

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Donatas Noreika

**AKIŲ KONKURENCIJOS IR DVIPRASMIŲ FIGŪRŲ
SUVOKIMO LAIKINĖS SAVYBĖS**

Daktaro disertacija

Socialiniai mokslai, psichologija (06 S)

Vilnius, 2010

Disertacija rengta 2006 – 2010 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas:

prof. habil. dr. Henrikas Petras Vaitkevičius (Vilniaus universitetas, socialiniai mokslai, psichologija – 06 S)

TURINYS

1. ĮVADAS	5
2. TYRIMŲ APŽVALGA.....	9
2.1 Nestabilus (alteruojantis) suvokimas.....	9
2.2 Akių konkurencija	12
2.3 Neuroniniai akių konkurencijos koreliatai.....	18
2.4 Sensorinių sistemų jautrumo svyravimai ir diskreta – tolydaus suvokimo problema	20
2.5 Diskreta suvokimo biologinis pagrindas	22
2.6 Trumpo dažnio smegenų bangos ir jų ryšys su pažinimo procesais	23
2.7 Akių konkurencijos laikinių savybių tyrimai, pateikiant laiko atžvilgiu nepastovius stimulus	27
2.8 Tyrimo idėja.....	32
3. METODIKA	35
3.1 Tyrimo dalyviai	35
3.2 Tyrimo metodai ir aparatūra	35
3.3 Eksperimento eiga	38
3.4 Duomenų tvarkymas.....	39
4. REZULTATAI.....	42
4.1 Vidutinės dominavimo trukmės vienos matavimo serijos metu analizė	42
4.2 1 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant priešfazėje mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus.....	45
4.3 2 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant fazėje mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus..	54
4.4 3 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka dviprasmių figūrų suvokimo vidutinei dominavimo trukmei.....	59
4.5 4 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant priešfazėje mirksinčius 4 – 20 ms trukmės stimulus, pateikimo trukmę keičiant 1 ms žingsniu	64
4.6 1 - 4 eksperimentų rezultatų aptarimas.....	69
4.7 5 eksperimentas: akių konkurencijos trukmių laikinė dinamika.....	72

4.8 6 eksperimentas: vidutinių dominavimo trukmių palyginimas viename eksperimente pateikiant dviejų trukmių stimulus	78
5. REZULTATŲ APTARIMAS.....	80
Stimulų mirksėjimo dažnio įtaka vidutinei dominavimo trukmei	80
Stimulų pateikimo pobūdžio įtaka	82
Akių konkurencijos ir dviprasmių figūrų suvokimo dinamikos skirtumai.....	83
Akių konkurencijos trukmių laikinė dinamika	84
Rekomendacijos tolesniems tyrimams	86
7. IŠVADOS	87
7. LITERATŪRA	88
STRAIPSNIŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	97
PADĖKOS.....	98
PRIEDAI	99
1 priedas. Pagrindiniai eksperimentų duomenys (be standartizavimo).....	99
2 priedas. Matematinis modelis, tiriantis atsitiktinių svyravimų dydžio įtaką eksperimento rezultatams	103

1. ĮVADAS

Tyrimo problema ir jos aktualumas

Nestabilus (alteruojantis) suvokimas – tai pažinimo reiškiny, kai subjektyvus suvokiamas vaizdas ar garsas periodiškai kinta, fiziniam stimului išliekant pastoviam. Pastaraisiais metais šis reiškiny sulaukia vis daugiau tyrėjų dėmesio, nes yra pritaikomas įvairioms suvokimo ir sąmonės savybėms tirti. Yra aprašyta bent keletas nestabilaus suvokimo formų: figūros – fono virsmai (pvz. vaza – profiliai), skaidrūs trimačiai objektai, monokulinė konkurencija, akių (binokulinė) konkurencija ir kt. (Blake, Logothetis, 2002; Osaka et al., 2010). Iš šių suvokimo formų, akių konkurencija ir dviprasinės figūros yra daugiausiai tyrinėtos. Nors atlikta nemažai tyrimų, iki šiol nėra aišku, ar įvairios nestabilaus suvokimo formos yra pagrįstos tais pačiais fiziologiniais mechanizmais.

Be to, kad nestabilus suvokimas yra pats savaime įdomus reiškiny (tai rodo jo dažnas panaudojimas meno kūrinuose, pvz. M.C. Escher, S. Dali, įvairūs XVIII a. dailininkai), jis tyrėjams įdomus dėl galimo pritaikymo įprasto suvokimo savybėms tirti. Manoma, kad nestabilaus suvokimo metu yra tarsi išryškinti regos veikimo principai, pasireiškiantys ir įprastose vaizdų apdorojimo situacijose. Tam tikro lygio nevienareikšmiškumas yra būdingas visai sensorinei stimuliacijai, tad retai regimo vaizdo atkūrimas iš tam tikro tinklainės receptorių sudirginimo rašto yra visiškai neproblemiškas. Kai kurie autoriai mano, kad dėl akių judesių ir regimojo dėmesio paskirstymo, įprasto regėjimo metu vyksta panašus informacijos apdorojimo lygio kitimas kaip dominavimo – slopinimo atskyrimas nestabilaus suvokimo atveju (Leopold and Logothetis, 1999; Mitchell et al., 2004).

Nestabilus suvokimas yra labai parankus suvokimo savybėms tirti, nes jo laikinė dinamika yra labai jautri net mažiems stimulų savybių pokyčiams. Užtenka minimalių fizinių stimuliacijos aspektų pakeitimų (pvz. apšvietimo sumažinimo, pateikimo laiko sutrumpinimo, stimulo pastūmimo iš tinklainės centro link periferijos ir pan.), kad šie pokyčiai atsispindėtų gana lengvai užfiksuojamuose suvokimo pokyčiuose (pvz. pailgėja vidutinė vienos iš suvokiamo vaizdo interpretacijų dominavimo trukmė). Šis aspektas padeda pritaikyti nestabilų suvokimą įvairių kintamųjų įtakai suvokimui tirti.

Nestabilaus suvokimo tyrimai turi ne tik teorinę, bet ir taikomąją vertę. Šios srities tyrimų rezultatai panaudojami kuriant praktines stereoregėjimo sistemas, regėjimo protezus ir diagnozuojant ligas (Pachidis, Lygouras, 2005; Miller et al., 2010). Akių konkurencijos reiškinys yra labai svarbus skaidrių arba iš dalies skaidrių monitorių taikymo problematikoje (Patterson et al., 2007). Akių konkurencijos savybių tyrimų rezultatai padeda regimosios informacijos pateikimo sistemas konstruoti taip, kad kuo rečiau atsirastų akių konkurencijos reiškinys, galintis trukdyti pastebėti svarbias monitoriuje rodomų ar regėjimo lauke stebimų vaizdų dalis.

Nestabilus suvokimas yra vienas iš nedaugelio reiškinių, padedančių objektyviai atskirti sąmoningą suvokimą nuo pačios fizinės stimuliacijos. Nors žmogui pateikiami stimulai per laiką nesikeičia, subjektyvus suvokimas nuolat persijunginėja iš vieno vaizdo į kitą. Šį persijunginėjimą galima tiksliai fiksuoti, pvz. liepiant tiriamajam nuspausti skirtingus mygtukus kai mato vieną ir kitą vaizdą. Tuo pat metu smegenų vaizdavimo metodų pagalba galima stebėti dominančių smegenų vietų aktyvumo kitimą, galimai koreliuojantį su mygtuko nuspaudimo laikais. Dėl to nestabilus suvokimas yra plačiai taikomas sąmonės neuroninės prigimties tyrimuose.

Nestabilus suvokimas yra puiki iliustracija, atspindinti pažinimo procesų *cikliškumą* – nors fizinis stimulus nekinta, regimo vaizdo interpretacija keičiasi kas kelias sekundes. Dėl šių cikliškų virsmų priežasties iki šiol nėra sutariama. Antra vertus, yra gana plačiai aprašytas smegenų neuronų darbo cikliškas kitimas milisekundžių lygyje. Dėl neuronų darbo refrakcinių periodų ir atskirų ląstelių darbo tarpusavio derinimo siekiant sinchronizuoto jų veikimo, smegenyse atsiranda cikliški aktyvumo svyravimai. Manoma, kad atskirų neuronų ansamblių darbo sinchronizacija gali būti svarbus ar net pagrindinis mechanizmas siejant suvokiamus objektus į visumas (Sauve, 1999; Nikolaev et al., 2010).

Nors nestabilaus suvokimo reiškinio mechanizmas dažniausiai siejamas su milisekundžių eilės cikliškais procesais nervų sistemoje (Tong et al., 1998; Shpiro et al., 2007), trūksta tyrimų, bandančių tiesiogiai sieti šiuos du procesų tipus. Jei tyrimais pavyktų patvirtinti tiesioginį ryšį tarp cikliškų jautrumo svyravimų nervų sistemoje ir nestabilaus suvokimo ciklą, tai padėtų geriau suprasti nestabilaus suvokimo veikimo mechanizmą ir nervų sistemos jautrumo svyravimų funkcinę reikšmę.

Yra sukurta nemažai modelių, aiškinančių nestabilaus suvokimo reiškinių veikimo mechanizmą, tačiau nė vienas iš jų nėra nors kiek plačiau pripažįstamas (Freeman, 2005; Koene, 2006; Laing, Carson, 2002; Moreno-Bote, 2007; Stollenwerk, Bode, 2003 ir kt.). Milisekundžių eilės procesų įtakos nestabilaus suvokimo dominavimo trukmės tyrimas padėtų įvertinti šiuos modelius ir tiksliau apibrėžti, kurie procesai yra svarbiausi nestabilaus suvokimo reiškiniui atsirasti.

Aptariamas klausimas labai siejasi su diskretaus – tolydaus suvokimo problema. Diskretaus suvokimo teorija teigia, kad suvokimas vyksta ne tolygiai, o tam tikrais žingsniais ar mikroperiodais. Nestabilus suvokimas yra puikus pavyzdys, rodantis, kad suvokimas gali būti ne tolydus, o visiškai pasikeisti kas kelias sekundes. Jei diskretaus suvokimo teorija yra teisinga, nestabilaus suvokimo ciklai gali būti pačių mažiausių suvokimo vienetų („suvokimo kvantų“) kartotiniai. Šią prielaidą padėtų patikrinti tyrimas, kuriame stimulai pateikiami ne tolygiai, o diskrečiais laiko momentais, sistemingai keičiant tokio pateikimo trukmes. Tokio pobūdžio tyrimas padėtų tiksliau atsakyti į klausimą, ar nestabilaus suvokimo ciklai yra sudaryti iš mažesnių diskretaus pobūdžio vienetų.

Tikslas

Ištirti, kaip akių konkurencijos ir dviprasmių figūrų suvokimo laikinę dinamiką veikia pateikiamų stimulų mirksėjimo dažnis.

Uždaviniai

1. Sukurti metodą, padedantį tirti akių konkurencijos ir dviprasmių figūrų suvokimo laikines savybes, pateikiant į vieną ir kitą akis du nepriklausomu dažniu mirksinčius stimulus.
2. Nustatyti, ar egzistuoja akių konkurencijos vidutinės dominavimo trukmės priklausomybė nuo pateikiamų stimulų mirksėjimo dažnio.
3. Palyginti dominavimo trukmių dinamiką pateikiant priešfazėje ir fazėje mirksinčius stimulus.
4. Ištirti stimulų mirksėjimo dažnio įtaką dviprasmių figūrų laikinėms savybėms.
5. Panagrinėti akių konkurencijos dominavimo trukmių dinamiką įvairiose laiko skalėse (kelių minučių, valandos ir parų eigoje).

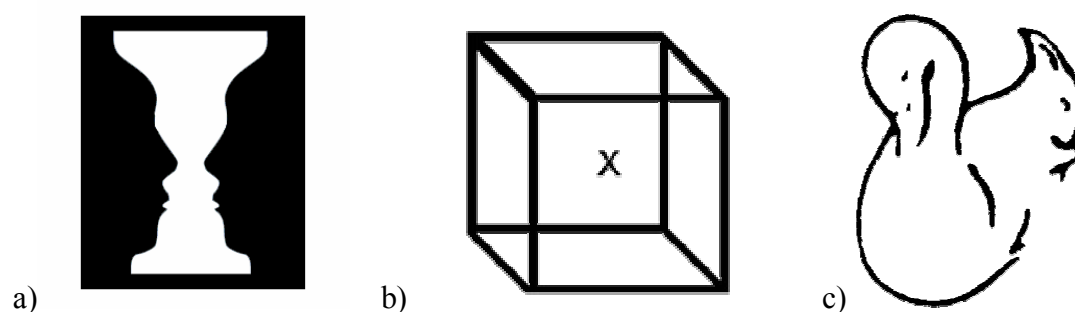
Ginamieji teiginiai

1. Sukurtoji techninė ir programinė įranga užtikrina stimulų pateikimą didesniu negu 5 μ s tikslumu ir yra tinkama akių konkurencijos ir dviprasmio suvokimo laikinėms savybėms tirti.
2. Pateikiant 4 – 30 ms trukmės dažniu mirksinčius stimulus, fiksuojami reikšmingi skirtumai tarp akių konkurencijos vidutinių dominavimo trukmių. Ekstremumų dažnis 7 – 11 ms intervale reikšmingai skiriasi nuo dažnio kituose intervaluose (4 – 6 ms ir 12 – 30 ms).
3. Akių konkurencijos dominavimo trukmėms būdingas laikinis nestabilumas, t.y. matuojant dominavimo trukmę skirtingais laiko momentais kelių minučių, valandos ir kelių parų eigoje, vidutinių dominavimo trukmių reikšmės svyruoja 1 – 2 s ribose.
4. Akių konkurencijos vidutinę dominavimo trukmę lemia daugiau negu vienas faktorius.

