

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
TECHNOLOGIJOS FAKULTETO
ELEKTRONIKOS KATEDRA**

TOMAS KARČAUSKAS

**TRUMPAI PATEIKIAMŲ MIULERIO-LAERIO ILIUZIJŲ
TYRIMAS ŠUOLINIAIS AKIŲ JUDESIAIS**

Magistro studijų programos „Signalų technologija“

MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovas:

prof. Habil. dr. VINCAS LAURUTIS

Šiauliai, 2012

SANTRAUKA

Tomas Karčauskas, Trumpai pateikiamų Miulerio-Laerio iliuzijų tyrimas šuoliniais akių judesiais, Elektronikos inžinerijos (Signalų technologijos) magistro darbas/ mokslinis vadovas profesorius V.Laurutis; Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Elektronikos katedra, Šiauliai, 2012.- 41 psl.

Baigiamajame magistro darbe vertinama Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos įtaka šuoliniam akių judesiams. Siekta nustatyti Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos sukeltų paklaidų dydį šuoliniam akių judesiams.

Šuoliniai akių judesiai, pateikiant Miulerio-Laerio geometrinę iliuziją trumpais laiko momentais, įtakojami nuo 0,14 % iki 33,44 % . Šuoliniai akių judesiai, gali būti naudojami trumpą laiko tarpą pateikiamos Miulerio-Laerio iliuzijos sukeltos paklaidos nustatymui.

SUMMARY

Tomas Karčauskas, Investigation of Shortly Presented Muller-Layer Illusions by Saccadic Eye Movement, Electronics engineering (Signal processing) study for master degree/ science supervisor profesor V.Laurutis: Šiauliai University, Technological Faculty, Electronics Engineering Department, Šiauliai, 2012. – 41 p.

In final Master's work assessed Muller – Layer geometrical illusion influence for saccadic eye movement. It is sought to set Muller – Layer geometrical illusion caused errors size to saccadic eye movements.

Saccadic eye movements, when Muller – Layer geometrical illusion is shortly presented, errors size is from 0.14 % to 33.44 %.

Turinys

PAVEIKSLAI	5
LENTELĖS	6
ĮVADAS.....	7
GEOMETRINIŲ ILIUZIJŲ SAMPRATA REGOS SISTEMAI	9
Iliuzijos reiškinyss	9
Geometrinės figūros sukeltos iliuzijos neatitikimas tarp realaus ir suvokiamo vaizdo.....	11
Miulerio-Laerio iliuzijos tyrimai Lietuvoje.....	13
REGOS SISTEMA IR AKIŲ JUDESIŲ TIPAI	16
Regos sistema.....	16
Akių judesių tipai.....	20
Šuoliniai arba sakadiniai akių judesiai	21
Sekamieji akių judesiai	23
Vestibulo-okuliariniai akių judesiai	24
Optokinetinės nistagmos	24
Vergentiniai akių judesiai	25
MIULERIO-LAERIO ILIUZIJOS VERTINIMAS ŠUOLINIAIS AKIŲ JUDESIAIS	26
Miulerio-Laerio iliuzijos vertinimas šuoliniais akių judesiais	26
Eksperimentų atlikimo metodika	26
Tyrimo rezultatai	30
MIULERIO-LAERIO ILIUZIJOS VERTINIMAS SUVOKIMU	36
Miulerio-Laerio iliuzijos vertinimas suvokimu	36
Eksperimentų atlikimo metodika	36
Tyrimo rezultatai	37
IŠVADOS	39
LITERATŪRA	40

PAVEIKSLAI

- 1 pav.** Geometrinių iliuzijų pavyzdžiai
- 2 pav.** Geometrinių iliuzijų formos
- 3 pav.** Anotominė akies sandara
- 4 pav.** Akies raumenys
- 5 pav.** Receptorių pasiskirstymas apie centrinę duobutę (Lipps, 2004)
- 6 pav.** Vaizdinės informacijos perdavimo kelias
- 7 pav.** Vaizdo projekcija
- 8 pav.** Šuolinio akies judesio pagrindiniai parametrai (Cromer, 2006)
- 9 pav.** Šuolinio akies judesio trukmės ir amplitudės priklausomybė
- 10 pav.** Sekamieji akių judesiai
- 11 pav.** Konvergencija
- 12 pav.** EyeGaze sistema
- 13 pav.** Įrenginio sudedamosios dalys
- 14 pav.** Akys kalibravimo metu
- 15 pav.** Taškų ir fiksacijų išsidėstymas kalibracijos metu
- 16 pav.** Eksperimento algoritmas
- 17 pav.** Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos sparnelių parametrai
- 18 pav.** A) tyrimo stimulų pateikimo tvarka B) iliuzijos stiprumo skaičiavimo parametrai
- 19 pav.** a) šuolinių akių judesių trajektorijos esant 7 kampinių laipsnių atstumui ir 0,1 s stimulo pateikimo laikui, b) šuolinių akių judesių trajektorijos esant 12 kampinių laipsnių atstumui ir 0,5 s stimulo pateikimo laikui
- 20 pav.** a) paklaidos esant 7 kampinių laipsnių atstumui tarp taikinių, b) paklaidos esant 12 kampinių laipsnių atstumui tarp taikinių.
- 21 pav.** a) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 7° kampinių laipsnių atstumu, kairinė rodyklė, b) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 12° kampinių laipsnių atstumu, kairinė rodyklė, c) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 7° kampinių laipsnių atstumu, dešininė rodyklė, d) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 12° kampinių laipsnių atstumu, dešininė rodyklė.
- 22 pav.** Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos 1:2
- 23 pav.** Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijų tyrimo suvokimu rezultatų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai

LENTELĖS

1 lentelė. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos vertinimo šuoliniais akių judesiais rezultatai.

2 lentelė. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos vertinimo suvokimu rezultatai.

Ivadas

Regos sistema yra daugiausiai informacijos teikianti sistema, jos pagalba gauname apie 90 % visos sensorinės informacijos. Regos sistema skirta vaizdinės informacijos priėmimui iš išorinės aplinkos, kuri padeda ją suprasti, bei atitinkamai reaguoti į jos siunčiamus dirgiklius. Tačiau, esant tam tikroms sąlygoms, regos sistemą gali neteisingai įvertinti tam tikrus parametrus dėl kurių atsiranda iliuzijų sukeltos paklaidos regos sistemoje. Šiuo metu labiausiai tiriama geometrinių iliuzijų įtaka regos sistemai. Geometrinės iliuzijos, tai skirtumas tarp matomų ir realių vaizdo savybių.

Į geometrines iliuzijas žmogaus regos sistema reaguoja dviem būdais, refleksiškai ir sąmoningai. Šuoliniais akių judesiais regos sistema organizuoja akis taip, jog būtų gaunamas maksimalus informacijos kiekis, kuris ne visuomet sutampa su realiu informacijos centru.

Šuoliniai akių judesiai (sakados) yra labai svarbūs regos sistemai. Jie padeda greitai perkelti žvilgsnį, tuo pačiu ir mūsų dėmesį, iš vienos vietos į kitą. Šuoliniai akių judesiai padeda greitai apžiūrėti pasirinktą objektą.

Tyrimo tikslas.

Ištirti Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos sukeltas paklaidas šuoliniais akių judesiais.

Uždaviniai.

1. Atlikti geometrinių iliuzijų apžvalgą.
2. Nustatyti akių judesių įtaką regos sistemai.
3. Eksperimentiškai nustatyti Miulerio-Laerio iliuzijos įtaką šuoliniais akių judesiais.
4. Palyginti Miulerio-Laerio iliuzijos įtaką vertinant iliuzijos poveikį suvokimu ir šuoliniais akių judesiais.

Temos aktualumas.

Gavus geometrinės iliuzijos sukeltas paklaidas, galima praktiškai patikrinti teorinius regos sistemų modelius, koncepcijas, siūlyti korekcijas jose.

Tyrimo metodai:

1. Mokslinės literatūros analizė;

2. Eksperimentas;
3. Eksperimento duomenų analizė.

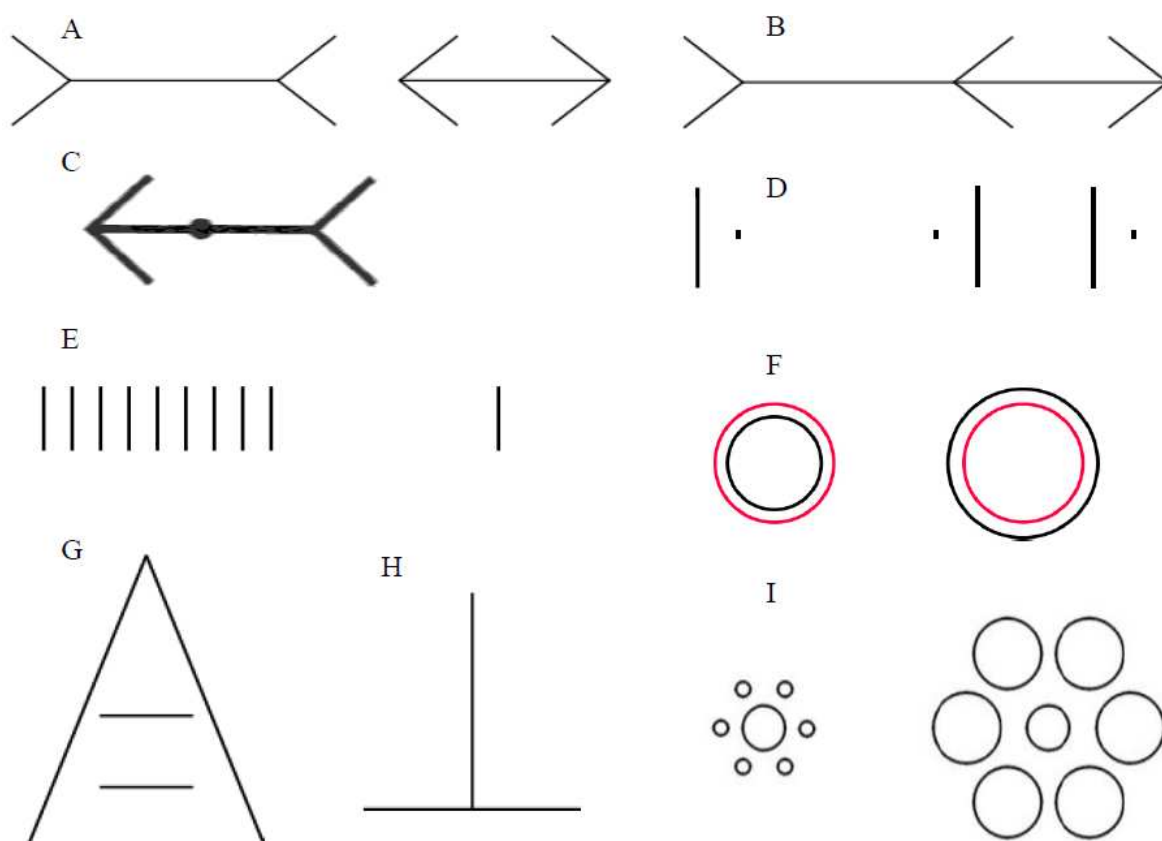
Padarytas pranešimas Šiaulių universiteto, Technologijos fakulteto studentų mokslinėje konferencijoje „Studentų moksliniai darbai“.

GEOMETRINIŲ ILIUZIJŲ SAMPRATA REGOS SISTEMAI

Iliuzijos reiškinys

Iliuzijos reiškinys apibrėžia neatitikimą tarp realaus ir suvokiamo pasaulio. Visai žmogaus jutimo organų sistemai būdingas iliuzijos reiškinys, ir galima traktuoti jį kaip nervų sistemos struktūros bei informacijos apdorojimo rezultatą (Gutauskas ir kiti., 2005).

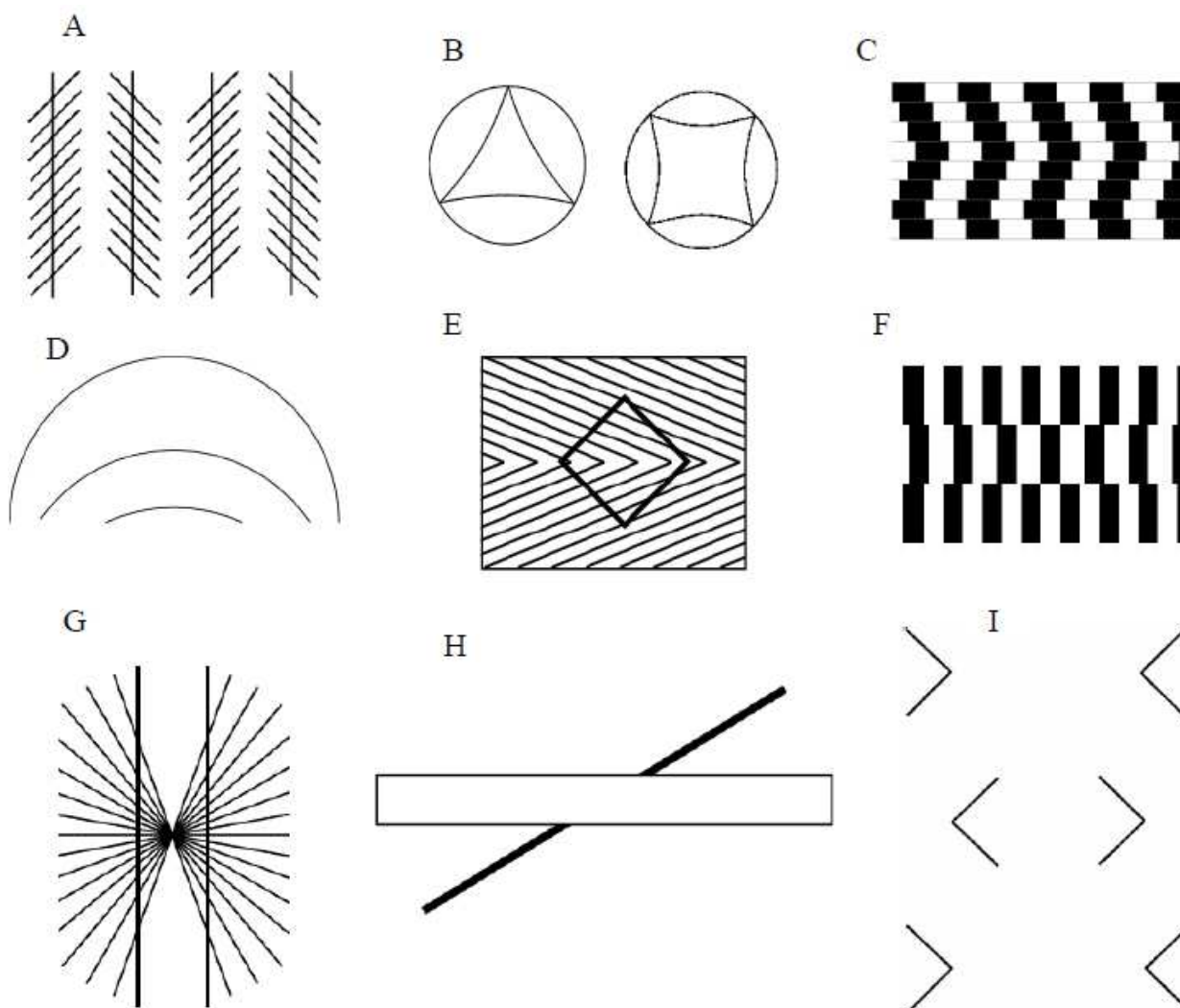
Iliuzijos reiškinys atsiranda stebint net paprastas geometrines figūras, tačiau galima išmatuoti šių geometrinių iliuzijų sukeliama neatitikimą, atliekant tyrimus. Būtent dėl to geometrinės iliuzijos gali būti puikus tyrimo objektas (Surkys, 2007).



