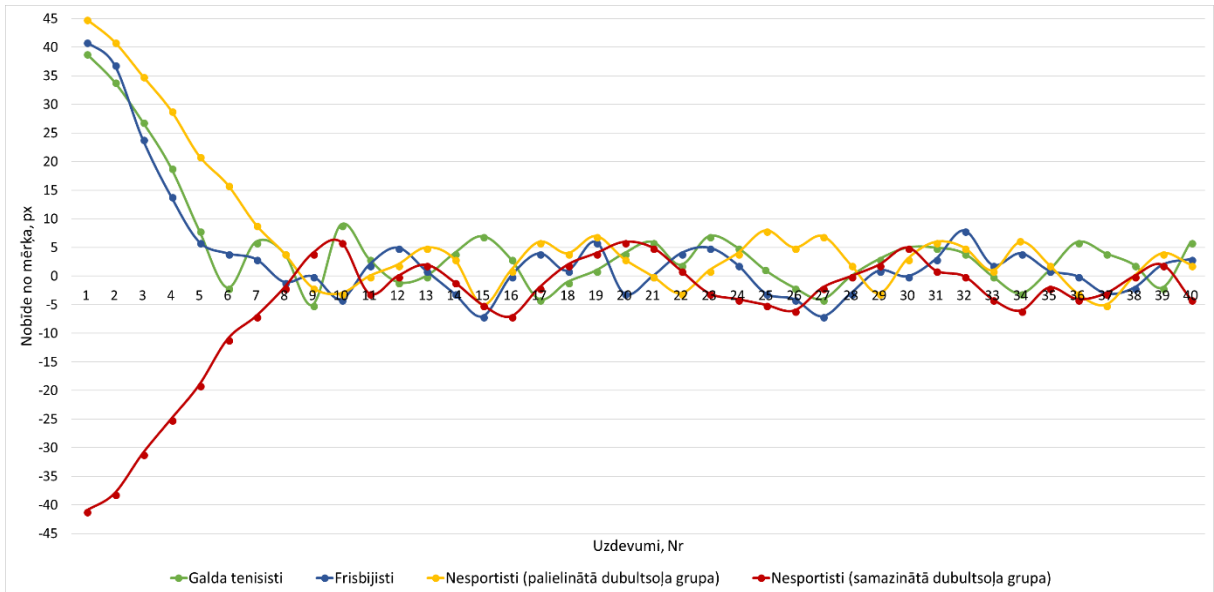
Salīdzinot vidējos sportistu adaptācijas rezultātus ar nesportistu rezultātiem (līdz 10.uzdevumam, jo turpmāk abu pētāmo grupu rezultāti ir līdzīgi) t-testā *Two-Sample paired Assuming Unequal Variance (Excel 2010)*, tika secināts, ka starpība starp nesportistiem palielināta dubultā soļa grupā ($M=25,1$, $SD=1,1$) un sportistiem palielināta dubultā soļa ($M=22,2$, $SD=1,1$) grupām ir statistiski nozīmīga atšķirība; $p<0,05$.



2.13. att. Palielinātā dubultā soļa uzdevumu grupu rezultāti līdz 15.uzdevumam (pēc 15.uzdevuma rezultāti sadalās vienmērīgi)

Jāpiebilst, ka pie adaptācijas noteikšanas visi eksperimenta dalībnieki jau bija noguruši, jo eksperimenta garums bija pietiekami ilgs. Taču, atšķirības atšķirības ir novērojamas jau adaptācijas uzdevumā. Pēc tam skata virziens atbilst refleksīvai sakādei. Līdz ar to arī noslēguma uzdevumu sērijā skatiena fiksācija abām grupām jau ir veiktas līdzīgi.