2. TYRIMŲ APŽVALGA

2.1 Nestabilus (alteruojantis) suvokimas

Tam tikrose situacijose, kai regos sistema susiduria su nevienareikšme informacija, yra pasirenkama viena iš galimų interpretacijų, tačiau laikui bėgant suvokimas ne lieka ties ja, o vis persijunginėja iš vienos interpretacijos į kitą. Toks reiškinys pavadintas nestabiliu arba alteruojančiu suvokimu (angl. *bistable, multistable perception*). Nors fizinis stimulus nekinta, stebėtojo subjektyvus matomas vaizdas tokioje situacijoje spontaniškai kaitaliojasi nepastoviais periodais. Yra aprašyta bent keletas regimojo nestabilaus suvokimo formų: figūros – fono virsmų, skaidrių trimačių objektų (pvz. Nekerio kubo), akių (binokulinės) konkurencijos (Blake, Logothetis, 2002; Osaka et al., 2010) ir kt. Be to, suvokimas gali būti nestabilus ne tik suvokiant regimuosius vaizdus, bet ir kitų suvokimo modalumų, pvz. klausos ar uoslės, atveju (Warren, Gregory, 1958, cit. pg. Sterzer et al., 2009; Pressnitzer, Hupe, 2006). Kelis nevienareikšmių figūrų, sukeliančių nestabilų regimąjį suvokimą, pavyzdžius pateikiame 2.1.1 pav.



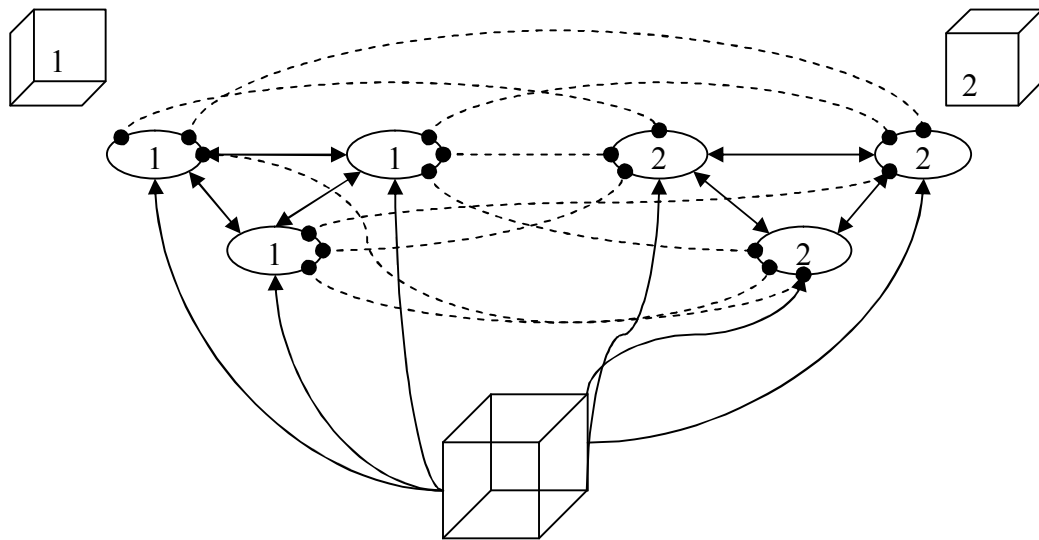
2.1.1 pav. Nestabilių vaizdų (dviprasmių figūrų) pavyzdžiai. a) Rubino vaza – profiliai; b) Nekerio kubas; c) gulbė - voverė. Ilgą laiką stebint vaizdus, matoma tai viena, tai kita vaizdo interpretacija, ir šios interpretacijos nuolat keičia viena kitą.

2.1.1 pav. (a) pavaizduota figūra yra nevienapasmė figūros – fono paskirstymo požiūriu; Nekerio kubas (2.1.1 pav. b) gali būti dvejopai struktūruojamas erdvėje (kryžiuokas –dešinėje apatinėje arba kairėje viršutinėje priekinėje kubo sienoje); o gulbės – voverės figūra (2.1.1 pav. c) yra dvipasmė pagal savo percepcinę kategorizaciją.

Nestabilus suvokimas yra puiki iliustracija, atspindinti pažinimo procesų cikliškumą – nors fizinis stimulus nekinta, regimo vaizdo interpretacija keičiasi kas kelias sekundes. Dėl šių kitimų mechanizmo iki šiol nėra sutariama. Taip pat nėra sutariama, ar tas mechanizmas yra bendras visoms nestabilaus suvokimo formoms (Sterzer et al., 2009; Blake, Logothetis, 2002).

Jau pasirodžius pirmiesiems sistemingesniems nestabilaus suvokimo reiškinių aprašymams, išsiskyrė dvi šį reiškinį aiškinančių teorijų grupės. Kadangi minimos teorijos yra daug kuo susijusios su vėlesniu „konkurencijos tarp akių ar tarp stimulų“ (angl. *interocular vs. pattern-based rivalry*; van Boxtel, 2008) ginču aiškinant akių konkurenciją ir padeda šį ginčą suprasti, trumpai jas pristatysime.

Viena seniausių nestabilų suvokimą aiškinančių teorijų yra vadinamoji „neuroninio nuovargio“ teorija, pasiūlyta W. Kohler’io 1940 m. (cit. pg. Palmer, 2002). Ši teorija teigia, kad dviprasmių figūrų suvokimas kinta dėl to, kad neuronų grupė, koduojanti tuo metu suvokiamą vaizdo interpretaciją, bėgant laikui vargsta, ir nuo tam tikros ribos pradeda dominuoti grupė, koduojanti alternatyvią interpretaciją. Šį modelį supaprastintai galima pavaizduoti schema, pateikta 2.1.2 pav.



2.1.2 pav. Supaprastintas Nekerio kubo suvokimą atliekančio neuronų tinklo modelis. Skaičiais 1 ir 2 pažymėtos tinklo dalys yra skirtingu laipsniu aktyvios kai žmogus suvokia atitinkamai 1 ir 2 kubo interpretacijas. Juodos linijos su rodyklėmis abiejuose galuose reprezentuoja aktyvinančius ryšius, punktyrinės linijos – slopinančius ryšius. Išsamiau – tekste. Adaptuota iš Palmer (2002).

Skirtingas kubo interpretacijas 2.1.2 pav. atstovauja dvi skirtingais skaičiais pažymėtos tinklo dalys, esančios didesniame tarpusavyje sujungtame tinkle. Tokiu

būdu aiškinant nestabilų suvokimą remiamasi keliomis prielaidomis: a) skirtingos suvokiamo kubo interpretacijos yra koduojamos skirtingu aktyvumo pasiskirstymu dviejose tinklo dalyse; b) tai, kaip kubas yra suvokiamas kiekvienu momentu, priklauso nuo to, kuri tinklo dalis yra tuo momentu aktyviausia; c) neuronų nuovargis lemia, jog tai, kuri tinklo dalis yra aktyviausia, per laiką kinta (Palmer, 2002).

Nestabilus suvokimas atsiranda dėl skirtingo ryšių tarp tinklo taškų pobūdžio. Aktyvinantys ryšiai (2.1.2 pav. pažymėta juodomis linijomis su rodyklėmis abiejuose galuose) tarp taškų iš vienos interpretacijos sukuria kooperavimąsi vienoje tinklo dalyje, o slopinantys ryšiai (punktyrinės linijos 2.1.2 pav.) – rungtyniavimą tarp skirtingų tinklo dalių. Veikdami vienu metu, aktyvinantys ir slopinantys ryšiai padeda atskiroms tinklo dalims veikti kaip suderintiems ansambliams, linkusiems nusistovėti būsenoje, kai arba visi ansamblio vienetai yra aktyvūs, arba pasyvūs. Toks tinklo būsenų „dichotomiškumas“ imituoja svarbią Nekerio kubo suvokimo savybę: yra suvokiama arba viena, arba kita kubo interpretacija, bet ne abi iškart.

Kad aptariamasis tinklas pamėgdžiotų ir suvokimo *persijungimus* tarp dviejų interpretacijų, įvedama besikaupiančio *neuronų nuovargio* sąvoka. Viena iš tinklo dalių ima dominuoti, tačiau tos dalies neuronai vargsta, kol galiausiai pasiekiamą riba, kada suvokimas persijungia į kitą interpretaciją. Toks persijunginėjimas vyksta nuolat, kol tik žmogus stebi dviprasmę figūrą.

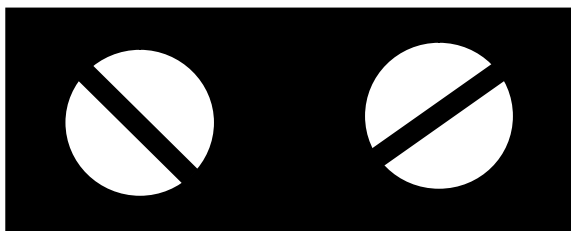
Alternatyvus požiūris „neuronų nuovargio“ arba „žemesniųjų procesų“ hipotezei dažnai yra vadinamas „aukštesniųjų procesų“ požiūriu. Jis buvo išsakytas jau pasirodžius pirmiesiems sistemingesniems darbams apie nestabilų suvokimą ir buvo atstovaujamas tokių garsių autorių kaip H. Helmholtz, W. James ir Ch. Sherrington (Blake, Logothetis, 2002). „Aukštesniųjų procesų“ požiūris teigia, kad matomo vaizdo interpretacijų kitimas yra pagrįstas aktyviu hipotezių tikrinimu. Kai regimas vaizdas yra nevienareikšmis, yra pasirenkama viena iš alternatyvių šį vaizdą paaiškinančių interpretacijų. Kadangi laikui bėgant vaizdas nesikeičia, šios interpretacijos aktualumas sumažėja ir nugali alternatyvi hipotezė, iki šiol buvusi nuslopinta. „Aukštesniųjų procesų“ požiūrį patvirtina tai, kad nestabilaus suvokimo procesas bent iš dalies yra veikiamas valios ir dėmesio procesų (Mitchel et al., 2004; Meng, Tong, 2004; Paffen et al., 2006). Be to, interpretacijos, ypač pirmos pradėjus žiūrėti į nestabilius vaizdus, pasirinkimą akivaizdžiai veikia prieš tai matyti vaizdai

arba tyrimo metu veikiantys kiti stimulai (Brascamp et al., 2007; Alais et al., 2010; Hupe et al., 2008).

Nors ginčas tarp „aukštesniųjų“ ir „žemesniųjų“ procesų požiūrių atstovų taip ir nėra iki galo išspręstas, pastarųjų metų tyrėjai sutaria, kad tikriausiai svarbūs yra abiejų šių klasių procesai, ir naujausi teoriniai modeliai dažniausiai jungia abi šias procesų grupes. Manoma, kad nestabilių suvokimą gali sudaryti gana skirtingi procesai, lemiantys: 1) sprendimą apie vaizdą ar interpretaciją nesuderinamumą, 2) vienos interpretacijos suaktyvinimą, o 3) alternatyvios interpretacijos slopinimą ir 4) perjunginėjimą iš vienos interpretacijos į kitą (Blake, Logothetis, 2002). Daugiausia pastarųjų metų tyrimai ir teoriniai modeliai buvo taikomi akių konkurencijos reiškiniui, tad jį aptarsime išsamiau.

2.2 Akių konkurencija

Viena įdomiausių ir daugiausiai tyrinėtų nestabilaus suvokimo formų yra akių konkurencija (taip pat vadinama abiake ar binokuline konkurencija; angl. *binocular rivalry*). Tai suvokimo reiškinys, kai sąmoningas suvokimas pakaitomis persijunginėja tarp dviejų skirtingų vaizdų, pateikiamų į vieną ir į kitą akį (2.2.1 pav.).



