ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS

FIZIKOS KATEDRA

Irena Varpukevičienė
Optometrijos specialybės IV kurso studentė

REGĖJIMO ILIUZIJŲ TYRIMAS

STUDY ON OPTICAL ILLUSIONS

BAKALAURO DARBAS

Darbo vadovė:
Dr. J.Ščiukaitė

Šiauliai, 2013

„Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąraše pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis“

Darbo autorė _____ Irena Varpukevičienė_____
(vardas, pavardė, parašas)

SANTRAUKA

Bakalauro baigiamajame darbe atlikti regimojo suvokimo deformacijų arba optinių iliuzijų tyrimai, vertinant iliuzijas kaip subjektų suvokiamų geometrinių parametrų: ilgio, kampo, aukščio, pločio, klaidingus vertinimus.

Bakalauro darbą sudaro 2 skyriai, įvadas, išvados, priedas. Darbo apimtis 47 puslapiai. Darbe pateikti 33 paveikslai, išnagrinėta 18 literatūros šaltinių.

Įvade iškeliama darbo problema, tikslas, darbo uždaviniai.

Pirmame skyriuje pateikiama žmogaus regos kaip informacijos apdorojimo sistemos samprata, suvokiamo ir realaus objekto neatitikimų bei iliuzijų atsiradimo priežasčių analizė, taip pat iliuzijų tyrimų apžvalga.

Antrame skyriuje aprašomas eksperimentinis tyrimas (anketinė apklausa), kurio metu nustatytas pateiktų stimulų suvokimo objektyvumo laipsnis, bei aptariami tyrimo metu gauti rezultatai.

SUMMARY

Bachelor's final thesis researched deformations of visual perception or optical illusions, evaluating illusions as faulty evaluations of subject's perceived geometric parameters - length, angle, width.

Thesis consists of two chapters, introduction, conclusion, and appendix. The size of the work is 46 pages. 33 pictures are presented and 18 references are analysed.

Introduction brings the problem, aim and objectives of the work.

The first chapter shows the conception of human vision as an information processing system, analysis of discrepancy of perceived and real object and the causes of illusions, as well as the review of studies on illusions.

Second chapter describes the experimental research , which finds the degree of objectivity of the stimuli perception, and discusses the results of the study.

T U R I N Y S

ĮVADAS....6
1. REGOS ILIUZIJŲ SAMPRATA....7
1.1. Žmogaus rega - informacijos apdorojimo sistema....7
1.1.1. Rega kaip sistema....7
1.1.2. Akies optinė sistema....8
1.1.3. Vaizdo apdorojimas tinklainėje....9
1.1.4. Informacijos perdavimas regos keliais....12
1.1.5. Akių judesiai....13
1.2. Suvokiamo ir realaus objekto neatitikimai....15
1.3. Iliuzijų kilmė....28
1.4. Iliuzijų tyrimų apžvalga....31
2. EKSPERIMENTINIAI REGOS ILIUZIJŲ TYRIMAI....33
2.1. Eksperimentų atlikimo metodika....33
2.2. Tyrimo rezultatai ir jų apibendrinimas....33
IŠVADOS....42
LITERATŪRA....43
PRIEDAI....45

ĮVADAS

Rega- pagrindinis kiekvieno žmogaus informacijos šaltinis, iš kurio gauname informaciją apie aplinką, jos dėka galime orientuotis erdvėje, savarankiškai veikti. Iš patenkančios informacijos regos sistema turi atkurti stebimų objektų kategorijas, sugrupuoti atskiras dalis į vientisus objektus, atskirti juos nuo fono, aptikti kraštus.

Esant tam tikroms sąlygoms, regos sistema gali klysti ir tada atsiranda klaidos, taip vadinami regimojo suvokimo iškraipymai. Šie iškraipymai, arba geometrinės iliuzijos, paprastai apibūdinami kaip skirtumai tarp suvoktų ir realiai egzistuojančių fizinių vaizdo savybių. Kadangi iškraipymai yra nervų sistemos struktūros ir veikos padarinys, bet kurio stimulo suvokimas neįmanomas be daugiau ar mažiau ženklių deformacijų, kurios gali pasireikšti per įvairius sensorinius kanalus. Šiuolaikinė literatūra plačiai aprašo regos fenomenologiją, regos sistemos galimybių ribas ir regimojo suvokimo iškraipymus, kurie sukelia matymo fenomenus ir optines iliuzijas. Nėra vienintelės teorijos, visiškai arba bent patenkinamai paaiškinančios pagrindines erdvines iliuzijas, nėra nė vieno proceso ar mechanizmo, tinkančio visoms iliuzijoms. Todėl galima manyti, kad atskiras iliuzijas lemia skirtingi veiksniai, kurių vieni susiję su akies optine struktūra ir nervinėmis sąveikomis tinklainėje, kiti- su aukštesniu apdorojimo lygiu.

Darbo tikslas:

Regimojo suvokimo deformacijų arba geometrinių iliuzijų tyrimas.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti mokslinę ir mokomąją literatūrą apie geometrines iliuzijas, jų atsiradimo priežastis, iliuzijų tyrimus.
2. Vertinti iliuzijas kaip subjektų suvokiamų geometrinių parametrų: ilgio, kampo, aukščio, pločio klaidingus vertinimus.
3. Palyginti skirtingų iliuzijų vertinimą.

Metodai:

1. Mokomosios ir mokslinės literatūros analizė.
2. Anketinė apklausa.
3. Apklausos duomenų statistinis apdorojimas.

1. REGOS ILIUZIJŲ SAMPRATA

1.1. Žmogaus rega - informacijos apdorojimo sistema

1.1.1. Rega kaip sistema

Ne tik žmogus, bet ir visos kitos gyvos būtybės turi ilgaamžės evoliucijos eigoje susiformavusią savitą juntamąją (sensorinę) sistemą, kurios pagalba gali pažinti supantį pasaulį bei savo viduje vykstančius procesus. Už šios informacijos priėmimą, apdorojimą bei atitinkamo atsako suformavimą atsako suformavimą žmogaus organizme atsakinga centrinė nervų sistema (CNS). Žmogaus nervų sistemą sudaro galvos ir nugaros smegenys, taip vadinamoji centrinė nervų sistema CNS, bei periferinė nervų sistema – nervai ir jutimo organai (akies, ausies, skonio, uoslės bei lietimo receptoriai). Šių nervų sistemos dalių suderinta veikla įgalina mus suvokti save bei mus supantį pasaulį.

Akys žmogui perteikia apie 95% visos jutimo organais gaunamos informacijos. Regos sistemai priklauso akis ir neuroniniai jos ryšiai. Per ją pateikiamas greitas, labai jautrus ir platus erdvinis aplinkos suvokimas: nuo artumos iki begalybės. Akies dirgiklis yra šviesos fotonai, kuriuos optinė sistema fokusuoja į abiejų akių tinklainę, o fotoreceptoriai paverčia elektriniais signalais. Akių ir galvos judesiai išplečia greitai suvokiamos aplinkos vaizdą.

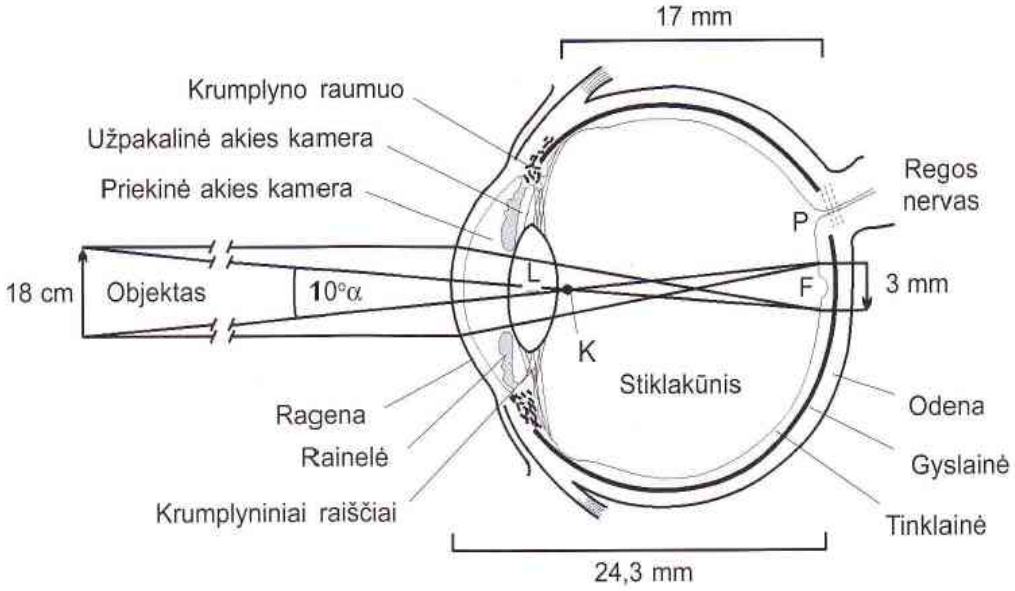
Matomosios šviesos elektromagnetinių bangų ilgis yra 400-700 nm. Regimoji informacija, kurią gauna akis, sudaro apie 10^6 bitų/s. Per sekundę žmogus gali sąmoningai apdoroti tik apie 40-100 bitų ir iš jų tik 1-10 bitų įrašyti į atmintį, todėl regos sistema turi išskirti svarbiausią vaizdinę informaciją ir ją apdoroti (Kėvelaitis, 2006).

Regėjimo organas – tai sudėtinga sistema, priimanti ir analizuojanti matomų elektromagnetinių bangų spektro dirgiklius. Yra dvi – centrinė ir periferinė regos analizatoriaus dalys bei jas jungianti nervinių skaidulų sistema. Periferinę regos analizatoriaus dalį sudaro akies obuolys bei akies priklausiniai. Akies priklausiniai – tai akies obuolį bei vokus judinantys raumenys ir nervai, akies apsauginiai organai: akiduobė, jos riebalinis jungiamasis audinys, vokai, junginė, ašarų aparatas bei fascijos. Centrinę regos analizatoriaus dalį sudaro tarpinių smegenų gumburas, šoninis kelinis kūnas, viršutinio keturkalnio kalnelis ir žievės zona, esanti pentininės vagos pakraščiuose. Periferinę dalį su

centrine jungia nervinių skaidulų sistema: regos nervas, kryžmė, regimasis laidas (Blažienė, Jašinskas 2005).

1.1.2. Akies optinė sistema

Optinė akies sistema fokusuoja šviesos spindulius į tinklainę. Optinė sistema susideda iš ragenos, akies kamerų skysčio, lęšiuko ir stiklakūnio (1 pav.).



1 pav. Žmogaus kairiosios akies horizontalusis pjūvis (Kėvalaitis, 2006)

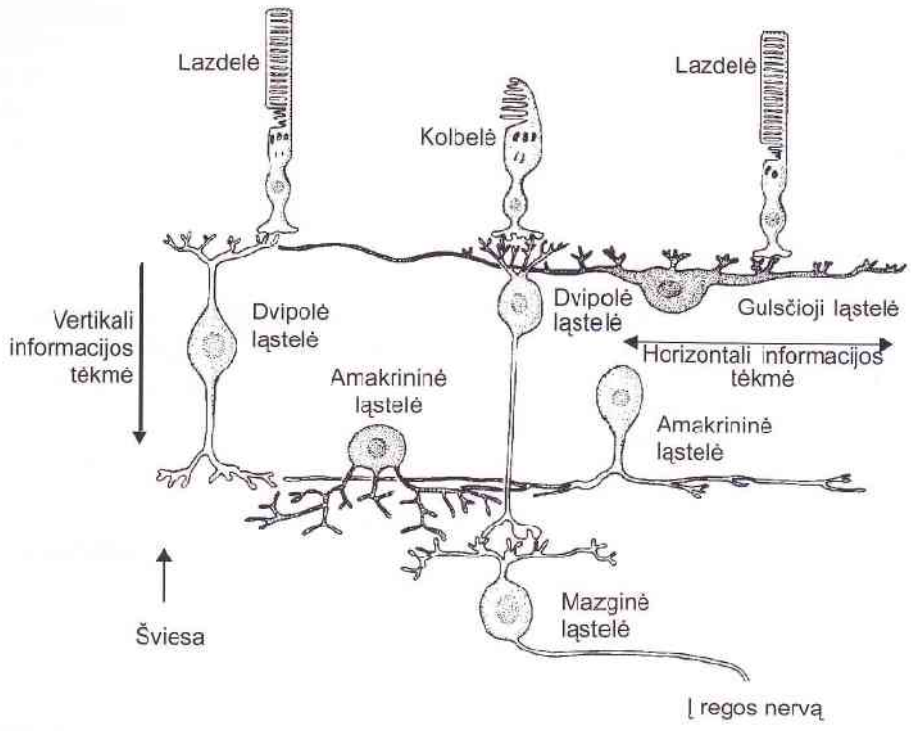
Kiekviename minėtų terpių paviršiuje šviesos spinduliai lūžta proporcingai paviršiaus kreivumui ir kaimyninių terpių lūžio koeficientų santykiui. (Bulatov, 2008) Šviesai lūžtant laužiamuosiuose akies paviršiuose, tinklainėje susidaro apverstas matomo daikto vaizdas (1 pav.). Akies obuolio dydis ir optinės jos sistemos bendroji laužiamoji geba turi atitikti vienas kitą, kad šviesos spinduliai galėtų tiksliai fokusuotis tinklainėje. (Kėvelaitis, 2006)

Bendroji laužiamoji akies geba yra 58,6 dioptrijų (dpt). Daugiausia spindulius laužia priekinis ragenos paviršius, nes jis yra ties riba tarp oro ir tankesnės ragenos. Mažiau spindulius laužia lęšiukas ir stiklakūnis. Žiūrint į artimus daiktus, reikia didesnės laužiamosios gebos, negu žiūrint į tolį. Lęšiuko laužiamoji geba kinta keičiantis jo išgaubimui. Akies galimybė matyti objektus esančius skirtingu atstumu, vadinamas akomodacija. Žiūrint tolyn, krumplyno raumuo būna atsipalaidavęs, lęšiukas būna plokštesnis,o laužiamoji jo geba mažesnė. Žiūrint arti, krumplyno raumuo susitraukia, lęšiukas išsigaubia, laužiamoji jo geba didėja. Senstant lęšiukas vis standėja, mažiau išsigaubia, laužiamoji geba darosi per maža, ir

artimi daiktai blogiau matomi. Šviesos srautą, kuris patenka į akį, refleksiškai reguliuoja rainelė. Vyzdžio skersmuo tamsoje didėja, o šviesoje mažėja (Kėvelaitis, 2006).

1.1.3. Vaizdo apdorojimas tinklainėje

Perėjusi per stiklakūnį šviesa pasiekia akies tinklainę, išklojančią akies dugną. Tinklainė yra periferinė nervų sistemos dalis, kur prasideda regimosios informacijos apdorojimas. Ji transformuoja šviesos ryškio pokyčius į neuronines aktyvumo formas. Čia vyksta tokie regimojo suvokimo procesai kaip prisitaikymas prie bendro regos lauko apšvietimo, kontrastų paryškinimas, kontūrų pabrėžimas (Bulatov, Bertulis, 2008). Tinklainėje neuronų tinklas yra apie 200 μm storio. Šviesos paveikti fotoreceptoriai perduoda informaciją per dvipoles ląsteles į mazgines (ganglines) ląsteles (2 pav.). Šie vertikalūs informacijos kanalai jungiasi vienas su kitu per gulsčiąsias (horizontaliąsias) ir amakrinines ląsteles. Mazginių ląstelių aksonai sudaro regos nervą.



2 pav. Informacijos perdavimo tinklainėje schema (Kėvelaitis, 2006)

Šviesa turi praeiti kelis tinklainės ląstelių sluoksnius, kol pasiekia fotoreceptorius, esančius šalia pigmentinio epitelio (šviesos kryptis 2 paveiksle – iš apačios į viršų). Fotoreceptorių dirginimas perduodamas vertikaliais informacijos keliais per dvipoles ląsteles į mazgines ląsteles. Tuo pačiu metu aktyvinami ir horizontalūs informacijos perdavimo keliai per

gulsčiąsias ir amakrininės ląsteles. Šie abu horizontalūs keliai padeda suderinti informacijos plitimą vertikaliais keliais. (Kėvelaitis, 2006)

Kad pajustume šviesą, ji turi sukelti nervų sistemos, konkrečiau regos sistemos neuronų aktyvumo, reakcijos pokyčius. Vadinasi, turi būti elementas, kuris šviesos veikiamas generuotų elektrinį signalą, t.y. keistų savo aktyvumą, arba išėjimo signalą, kintant šviesos parametrams. Toks šviesai jautrus elementas vadinamas fotoreceptoriumi (Vaitkevičius, 2002).

Tinklainėje yra du receptorių tipai: kūgeliai ir lazdelės. Lazdelių yra apie 130-150 milijonų, jie išsisklaidę po visą tinklinę, labai jautrūs šviesai. Kūgelių yra mažiau (6-7milijonai), jie susikaupę centrinėje tinklainės dalyje. Lazdelės naudojamos esant mažai apšvietai, o kūgeliai- esant didelei.

Mes galime matyti tik dėl to, kad receptoriai transformuoja šviesos energiją į elektrinę. Regos sistemos jautrumas, gebėjimas pajusti šviesą priklauso nuo receptoriaus jautrumo. Fotoreceptoriuose yra šviesą absorbuojančios molekulės, sudarytos iš baltyminės dalies ir chromoforo, kuris absorbuoja šviesos kvantą. Nuo baltymo priklauso spektrinės fotoreceptorių charakteristikos, t.y. jo savybės absorbuoti įvairios energijos šviesos kvantus (įvairaus bangos ilgio šviesą). Absorbavę šviesos kvantą, receptoriai šviesos energiją keičia elektrine, generuodami elektrinį signalą, kuris sinapsėmis perduodamas į kitų neuronų įėjimus.