1 pav. Geometrinių iliuzijų pavyzdžiai. Müller-Lyer (A), Brentano (B), Judd (C), taško ir brūkšnelio (D), Opper-Kundt (E), Delboeuf (F), Ponzo (G) horizontalus-vertikalus (H), Titchener (Surkys, 2007).

Atliktuose tyrimuose nustatyta, jog dauguma šių geometrinių iliuzijų yra susijusios su regos sistemos fiziologinėmis savybėmis. Geometrinės iliuzijos daro įtaką visai sensomotoriniai sistemai, bet didžiausią įtaką padaro regos sistemai. Regos sistema organizuojama taip jog beveik

bet koks matomas vaizdas yra iškraipomas priklausomai nuo jo formos bei padėties. Pavyzdžiui, horizontalios linijos atrodo pasvirusios į šonus, kai kvadratėliai pastumdyti į šonus. (2 C pav.) (Surkys, 2007).



2 pav. Geometrinių iliuzijų formos. Zöllner (A), apskritimu apibrėžto (B), iškraipytų stačiakampių (C), arkos (D), Orbison (E), Münsterberg (F), Hering (G), Poggendorff (H), Morinaga paradoksas (I) (Surkys, 2007).

Vokiečių mokslininkas, Johannes Müller (1889 m.), pirmasis įvertino geometrinių figūrų sukiamas iliuzijas bei gaunamus neatitikimus tarp realaus ir suvokiamo vaizdo pavadino iliuzijomis. Būtent šio mokslininko vardu pavadinta geometrinė iliuzija (1 A pav.). Miulerio-Laerio iliuzija yra paprasta, sudaryta iš linijų atkarpų, kurias apribotos sparneliais. Sparneliai ant vienos atkarpos yra orientuoti į vieną, ant kitos į kitą puses. Šios iliuzijos esmė ta kad abi atkarpos yra lygios, bet priklausomai nuo sparnelių padėties, sukuriama iliuzija, jog atkarpa gali prasiplėsti, arba sutrumpėti. Iš Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos sukurta daug kitų iliuzijos variacijų. Pavyzdžiui

F. Brentano, perdaręs Miulerio-Laerio iliuziją, gavo žymiai stabilesnę versiją (1 B pav.). Jo versijoje atkarpa padalinama lygiai per pusę su trejomis sparnelių poromis ir, priklausomai nuo vidurinės sparnelių poros padėties, gaunama iliuzija, jog atkarpa padalinta nelygiai. Kitas garsus mokslininkas pasiūlė dar vieną Miulerio-Laerio iliuzijos variantą, kur atkarpa apribota dvejomis sparnelių poromis, o viduryje padėtas taškas (1 C pav.). Judd iliuzija, sukelia įspūdį, jog taškas pasislinkęs į tą pusę, kur sparneliai nukreipti į vidų. (Surkys ir kiti., 2010).

Visi Miulerio-Laerio iliuzijos variantai leidžia teigti, jog Miulerio-Laerio iliuzija atsiranda žvelgiant į geometrinę iliuziją, kuriai būdinga šios iliuzijos sandara (Surkys, 2007).

Miulerio-Laerio iliuzija tyrinėjama nuo XIX amžiaus iki mūsų dienų. Senesniais tyrimais siekta išsiaiškinti iliuzijos atsiradimo priežastis. Šiuo metu daugiausiai tiriamos iliuzijos priklausomybės nuo geometrinės figūros fizinių savybių, bei siekiama išsiaiškinti iliuzijos dydį (Surkys, 2007).

Buvo ištirta, jog geometrinės iliuzijos stiprumas priklauso nuo dydžio bei kontrasto. Iliuzija būna stipresnė iki 6 %, kai Miulerio-Laerio iliuzija pateikiama ryškiai juoda, už tokią pat iliuziją kuri pateikiama blankios pilkos spalvos. Barbara G. Wickelgren (2003) savo atliktuose tyrimuose nustatė tiesioginį ryšį tarp geometrinės figūros ir fono kontrasto: kuo geresnis kontrastas, tuo stipriau pasireiškia iliuzija. Labai svarbus aspektas yra iliuzijos stiprumo priklausomybė nuo laiko (Surkys, 2007).

1 C paveikslėlyje matome Oppel-Kundt iliuzinę figūrą, kuri gavo pavadinimą nuo garsaus vokiečių psichologo Oppel. Šioje iliuzijoje nagrinėjamos ilgio nustatymo paklaidos. Oppel-Kundt figūra sudaryta iš vienodo dydžio atkarpų, iš kurių viena užpildyta brūkšneliais, o kita palikta tuščia. Ši iliuzija sukelia pojūtį, jog užpildyta atkarpa yra žymiai platesnė už neužpildytą. Kaip ir Miulerio-Laerio iliuzijos atveju, Oppel-Kundt iliuzija turi kitą galimą variantą su apskritimais. Šiuo atveju apskritimas su keletu kitų apskritimų įbrėžtų į apskritimą atrodo žymiai didesnis už tuščią apskritimą. Šios kaip ir ankščiau nagrinėtos iliuzijos stiprumas priklauso nuo į atkarpą ar apskritimą įbrėžtų brūkšnelių ir apskritimų skaičiaus (Surkys ir kiti., 2010)

Daugelis geometrinių figūrų turi iliuzijas. Pavyzdys yra Zöllner (1860) iliuzija (2 A pav.), kai vertikali linija atrodo pasvirusi dėl ją kertančių horizontalių linijų. Šios iliuzijos esmė - orientacijos suvokimo sutrikimas.

Geometrinės figūros sukeltos iliuzijos neatitikimas tarp realaus ir suvokiamo vaizdo

Siekiant suprasti koks neatitikimas yra tarp realaus ir suvokiamo vaizdo, buvo atliekami tyrimai. Vienas iš tokių tyrimų buvo Barbaros Gillam (1984), kai eksperimento dalyviai

turėjo kompiuterio ekrane pažymėti Miulerio-Laerio iliuzijos galus. Kito tyrimo metu, reikėjo sužymėti atkarpos galus. Kitame garsios mokslininkės B. Gillam atliktame tyrime, kur tiriamieji privalėjo atidėti taškus taip jog jie būtų tiesioje linijoje, kuri pravesta per dviejų Miulerio-Laerio geometrinių iliuzijų galus. Iš gautų rezultatų autorė teigia tą patį kaip ir ankstesniame tyrime, jog Miulerio-Laerio iliuzija nėra sparnelių galų padėties poslinkis.

Priešingas efektas stebimas Morinaga paradokse (2 I pav.). Šioje geometrinėje iliuzijoje naudojama trys poros Miulerio-Laerio iliuzijos sparnelių, išdėstytų viena virš kitos su priešingomis kryptimis nukreiptais sparneliais. Šis Morinaga paradoksas gaunamas iš Miulerio-Laerio sparnelių pozicijos kitimo neapibrėžtumo (Morinaga, 1957). Toks pat efektas stebimas ir naudojant Judd iliuzijas, kurios viena virš kitos vaizduojamos, su skirtingomis kryptimis orientuotais sparneliais. Ši geometrinė iliuzija pasižymi tuo, jog gaunamas dvejetainis efektas, kurio rezultatas priklauso nuo to kaip vertinamas objektas.

Eksperimentiškai įrodyta, jog dauguma žvilgsnių būdavo nukreipiami ne į rodyklės kampą, bet toliau nuo jo, priklausomai į kurią pusę būdavo nupiešti rodyklės sparneliai. Tai galima paaiškinti tuo, jog regos sistema stengiasi gauti kuo daugiau informacijos.

Greiti akies judesiai, šokant nuo vieno taikinio ant kito, vadinami sakadiniais arba šuoliniais akių judesiais. Šie akių judesiai yra ganėtinai tikslūs, bei svarbiausia labai greiti. Šuolio metu gauta informacija gali pakoreguoti šuolio trajektoriją.

Sensomotorinei sistemai reikia skirtingos informacijos nei regos sistemai, t.y. sensomotorinei sistemai reikalinga erdvinė koordinačių sistema, o regos sistemai pakanka plokštuminės koordinačių sistemos. Sensomotorinė sistema yra inertiška ir žymiai lėtesnė negu regos sistema. Dėl to, vykdant tyrimus su ranka ir regos sistema, pastebėta, jog su regos pagalba rankos judesiai beveik nedaro klaidų, bet tik apribojus regą, pastebimos klaidos.

Dauguma mokslininkų kaip Lester, Smith, Gillam geometrinių figūrų sukeliamas iliuzijas priskiria žmogaus psichologijai. Kita grupė mokslininkų kaip Restle, Bross teigia, jog žmogaus sistemai būdingas adaptyvumas (Bulatov, 2006). Populiari ir informacinio svorio teorija, kuri pagrįsta grįžtamaisiais ryšiais. Joje iliuzijos efektą sukelia polinkis kreipti akies žvilgsnį į geometrines figūras daugiausiai informacijos nešančią vietą (Bulatov, 2008).

Anksčiausiai pateiktoje hipotezėje, kurią siūlo Levis, Pieron, Miuler-Layer, Miulerio-Laerio iliuzija aiškinama kaip dviejų skirtingų vaizdo savybių – vaizdo ryškumo ir vaizdo išplaukimo rezultatas (Surkys, 2007).

Gregory, nagrinėjęs geometrines iliuzijas, teigia jog suvokime paklaidos atsiranda dėl geometrinių detalių, kurios gali sudaryti gylio ar tolio pojūtį. Jo iškelta hipotezė padeda pagrįsti

kitas hipotezes, kurios teigia, jog geometrinės figūros turinčios gylio požymių, sukelią iliuzijos efektą.

Geometrinės iliuzijos aiškinamos ir adaptacijos hipoteze, kuri paremta palyginimu, jog ilgio palyginimui galioja tiesinė priklausomybė nuo objekto dydžio ir tiesiškai priešinga adaptacijos stiprumui (Surkys, 2007).

Svorio centro teorija pagrįsta tuo, jog regos sistema nevalingai stengiasi nukreipti žvilgsnį ten, kur yra daugiau informacijos. Ši teorija naudojama su grįžtamuju ryšiu.

Dalis mokslininkų geometrines iliuzijas aiškina pasitelkdami žinias apie nervų sistemos anatominę sandarą, bei skirtingas jos dalių veikimo principus. Béla Julesz (1971) savo atliktuose tyrimuose gavo, jog iliuzijos gaunamos, net kai vaizdas tiriamajam pateikiamas atskirais vaizdo fragmentais. Šiuo atveju galutinis vaizdas suformuojamas smegenyse (vaizdo apdorojimo centruose) (Bulatov, 2006).

Ginsburg (1979) siūlė hipotezę, jog vaizdo dydis iškraipomas, atliekant filtraciją smegenų žievės kanaluose (Bulatov, 2006). Filtracija pati, kaip procesas, sukelia iškraipymus.

Oppel-Kundt ir Miulero-Laerio geometrinių iliuzijų stiprumas priklauso nuo objektų dydžio, spalvos, ryškumo (Bross, Dworkin, 1998).

Daugybė mokslininkų siūlė savo teorijas, hipotezes bei koncepcijas, tačiau nei vienas iš jų nepasiekė norimo rezultato. Dažnai gaunami rezultatų duomenys neatitinka teorinių modelių duomenų, kai kuriais atvejais neturi praktinio pritaikomumo. Tarp mokslininkų nesutariama ir dėl tikslaus geometrinių iliuzijų atsiradimo modelio.

Miulero-Laerio iliuzijos tyrimai Lietuvoje

Pirmieji Miulero-Laerio iliuzijos tyrimai Lietuvoje atlikti Kauno medicinos universiteto Biologijos katedroje 1990 metais. Šiais tyrimais buvo siekiama iširti regos sistemos veikimo principus, pasitelkiant geometrines iliuzijas (Surkys, 2007).

Tiriant Miulero-Laerio iliuzijų stiprumą, buvo keičiami geometrinės iliuzijos parametrai: atkarpos ilgis, kampas tarp sparnelių, linijų ryškumas, sparnelių ilgiai, pateikimo trukmė. Kiti tyrimai atlikti keičiant Miulero-Laerio iliuzijos struktūrą (panaikinama atkarpa ir t.t.) (Surkys, 2007).

Iš anksčiau atliktų tyrimų nustatyta jos Miulero-Laerio iliuzijos sukeliama paklaidos tiesiškai priklauso nuo Miulero-Laerio iliuzijos atkarpų ilgio, taip pat sparnelių dydžio. Geometrinės iliuzijos stiprumas kinta nuo 20 % iki 30 %, priklausomai kaip kinta atkarpos ilgis. Taip pat iš atliktų tyrimu matyti, jog rezultatai priklauso nuo tiriamųjų, jų fiziologinių ir kitų

aspektų. Dėl šių aspektų rezultatai gali skirtis nuo 200 % iki 300 %. Bet atliktuose tyrimuose matomos aiškios tendencijos, jog geometrinės iliuzijos sukelia iliuzijos efektą (Bulatov, 2006).

Tyrinėjant Oppel-Kundt geometrinę iliuziją gauta, jog iliuzijos stiprumas tiesiškai priklauso nuo brūkšnelių kiekio – kuo daugiau brūkšnelių, tuo iliuzija stipresnė. Gautuose rezultatuose matoma, jog stipriausia iliuzija pasiekama esant 12 brūkšnelių. Šiai iliuzijai neturėjo įtakos jos geometrinis dydis. Naudotos ir Oppel-Kundt geometrinių iliuzijų modifikacijos, taškai ir dėmės. Šie tyrimai parodė, jog iliuzijos stiprumui nesvarbūs brūkšnelių ilgiai.

Vienas iš svarbiausių momentų Lietuvos geometrinių iliuzijų tyrimuose buvo superpozicijos pritaikymas iliuziniams vaizdams. Pasitelkiant naują metodiką buvo atliekami tyrimai su Miulerio-Laerio iliuzija. Eksperimentams buvo paimamos dvi Miulerio-Laerio iliuzijos, kurios skyrėsi savo sparnelių kryptimi bei ryškumu. Geometrinių figūrų ilgiai bei viršūnės buvo identiški. Tyrimas atliekamas, keičiant vienos figūros ašinės linijos ilgį, kontrastą, sparnelių tarpusavio kampą, jų ilgį. Antroji iliuzinė figūra naudojama kaip etalonas (Surkys, 2007).

Lietuvoje buvo atlikti tyrimai su skirtingai pateikiamomis geometrinėmis iliuzijomis. Buvo atliekami tyrimai, kai vienai akiai buvo pateikiami sudėtiniai vaizdai (monooptinis vaizdas). Taip pat buvo atliekami tyrimai, kai skirtingos geometrinės figūros (dichoptinis vaizdas) rodomos į skirtingas akis tuo pačiu laiko momentu. Antruoju atveju regos sistema susieja abi geometrines figūras į vieną bendrą figūrą (Bulatov, 2005).

Lietuvoje atliktais ryškumo įtakos tyrimais patvirtinta jog Oppel-Kundt ir Brentano geometrinių iliuzijų stiprumas tiesiogiai priklauso nuo jų ryškumo.