2.2.1 pav. Akių konkurencijos stimulų pavyzdys. Kairysis stimulus pateikiamas į kairę akį, dešinysis – į dešinę.

Akių konkurencijos reiškinys vyksta tuomet, kai į sutampančias kiekvienos akies tinklainės vietas yra pateikiami nesuderinami vaizdai. Šiuo atveju, skirtingai negu įprasto suvokimo situacijoje, vaizdai ima tarsi konkuruoti tarpusavyje – kuri laiką stebėtojas mato vieną stimulą, po to suvokimas persijungia į kitą vaizdą, ir tokia seka kartojasi nuolat, kad ir kiek ilgai žiūrėtume.

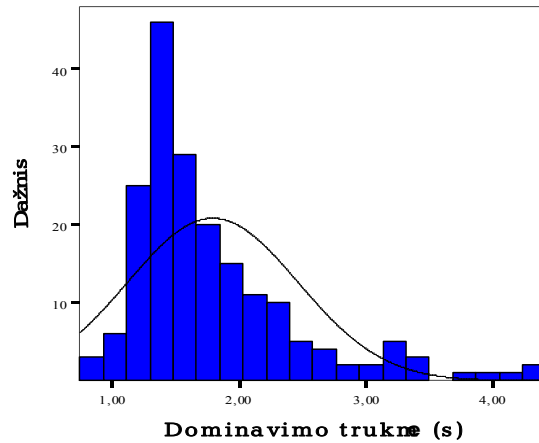
Pirmą kartą akių konkurencijos reiškiny aprašytas dar XVI a. G. della Porta 1593 m. aprašė situaciją, kuomet, jam stebint priešais padėtą knygą ir akis tarpusavyje atskyrus pertvara, vienos ir kitos akies matomi vaizdai tarsi konkuravo tarpusavyje (cit. pg. Wade, 2005). 1716 m. J. T. Desagliers apibūdino spalvinę ir kontūrų konkurenciją, gautą naudojant apertūros (plyšio) metodą (ten pat). Tačiau labiausiai akių konkurencijos tyrimus paskatino C. Wheatstone, sukūręs *stereoskopą*, kurio dėka buvo galima sistemingai tyrinėti įvairias akių konkurencijos savybes (ten pat).

Akių konkurencijos veikimo mechanizmas nėra iki galo aiškus. Dažniausiai akių konkurencija aiškinama panašiai kaip ir kitos nestabilaus suvokimo formos, tačiau čia taip pat įtakos gali turėti ir tokie veiksniai, kaip daugiau ar mažiau išreikštas vieno smegenų pusrutulių dominavimas, erdvinio suvokimo gebėjimai ir kt. (Blake, Logothetis, 2002; Sterzer et al., 2009).

Dominavimo ir slopinimo fazių kaita akių konkurencijoje nevyksta griežtai reguliariai, kaip švytuoklės svyravimai. Viena po kitos einančios kairės ir dešinės akies dominavimo fazės yra neprognozuojamos trukmės, tarsi būtų sukeltos tikimybinio proceso su nepastovia laiko konstanta (Kim et al., 2005; Blake, Logothetis, 2002). Antra vertus, tam tikromis sąlygomis ankstesni dominavimo periodai akivaizdžiai daro įtaką vėlesniems (Brascamp et al., 2008; Pastukhov, Braun, 2008; Pearson, Brascamp, 2008). Be to, keičiant fizines stimulų savybes galima pasiekti, kad kuris nors iš dviejų stimulų dominuotų didesnę laiko dalį negu antrasis. Pvz. didelio kontrasto stimulus dominuos vidutiniškai didesnę laiko dalį negu mažo kontrasto stimulus, ryškus stimulus – daugiau negu neryškus, judantys kontūrai turės pirmenybę prieš stabilius, o tankaus kontūro – prieš retesnio kontūro stimulus (Blake, Logothetis, 2002). Įdomu, kad stimulo „stiprinimas“ (pvz. kontrasto didinimas) paprastai keičia ne jo dominavimo, o slopinimo trukmes. Pvz. padidinus stimulo kontrastą, vidutinė jo dominavimo trukmė beveik nepasikeičia, bet sutrumpėja vidutinė slopinimo trukmė (sutrumpėja antrojo, „silpnesciojo“ stimulo vidutinė dominavimo trukmė). (Blake, 2005; Blake, Logothetis, 2002).

Nors yra gana daug kitų matavimo būdų (Mamassian, Goutcher, 2005; Song, Yao, 2009), dažniausiai taikomas kintamasis akių konkurencijos laikinei dinamikai apibūdinti yra vidutinė dominavimo fazių trukmė arba fazių kaitaliojimosi dažnis (šie dydžiai yra priešingi vienas kitam). Akių konkurencijos vidutinių dominavimo

trukmių pasiskirstymas dažniausiai turi teigiamą asimetriją (2.2.2 pav.) ir dažnai yra aprašomas gama skirstiniu, nors pastarųjų metų tyrimai rodo, kad tai ne visada yra tikslu (Blake, 2005, Brascamp et al., 2005).



2.2.2 pav. Tipinė akių konkurencijos dažnių pasiskirstymo diagrama.

Teoriniai modeliai skirtingai apibūdina svarbiausius veiksnius, lemiančius akių konkurenciją. Nėra sutariama, kuriame jutiminės informacijos apdorojimo sistemos hierarchijos lygyje yra inicijuojamas suvokiamų vaizdų persijunginėjimas. Dažnai šis ginčas apibūdinamas kaip nesutarimas *tarp ko* vyksta konkurencija: tarp akių (angl. *interocular rivalry*) ar tarp suvokiamų stimulų, struktūrų (angl. *pattern-based rivalry*). Pirmasis požiūris teigia, kad akių konkurenciją lemia gana žemo regos sistemos hierarchijos lygmens procesų veikla, kuomet monokuliniai neuronai atpažįsta, kad vaizdai vienoje ir kitoje akyje yra nesuderinami, ir bando išspręsti šį konfliktą. Alternatyviojo, „struktūrų“ požiūrio atstovai teigia, kad akių konkurenciją lemia aukštesnieji procesai binokulinio apdorojimo lygyje, besiremiantys stimulų pobūdžio ar net prasmės informacija. Abu požiūriai turi savo argumentų.

Tiriant smegenų aktyvumą funkcinio magnetinio rezonanso vaizdavimo metodu (angl. *fMRI*), nustatyta, kad jau žemuosiuose regos takų hierarchijos lygiuose (gumburė, pirminėje regos žievėje), ir net specifiskai monokulinėse srityse, smegenų aktyvumas koreliuoja su subjektyviu tiriamojo suvokimu. Tai nebūtinai reiškia, kad akių konkurencijos procesas jau yra *inicijuojamas* šiame lygyje, tačiau matyti, kad šios sritys yra aktyvios jį vykdant (Sterzer et al., 2009; Tong, Engel, 2001).

Kitas argumentas už žemesniųjų procesų svarbą akių konkurencijai yra pateikiamas taikant vadinamąjį „slopinimo gylio“ paradigmą. Slopinimo gylis

matuojamas pateikiant „zondinį“ (angl. probe) stimulą akių konkurencijos metu arba į dominuojančią, arba į slopinamą akį. Slenksčio, nuo kurio zondas jau yra pastebimas, santykis tarp slopinamos ir dominuojančios akies apibūdina slopinimo gylį (Freeman et al., 2005). Zondas paprastai yra sunkiau atpažįstamas slopinamoje akyje negu dominuojančioje, ir slopinimo gylis paprastai yra apie 0,6 (Freeman et al., 2005; Li et al., 2005). Už „konkurencijos tarp akių“, o ne tarp stimulų teoriją kalba tai, kad sritis, kurioje veikia slopinimas (zondas būna sunkiau atpažįstamas), paprastai neapsiriboja stimulo kontūrais, o apima ir aplinkinę zoną (Paffen et al., 2004, 2005). Be to, slopinimo gylis nepriklauso nuo zondo konfigūracijos panašumo ar nepanašumo į konkuruojančius stimulus (Freeman et al., 2005). Iš to galima spręsti, kad zondo atpažinimas priklauso tik nuo to, kurioje akyje (slopinamoje ar dominuojančioje) jis yra, o ne nuo vaizdo konfigūracijos.

Kitas argumentas, dažnai pateikiamas įrodinėjant „konkurencijos tarp akių“ teoriją yra „stimulų sukeitimo“ eksperimentų rezultatai. Jau vykstant konkurencijai, abiejų akių stimulai yra staiga sukeičiami vietomis ir stebima, kuris stimulus iškart po šio sukeitimo pirmas ima dominuoti. Nustatyta, kad paprastai šiomis sąlygomis ima dominuoti stimulus, patekęs į prieš tai dominavusią *akį* (t.y. dominavimas apsiverčia) (Blake, 2001). Tai vėlgi rodo, kad slopinimui – dominavimui nulemti yra svarbesnė akies, o ne konfigūracijos informacija.

Žemesniųjų procesų svarbą parodo ir tai, kad akių konkurencijos laikinė dinamika yra labai jautri fiziniams stimulų charakteristikoms, pvz. kontrastui ar apšvietimui, nors keičiant šias stimulų savybes ir nėra keičiama jų konfigūracija (Blake, 2001; Blake, Logothetis, 2002 ir kt.).

Vis dėlto, nemažai faktų rodo, kad informacija apie *akį*, kurioje yra dominuojantis stimulus, nėra esminė. Vieną garsesnių faktų, parodžiusių, kad akių konkurencijos eiga gali *nepriklausyti* nuo informacijos, kurioje akyje yra stimulus, pateikė Logothetis et al. (1996) tyrimas. Šiame eksperimente abiejų akių stimulai 3 Hz dažniu buvo kaitaliojami vietomis (t.y. kiekvienos akies stimulus kas 333 ms buvo pakeičiamas į priešingos konfigūracijos stimulą). Tokiomis sąlygomis vieną akį veikiantis stimulus nuolat keitėsi, todėl neuronų nuovargis ar panašūs žemesnieji procesai abi akis turėjo veikti vienodai. Jei akių konkurencija priklausytų tik nuo šių procesų, tokio eksperimento sąlygomis, ji turėtų nevykti. Vis dėlto, nuolat kaitaliojant stimulus vietomis, vyko įprastas akių konkurencijos reiškinys.

Kitas argumentas už „aukštesnius“ procesus yra tai, kad tam tikromis sąlygomis stimulai iš abiejų akių yra lengvai jungiami į vieningas visumas. Vadinamieji „grupavimo tarp akių“ (angl. *interocular grouping*) tyrimai parodė, kad kai stimulai yra tokie, kad sujungus abiejų akių vaizdus susidaro vieninga visuma, vaizdai iš abiejų akių yra sujungiami daug dažniau negu įprastai akių konkurencijos sąlygomis (Papathomas et al., 2005; Watson et al., 2004). Tokia tendencija neturėtų atsirasti, jei akių konkurenciją lemtų tik žemesnieji procesai.

Aukštesniųjų procesų įtaką rodo tai, kad akių konkurencijos dinamiką veikia valingas dėmesys (Mitchel et al., 2004; Meng, Tong, 2004; Paffen et al., 2006). Dėmesys pailgina dominavimo laiką, tačiau ne be galo. Taip pat parodyta, kad akių konkurencijos eigą veikia grįžtamasis ryšys apie stimulus (Boxtel et al., 2008 3), kitus jutimo organus veikianti stimuliacija (Alais et al., 2010), stimulo prasmingumas (Baker, Graf, 2009; Bannerman et al., 2008; Jiang et al., 2007; Williams et al., 2004), vaizdiniai (Pearson et al., 2008), valingi judesiai (Maruya et al., 2007) ir kiti aukštesnieji procesai (Hancock et al., 2008).

Galiausiai, akių konkurencijos dinamika yra labai panaši į kitų nestabilaus suvokimo formų – monokulinės konkurencijos, dviprasmių figūrų ir pan. – dinamiką (o stimulai pastarosioms yra pateikiami vienodi į abi akis), tad galima manyti, kad šiuos panašumus lemia aukštesnieji procesai (Rubin, Hupe, 2005; Brascamp et al., 2005).

Pastaraisiais metais pasiūlyti teoriniai akių konkurencijos modeliai retai beakcentuoja *tik* aukštesnius arba tik žemesnius procesus, o teigia, kad konkurencijos pagrindą sudaro daugelis gana savarankiškų procesų (nesuderinamos regimosios informacijos registravimas, vieno vaizdo dominavimo įjungimas, kito vaizdo slopinimo įjungimas, dominavimo persijungimas kas tam tikrą laiką), todėl negalime kalbėti apie „*the*“ – vienintelį, vieningą akių konkurencijos mechanizmą ar vietą smegenyse (Freeman, 2005; Furstenau, 2003 ir kt.). Toks „daugiakomponentis“ požiūris gali padėti išspręsti kai kuriuos akių konkurencijos tyrimuose kylančius prieštaračius, pvz. kaip suderinti tyrimų, demonstruojančių ir aukštesniųjų, ir žemesniųjų procesų įtaką, rezultatus (Blake, Logothetis, 2002; Lee et al., 2007).

