

## SUVOKIAMO ATKARPOS ILGIO PRIKLAUSOMYBĖ NUO JOS ATVAIZDO VIETOS AKIES TINKLAINĖJE

### Aldona Dzekevičiūtė

Doktorantė  
Vilniaus universitetas  
Bendrosios psichologijos katedra  
Universiteto g. 9–1, LT-01513 Vilnius  
Tel. 8 671 99 166  
El. paštas: aldute@gmail.com

### Aušra Daugirdienė

Biomedicinos mokslų daktarė docentė  
Vilniaus pedagoginis universitetas  
Psichologijos didaktikos katedra  
Studentų g. 39, LT-08106 Vilnius  
Tel. (8 5) 273 08 95  
El. paštas: Ausra.Daugirdiene@gmail.com

### Algimantas Švegzda

Gamtos mokslų daktaras docentas  
Vilniaus universitetas  
Bendrosios psichologijos katedra  
Universiteto g. 9–1, LT-01513 Vilnius  
Tel. (8 5) 266 76 19  
El. paštas: Algimantas.Svegzda@ff.vu.lt

### Rytis Stanikūnas

Fizinių mokslų daktaras  
Vyresnysis mokslo darbuotojas  
Vilniaus universitetas  
Bendrosios psichologijos katedra  
Universiteto g. 9–1, LT-01513 Vilnius  
Tel. (8 5) 266 76 19  
El. paštas: Rytis.Stanikunas@ff.vu.lt

### Henrikas Vaitkevičius

Socialinių mokslų habilituotas daktaras  
profesorius  
Vilniaus universitetas  
Bendrosios psichologijos katedra  
Universiteto g. 9–1, LT-01513 Vilnius  
Tel. (8 5) 266 76 19  
El. paštas: Henrikas.Vaitkevicius@ff.vu.lt

*Tyrimo tikslas yra patikrinti, kaip keičiasi objekto dydžio suvokimas, kintant jo projekcijos padėčiai akies tinklainėje, ir kaip objekto dydžio suvokimas priklauso nuo akies tinklainės receptorių (kūgelių ir lazdelių) tankio. Tiriamieji, žiūrėdami viena akimi ir fiksuodami žvilgsnį, dalijo skirtingų ilgių atkarpas – nustatydamo suvokiamą vidurį. Atkarpos dalių santykio nuo atkarpos ilgio funkcija turėjo lūžio tašką (66,7 proc. tiriamiesiems, kai atkarpos ilgis 7 laipsniai, 23,33 proc. – 13 laipsnių, kiti neturėjo). Rezultatai aiškinami skirtingu kūgelių ir lazdelių tankiu akies tinklainėje ir skirtinga kūgelių ir lazdelių įtaka.*

**Pagrindiniai žodžiai:** dydžio suvokimas, žievinis didinimo veiksnys, fotoreceptorių tankis.

Regimosios erdvės suvokimui didelę įtaką turi objektų dydžių arba atstumų suvokimas. Objektai sukuria savo atvaizdus akių tinklainėse. Vaizdas akių tinklainėse, kurį analizuoja regos sistema, labai skiriasi nuo to, ką mes suvokiame. Nors darbų šiuo klausimu yra gausu, neatsakytų klausimų likę

daug. Žmogus turi nuolat įvertinti objektų dydžius iš skirtingų nuotolių, tačiau, kintant atstumui iki objektų, keičiasi objektų atvaizdų akies tinklainėje dydis. Todėl labai svarbu suprasti, kaip žmogus suvokia objektų dydžius, kai objektų atvaizdų dydžiai akies tinklainėje kinta.

J. Piaget pažymėjo, kad objektai, esantys centrinėje ir periferinėje regimojo lauko dalyse, suvokiami kitaip – centrinėje regimojo lauko dalyje esantys objektai suvokiami didesni, taip pat jautrumas ir skiriamoji geba šioje regimojo lauko dalyje yra geresni, negu periferinėje – joje objektai suvokiami mažesni. Tokį reiškinį J. Piaget vadino centravimu (Пиаже, 1978). Kadangi regos sistema pati negali sukurti naujos informacijos, galimi du centravimo mechanizmai. Pirmu atveju galima manyti, kad saugomos informacijos kiekis, esant atvaizdui regos lauko centre ir periferijoje, yra vienodas. Centruojant keičiamas tik analizuojamos informacijos kiekis. Antru atveju gaunamos informacijos kiekis, esant vaizdui regos lauko centre (tinklainės centre), yra didesnis, negu tuomet, kai vaizdas yra regos lauko periferijoje (tinklainės periferijoje).

Regimosios informacijos kiekis priklauso nuo receptorių tankio tinklainėje ir jų jautrumo bei atsparumo trikdžiams (Van Heteren, 1992). Žinoma, kad yra du receptorių tipai – kūgeliai ir lazdelės. Jie tinklainėje pasiskirstę nevienodai. Centre, duobutės dalyje, beveik nėra lazdelių, o kūgelių tankis yra didžiausias ir greitai mažėja. Priešingai – lazdelių centre nėra ir, mažėjant kūgelių tankiui, lazdelių tankis didėja. Žinoma, kad didelis regos aštrumas siejamas su fotopiniu regėjimu, kai funkcionuoja kūgeliai, kurių tankis tostant nuo tinklainės centro (duobutės) tolygiai mažėja, o periferijoje jų beveik nėra. Taigi ir regos aštrumas tostant nuo centro turėtų kristi. Kai kurie autoriai (Anderson et. al., 2004; Johnston, 1986, 1989; Virsu and Hari, 1996), aiškindami centravimo efektą, jį sieja su kūgelių tankio pasiskirstymu tinklainėje, kurį paaiškina vadinamasis