Bandymai buvo atliekami, panaudojant abi Oppel-Kundt iliuzijas. Ji naudojama kaip pagrindinė iliuzija, Brentano iliuzija, naudojama kaip pagalbinė iliuzija. Tyrime, manipuliuojant geometrinės iliuzijos ryškumu, gauta, jog kai abu iliuzijų vaizdai vienodai ryškūs, gauta stipriausia iliuzija ir atvirkščiai. Iliuzija dingsta, kai pagrindinė iliuzija pasidaro fono spalvos (Surkys, 2007).

Tyrimuose su monooptiniais vaizdais, kur tiriamos Miulerio-Laerio iliuzijos, buvo manipuluojama sparnelių ilgiais, bei kampu tarp jų. Gauti duomenys rodo tiesioginę priklausomybę tarp dydžio ir iliuzijos stiprumo (Surkys, 2007)

Iliuzijų stiprumas nepriklauso nuo vertikalios atstumo (Bulatov, 2005).

Dydžio suvokimui tirti taip pat buvo naudojamos Miulerio-Laerio ir Oppel-Kundt iliuzijos, tyrimo metu Miulerio-Laerio iliuzijos galai buvo su dvigubais kampais, o atkarpos tarp jų nebuvo. Oppel-Kundt geometrinė iliuzija buvo sudaryta iš dešimties dėmių (Bertulis, 2003).

Gautose rezultatuose su Miulerio-Laerio ir Oppel-Kundt iliuzijomis matoma jog didžiausias iliuzinis efektas pasiekiamas kai geometrinės iliuzijos vidinis kampas yra apie 180

laipsnių. Papildomais tyrimais buvo tirta ir horizontalių ir vertikalų iliuzijų įtaka, buvo keičiamas ir geometrinės figūros ilgis (Bertulis, 2003).

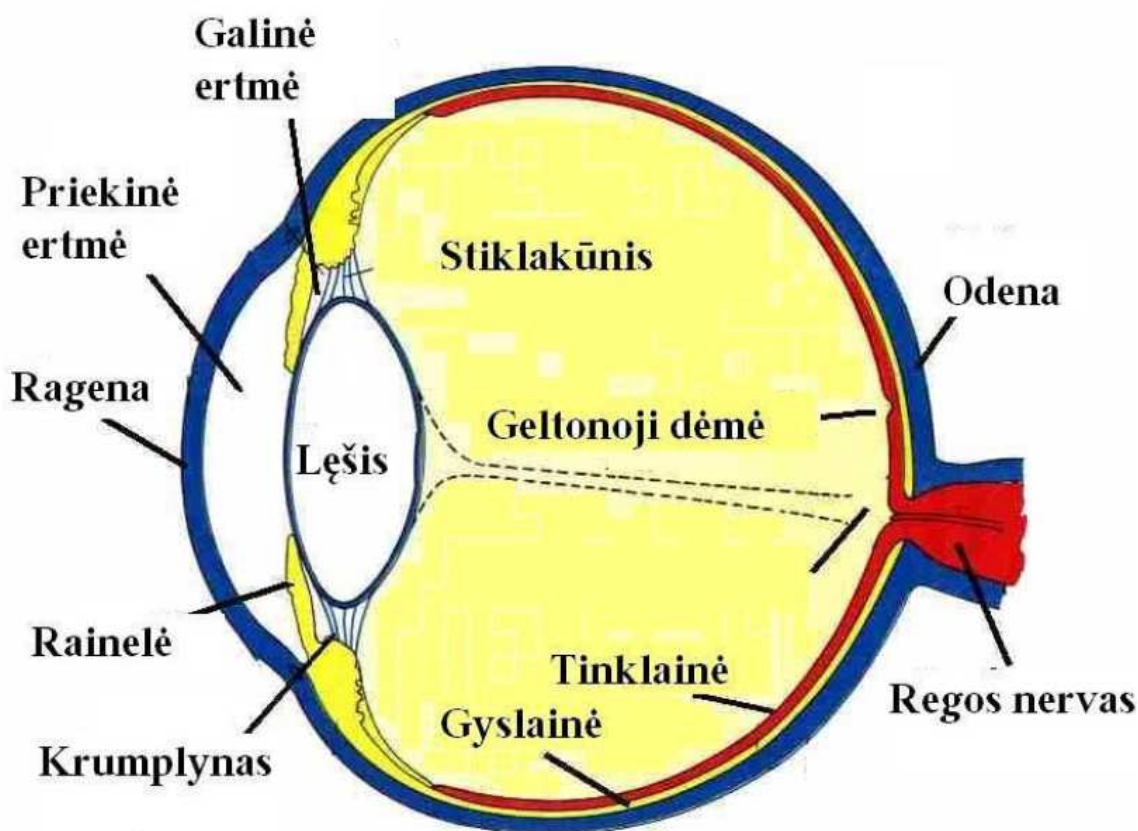
Iš gautų eksperimento duomenų, kurie atlikti su Opper-Kundt ir Miulerio-Lajerio geometrinėmis figūromis galima teigti, jog žmogaus regos sistemos paklaidos priklauso nuo anizotropijos (Surkys, 2007).

Lietuvos mokslininkai atlikinėjo tyrimus ir su kitomis geometrinėmis iliuzijomis, kur į vienas geometrinės figūras įbrėžtos kitos, pavyzdžiui (2 B pav.). Jų į apskritimą įbrėžtas trikampis, todėl apskritimo kraštai atrodo išsipūtę į šonus. Šio tipo iliuzijose galima išvelgti ir Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos bruožų, tačiau dar iki galo nėra išsiaiškinta, ar tai gali turėti įtakos geometrinės formos supratimui (Gustautas, 2005).

REGOS SISTEMA IR AKIŲ JUDESIŲ TIPAI

Regos sistema

Regos sistema sudaryta iš akies (3 pav.) į smegenis įeinančio regos nervo, kuris savo ruožtu yra smegenų dangalo tęsinys, regos žievės, regos raumenys.

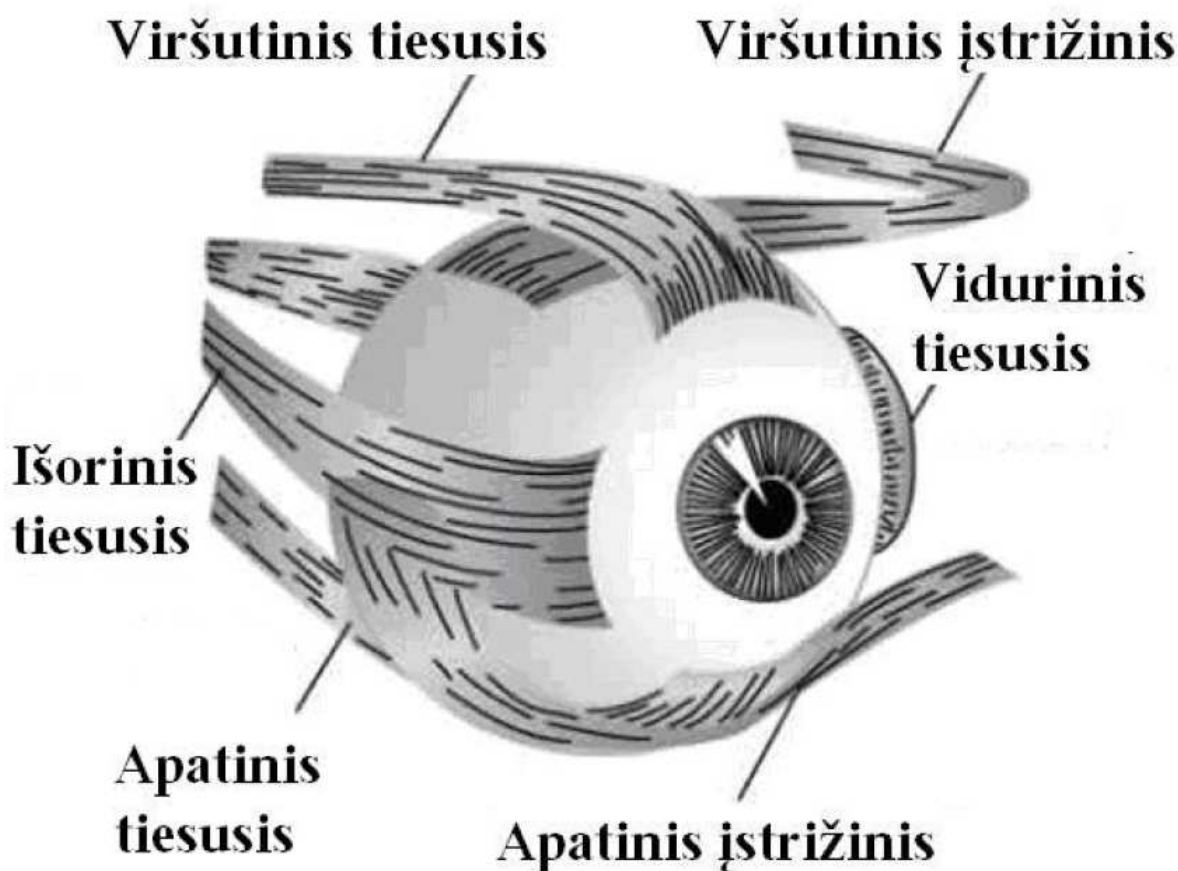


3 pav. Anotominė akies sandara

Stiklakūnis – akies vidų pildanti skaidri masė, reikalinga akies formos palaikymui. Lęšiukas reikalingas vaizdo akomodacijai. Jis keisdamas savo dydį, keičia praleidžiamos šviesos fokusavimo tašką. Gyslainė reikalinga akies audinių maitinimui bei temperatūros palaikymui. Tinklainėje fokusuojamas vaizdas. Ragenoje vyksta ateinančios šviesos laužimas. Ji veikia kaip glaudžiamasis lęšis. Geltonoji dėmė – tai tinklainės dalis, kur yra daugiausiai receptorių. Šioje vietoje gaunamas geriausias vaizdas. Rainelė – tai raumeninis žiedas, atsakingas už šviesos srauto, kuris patenka į akį kiekį.

Kita labai svarbi regos sistemos dalis, tai raumenys, valdantys akies obuolį. Akies raumenys pateikti (4 pav.).

Regos žievėje atliekamas gauto vaizdo apdorojimas, būtent regos žievėje gaunamas mūsų suvokiamas vaizdas.

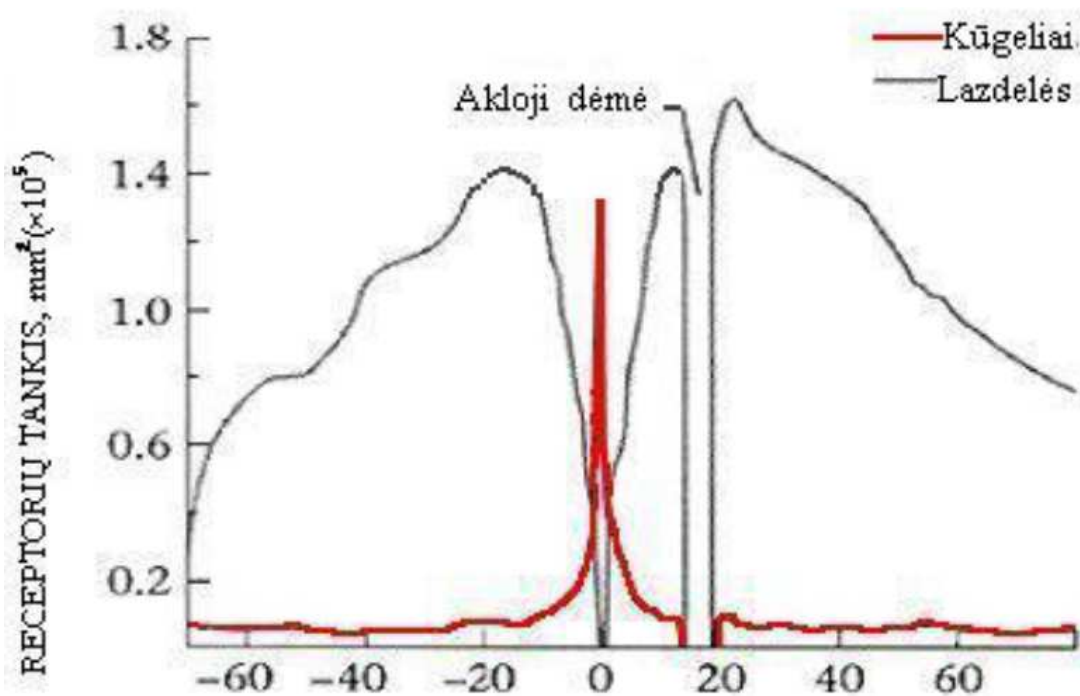


4 pav. Akies raumenys

Kalbant apie regos sistema, kaip apie informacijos gavimo sistemą, reikia atsižvelgti į tai, jog sveikas žmogus per regą gauna 90 % visos jį supančios informacijos kiekio. Regos sistema žmogui padeda orientuotis aplinkoje, pažinti pasaulį, bei mokytis. Regos sistemos veikimas paremtas gautos informacijos ir kitų svarbių parametrų analize. Todėl nenuostabu, jog šitai informacijai apdoroti pasitelkiama didelė dalis smegenų. Šios dalys gauna informacija tiesiogiai per smegenų dangalą. Mūsų regos sistema padeda lengvai suvokti aplink mus esantį trimatį vaizdą. Vaizdą matome dėl atspindžių, tiksliau dėl šviesos atsispindėjimo nuo aplink mus esančių daiktų. Akių judesių amplitudė yra ganėtinai apribota, tačiau į pagalbą pasitelkiame visą kūną. Visur išlaikoma proporcija, pavyzdžiui akių judesiai labai greiti apie 100 Hz, tačiau akų regėjimo laukas sąlyginai mažas, panaudodami galvos judesius, kurie yra žymiai lėtesni už akių judesius, bet pasukus galvą, gauname daugiau informacijos. Tas pats galioja ir su viso kūno padėties keitimu.

Mūsų regos sistema jau akyje formuoja pirminį vaizdo apdorojimą, tai vaizdo apskimas ir sumažinimas. Akis nukreipiama į viena dėmesio centrą.

Regos sistemos pagrindas yra receptoriai, esantys akies obuolyje. Tiksliau, šie receptoriai yra išsidėstę tinklainėje. Receptoriai tinklainėje pasiskirstę netolygiai, pavyzdžiui geltonojoje dėmėje yra didžiausias jų skaičius, o aklojoje dėmėje jų beveik nėra. Taip pat skirtingas lazdelių ir kūgelių išsidėstymas. Kūgelių daugiausiai yra centrinėje duobutėje. Lazdelių didžiausia koncentracija pasiekama nutolus nuo centrinės duobutės apie 20 laipsnių. Šis receptorių pasiskirstymas matyti 5 paveikslėlyje (Lipps, 2004; Blužienė, 2005; Lašas 1954).



5 pav. Receptorių pasiskirstymas apie centrinę duobutę (Lipps, 2004).