Lazdelės išoriniame segmente yra membraninių diskų, kuriuose tankiai išsidėstęs regėjimo pigmentas rodopsinas – regėjimo purpuras. Veikiant šviesai, rodopsinas skyla, jo skilimo produktai sukelia lazdelėse depoliarizaciją – nervinį impulsą. Tamsoje vyksta rodopsino sintezė, atsinaujina lazdelių jautrumas. Kolbelių pigmentas – retinalis, skirtingi fotopsinai. Jos veikia tik šviesoje. Skirtingo ilgio bangos dirgina atskiras kolbeles ir sukelia skirtingų spalvų pojūtį (Vaitkevičius, 2002).

Receptoriai tinklainėje išsidėstę skirtingai. Arti tinklainės geometrinio centro yra iškilimas – regos nervo diskas. Pro jį į tinklainę įeina ir išeina kraujagyslės bei nervai. Šioje vietoje nėra šviesai jautrių receptorių, todėl ši sritis vadinama akląja dėme. Netoli jos yra jautriausia tinklainės vieta – geltonoji dėmė. Tai 5,5 mm skersmens specifinis plotas tinklainės centrinėje dalyje. Centrinė geltonosios dėmės dalis, kurioje visiškai nėra lazdelių, yra apie 0,57 mm skersmens. Joje randama apie 3500 kūgelių. 1,75 mm²geltonosios dėmės plote yra apie 100 tūkstančių kūgelių. Čia didžiausia tinklainės skiriamoji geba, daiktai matomi ryškiausiai. Gebėjimas atskirti du artimus taškus kaip atskirus vadinamas regėjimo aštrumu. Didžiausias regėjimo aštrumas yra tinklainės centrinės duobutės srityje. Išreiškus regėjimo kampu jis yra lygus 1‘ (viena minutė). Tinklainėje tai atitinka 5μm arba nuotolį tarp dviejų sudirgintų kolbelių, tarp kurių įsiterpusi viena nesudirginta. Artimojoje tinklainės

periferijos dalyje, apie 1,5 mm pločio srityje, supančioje centrinę tinklainės dalį kūgelių yra apie 9-10 kūgelių/100µm². Kūgeliai apsupti lazdelių. Vidurinioji tinklainės periferija-tai 3mm pločio sritis aplink artimąją periferiją. Kūgelių skaičius šioje srityje yra 8-10/100µm² ir jie vienas nuo kito atskirti mažiausiai trimis lazdelėmis. Ganglinių ląstelių sluoksnis šioje srityje neištisinis. Tolimoji tinklainės periferija tęsiasi 9-10 mm nuo viduriniosios periferijos smilkinio pusėje ir 16 mm nosies pusėje. Ganglinės ląstelės šioje srityje gana didelės, tarpai tarp jų dideli. Čia yra tik 6-7 kūgeliai 100µm² ir turi trumpesnius išorinius segmentus. Už tolimosios periferijos yra dantytoji linija. Ji yra 2 mm pločio smilkinio pusėje ir 0,7-0,8 mm pločio nosies pusėje. Šioje dalyje silpnai išsivystę kūgeliai pakeičia lazdeles. Kūgelių, ganglinių ląstelių ir nervinių skaidulų sluoksniai susilieja.

Tolstant link tinklainės periferijos, kūgelių tankis ploto vienete mažėja, didėjant stiebelių tankiui, todėl ir atskirų tinklainės vietų funkcinės savybės skiriasi. Tinklainėje esantys kūgeliai puikiai skiria objektų firmą, spalvą, gi tinklainės periferija su dominuojančiais stiebeliais labai jautri šviesai, bet spalvų neskiria, o formą skiria silpniau (Blažienė, Jašinskas, 2005) .

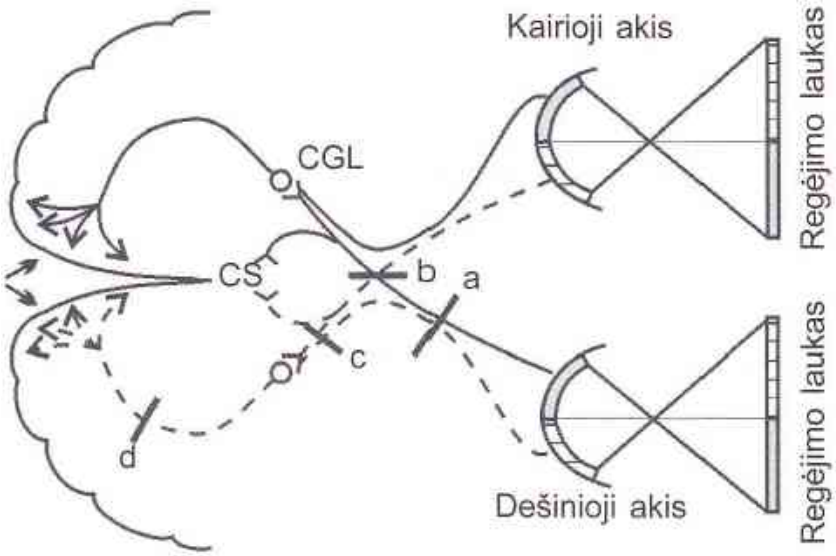
Tinklainėje yra trijų skirtingų tipų kūgeliai, kurie turi skirtingus fotopigmentus. Kiekvieno tipo kūgeliai skirtingai reaguoja į skirtingo spektro šviesą. Kūgelio atsako priklausomybė nuo jį apšviečiančios vienodos energijos monochromatinės šviesos bangos ilgio vadinama kūgelio spektrinio jautrumo funkcija, arba charakteristika. Kūgeliai jautresni trumpoms bangoms vadinamieji mėlyni arba B(lue), receptoriai. Jie maksimaliai jautrūs monochromatinei 445-450 nm bangos ilgio šviesai. Kūgeliai jautresni vidutinio ilgio bangos šviesai – G(reen) receptoriai, jie maksimaliai jautrūs 525-535 nm bangos šviesai, t.y. gelsvai žalsvai spalvai. Trečias R(ed) receptorius jautriausias 555-570 ηm bangos ilgio monochromatinei , t.y. geltonai oranžinės spalvos šviesai.(Vaitkevičius, 2002). Pigmentų absorbcijos maksimumai atitinka skirtingą šviesą , tačiau kiekvieno pigmento charakteristika yra plati. Todėl kūgeliai nėra jautrūs tik vienai spalvai. Pigmentų charakteristikos persidengia, vadinasi, į bet kokio bangos ilgio šviesą reaguoja dvi ar visos trys kūgelių rūšys, tačiau nevienopdai stipriai. Vienos kūgelių rūšies nepakanka objekto spalvai nustatyti. Spalva nustatoma lyginant skirtingų kūgelių aktyvumą (Kėvelaitis, 2006).

Skirtingų tipų kūgelių skaičius tinklainėje nevienodas. Mažiausiai yra mėlynų receptorių. Centrinėje tinklainės dalyje jų beveik nėra, yra tik „žali“ ir „raudoni“ kūgeliai. G receptorių yra keturis kartus daugiau negu B receptorių, o R receptorių-10 kartų daugiau negu B receptorių. Taigi, R, G, B receptorių santykis yra toks: 10:4:1. Kadangi kūgelių išsidėstymas tinklainėje netolygus, reikia manyti, kad spalvų suvokimas priklausys nuo to, ar objekto vaizdas yra centre, ar kiek nuo jo nutolęs (Vaitkevičius P.H., 2002).

Tinklainė ne tik atpažįsta kontrastą ir greitą šviesos ryškio kitimą, bet ir kitus objekto požymius: spalvą, formą ir judesį. Juos nustato tam tikros mazginių ląstelių klasės: P (lot. parvus-mažas) ląstelės 80%, M (lot. magnus- didelis) ląstelės (10%) ir trečiosios klasės ląstelės (10%), nepriklausančios pirmosioms dviem klasėms. Šių mazginių ląstelių atsakas į apšvietimą yra toninis (nenutrūkstamas) ir atrankus tam tikram bangų intervalui, todėl jos skiria vaizdo formos smulkmenas ir spalvas. M ląstelėms būdingas didelis recepcijos laukas ir greitas impulsų plitimas aksonais. Jų atsakas į šviesos dirgiklį yra fazinis (kintamo pobūdžio) ir nepriklauso nuo šviesos bangų ilgio. Šios mazginės ląstelės reaguoja į matomo objekto judesį. Trečiosios klasės mazginės ląstelės reaguoja į bendrą apšvietimo pasikeitimą (Kėvelaitis, 2006).

1.1.4. Informacijos perdavimas regos keliais

Tinklainės mazginių ląstelių aksonai sudaro regos nervą ir pasiekia regos nervų kryžmę. Ten vidinių tinklainės dalių aksonai susikryžiuoja ir pereina į priešingą pusę, o šoninių (smilkininių) tinklainės dalių aksonai toliau eina ta pačia puse (3 pav.).



3 pav. Centriniai regos keliai (Kėvelaitis, 2006)

Nuo regos nervų kryžmės prasideda regos laidai, einantys iki šoninių kelinių kūnų. Kairiojo regos laido aksonai perduoda informaciją iš abiejų akių dešiniųjų regėjimo lauko pusių, o dešiniojo regos laido aksonai – iš kairiųjų regėjimo lauko pusių. Dalis mazginių ląstelių aksonų pasiekia priešketurkalninę sritį – vyzdžio reflekso centrą, viršutinius keturkalnio kalnelius-refleksinių akies judesių centrą, ir pogumburį. Šoninio kelinio kūno

ląstelių aksonai plinta į pirminę regos žievę, kuri išskiria tam tikras objekto savybes. Jos išsamiau nagrinėjamos aukštesniosios žievės srityse. Toliau keliai išsiskiria į dorsalinį ir ventralinį. Dorsalinis kelias nuodugniai nagrinėja objekto judėjimą. Ventralinis kelias toliau nagrinėja objekto formą ir spalvą. Regos pažinimo funkcijos yra susijusios su plačiomis asociacinės smegenų žievės sritimis, ypač momenine ir smilkinine. Momeninė žievė padeda nustatyti objekto vietą ir suprasti savo kūno ir aplinkinės erdvės nepaisymo sindromą. Žievės sritys, susijusios su objekto judėjimo pažinimu, integruoja signalus iš regos sistemos ir akių judinamųjų centrų, esančių smegenų kamiene (Kėvelaitis, 2006).

1.1.5. **Akių judesiai**

Stebimas vaizdas akies optine sistema yra suprojektuojamas į tinklainę. Receptorių tankumas tinklainėje nėra vienodas. Tankiausiai jie yra išsidėstę geltonojoje duobutėje ir čia projektuojamas vaizdas matomas geriausiai. Tam, kad vaizdas projektuotųsi čia, akis judina šešios raumenų agonistų ir antagonistų poras, kurios yra prisitvirtinusios prie akies obuolio. Akys gali būti judinamos horizontalia ir vertikalia kryptimis, taip pat sukamos, susitraukiant ir atsipalaiduojant atitinkamiems akių raumenims. Akies judesiai yra labai svarbūs atliekant vaizdų palyginimą. Jie nukreipia akies centrinę duobutę taip, kad pasirinktų objektų vaizdai atsidurtų joje, kur juos būtų galima pilnai išanalizuoti (Daunys, 1999).

Akies judesiai leidžia mums skenuoti vizualinį lauką, sukaupti mūsų dėmesį į scenos dalis, kurios suteikia didžiausią informacinę reikšmę. Taip pat akies judesiai kompensuoja fiksuojamo objekto judėjimą (Daunys, 1999). Akies judesiai atsiranda ir keičiant galvos padėtį, jie taip pat turi kompensacinį pobūdį. Ilgą laiką ir buvo manoma, kad tai yra pagrindinės akies judesių funkcijos. Tačiau paaiškėjo, kad jie labai svarbūs normaliam regėjimo suvokimui. Akies judesiai atliekami ir įdėmiai stebint tinklainės atžvilgiu stabilų objektą. Kadangi nejudantis vaizdas tinklainėje po 1-3 s išnyksta dėl taip vadinamo „tuščio lauko“ fenomeno, todėl miniatiūriniai akies judesiai 21 neleidžia pradingti vaizdui (Daunys, 1999).

Yra keli akių judesių tipai: sakadiniai, sekamieji, verguojamieji, prieanginio reflekso (vestibulo-okuliariniai) ir optokinetiniai .

Sakados – greiti (apie 400 °/s) trūkčiojamojo pobūdžio, sąmoningi arba nesąmoningi (refleksiniai) ir tikslūs akių judesiai, kurie leidžia staigiai keisti žvilgsnio kryptį. Jie sutelkia daikto vaizdą centrinėje tinklainės duobutėje. Šie judesiai abiejų akių yra vienodi ir sinchronizuoti. Tarpsakadinė žvilgsnio fiksacija į tam tikrą objektą nereiškia akių judesių visiško išnykimo. Fiksacijos metu akis tarsi lėtai dreifuoja ir tas dreifas yra kompensuojamas

greitomis gražinančiomis mikrosakadomis (Bulatov, 2008). Sakadiniai judesiai sutinkami ir perkeliant dėmesį į kitą objektą, ir skanuojant matymo lauką ar didesnių matmenų objektą. (Daunys, 1999).

Kai regėjimo lauke yra judantis objektas, sakados iš pradžių jį užfiksuoja, bet vėliau pameta, nes objekto vaizdo projekcija tinklainėje pasislenka nuo centrinės duobutės. Šis poslinkis sąlygoja sekančią sakadą. Tolygaus sekimo judesiai gali šį objektą sekti tolygiai. Sekamieji judesiai- tai lėti , sąmoningi, konjunguoti akių judesiai, kurie judantį mažą objektą išlaiko centrinėje duobutėje 1º tikslumu. Šie sekamieji judesiai išlaiko regėjimo aštrumą objektui judant iki 100 º/s greičiu, o greičiau judančius objektus pagauna trūkčiojamieji (sakadiniai) judesiai.

Verguojamieji judesiai. Konverguojamieji ir diverguojamieji akių judesiai atsiranda kintant nuotoliui iki stebimo objekto. Tai priešingi (nekonjunguoti) akių judesiai, kurių amplitudė siekia iki 5º. Šie judesiai suteikia galimybę vienu metu keisti abiejų akių žiūros linijas, stebint tam tikrus objektus, kurie yra nevienodai nutolę nuo stebėtojo. Konvergencijos metu abiejų akių žiūros linijos nukreipiamos į vidų, o divergencijos metu į išorę. Vergencijos judesiai yra binokulinio matymo ir okulomotorinės furijos (dviejų vaizdų suliejimo) pagrindas. Normaliomis sąlygomis akių konvergencija ir akomodacija veikia kartu ir padeda suvokti erdvės gylį (Bulatov, 2008). Verguojamieji judesiai yra lėtesni už kitus akių judesius, jų greitis yra apie 20 º/s. Šie judesiai unikalūs tuo, kad gali sukelti tik vienos akies judesius. Pavyzdžiui, jei objektas yra tam tikru atstumu prieš dešinę akį ir palengva artinasi, dešinioji išliks stacionari, o kairioji konvertuos (Carpenter, 1988).

Prieanginio reflekso (vestibulo-okuliariniai) akių judesiai gana greiti, jais kompensuojami išorinio pasaulio vaizdo poslinkiai tinklainėje, pasukant galvą. Dėl šio reflekso akis juda priešingai nei galva (Bulatov, 2008) . Pasisukus galvai, akis pasisuka atgal, kad išlaikytų tą patį fiksacijos tašką. Laikinus galvos pozicijos pasikeitimus, ši sistema koreguoja akies judesiais priešingais galvos judesio krypčiai. Jie yra susiję su vestibulo-okuliariniu refleksu. Lyginant su sakadų latentiniu periodu (200 ms), vestibulo-okuliariniai judesių latentinis periodas yra ypač trumpas (10 ms). Tačiau vestibulo-okuliarinių judesių sistema reaguoja greičiau nei tolygaus sekimo sistema ir jai nereikia vizualinio stimulo (Carpenter, 1988).

Optokinetiniai akių judesiai stabilizuoja akis išorinio pasaulio atžvilgiu, kompensuoja viso fono lėtus judesius. Jie atsiranda kartu su prieanginio reflekso judesiais ir padeda stabilizuoti globalius ir santykinai ilgai trunkančius išorės vaizdo polinkius. Akys fiksuoja objektą tinklainėje lėtais sekamaisiais judesiais, o greiti sakadiniai (trūkčiojamieji) judesiai į priešingą pusę nustato naują fiksacijos tašką. Ši akių judesių seka vadinama nistagmu.

Vienu metu žmogus gali skirti dėmesį tik labai nedideliam pateikiamų vaizdų ar jų elementų rinkiniui (iki 5). Iš visų galimų ateinančių signalų regos sistema, pasinaudodama filtruojančiomis dėmesio mechanizmų savybėmis, atrenka objektus arba jų elementus, kurie labiausiai išsiskiria iš kitų savo parametrais arba turi ypatingą reikšmę stebėtojui. Stebint objektą, akių judesių trajektorija yra neatsitiktinė, bet žvilgsnis nuosekliai fiksuojamas į labiausiai informatyvius objekto elementus. Dėmesys tarsi suskaido informacijos srautą į nedideles dalis, skirtas apdorojimui (Bulatov, 2008).