Kopējie 3. daļas rezultāti visiem pētījuma dalībniekiem un visiem 40 uzdevumiem ir apkopots attēlā 2.14. Novērojams, ka 3. daļas sākumā vidējais skata virziens visiem pētījuma dalībniekiem netiek veikts uz mērķa objektu. Ar katru nākamo uzdevumu vidējais skata virziens pietuvinās mērķa objektam līdz 5-8 uzdevumā (atkarībā no grupas) sasniedz mērķa objekta koordinātes. Attēlā novērojams, sasniedzot mērķa objekta koordinātes, skata virziens svārstās ap mērķa objektu. Pēc 15.uzdevuma (pat ātrāk) visu grupu dalībnieku rezultāti ir līdzīgi. Tā kā nesportistu grupa uzrādīja gandrīz identiskus rezultātus pie samazinātā un palielinātā dubultsoļa uzdevuma, sportistu grupai (galda tenisa spēlētājiem, gan frisbija spēlētājiem) netika veikta samazinātā dubultsoļa eksperimentālā pārbaude, līdz ar to arī tika pieņemts, ka sportistiem rezultāti būs līdzīgi uzrādītajiem rezultātiem pie palielināta dubultsoļa uzdevuma.



2.14.att. Visu grupu dalībnieku adaptācijas rezultāti pēc dubultsoļa uzdevumiem

Apkopojot iepriekš minēto informāciju, var teikt ir novērojama tendence, ka sportisti adaptējas ātrāk mainīgai sakādisko acu kustību prasībai par nesportistiem, kas ir nepieciešams labākam sniegunam arī dažādos sporta veidos. Šāds apsvērums, kopā ar pārējiem rezultātiem attiecībā uz sakāžu ilgumu un latenci mudina uz domu, ka cilvēkiem, kuri nodarbojas ar sportu ir straujāki informācijas apstrādes un acu kustību programmēšanas procesi. Tādējādi rezultāti mudina uz turpmākiem un padziļinātākiem pētījumiem, kurus būtu vēlams veikt jau ar pasaules līmeņa sportistiem.

DISKUSIJA

Pētījumā gūtie rezultāti norāda uz būtiski ātrāku sakādisko acu kustību latenci sportistiem (galda tenisa un frisbija spēlētājiem), salīdzinājumā ar nesportistu grupu. Dažādiem sporta veidiem vidējais sakādisko acu kustību latences lielums ir līdzīgs un labāks, nekā nesportistiem, kas liek domāt, ka regulāras sporta aktivitātes izmaina acu kustību parametrus, kas īpaši izpaužas dinamisku sporta veida pārstāvjiem. Nelielā atšķirība starp galda tenisa spēlētājiem un frisbija spēlētājiem ir skaidrojama ar to, ka galda tenisā ir nedaudz vairāk dinamisku darbību, kā rezultātā arī latence ir nedaudz labāka. Pēc t-testa šī starpība arī nav būtiski nozīmīga, pēc kā var izdarīt secinājumus, ka abu sporta veida sportistu redzes reakcijas laiks ir vienlīdz nozīmīgi ātrāks par nesportistiem.

Savstarpēji salīdzinot abu sporta veida pārstāvju sniegumu sakādisko acu kustību parametros, netika novērota statistiski būtiska atšķirība vidējā sakādes lielumā. Svarīgi būtu pieminēt, ka atsevišķi eksperimenta dalībnieki no vienas grupas spēja uzrādīt labākus rezultātus par otras grupas rezultātiem, attiecībā uz sakādisko acu kustību ilgumiem. Daži frisbija spēlētāji uzrādīja labākus rezultātus par atsevišķiem galda tenisa spēlētājiem, bet vairums galda tenisa spēlētāju uzrādīja labākus sakādes ilguma laikus par visiem frisbija spēlētājiem.

Šāds novērojums tikai apstiprina t-testa rezultātus, ka nav statistiski nozīmīgi būtiskas atšķirības starp abu sporta veida pārstāvjiem. Taču jāatzīmē, ka šāds novērojums rada interesei dziļākiem pētījumiem tieši par sakādisko acu kustību parametriem dažādos sporta veidos. Kā viens no uzlabojumiem, kurš varētu būt veikts – lielāks eksperimenta dalībnieku skaits no abiem sporta veida pārstāvjiem.