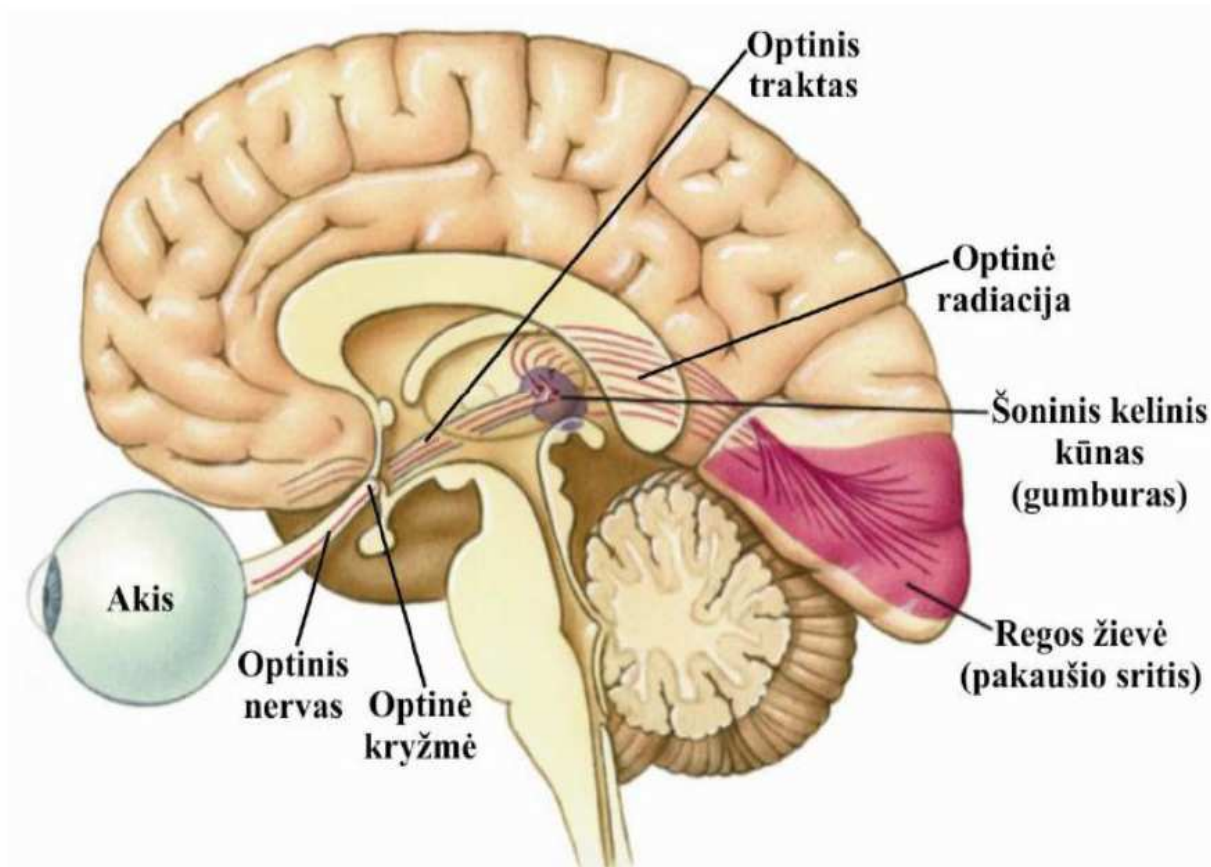
Taigi, pagal kūgelių pasiskirstymą matome, jog vaizdai užtenka nutolti keletą laipsnių į šoną, kad regėjimo aštrumas sumažėtų iki 90 %. Būtent dėl to akies judesiai yra tokie greiti. Jų pagalba dominantis vaizdas visada maksimaliai formuojamas į centrinę duobutę. Akių judesiai generuoja 1^o paklaidas, bet puikiai išlaiko fokusavimą į centrinę duobutę, šiam tikslui panaudojama daugybė CNS zonų (Lašas, 1954).

Pagal receptorių išsisklaidymą galima išskirti keletą regėjimo modelių, tokius kaip centrinis regėjimas, periferinis regėjimas, erdvinis regėjimas, spalvos jautimas, šviesos jautimas.

Centrinis regėjimas susidaro geltonojoje dėmėje, kuri yra išskirtinė dėl to, jog ten gausu kūgelių. O likusioje tinklainėje vyrauja lazdelės, kurios sužadamos paveikus net labai silpna šviesa. Lazdelės jautresnės judesiams bei vaizdo mirgėjimams, dėl to lazdelės atsakingos už periferinį regėjimą. Šios sistemos veikimas ganėtinai paprastas, pavyzdžiui atsiradus kokiam nors

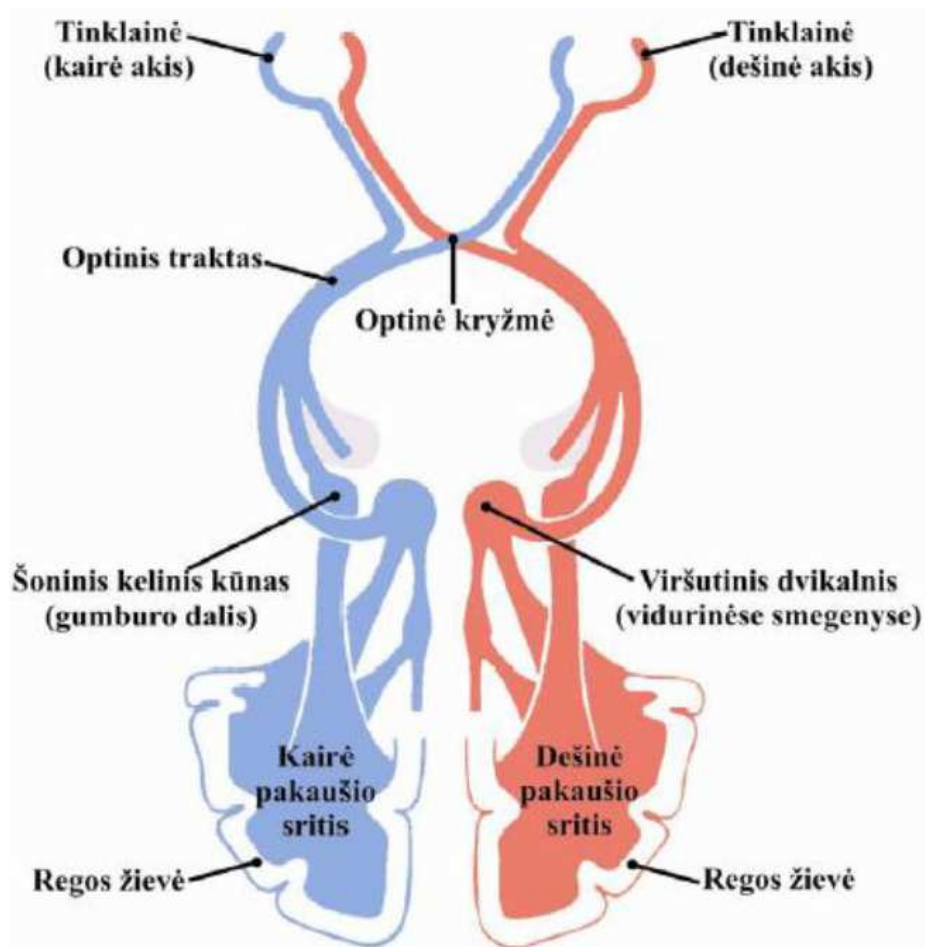
dirgikliui periferiniame regėjime, tuo pat vyksta akių judesiai, kuriais dirgiklis perkeliamas į centrinį regėjimą, su kurio atliekamas dirgiklio indentifikavimas, bei vaizdas perduodamas tolimesnei analizei į smegenis. Regos laukas – visas matomas vaizdas, kuris fiksuojamas tinklainėje (Kėvelaitis, 2006).

Vaizdo perdavimas pavaizduotas 6 paveikslėlyje. Šiame paveikslėlyje matome vaizdo kelią nuo akies iki smegenų žievės. Vaizdas tinklainėje perduodamas vertikaliais ir horizontaliais neuronų keliais.



6 pav. Vaizdinės informacijos perdavimo kelias

Šviesa patekusi į akį patenka į tinklainę, iš tinklainės neuroniniais tinklais perduodama regos nervu į smegenų dangalus iš kurių toliau keliauja į smegenų žievę. Aksonai kurie sudaro regos nervus eina iki optinės kryžmės. Iš ten atėję signalai sukeičiami vietomis, iš kairios akies signalas siunčiamas į dešinįjį pusrutulį, o iš dešinės akies signalas keliauja į kairįjį pusrutulį. Iš optinės kryžmės signalai keliauja neuronais toliau į šoninį kelinį kūną. Visi vaizdiniai signalai iš centrinio regėjimo lauko patenka į regos žievės išorines dalis, o iš periferinio regėjimo į vidinius sluoksnius (Kėvelaitis, 2006).



7 pav. Vaizdo projekcija

Vaizdo detalus atpažinimas vyksta jau smegenyse. Momeninėje smegenų dalyje nustatoma vaizdo vieta, bei santykis su erdvine aplinka. Smegenų sritys atsakingos už judančių vaizdų suvokimą, bei akių judesius, perkelia duomenis iš išorinių sluoksnių informacija į smegenų kamieną. Smilkininėje smegenų dalyje vyksta objekto formų atpažinimas bei jų priskyrimas tam tikrai kategorijai (Kėvelaitis, 2006).

Laikoma jog rega tai viena iš sensomotorinių žmogaus sistemų, kuri teikia daugiausiai informacijos. Evoliucijos metu atsiradęs geras centrinis regėjimas, ir dėl jo greiti akių judesiai, kurie padeda greitai sukcentruoti žvilgsnį. Dėl to regos sistema gali būti laikoma tiek turinti gerą sensorinę, tiek motorinę savybes sistema (Laurutis, 2010).

Akių judesių tipai

Akis yra vienas iš judriausių žmogaus organų. Akis juda beveik visą laiką tiek ilsintis, tiek dirbant. Akies judesių dažnis vidutiniškai būna apie 100 Hz. Akis beveik visada nukrypsta į šonus, kai fiksuojamas pastovus vaizdas, akis visą laiką juda taip, jog projekcija būtų būtent į šią

vieta. Akių judesiai svarbūs vertinant vaizdus. Regos sistema organizuota taip, jog gautų geriausią vaizdą bei daugiausiai informacijos, be to akies judesiais kompensuojamas taikinio judėjimas (Daunys, 1999).

Ilgą laiką buvo manoma jog akių judesiai reikalingi tik taikinio arba kūno judesių kompensavimui, tik vėliau išsiaiškinta jų svarba regos suvokimui. Akis juda mikrojudešias, nes nejudantis objektas tampa nematomas po keleto sekundžių, tai „tuščio lauko“ fenomenas. Žmogaus akis gali išsvystyti maksimalų 700 laipsnių per sekundę greitį, bei vidutiniškai padaryti apie šimtą tūkstančių judesių (Daunys, 1999).

Akys gali judėti trimis kryptimis, vertikaliai, horizontaliai, ir posūkiams apie regėjimo ašį (Carpenter, 1988).

Regos sistemai atliekant įvairius veiksmus, iš gautų duomenų matyti jog daugumą akių judesių galima klasifikuoti į tam tikras grupes, pagal tam tikrus požymius (Robinson, 1981; Carpenter, 1988).

Akių judesiai grupuojami į penketą grupių:

1. Šuoliniai arba sakadiniai akių judesiai – refleksiniai arba sąmoningi;
2. Sekamieji akių judesiai;
3. Vestibulo-okuliariniai akių judesiai – kompensuojamieji;
4. Optokinetinės nistagmos;
5. Vergentiniai akių judesiai – bendras žvilgsnio nukreipimas.

taškas (Lašas, 1965).

Akis veikianti kaip optinė sistema, kuri sukuria vaizdo projekciją į tinklainę. Tankiausiai receptoriai išsidėstę geltonojoje dėmėje kuri dar vadinama fovea.

Šuoliniai arba sakadiniai akių judesiai

Šuoliniai arba sakadiniai akių judesiai vyksta labai greitai, dar vadinami balistiniais. Šie akių judesiai gali atsirasti reflesiškai į aplinkoje atsiradusį dirgiklį, taip pat ir sąmoningai kai apžiūrinėjamas objektas arba pavyzdžiui skaitant tekstą. Akių judesiai miegant yra refleksiniai (Martizen-Conde, 2004; Carpenter, 1988).

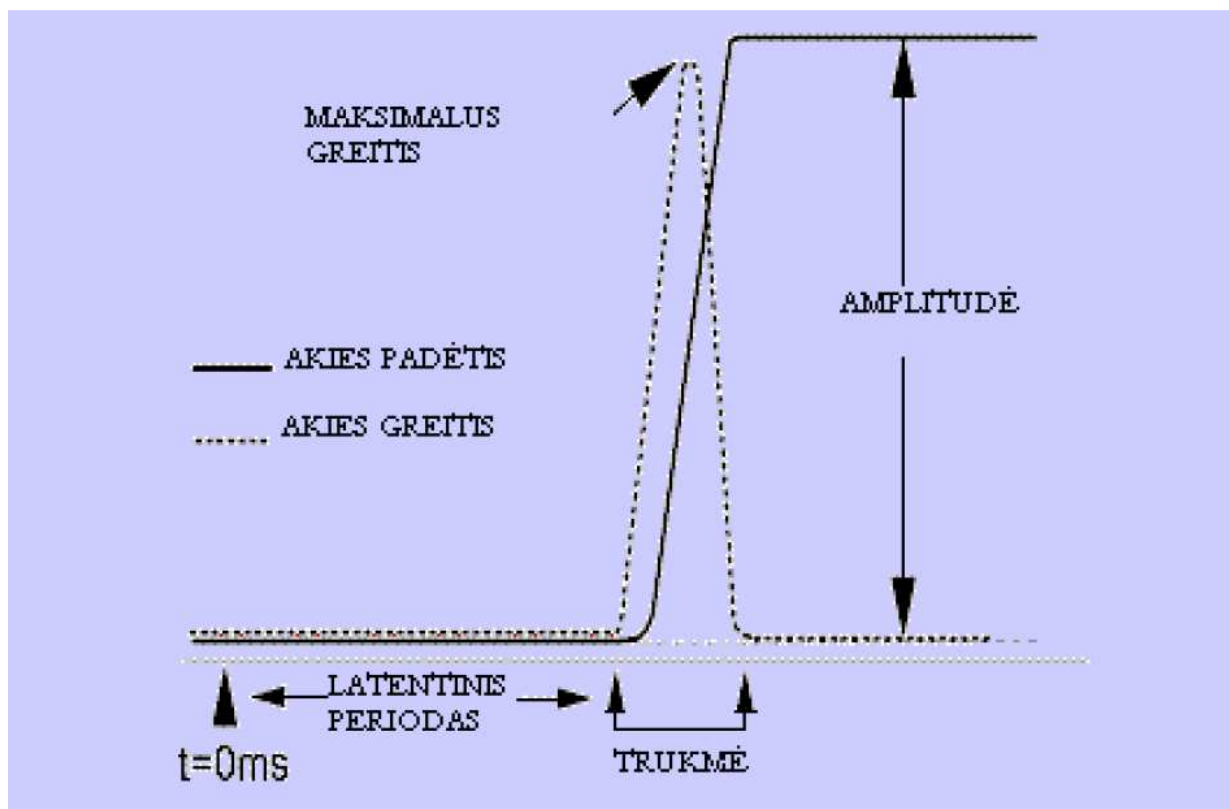
Šie akių judesiai dažniausiai sutinkami eksperimentuose, juos labai lengva identifikuoti. Šie judesiai perkelia žvilgsnį taip jog jis būtų tiesiai prieš fovea (Daunys, 1999).