1.2. Suvokiamo ir realaus objekto neatitikimai

Išnagrinėjus žmogaus regos sistemą, kyla klausimas, kas gi yra tas regimasis suvokimas? Pasak O. Gurčienės (2007), suvokimas yra psichinių procesų, susijusių su objektų reikšme, ryšiais, kontekstu, subjekto patirtimi, atmintimi, motyvacija ir t.t., rezultatas. Suvokimo metu organizuojama, interpretuojama, suteikiama reikšmė informacijai, kurią teikia jutimo organai. Kitaip tariant, suvokimas yra pojūčių integravimo ir organizavimo į prasmingus objektus ir įvykius, rezultatas.

Remiantis viena iš hipotezių, nervų sistema gali būti įsivaizduojama kaip daugiamatė neuroninių tinklų visuma, kurios momentinis sujaudinimų reljefas atitinka organizmo aplinkos ir vidinio pasaulio modelį. Kažkokiam aplinkos objektui paveikus organizmo jutimo organus, nervų sistema pereina į kitą dinamiškai stabilią būseną. Anot psichologų, suvokimas- aplinkos objekto, jam tiesiogiai veikiant organizmo jutimo organus, subjektyvaus vaizdinio formavimas. Šis objekto vaizdinys sudaromas apibendrinant pojūčius, kurie nusako tam tikras objekto savybes. Jis yra ta „darbinė substancija“, kuria naudojasi dėmesys, atmintis, mąstymas ir emocijos (Bulatov, 2008). Kad būtų suformuotas atitinkamas vaizdas, turi būti aktyvūs organizmo veiksmai ir į smegenis ateinančios tam tikro pakankamo minimalaus kiekio informacijos ir jos struktūros palaikymas. Šiame objekto suvokimo procese, pirmiausia būtina jį pastebėti, išskirti iš aplinkos, po to atpažinti (priskirti, remiantis bendromis charakteristikomis, patirtimi, prie tam tikros žinomų objektų grupės arba vaizdinio), ir identifikuoti – palyginti su konkrečiu etalonu, kuris yra saugomas atmintyje.

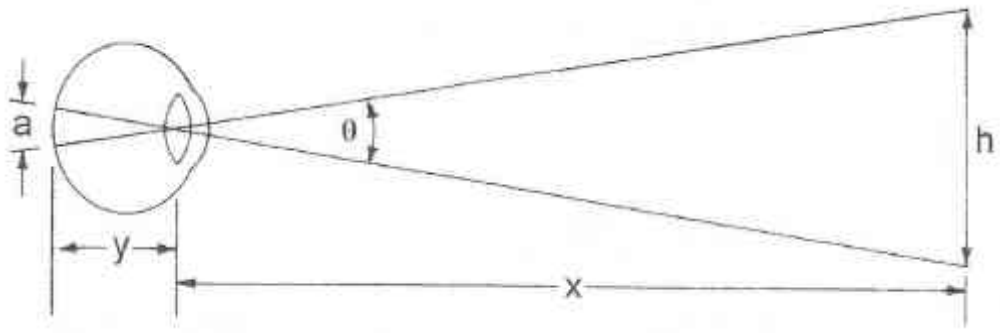
Suvokimui būdingos kelios savybės, kurios paverčia jį santykinai nepriklausomu nuo nuolat kintančių aplinkos sąlygų – tai nekintamumas (konstantiškumas), daiktiškumas, visuma, apibendrinimas.

Dėl suvokimo nekintamumo galimas subjektyvus to objekto vaizdinys, nepriklausantis nuo besikeičiančių stebėjimo sąlygų. Mes vienareikšmiai suvokiame objekto formą, spalvą, dydį, nežiūrint į tai, kad signalai, pasiekiantys mūsų jutimo organus, gali būti nevienodi

(pvz., keičiasi apšvietimas, dydis, besikeičiant atstumui ir kt.) (Bulatov, 2008). Be suvokimo pastovumo mechanizmo kiekvienu momentu besikaitaliojanti stimuliacija sukeltų chaotiškus regimuosius pojūčius.

Objektų spalva išlieka santykinai pastovi keičiantis juos apšviečiančios šviesos bangos ilgiui. Apšvietimo pasikeitimai, atsižvelgiant į visos regimosios aplinkos apšvietimą, kompensuojami, kad objektų, apšviestų saulės šviesos, volframo ar fluorescensinės lempos šviesos, spalva išliktų pastovi. Panašus kompensacijos mechanizmas palaiko ir šviesumo pastovumą (Gurčienė, 2007).

Kitas svarbus parametras – dydžio suvokimas keičiantis atstumui. Ryšys tarp objekto dydžio ir atstumo išreiškiamas regimuoju kampu ir tai yra kampas tarp linijų, nubrėžtų iš priešingų objekto kraštų ir einančių per akies optinės sistemos (vyzdžio) centrą (4 pav.). Objekto atvaizdas (a)



4 pav. Ryšio tarp objekto dydžio (h) ir atstumo (x), išreiškiamo kampiniu dydžiu (θ), schema (modifikuota remiantis Gurčienė, 2007)

tinklainėje priklauso nuo jo regos kampo dydžio (θ) ir akies obuolio dydžio (y). Kadangi akies obuolio dydis nekinta keičiantis objekto nuotoliui, tai objekto atvaizdo tinklainėje dydis lygus jo regos kampui. Objekto atvaizdo dydis tinklainėje kinta, keičiantis atstumui tarp stebėtojo ir objekto. Suvokiamas daikto dydis nepriklauso nuo jo atvaizdo dydžio tinklainėje plačiame atstumų diapazone, kas vadinama dydžio pastovumu (Gurčinienė, 2007). Dydžio pastovumas ribotas ir mažiau efektyvus arba neveikia žiūrint labai dideliais atstumais, neįprastose, retose situacijose, net kai erdvinės informacijos šaltiniai prieinami. Manoma, kad ši pastovumo savybė atsiranda dėl aktyvių organizmo veiksmų, kai daug kartų, esant skirtingoms sąlygoms, stebimi tie patys objektai.

Kita suvokimo savybė vadinama daiktiškumu, kai visi išorės objektai suvokiami kaip fizikiniai kūnai. Smegenys suvokia taip, kad viskas, kas turi nors minimalią struktūrą, yra

mums prasmingas daiktas, kuris įgauna atskiros figūros statusą. Viskas, ką matome, yra skirstoma į dvi nelygias dalis: viena – pats daiktas, ir antra – foninis laukas, kuriame šis daiktas yra.

Visumos savybė leidžia mums suvokti daiktus kaip tam tikrą, nekintamą elementų visumą net tais atvejais, kai nemaža šių elementų dalis yra nematoma (pvz., užstoja kiti daiktai arba nusukta nuo mūsų).

Apibendrinimo savybė – stebimo objekto priskyrimas prie tam tikros klasės, kuri turi savo pavadinimą. Apibendrinimo galimybės priklauso nuo sukauptos patirties ir leidžia ne tik klasifikuoti konkrečius daiktus ar įvykius, bet ir nusakyti tam tikras jų savybes, remiantis informacija apie bendrus nurodytos objektų klasės bruožus (Bulatov, 2008).

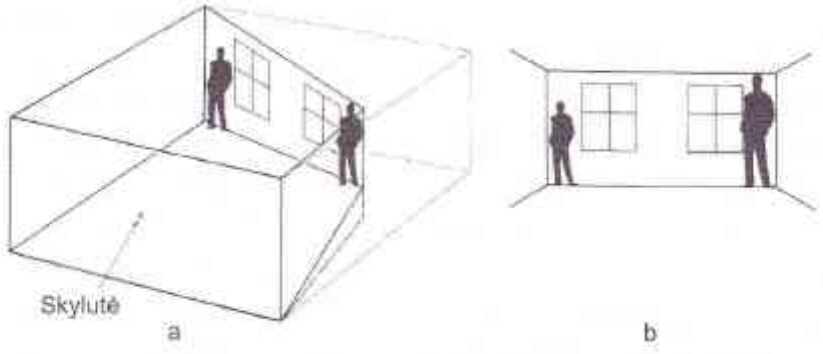
Taigi, realūs ir suvokiami vaizdai gali skirtis: atsiranda regėjimo iliuzijos. Terminas „iliuzija“ reiškia jutimų paklaidą, kuri sukelia neatitikimą tarp suvokiamo, arba subjektyvaus, ir fizinio, arba objektyvaus, pasaulio. Įdomi iliuzijų savybė yra tai, kad jos atsiranda stebint visai paprastus vaizdus, sudarytus vos iš kelių linijų, taškų arba kreivės atkarpų, atrodytų, negalinčių sukelti jokių keblumų tokiai universaliai ir galingai atpažinimo sistemai, kaip rega. Vis dėlto, regimojo suvokimo klaidos šiais atvejais yra didelės, išmatuojamos kiekybiškai ir atsikartojančios sistemingai kiekvieno bandymo metu ir kiekvienam stebėtojui. Dėl šios savybės pats geometrinių iliuzijų reiškinys tampa svarbiu stebėjimų ir tyrinėjimų objektu, nes padeda įvertinti sistemos galimybių ribas, kurios savo ruožtu atspindi ir tam tikrus sistemos struktūros bei veikimo principus (Surkys, 2007).

Iliuzijos būdingos visoms žmogaus jutimo sistemoms: regai, lietimui, temperatūros pojūčiams ir tikriausiai yra prigimtinio nervų sistemos struktūros bruožo bei informacijos apdorojimo būdo rezultatas (Bulatov, 2006).

E. G. Boringas (pgl. Martišių, 2008) pasiūlė iliuzijas skirstyti į dydžio ir krypties. Šios klasifikacijos pagrindas – suvokimo iškraipymo pobūdis. Dydžio iliuzijos skirstomos į tiesinio dydžio ir ploto iliuzijas.

Dydžio suvokimo iliuzija dažniausiai siejama su klaidinga gylio ir atstumo iki objekto informacija. Viena iš tokių iliuzijų Adelberto Ames sukurta situacija, kurioje pasireiškia klaidingas dydžio suvokimas arba dydžio iliuzija. Ji puikiai iliustruoja patyrimo vaidmenį suvokime. Panaudotas trapecinis kambarys. Žiūrint viena akimi pro mažą skylutę į žmones, stovinčius prie trapecijos formos kambario sienos, jų dydis suvokiamas klaidingai. Dydžio suvokimui iškraipyti sukonstruotas kambarys taip, kad kairysis jo kampas yra beveik dvigubai toliau už dešinįjį, o toliau esantis kambario langas padidintas tiek, kad abu langai atrodytų esantys tuo pačiu atstumu (5 pav.). Šiuo atveju galimos dvi alternatyvos: 1) du realaus, vienodo dydžio žmonės, stovintys skirtingu atstumu prieš trapecinį paviršių; 2) du skirtingų,

iškreiptų dydžių žmonės, stovintys prie įprasto, stačiakampio kambario sienos. Antroji alternatyva priimtinesnė, nes kambariai beveik visada būna stačiakampiai, o žmonių ūgis gali labai skirtis (Gurčienė, 2007).



5 pav. Dydžio suvokimo iliuzija:

a) – Ames trapecinis kambarys, prie kurio įstrižos sienos stovi du vienodo ūgio žmonės; b) – viena akimi žiūrint pro mažą skylutę, atrodo, kad du skirtingo ūgio žmonės stovi prie normalaus kambario sienos (Gurčienė, 2007)

Neturėdamas informacijos apie nuotolį, žmogus analizuoja informaciją tik apie regimuosius kampus ir todėl suvokia vaizdą kambario kairėje mažesnį negu dešinėje. Vadinasi, informacija apie nuotolį daro įtaką dydžio suvokimui (Vaitkevičius, 2002).

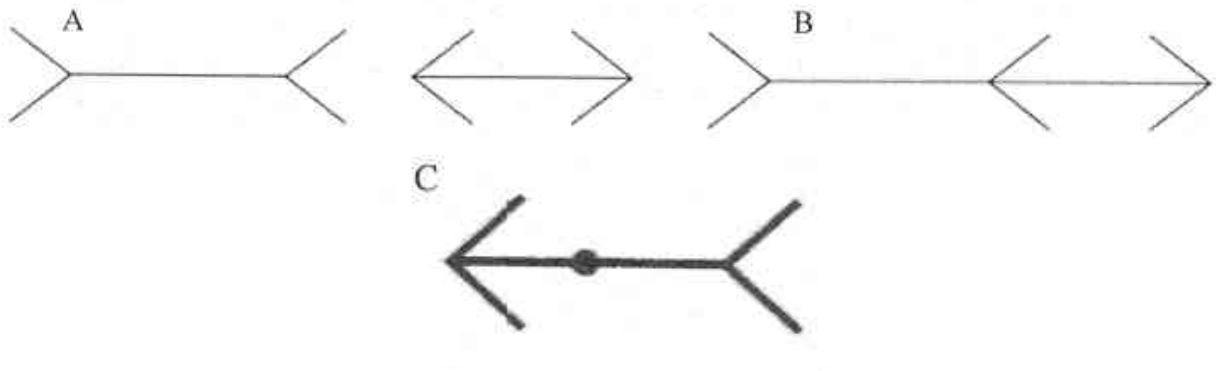
Mėnulio iliuzija yra viena seniausiai dar antikos laikais pastebėtų iliuzijų. Tai dydžio suvokimo iškraipymas, pasireiškiantis tuo, kad mėnulis horizonte atrodo beveik 1,5 karto didesnis negu zenite, nors abiem atvejais jo vaizdo dydis tinklainėje yra vienodas. Holvay ir Boring (Taylos ir Boring, 1942, pgl. Gurčienę, 2007) pateikė žvilgsnio kampo hipotezę, pagal kurią suvokiamas mėnulio dydis priklauso nuo akių padėties galvos atžvilgiu. Pagal hipotezę mėnulio iliuziją sąlygoja akių padėties kitimas galvos atžvilgiu, keičiantis mėnulio pakilimo aukščiui. Kai mėnulis yra neaukštai virš horizonto, jo vaizdas projektuojasi į tinklainių centrines dalis, kur objekto dydis yra pervertinamas. Kai mėnulis yra virš mūsų, jis projektuojasi į tinklainės periferiją ir suvokiamas mažesnis (Vaitkevičius, 2002). Holvay ir Boring eksperimente buvo stebimas mėnulis akių lygyje, horizonte, persvėrus per stalo kraštą galvą (pakeltomis akimis), taip pat stebėtojui gulint ant stalo ir žiūrint į mėnulį nepakeltomis akimis. Autoriai priėjo išvados, kad mėnulio iliuzija priklauso nuo akių pakėlimo galvos atžvilgiu, tačiau teorijos kaip dydžio suvokimas priklauso nuo akių padėties galvos atžvilgiu nėra.

Lloydas Kaufmanas ir Irvinas Rockas (Rock ir Kaufman,1962, pgl Gurčienę, 2007) pateikė šios iliuzijos paaiškinimui menamo atstumo hipotezę. Pagal šią hipotezę jei dviejų objektų atvaizdai tinklainėje yra vienodo dydžio ir atrodo esantys skirtingu atstumu nuo stebėtojo, tai tolimesnis objektas turi būti suvokiamas kaip didesnis (horizonte mėnulis atrodo esąs

toliau negu zenite). Jie savo eksperimente panaudojo veidrodžius, kad į mėnulį horizonte stebėtojai žiūrėtų pakeltomis akimis, o mėnulį zenite matytų akių lygyje ir tuo įrodė, kad nepriklausomai nuo akių pakėlimo laipsnio mėnulis horizonte atrodė didesnis negu zenite. Menamo atstumo hipotezę palaiko ir faktas, kad stebėtojai, prašomi nustatyti atstumą iki horizonto ir iki dangaus tiesiai virš galvos, horizontą mano esant toliau, t.y. dangaus skliautas jiems atrodo suplotas.

Santykinė dydžio hipotezė, kurią pateikė Restle (1970), pagrįsta santykiniu objekto dydžiu jo regimojoje aplinkoje. Pagrindinė šios teorijos prielaida, kad objekto dydžio suvokimas priklauso ne tik nuo jo dydžio tinklainėje, bet ir nuo jo santykinio dydžio regimojoje aplinkoje- kuo arčiau ribos yra objektas, tuo jis atrodo didesnis. Jei mėnulio dydis suvokiamas santykyje su aplinka, tai mėnulis horizonte atrodys didesnis , nes jis lyginamas su maža erdve-1º iki horizonto. Tuo tarpu zenite atrodys mažesnis, nes jis čia yra dideliame tuščios regimosios erdvės plote.

Plačiausia tiriama ir labiausiai žinoma yra 1889 metais atrasta Müllerio- Lyerio iliuzija**.** Ši iliuzija parodyta 6 A paveiksle.. Yra daug teorijų, aiškinančių šią iliuziją, tačiau daugiausia dėmesio skiriama dydžio pastovumo klaidingo pasireiškimo teorijai. Pagal ją, linijos galų išsišakojimai yra klaidinantys atstumo suvokimo informacijos šaltiniai, kitaip tariant, linijų segmentai su skirtingais išsišakojimais galuose atrodo esantys skirtingu atstumu.