žievinis didinimo veiksnys (toliau ŽDV, angl. *cortical magnification factor*). Jo principas – į vienodus smegenų žievės plotelius yra siunčiama informacija iš vienodo akies tinklainės receptorių skaičiaus. Centrinėje akies tinklainės dalyje informacija dėl didelio receptorių skaičiaus siunčiama iš mažų plotelių, o iš periferijos – iš didesnių plotelių, nes šioje vietoje gerokai mažesnis akies tinklainės receptorių skaičius. Daroma prielaida, kad suvokiamas atstumas tarp regimųjų objektų yra proporcingas atstumui tarp smegenų regimosios žievės taškų, į kuriuos projektuojasi šie objektai. Taigi dėl minėto ŽDV suvokiamas objekto dydis priklausys ne tik nuo jo projekcijos dydžio tinklainėje, bet ir nuo to, kokioje tinklainės vietoje yra objekto atvaizdas. Jeigu objekto atvaizdas yra toje tinklainės vietoje, kur receptorių tankis yra didelis, tai jis atvaizduojamas dideliame žievės plote. Jeigu objekto atvaizdas tinklainėje bus toje vietoje, kur receptorių tankis yra mažas, tai jo atvaizdas žievėje bus mažas. Taigi pirmuoju atveju objektas bus suvokiamas didesnis, negu tuomet, kai to paties objekto atvaizdas bus mažesnio receptorių tankio tinklainėje srityje. ŽDV kinta tolygiai, taigi gali būti siejamas tik su viena tinklainės receptorių rūšimi – kūgeliais, nes jų tankis tolygiai mažėja nuo duobutės į periferiją. Tačiau bendras akies tinklainės receptorių tankis kinta netolygiai.

Kyla klausimas, kaip bus suvokiami objektų, kurie projektuojasi į tinklainės sritį, kurioje yra didžiausias kūgelių tankis, dydžiai, ir kaip bus suvokiami objektų dydžiai, kai jie projektuojasi į sritis, kuriose yra didelis lazdelių, o mažas kūgelių tankis? Ar objekto dydžių suvokimui turi įtakos tik kūgelių, ar ir lazdelių tankis? Kaip vertinti

receptorių tankio įtaką dydžio suvokimui, ar reikia atsižvelgti tik į kūgelių, ar tik į lazdelių, ar į jų suminį bendrą tankį?

Mūsų tyrimo tikslas yra nustatyti, kaip atkarpų ilgio subjektyvus įvertinimas priklauso nuo stimulų projekcijos dydžio akies tinklainėje.

## Metodika

**Dalyviai.** Tyrime dalyvavo 30 psichologijos studentų, 25 moterys ir 5 vyrai. Tiriamieji nežinojo apie tyrimo tikslus. Tiriamųjų regėjimas buvo normalus arba pakoreguotas iki normalaus. Prieš kiekvieną eksperimentą tiriamieji buvo mokomi, eksperimento metu stebimi, ar teisingai atlieka užduoti, buvo atsakoma į iškilusius klausimus.

**Tyrimo priemonės.** *Visual Basic 4.0* buvo sukurta speciali programa, kuri kompiuterio vaizduoklio centre generuodavo žvilgsnio fiksacijos kryželį, horizontalią atkarpą (abu balti ( $D_{65}$ )) juodame fone ir žymeklį (1 pav.).

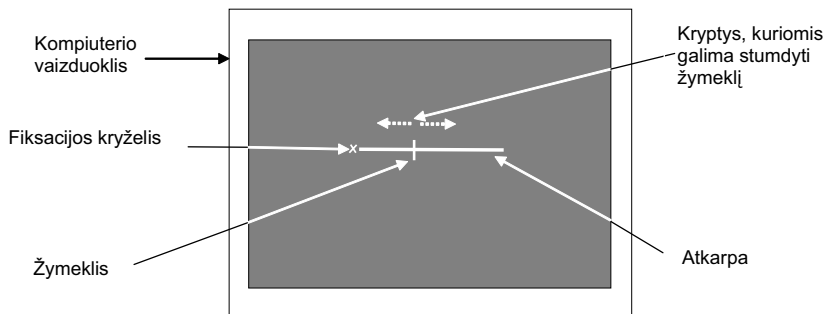
Atkarpų ilgiai buvo 5, 7, 10, 13, 15 laipsnių regimojo kampo (visiems tiriamiesiems, kad ir kokių atstumu jie būtų sėdėję nuo vaizduoklio ekrano). Atkarpų storis 5–10 min. Stimulų ryškumas – 40–60 cd/m<sup>2</sup> (Michelsono kontrastas apie 0,9). Fiksacijos kryželis buvo pateikiamas prie dešiniojo

arba kairiojo atkarpos galo. Fiksacijos kryželio padėtis taip pat buvo nustatyta taip, kad, dalijant ilgesnes atkarpas, atkarpos dalies, esančios toliau nuo fiksacijos kryželio, projekcija nepatektų į akląją dėmę.