Sąmoningus šuolinius akių judesius kontroliuoja priekinėje smegenų dalyje esantys motoriniai laukai. Sutrikus šiam procesui, sutrinka žvilgsnio perkėlimas iš vieno taško į kitą.

Šuolinį akies judesį stimuliuoja vaizdo padėties kitimas. Vykstant vaizdo poslinkiui, regos sistema reaguoja atlikdama šuolinį akies judesį, bet pirma vyksta kiti veiksmai:

- a) Parenkamas šuolio startas;
- b) Parenkamas šuolio greitis;
- c) Apkaičiojamas šuolio atstumas.

Šuolinio akies judesio parametrų paaiškinimas 8 paveiksle.



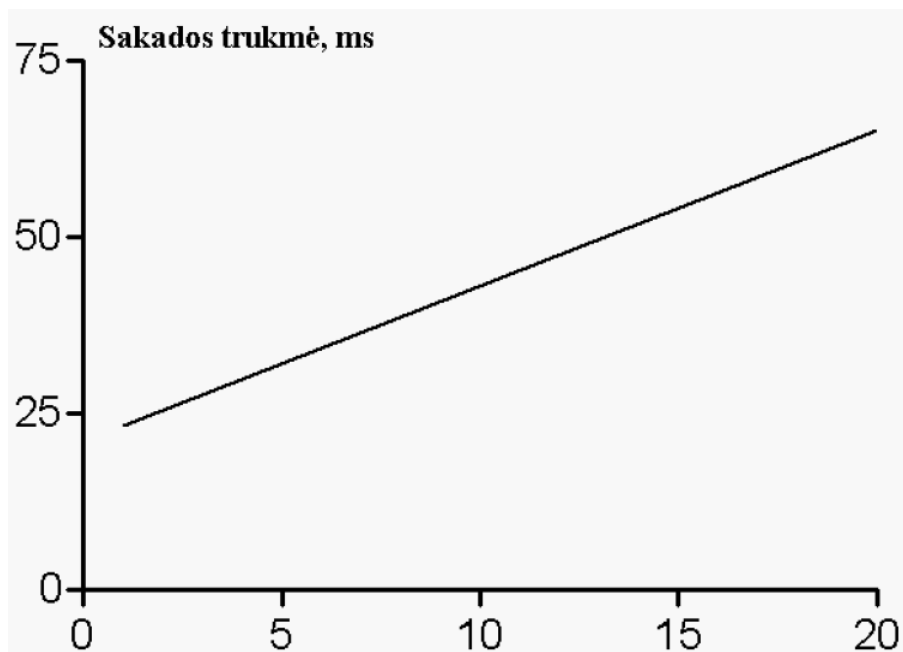
8 pav. Šuolinio akies judesio pagrindiniai parametrai (Cromer, 2006)

Amplitudė yra pagrindinis šuolinio akies judesio parametras, matuojamas laipsniais. Pagal amplitudę, šuoliniai akių judesiai gali būti skaidomi į pirmines ir antrines sakadas. Pirminės sakados dažniausiai būna gerai matomos, antrinės dažniausiai pasireiškia kaip korekcinės sakados.

Šuolio greitis tai koku greičio perkeliamas žvilgsnis iš vienos vietos į kitą. Greičio pikas pasiekiamas šuolio viduryje. Tarp greičio ir amplitudės yra tiesinė priklausomybė.

Šuolio trukmė parodo kiek laiko truko šuolis. Trukmė lengvai gaunama iš greičio. Šuolinių akių judesių trukmė apie 30 – 70 milisekundžių (Carpenter, 1988).

Šuolio trukmės logaritminė priklausomybė 9 paveikslas.



9 pav. Šuolinio akių judesio trukmės ir amplitudės priklausomybė

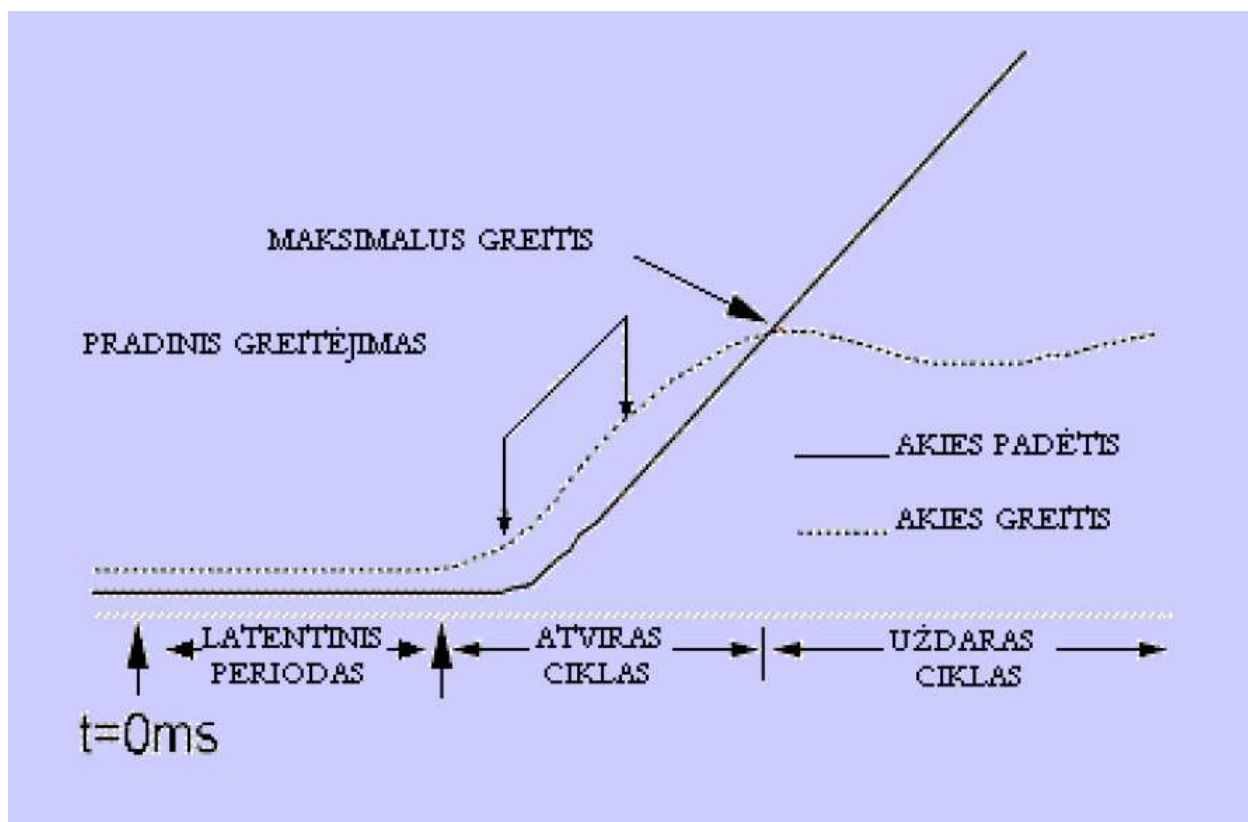
Latentinis periodas – tai laikas per kurį apskaičiuojami šuolio parametrai, nuo vaizdo pasirodymo.

Sekamieji akių judesiai

Regos perimetre atsiradus judančiam vaizdai, iš pradžių atliekami šuoliniai akių judesiai, tam kad būtų užfiksuotas vaizdas. Po to jei neviršijamas tam tikras greitis akis gali sekti judantį vaizdą.

Vykstant sekamiesiems akių judesiams smegenų centrai apskaičiuoja sekimo greitį. Sekamieji akių judesiai yra žymiai lėtesni už šuolinius akių judesius.

Sekamieji akių judesiai sunkiai išmatuojami. Sekamieji akių judesiai turi dvi pagrindines dalis tai starto ir palaikymo dalys.



10 pav. Sekamieji akių judesiai

Pradinio pagreitėjimo metu akis stengiasi pasivyti taikinį. Maksimalus greitis gaunamas kada akies greitis viršija taikinio greitį. Latentinis periodas tai laikas tarp sekimo pradžios ir vaizdo pasirodymo (Carpenter, 1988).

Vestibulo-okuliariniai akių judesiai

Vestibulookuliariniai akių judesiai pasireiškia stabilizuojant akis, galvos judesių atžvilgiu. Veikimo principas labai paprastas, pavyzdžiui galvai pasisukus į kairę, akys pasisuka į dešinę pusę tiek kad būtų išlaikoma žvilgsnio fiksacija į tą patį tašką. Šie akių judesiai pasireiškia refleksiškai (Carpenter, 1988).

Galvos padėtis nustatoma pasitelkiant vestibuliarinį aparatą. Vestibuliarinis sensorius per smegenis siunčia signalą akies raumenims, taip įvyksta akie posūkis.

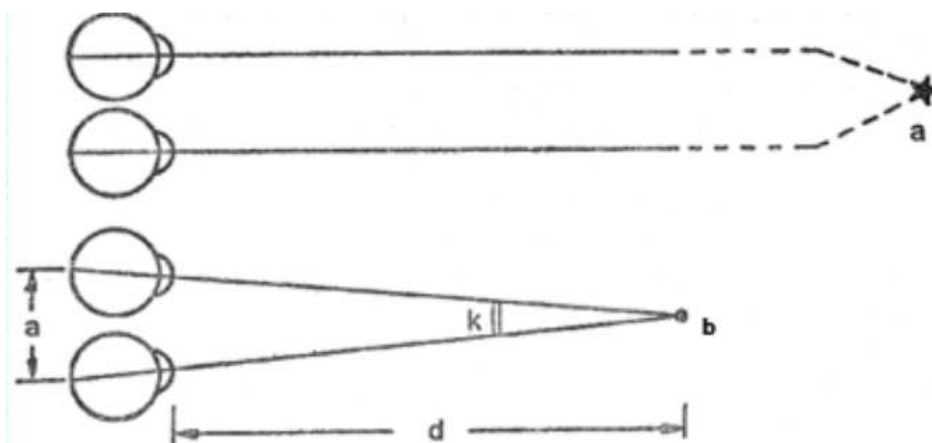
Optokinetinės nistagmos

Optokinetinės nistagmos tai akių judesiai atsirandantys judant galvai arba aplinkai galvos atžvilgiu. Nistagmos tai tam tikra seka pasikartojantys akių judesiai. Optokinetinės nistagmos atsiranda dėl sekamųjų ir šuolinių akių judesių. Joms būdinga tam tikra tvarka, tai šuolis, tuomet sekimas ir vėl šuolis ir t.t..

Vergentiniai akių judesiai

Vergentiniai akių judesiai tai tokie akių judesiai kai abiejų akių nukreipimas toks pat, tik skiriasi kampas tarp jų. Vergentiniai akių judesiai skirstomi į konvergentinius ir divergentinius judesius kurie savo ruožtu skiriasi kaip perkeliamas žvilgsnis (Lašas, 1965).

11 paveikslėlyje matome pavaizduotą konvergenciją, kai akių žvilgsnis perkeliamas arčiau akių. 11 paveikslėlio a dalyje matome pavyzdį, jog esant dideliame atstumui tarp akių ir taikinio, vergentiniai akių judesiai yra nykstantai maži, b dalyje matome kaip yra skaičiuojamas vergentinių akių judesių konvergencijos kampas.



$$K = \arctg a/d$$

K - konvergencijos kampas išreikštas laipsniais;

a - atstumas tarp akies sukimosi centrų (paprastai tai yra atstumas tarp abiejų akių vyzdžių mm);

d - atstumas nuo akių iki fiksuojamojo objekto mm.

11 pav. Konvergencija

(http://www.bimas.lt/akys/teorija/akies_optika/binokulinis/fuzija.htm)

MIULERIO-LAERIO ILIUZIJOS VERTINIMAS ŠUOLINIAIS AKIŲ JUDESIAIS

Miulerio-Laerio iliuzijos vertinimas šuoliniais akių judesiais

Eksperimentų atlikimo metodika

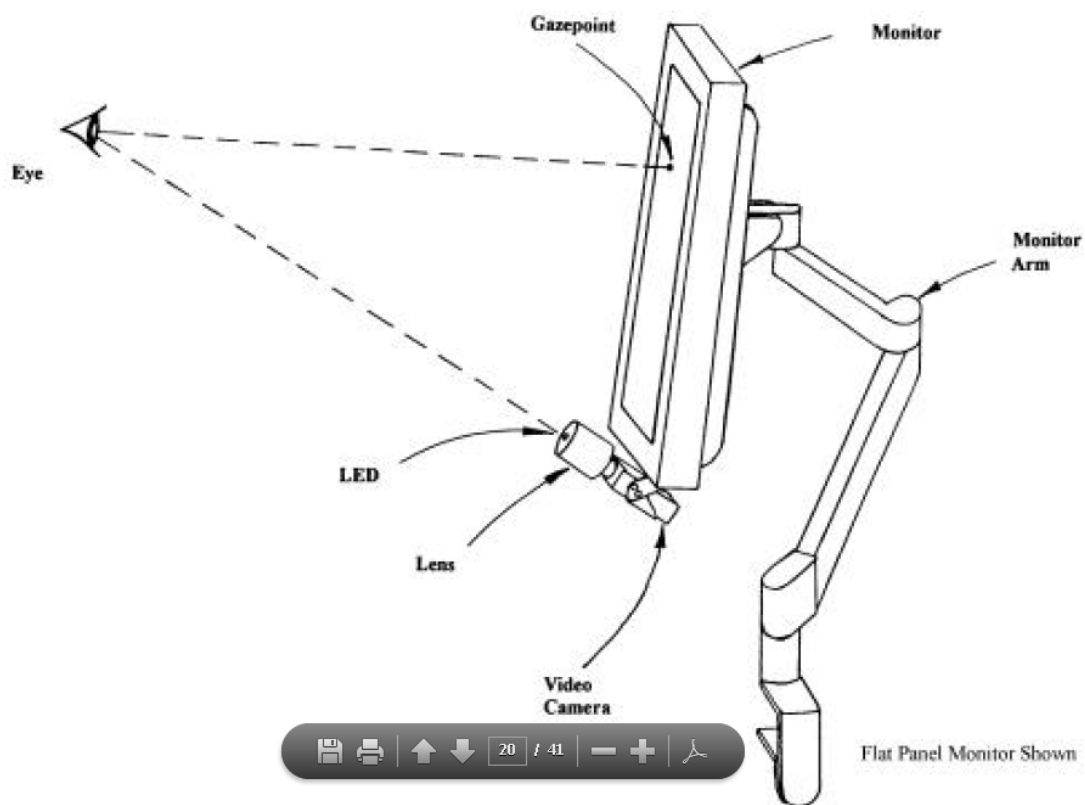
Eksperimente dalyvavo 5 tiriamieji. Jų regėjimo aštrumas buvo lygus 1.0. Prieš prasidedant eksperimentams, tiriamieji pasipraktikuodavo su sistema.

Tyrimai atlikti ŠU Biomedicininės inžinerijos mokslinio centro laboratorijoje. Akių judesiai buvo registruojami *LC Technologies* sukurtu akių judesių registravimo įtaisu *EyeGaze System*.