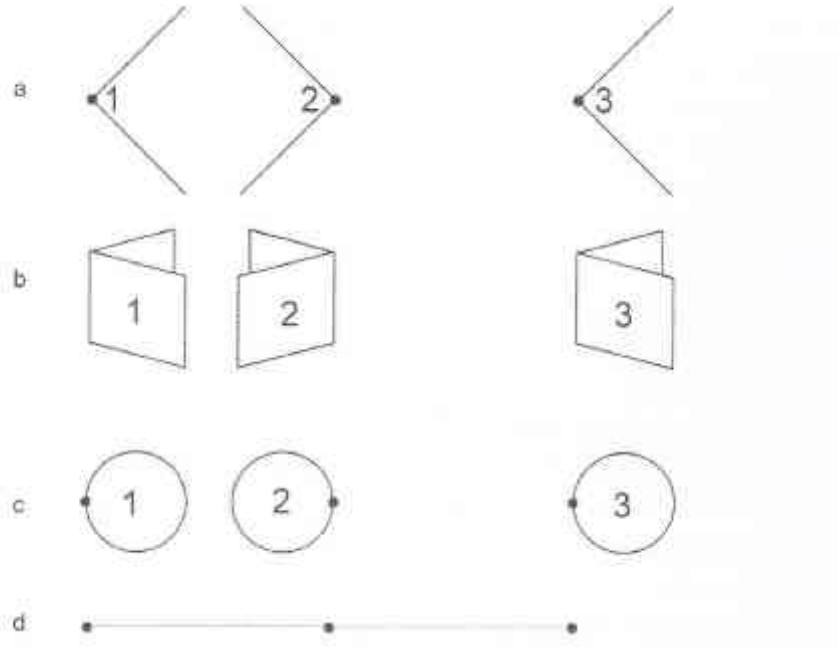


6 pav. Dydžio geometrinės iliuzijos:
Müllerio-Lyerio (A), Brentano (B), Judd (C) (modifikuota remiantis Surkys, 2007)

Yra ir daugiau šios iliuzijos variantų. Pavyzdžiui, Franz Bretano (pgl. Surkys, 2007) pasiūlė šios iliuzijos piešinio variantą iš trijų porų sparnelių, išdėstytų vienoje linijoje (6 B pav.). Šiuo atveju iliuzijos efektas tapo stabilesnis. Judd iliuzija (6 pav. C) sudaryta iš dviejų porų sparnelių pasuktų ta pačia kryptimi ir tiesės su tašku viduryje. Taškas atrodo ne viduryje, o arčiau vidun atkreiptų sparnelių galų. Visais atvejais prieita vieningos išvados- iliuzija atsiranda, stebint tam tikrą geometrinę figūrą, sudarytą iš trijų arba dviejų porų sparnelių, pa-

prastai išrikiuotų viena arba dviem eilėm, sujungtų ašine linija arba be jos (Surkys, 2007). Kaip teigia Martišius (2008), kuo kampai tarp sparnelių porų yra mažesni, tuo didesnė iliuzija. Iliuzijos dydis taip pat priklauso nuo sparnelių ilgio. Kaip nustatė Restle ir Decker (pgl Martišių, 2008) dydžio pervertinimas maksimalus, kai sparnelių linijų ilgis apytikriai lygus nuotoliui tarp strėlių smaigalių ir sparnelių ilgis svyruoja priklausomai nuo kampo vertinamos linijos ir sparnelių atkarpų.

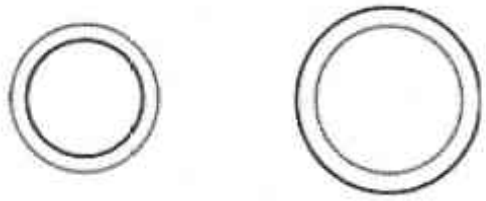
7 paveiksle pateikti keli Müllerio-Lyerio iliuzijos variantai, kur nėra išsišakojimų linijos galuose. Šiais atvejais iliuzijos pasireiškia taip pat gana efektingai.



7 pav. Müllerio-Lyerio iliuzijos variantai:

a – atstumas tarp 1 ir 2 atrodo mažesnis už tokį patį atstumą tarp 2 ir 3 taškų; b) – trimatė (a) varianto versija, atstumas tarp 1 ir 2 objekto vertikalios kampo linijos atrodo mažesnis už tokį patį atstumą tarp 2 ir 3 objektų kampo linijų; c) – atstumas tarp taškų 1 ir 2 apskritimuose atrodo mažesnis už tokį patį atstumą tarp 2 ir 3 apskritimuose; d) – visų variantų fizikinis atstumas (Gurčienė, 2007)

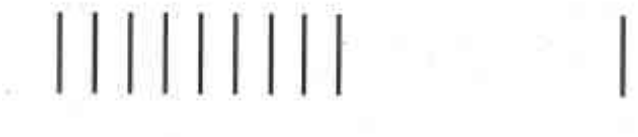
Jozepho Delboeufo iliuzija – dar viena geometrinė iliuzija. Ji priskiriama ploto geometrinėms iliuzijoms. Apskritimas, aplink kurį apibrėžtas kitas apskritimas, atrodo didesnis negu tas, į kurį įbrėžtas kitas apskritimas (8 pav.)



8 pav. Jozepho Delboeufo iliuzija (Surkys, 2007)

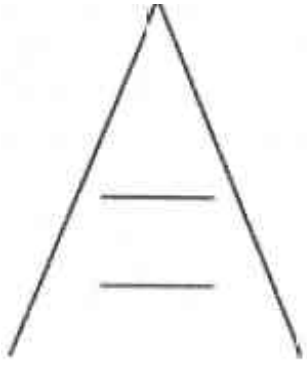
Šis reiškinys buvo pavadintas dydžio asimiliacijos efektu. Pastebėta, kad didinant tarpą tarp apskritimų, iliuzija mažėja ar net įgyja priešingas reikšmes. Iliuzija stipriausia, kada apskritimų diametrų santykis yra tarp 2 ir 3. Kai apibrėžtas apskritimas yra palyginti nedaug didesnis už esantį viduje, iliuzija teigiama, t.y. įbrėžtas apskritimas atrodo didesnis už tokio paties dydžio atskirai pateiktą. Kai išorinis apskritimas yra žymiai didesnis už vidinį, iliuzija neigiama (Martišius, 2008). Ši iliuzija išlieka pateikiant įvairių formų figūras.

Oppel-Kundt figūra yra klasikinė geometrinė iliuzija. Stebėtojui, matančiam dvi Oppel-Kundt figūros dalis, iš kurių viena yra užpildyta, pavyzdžiui brūkšneliais, o kita tuščia (9 pav.) užpildytoji atkarpa atrodo ilgesnė už neužpildytąją.



9 pav. Oppel- Kundt iliuzija (Surkys, 2007)

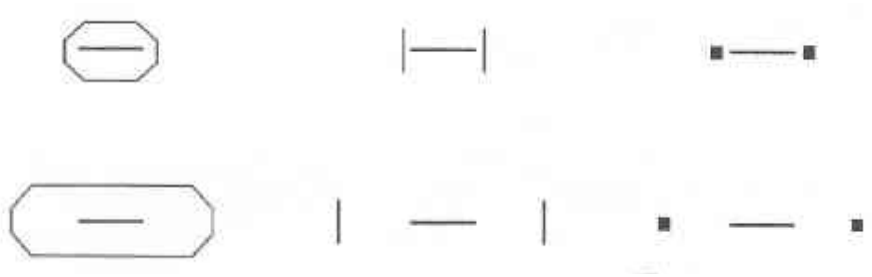
10 paveiksle pateikta Ponzo iliuzija **(**atrasta Mario Ponzo 1913 metais): dvi horizontalios vienodo ilgio atkarpos tarp tolumoje sueinančių linijų atrodo skirtingo ilgio. Tolimesnė horizontali linijos atkarpa, esant arčiau linijų konvergencijos taško, atrodo kur kas ilgesnė už tokio pat ilgio linijos atkarpą, esančią arčiau stebėtojo.



10 pav. Ponzo iliuzija (Surkys, 2007)

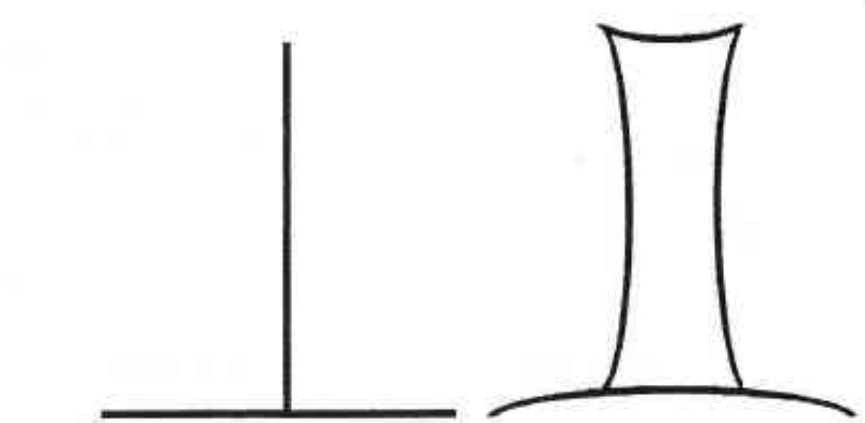
Šią iliuziją galėtume paaiškinti atstumo ir dydžio kompensacijos mechanizmu. Tolumoje sueinančios linijos yra veiksmingas perspektyvos suvokimo šaltinis, todėl arčiau linijų susikirtimo taško esanti linija suvokiama kaip ilgesnė.

Ponzo iliuzijai gali turėti įtakos ir kiti veiksniai kaip, pavyzdžiui, linijos atkarpos apsuptis arba tarpas tarp horizontalių linijos atkarpų ir jas supančių konvertuojančių linijų. Kuo labiau linijos atkarpa įrėminta (yra arčiau rėmo krašto), tuo ilgesnė ji atrodo (Jordan ir Randalf, 1987, pgl. Gurčienę, 2007). 11 paveiksle pateikti Ponzo iliuzijų pavyzdžiai, susiję su įrėminimo efektu.



11 pav. Ponzo iliuzijos, susijusios su įrėminimo efektu:
horizontali linija mažesniuose rėmuose (viršuje) atrodo patikimai ilgesnė už tokio pat ilgio horizontalią liniją didesniuose rėmuose (apačioje) (Gurčienė, 2007)

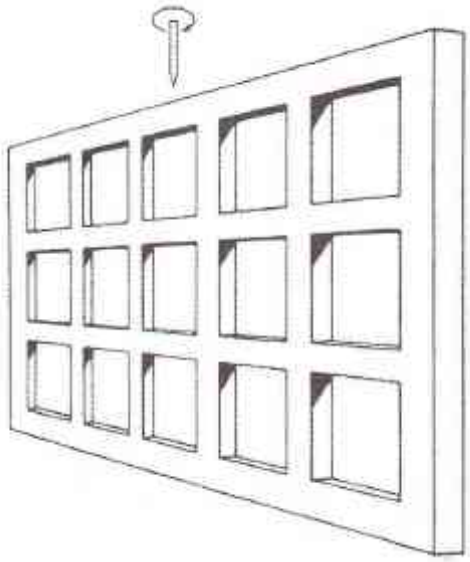
Horizontali-vertikali iliuzija (pirmą kartą pristatyta Wundto 1858 metais), pateikta 12 paveiksle. Vertikali linija atrodo geroka i ilgesnė už tokio pat ilgio horizontalią liniją. Subjektyviai suvienodinus horizontalios ir vertikalios linijų ilgius gautume, kad horizontali linija apytikriai 30% ilgesnė už vertikalią.



12 pav. Vertikalių dydžių pervertinimo pavyzdžiai (Vaitkevičius, 2002)

Vertikalią-horizontalią iliuziją sąlygoja vertikalaus ilgio pervertinimas ir nepakankamas horizontalaus ilgio įvertinimas.(Gurčienė, 2007). Ši iliuzija yra stipriausia, kai vertikali linija dalija horizontalią tiesę pusiau. Pasukus tokią figūrą 90º kampu, iliuzija nors ir sumažėja , bet neišnyksta. (Vaitkevičius, 2002)

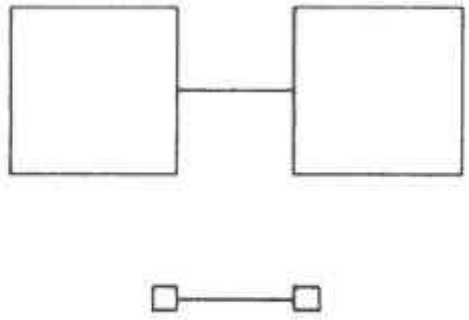
Ames trapecinis langas gali būti ne tik dydžio iliuzijos, bet kartu ir formos iliuzijos pavyzdys. Įrenginys šiai iliuzijai demonstruoti susideda iš trapecinio paviršiaus su langeliais ir šešėliais (13 pav.).



13 pav. Ames besisukantis trapecinis langas, suvokiamas kaip svyruojantis įprastas stačiakampis langas (Gurčienė, 2007)

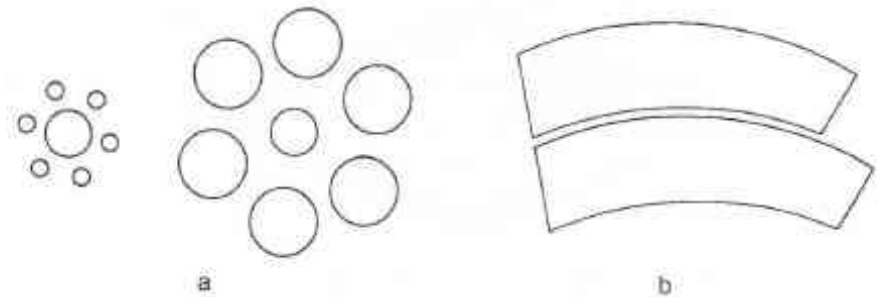
Ši trapecija pastoviu greičiu lėtai gali suktis apie vertikalią ašį. Galimos dvi, viena kitai prieštaraujančios, tokios figūros suvokimo alternatyvos: svyruojantis stačiakampis langas arba besisukanti trapecija. Dažniausiai ši figūra suvokiama kaip normalus besisukantis langas, keičiantis judėjimo kryptį kas 180º.

Konteksto iliuzijos yra suvokimo iškraipymai, sukelti didelio kiekybinio gretimų objektų savybių skirtumo. Tokių iliuzijų pavyzdys pateiktas 14 paveiksle.



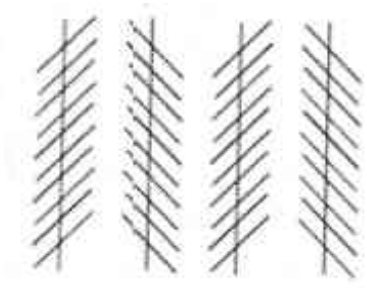
14 pav . Konteksto įtaka linijos ilgio suvokimui (Baldwino iliuzija) :
linijos atkarpa tarp didesnių kvadratų atrodo trumpesnė už tokio pat ilgio atkarpą, esančią tarp mažesnių kvadratų (Gurčienė, 2007)

Stimulas, apsuptas mažų (didelių) objektų, atrodo didesnis (mažesnis) už pateiktą atskirai. Atkarpa, jungianti didesniuosius kvadratus, atrodo mažesnė už nubrėžtą liniją tarp mažesnių figūrų Vidurinės linijos nėra būtinos iliuzijų atsiradimui. (Martišius, 2008) Baldvino iliuzijoje (14 pav.) horizontali linijos atkarpa tarp dviejų didelių kvadratų atrodo gerokai trumpesnė už tokio pat ilgio atkarpą tarp dviejų mažų kvadratų. Ebbinhauso iliuzijoje (15a pav.) du vidiniai apskritimai yra vienodo dydžio, tačiau vidinis apskritimas esantis tarp mažų atrodo gerokai didesnis , negu tarp didelių apskritimų. 15b paveiksle pavaizduota Jastrowo iliuzija. Čia apatinė figūra atrodo kur kas didesnė už tą pačią viršutinę figūrą. Kontrastas tarp trumpesnės apatinės kontūro linijos apatinėje figūroje sukelia šių figūrų ilgio suvokimo iškraipymą



15 pav. Kontrasto iliuzijos:
a) – Ebbinhauso iliuzija: vidinis apskritimas tarp mažų atrodo gerokai didesnis už tokį pat apskritimą tarp didesnių apskritimų; b) – Jastrowo iliuzija – viršutinė figūra atrodo daug trumpesnė už tokio pat ilgio apatinę figūrą (Gurčienė, 2007)

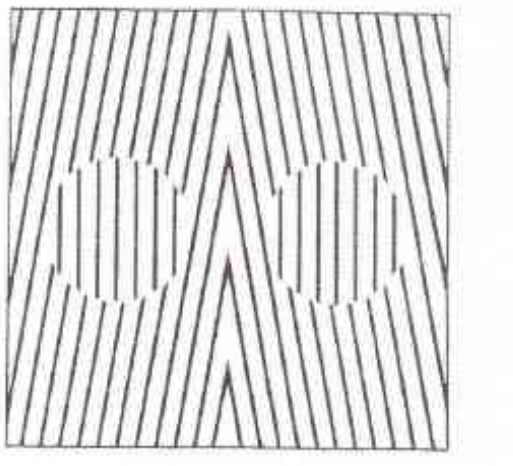
Klasikinis krypties suvokimo iliuzijos pavyzdys – Zöllnerio iliuzija. Ši iliuzija pasireiškia tuo, kad dvi lygiagretės linijų atkarpos atrodo pasuktos skirtingais kampais, jeigu jas kerta įstrižos linijų atkarpos (16 pav.).