**Tyrimo eiga.** Prieš tyrimą tiriamiesiems buvo pateikiama instrukcija, paaiškinami kilę neaiškumai.

INSTRUKCIJA. „*Atsisėskite patogiai taip, kad gerai matytumėte stimulus kompiuterio vaizduoklyje ir laisvai galėtumėte spausti klaviatūros klavišus. Visą laiką žiūrėkite į kryželį, stenkitės nenukreipti žvilgsnio į šalį. Žiūrėdami į kryželį klaviatūros rodyklėmis pastatykite žymeklį toje vietoje, kurioje, jūsų manymu, yra atkarpos vidurys. Kai jums atrodo, kad žymeklis yra atkarpos viduryje, žymeklio padėtį fiksukite klaviatūros „Enter“ klavišo paspaudimu. Visas kitas atkarpas padalykite tokiu pat būdu. Jei pajusite nuovargį, kils kokių nors neaiškumų, iš karto praneškite.“*

Bandymas vyko prie dienos šviesos (patalpos apšvietimas 50–100 Lx). Pirmiausia tiriamieji 15 min. adaptuodavosi patalpoje, kurioje vyko bandymas. Tiriamasis patogiai atsisėdavo priešais kompiuterio vaizduoklį taip, kad aiškiai matytų jame generuojamus stimulus. Tiriamajam buvo uždengiama



1 pav. Stimulų pateikimas kompiuterio vaizduoklyje

viena akis, fiksuojama galvos padėtis ir išmatuojamas atstumas nuo akies, su kuria jis atliks eksperimentą, iki kompiuterio vaizduoklio. Eksperimento metu atstumas nuo vaizduoklio nebuvo keičiamas. Atstumas nuo tiriamojo akies iki kompiuterio vaizduoklio skyrėsi. 25 tiriamieji sėdėjo 50 cm atstumu nuo vaizduoklio, 4 tiriamieji – 50–70 cm, 1 tiriamasis – 20 cm. Jei tiriamasis eksperimento metu pajusdavo nuovargį, jam tapdavo sunku išlaikyti žvilgsnį, iš karto buvo daromos pertraukos, toje pačioje patalpoje, todėl apšvietimo sąlygos nesikeitė.

Tiriamasis turėjo nuolat fiksuoti žvilgsnį į kryželį, klaviatūros rodyklėmis stumdyti žymeklį ir pastatyti jį taip, kad abi atkarpos dalis suvoktų lygias viena kitai. Savo atsakymą tiriamasis fiksuodavo klaviatūros klavišo paspaudimu. Tiriamasis apie padalijimo tikslumą nebuvo informuotas. Kai tik padalydavo atkarpą, iš karto jam būdavo pateikiama kita atkarpa. Kompiuterinėje programoje buvo nustatyta, kad pradinė žymeklio padėtis kiekvienoje pateikiamoje atkaroje kistų atsitiktinai siekiant išvengti tiriamojo išmokimo.

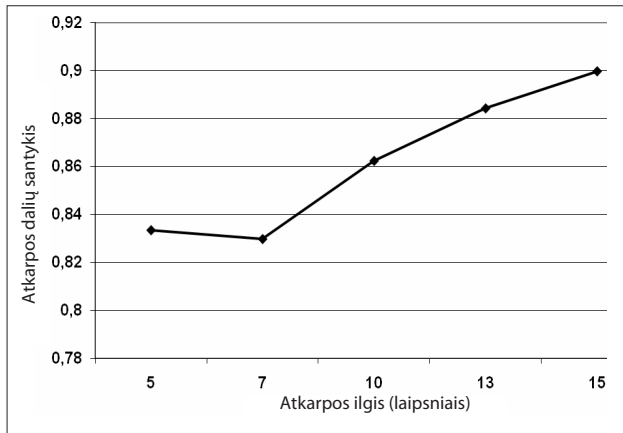
**Atkarpos padalijimų skaičius.** Viena bandymo serija su vieno ilgio atkarpa buvo laikoma serija, kurios metu tiriamasis atkarpą padalydavo 40 kartų. 5 tiriamieji su kiekviena atkarpa atliko po 4–7, 25 tiriamieji – po vieną bandymų seriją. Kadangi iš viso yra 5 skirtingų ilgių atkarpos (5, 7, 10, 13, 15 laipsnių), tai kiekvienas iš 5 tiriamųjų iš viso atliko 800–1400 atkarpų dalijimų, 25 tiriamieji atliko po 200 atkarpų dalijimų. 5 tiriamieji dalyvavo ir kituose tyrimuose, todėl jų atliktų bandymų skaičius buvo didesnis.

## Rezultatai

Gauti rezultatai – atkarpų dalių ilgiai, buvo perskaičiuoti kampiniais ilgiais, siekiant palyginti individualius tiriamųjų rezultatus. Tada buvo apskaičiuotas atkarpos dalies, esančios prie fiksacijos kryželio (*toliau A*), santykis su likusia atkarpos dalimi (*toliau B*). Santykis  $A/B$  rodo, kaip tiriamasis padalijo atkarpą. Jei santykis  $A/B$  lygus 1, atkarpos yra padalytos per pusę. Jei santykis  $A/B$  mažesnis už 1, atkarpos dalis, esanti prie fiksacijos kryželio, nustatyta trumpesnė, nei likusi atkarpos dalis. Jei santykis  $A/B$  didesnis už 1, atkarpos dalis, esanti prie fiksacijos kryželio, nustatyta ilgesnė už likusią atkarpos dalį.