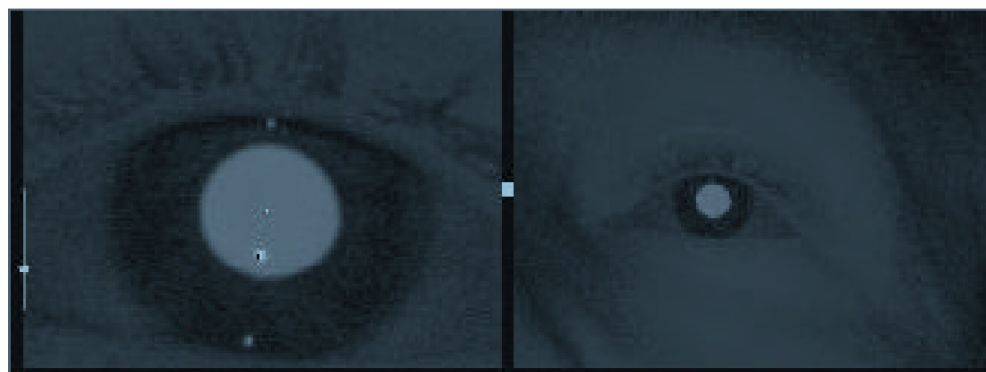
12 pav. EyeGaze sistema

Šią sistemą sudaro dvi kameros, kurios yra pritvirtintos monitoriaus apačioje, jos yra reguliuojamos, t.y. galima pakelti arba nuleisti, pasukti į vieną kampą arba į kitą, kad būtų galima sukalibruoti žmogaus žvilgsnį. Kameros centre yra nedidelis, mažos galios infraraudonųjų spindulių diodas, kuris apšviečia akį. Kompiuteryje įmontuota vaizdo įvedimo plokštė.



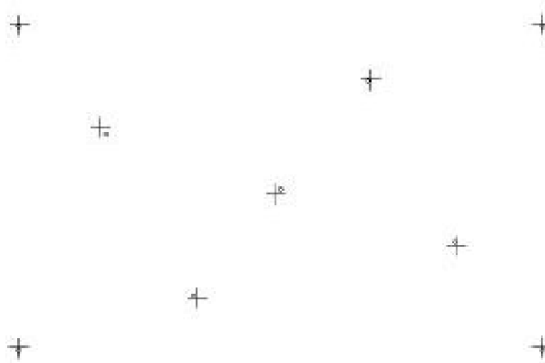
13 pav. Įrenginio sudedamosios dalys

Prietaiso kalibravimas atliekamas automatiškai. Kalibravimo sistema prisitaiko prie tiriamojo greičio, aiškiai užfiksuoja kiekvieną kalibravimo tašką. Toliau sekamas akies judėjimas į kitą tašką.



14 pav. Akys kalibravimo metu

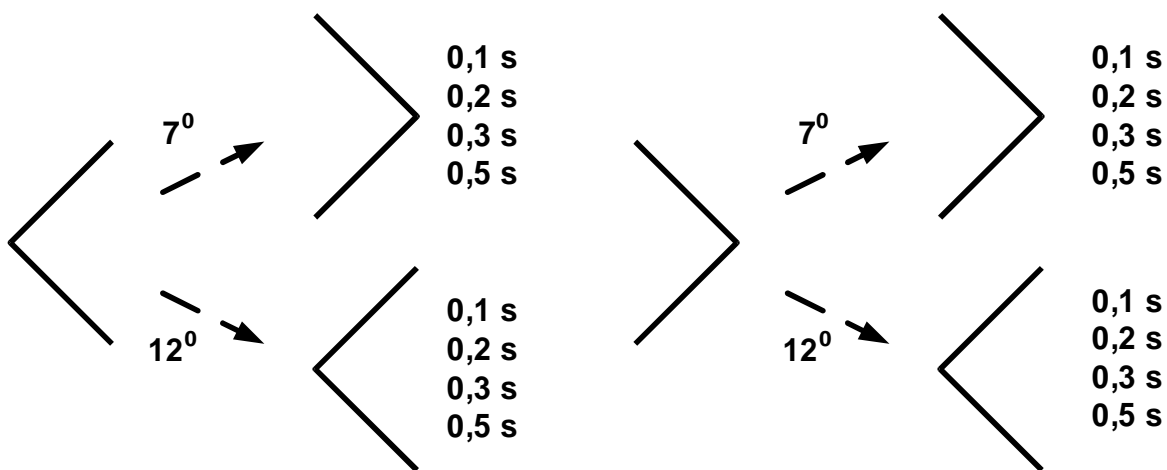
Kalibracijos metu tiriamieji privalo nedaryti jokių galvos judesių.



15 pav. Taškų ir fiksacijų išsidėstymas kalibracijos metu

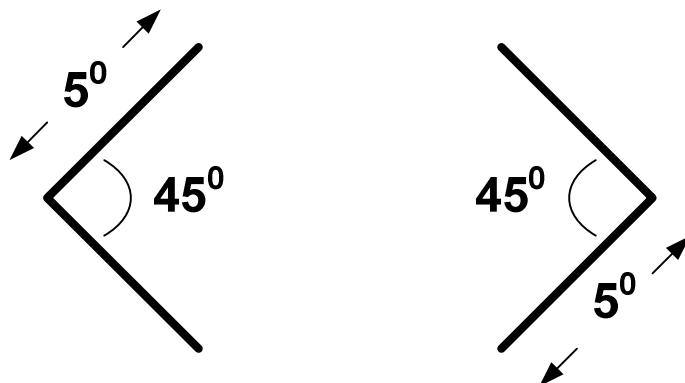
Eksperimento duomenų statistinei analizei ir skaitmeniniam modeliavimui buvo naudojamas programinis matematinis *MATLAB* paketas.

Eksperimento metu tiriamieji monitoriaus ekrane stebėjo dvi figūras, kurios buvo pateikiamos trumpais laiko momentais, viena po kitos, pirmoji Miulerio-Laerio iliuzijos rodyklė rodoma tris sekundes kad tiriamasis gerai išsižiūrėtų, po to ji užgesinama ir pateikiama kita Miulerio-Laerio iliuzijos rodyklė, rodyklės pateikiamos skirtingais laiko momentais nuo 0,1 s iki 0,5 s, ir skirtingu atstumu, 7 ir 12 kampinių laipsnių atstumu.



16 pav. Eksperimento algoritmas

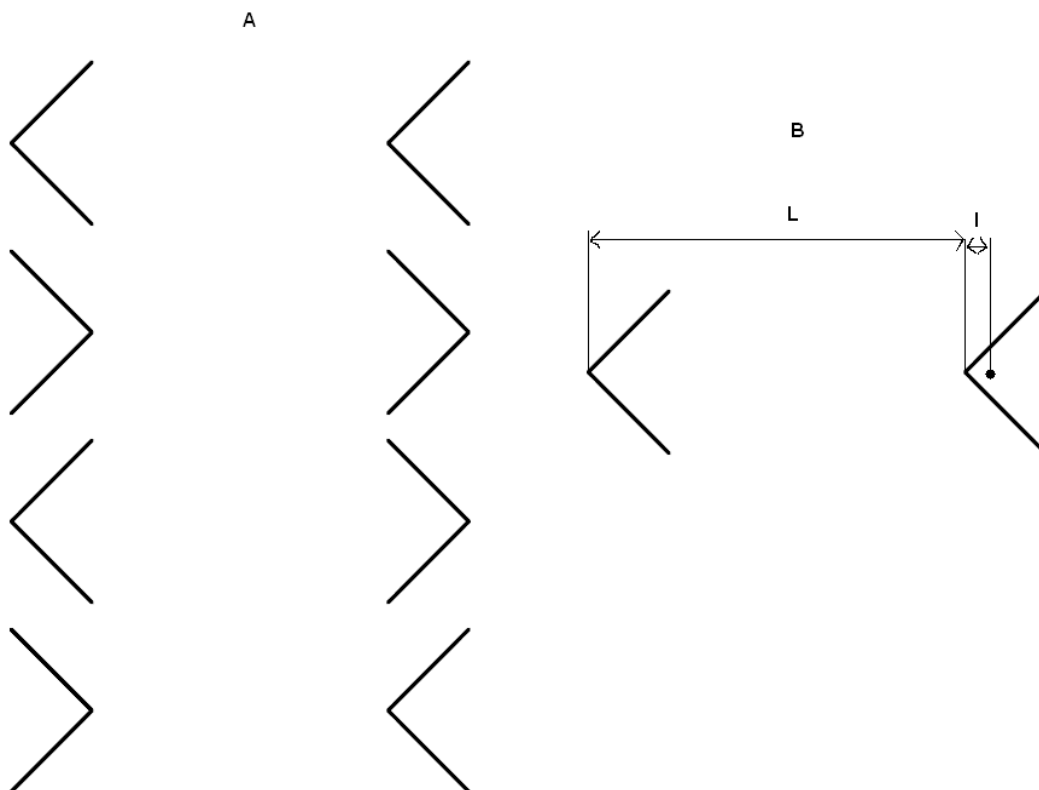
Miulerio – Lajerio figūros sparnelių ilgis taip pat buvo 5 kampiniai laipsniai. Vienas kampinis laipsnis lygus 46 ekrano pikseliams.



17 pav. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos sparnelių parametrai

Tyrimo stimulai pateikiami vienas po kito. Pirma kampinė rodyklė pateikiama 3 sekundes, tuomet užgęsta ir iš karto pateikiama kita kampinė rodyklė, kurios pateikimo laikas yra nuo 0,1 s iki 0,5 s, kampinės rodyklės pateikiamos skirtingais atstumais 7° ir 12° kampinių laipsnių, kampinių sparnelių išsidėstymo tvarka pateikta 18 A paveikslėlyje.

Iliuzijos stiprumas apskaičiuojamas pagal formulę $C=I*100/L$, C - iliuzijos stiprumas procentais, I – skirtumas tarp kampinės rodyklės kampo ir akies pirminės sakados pozicijos vidurkio. L – Ilgis tarp kampinių rodyklių kampų, 18 B paveikslėlis.



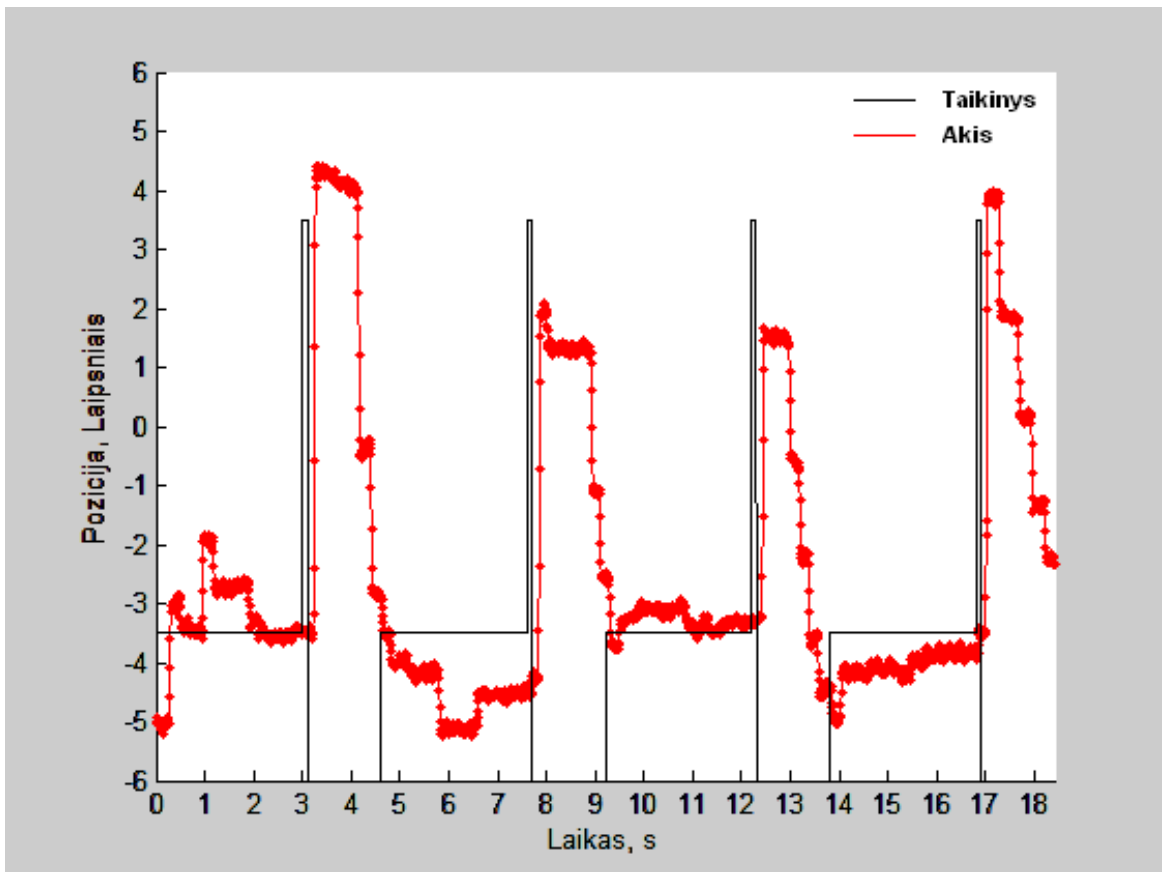
18 pav. A) tyrimo stimulų pateikimo tvarka B) iliuzijos stiprumo skaičiavimo parametrai

Tyrimo rezultatai

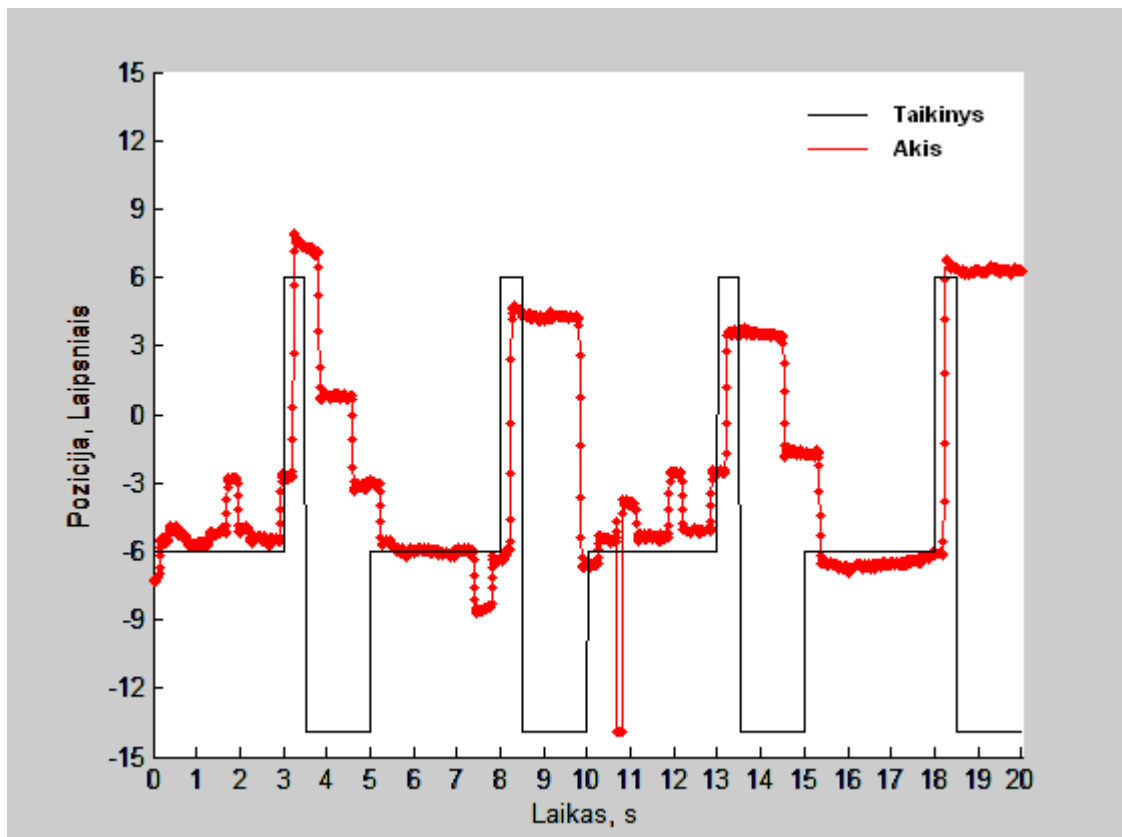
Sakadiniai akių judesiai yra labai svarbus žmogaus regos sistemai. Sakadiniai akių judesiai padeda greitai ir tiksliai perkelti žvilgsnį nuo vieno objekto prie kito. Regos sistema turi dvi grupes šuolinių akių judesių, viena grupė tai sąmoningos sakados – kai žvilgsnis perkeliamas apie tai pagalvojus, kita refleksinės – kai regos sistema pati sureaguoja į atsiradusį dirgiklį. Sakados skirstomos į pirmines sakadas – šuolis kurio metu žvilgsnis perkeliamas netoli taikinio, korekcinės sakados – kai žvilgsnis perkeliamas ant taikinio.