Salīdzinot šos datus ar līdzīgi veiktu pētījumu, kuru veicis *Babu (2004)* par badmintona spēlētājiem un nesportistiem, var izdarīt secinājumu, ka maģistra darba ietvaros veiktais pētījums apstiprina *Babu (2004)* pētījumu iegūtos rezultātus statistiski ar nozīmīgumu ($p < 0,05$). Šādi rezultāti vērtējami pozitīvi, jo galda teniss, frisbijs un badmintons ir līdzīgi - dinamiski sporta veidi.

Atšķirībā no latences mērījumiem, izvērtējot sakādisko acu kustību vidējā ilguma mērījumus, kas raksturo laika posmu no sakādes sākuma līdz fiksācijas sākumam uz nākamā mērķa objekta, netika novērotas statistiski nozīmīgas atšķirības starp sportistu un nesportistu un grupām. Līdzīgi rezultāti tika iegūti arī *Irving et al*

(2005) pētījumā, kurā iegūtie dati norādīja uz līdzīgu sakāžu vidējo laiku sportistiem un nesportistiem ($p > 0,05$). Tādējādi maģistra darba ietvaros veiktā pētījuma rezultātu tendence apstiprina citu pētījumu iegūtos rezultātus.

Apskatot sakādisko acu kustību adaptāciju pēc dubultsoļa stimuliem, jāatzīmē, ka sportistu (galda tenisa un frisbija spēlētāju) adaptācija notiek ātrāk, nekā nesportistu grupai. Sportistiem adaptācija notiek pie 6-7 uzdevuma, kamēr nesportistiem adaptācija novērojama tikai pie aptuveni astotā uzdevuma. *Rahul et al. (2016)* un *Babu (2004)*, kas savā pētījumā arī izvērtēja sakādisko acu kustību adaptāciju pēc dubultsoļa stimuliem sportistiem (badmintona, skvoša un beisbola spēlētāji) un nesportistiem, norādīja, ka sportistu grupai novērojama ātrāka adaptācija, salīdzinājumā ar nesportistiem. Tā, piemēram, *Babu (2004)* veica 400 dubultsoļu uzdevumu sēriju, pēc kuras tika veikta 100 uzdevumu sērija, lai noteiktu sakādisko acu kustību adaptāciju. *Babu (2004)* iegūtie rezultāti norāda, ka sportistu adaptācija notiek ja pie pirmajiem 10-15 uzdevumiem, kamēr nesportistiem adaptācija tika novērota tikai pēc 20 veiktiem uzdevumiem. Šī pētījuma ietvaros noteiktā adaptācija ir straujāka, ko var izskaidrot ar dubultā soļa īsāku sesiju. Tādējādi var secināt, ka šajā pētījumā gūtie rezultāti apstiprina arī citu pētījumu iegūtos rezultātus pie lielāka skaita pētāmo dalībnieku.

Tas, ka sportisti spēj nedaudz, bet tomēr ātrāk adaptēties pēc dubultsoļa uzdevumiem, var raksturot ar to, ka sportistiem bieži nākas darboties dinamiskā apkārtējā vidē un acīm ir jāspēj ātrāk adaptēties pie mainīgiem apkārtējiem apstākļiem. Kurš ātrāk spēj adaptēties, tas arī gūst labākus rezultātus sportā.

Lai pilnvērtīgāk novērtētu redzes parametru ietekmi un nozīmi dažādos sporta veidos, nepieciešams veikt padziļinātākus pētījumus, lai noskaidrotu pilno ainu attiecībā uz citu redzes parametru (tai skaitā redzes asuma, kontrastredzes, dinamiskā redzes asuma u.c.) atšķirībām sportistiem un nesportistiem. Veicot multifaktoriālo analīzi un izvērtējot šo parametru kopējo un savstarpējo saistību ar sportistu sniegumu dažādos sporta veidos, būtu iespējams iegūt pilnīgāku ieskatu sportistu redzes procesos.