Pagal atkarpų dalių santykio  $A/B$  kreivės pobūdį tiriamųjų rezultatai buvo suskirstyti į tris grupes. Pirmosios (20 tiriamųjų) ir antrosios (7 tiriamųjų) grupių suvidurkinti rezultatai pateikti 2-ame ir 3-iame paveiksluose, o trečiosios grupės (trijų tiriamųjų) rezultatai nebuvo analizuoti, nes šių tiriamųjų atkarpos dalių santykio  $A/B$  kreivės pobūdis neturėjo aiškios tendencijos.

Matome, kad atkarpas tiriamieji padalija netiksliai per vidurį. Atkarpos dalis *A*, esanti arčiau fiksacijos kryželio, yra nustatoma mažesnė. Taip pat pastebėta, kad skirtingo ilgio atkarpų dalių santykis  $A/B$  kinta netolygiai ir priklauso nuo atkarpos ilgio (2-as ir 3-ias pav.). Pagal atkarpos dalių santykio  $A/B$  kitimo priklausomybės nuo atkarpos ilgio pobūdį tiriamųjų rezultatai buvo suskirstyti į dvi grupes. Pirmą grupę sudarė 20 tiriamųjų rezultatai, jie didžiausią paklaidą darydavo (atkarpų dalių santykis  $A/B$  buvo mažiausias), kai atkarpos buvo 5–7 laipsnių kampinio ilgio (2-as pav.). Antrą grupę sudarė 5 tiriamųjų rezultatai, jie didžiausią paklaidą dary-



2 pav. Atkarpos dalių santykio priklausomybė nuo jos ilgio. Suvidurkinti 20 tiriamųjų rezultatai. X ašyje pateiktas atkarpos ilgis laipsniais, y ašyje – atkarpos dalių santykis – atkarpos dalies, esančios prie fiksacijos kryželio, santykis su likusia atkarpos dalimi

davo (atkarpos dalių santykis A/B buvo mažiausias), kai atkarpos buvo 13 laipsnių kampinio ilgio (3-ias pav.). Likusių 3 tiriamųjų atkarpų dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio kreivė neturėjo aiškios tendencijos, todėl nepateko nė į vieną iš šių dviejų grupių ir toliau nebuvo analizuojami.

Buvo tikrinta, ar atkarpos dalių santykių tarpusavio skirtumai kiekvienoje grupėje statistiškai patikimi. Kadangi ne visi rezultatų skirstiniai buvo normalieji, buvo pasirinktas neparаметrinis Manno–Whitney kriterijus, kuriuo palyginta, ar statistiškai reikšmingai skiriasi skirtingų ilgių atkarpų dalių santykiai. Pirmos tiriamųjų grupės p-reikšmės pagal Manno–Whitney kriterijų pateiktos 1-oje lentelėje.

Statistiškai reikšmingo skirtumo negauta tik lyginant 5 ir 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos dalių santykius. Visi kiti santykiai (7–10, 10–13, 13–15) statistiškai reikšmingai skiriasi.

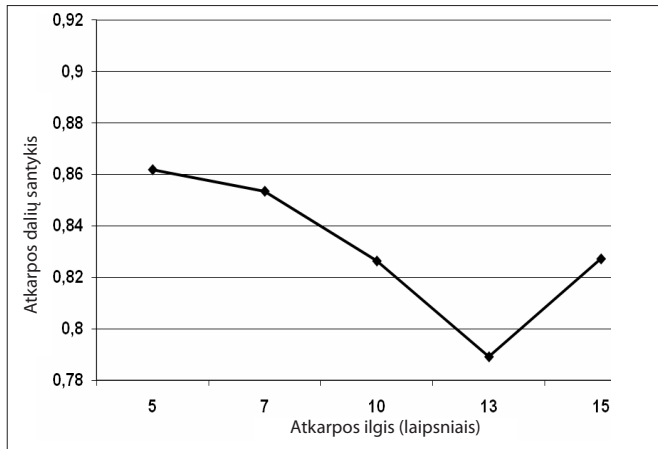
Iš 1-oje lentelėje pateiktų p reikšmių matome, kad 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos padalijimo tikslumas statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo 10 laipsnių kampinio ilgio atkarpos padalijimo tikslumo, tačiau nesiskyrė nuo 5 laipsnių kampinio ilgio atkarpos.

Antros tiriamųjų grupės p reikšmės pagal Manno–Whitney kriterijų pateiktos 2-oje lentelėje.

Statistiškai reikšmingo skirtumo negauta tik lyginant 5 ir 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos dalių santykius. O visi kiti santykiai

1 lentelė. P reikšmė\*, gauta lyginant pirmos tiriamųjų grupės atkarpų dalių santykius

Lyginamų atkarpų ilgiai (laipsniais)	Manno–Whitney U reikšmė	p reikšmė
5–7	596 307,0	0,326
7–10	512 027,0	0,001
10–13	512 577,0	0,001
13–15	524 726,0	0,001



3 pav. Atkarpos dalių santykio priklausomybė nuo atkarpos ilgio. Suvidurkinti 7 tiriamųjų rezultatai. Ašyje atidėti tie patys dydžiai kaip ir 2-ame pav.