Vis dėlto, akių konkurencijos mechanizmą aiškinantys teoriniai modeliai ne vienodai svarbiais laiko įvairius šio proceso aspektus. Sąlygiškai juos galima išskirti į kelias grupes. Tai sensorinė adaptacija, spontaninis triukšmas, aktyvus hipotezių

tikrinimas ir nervinių impulsų sinchronizacija. Taip pat akių konkurencijos dinamikai gali būti svarbūs akių judesiai.

Turbūt dažniausiai pagrindiniu veiksnio, lemiančiu suvokinio persijungimus, yra laikoma sensorinė *adaptacija* (Shapiro et al, 2007; Stollenwerk ir Bode, 2003, Kang, Blake, 2010). Šiuo atveju manoma, kad vienam iš pateikiamų vaizdų dominuojant, šį vaizdą koduojančių neuronų grupėje sparčiau vyksta tam tikri adaptaciniai procesai, susiję su šios grupės neuronų nuovargiu, dėl kurių vis didėja tikimybė, kad suvokimas persijungs į kitos akies vaizdą. Adaptaciniai procesai dažniausiai siejami su neuronų iškrovų dažnių kitimu, sinapsėse vykstančiais procesais arba su abiem šiomis grupėmis.

Lumer (1998) ir kai kurie kiti autoriai mano, kad tai, ar vyksta akių konkurencija, ar normalus stereoregėjimas, lemia iš abiejų akių einančių neuronų impulsų *sinchronizacija*. Lumer modelyje stimulų abiejose akyse suderinamumas lemia sinchronizaciją V1 žievės srityje ir aukštesniuose regos centruose. Abiejų akių stimulams negalint būti suderintiems, neuronai šioje srityje impulsus generuoja nesinchroniškai, ir inicijuojamas akių konkurencijos reiškiny (Lumer, 1998). Sinchronizacijos svarbą informacijos kodavimui patvirtina daugelis pastarųjų metų neurofiziologinių tyrimų (Alonso et al., 1996; Usrey, Reid, 1999; Reinagel, Reid, 2000).

Nemažai autorių spontaniinį *triukšmą* (neuronų iškrovų nesutapimus, neurotransmiterių lygio pokyčius, dėmesio svyravimus ir pan.) įvardina kaip neišvengiamą kintamąjį, veikiantį abiakės konkurencijos dinamiką (Brascamp et al, 2006; Freeman, 2005 ir kt.). Dar įdomesni yra bandymai įvardinti triukšmą ne kaip papildomą, o kaip pagrindinį veiksnį, lemiantį suvokiamų vaizdų persijungimus. Kalbama apie tai, kad sistemos būseną nuolat svyruoja, ir suvokiamas vaizdas akių konkurencijos metu persijungia tuomet, kai triukšmas pasiekia tam tikrą slenkstinį dydį. Toks yra pvz. Moreno-Bote et al (2007) teorinis modelis.

Vadinamieji „iš viršaus žemyn“ procesai (aktyvus hipotezių tikrinimas) sunkiau pasiduoda modeliavimui, tačiau daug duomenų liudija, kad jie yra svarbūs konkurencijos reiškiniui (žr. pvz. Kompass, Elliot, 2001), todėl ir jie dažnai įtraukiami į teorinius akių konkurencijos modelius.

Akių konkurencijai taip pat gali būti svarbūs akių judesiai (Melloni et al., 2009, Suzuki, 2002). Nors netgi visiškas akių judesių eliminavimas nepanaikina akių

konkurencijos reiškinių (Blake et al., 1971), tačiau taip pat akivaizdu ir tai, jog akių judesiai yra labai svarbūs šio proceso dinamikai.

2.3 Neuroniniai akių konkurencijos koreliatai

Klausimas, kurioje regos sistemos hierarchijos grandyje gimsta periodiškai kintantis suvokimas akių konkurencijos metu, sulaukė nemažai tyrėjų dėmesio, tačiau aiškių atsakymų dar nėra daug (Sterzer et al., 2009, Blake, Logothetis, 2002). Akių konkurencijos biologinių pagrindų tyrimus aiškumo dėlei galima suskirstyti pagal naudotą metodą:

1) Regimųjų sukeltinių potencialų tyrimai (angl. *visually evoked responses* (VER)). Brown, Norcia (1997) savo eksperimente tiriamiesiems rodė vertikalias ir horizontalias groteles, blykčiojančias skirtingais dažniais. Dėl šio skirtingo blykčiojimo, kiekvienos tuo metu suvokiamos grotelės sudarė skirtingos formos VER bangas. Elektroencefalografo fiksuojamas bangų kaitaliojimasis koreliavo su tiriamojo nurodomais dominavimo periodais.

2) Funkcinio magnetinio rezonanso (fMRI) tyrimai. Paminėsime penkis garsiausius tyrimus. Lumer et al. (1998) nustatė, kad dominuojančio stimulo persijungimo laikas koreliuoja su kaktos-pakaušio (frontoparietal) srities aktyvumo pokyčiais. Autoriai kelia prielaidą, kad šioje srityje gali būti *inicijuojamas* perjungimas tarp skirtingų konkurencijos metu suvokiamų vaizdų.

Tong et al. (1998) tyrė, kaip aktyvumo pokyčiai fuziforminėje (angl. *fusiform*; nustatyta, kad reaguoja į veidus) ir parahipokampinėje (*parahippocampal*) srityse (kraštovaizdžiai ir pan.) koreliuoja su tiriamojo registruojamais akių konkurencijos pokyčiais. Tirtųjų smegenų sričių aktyvumo dinamika buvo tokia pat ryški kaip realiai keičiant stimulus, imituojančią akių konkurencijos fazių kaitą. Iš to galima daryti išvadą, kad šiose srityse stimulų slopinimo – dominavimo sprendimas jau būna įvykęs. Tačiau lieka neaišku, ar tik čia jis gimsta.

Polonsky et al. (2000) nustatė, kad pokyčius pagal akių konkurencijos kaitą galima atsekti ir V1 srityje. Stimulai šiame tyrime buvo atskirti pagal skirtingus jų ryškumus. Rezultatus su kiek kitokia procedūra pakartojo Lee ir Blake (2001). Tiesa, BOLD pokyčiai šiuose tyrimuose buvo silpnesni negu realiai keičiant stimulus – imituojančią akių konkurenciją.

Tong ir Engel (2001) stimulą taikė būtent į aklaįją dėmę. Šią sritį sužadina dirgikliai tik iš ipsilateralinės akies. BOLD signalai šiame tyrime stipriai koreliavo su tiriamojo pranešimais apie suvokiamus vaizdus. Ir jų stiprumas net nebuvo silpnėsnis negu imituojant akių konkurenciją.

Vertinant fMRI tyrimus, pripažįstama, kad nėra iki galo aiški BOLD signalų prigimtis. Juos gali paskatinti ir *grįžtamieji* ryšiai. Todėl negalima teigti, kad sritys, kurių aktyvumas koreliavo su tiriamojo suvokimu, *inicijuoja* akių konkurencijos procesą.

3) Magnetoencefalografija (MEG). Manoma, kad šis metodas padeda pastebėti matavimo momentu sinchroniškai veikiančius neuronų ansamblius. MEG metodą taikę akių konkurencijos tyrimai rodo, kad suvokimo vartymasis koreliuoja su neuronų iškrovų sinchronizacija gana nemažame skaičiuje smegenų sričių (Srinivasan et al., 1999).

4) Vieno neurono (angl. *single-unit*) tyrimai su beždžionėmis. Nustatyta, kad šoniniame keliniam kūne (LGN) gumbure neuronų aktyvumas su akių konkurencija nekoreliuoja (Lehky, Maunsell, 1996, cit. pg. Blake, Logothetis, 2002). Dryžuotoje (*striate*) ir gretimose srityse (*early extrastriate*, pvz. V4 ir MT) aktyvumas su akių konkurencijos fazėmis koreliuoja, tačiau koreliacija nėra labai stipri (pvz. kai kurių vienetų aktyvumas niekada nesumažėja iki nulio) (Leopold, Logothetis, 1996, cit. pg. Blake, Logothetis, 2002). Įdomu, kad kai kurie šios srities neuronai yra aktyvūs tada, kai jų koduojamas stimulus yra slopinamas. Tai leidžia kelti prielaidą apie atskirą, gana savarankišką slopinimo mechanizmą. Kiti tyrimai nustatė, kad apatinės smilkininės (*inferotemporal*) srities neuronų (yra žinoma, kad ši sritis yra svarbi objektų pažinimui), koduojamo stimulo dominavimas akių konkurencijoje koreliuoja su atitinkamų neuronų aktyvumu (Sheinberg, Logothetis, 2007).

Gali būti, kad padidėjusio atskirų neuronų aktyvumo nebuvimas dar nerodo, kad ši smegenų sritis nereaguoja į suvokimo pokyčius. Svarbi gali būti ir neuronų sinchronizacija. Pastarųjų metų fiziologiniuose regos sistemos tyrimuose vis dažniau keliama prielaida apie neuronų iškrovų sinchronizacijos svarbą tiksliam informacijos perdavimui nervų sistemoje (Usrey, Reid, 1999; Alonso et al., 1996; Reinagel, Reid, 2000; Li, Ascoli, 2008). Kol kas pasirodo tik pirmieji tyrimai, bandantys sieti nervų sistemos darbo sinchronizaciją su nevienareikšmių stimulų suvokimu (žr. pvz. Shimaoka et al., 2010; Nikolaev et al., 2010), tačiau daugelis autorių akcentuoja

galimą neuronų sinchronizacijos funkcinę reikšmę, todėl gali būti, kad ir suvokiant konkuruojančius stimulus, ne tik atskiros neuronų grupės aktyvumas – neaktyvumas, bet ir sinchronizacija gali rodyti, ar tiriamasis mato vieningą stimulą, ar konkuruojančius.

Nestabilaus suvokimo reiškinys labai siejasi su platesne – nervų sistemos jautrumo svyravimų – problema, todėl toliau ją trumpai aptarsime.

2.4 Sensorinių sistemų jautrumo svyravimai ir diskretaus – tolydaus suvokimo problema

Nestabilus suvokimas atspindi bendresnę nervų sistemos savybę – kad jos jautrumas įvairiais laiko momentais pateikiamiems stimulams nėra pastovus, ir šis jautrumas kinta ne tik priklausomai nuo besikeičiančių aplinkybių, bet ir spontaniškai, bėgant laikui. Nors fiziniai stimuli nesikeičia, akių konkurencijos slopinimo fazėje esančios akies jautrumas būna sumažėjęs iki 2 kartų (Freeman et al., 2005; Li et al., 2005). Kitaip sakant, tikimybė, kad mažo ryškumo stimulus bus suvoktas tuomet, kai pateikiame jį pateikti slopinimo fazėje, yra beveik du kartus mažesnė negu pateikiant jį dominavimo fazėje (pvz. 3 sekundėmis vėliau).

Spontaniški, ne nuo išorės stimulų priklausomi, nervų sistemos jautrumo netolygumai yra užfiksuoti įvairaus mastelio laiko skalėse: nuo jautrumo slenksčių kitimo valandų ir parų bėgyje (Oldfield, 1955; Nishikawa, Shibata, 2010) iki kelių milisekundžių trukmės stimulo apdorojimo efektyvumo skirtumų priklausomai nuo gama bangų (20 – 80 Hz) fazės, į kurią tas stimulus pataiko (Cardin et al., 2009). Šių jautrumo bangavimų priežastys įvairios ir nėra iki galo išaiškintos.

Su sensorinių sistemų jautrumo pokyčiais labai siejasi pažinimo procesų tolydumo – diskretumo problema. Kokio pobūdžio yra nervų sistemos jautrumo kitimai? Ar jie vyksta palaipsniui, tolygiai, ar jiems būdingi tam tikri žingsneliai, nutrūkstumai? Nors iš kasdienės patirties mums vienareikšmiškai atrodo, kad teisingas yra pirmasis variantas (mes nepastebime staigių jautrumo „šuolių“, na, nebent išskyrus užmigimo ir atsibudimo momentus), nemažai eksperimentinių duomenų argumentuoja už „kapoto“ suvokimo idėją. „Pilnų“, visiškų suvokimo apsieitimų galimybę iliustruoja ir nestabilus suvokimas. Juk šiuo atveju suvokimas kinta ne palaipsniui, o kas kelias sekundes visiškai „persiverčia“ iš vieno varianto į

kitą. Nors fizinis stimulus nesikeičia, mes suvokiame tai vieną, tai kitą matomo vaizdo interpretaciją, o kitos interpretacijos tuo metu galime nesuvokti visiškai. Šis suvokimas „vartosi“ kas kelias sekundes ir, nors egzistuoja pereinamosios bangos, per kurias viena interpretacija pereina į kitą (Wilson et al., 2001), pereinamasis laikotarpis trunka tik sekundės dalį, o likusį laiką matome vieną vaizdą, visiškai nematydami kito.