16 pav. Zöllnerio iliuzija (Surkys, 2007)

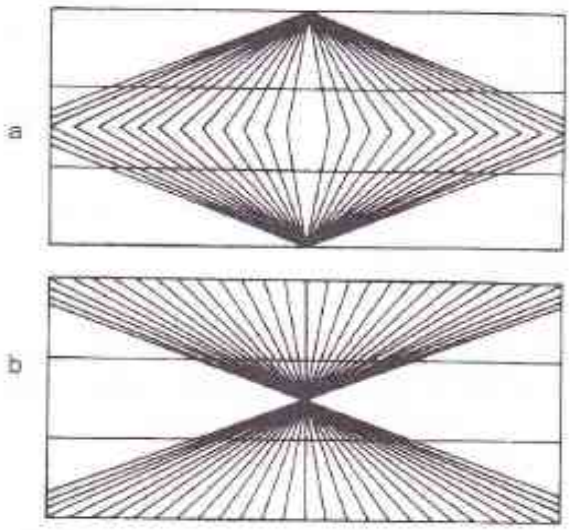
Iliuzija pasireiškia ir tuo atveju , jei įstrižos atkarpos yra šalia bandomųjų. Zöllnerio iliuzija, kaip ir kitos panašios orientacijos iliuzijos, priklauso nuo figūros pasukimo kampo (iliuzija stipriausia, kada figūra pasukta 45º kampu) bei nuo stebėtojo kūno arba galvos pasvirimo bei linijų tankumo. Iliuzija, esant kitoms vienodoms sąlygoms, tampa maksimali, kai tankumas pasiekia optimalią ribą. Pasak Martišiaus(2008), pateikus iliuziją sukeliančius elementus stereoskopiškai, t.y. pasvirusias figūros dalis vienai akiai, o tiesias neteisingai suvokiamas linijas – kitai akiai, iliuzija neišnyksta.

Kitas orientacijos suvokimo iškraipymo pavyzdys parodytas 17 paveiksle. Apskritimuose esančiose vertikalios linijų atkarpos atrodo pasvirusios į priešingą pusę negu fono linijos.



17 pav. Orientacijos iškraipymas – vertikalios linijos apskritimuose atrodo pasvirusios į priešingą pusę negu fono linijos, (Gurčienė, 2007)

Wundto ir Heringo iliuzijos, iškraipančios formą parodytos 18 paveiksle. Dvi horizontalios lygiagrečios linijos atrodo įlinkusios į vidų Wundto (18 a pav.) ir išlinkusios į išorę Heringo (18 b pav.) iliuzijoje.



18 pav. Formą, iškraipančios iliuzijos:
a)-Wundto, b) - Heringo (b), (Gurčienė, 2007)

Fraserio iliuzijoje (19 pav.) matyti formos iškraipymo efektai, sukelti gretimų sričių kontrasto. Ši iliuzija dar vadinama vingiuotos virvės languotame fone iliuzija: tiesios vertikalios linijos languotame fone atrodo išlinkusios.

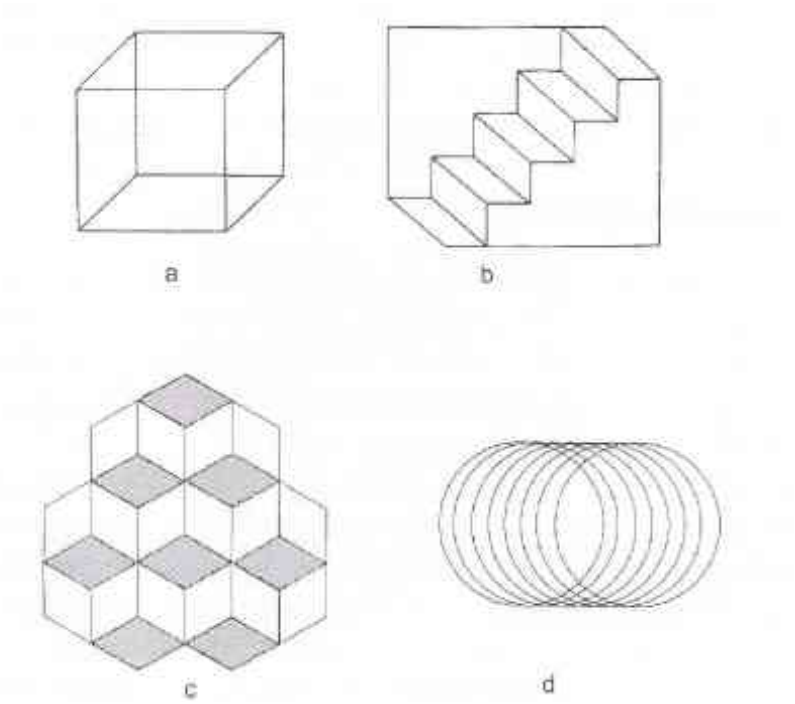


19 pav. Fraserio iliuzija:
tiesios linijos languotame fone atrodo kreivos (Gurčienė, 2007)

Dviprasmės, reversinės figūros neturi pakankamai informacijos vienai stabiliai erdvinei orientacijai suvokti, todėl suvokiamos nevienareikšmiškai pagrindinės orientacijos atžvilgiu. Po trumpo kiekvienos figūros, pateiktos 20 paveiksle, stebėjimo įvyksta savaiminis jų

orientacijos erdvėje pasikeitimas. Ilgiau žiūrint į tokią figūrą, orientacija pradeda kaitaliotis periodiškai. Ilgiau žiūrint į reversines figūras, didėja orientacijos keitimosi greitis. Tai aiškinama tuo, kad atskiri figūros suvokiniai apdorojami skirtinguose regos sistemos kanaluose ir kad juose vyksta antagonistiniai procesai, dėl ko vienu metu galima matyti tik vieną figūros orientaciją. Šios orientacijos kanalas pamažu adaptuojasi („nuvargsta“), tada jį pakeičia alternatyvi orientacija. „Nuvargus“ pastarajam kanalui, vėl suvokiama prieš tai buvusi orientacija, kurios kanalas tuo laiku „atgauna jėgas“. Manoma, kad kanalas nevisiškai „atgauna jėgas“, todėl orientacijų keitimasis greitėja, kol nusistovi pastovus keitimosi greitis (Gurčienė, 2007).

Sujungus kelis iliuzinius efektus galima sukelti dar ryškesnes regimąsias iliuzijas.



20 pav. Reversinės, dviprasmės figūros:

a) – Neckerio kubas; b) – Schrioderio laiptai; c) – vienoje šios figūros versijoje matomi šeši, kitoje septyni kubai; d) – spontaniškai kaitaliojasi vamzdžio, sudaryto iš žiedų , orientacija (Gurčienė, 2007)

Be šių čia aukščiau minėtų iliuzijų yra daugybė jų atmainų, bei kitų, tokių kaip subjektyvių kontūrų iliuzijos, spalvinės iliuzijos ir kitos, kurios stebimos, bet sunkiai išmatuojamos.

1.3. Iliuzijų kilmė

Regimasis suvokimas neatsiejamai susijęs su įvairių vaizdo požymių vertinimu. Tarp tokių požymių gali būti vaizdo sudėtinių elementų dydžių, orientacijų, ryškių ir spalvų proporcijos. Esant tam tikriems ribiniams požymių parametrams, regos sistema gali klysti. Tada atsiranda sprendimų klaidų, vadinamųjų regimojo suvokimo iškraipymų. Iškraipymai, arba iliuzijos, apibūdinami kaip skirtumai tarp suvoktų ir realiai egzistuojančių fizinių vaizdo savybių. Šie iškraipymai yra nervų sistemos struktūros ir veiklos padarinys, todėl bet kurio stimulo suvokimas neįmanomas be didesnių ar mažesnių deformacijų, kurios gali pasireikšti per įvairius sensorinius kanalus (Bulatov, 2008).

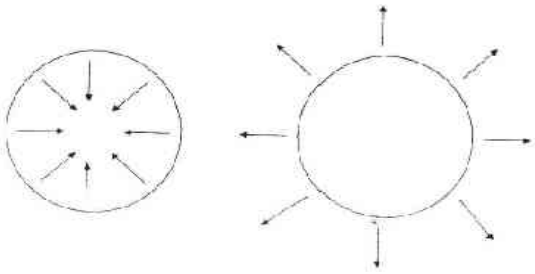
Nėra vienos teorijos, paaiškinančios erdvines iliuzijas. Galima manyti, kad atskiras iliuzijas lemia skirtingi veiksniai, kurių vieni gali būti susiję su akies optine struktūra ir nervinėmis sąveikomis tinklainėje, kiti – su aukštesniu, kognityviniu informacijos apdorojimo lygmeniu.

Optiniai tinklainės arba struktūriniai veiksniai gali sukelti suvokimo iškraipymus, susijusius su atvaizdo tinklainėje formavimo mechanizmais. Kitas struktūrinis veiksnys, galintis turėti įtakos iliuziniam suvokimui (ypač esant konverguojančioms linijoms, kampams ir kontrastingoms sritims), yra neaiškaus neryškaus atvaizdo tinklainėje susidarymas dėl akies lęšiuko ir ragenos trūkumų. Kontūrams susikertant arba esant arti vienas kito gali pakakti neryškaus atvaizdo ir slopinančios sąveikos tinklainėje, kad būtų iškraipytas orientacijos, vietos ar kontrasto suvokimas. Kontūro iškraipymai gali būti susiję ir su erdvinio dažnio kanalais regos sistemoje. Vieni erdvinio dažnio komponentai specializuotais erdvinio dažnio kanalais gali būti išskiriami geriau negu kiti. Gali būti prarandami tų erdvinių dažnių vaizdo elementai, kuriems regos sistema santykinai nejautri ir tai gali sukelti suvokimo iškraipymus. Struktūriniai akies ir tinklainės veiksniai gali prisidėti prie iliuzijos susidarymo, ypač tose figūros vietose, kur yra kampai, susikertančios, susikryžiuojančios linijos ir kontrastingos sritys (17; 18; 19 pav.). Tačiau šie veiksniai neturi reikšmingos įtakos daugumai pagrindinių regimųjų iliuzijų, kurių suvokimas labiau siejamas su centrinės arba kognityvinės prigimties veiksniais.

Pagrindiniai kognityviniai veiksniai, galintys turėti įtakos iliuziniam suvokimui, yra praeities patyrimas, praktika su iliuzinėmis figūromis ir dėmesys. Šių veiksnių įtaka akivaizdžiausiai pasireiškia mėnulio, Ponzo ir Müllerio-Lyerio iliuzijose, kur erdviniai informacijos šaltiniai priverčia veikti dydžio pastovumo mechanizmą.

Stebėtojo dėmesys taip pat yra svarbus kognityvinis veiksnys, galintis turėti įtakos regimosioms iliuzijoms. Pavyzdžiui, 21 paveiksle kairiajame apskritime rodyklės dėmesį nukreipia į vidų, todėl apskritimas atrodo mažesnis lyg sutraukiamas, o dešiniajame rodyklės nu-

kreiptos į išorę ir apskritimas atrodo didesnis lyg besiplečiantis, nors iš tiesų jie abu vienodo dydžio.



21 pav. Abu apskritimai vienodo dydžio:
dėl rodyklių nukreiptų į vidų kairiajame apskritime, šis apskritimas atrodo mažesnis už dešinįjį, kurio rodyklės nukreiptos į išorę (Gurčienė, 2007)

Praktika su iliuzinėmis figūromis, ilgas žiūrėjimas taip pat turi įtakos iliuzijos efektui. Ilgiau praktikuojantis su iliuzinėmis figūromis, daugelio regimųjų iliuzijų efektas silpnėja, tačiau neišnyksta. Pastebėta (Festinger, White, Allyn, pgl. Martišių, 2008), kad iliuzijos sumažėja, tarp jų ir Müllerio – Lyerio, jei stebėtojas ilgesnį laiką apžiūrinėja jas sukeliančius stimulus. Manoma, kad akių judesiai suteikia iliuzijas koreguojančią informaciją. Yra gerai žinoma, kad vyrai geriau nei moterys atlieka vaizdines – erdvines suvokimo užduotis. Egzistuoja įvairios prielaidos apie šio fenomeno priežastis, yra išsakoma nuomonė apie socialinių, kultūrinių tradicijų įtaką

Daugelis iliuzijų yra ryškiausios vaikystėje. Pavyzdžiui, J.Pjažė (Piaget, 1969; pgl. Marišių, 2008) su bendradarbiais nustatė, kad vaikų Delbefo konfigūracijos suvokimo iškraipymai yra žymiai didesni nei suaugusiųjų. Miulerio – Lajerio iliuzija mažėja amžiui didėjant. Kai kurių autorių duomenimis, 15-19 metų intervale iliuzija sustiprėja. Kartu su amžiumi mažėja Poggendorfo, Zanderio lygiagretainio, Opelio-Kunto iliuzijos. Nereikia suprasti, kad kuo didesnis stebėtojo amžius, tuo silpnesnės minėtos iliuzijos. Jos mažėja tik iki tam tikro tiriamojo amžiaus. Vėliau iliuzijos dydis stabilizuojasi. Suaugusieji lengviau sutelkia dėmesį vien tik ties vertinama linija, daugiau yra susipažinę su iliuzijomis, jų suvokimas labiau sąlygotas patyrimo. Matyt, dėl šių ar panašių priežasčių iliuzijos sumažėja. Tiesa, kai kurios iliuzijos, pavyzdžiui, Ponco, nemažėja amžiui didėjant (Martišius, 2008).

Seniausia hipotezė, aiškinanti iliuzijas (Müllerio-Lyerio) kaip dviejų priešingų faktorių – susiliejimo ir kontrasto – sąveikos rezultatą. Manoma, kad šie faktoriai persipina skirtinguose vaizdo apdorojimo etapuose, dėl lateralinio slopinimo ir kontūrų atstūmimo efektų (Bulatov, 2006). Gregory (1968, 1990, pgl. Bulatov, 2006) mano, kad suvokimo iškraipymus sukelia vaizdo detalės, lemiančios gylį arba perspektyvos pojūčius. Kitas bandymas paaiškinti iliuzijas remiasi adaptacinio lygio teorijos principais (Helson 1964; Green, Hoyle 1964;

Restle, Merryman 1968; Restle 1971,1977, pgl. Bulatov, 2006). Šiuo požiūriu ilgių palyginimas tiesiogiai proporcingas stebėtojo adaptacijos lygiui.

Svorio centro koncepcijos požiūriu (Judd 1905; Festinger et al. 1968; Kaufman, Richards 1969; McLaughlin et al. 1969; Coren, Hoenig 1972, pgl. Bulatov, 2006) nagrinėjami grįžtami ryšiai, ateinantys iš akių judesių valdymo sistemos. Pagal šią koncepciją, suvokimo iškraipymai atsiranda dėl nevalingos tendencijos kreipti žvilgsnį į šoninių figūrų svorio centrus, bandant nustatyti centrinės linijos galų vietas.

Taigi, hipotezes, aiškinančias geometrinių iliuzijų prigimtį, galima padalyti į dvi grupes ir sąlygiškai pavadinti „psichologine“ ir „fiziologine“. Pirmajai grupei priklauso hipotezės, kurių autoriai linkę pagrįsti iliuzijas psichologiniais pažinimo aspektais, gylio arba perspektyvos jutimu, įvairaus nuotolio objektų suvokiamo dydžio vienodumu. Kiti šios hipotezės grupės šalininkai siūlo prisitaikyti ir asimiliuoti teorijas, iškeldami stimulo centro ir periferijos sudėtingos sąveikos įtaką jutimo procesui. (Bulatov, 2008) Tačiau dauguma šios grupės koncepcijų turi aprašomąjį pobūdį ir naudojasi sąvokomis, kurias sunku arba iš viso neįmanoma patikrinti eksperimentų metu.

Antros grupės hipotezių šalininkai aiškina geometrinių iliuzijų reiškinį, remdamiesi žiniomis apie nervų sistemos anatomiją ir jos skirtingų dalių funkcinę organizaciją. Ginsburg (1979, pgl. Bulatov, 2006) aiškina, jog dydžio suvokimo iškraipymai atsiranda dėl vaizdo filtracijos žievės žemų erdvinių dažnių kanaluose. Morgan ir Casco (1990, pgl Bulatov, 2006) manymu, iliuzijos efektas atsiranda dėl vaizdo filtracijos žievės neuronų recepcijos laukuose. Filtracija pakeičia linijų susikirtimo taškus miglota (išplauta) dėmele, ir jų padėtis tampa neapibrėžta.

Pasak jų, gilesniam iliuzijų fenomeno supratimui galėtų padėti klasikinės signalų ir tiesinių sistemų teorijos. Remiantis jomis, egzistuoja tam tikras ryšys tarp signalo erdvinių parametrų ir erdvinių dažnių spektrinių charakteristikų. Filtracijos procesai, keičiant erdvinio spektro dažnio komponenčių tarpusavio santykį, neišvengiamai sukelia suvokiamo vaizdo skirtingų dalių dydžio ir formos iškraipymus. Iškraipymų dydis priklauso ir nuo filtruojančios sistemos parametrų, ir nuo vaizdo erdvinės struktūros. „Fiziologinės“ hipotezių grupės šalininkų skaičiavimai rodo pakankamai gerą sutapimą su eksperimentinių tyrimų rezultatais (Bulatov, 2008).

Per ilgą domėjimosi iliuzijomis laiką buvo iškelta daugybė teorijų. Tačiau nei viena pasiūlyta teorija negali paaiškinti visų empirinių faktų. Nėra pagrindo teigti, kad įvairios iliuzijos yra sąlygojamos tų pačių mechanizmų. Net ta pati iliuzija gali būti determinuojama įvairių priežasčių (Vaitkevičius, 2002).

1.4. Iliuzijų tyrimų apžvalga

Iš visų žinomų optinių iliuzijų labiausiai tinkamos eksperimentiniam darbui yra geometrinės iliuzijos, nes jas sukelia labai paprasti stimulai, sudaryti iš riboto skaičiaus grafinių elementų, tokių kaip linijos ir taškai. Šie stimulai nevargina regos sistemos, sprendžiant užduotį ir nereikalauja sudėtingos techninės įrangos juos kuriant. Be to, geometrinių kiekybinė reikšmė gali siekti net 20%-30% kurio nors parametro dydžio, o rezultatai pakartojami ir gan panašūs daugeliui tiriamųjų.