SECINĀJUMI

1. Iegūtie dati attiecībā uz vidējo latences laiku liecina par statistiski nozīmīgu atšķirību sportistiem – frisbija un galda tenisa spēlētājiem ($M=165$, $SD=13$) un nesportistiem ($M=185$, $SD=13$); $p<0,05$..
2. Rezultāti, attiecībā uz sakādisko acu kustību ilguma vidējo laiku, parādīja statistiski nebūtiskas atšķirības sportistiem ($M=52,8$, $SD=2,5$) un nesportistiem ($M=55,5$, $SD=2,5$); $p>0,05$.
3. Dubultā soļa uzdevumu izpildes laikā visiem pētījuma dalībniekiem (gan sportistiem, gan nesportistiem) novērojamas sakādisko acu kustību latences un sakādisko acu kustība ilguma rādītāju palielināšanās vidēji par 12 procentiem.
4. Dinamiska sporta veida pārstāvjiem (galda tenisa un frisbija spēlētājiem), novērojama straujāka sakādisko acu kustību adaptācija pēc dubultsoļa uzdevumiem (vidēji pēc 5-6 uzdevumiem), nekā nesportistiem (vidēji pēc 7-8 uzdevumiem).
5. Salīdzinot sakādisko acu kustību adaptāciju starp dažādu sporta veidu (galda tenisa un frisbija) pārstāvjiem, netika demonstrētas būtiskas atšķirības sakādisko acu kustību adaptācijā pēc dubultsoļa stimulu izpildes, norādot uz līdzīgiem sakādisko acu kustību adaptācijas procesiem.

NOBEIGUMS

Maģistra darba ietvaros tika izveidots sakādisko acu kustību tests, ar kura palīdzību bija iespējams izvērtēt dubultsoļa paradigmu sportistu un nesportistu grupai, t.i. izvērtēt redzes sistēmas reakcijas laikus un adaptācijas procesus. Pētījumā tika izvērtēts, vai ikdienas nodarbošanās ar sportu spēj ietekmēt ne tikai dalībnieku fizisko sagatavotību, bet arī acu kustību parametrus. Pētījuma rezultātā izvirzītā hipotēzeapstiprinājās, kas pierāda, ka sports attīsta ne tikai kopēji fiziski, bet trenē arī sakādes un reakcijas laiku.

Pētījumā lielākās grūtības sagādāja vājā sportistu atsaucība. Lai sazinātos ar sporta veida pārstāvjiem, tika apzinātas sporta veidu federācijas un lūgta informācija par šo sporta veidu pārstāvjiem Latvijas mērogā. Tikšanās ar katru dalībnieku un viņa ierašanās LU Dabaszinātņu Akadēmiskajā Centrā tika sarunāta vairākas nedēļas iepriekš.

Dalībniekiem sniegtais uzdevums bija viegli uztverams- sekot līdzi uz ekrāna demonstrētajam stimulam. Un, lai gan 3 kvadrātiņu demonstrācija varētu šķist kā primitīvs un pavisam vienkāršs uzdevums, tas ļāva izvērtēt tieši redzes uztveres refleksīvo daļu, pēc iespējas samazinot kognitīvo procesu ietekmi uz sakādisko acu kustību programmēšanu.

Pētījuma veikšana katram dalībniekam aizņēma aptuveni 15 minūtes. Lai iegūtu pēc iespējas precīzākus acu kustību pieraksta mērījumus, dalībniekiem bija nepieciešams novietot savu zodu uz zoda balsta un atspiest pieri pie pieres balsta. Galvai bija jābūt nekustīgā stāvoklī visu eksperimenta laiku. Šāds stāvoklis radīja nogurumu dalībniekiem. Lai šo apsvērumu uzlabotu, viens no risinājumiem varētu būt lielāka atbalsta nodrošināšana dalībnieka mugurai un galvai, kas ļautu mazināt nogurumu eksperimenta laikā. Iekārtu kopā ar muguras un ķermeņa atbalstu varētu ievietot slēgtā telpā, kas ļautu arī kontrolēt telpas apgaismojuma ietekmi uz dalībnieku rezultātiem (apgaismojums rada slodzi uz acīm, kas arī veicina nogurumu eksperimenta laikā, kā arī mainīgs apgaismojums ietekmē zīlītes lielumu).