Diskretaus suvokimo idėją suprasti padeda kinematografo metafora. Nors iš tiesų kino filmas yra sudarytas iš atskirų kadrų, kai šie kadrai yra pateikiami dideliu greičiu, mes suliejame vaizdą į vieną visumą. Gali būti, kad ir suvokime egzistuoja tam tikri minimalūs „žingsneliai“, bet mes jų nepastebime. Šia idėja ypač susidomėta XX a. viduryje. Tuomet atlikta nemažai eksperimentų, pademonstravusių, kad kintant suvokimo jautrumui iš tiesų egzistuoja tam tikri „žingsneliai“.

Suvokimo lygių netolygumas yra pademonstruotas jutimo slenksčių tyrimuose. Mažiausią suvokimo vienetą („suvokimo kvantą“) galime susieti su jautrumo slenksčiu – mažiausiu stimulo pokyčiu, kurį dar sugebame pajusti. Laiko tėkmės suvokimo „žingsneliai“ gali būti pagrįsti mažiausiu laikiniu intervalu tarp stimulų, kai dar stimulus galime suvokti kaip atskirus. Nustatyta, kad šis intervalas, priklausomai nuo aplinkybių, yra maždaug 20-50 ms (Kristofferson, 1967, Hirsh, Sherrick, 1961, cit. pg. VanRullen, Koch, 2003). Kai keli stimulai (pvz. 8 mirksinčios lemputės) yra sujungti į vieną seką, kuri periodiškai kartojama, jei tas periodas trunka mažiau negu 125 ms, visi stimulai yra suvokiami kaip vykstantys kartu, nepriklausomai nuo to, kaip jie yra išdėlioti tarpusavyje (Lichtenstein, 1961, cit. pg. VanRullen, Koch, 2003). Kai tiriamojo užduotis yra tiksliai pasakyti, kiek stimulų buvo sekoje, paprastai atpažįstama ne daugiau negu 10-12 elementų per sekundę. Šie faktai leido kelti prielaidas apie tam tikrą suvokimo „langą“, trunkantį apie 100 ms ir į kurį telpantys įvykiai yra sujungiami į vieną.

Tiriant reakcijos laikus, nustatyta, kad jie kinta ne tolygiai, o tam tikrais „žingsneliais“ (įvairiuose tyrimuose: kas ~100 ms, ~25 ms, 8-10 ms (Vanagas ir kt., 1976, VanRullen, Koch, 2003). Tokie žingsneliai galėtų atsirasti jei stimulai būtų apdorojami tam tikromis „epochomis“, o stimulai, patenkantys į pereinamąjį intervalą tarp jų, būtų užlaikomi iki sekančios epochos. Maždaug 25 ms trunkantys svyravimai nustatyti ir tiriant regos slenksčių svyravimus (VanRullen, Koch, 2003).

Nors diskretaus suvokimo teorija toli gražu nebuvo visuotinai pripažinta, o susidomėjimas ja, kaip matome iš cituojamų tyrimų datų, po bangos XX a. septintajame dešimtmetyje gerokai sumažėjo, prie suvokimo diskretumo – tolydumo klausimo sugrįžti skatina nervų sistemos mikroprocesų tyrimai, juo labiau, kad pastarųjų metų tyrimuose labai dažnai cituojamos gama bangos dažnis (apie 40 Hz) įtartinais gražiai sutampa su psichofiziniuose tyrimuose nustatytais suvokimo „žingsneliais“ (25 ms).

2.5 Diskretaus suvokimo biologinis pagrindas

Iš kur gali atsirasti minėtieji suvokimo periodiškumai? Vienas aiškiausių dalykų, su kuo galėtume sieti nervų sistemos darbo nutrūkstumą yra neuronų darbo ciklai. Veikimo potencialas yra sudarytas iš atskirų fazių, ir vieną iš jo fazių sudaro refrakcinis periodas (dar skaidomas į absoliutų ir dalinį). Absoliutaus refrakcinio periodo metu veikimo potencialas negali būti sukeltas, o dalinio – tam reikia stipresnio negu įprasta poveikio (Barnett, Larkman, 2007). Vadinasi, neuronas yra ne visą laiką vienodai pasirengęs priimti dirginimą, o šis pasirengimas priklauso nuo fazės, kurioje tas neuronas yra. Manoma, kad stimulo pobūdį (pvz. stiprumą) vienas neuronas koduoja keisdamas impulsų iškrovų dažnį, todėl gali būti, kad tyrimuose su labai mažos trukmės stimulais (milisekundžių diapazone), stimulų poveikis gali priklausyti nuo to, į kurią tikslinių neuronų darbo ciklo fazę mes pataikome. Juo labiau, kad daugelis mus dominančių neuronų turi savo spontaninį iškrovų dažnį, tai yra, net nesant jokio stimulo, cikliška generuoja impulsus.

Cikliniai neuronų darbo virpesiai pastebėti ir periferinėje, ir centrinėje nervų sistemoje. Periferinėje nervų sistemoje užfiksuoti periodiškai raumenų mikrovirpesiai, vadinamasis tremoras. Mūsų temai yra labai svarbus akių tremoras. Tai didelio dažnio (50-100 Hz, pikas dažniausiai nustatomas 80 Hz ar šiek tiek daugiau (Bolger, 2000)) ir mažos amplitudės spontaniniai akių judesiai. Pirmą kartą aprašyti 1934 m., vėliau jie pradėti taikyti medicininei diagnostikai, pirmiausia, komos būsenoje esančių pacientų tyrimui, taip pat ir kai kurių kitų ligų, pvz. išsėtinės sklerozės diagnostikai (Bolger et al., 2000). Nėra sutariama dėl to, ar akių tremoras turi kokią nors funkcinę reikšmę, tačiau egzistuoja gana stipri nuomonė, kad turi. Pvz. jei vaizdas yra stabilizuojamas ant akies tinklainės, jo suvokinyje gana greitai išnyksta (Martinez-

Conde et al., 2004). Mūsų tyrimo temai svarbu tai, jog gali būti, kad tiriant labai trumpus ar dideliu dažniu pateikiamus regimuosius stimulus, akių tremoras turi įtakos laikui, per kurį tie stimulai gali patekti į tolesnius apdorojimo lygmenis.

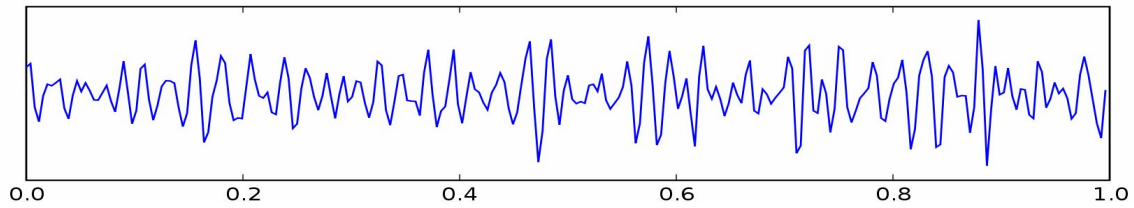
Spontaninius cikliškus neuronų virpesius centrinėje nervų sistemoje atspindi elektrinės smegenų bangos, užfiksuojamos elektroencefalografijos metodu (EEG). Manoma, kad EEG, fiksuojanti elektrines bangas ant kaukolės pritvirtintais elektrodais, atspindi suminius koreliuojančius didelių neuronų grupių atsakus iš nemažo ploto, esančio ties elektrodu. Nuo pat elektrinių smegenų bangų atradimo diskretus suvokimas buvo siejamas su šiomis bangomis, pirmiausia – alfa ritmu (8-12 Hz). Nemažai tyrimų, bandžiusių susieti alfa ritmą su elgesio kintamaisiais, rado šį ryšį. Pvz. rastas ryšys tarp alfa bangų dažnio ir reakcijos lako (kuo mažesnis reakcijos laikas, tuo didesnis alfa bangų dažnis) (VanRullen, Koch, 2003). Alfa bangos periodo ilgis ir maksimalus intervalas tarp stimulų, kai jie dar suvokiami kaip vienas, stipriai koreliuoja (VanRullen, Koch, 2003). Atlikta tyrimų ir ieškant ryšio tarp suvokimo kintamųjų ir alfa bangos *fazės*, į kurią pateikiami stimulai pataiko. Varela et al. (1981) nustatė, kad pateikiant du šviesos blyksnius visada su tuo pačiu laikiniu atstumu tarp jų, bet ties skirtingomis alfa bangos fazėmis, gebėjimas atskirti stimulus smarkiai skyrėsi. Teisybė, šie rezultatai nebuvo patvirtinti vėlesnių tyrėjų (VanRullen, Koch, 2003).

Pasirodžius daugeliui tyrimų, siejančių aukštesnias psichikos funkcijas su gama bangomis, mokslininkų dėmesys nukrypo į šio dažnio bangas.

2.6 Trumpo dažnio smegenų bangos ir jų ryšys su pažinimo procesais

Gama bangos (2.6.1 pav.) yra vienas iš daugelio smegenų bangų tipų. Jų dažnis, nurodomas įvairiuose šaltiniuose, yra maždaug tarp 20 ir 100 Hz (Bartos et al., 2007; Hughes, 2008). Dažnai iš šio diapazono minimas tipinis, dažniausiai užfiksuojamas 40 Hz dažnis (žr. pvz. Gold, 1999). Gama bangos pastaraisiais metais sulaukė didžiulio tyrinėtojų dėmesio, nes yra nustatytas gana akivaizdus jų ryšys su kognityviniais procesais. Remiantis tyrimų duomenimis, postuluojuama, kad gama bangos gali būti atskaitos sistema įvykių laiko kodavimui, atskirų sensorinių signalų surišimui į vieningą sąvokinį (senoji „binding“ problema) ir atminties pėdsakų kodavimui ir atgaminimui (Sauve, 1999; Melloni et al., 2007; Nikolaev et al., 2010).

Taip pat jau daugeliu tyrimų nustatyta, kad gama bangos būna pakitusios kai kurių sutrikimų, pavyzdžiui, šizofrenijos, atveju (Spencer, 2008).



2.6.1 pav. Gama virpesiai, užfiksuoti 1 s trukmės EEG imtyje. Signalas perfiltruotas, pateikiant tik gama bangas.

Nors dėl gama bangų biologinio pagrindo dar nėra iki galo sutariama, vis daugiau tyrimų rodo jų ryšį su greitų iškrovų (angl. *fast-spiking* - FS) parvalbumino interneuronais, veikiančiais gama amino sviesto rūgšties (GABA) pagrindu. Manoma, kad gama bangos kyla sinchroniškai dirbant *slopinamiesiems* FS neuronams, kai dėl tokios jų veiklos gretimi *aktyvuojantys* neuronai gali būti sužadinti tik tam tikrais tarpais, be to – vienodu laiku visame neuronų „ansamblyje“. Publikuojama tyrimų, kuriuose pavyko paveikti FS neuronus vienokiu ar kitokiu neurobiologiniu veiksmu ir taip sukelti gama bangas (Vikaas et al., 2009, Cardin et al., 2009).

Neseniai paskelbtas tyrimas (Cardin et al. 2009), aprašantis, kaip FS aktyvumą ir gama bangas pavyko sukelti optiniu poveikiu. Naudotasi optogenetiniu metodu – suleidus specialias medžiagas į tikslines ląsteles, jas galima labai tiksliai vietos ir laiko atžvilgiu veikti šviesa ir tirti jų poveikį gretimoms ląstelėms (Miesenböck, 2009; Chow et al, 2010). Aptariamojo tyrimo atveju šis poveikis buvo nutaikytas į FS neuronus. Kadangi šie greitų iškrovų neuronai yra susijungę su įprasto greičio iškrovų neuronais (angl. *regular spiking* - RS), buvo matuojamas eksperimentinis poveikis šioms dviem neuronų grupėms (FS ir RS). Didesnės neuronų grupės virpesių dažniui nustatyti buvo matuojamas lokalios srities potencialas (angl. *local field potential* - LFP). Tyrimui buvo naudojama pelių smegenų žievės sritis, apdorojanti informaciją, ateinančią iš ūsų.