Geometrinių iliuzijų tyrimai, kaip priemonė, padedanti aiškintis regos sistemos savybes, buvo

atliekami Kauno medicinos universiteto Biologijos katedroje nuo 1990 metų. Buvo matuojamas Miülerio-Lyerio iliuzijos stiprumas, keičiant stimulo parametrus: atraminės dalies ilgį, sparnelių ilgį, sparnelių vidaus kampą, figūros ryškio arba spalvos kontrastą. Keičiamas sparnelių kiekis, atsisakoma ašinės linijos, keičiama figūros orientacija arba figūros dalių išdėstymas (Surkys ir kiti, 2005; Bertulis, Bulatov, 2001; Bulatov ir kiti 1997). Gauti rezultatai parodė, jog iliuzijos stiprumas auga ilgėjant figūrai. Taip pat buvo atkreiptas dėmesys, į iliuzijos stiprumo individualius skirtumus skirtingiems stebėtojams (stiprumas gali skirtis net 2-3 kartus) nors kiekvienam stebėtojui iliuzijos stiprumo reikšmės yra pakankamai stabilios. Iliuzijos stiprumo priklausomybė nuo sparnelių vidaus kampo turi ir teigiamas ir neigiamas reikšmes. Kreivės būna nevisiškai simetriškos nulinio iliuzijos stiprumo atžvilgiu, t.y. tuomet kai sparnelių vidaus kampas yra 180º ir figūra atrodo sudaryta iš trijų tiesių brūkšnių, kurie negali sukelti iliuzijos. Keičiant sparnelių ilgį, buvo gautos kreivės su pakankamai aiškiai išreikštu maksimumu ties ta sparnelių ilgio reikšme, kuri lygi figūros atraminės dalies ilgio trečdaliu (Surkys, 2007). Keičiant sparnelių ilgį, gautos kreivės su aiškiai išreikštu maksimumu ties ta sparnelių ilgio reikšme, kuri yra lygi figūros atraminės dalies ilgio trečdaliui. (Bulatov, 2006). Iliuzijos išlieka ir pakeitus figūros orientaciją iš horizontalios į vertikalią.

Analogiškais tyrimais su Oppel-Kundt iliuzija pastebėta, jog šios iliuzijos stiprumas taip pat tiesiškai priklauso nuo figūros atraminės dalies ilgio, o matuojant iliuzijos stiprumo nuo figūros užpildytos dalies brūkšnelių kiekio, buvo gautas maksimumas ties skaičiais 7-12 .

Tirti iliuzijų ir regos lauko anizotropijos bendros raiškos dėsningumai. Čia buvo gauti įrodymai, kad abiejų geometrinių ilgio iliuzijų (Oppel-Kundt ir Millerio-Lyerio) stiprumas nepriklauso nuo orientacijos lauke. Stimulo orientacijos įtaką ilgio suvokimo deformacijoms lemia tik regos lauko anizotropija, t.y. įvairių orientacijų skalių netolygumas.

Buvo domėtasi iliuzinių vaizdų superpozicija, t.y. vienu metu pateikiamos dvi figūros besiskiriančios orientacija ir kontrastu.

Buvo atlikta visa eilė eksperimentinių tyrimų, skirtų įbrėžto daugiakampio iliuzijai. Įbrėžti daugiakampiai iškreipdavo apskritimo formą ir apskritimo lankai atrodė išlenkti į išorę. Didėjant figūros dydžiui, iliuzijos stiprumas didėjo. Nustatyta, jog stipriausia iliuzija trikampiams, o silpniausia – penkiakampiams.

Atlikti tyrimai (Surkys, 2007), siekiant nustatyti, ar vaizdo erdvinių dažnių filtracija, kurią vykdo regos pirminės žievės neuronų struktūros gali būti laikoma viena iš lemiančių geometrinių iliuzijų atsiradimo priežasčių. Nustatyta, kad šių mechanizmų organizacija tiesiogiai siejasi su suvokiamos erdvės geometrija, iliuzijų pasireiškimo forma.

Bulatov ir kiti (2008) sukūrė ilgio iliuzijų modelį išreiškiamą santykinai paprastomis matematinėmis formulėmis. Eksperimentu kiekybiškai įvertintas iliuzijos stiprumo priklausomybė nuo stimulo tariamų sparnelių ilgio arba jų vidinio kampo. Tiriant Brentano iliuzinę figūrą, sudarytą iš atskirų dėmelių, padaryta prielaida, jog stimulo ilgių palyginimo metu regos neuroniniuose tinkluose vyksta tam tikri lokalūs jaudinimo profilių sudėties procesai, kurie gali būti apibūdinami „svorio centro koncepcijos“ terminais.

Bielevičius ir kiti (2005) atliko bandymus su vaizdu sudarytu iš trijų dėmelių, esančių vienoje tiesėje ir ties taškais skirtingose pusėse esančių brūkšnelių. Eksperimente buvo keičiama stimulo orientacija, brūkšnelių padėtis ir ilgis. Bandymas parodė, kad stebėtojai daro 2-3 kampo minučių klaidas, išrikiuodami dėmeles vienoje tiesėje, o tiesumo klaidų dydis priklauso nuo šoninių brūkšnelių atstumo iki stimulo dėmelių, stimulo orientacijos regos lauke, ir beveik nepriklauso nuo brūkšnelių ilgio.

Laurutis ir kiti atliko bandymus, kaip pasikeičia sekamųjų akių judesių parametrai, kai tiriamasis seka paprastą ir iliuziją sukeliantį objektą ir nustatė, kad sekamieji akių judesiai labiau negu sakadiniai yra veikiami iliuzijos.

2. EKSPERIMENTINIAI REGOS ILIUZIJŲ TYRIMAI

2.1. Eksperimentų atlikimo metodika

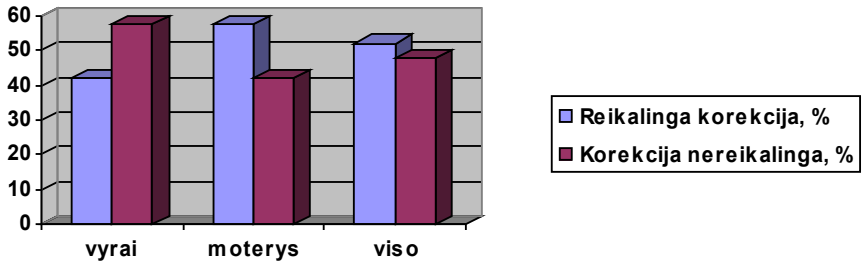
Norint išsiaiškinti, kaip matomos ir vertinamos geometrinės iliuzijos, UAB „Optikos pasaulis“ salonuose Alytuje bei Šiaulių universitete buvo atliktas tyrimas. Duomenims surinkti buvo pateikta anketa (žr.1 priedą). Apklausoje dalyvavo vienodas skaičius skirtingo amžiaus vyrų ir moterų. Apklausiamieji pagal amžių buvo suskirstyti į 5 grupes: 10-20 metų; 21-30 metų; 31-40 metų; 41-50 metų; 51-60 metų. Viso apklausta 120 respondentų.

Anketa buvo sudaryta iš dviejų dalių. Pirmoje dalyje pateikti klausimai, kuriais siekiama išsiaiškinti respondentų lytį, amžių, refrakcijos ydas. Antroje dalyje pateikti iliuzijų piešiniai. Pateikti piešiniai: iliuzijos dėl konteksto įtakos (3 piešiniai), kontrasto įtakojamos iliuzijos (3 piešiniai), perspektyvos iliuzija (2 piešiniai), horizontali-vertikali iliuzija (1 piešinys), Müllerio-Lyerio iliuzija (1 piešinys), krypties suvokimo iliuzija (2 piešiniai), viso12 piešinių. Viso anketoje 15 klausimų. Respondentai raštu atsakė į tyrėjo pateiktus anketos klausimus.

Pagal apklausos ir tyrimo rezultatus buvo sudaromos diagramos, naudojant „EXCEL“ programą.

2.2.Tyrimo rezultatai ir jų apibendrinimas

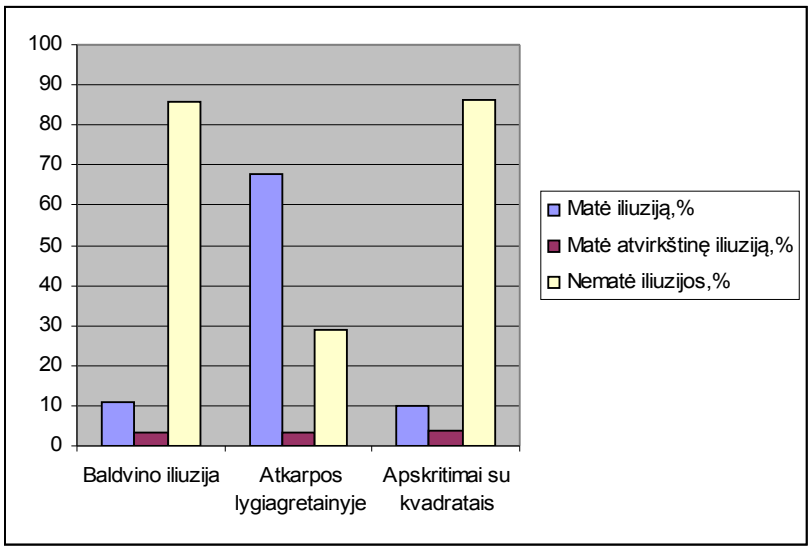
Apklaustųjų pasiskirstymas pagal korekcijos būtinumą parodytas 22 paveiksle.



22 pav. Apklaustųjų pasiskirstymas pagal korekcijos poreikį

Iš gautų rezultatų (22 pav.) matyti, kad apklaustųjų pasiskirstymas pagal regėjimo korekcijos poreikį panašus. Apibendrinus atsakymų į anketos klausimus rezultatus pastebėta, kad korekcijos poreikis iliuzijų matymą neįtakojo.

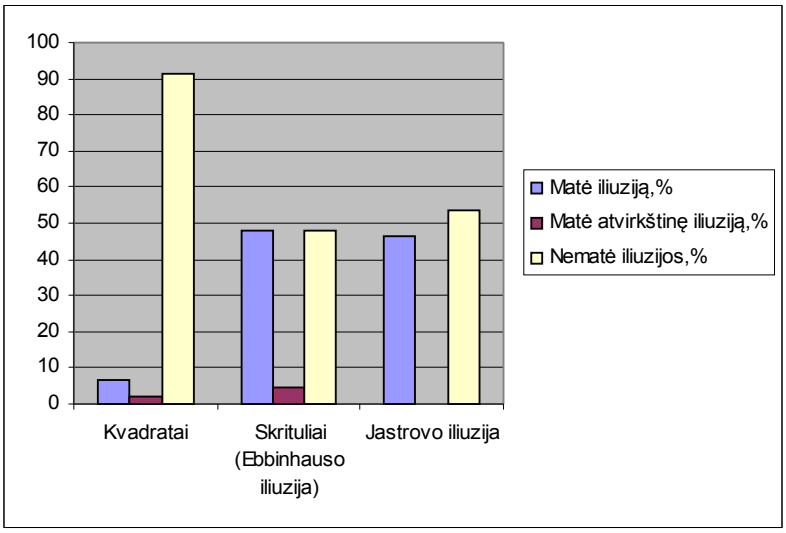
Anketoje pateikti 3 piešiniai su iliuzijomis sąlygotomis konteksto įtakos. Pirmajame Baldvino iliuzija su dviem vienodo ilgio atkarpomis, patalpintomis tarp dviejų kvadratų, vienos galuose dideli, kitos galuose maži kvadratai. Antrajame piešinyje nubrėžtos dvi vienodo ilgio susikertančios atkarpos, kitų atkarpų, išsidėsčiusių į lygiagretainį apsuptyje. Trečiajame piešinyje du vienodo diametro apskritimai, iš kurių vieno viduje įbrėžtas kvadratas, o apie antrąjį kvadratas apibrėžtas. Apibendrinus anketų duomenis gauta, kad visų trijų iliuzijų vertinimai yra skirtingi (23 pav.).



23 pav. Iliuzijų sąlygotų konteksto įtakos vertinimas

Iš 23 paveikslo matyti, kad skirtingų konteksto įtakotų iliuzijų vertinimai turi tiek panašumų tiek ir skirtumų. Atvirkštines iliuzijas matė panaši dalis respondentų. Gana panašiai respondentai vertino Baldvino ir apskritimų su kvadratais iliuzijas. Gerokai išsiskyrė nuo šių dviejų iliuzijų vertinimo iliuzija su atkarpomis lygiagretainyje. Čia žymiai didesnė dalis respondentų matė iliuziją, negu jos nematė.

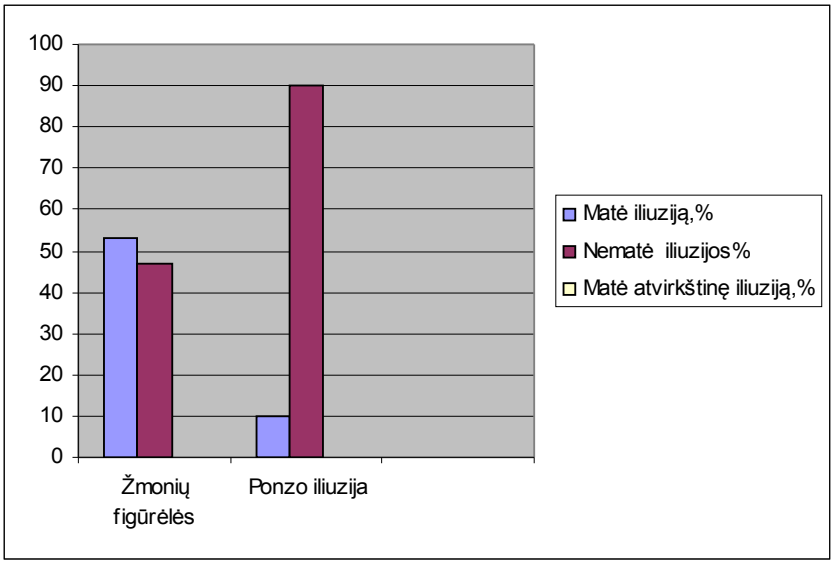
Kontrasto įtakojamų iliuzijų pateikti taip pat trys piešiniai. Pirmame piešinyje pavaizduotas juodas kvadratas baltame kvadrate ir baltas kvadratas juodame. Abu vidiniai kvadratai vienodo dydžio. Antrame piešinyje – vienodo diametro balti skrituliai, kurių vienas apsuptas mažais rutuliukais, o kitas apsuptas dideliais rutuliais. Visi skrtuliai balti juodame fone. Tai Ebbinhauso iliuzijos variantas. Trečiasis piešinys – Jastrowo iliuzija, dvi vienodo dydžio figūros viena virš kitos. Šių iliuzijų vertinimo rezultatai pateikti 24 paveiksle.



24 pav. Kontrasto įtakotų iliuzijų vertinimas

Iš gautų rezultatų matyti, kad pirmąjį paveikslą kaip iliuziją vertino labai maža dalis respondentų. Ebbinhauso ir Jastrowo iliuzijos vertintos apylygiai, tik vertinant Jastrowo iliuziją nebuvo nė vieno atsakymo, kad apatinė figūra didesnė už viršutinę, taigi, nebuvo atvirkštinio iliuzijos vertinimo.

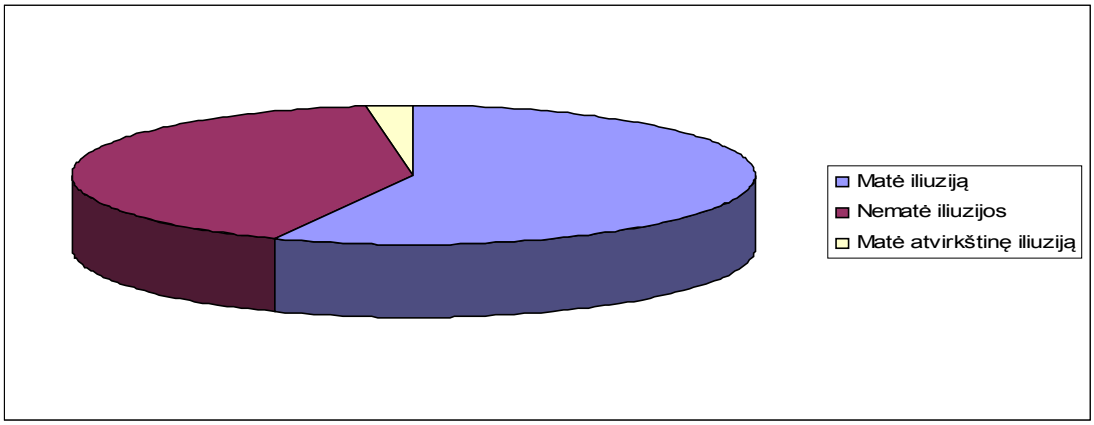
Anketoje buvo pateikti du perspektyvos iliuzijos paveikslai. Pirmajame pavaizduoti trys vienodo dydžio žmogaus figūrėlės, tarp atkarpų susikertančių taške ir sudarančių perspektyvos iliuziją. Antrajame paveiksle pateikta Ponzo iliuzija: tarp dviejų viena į kitą pasvirusių atkarpų, sukuriančių perspektyvos iliuziją dvi vienodo ilgio horizontalios atkarpos. Šių paveikslų vertinimo rezultatai pateikti 25 paveiksle.