Tyrimo metu bandyta nustatyti kokias paklaidas sukelia Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos šuoliniams akių judesiams. Siekta nustatyti, kaip paveikiamos refleksinės sakados, pateikiant stimulą trumpais laiko momentais.

Paveikslėlyje 19 pavaizduoti šuoliniai akių judesiai, bei taikinio pateikimo laikai. Šiame paveiksle pavaizduoti tik du grafikai kad būtų galima susidaryti tyrimo atlikimo vaizdą. Iš viso tiriamieji privalėjo atlikti po aštuonis tyrimus.



a)



b)

19 pav. a) šuolinių akių judesių trajektorijos esant 7 kampinių laipsnių atstumui ir 0,1 s stimulo pateikimo laikui, b) šuolinių akių judesių trajektorijos esant 12 kampinių laipsnių atstumui ir 0,5 s stimulo pateikimo laikui

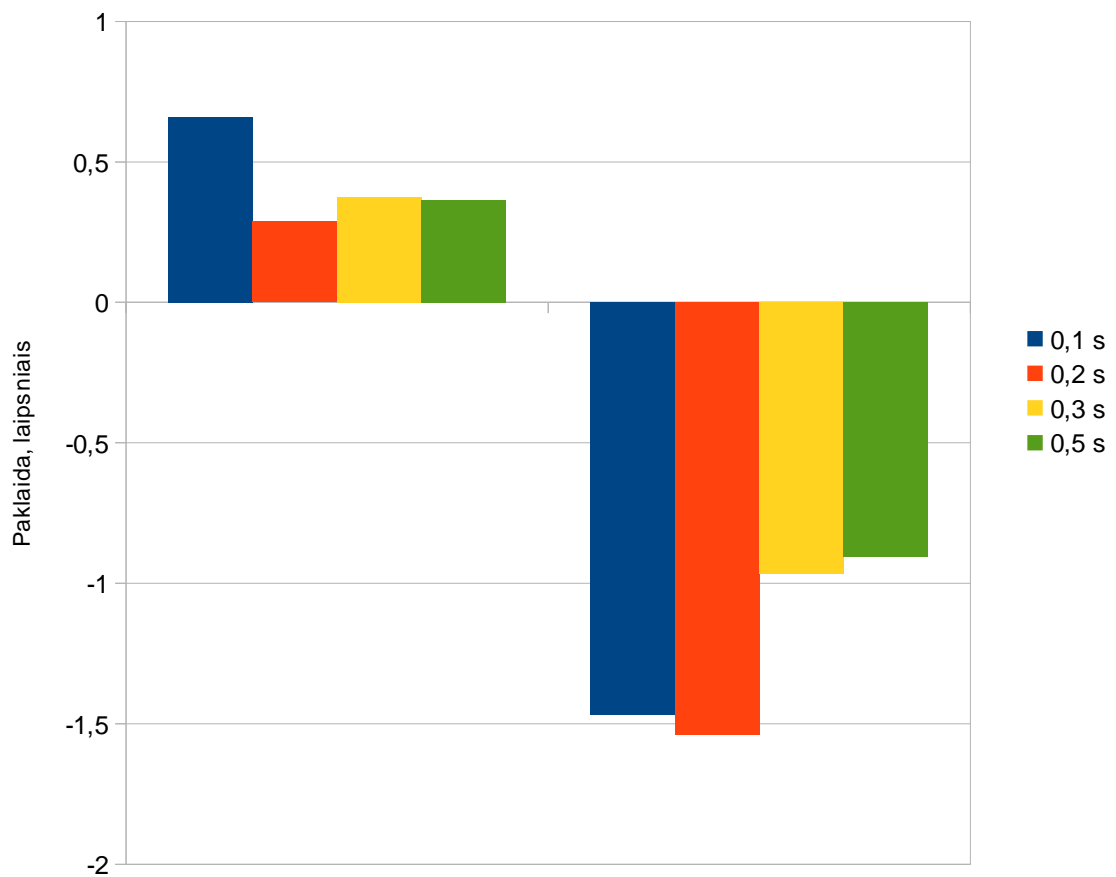
1 lentelėje pateikti visų penkių tiriamųjų duomenys, kaip Miulerio-Laerio iliuzija įtakoja šuolinius akių judesius. Ženklas „<“ ir „>“ rodo prie kokios formos rodyklės buvo gauti rezultatai. Neigiami ženklai parodo jog įvyko nedašokimas iki taikinio, teigiamas ženklas parodo jog šuolis vyko už taikinio. Taip pat pateikti duomenų vidurkiai, kiekvienam laiko momentui bei atstumui. Apskaičiuoti standartiniai nuokrypiai. Kaip matome rezultatai priklauso nuo eksperimento dalyvių. Gaunami skirtingi duomenys stebint vis kitam tyrimo dalyviui. Iš pateiktų rezultatų matome, jog intervale nuo 0,1 s iki 0,5 s taikinio pateikimo laikas neturi reikšmingos įtakos pirminiams šuoliams. Pastebėtina, jog esant labai trumpam taikinio rodymo laikui, pavyzdžiui 0,1 s, kai kurie tiriamieji nepastebėdavo taikinio. Iš pateiktų rezultatų matome jog esant 7° ir 12° atstumui tarp taikinių taip pat nesukelia didelės įtakos rezultatams. Aiškiai pastebima tik Miulerio-Laerio iliuzijos sparnelių krypties įtaka šuoliniams akių judesiams, esant sparneliams į dešinę pusę gaunamas iliuzijos stiprumas vidutiniškai yra 4,46 %, o esant sparneliams į kairią pusę -14,39 %.

1 lentelė. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos vertinimo šuoliniais akių judesiais rezultatai.

		Paklaidos kampiniai laipsniais							
		7°				12°			
		0,1 s	0,2 s	0,3 s	0,5 s	0,1 s	0,2 s	0,3 s	0,5 s
<	Pirmas	0,49	1,16	0,01	0,18	-0,45	-0,01	1,28	0,81
	Antras	1,03	0,66	0,37	0,6	1,21	0,76	-0,05	0,17
	Trečias	1,2	0,29	0,41	0,15	0,4	-0,09	0,1	-0,29
	Ketvirtas	0,25	0,23	0,59	0,37	0,04	0,01	0,6	0,72
	Penktas	0,33	-0,9	0,5	0,53	0,05	-0,46	1,58	0,57
	Vidurkis	0,66	0,29	0,37	0,37	0,25	0,04	0,7	0,4
	Standartinis nuokrypis	0,43	0,76	0,22	0,2	0,62	0,44	0,71	0,46
>	Pirmas	-2,06	-2,34	-2,04	-1,24	-1,63	-1,98	-0,63	-2,08
	Antras	-1,54	-0,48	-0,25	-0,97	-1,31	-1	-1,07	-1,37
	Trečias	-0,12	-1,06	-0,44	-0,46	-0,91	-1,23	-0,61	-0,55
	Ketvirtas	-2,26	-2,01	-1,26	-0,76	-2,35	-2,09	-0,87	-0,95
	Penktas	-1,36	-1,81	-0,83	-1,09	-2,66	-2,02	-1,01	-0,92
	Vidurkis	-1,47	-1,54	-0,97	-0,91	-1,77	-1,66	-0,84	-1,17
	Standartinis nuokrypis	0,84	0,76	0,71	0,31	0,72	0,51	0,21	0,58

Duomenys pavaizduoti grafiškai paveiksluose 20 ir 21.

Paklaidos esant 7 laipsnių atstumui tarp taikinių



a)

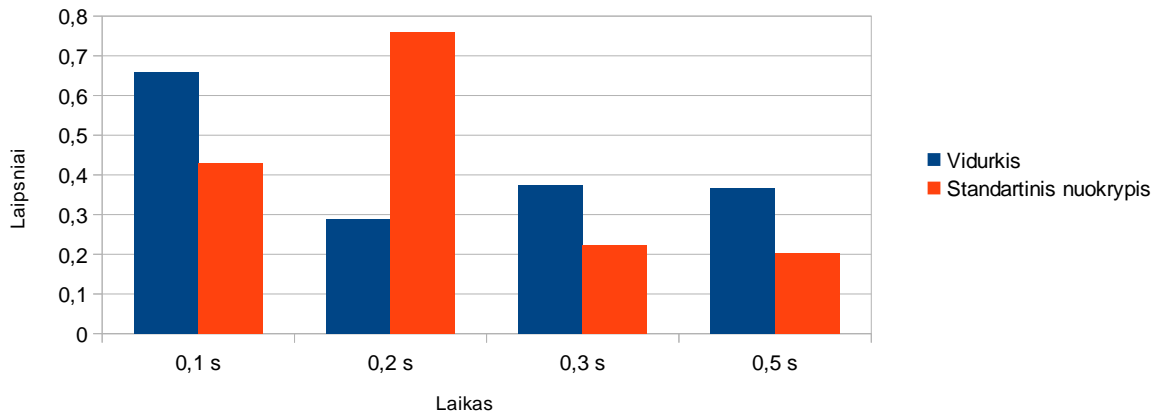
Paklaidos esant 12 laipsnių atstumui tarp taikinių



b)

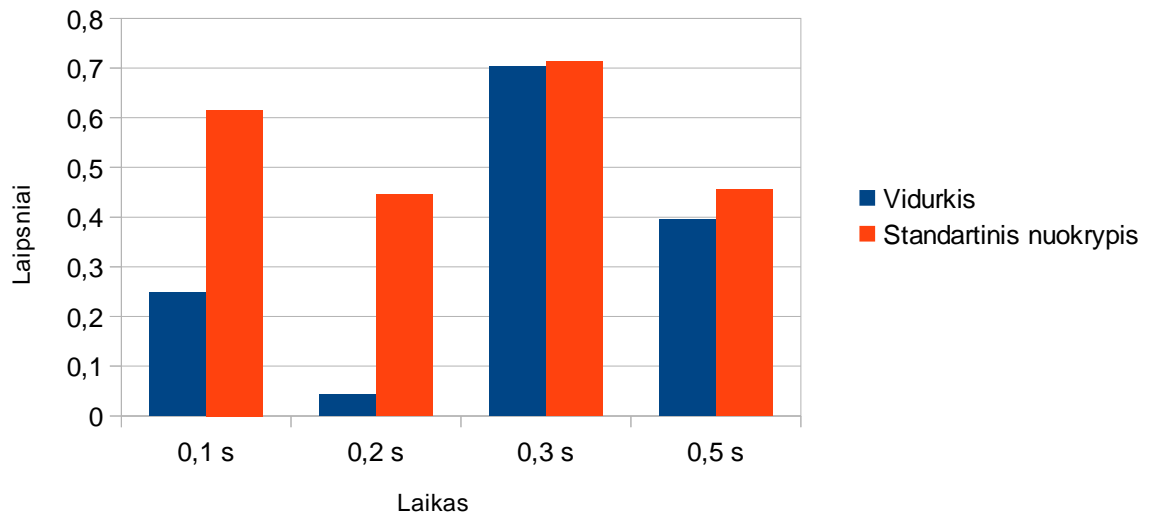
20 pav. a) paklaidos esant 7 kampinių laipsnių atstumui tarp taikinių, b) paklaidos esant 12 kampinių laipsnių atstumui tarp taikinių.

Duomenų pasiskirstymas esant kairiniai rodykliai, 7 laipsnių atstumu



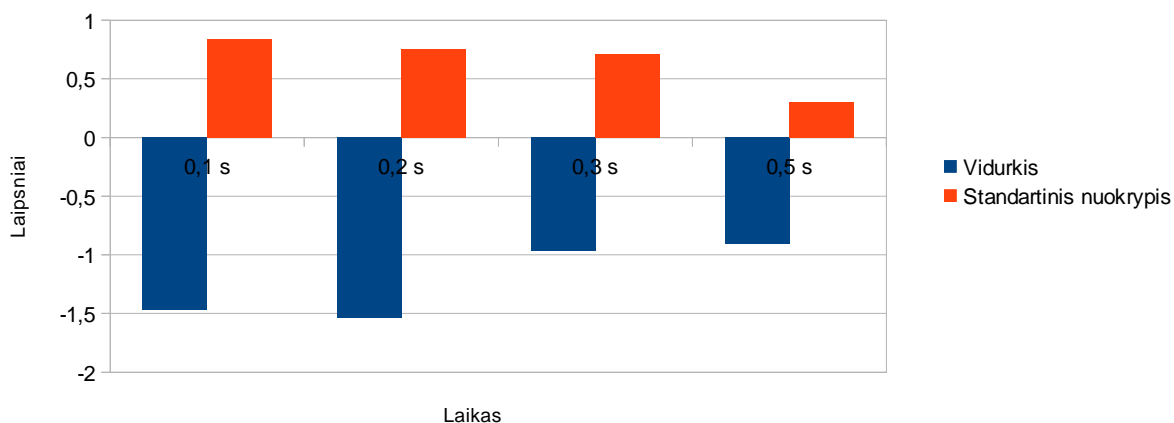
a)

Duomenų pasiskirstymas esant kairiniai rodykliai, 12 laipsnių atstumu



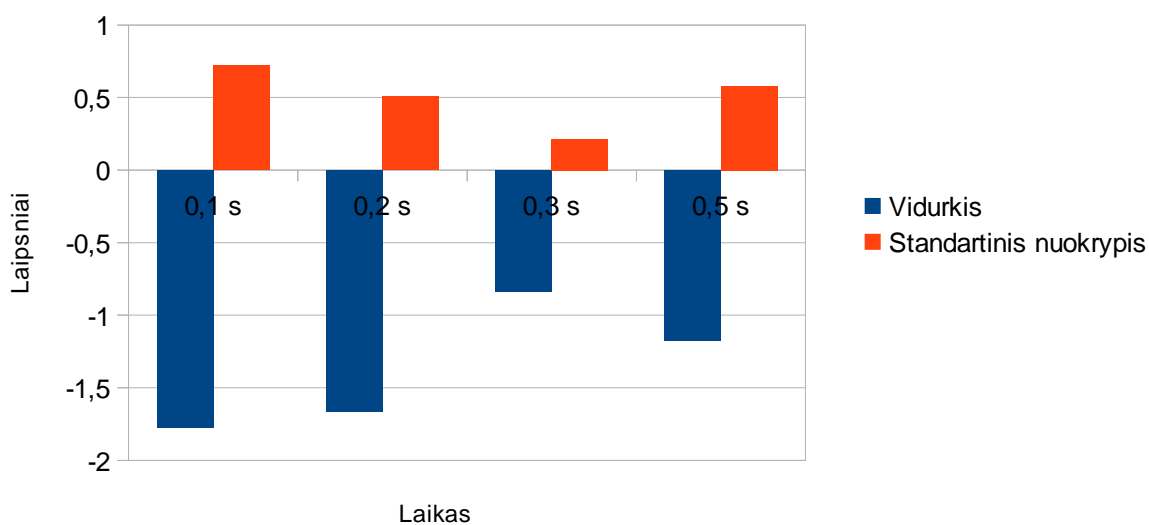
b)

Duomenų pasiskirstymas esant dešiniiai rodykliai, 7 laipsnių atstumu



c)

Duomenų pasiskirstymas esant dešiniiai rodykliai, 12 laipsnių atstumu



d)

21 pav. a) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 7^o kampinių laipsnių atstumu kairinė rodyklė, b) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 12^o kampinių laipsnių atstumu kairinė rodyklė, c) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 7^o kampinių laipsnių atstumu dešininė rodyklė, d) duomenų vidurkis ir standartinis nuokrypis esant 12^o kampinių laipsnių atstumu dešininė rodyklė.