Pirmiausia, nustatyta, kad užtenka 1 ms trunkančio FS ląstelių sudirginimo šviesa, kad gretimose RS ląstelėse atsirastų slopinamieji posinaptiniai potencialai. Tai patvirtino, kad šviesa veikiamos FS ląstelės tiesiogiai slopina gretimas RS ląsteles. Slopinamojo posinaptinio potencialo veikimo metu RS ląstelės nebuvo jautrios sensoriniam poveikiui (ūso pakrutinimui).

FS ląsteles dirginant sistemingu didelio dažnio (20-80 Hz) šviesos pulsu, to dažnio LFP ryškiai sustiprėdavo. Nors FS ląstelės sistemingai reagavo ir į mažesnio dažnio (8-20 Hz) šviesos pulsą, tai nesukeldavo LFP pokyčių. Kai tokiu pat šviesos pulsu buvo veikiamos RS ląstelės, koreliuojančio dažnio LFP atsirasdavo kaip tik naudojant mažus, bet ne didelius dažnius. Kad išryškintų šį skirtumą, autoriai palygino šių dviejų tipų ląstelių stimuliavimo efektus naudodami du konkrečius dažnius: 8 ir 40 Hz. FS ląstelių dirginimas 8 Hz šviesos pulsu, neturėjo įtakos 8 Hz dažnio LFP potencialo dydžiui, o dirginimas 40 Hz pulsu, sukeldavo ryškų 40 Hz dažnio LFP padidėjimą. RS ląstelėse priešingai – dirginimas 8 Hz dažniu sukeldavo ryškų 8 Hz LFP padidėjimą, o stimuliavimas 40 Hz dažniu sukeldavo tik nereikšmingą pakitimą. Be to, FS slopinimas keisdavo natūraliai kylančių gama bangų pobūdį. Iš šių faktų autoriai daro išvadą, kad būtent FS ląstelės yra atsakingos už gama bangų atsiradimą.

Mums labai įdomus dar vienas šiame tyrime nustatytas faktas. Tikrindami, ar sensorinis poveikis gali priklausyti nuo smegenų fazės, į kurią pataiko ateinantis stimulus, tyrimo autoriai sukėlė gama bangas 40 Hz šviesos pulsu stimuliuodami FS ląsteles ir matavo RS ląstelių atsakus į pelės ūso sujudinimą, pateikdami šį poveikį 5 skirtingose gama bangos periodo fazėse. Rezultatai parodė, kad sensorinio poveikio RS ląstelei stiprumas labai priklauso nuo jo padėties gama bangos fazės atžvilgiu. Trijose iš penkių fazių (kai buvo stipriausias slopinantis posinaptinis potencialas) RS buvo silpnesnis ir vėlavo. Taip pat RS iškrovų laikinis tikslumas (impulso siaurumas) dėl sukeltų gama bangų buvo didesnis negu nesant jų.

Ką mums sako šio tyrimo rezultatai? Be to, kad aiškiai parodytas FS ląstelių indėlis į gama bangų buvimą smegenyse, taip pat buvo puikiai pailiustruota, kad gama bangos gali lemti, kad didelių smegenų neuronų grupių jautrumas sensoriniam poveikiui gali periodiškai kisti vieningu dažniu. Šiuos rezultatus įdomu susieti su mūsų minėtu Varela et al. (1981) tyrimu, kai šie tyrė jautrumą laikiniams skirtumams priklausomai nuo alfa bangos fazės, į kurią patenka stimulai. Ar galima būtų parinkti tokius regimuosius stimulus, kad jie lengviau arba sunkiau sutaptų su gama bangos fazėmis? Tokiu atveju, priklausomai nuo šio sutapimo lygio turėtų keistis stimulų apdorojimo efektyvumas.

Tiesa, čia susiduriame su kai kuriais sunkumais. Pirmiausia, pateikiant regimąjį stimulą, o ne tiesiogiai veikiant pavienius neuronus, poveikis negali būti

labai tikslus. Skirtingai nuo alfa bangų, naudotų Varela et al. (1981) tyrime, negalime pateikti tokio trumpo stimulo, kad žmogus dar jį atpažintų, bet tas stimulus tilptų į vieną gama bangos fazę. Šią problemą galima spręsti pateikiant ne pavienį stimulą ar jų rinkinį, o pastoviu dažniu mirksinčių stimulų seką. Jei tas mirksėjimo dažnis bus panašus į gama bangos dažnį, priklausomai nuo šių dviejų dažnių sutapimo ar nesutapimo, sensoriniai neuronai gali būti nevienodai pasiruošę priimti impulsus.

Be to, negalime tikėtis pataikyti į konkretų tuo metu smegenyse esantį dažnį. Gama dažnis gali būti ne pastovus (pvz. 40 Hz), o kisti – ir spontaniškai, ir priklausomai nuo sensorinės stimuliacijos. Manoma, kad gama bangos susidaro neuronų ansambliuose, koduojančiuose suvokiamą stimulą (tokiu būdu atsiranda to stimulo kaip visumos suvokimas). Gali būti, kad pateikiant pastoviu dažniu mirksintį stimulą, smegenų bangų dažnis iki tam tikro lygio gali prisitaikyti prie stimulo dažnio, nors tokio prisitaikymo galimybė gali priklausyti nuo stimulo dažnio eilės (diapazono) ar pobūdžio (pvz. fazėje – priešfazėje mirksintis stimulus). Vadinasi, gali būti ir neįmanoma rasti konkretų išskirtinį stimulų mirksėjimo dažnį, kuris visada rezonuotų su gama dažniais. Tyrimu su mirksinčiais stimulais galėsime tik nustatyti, kad pateikiant *vieno* mirksėjimo dažnio stimulus, konkrečiai tyrimo metu suvokimas, dėl didesnio ar mažesnio sutapimo su natūraliais smegenų dažniais vyks efektyviau negu pateikiant *kito* dažnio stimulus. Gali būti, kad net tiriant tą patį žmogų kelis kartus, efektyviausias stimulo mirksėjimo dažnis nebus pastovus. Vadinasi galime tikėtis tik nustatyti tam tikrus *skirtumus* tarp skirtingais dažniais mirksinčių stimulų efektyvumo, be to, efektyviausi mirksėjimo dažniai turėtų sutapti su įprastais gama dažniais (apie 40 Hz).

Koks elgesio kintamasis galėtų atspindėti tokį didesnį arba mažesnį sutapimą su natūraliais smegenų bangų dažniais? Savo tyrimui pasirinkome nestabilaus suvokimo interpretacijų vidutinį dominavimo laiką. Šis kintamasis yra jautrus įvairiems sensoriniams kintamiesiems, be to, aktualu yra išsamiau patyrinėti ryšius tarp sekundžių diapazono nestabilaus suvokimo „vartymosi“ ciklą ir stimulų mirksėjimo dideliu dažniu (milisekundžių diapazone). Dviprasmėse figūrose yra sunkiau manipuluoti konkrečiais stimulų parametrais (pvz. keisti kiekvienos interpretacijos mirksėjimo dažnį), todėl savo pagrindiniam tyrimui pasirinkome akių konkurencijos reiškinį ir toliau kalbėsime apie jį.

2.7 Akių konkurencijos laikinių savybių tyrimai, pateikiant laiko atžvilgiu nepastovius stimulus

Nors pirmieji tyrimai, nagrinėję akių konkurencijos stimulų pateikimo laikinių skirtumų svarbą, pasirodė dar XX a. devintojo dešimtmečio pradžioje, šioje srityje dar lieka daug neatsakytų klausimų. Tai, kad laikiniai stimulų skirtumai, bent tam tikromis sąlygomis, yra svarbūs akių konkurencijos dinamikai, parodė tyrimai, kuriuose buvo naudojamas staiga pateikiamas su pagrindiniu stimulu konfliktuojantis stimulus (angl. *flash*) arba prieš pateikiant abu stimulus kartu, vienas iš jų yra pateikiamas truputį anksčiau. Tokio pobūdžio tyrimai parodė, kad laikinis postūmis tarp konfliktuojančių stimulų pateikimo pradžios gali stipriai veikti suvokimą (Breitmeyer, Kersey, 1981; Wolfe, 1984 – cit. pg. van Boxtel et al., 2008; Kanai et al., 2005; Brascamp et al., 2007). Pvz. jei vienas iš konkurencijos stimulų yra pateikiamas truputį anksčiau negu įvedamas antrasis, priklausomai nuo pirmojo stimulo fizinių savybių, jis gali beveik visada pirmasis pradėti dominuoti arba kaip tik – iškart būti nuslopintas antrojo (Brascamp et al., 2007).

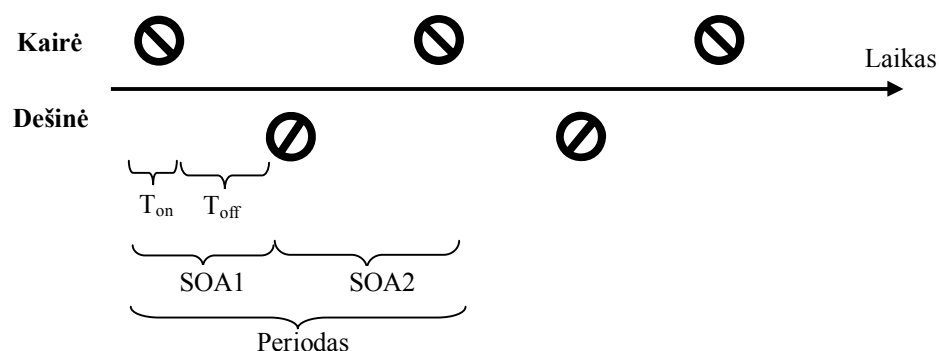
Antra vertus, pateikiant ne pavienius stimulus, o stimulų seką, nedideli laikiniai skirtumai nedaro esminės įtakos akių konkurencijos reiškiniui. Pvz. vien tik laikinio dažnio skirtumų tarp abiejų akių stimulų neužtenka akių konkurencijai atsirasti (O'Shea R.P., Blake R., 1986; cit. pg. van Boxtel et al., 2008).

O'Shea, Crassini (1984; cit. pg. van Boxtel et al., 2008) savo tyrime į vieną ir kitą akis pateikė skirtingos konfigūracijos stimulus, tačiau papildomai įvedė jų mirksėjimą. Net kai stimulai mirksėjo priešfazėje, t.y. realiai niekuomet į abi akis nebuvo pateikiami vienu metu, vyko normalus akių konkurencijos reiškinys. Tai parodė, kad akių konkurencijai atsirasti nėra būtina, kad stimulai būtų pateikiami be jokių pertrūkių.

Teigini, kad akių konkurencijos reiškinys nėra jautrus milisekundžių eilės stimulų pokyčiams patvirtino ir Logothetis et al. (1996) tyrimas. Šiame tyrime nustatyta, kad abiejų akių stimulai gali būti dideliu dažniu (šiam tyrime – kas 333 ms) keičiami vietomis, vis tiek vyksta įprastinis akių konkurencijos reiškinys. Šio tyrimo rezultatai įdomūs žemesniųjų – aukštesniųjų procesų įtakos akių konkurencijai (angl. *interocular vs. pattern-based rivalry*) ginčo požiūriu. Žemesniųjų procesų svarbos atstovai teigia, kad periodiškai dominavimo apsivertimai vyksta dėl to, kad dominuojančioje akyje sparčiau vyksta adaptacija, neuronų nuovargis ar panašūs

procesai, susiję su tos akies matomu stimulu. Logothetis et al. (1996) tyrime dominuojančią akį vienodą laiko dalį veikė ir vienas, ir kitas stimulus (nes jie buvo nuolat sukeičiami vietomis), todėl su tik vienu iš stimulų susijusi adaptacija ar nuovargis neturėjo vykti. Dėl to tyrimo autoriai argumentuoja, kad „akių konkurencijoje dėl dominavimo varžosi stimulai, o ne akys, <.> suvokimo vartymąsi, vykstantį abiakės stimuliacijos atveju, tikriausiai sukelia tas pats neuroninis mechanizmas kaip ir kitose nestabilaus suvokimo formose“ (Logothetis et al., 1996, p. 624).

Akių konkurencijos laikinė riba. Van Boxtel et al. (2008) pritaikė O'Shea ir Crassini (1984) eksperimentinę paradigmą tirdami laikinę stimulų mirksėjimo ribą, nuo kurios jau išnyksta akių konkurencijos reiškinys. Jei dideliu dažniu priešfazėje mirksintys stimulai sukelia normalų akių konkurencijos reiškinį, mažinant stimulų mirksėjimo dažnį, nuo kaž kurios ribos atskiros stimulų fazės turėtų nebesusilieti, o stimulai būti matomi taip, kaip yra pateikiami (vienas po kito). Šiuo atveju suvokimo kaitaliojimosi dažnis jau sutaps su stimulų kaitaliojimo dažniu. Norėdami tiksliau nustatyti šią „akių konkurencijos laikinę ribą“ (arba – ritminių stimulų susiliejimo kritinį dažnį), tyrimo autoriai pateikė priešfazėje mirksinčius stimulus, tačiau keitė atstumus tarp jų (2.7.1 pav.).