25 pav. Perspektyvos iliuzijų vertinimas

Iš šio paveikslo matyti, kad piešinyje su žmonių figūrėlėmis iliuziją mato daug daugiau (53,3%) respondentų, negu piešinyje su Ponzo iliuzija. Tai gali būti sąlygota tuo, kad Ponzo iliuzijos paveiksle dvi pasvirusios atkarpos sudaro tik užuominą į perspektyvą, kai tuo tarpu piešinyje su žmonių figūrėlėmis linijos susikertančios taške labai aiškiai sukuria perspektyvos iliuziją. Įdomu ir tai, jog vertinant šiuos abu piešinėlius, nebuvo respondentų, matančių atvirkštinę iliuziją.

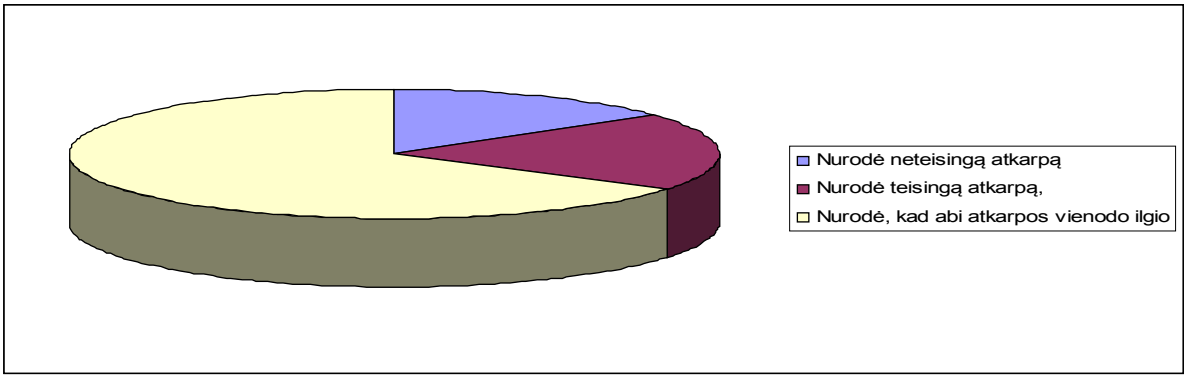
Anketoje buvo pateiktas piešinys su horizontalia - vertikalia iliuzija. Šios iliuzijos vertinimo rezultatai parodyti 26 paveiksle.



26 pav. Horizontalios-vertikalios iliuzijos vertinimas

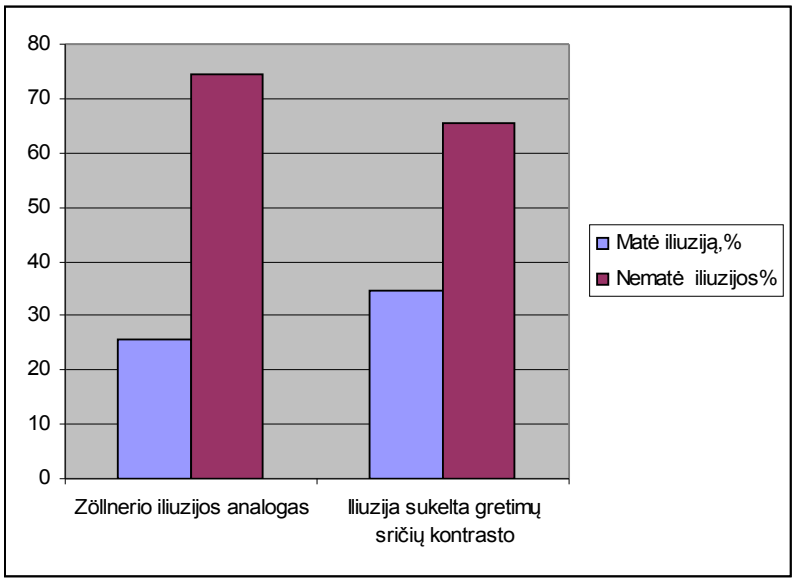
Kaip matyti iš 26 paveikslo, iliuziją matė daugiau kaip pusė respondentų (56,7%).

Müllerio-Lyerio iliuzija buvo pateikta vienu piešiniu. Šiame piešinyje dvi atkarpos viena virš kitos su sparneliais galuose. Vienos atkarpos sparneliai nukreipti į vidų, kitos į išorę. Šiame piešinyje skirtingai negu kituose, atkarpos nevienodo ilgio. Atkarpa su sparneliais į išorę 5mm trumpesnė negu atkarpa su sparneliais nukreiptais į vidų. Teisingai ilgesniąją atkarpą nurodė tik 19,5% respondentų. Net 65,9% respondentų pažymėjo atsakymą , kad abi atkarpos vienodo ilgio. Müllerio-Lyerio iliuzijos piešinėlio vertinimas parodytas 27 paveiksle.



27 pav. Müllerio-Lyerio iliuzijos piešinėlio vertinimas

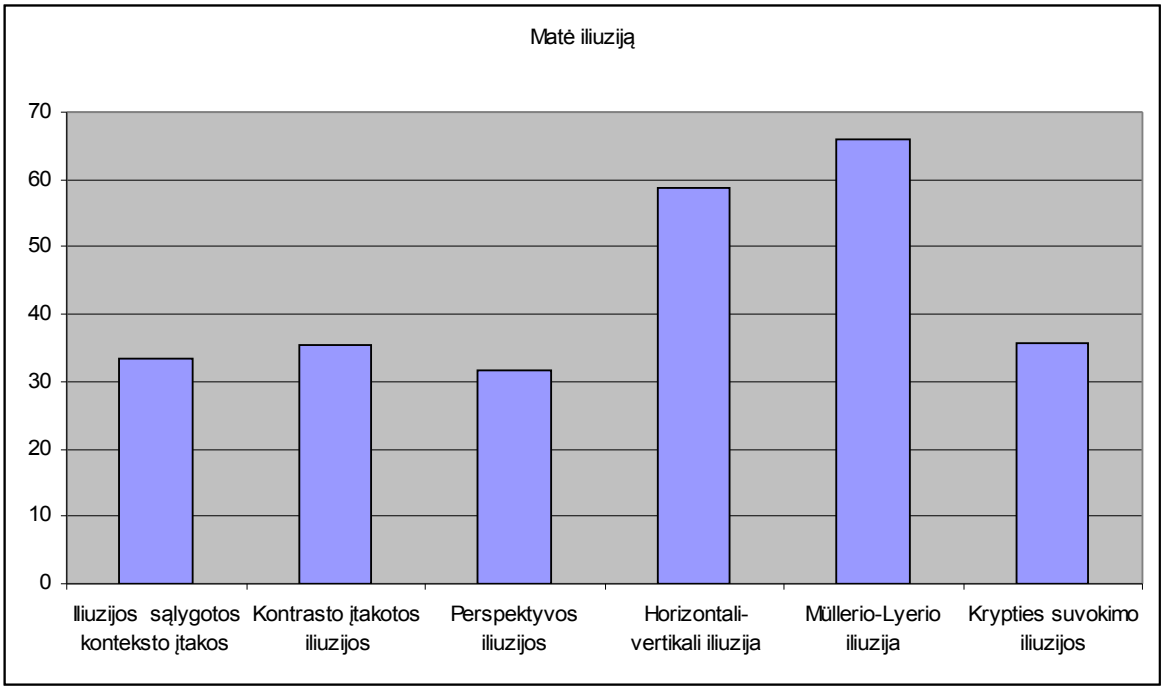
Anketoje buvo pateikti du krypties suvokimo iliuzijų piešiniai. Pirmame piešinyje keturios lygiagrečios atkarpos, kurias kerta skirtingais kampais pasuktos įstrižos pailgos figūrėlės. Tai Zöllnerio iliuzijos analogas. Antrajame piešinyje krypties iškraipymo efektai, sukelti gretimų sričių kontrasto. Šių dviejų piešinių vertinimas pateiktas 28 paveiksle.



28 pav. Krypties suvokimo iliuzijų vertinimas

Kaip matyti iš 28 paveikslo, abiejų piešinėlių vertinimo rezultatai panašūs. Didesnioji dalis respondentų nurodė, kad atkarpos viename piešinyje ir atitinkamos detalės kitame piešinyje lygiagrečios.

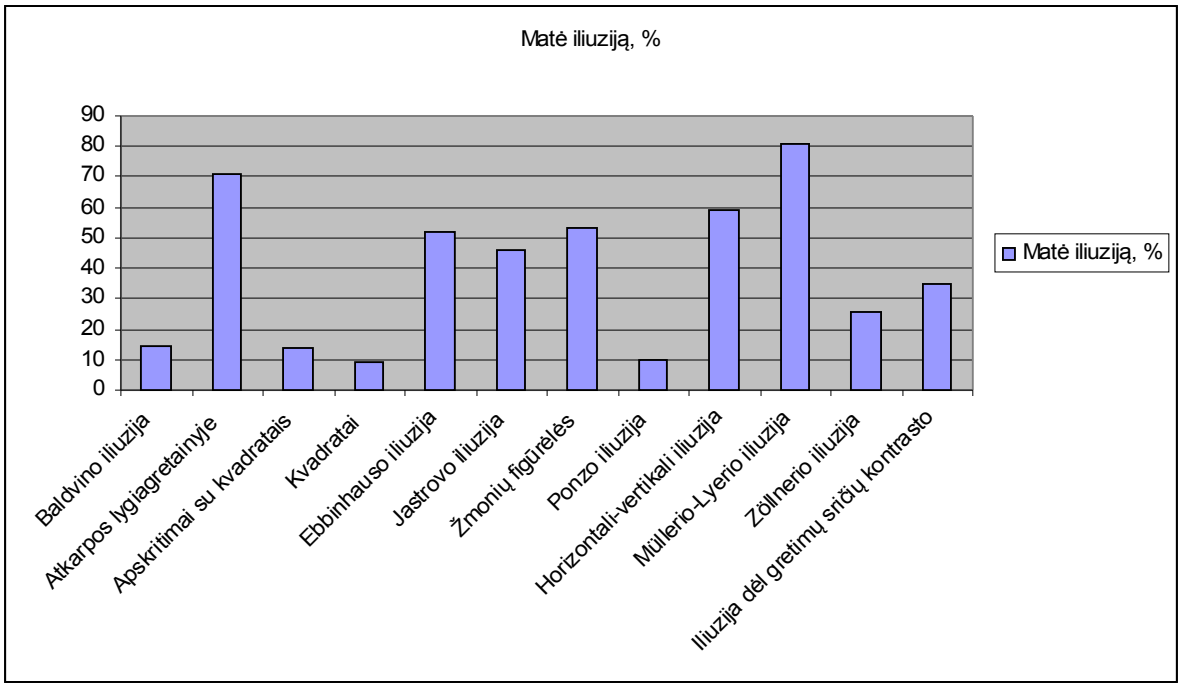
Galima palyginti šių šešių išnagrinėtų skirtingų iliuzijų ir jų grupių vertinimo rezultatus tarpusavyje. Šio palyginimo rezultatai pateikti 29 paveiksle.



29 pav. Skirtingų iliuzijų grupių vertinimo tarpusavio palyginimas

Iš 29 paveiksle pateikto palyginimo matyti, kad labiausiai matomos horizontali-vertikali ir Müllerio-Lyerio iliuzija. Visos kitos iliuzijų grupės vertinamos panašiai. Lyginant

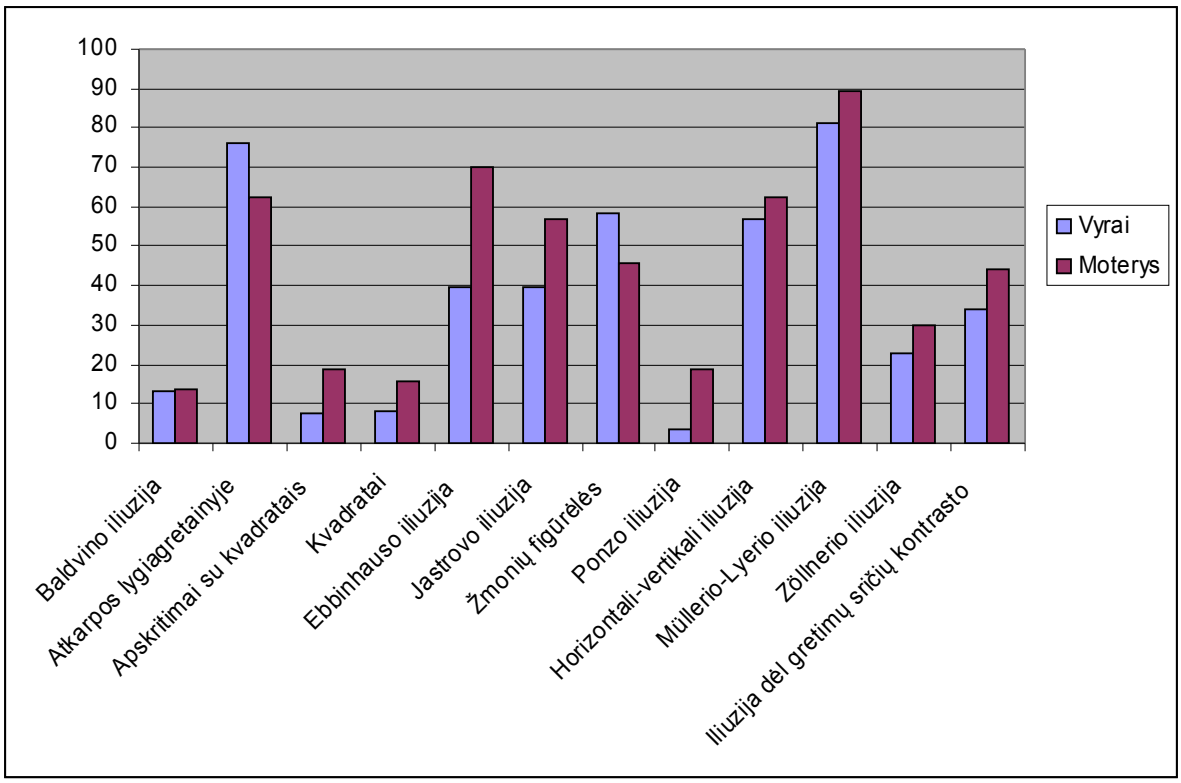
atskiras iliuzijas tarpusavyje, matome, kad jos vertinamos taip pat gana skirtingai. Jų vertinimo rezultatai pateikti 30 paveiksle.



30 pav. Atskirų iliuzijų tarpusavio vertinimas

Kaip matyti 30 paveiksle, iš anketoje pateiktų 12 skirtingų iliuzijų tik 5 iliuzijos buvo matomos daugiau kaip 50% respondentų: Müllerio-Lyerio iliuzija 80,5%, atkarpos lygiagretainyje 71,1%, horizontali-vertikali iliuzija 58,9%, žmonių figūrėlės 53,3%, Ebbinhauso iliuzija 52,2%.

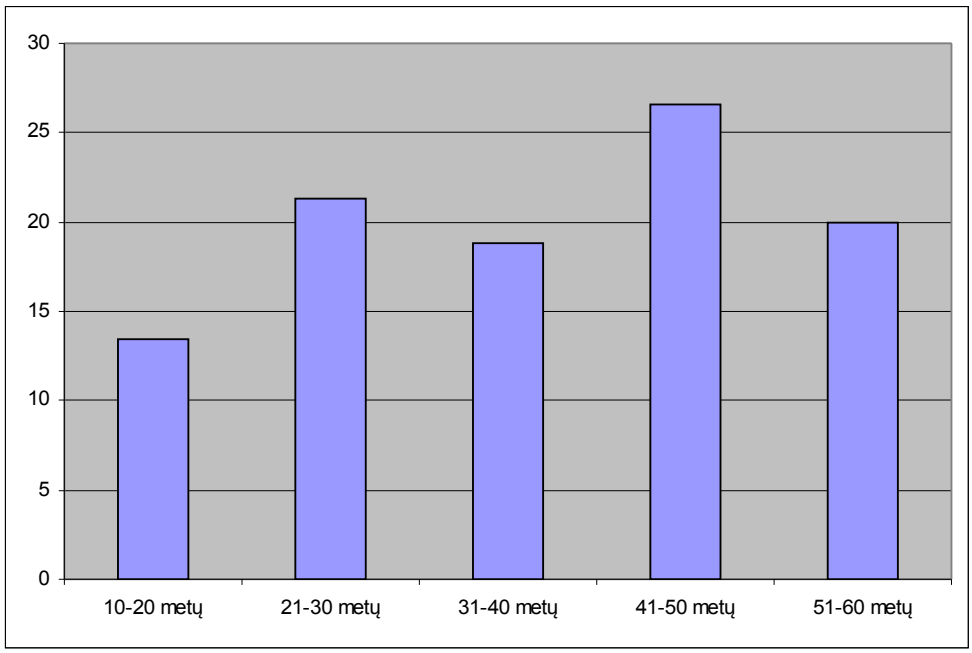
Įdomūs rezultatai gauti palyginus vyrų ir moterų iliuzijų vertinimus. Vyrų ir moterų, matančių iliuzijas procentinė dalis nuo visų apklaustųjų pateikta 31 paveiksle.



31 pav. Vyrų ir moterų iliuzijų vertinimas

Iš 31 paveikslo matyti, kad gana daug iliuzijų tiek vyrai tiek moterys vertino panašiai. Išsiskiria tik keletas iliuzijų, kurių vertinimas gana daug skiriasi. Apskritimų su kvadratais iliuziją matė daugiau kaip dvigubai dagiau moterų nei vyrų (moterys matė 18,9%, tuo tarpu vyrai 7,5%). Paveikslėlio su kvadratais iliuziją matė beveik dvigubai daugiau moterų nei vyrų (moterys 5,6%, vyrai 8%). Ebbinhauso iliuziją taip pat žymiai daugiau matė moterų (moterys 70,3%, vyrai 39,6%). Ponzo iliuzijos vertinimas ypač ryškiai išsiskyrė tarp vyrų ir moterų. (vyrai matė 3,8%, tuo tarpu moterys matė 18,9%). Žymiai daugiau moterų negu vyrų matė ir Jastrowo iliuziją (atitinkamai vyrai 39,6%, moterys 57,1%). Vertinant visų iliuzijų paveikslėlių vertinimą aiškiai matyti, kad moterys dažniau mato iliuzijas negu vyrai. Dešimtyje iš dvylikos paveikslėlių, moterys matė jas dažniau nei vyrai ir tik paveikslėliuose su atkarpomis lygiagretainyje ir žmonių figūrėlėmis dažniau iliuzijas matė vyrai.