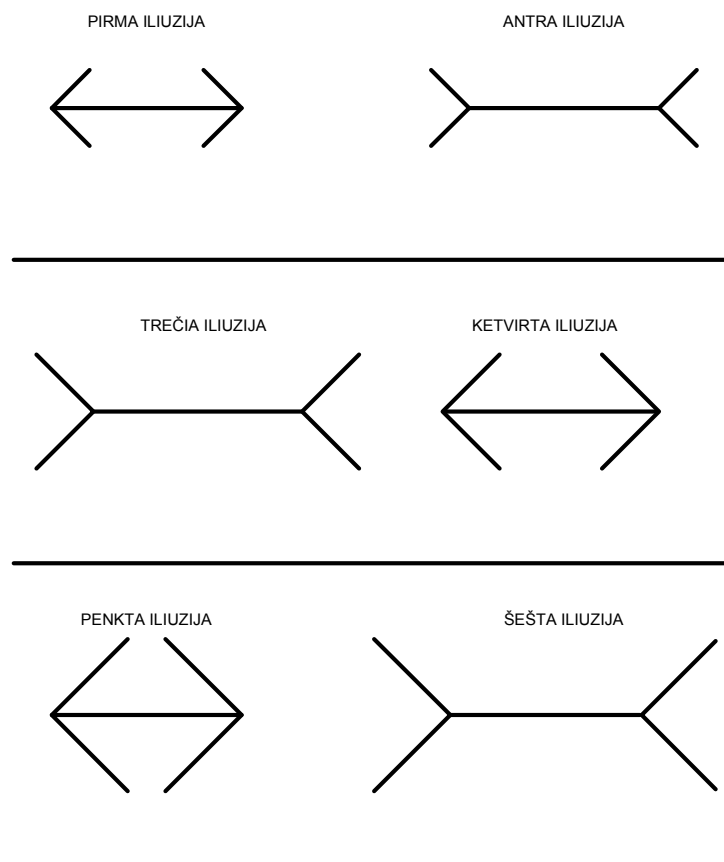
Analizuojant 21 paveikslėlį matyti jog kai kurie standartiniai nuokrypiai didesni už vidurkius. Šie nukrypimai atsirado dėl kai kurių tiriamųjų pavienių rezultatų įtakos bendram rezultatui. Šie artefaktai labiausiai pasireiškė rezultatuose su kairine rodykle. Rezultatai su dešiniąja rodykle žymiai stabilesni.

MIULERIO-LAERIO ILIUZIJOS VERTINIMAS SUVOKIMU

Miulero-Laerio iliuzijos vertinimas suvokimu

Eksperimento metodika

Eksperimente dalyvavo 15 tiriamųjų. Eksperimento dalyviai gaudavo po vieną lapą su Miulero-Laerio iliuzijomis. Iliuzijos buvo pateiktos skirtingo dydžio. 22 paveiksle pateiktas šio tyrimo sumažintas variantas.



22 pav. Miulero-Laerio geometrinės iliuzijos 1:2

Tiriamieji privalėjo pažymėti ant žemiau esančių linijų, jų manymų, teisingą atkarpos ilgį. Atliekant tyrimą nebuvo leidžiama naudotis jokia papildoma įranga.

Tyrimo rezultatai

Tyrimo rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

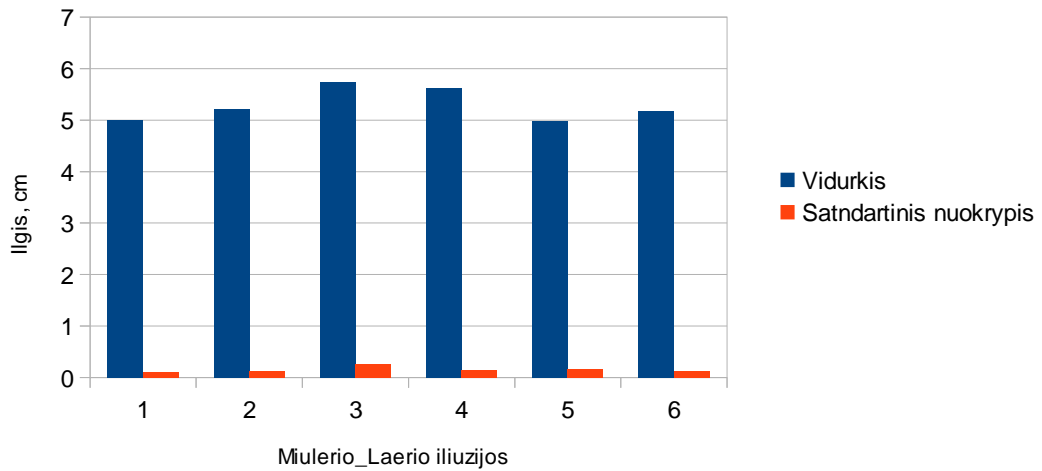
2 lentelė. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos vertinimo suvokimu rezultatai.

Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijos vertinimas suvokimu						
Tiriamasis	Pirma iliuzija	Antra iliuzija	Trečia iliuzija	Ketvirta iliuzija	Penkta iliuzija	Šešta iliuzija
1	5,1	5,05	5,65	5,6	4,95	5,1
2	5	5,2	5,5	5,7	4,6	5,2
3	5,05	5,2	5,6	5,7	4,7	5,4
4	4,8	5,5	6,35	5,2	5,1	5,3
5	4,9	5,3	5,7	5,65	5	5,35
6	5,1	5,25	6,2	5,75	5	5,2
7	5	5,1	6	5,7	4,95	5,2
8	5	5,1	5,8	5,5	5,1	5,1
9	5,05	5,1	5,6	5,75	5,05	5
10	4,95	5,2	5,7	5,7	5,25	5,05
11	5	5,15	5,5	5,7	5,1	5,05
12	4,9	5,2	5,6	5,7	4,9	5,25
13	4,85	5,25	5,7	5,5	5	5,3
14	5,2	5,2	5,55	5,65	5	5,1
15	5	5,4	5,6	5,6	4,95	5,05
Pirminis ilgis	5,1	5,1	5,6	5,8	5,1	5,1

Antroje lentelėje pateikti visų penkiolikos eksperimente dalyvavusių dalyvių rezultatai, vertinant Miulerio-Laerio iliuziją suvokimu. Rezultatai pateikti centimetrais.

Iš pateiktų duomenų aiškiai matosi kiek paveikė rezultatus iliuzijos efektas. Vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai pavaizduoti 23 paveiksle.

Miulerio-Laerio iliuzijų tyrimo suvokimu rezultatų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai



23 pav. Miulerio-Laerio geometrinės iliuzijų tyrimo suvokimu rezultatų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai

Taigi iš pateiktų rezultatų matome kad iliuzijos poveikis yra ganėtinai mažas. Didžiausia sukelta paklaida siekė tris procentus, vidutiniškai siekė $2,28 \% \pm 0,49 \%$.

Gauti tyrimų rezultatai rodo, jog Miulerio-Laerio geometrinė iliuzija įtakoja šuolinius akių judesius, bet padaro maža įtaka suvokimui. Trumpai pateikiama Miulerio-Laerio geometrinė iliuzija įtakoja šuolinius akių judesius, tačiau tai vyksta refleksiškai. Iš atliktų tyrimų pavyko nustatyti kokio dydžio paklaidas sukelia Miulerio-Laerio iliuzija.

IŠVADOS

Miulerio-Laerio geometrinė iliuzija tyrinėjama apie 150 metų. Šio metų atliekama daug tyrimų siekiant nustatyti kiekybinius iliuzijų parametrus.

Šuoliniai akių judesiai yra greiti, bei sąlyginai tikslūs, jie skirstomi į dvi grupes pagal savo prigimtį, tai refleksiniai ir sąmoningi akių judesiai. Dažniausiai taikiniai pasiekiami dviem šuoliais, pirmine sakada ir korekciniu šuoliuku.

Geometrinės iliuzijos sukuria iliuzijas, tai aiškiai matoma atliktuose tyrimuose. Tyrimo rezultatai atskleidė, jog aiškiai pastebima tik Miulerio-Laerio iliuzijos sparnelių krypties įtaka šuoliniams akių judesiams, esant sparneliams į dešinę pusę gaunamas iliuzijos stiprumas vidutiniškai 4,46 %, o esant sparneliams į kairią pusę -14,39 %. Stimulo trukmė pirminėms sakadoms įtakos beveik nedarė.

Lyginant rezultatus gautus tiriant šuolinius akių judesius ir rezultatus atliktus suvokimu, matomas ryškus skirtumas, nes Miulerio-Laerio iliuzija šuolinius akių judesius įtakoja iki 14,39 %, o suvokimo eksperimente gauta maksimali paklaida buvo tik trys procentai, vidutiniškai siekė $2,28 \% \pm 0,49 \%$.

LITERATŪRA

1. Barbara G. Wickelgren. Brightness contrast and length perception in the Müller-Lyer illusion. Cambridge. 2003
2. Eyegaze system user's guide;
3. Vergentiniai akių judesiai [žiūrėta 2012 m. kovo 17 d.]. Prieiga per internetą: http://www.bimas.lt/akys/teorija/akies_optika/binokulinis/fuzija.htm
4. Bertulis A, Bulatov A. Distortions of length perception: anisotropy of the visual field and geometric illusions. 2003
5. Binsted G., Elliott D. The Müller-Lyer illusion as a perturbation to the saccadic system. Human Movement Science 1999
6. Blužienė A., Jašinskas V. Akių ligų vadovas. Šiauliai: A.S. Narbuto leidykla, 2005
7. Brentano F. Deskriptive Psychologie. Meiner, Hamburg: 1892
8. Bridgeman B., Peery S., Anand S. Interaction of cognitive and sensorimotor maps of visual space, Perception & psychophysics. 1997
9. Bulatov A, Bertulis A. Distortions of length perception. Biological Cybernetics 1999
10. Bulatov A, Bertulis A. Superimposition of illusory patterns with contrast variations. 2005
11. Bulatov A. Vaizdų erdvinių parametrų suvokimo iškreipimai. Kaunas, 2006
12. Bulatov A., Bertulis A. Neurofiziologiniai regimojo suvokimo pradmenys. Kaunas, 2008
13. Carpenter R.H.S. Movements of the eye. London, 1988
14. Cromer J., Waitzman D. M. Neurones associated with saccade metrics in the monkey central mesencephalic reticular formation. USA. 2006
15. Daunys G. Dvikoordinačiai sekamieji akies judesiai. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, Elektros ir elektronikos inžinerija 1999
16. Delboeuf iliuzija [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 17 d.]. Prieiga per internetą: <http://mathworld.wolfram.com/DelboeufIllusion.html>
17. Eyegaze Analysis Systems. [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 17 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eyegaze.com/content/eyegaze-analysis-systems>
18. Gillam B, Chambers D. Size and position are incongruous: measurements on the Müller-Lyer figure. 1985
19. Gregory R. L. Eye and Brain. The Psychology of Seeing, Oxford, 1990
20. Gutauskas A, Bulatov A, Bertulis A. Psychophysical measurements of illusion of the puffy circle. Medicina (Kaunas, Lithuania) 2005
21. Gutauskas A, Bulatov A., Bertulis A. Psichofizikiniai apibrėžto apskritimo iliuzijos matavimai. Medicina (Kaunas) 2005
22. Heath M., Rival Ch., Binsted G. Can the motor system resolve a premovement bias in grip aperture? Online analysis of grasping the Müller-Lyer illusion. Exp Brain Res 2004

23. Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: University of Chicago Press, 1971
24. Kėvelaitis E. Žmogaus fiziologija: vadovėlis. Kaunas, 2006
25. Knox P. C., Bruno N. When does action resist visual illusion? The effect of Muller-Lyer stimuli on reflexive and voluntary saccades // *Exp. Brain. Res.* 2007
26. Lašas V. Analizatorių fiziologija. Vilnius: Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, 1954
27. Lašas V., Žmogaus fiziologija. Vilnius. 1965
28. Laurutis V, Lakiūnaitė N, Zemblys R. Šuolinių akių judesių okulomotorinio kanalo informacijos praleidžiamoji geba. Biomedicininės inžinerijos centras, Šiaulių universitetas; Informatikos inžinerijos katedra, Klaipėdos universitetas. 2010
29. Mack A, Heuer F, Villardi K, Chambers D. The dissociation of position and extent in Muller-Lyer figures. *Perception & Psychophysics* 1985
30. Martinez-Conde S., Macnik S., Hubel D. H. The role of fixational eye movements in visual perception. 2004
31. Mccarley J. S. and Ch. Grant. State-trace analysis of the effects of a visual illusion on saccade amplitudes and perceptual judgments. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois
32. Morinaga S. *Über die Raumwahrnehmung bei optischen Täuschungen.* Brussels, Belgium 1957
33. Müller-Lyer FC. *Optische Urteilstauschungen.* Dubois-Reymonds Archive für Anatomie und Physiologie 1889
34. Parlange O, Roncato S, 1995, The global figural characteristics in the Zöllner illusion. *Perception*
35. Rao R. P. N., Zelinsky G., Hayhoe M. M., Ballard D. H. Modeling saccadic targeting in visual search. // *Advances in neural information processing systems.* 1996
36. Robinson D. A. Control of eye movements/ *Handbook of Psychology. The Nervous System Motor Control.* Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., 1981
37. Surkys T., Ryškio ir spalvos kontrasto įtaka stimulo geometrijos suvokimo iškraipymams. Daktaro disertacija. Kauno medicinos universitetas. 2007
38. Surkys T., Bertulis A. Opperl-Kundt illusion weakens with exposure shortening. Institute of Biology, Lithuanian University of Health Sciences. Kaunas. 2010
39. Wade NJ, Heller D. Visual motion illusions, eye movements, and the search for objectivity. *J Hist Neurosci.* 2003
40. Zöllner F. *Ueber eine neue Art von Pseudoskopie und ihre Beziehungen zu den von Plateau und Opperl beschriebenen Bewegungspänomenen.* *Annalen der Physik und Chemie* 1860
41. Ingrida Indrijauskienė, GEOMETRINIŲ ILIUZIJŲ VERTINIMAS AKIŲ JUDESIAIS, 2011