2 lentelė. P reikšmė\*, gauta lyginant antros tiriamųjų grupės atkarpų dalių santykius

Lyginamų atkarpų ilgiai (laipsniais)	Manno–Whitney U reikšmė	p reikšmė
5–7	123 046,0	0,522
7–10	78 886,0	0,001
10–13	93 134,5	0,001
13–15	88 319,5	0,001

(7–10, 10–13, 13–15) tarpusavyje skiriasi statistiškai reikšmingai.

Iš 2-oje lentelėje pateiktų p reikšmių matome, kad atkarpos dalių santykio sumažėjimas, kai atkarpa buvo 13 laipsnių kampinio ilgio, statistiškai reikšmingai skyrėsi ir nuo 10, ir nuo 15 laipsnių kampinio ilgio atkarpų padalijimo tikslumo.

## Rezultatų aptarimas

Tiriamieji, dalydami atkarpas į dvi subjektyviai lygias dalis, darė paklaidas – atkarpos dalis A, esanti prie fiksacijos kryželio, buvo nustatyta realiai mažesnė, nei likusi atkarpos dalis B, t. y. santykis  $A/B < 1$ . Tai reiškia, jog atkarpos dalį A jie suvokė didesnę, o atkarpos dalį B mažesnę, negu jų esamas fizinis ilgis. Nors šie faktai jau seniai apra-

šyti literatūroje (Пижае, 1978; Вюрпило, 1978; Georgeson, 1980), lieka neaišku, ar santykis (A/B) yra pastovus, ar kinta ir priklauso nuo atkarpos atvaizdo vietos tinklainėje. Yra bandymų susieti atkarpos ilgio suvokimo ypatybes su vadinamuoju žieviniu didinimo veiksmu (Daniel and Whitteridge, 1961; Schwartz, 1994). Jau rašyta, kad centrinė tinklainės dalis siunčia signalus į didesnę regimosios žievės plotą, negu periferinė tinklainės dalis. Kadangi daroma prielaida, jog suvokiama atkarpos dalis yra tuo didesnė, kuo didesnis jos atvaizdas (projekcija) regimojoje žievėje, tai vienodo ilgio atkarpų atvaizdai tinklainės centre ir periferijoje bus suvokiami nevienodo ilgio – pirmoji atkarpa bus suvokiama ilgesnė, negu antroji. Tačiau ŽDV galioja tik

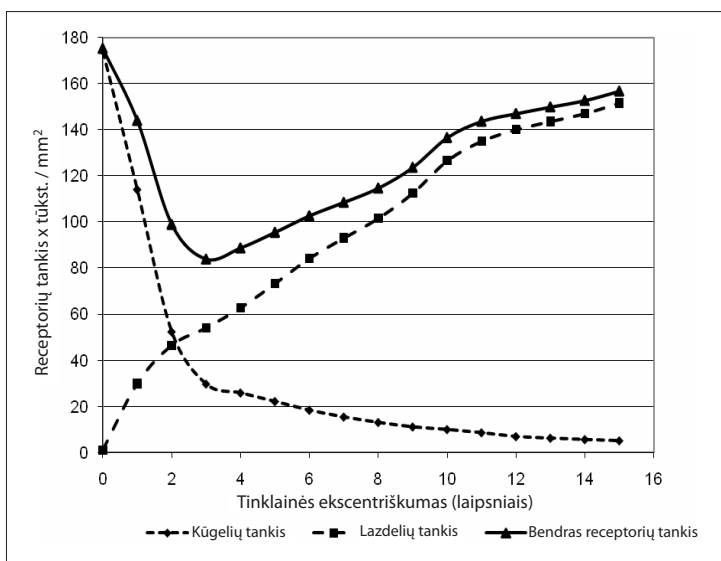
centrinei (duobutės) daliai (Florack et al, 1999; Koenderink, 1990). Be to, neaišku, ar subjektyvūs iškraipymai vienodi visoje duobutės dalyje, t. y., ar santykis (A/B) yra pastovus.

Mūsų gauti rezultatai (žr. 2-ą ir 3-ią pav.) rodo, kad santykis A/B nėra pastovus, t. y. A ir B atkarpų ilgių suvokimas kinta neproporcingai, didinant bendrą dalijamos atkarpos ilgį, nes suvokiamų atkarpų dalių ilgių santykinis skirtumas kinta. Kalbant apie šių iškraipymų prigimtį, reikėtų paminėti K. T. Brown (1953) eksperimentus, kurių metu nustatyta, kad to paties ilgio atkarpos dalijimas į dvi subjektyviai lygias dalis kinta bėgant laikui, kai atliekami pakartotiniai dalijimai. Tačiau „adaptaciniai“ santykio pokyčiai yra maži (neviršija 1–2 min regimojo kampo) ir monotoniniai. Mūsų eksperimentuose nustatyti pokyčiai yra kelis kartus didesni už aprašytus „adaptacinius“ ir, be to, jie nėra monotoniniai: kol atkarpos atvaizdai yra centrinėje tinklainės dalyje, santykis mažėja, o paskui jis pradeda didėti. Atsižvelgiant į funkcijos  $A/B = f(l)$  pobūdį, tiriamieji buvo suskirstyti į dvi grupes. Pirmoje, pačioje gausiausioje tiriamųjų grupėje, funkcija  $f(l)$  buvo minimali, dalijant 7 laipsnių regimojo kampo (arcdeg) tiesę. Iš pradžių intervale ( $l = 5 \div 7$  arcdeg) A/B santykis šiek tiek mažėjo, o paskui gana staigiai ėmė didėti ir priartėjo prie 1 (dalijimo sisteminė paklaida mažėja, t. y. abiejų nustatytų atkarpų ilgių skirtumas santykinai mažėja) (2-as pav.). Antroje tiriamųjų grupėje funkcija  $A/B = f(l)$  pasiekė minimumą, kai dalijamos tiesės ilgis buvo 13 laipsnių regimojo kampo (arcdeg) ilgio. Šiuo atveju (5–7 ilgių intervale) santykis A/B, kaip ir anksčiau, šiek tiek kito, tačiau, ilginant atkarpą, šis santykis staigiai pradėjo mažėti

ir pasiekė minimumą, dalijamos tiesės ilgiui esant apytikriai lygiam apie 13 laipsnių regimojo kampo. Toliau ilginant tiesę šis santykis vėl pradeda didėti (3-ias pav.).