Acu kustību laboratorijā bija pieejami dažādas konstrukcijas krēsli ar dažādām muguras atzveltnēm. Šie krēsli arī tika mainīti, lai atrastu optimālāko risinājumu, taču pēc dalībnieku atsaucēm eksperimenta beigās, jāsecina, ka ar esošajiem krēsliem situāciju uzlabot nebija iespējams.

Ņemot vērā grūtības sazināties ar sporta veida pārstāvjiem, kā arī sporta veida pārstāvju neatsaucība, dalībnieku skaits pētījumā bija bijis salīdzinoši neliels. Līdz ar to turpmākajiem pētījumiem būtu vēlams izmantot lielāku pētāmo dalībnieku skaitu visās grupās, kas ļaus iegūt padziļinātākus rezultātus un izdarīt atbilstošus secinājumus.

Pie esošā dalībnieku skaita var apgalvot, ka ir novērojama hipotēzei atbilstoša tendence katrā no pētāmajām grupām, taču pie lielāka dalībnieku skaita varēs teikt par konkrētām atšķirībām katrai grupai. Pēc tam kad pētāmo grupu dalībnieku skaits pieaugtu un tiktu iegūti kādi secinājumi, es piedāvātu divu veidu padziļinātākus pētījumus. Pirmkārt, mēģinātu noskaidrot kāda ir atšķirība starp vīriešiem un sievietēm pie šiem pašiem apstākļiem sportā un ārpus sporta. Otrkārt, mēģinātu noskaidrot kā dažādi redzes treniņi ilgākā laika posmā ietekmē sportistu un nesportistu rezultātus attiecībā uz sakādēm un sakādisko acu kustību latenci – sākotnēji veiktu kontroleksperimentu, tad veiktu redzes treniņus eksperimenta dalībniekiem kādā noteiktā laika posmā – mēnešos mērāmu. Beigās veiktu atkārtotu kontroleksperimentu, kurš tika veikts sākumā, lai salīdzinātu kā ir izmainījušies rezultāti.

Vēl viens aspekts, kurš varēja ietekmēt rezultātus ir eksperimenta dalībnieku atklātība un godīgums – nevar zināt, vai kāds no eksperimenta dalībniekiem nav slēpis kādu agrāk gūtu traumu, saistībā ar redzi, kaut arī rezultāti neko aizdomīgu neuzrādīja.

Ja šādus uzlabojumus izdotos veikt, tad nākamais solis būtu pētīt atsevišķus sporta veidus.

Kopumā, esošais eksperiments aizritējis veiksmīgi un ir bijis interesants pašiem eksperimenta dalībniekiem, ko visi arī atzina, neskatoties uz nogurumu. Sevišķi tas patika sportistiem, jo viņi agrāk nav piedalījušies šāda veida pētījumos un eksperimentos, kas saistīti ar redzi.

PATEICĪBAS

Vēlējos izteikt īpašu pateicību darba vadītājam lektorei Ilzei Ceplei par darba tēmas izstrādi, par veltīto laiku, palīdzību un vērtīgo padomu sniegšanu.

Pateicos galda tenisa un frisbija federāciju sportistiem, kas piedalījās pētījumā.

Pateicos arī visiem pārējiem dalībniekiem par atsaucību.

Kā arī paldies ģimenei un draugiem par atbalstu visu studiju laikā.

Pētījumu atbalsta LU Fonds un SIA "Mikrotīkls" (Projekts Nr.2184).

LITERATŪRA

Alahyane, N., Koene, A., Pelisson, D., Neurosci, J. (2004). Transfer of adaptation from visually guided saccades to averaging saccades elicited by double visual targets. *The European journal of neuroscience*, 20(3), 827-836.

Babu, R.J. (2004). *A study of saccade Dynamics and adaptation in athletes and non athletes*. Master thesis. Ontario, Canada, University of Waterloo, 104.