2.7.1 pav. Van Boxtel et al. (2008) tyrime naudotų stimulų schema. T_{on} – stimulo rodymo trukmė; T_{off} – pauzės tarp dviejų stimulų trukmė; SOA1 – stimulo pradžios asimetrija (angl. *stimulus onset asynchrony*).

Stimulo rodymo trukmė (2.7.1 pav. T_{on}) buvo pastovi, o pauzė tarp stimulų (T_{off}) – keičiamos trukmės. Kai pateikimo periodas (2.7.1 pav.) buvo ilgas, kiekvienas pateiktas stimulus buvo suvokiamas kaip atskiras, t.y. tyrimo dalyviai fiksuodavo

greitus ir reguliarius stimulo konfigūracijos apsivertimus. Esant trumpam periodui (stimulams mirksint dideliu dažniu), vyko įprastas akių konkurencijos reiškinys, t.y. tiriamieji nurodė, kad stimulų konfigūracija kaitaliojasi lėtai (kas 1 – 4 s) ir nereguliariai. Tarp šių dviejų kraštutinių suvokimo būdų buvo pereinamasis taškas, kurį autoriai ir apibrėžė kaip akių konkurencijos laikinę ribą. Duomenų kreivėje šis taškas buvo gana ryškus, nes vidutinė vienos konfigūracijos matymo trukmė šioje vietoje perpus ar kelis kartus sumažėdavo. Autoriai nustatė, kad akių konkurencijos riba šiomis jų naudotomis eksperimentinėmis sąlygomis buvo apie 377 ms (van Boxtel et al., 2008, P. 3).

Tolesniuose eksperimentuose van Boxtel et al. (2008) tyrė, ar/kiek mirksinčių stimulų suvokimas priklauso nuo įvairių žemesniojo lygmens stimulų pateikimo kintamųjų. Pvz. yra žinoma, kad kai stimulai yra pateikiami su mažu užvėlinimu vienas po kito vėlesnysis stimulus būna stipriai slopinamas ankstesniojo (Kanai et al., 2005; Brascamp et al., 2007). Šis reiškinys pavadintas dichoptiniu slopinimu arba maskavimu. Ar dichoptinis slopinimas veikia ir akių konkurencijos su mirksinčiais stimulais atveju, autoriai patikrino, suformuodami ne vienodo ilgio SOA (2.7.1 pav.) tarp abiejų stimulų. Atstumas tarp kairės ir po jo sekančio dešinės akies stimulo (2.7.1 pav. SOA 1) padarytas daug mažesnis negu atstumas tarp dešinės ir po jo einančio kairės akies stimulo (2.7.1 pav. SOA 2). Jei ši asimetrija būtų funkciškai svarbi, vėluojantis stimulus turėtų būti stipriau slopinamas, ir dėl to turėtų sumažėti vidutinė jo dominavimo trukmė. Eksperimento rezultatai nepatvirtino šios prielaidos – vidutinė dominavimo trukmė tarp akių reikšmingai nesiskyrė. Dichoptinis slopinimas pasireiškė tik kai buvo viršyta akių konkurencijos laikinė riba (van Boxtel et al., 2007).

Tirdami, ar akių konkurencijos laikinė riba priklauso nuo žemesniojo lygmens stimulų pokyčių, autoriai taip pat pritaikė Logothetis et al. (1996; žr. tekstą aukščiau) eksperimentinę procedūrą, kuomet mirksintys stimulai kiekvieno pateikimo metu buvo sukeičiami tarp akių, bei kontrasto kaitaliojimo procedūrą, kuomet kiekvieno pateikimo metu buvo sukeičiamas stimulų kontrasto poliariškumas. Abiem šiais atvejais nebuvo nustatyta reikšmingų akių konkurencijos laikinės ribos skirtumų nuo ribos, nustatytos pagrindiniame autorių eksperimente.

Apibendrindami savo eksperimentų duomenys, van Boxtel et al. (2008) daro išvadą, kad akių konkurencija nėra jautri smulkiems laikiniams skirtumams tarp

stimulų. Įdomu, kad nustatytoji laikinė akių konkurencijos riba (per visus autorių atliktus eksperimentus įvairiomis sąlygomis – apie 350 ms) yra žymiai didesnė negu laikinė akių skiriamoj geba (Ulbrich et al., 2009). Be to, 350 ms riba nepriklausė nuo tokių žemesniojo lygmens kintamųjų, kaip pateikimo laiko skirtumų tarp akių, reguliarių kontrasto apvertimų, stimulo energijos ir akies, į kurią kiekvieną kartą pateikiamas stimulus. Autoriai diskutuoja, kad tokia „nejautra“ smulkiems stimulų laikiniams skirtumams regos sistemoje gali būt reikalinga norint išvengti vaizdo pokyčių, susijusių su akių judesiais.

Nors van Boxtel et al. (2008) tyrimo rezultatai yra įdomūs ir atskleidžia naujų akių konkurencijos reiškinių aspektų (pvz. apibrėžta akių konkurencijos laikinė riba), reikia pripažinti, kad autorių naudotas priklausomas kintamasis – laikinė riba, nuo kurios jau nebevyksta akių konkurencija – gali būti ne pats tinkamiausias žemesniojo lygio skirtumų tarp stimulų įtakai tirti. Milisekundžių eilės skirtumų tarp stimulų įtakos akių konkurencijai tyrimui galbūt labiau tiktų kintamieji, pasitvirtinę kaip jautrūs fiziniams stimulų pokyčiams, tokie, kaip vidutinė dominavimo trukmė. Be to, autorių naudota vaizdų pateikimo technika (kompiuterio monitorius) leido užtikrinti tik labai žemo lygio stimulų pateikimo laikinį tikslumą. Todėl būtų aktualu atlikti tyrimą su didesniu tikslumu pateikiamais stimulais ir matuoti, ar laikinės stimulų pateikimo charakteristikos (vieno pateikimo trukmė, pateikimas fazėje – priešfazėje ir t.t.) daro įtaką vidutinei akių konkurencijos dominavimo trukmei.

Tarpakinis (binokulinis) vaizdų grupavimas. Knapen et al. (2007) tyrė, kaip stimulų mirksėjimas veikė kitą akių konkurencijos aspektą – polinkį jungti į vieningas figūras vaizdus, pateiktus vienoje ir kitoje akyje. Jie nustatė, kad pateikiant 18 Hz dažniu sinchroniškai mirksinčius stimulus, į vieną ir kitą akį pateikiami stimulai buvo dažniau sujungiami negu ištisai šviečiančių stimulų atveju. Kitame eksperimente šis efektas patvirtintas platesniame 10 – 24 Hz diapazone, ir šiame diapazone stimulų grupavimo dažnis nepriklausė nuo stimulų mirksėjimo dažnio. Įdomu, kad kai kitame eksperimente stimulai buvo pateikiami priešfazėje, o ne sinchroniškai, nustatytas priešingas efektas – tarpakinio grupavimo dažnis sumažėjo. Autoriai siūlo mintį, kad skirtingi mirksėjimo režimai galėjo ne vienodu lygiu paskatinti žemesniųjų ir aukštesniųjų procesų dalyvavimą akių konkurencijos procese.

Stabilizacijos efektas. Leopold et al. (2002) atrado kitą įdomų reiškinį, susijusį su nestabilaus suvokimo stimulų neištisiniu pateikimu. Pirmus eksperimentus autoriai atliko su besisukančios sferos stimulu. Tai sfera, sudaryta iš taškų, judančių tokiu būdu, kad sferos sukimosi kryptis yra dviprasmė. Ilgą laiką stebint šį stimulą, atsiranda nestabilaus suvokimo reiškinys, nes sferos sukimosi kryptis subjektyviai kinta. Tyrimo autoriai sferą pateikė ne ištisai, o atskirais 3 s trukmės periodais, atskirtais 5 s pauzėmis. Tiriamiesiems buvo nurodyta visą laiką, kai matydavo sferą, vieno iš dviejų mygtukų nuspaudimu nurodyti, kuria kryptimi ji sukasi (mygtuką laikyti nuspaustą tol, kol sfera sukasi). Tokiu būdu pateikiant stimulą, suvokimas buvo linkęs „prilipti“ prie vienos iš dviejų stimulo konfigūracijų, t.y. krypties kaitaliojimosi dažnis kelis kartus sumažėjo. Daliai tiriamųjų suvokiama sferos sukimosi kryptis per 10 min. trunkančią matavimo sesiją nepasikeisdavo nė karto. Stabilizacijos efektas nebuvo susijęs su kurios nors konkrečios stimulo konfigūracijos išskirtiniu dominavimu, nes abi konfigūracijos stabilizavosi vienodai dažnai. Tyrimo dalyviams, kurių vidutinis dominavimo laikas pateikiant ištisinius stimulus, buvo trumpesnis, stabilizacijos efektas pasireiškė silpniau. Autoriai sieja šį ryšį su tuo, kad „greitiems vartytojams“ galėjo užtekti laiko pasikeisti suvokiam stimului per vieną stimulo pateikimą (3 s).

Stabilizacijos trukmė Leopold et al. (2002) tyrime ilgėjo ilginant pauzes tarp stimulų pateikimų. Kartą pasirinkta (pradėjusi dominuoti) stimulo konfigūracija būdavo išsaugoma net labai ilgą laiką – iki 40 s. Kai suvokiama konfigūracija vis dėlto pasikeisdavo, tikimybė, kad ji išliks iki kito stimulų pateikimo priklausė nuo to, kiek laiko ji buvo matoma kol stimulai buvo pašalinti. Tik kai pasikeitus konfigūracijai, naujoji buvo ištisai (be apsvertimų) matoma bent 2 s iki stimulų pašalinimo, tikimybė, kad ji išliks iš naujo pateikus stimulus, buvo didelė.

Tyrimo autoriai patikrino ir nustatė, kad stabilizacijos efektas panašiai pasireiškia ir su kitomis nestabilaus suvokimo formomis: ketvertu taškų, Nekerio kubu ir akių konkurencija (Leopold et al. (2002)).

Stabilizacijos efektas iškart sulaukė didelio tyrėjų dėmesio. Buvo patvirtinta, kad stabilizacijos ilgumas didėja didinant tarpus tarp pateikimų, tačiau nustatyta, kad suvokimas kiekvieno naujo stimulų pateikimo metu priklauso ne tik nuo paskutinio (praeito) pateikimo, bet ir nuo daug ilgesnės istorijos, sudarytos iš suvokimo bent per kelis ankstesnius pateikimus (Brascamp et al., 2008; Pastukhov, Braun, 2008;

Pearson, Brascamp, 2008). Daugėja teiginių, kad ir ištisinio stimulų pateikimo atveju, kiekviena suvokimo fazė nėra visiškai nepriklausoma nuo ankstesniųjų, o yra veikiamą ankstesnio suvokimo istorijos (Garcia et al., 2009; Pastuhov, Braun, 2008).

Brascamp et al. (2009) nustatė, kad protarpinis stimulų pateikimas iš tiesų sukelia ne visiškai stabilų suvokimą, o sukuria suvokimo kaitos ciklą su specifinėmis savybėmis, kurios skiriasi nuo ištisinių vaizdų suvokimo savybių. Stebint periodiškai pašalinamus stimulus, suvokimo apsvertimai vyksta kas kelias minutes, t.y. dešimtimis kartų rečiau negu ištisinių stimulų atveju, ir yra stebėtinai reguliarūs. Vartymosi periodas didėja ilginant pauzes tarp stimulų pateikimų. Antra vertus, prie tam tikrų pauzių trukmių (100 – 500 ms), autoriai nustatė, kad veikia priešinga tendencija. Šiomis sąlygomis po pauzės pateikus stimulus, su didesne tikimybe ima dominuoti prieš tai buvęs nuslopintas stimulus. Autoriai siūlo matematinį modelį, aiškinantį nustatytus faktus. Modelyje svarbią vietą užima ankstesnė stimulų suvokimo istorija ir pauzių tarp stimulų trukmė. Naujai pateiktų stimulų suvokimas priklauso nuo to, kiek ir kaip kiekvienos iš stimulų konfigūracijų pėdsakas turėjo sąlygų kauptis per ankstesnius pateikimus (Brascamp et al., 2009).