Pagal ŽDV atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio ekstremumo neturėtų būti, nes kūgelių tankis nuo duobutės į periferiją visą laiką mažėja. Tačiau bendras receptorių tankis kinta netolygiai (4-as pav.). Galime kelti prielaidą, kad dalijant atkarpą svarbu ne tik kūgelių, bet ir lazdelių tankis akies tinklainėje. Kodėl kūgelių ir lazdelių įtaka gali skirtis? Yra žinoma, kad lazdelės yra daug jautresnės, negu kūgeliai. Dėl to lazdelių atsakams atsitiktiniai trikdžiai gali turėti didesnę įtaką, negu kūgeliams. Norint išskirti signalą iš triukšmų, reikia sumuoti didesnio lazdelių skaičiaus, negu tam reikia kūgelių, signalus (Van Hateren, 1992). Taigi, vienas regimosios žievės neuronas, kuris nustato, koks yra lokalus tinklainės apšvietimas, turėtų sumuoti didesnio lazdelių skaičiaus signalus. Dėl to neuronas, gaunantis signalus iš lazdelių, sumuos signalus iš didesnio tinklainės ploto, negu neuronas, gaunantis signalus iš kūgelių. Tai reikštų, kad tinklainės sritis, kurioje yra lazdelės, siunčia signalus į mažesnes regimosios žievės sritis negu kūgeliai. Be to, lazdelių tankis centrinėje tinklainės dalyje yra mažas ir didėja į periferiją (žr. 4-ą pav. – kvadratais pažymėta punktyrinė linija). Kūgelių tankio kitimas yra priešingas (žr. 4-ą pav. – rombais pažymėta punktyrinė linija). Remiantis pirmiau pateiktais pastebėjimais, galima manyti, kad dvi to paties ilgio atkarpos, kurių atvaizdai yra kūgelių ir lazdelių tinklainės srityse, bus suvokiami skirtingai – atvaizdai kūgelių srityse bus suvokiami didesni, negu tokie patys atvaizdai lazdelių srityse.





4 pav. Receptorių tankio pasiskirstymas akies tinklainėje. Fotoreceptorių suma apskaičiuota naudojant R. Sekular ir R. Blake (2002) pateiktus duomenis

Remiantis pirmiau pateiktais pastebėjimais ir įvertinus kūgelių tankio mažėjimą tolstant nuo tinklainės centro, galima daryti išvadą, kad atkarpos dalis, esanti arčiau fiksacijos centro, turėtų būti suvokiama didesnė, negu jos dalis toliau nutolusi nuo centro. Šis dėsningumas turėtų galioti tik toje tinklainės dalyje, kur yra didelis kūgelių skaičius. Kadangi beveik visi kūgeliai yra išdėstyti koncentriškai aplink centrą 6–8 laipsnių regimojo kampo srityje (žr. 4-ą pav., fotoreceptorių suma apskaičiuota naudojant R. Sekular ir R. Blake (2002) duomenis), tai aptarta priklausomybė turėtų galioti tol, kol dalijamos tiesės ilgis neviršys 6–8 laipsnių regimojo kampo.

Esant ilgesnėms atkarpoms, jų atvaizdai (bent dalis jų) yra srityje, kurioje vyrauja lazdelės. Centrinėje akies tinklainės dalyje lazdelių tankis yra mažas, o paskui, tolstant nuo centro, didėja (iki 20 laipsnių regimojo kampo – Sekular and Blake, 2002). Dėl lazdelių tankio kitimo centrinė atkarpos

dalis turėtų būti suvokiama kaip trumpesnė, negu to paties ilgio atkarpa, labiau nutolusi nuo centro, t. y. tiriamasis turėtų atkarpa A pailginti, o atkarpa B – sutrumpinti ir santykis  $A/B > 1$ . Taigi eksperimente matuojamas santykio pobūdis turėtų keistis, ilginant atkarpa, kai atkarpa (arba jos dalis) projektuojasi į tinklainės lazdelių sritį. Tai turėtų įvykti regimajam kampui esant apie 6–10 laipsnių. Kaip matėme, apie 66,7 proc. tiriamųjų santykio (A/B) kitimo pobūdis neprieštarauja šioms išvadoms. Tačiau 7 tiriamiesiems – 23,3 proc. – santykio (A/B) lūžio taškas yra toliau nuo centro, nei prognozuojamas lūžio taškas. Kodėl taip yra? Galima paminėti kelias hipotezes.