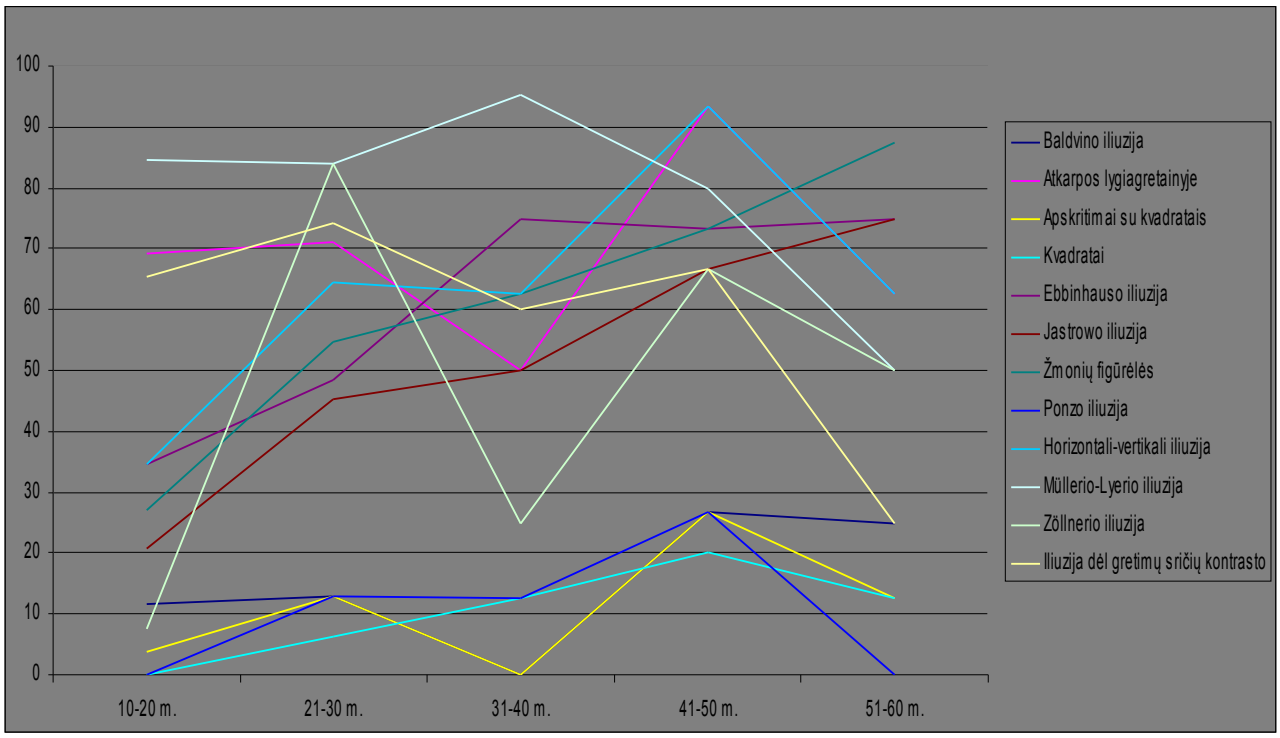
Galima atlikti iliuzijų vertinimo palyginimą priklausomai nuo respondentų amžiaus. Šiame palyginime didelio tikslumo negali būti, nes respondentai padalinti pagal amžių į grupes kas dešimt metų, o tai gana didelis amžiaus intervalas. Iliuzijų vertinimas priklausomai nuo respondentų amžiaus pateiktas 32 paveiksle.



32 pav. Iliuzijų vertinimas priklausomai nuo respondentų amžiaus

Remiantis šiame darbe atlikto tyrimo rezultatais, galima daryti prielaidą, kad didėjant respondentų amžiui, iliuzijų vertinimas linkęs augti.

Kaip skirtingo amžiaus respondentai vertina kiekvieną konkrečią iliuziją pavaizduota 33 paveiksle. Vieningo dėsnio nėra, tačiau matyti, kad visų iliuzijų vertinimas auga amžiaus intervale nuo 10-20 metų iki 21-30 metų, o nuo 41-50 metų linkęs mažėti. Galima būtų išskirti tik Jastrowo, Ebbinhauso ir perspektyvos iliuziją su žmonių figūrėlėmis, kurių vertinimas didėjant respondentų amžiui augo.



33 pav. Konkrečių iliuzijų vertinimas priklausomai nuo respondentų amžiaus

IŠVADOS

Šiame darbe atlikti regimojo suvokimo deformacijų arba geometrinių iliuzijų tyrimai. Terminas „iliuzija“ reiškia jutimų paklaidą, kuri sukelia neatitikimą tarp suvokiamo, arba subjektyvaus, ir fizinio, arba objektyvaus, pasaulio.

Darbe atlikta literatūros apie optines iliuzijas ir jų atsiradimo priežastis analizė. Šiuolaikinė literatūra plačiai aprašo regos sistemos galimybių ribas ir regimojo suvokimo iškraipymus, kurie sukelia matymo fenomenus ir optines iliuzijas, tačiau nėra vienintelės teorijos patenkinamai paaiškinančios pagrindines erdvines iliuzijas, nėra nė vieno proceso ar mechanizmo, tinkančio visoms iliuzijoms. Todėl galima manyti, kad atskiras iliuzijas lemia skirtingi veiksniai, kurių vieni susiję su akies optine struktūra ir nervinėmis sąveikomis tinklainėje, kiti – su aukštesniu apdorojimo lygiu.

Atlikta geometrinių iliuzijų klasifikacija: dydžio suvokimo iliuzijos, kurios dažniausiai siejamos su klaidinga gylio ir atstumo iki objekto informacija; kontrasto iliuzijos yra suvokimo iškraipymai, sukelti didelio kiekybinio gretimų objektų savybių skirtumo; krypties suvokimo iliuzijos pasireiškia tuo, kad dvi lygiagretės linijų atkarpos atrodo pasuktos skirtingais kampais, jeigu jas kerta įstrižos linijų atkarpos; formos iškraipymo iliuzijos - tai efektai, sukelti gretimų sričių kontrasto; dviprasmės, reversinės figūros neturi pakankamai informacijos vienai stabiliai erdvinei orientacijai suvokti, todėl suvokiamos nevienareikšmiškai pagrindinės orientacijos atžvilgiu.

Atliktas eksperimentinis tyrimas, kurio metu nustatytas pateiktų stimulų suvokimo objektyvumo laipsnis (procentais). Atlikus anketinę apklausą nustatyta, kad iliuzijos vertintos labai skirtingai. Daugiausiai respondentų vertino Miüllerio-Lyerio iliuziją 78,74%, nedaug nuo jos atsiliko atkarpos lygiagretainyje iliuzijos vertinimas 69,2%, sekanti horizontali-vertikali iliuzija 63,48%. Labai panašiai vertintos trys sekančios iliuzijos: Ebbinhauso iliuzija 61,26%, iliuzija su žmonių figūrėlėmis 61% ir iliuzija dėl gretimų sričių kontrasto 58,26%. Nedaug nuo šių iliuzijų atsiliko Jastrowo iliuzija 51,54% bei Zöllnerio ir kvadratų iliuzijos abi po 46,66%. Ponzo, apskritimų su kvadratais ir Baldvino iliuzijos vertintos labai mažai respondentų (nuo 10 iki 15%).

Lyginant vyrų ir moterų iliuzijų vertinimą nustatyta, kad moterys dažniau mato iliuzijas negu vyrai.

.

LITERATŪRA

Bertulis, A., Bulatov, A. *Distortions of length perception in human vision*, Biomedicine. 2001, Nr.: 1, p. 3-23.

Bielevičius, A., Lašas, V.,Bertulis A., Bulatov, A. *Atkarpos tiesumo suvokimo iškraipymai.* Biomedicininė inžinerija. Kaunas: Technologija, 2005, p. 69-72.

Blažienė, A., Jašinskas, V. *Akių ligų vadovas*. Šiauliai, A. S. Narbuto leidykla, 2005. ISBN 9986-552-20-6.

Bulatov, A., Bertulis, A., Mickienė, L. (1997). *Geometrical illusions: study and modelling*. Biological Cybernetics. 1997, Nr.: 6, p. 395-406.

Bulatov, A. *Vaizdų erdvinių parametrų suvokimo iškraipymai*. Kaunas, 2006

Bulatov, A., Bertulis, A. *Neurofiziologiniai regimojo suvokimo pradmenys*. Kaunas, KMU leidykla 2008. ISBN 3-08-19849.

Bulatov, A., Bertulis, A., Bulatova, N. *Analitinis geometrinių ilgio iliuzijų aprašymas.* Biomedicininė inžinerija . Kauno technologijos universitetas. Kaunas: Technologija, 2008, p. 229-233.

Carpenter R.H.S. Movements of the eye. London, 1988

Daunys G. *Dvikoordinačiai sekamieji akies judesiai*. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, Elektros ir elektronikos inžinerija (01T). 1999

Gurčienė, O. *Jutimo ir suvokimo mechanizmai*. Vilnius: VU leidykla, 2007. ISBN 978-9955-33-053-0.

Gutauskas, A. Bulatov, A. Bertulis, A. Psichofizikiniai apibrėžto apskritimo iliuzijos matavimai. Medicina, 2005 Nr.: 41(2) p.138-144.

Laurutis V., et. al. Dinaminis regos iliuzijos vertinimas panaudojant sekamuosius akies judesius. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-01-27] Prieiga per internetą

Kėvelaitis E.,et.al. Žmogaus fiziologija: vadovėlis. Kauna:KMU leidykla, 2006, p.85-114. ISBN 978-9955-15-091-6.

Martišius, V. *Kognityvinė psichologija: suvokimas ir atmintis*. Kaunas: VDU leidykla, 2008. ISBN 9955-12-133-5.

Restle F. *Moon illusion explained on the basis of relative size.* Science,1970,p.1092-1096 .

Surkys, T. Bertulis, A. Bulatov, A. *Müller-Lyer iliuzija ryškio bei spalvos kontrasto sąlygomis*, Medicina, 2005, Nr.: 9, p. 760-766.

Surkys, T. *Ryškio ir spalvos kontrasto įtaka stimulo geometrijos suvokimo iškraipymams*. Daktaro disertacija. Kauno medicinos universitetas, 2007

Vaitkevičius P. H.. *Pojūčiai ir suvokimas: Regimųjų vaizdų suvokimas: I dalis*. Vilnius, VU leidykla, 2002. ISBN 9986-19-469-5.

1 Priedas

ANKETA

1. Jūsų lytis?

- ☐ Vyras
- ☐ Moteris

2. Koks Jūsų amžius?

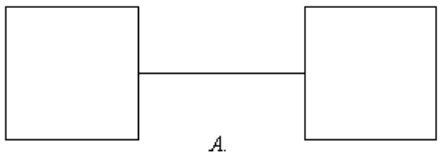
- ☐ 10-20 metų
- ☐ 21-30 metų
- ☐ 31-40 metų
- ☐ 41-50 metų
- ☐ 51-60 metų

3. Ar jums reikalinga korekcija ?

- ☐ Taip
- ☐ Ne

4. **Kuri atkarpa ilgesnė?**

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ Abi lygios



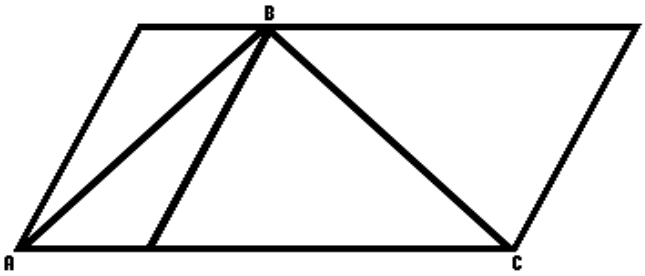
A.



Б.

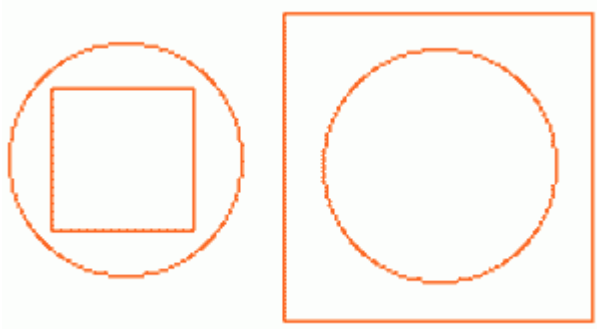
5. **Kuri atkarpa ilgesnė?**

- ☐ AB
- ☐ BC
- ☐ Abi lygios



6. **Kuris apskritimas didesnis ?**

- ☐ Su įbrėžtu kvadratu
- ☐ Su apibrėžtu kvadratu
- ☐ Abu lygūs



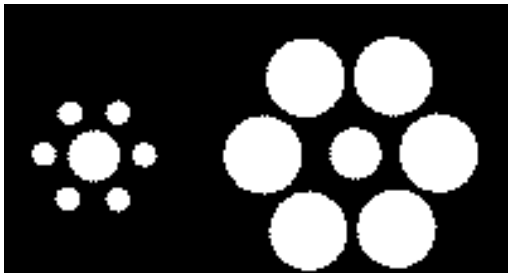
7. Kuris iš viduriniųjų kvadratų didesnis?

- ☐ Juodas
- ☐ Baltas
- ☐ Abu lygūs



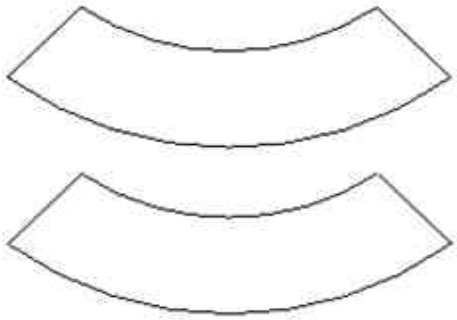
8. **Kuris iš viduriniųjų skritulių didesnis?**

- ☐ Apsuptas mažais rutuliais
- ☐ Apsuptas dideliais rutuliais
- ☐ Abu lygūs



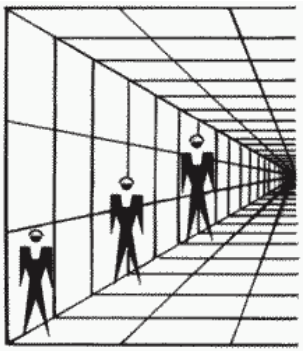
9. Kuri figūra didesnė?

- ☐ Viršutinė
- ☐ Apatinė
- ☐ Abi lygios



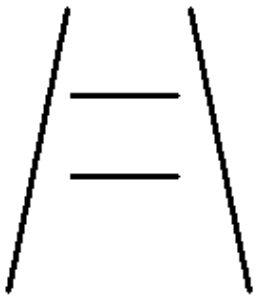
10. Kuris žmogus aukštesnis?

- ☐ Kairėje
- ☐ Viduryje
- ☐ Dešinėje
- ☐ Visi lygūs



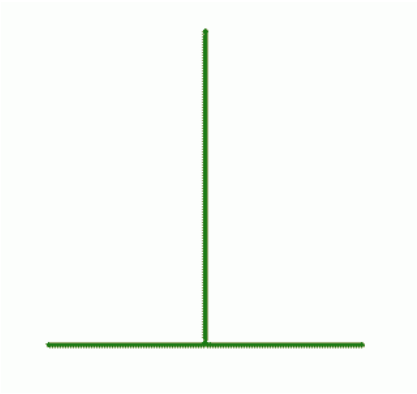
11. Kuri horizontali atkarpa ilgesnė?

- ☐ Viršutinė
- ☐ Apatinė
- ☐ Abi lygios



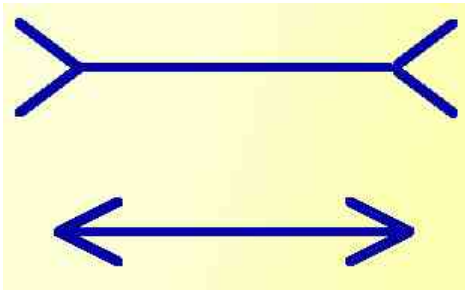
12. Kuri atkarpa ilgesnė?

- ☐ Vertikali
- ☐ Horizontali
- ☐ Abi lygios



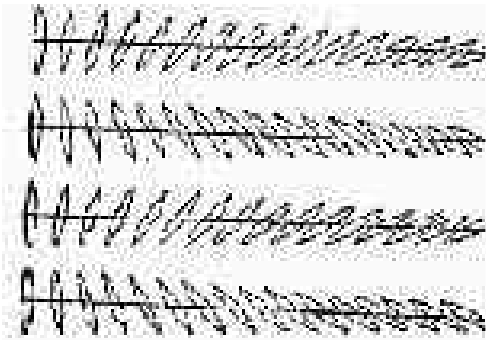
13. Kuri atkarpa ilgesnė

- ☐ Viršutinė
- ☐ Apatinė
- ☐ Abi lygios



14. Ar horizontalios linijos lygiagrečios?

- ☐ Taip
- ☐ Ne



15. Ar linijos statmenos ir lygiagrečios?

- ☐ Taip
- ☐ Ne