Bahill, A.T., Clark, M.R., Stark, L. (1975). The main sequence, a tool for studying human eye movements. *Mathematical biosciences*, 24(3-4), 191-204.

Buys, J.H.C. (2002). *The development of norms and protocols in sports vision evaluations*. Master thesis. Johannesburg, South Africa, Rand Afrikaans university, 113.

Clower, D.M., Boussaoud, D. (2000). Selective use of perceptual recalibration versus visuomotor skill acquisition. *Journal Neurophysiology*, 84(5), 2703-2708.

Coëffe, C., O'Regan, J.K. (1987). Reducing the influence of non-target stimuli on saccade accuracy: predictability and latency effects. *Vision research*, 27(2), 227-240.

Coren, S., Hoenig, P. (1972). Effect of Non-Target Stimuli upon Length of Voluntary Saccades. *SAGE Journals*, 34(2), 499-508.

Elsawy, G.Y. (2011). Eye Movements among Female Taekwondo Players with High and Low Levels. *World Journal of Sport Sciences*, 4(4), 347-350.

Erickson, G. (2007). *Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. St. Louis, Missouri: Butterworth Heinemann Elsevier, 308.

Findlay, J.M. (1982). Global visual processing for saccadic eye movements. *Vision research*, 22(8), 1033-1045.

Findlay, J.M., Gilchrist, I.D. (2003). *Active vision: the psychology of looking and seeing*. Oxford University press, 240.

Gregg, J.R. (1987). *Vision and Sports: An Introduction*. Boston: Butterworth Publishers, 188.

- Grigorova, V., Borisova, S. (2010). Double-step adaptation of saccade directions. Comparison of constant and saccade-triggered interstep intervāls. *Medecine Physiologie*, 63(1), 157-162.
- Griffiths, G. (1999). The clinical application of sports vision appliances. *Optometry today*, 36-42.
- Herwig, A., Beisert, M., Schneider, W.X. (2010). On the spatial interaction of visual working memory and attention: evidence for a global effect from memory-guided saccades. *Journal of Vision*, 10(5), 1-10.
- Hunfalvay, M., Roberts, C.M., Ryan, W., Murray, N., Tabano, J., Martin, C. (2017). An Exploration of Shifts in Visual Fixation Prior to the Execution of Baseball Batting: Evidence for Oculomotor Warm Up, Attentional Processes or Pre-performance Routines? *International Journal of Sports Science*, 7(6), 215-222.
- Irving, E.L., Babu, R.J., Lillakas, L. (2005). Dynamics of saccadic adaptation: differences between athletes and nonathletes. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 82(12), 1060-1065.
- Kato, T., Fukuda, T. (2002). Visual search strategies of baseball batters: eye movements during the preparatory phase of batting. *Perceptual and motor skills*, 94(2), 380-386.
- Kluka, D.A. (1990)., The study of eye movements related to sport: A review of literature. *Sports vision*, 24-32,
- Leigh, R.J., Zee, D.S. (1999). *Neurology of Eye Movements, 3rd edition*. New York: Oxford University press, 643.
- Loran, D.F.C. (1999). *Sport Vision. For The On Site Screening Of Visual Performance In Sport*. Leicester: Sport vision services, 69.
- Mort, D.J., Perry, R.J., Mannan, S.K., Hodgson, T.L., Anderson, E., Quest, R., McRobbie, D., McBride, A., Husain, M., Kennard, C. (2003). Differential cortical activation during voluntary and reflexive saccades in man. *NeuroImage*, 18(2), 231-246.