- Visų pirma tiriamasis realiai fiksuoja žvilgsnį ne į kryželį, o jo žvilgsnis būna pasislinkęs link kito dalijamos atkarpos galo. Preliminarių bandymų su vienu tiriamuoju rezultatai, registruojant akių judesius, neprieštarauja šiai hipotezei. Eksperimentais įrodyta, kad tiriamasis,



pasirinkdamas fiksacijos tašką, gali nesąmoningai taip nukreipti akis, kad šio taško atvaizdas bus ne tinklainės centre.

- Antra, lieka neaišku, kokia yra lazdelių ir kūgelių įtaka suvokiant atkarpos ilgį. Ilga atkarpa projektuojasi tiek į sritį, kur yra tik kūgeliai arba tik lazdelės, tiek į sritį, kur yra abiejų tipų fotoreceptorių. Atkarpos ilgio suvokimas gali priklausyti nuo kūgelių ir lazdelių svorio, nustatant suminio santykio (A/B) reikšmę.

Suprantama, yra galimybė, kad abu šie veiksniai gali turėti įtakos aprašytų bandymų rezultatams.

Trijų tiriamųjų duomenys nebuvo analizuoti, nes šių tiriamųjų atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio kreivės pobūdis, kitaip nei pirmų dviejų tiriamųjų grupių, neturėjo aiškios kitimo tendencijos. Gali būti, kad šiems tiriamiesiems buvo sunku visos bandymo serijos metu fiksuoti žvilgsnį į fiksacijos kryželį.

Kyla klausimas, kuo gauti duomenys gali būti svarbūs, aiškinant regimosios erdvės suvokimą? Kaip žinoma, objektų atvaizdų dydžiai tinklainėje priklauso nuo jų atstumo iki stebėtojo. Tolesnių objektų atvaizdai tinklainėje bus mažesni, negu tokio pat dydžio artimesnių objektų atvaizdai tinklainėje. Tačiau žinoma, kad žmogus sugeba to paties dydžio objektus suvokti esant vienodo dydžio, kad ir koku atstumu šie objektai būtų nuo jo, t. y. kitaip tariant, nesvarbu, kokio dydžio objektų atvaizdai yra tinklainėje (konstantinis dydžio ir nuotolio suvokimo efektas). Buvo mėginama šį konstantinį suvokimą aiškinti patirtimi, išmokimu, tačiau to padaryti nepavyko (Бюрпило, 1978).

Manoma, kad šiam reiškiniui turi įtakos įgimtos regos sistemos fiziologinės savybės. Remiantis gautais duomenimis galima tvirtinti, kad centrinė regimojo lauko dalis, kuri projektuojasi (atvaizduojama) į centrinę tinklainės sritį, subjektyviai padidinama, palyginti su periferine dalimi, kuri projektuojasi į periferinę tinklainės sritį. Taigi, jeigu žmogus nukreips žvilgsnį į tolimesnį objektą, jo atvaizdas bus tinklainės centre ir jis bus suvokiamas didesnis. O artimesnių objektų atvaizdai tinklainėje šiuo atveju bus periferijoje ir jų suvokiamas dydis bus sumažintas. Taigi dėl to projekciniai iškraipymai bus kompensuojami. Kaip parodė mūsų skaičiavimai (Dzekevičiūtė, 2007), visiška projekcinių iškraipymų kompensacija bus galima tik tam tikroje regimosios erdvės dalyje, kurios padėtis priklausys nuo santykio (A/B) pobūdžio.

Iki šiol tiriama, kokią įtaką erdvės suvokimui turi subjektyvūs iškraipymai, susiję tik su tinklainės duobute (Schwartz, 1994), o periferijos įtaka – netiriama. Žinant, kokia yra periferijos, subjektyvių iškraipymų įtaka erdvės suvokimui, būtų galima prognozuoti, kaip žmogus suvoks atstumus tarp objektų, esant įvairioms situacijoms, kai jis fiksuoja žvilgsnį į atskirus objektus. Tai turi didelę praktinę reikšmę, kai svarbu greitai įvertinti atstumus tarp regimųjų objektų, taip pat į tai būtina atsižvelgti architektūroje (jau senovės graikai, remdamiesi empirinėmis žiniomis, į tai atsižvelgdavo).

Šiuo metu žmogus būna priverstas dirbti, esant mezopinei apšvietai (pavyzdžiui, vakare vairuoti automobilį). Tokiu atveju funkcionuoja tiek lazdelės, tiek kūgeliai. Atsižvelgiant į tai, kad santykis (A/B) priklausys nuo to, kokie fotoreceptoriai funkcionuoja, suvokiamas atstumas tarp

objektų, esant mezopinei apšvietai, skirsis nuo suvokiamo, esant fotopinei ir skotopinei apšvietai. Vairuojant į tai svarbu atsižvelgti.

## Išvados

1. Žmogus, žiūrėdamas viena akimi ir fiksuodamas žvilgsnį, atkarpos padalija nustatydamas suvokiamą atkarpos vidurį, kuris rodo, kad atkarpos dalis prie fiksacijos kryželio (A) suvokiama didesnė nei likusi atkarpos dalis (B). Atkarpos dalių santykis A/B kinta netolygiai – tai priklauso nuo atkarpos ilgio.
2. Daugumai tiriamųjų (66,7 proc.) atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio lūžio taškas yra kai

atkarpos ilgis 7 laipsniai. Šis lūžio taškas yra arti ribos, kur keičiasi receptorių santykis – lazdelių skaičius didėja ir viršija kūgelių skaičių.

3. Kitiems tiriamiesiems (23,3 proc.) atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio lūžio taškas yra toliau, kai atkarpos ilgis 13 laipsnių, tačiau lūžio taško postūmio priežastys neaiškios.
4. Keletui tiriamųjų (10 proc.) atkarpos dalių santykio A/B priklausomybė kinta be aiškios tendencijos.
5. Objektų dydžio suvokimui turi įtakos ir kūgeliai, ir lazdelės, tačiau jų įtaka nevienoda dėl skirtingo jautrumo ir skirtingo tankio akies tinklainėje.

## LITERATŪRA

Anderson A. J., Johnston A., Tan S. How cortical magnification could benefit depth, surface slant and self-motion estimation. 2004. Prieiga per internetą: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.2957&rep=rep1&type=pdf> [žiūrėta 2011 m. balandžio 2 d.].

Brown K. T. Factors affecting differences in apparent size between opposite halves of a visual meridian // *Journal of the Optical Society of America*. 1953, vol. 43, p. 464–472.

Daniel P. M., Whitteridge D. The representation of the visual field on the cerebral cortex in monkeys // *Journal of Physiology*. 1961, vol. 159, p. 203–221.

Dzekevičiūtė A. Objektų dydžio suvokimo priklausomybė nuo jų atvaizdų vietos akies tinklainėje. Magistro darbas. Vilnius, 2007.

Florack L., Maas R., Niessen W. J. Pseudo-linear scale space theory // *International Journal of Computer Vision*. 1999, vol. 31 (2/3), p. 247–259.

Georgeson M. A. Spatial frequency analysis in early visual processing // *Philosophical Transactions of Royal Society of London, series B*. 1980, vol. 290, p. 11–12.

Johnston A. A spatial property of the retino-cortical mapping // *Spatial Vision*. 1986, vol. 1, p. 319–331.

Johnston A. The geometry of the topographic map in striate cortex // *Vision Research*. 1989, vol. 29, p. 1493–1500.

Koenderink J. J. The brain a geometry engine // *Psychological Research*. 1990, vol. 52, p. 122–127.

Sekular R., Blake R. Perception. Caracas: McGraw-Hill, 2002.

Schwartz E. L. Topographical mapping in primate visual cortex // *Visual Science and Engineering (Models and Application)* / Ed. by D. H. Kelly. New York: Marcel Dekker, 1994. P. 291–359.

Van Hateren J. H. A theory of maximizing sensory information // *Biological Cybernetics*. 1992, vol. 68, (1), p. 23–29.

Virsu V., Hari R. Cortical magnification, scale invariance and visual ecology // *Vision Research*. 1996, vol. 36, p. 2971–2977.

Вюрпило Э. Восприятие пространства // *Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресс, Ж. Пиаже. Вып. VI. Москва: Прогресс, 1978. С. 136–236.*

Пиаже Ж. Генезис Восприятия // *Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресс, Ж. Пиаже. Вып. VI. Москва: Прогресс, 1978. С. 14–87.*

## PERCEIVED SIZE OF A LINE DEPENDING ON ITS PROJECTION PLACE ON THE RETINA

Aldona Dzekevičiūtė, Aušra Daugirdienė, Algimantas Švegžda,  
Rytis Stanikūnas, Henrikas Vaitkevičius

### S u m m a r y

It is known that objects located in the centre of the visual field are perceived as larger than the objects located in the periphery (Пижаж, 1978). The image of an object differs from its perception object. The perceived size of an object depends on the size of its image in the visual cortex. This stems from the so-called cortical magnification factor. It is assumed that the same quantity of receptors sends information to the same area of the cortex. But photoreceptors are different – rods and the cones. It is not clear whether the different type of receptors make a different influence on the above-mentioned distortion of mapping. Also, the image of the object on the retina is perceived differently, depending on its location on the retina. Our goal was to explore how this subjective expansion changes while moving away from the centre of the retina, because there are no data on this, phenomenon.

**Method.** Thirty normal or corrected to normal vision adults participated in the study. Five different length lines (5, 7, 10, 13, 15 degrees) were represented on the computer's monitor one line at a time. Participants had monocularly bisected lines into two subjectively equal parts fixating sight on a cross located at the given end of the line.

**Results.** The ratio  $\rho$  (length of the line near the cross / length of the other part) was calculated. This ratio as a function of the length of the whole line was

not monotonic: when the line was short,  $\rho$  decreased, but then it began to increase. Three groups of results were formed considering the ratio of the line length (where the function had the extremum point). The largest group (66.67%) had the extremum point when the line length was 7 deg. The second group (23.33%) had the extremum point when the line length was 13 deg. The last group (10%) had not clear extremum point and was excluded from the calculation. Changes of the  $\rho$  value cannot be explained by the perceptual instability of the length of the line (Brown, 1953). There could be a correlation between the value of  $\rho$  and the density of all receptors in the retina where the line was projected.

**Conclusions.** Humans make a bias while monocularly bisecting a line: the part near the point of fixation is perceived as bigger than the other part. The function of the line size ratio changes not monotonically – it has an extremum point. Most often, the extremum point is observed when the line size is 7 deg. This point is near the point where the density of rods exceeds that of cones. Other subjects show the extremum point when line size is 13 deg., but the reasons for such a point shift remain unclear. Some subjects have no extremum point.

**Key words:** size perception, cortical magnification factor, density of photoreceptors.

*Iteikta 2011-03-07*