- Munoz, D.P., Wurtz, R.H. (1995). Saccade-related activity in monkey superior colliculus. II. Spread of activity during saccades. *Journal of Neurophysiology*, 73(6), 334-348.
- Nam, M.H., Park, S.H., Choi, O. (1975). Saccadic eye movement characteristics to the double-step stimuli. *Yonsei medical journal*, 16(2), 65-71.
- Olsen, E.A. (1956). Relationship between Psychological Capacities and Success in College Athletics. *Journal Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 27(1), 79-89.
- Paul, M., Sandeep, K.B., Jaspal, S.S. (2011). Role of sports vision and eye hand coordination training in performance of table tennis players. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 5(2), 106-116.
- Pierrot-Deseilligny, C., Rivaud, S., Gaymard, B., Agid, Y. (1991). Cortical control of memory-guided saccades in man. *Experimental brain research*, 83(3), 607-17.
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D. (2001). *Neural Control of Saccadic Eye Movements. Neuroscience. 2nd edition*. Sunderland: Sinauer Associates, 347.
- Rahul, R., Chaudhry, M., Sharma, P. (2016). Visual assessment of sports professionals. *International Journal of Current Advanced Research*, 5(10), 1295-1300.
- Rayner, K. (1992). *Eye movements and visual cognition: scene perception and reading*. New York: Springer-Verlag, 486.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Sheliga, B.M. (1994). Space and selective attention. *Attention and performance XIV*. MIT Press, 231-265.
- Salinas, E., Abbott, L.F. (1995). Transfer of coded information from sensory to motor networks. *The Journal of neuroscience*, 15(10), 461-474.
- Scudder, C.A. (2002). Role of the fastigial nucleus in controlling horizontal saccades during adaptation. *Annals of the New York Academy of Science*. 978:63-78.

- Seidlits, S.K., Reza, T., Briand, K.A., Sereno, A.B. (2003). Voluntary spatial attention has different effects on voluntary and reflexive saccades. *The Scientific World Journal*, 15(3), 881-902.
- Sharipan, M.N., Rudin, A.M.A. (2016). Improvement of te saccadic Eye Movements with the sport Training Activity. *Proceedings of the 2nd International Colloquium on Sports Science, Exercise, Engineering and Technology*. 261-268.
- Sluganovic, I., Roeschlin, M., Rasmussen, K.B., Martinovic, I. (2016). Using Reflexive Eye Movements for Fast Challenge-Response Autentication. *Proceedings of the Conference on Computer and Communications Security*. New York: ACM, 1056-1067.
- Spring, M., Schutz, A.C., Braun, D.I., Gegenfurtner, K.R. (2011). Keep your eyes on the ball: smooth pursuit eye movements enhance prediction of visual motion. *Journal of neurophysiology*, 105(4), 1756-1767.
- Squatrito, S. (2010). *Visual Scanning in Sports Actions: Comparison between Soccer Goalkeepers and Judo Fighters*. Doctoral thesis. University of Bologna, 87.
- Stigchel, S., Nijboer, T.C.W. (1995). The global effect: what determines where the eyes land? *Journal of eye Movement research*, 4(2), 1-13.
- Stigchel, S., Theeuwes, A. (2010). A global effect of capture saccades. *Experimental brain research*, 210(1), 57-65.
- Strydom, B., Ferreira, J.T. (2010). The role of vision and visual skills in archery. *The South African Optometrist*, 69(1), 21-28.
- Walker, R., Walker, D.G., Husain, M., Kennard, C. (2000). Control of voluntary and reflexive saccades. *Experimental brain research*, 130(4), 540-544.
- Wheless, L.L., Boynton, R.M., Cohen, G.H. (1966). Eye-Movement Responses to Step and Pulse-Step Stimuli. *Journal of the Optical Society of America*, 56(7), 956-960.
- Witton, J., McCambridge, J., Elbourne, D.R. (2014). Systematic review of the Hawthorne effect: New concepts are needed to study research participation effects. *Journal of Clinical Epidemiology*, 67(3), 267-277.

Zavod, M.J. (2004). *The effects of stimulus motion on contrast sensitivity: dynamic sensitivity functions*. Dissertation. Orlando, Florida: University of Central Florida, 85

Maģistra darbs „Sakādisko acu kustību adaptācija dubultsoļa stimuliem galda tenisa un frisbija spēlētājiem” 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: Ilona Cehanoviča 28.05.2018

Stud.apl.nr. ic16014

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja: lektore, Prof.mag. Ilze Ceple

Recenzents: lektore, Dr.phys. Ieva Timrote

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: _____