Jei iš tiesų situacijoje, kai stimulai yra pateikiami ne ištisai, o su pauzėmis, stimulo poveikis kažkoku būdu „sumuojasi“ per atskirus pateikimus, būtų įdomu patikrinti ar aprašytuose tyrimuose nustatyti dėsningumai pasireikštų ir kitoje laiko skalėje – pateikiant milisekundžių skalėje mirksinčius stimulus ir matuojant jų mirksėjimo dažnio įtaką sekundiniams nestabilaus suvokimo ciklams. Priklausomai nuo stimulų mirksėjimo dažnio, regos sistemai gali reikėti skirtingo laiko, per kurį galima surinkti reikalingą informacijos kiekį. Tai atspindėtų ir vidutinėje dominavimo trukmėje.

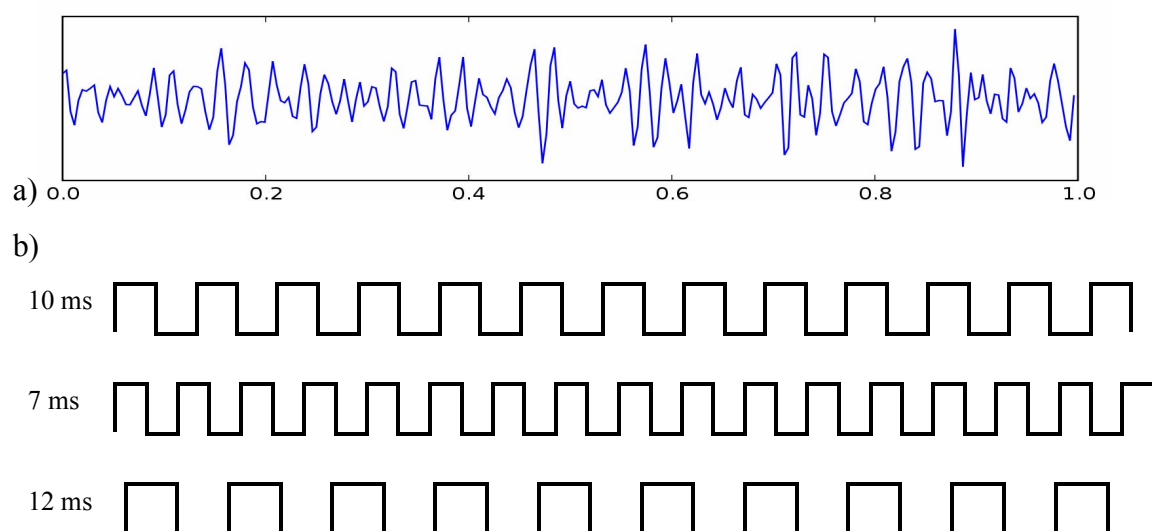
2.8 Tyrimo idėja

Ankstesniuose skyreliuose pristatyta tyrimų apžvalga parodė, kad laikinių nestabilaus suvokimo parametrų tyrinėjimas gali atskleisti svarbių šio reiškinių ir suvokimo apskritai aspektų. Nestabilaus suvokimo ciklai dažnai yra siejami su milisekundžių eilės cikliškais procesais nervų sistemoje, todėl laikinių nestabilaus suvokimo stimulų parametrų įtakos tyrimai padeda tiksliau nustatyti, kurie procesai ir

koku lygiu iš tiesų lemia nestabilaus suvokimo reiškinį. Tyrimai, kuriuose tiesiogiai manipuluojama laikiniais stimulų parametrais, gali padėti tiksliau įvertinti ar/koks egzistuoja ryšys tarp cikliško jautrumo svyravimų nervų sistemoje ir nestabilaus suvokimo ciklų.

Iki šiol atliktų nestabilaus suvokimo tyrimų su netolygiai pateikiamais stimulais rezultatai yra nevienareikšmiai. Kai kurie autoriai daro išvadą, kad nestabilus suvokimas nėra jautrus nedidelės eilės laikiniams stimulų pokyčiams (Logothetis et al., 1996; van Boxtel et al., 2008), tačiau kiti tyrimai rodo, kad net subtilūs laikinai parametrų pokyčiai gali būti svarbūs (Knapen, 2007; Blake, Lee, 2005). Nesutarimus dėl laikinių mikropokyčių svarbos nestabilaus suvokimo reiškinio charakteristikoms padėtų išspręsti tyrimai, kuriuose būtų tikslingai manipuluojama laikinėmis stimulų charakteristikomis. Jei suvokimo trukmei ir tikslumui iš tiesų svarbi neuronų darbo nervų sistemos centruose sinchronizacija ar kiti su laikiniais skirtumais susiję procesai, vidutinę dominavimo trukmę (ar kitas konkurencijos charakteristikas) gali keisti nestabilus ar nutrūkstantis stimulo pateikimas. Galimas tokio manipuliavimo stimulu būdas – stimulo mirksėjimas tam tikru dažniu.

Savo tyrime specialiai sukonstruotu tachistoskopu pateikėme įvairiais dažniais milisekundžių diapazone mirksinčius stimulus ir stebėjome, ar, priklausomai nuo stimulų mirksėjimo dažnio, keičiasi akių konkurencijos vidutinė dominavimo trukmė (2.8.1 pav.).



2.8.1 pav. Supaprastinta schema, vaizduojanti eksperimento idėją. (a) periodiškai nervų sistemos virpesiai. (b) keičiamo dažnio nutrūkstamo stimulo pateikimo sekos.

Jei tyrimo sąlygos leistų užčiuopti, kad skirtingo mirksėjimo dažnio stimulai nevienodai efektyviai sutampa su natūraliais nervų sistemos jautrumo svyravimais, vidutinė dominavimo trukmė skirtųsi priklausomai nuo stimulo mirksėjimo dažnio, prie kurio ji užfiksuota.

Pirmiausia, svarbu įsitikinti, ar, apskritai, atsiranda skirtumai tarp nestabilaus suvokimo dominavimo trukmių pateikiant varijuojančios trukmės stimulus. Tam vieno eksperimento metu sistemingai pateikėme skirtingų trukmių stimulus ir tikrinome, ar, priklausomai nuo stimulo pateikimo trukmės, kinta vidutinė dominavimo trukmė. Tikrindami, ar šis poveikis yra sistemingas, atlikome eksperimentus skirtingomis sąlygomis, keisdami 1) žingsnį tarp pateikiamų stimulų trukmių (kas kelias milisekundes ir kas vieną milisekundę), 2) stimulų pateikimo pobūdį (priešfazėje – fazėje) ir 3) stimulų tipą (akių konkurencija – dviprasinės figūros). Analizavome skirtumų dydį tarp dominavimo reikšmių, gautų pateikiant skirtingos trukmės skirtumus.

Siekdami nustatyti, ar atsirandantys funkcijos netolygumai yra pastovūs (pvz. ties 5 ms stimulo pateikimo trukme visada funkcija yra linkusi įgyti didesnę reikšmę), atlikome funkcijos ekstremumų padėties ir pastovumo analizę.

3. METODIKA

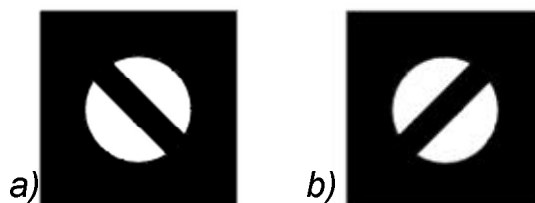
3.1 Tyrimo dalyviai

Eksperimentuose savanoriškai dalyvavo 6 vyriškos lyties dalyviai, amžiaus vidurkis – 34,3 m., standartinis nuokrypis – 15,38, rega normali arba pakoreguota iki normalios. Dalyviai buvo Vilniaus universiteto Psichofiziologijos laboratorijos darbuotojai arba studentai ir turėjo bent minimalią dalyvavimo psichofizikiniuose eksperimentuose patirtį.

3.2 Tyrimo metodai ir aparatūra

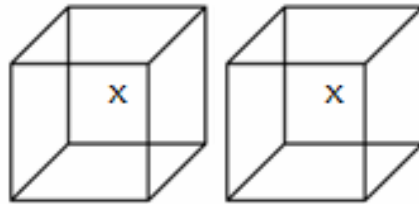
Stimulai. Eksperimentams buvo naudoti dvejetainiai stimuli: akių konkurencijos tyrimams – du skirtingos konfigūracijos apskritimo formos stimuli, o dviprasmių figūrų tyrimui – Nekerio kubas. Stimulams pateikti sukonstruotas specialus optinis įrenginys, leidžiantis taip pateikti stimulus atskirai į kiekvieną akį, kad tyrimo dalyvis matytų juos suprojektuotus vienoje erdvės vietoje.

Akių konkurencijos tyrimuose (1, 2, 3 ir 5 eksperimentai) tiriamajam į vieną ir kitą akį buvo pateikiami $1,7^\circ$ regimojo kampo dydžio du skirtingi regimieji stimuli (3.2.1 pav.). Kiekvieną stimulą sudarė baltos spalvos apskritimo fone (šviesis – $0,2 \text{ cd/m}^2$) esantis $0,6^\circ$ regimojo kampo storio 45° pasviręs juodas brūkšnys (kontrastas 0,9). Brūkšnio pasvirimo kampas į skirtingas akis pateikiamuose stimuluose skyrėsi 90 laipsnių.



3.2.1 pav. Akių konkurencijos tyrimo stimuli: a) vaizdas pateikiamas kairiajai akiai; b) vaizdas pateikiamas dešiniajai akiai.

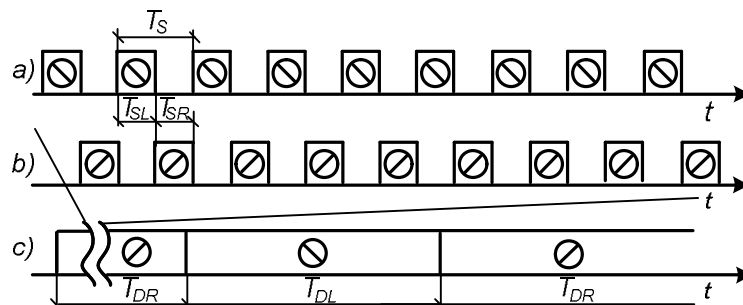
Dviprasmių figūrų eksperimente (3-as eksperimentas) tyrimo dalyviams į vieną ir kitą akis buvo pateikiami 4,91 laipsnių regimojo kampo dydžio $0,2 \text{ cd/m}^2$ ryškumo vienodi trimačio kubo pavidalo atvaizdai (3.2.2 pav.).



3.2.2 pav. Dviprasmių figūrų suvokimo tyrimo stimulai. Kairysis stimulus pateikiamas į kairę, dešinysis – į dešinę akį (stimulai vienodi). Kryžiukas – žvilgsnio fiksacijos taškas.

Abiejų tipų stimulų dydis ir ryškumas buvo parinkti remiantis literatūra ir preliminariais bandymais, siekiant kuo stabilesnio akių konkurencijos reiškinių (dviprasmių figūrų interpretacijos kitimo) pasireiškimo.

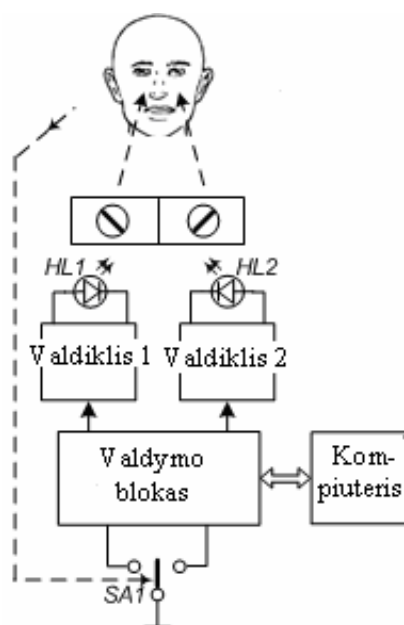
Stimulų pateikimo schema. Tyrimo stimulai buvo pateikiami arba ištisai šviečiantys, arba mirksintys tiksliai užprogramuotu intervalu. Laikinė stimulų pateikimo diagrama pavaizduota 3.2.3 pav. Čia pavaizduotas stimulų pateikimas *priešfazėje* (pakaitomis). Taip stimulai buvo pateikti 1, 3 ir 4 eksperimentuose. Šiuo atveju antrasis stimulus buvo pastumtas per pusę fazės (vieno stimulo pateikimo trukmę) nuo pirmojo stimulo. 2 eksperimente stimulai buvo pateikti fazėje, t.y. į abi akis stimulai buvo pateikiami kartu. Pauzės tarp stimulų trukmė visais atvejais buvo lygi stimulo trukmei, be to - ir stimulo, ir pauzės trukmė tarp abiejų stimulų nesiskyrė (t.y. keičiant pirmojo stimulo mirksėjimo dažnį, tokiu pat dydžiu buvo keičiamas ir antrojo stimulo mirksėjimo dažnis).



3.2.3 pav. Laikinė diagrama, paaiškinanti regimųjų stimulų pateikimo ir jų suvokimo procesą dirgiklius pateikiant *priešfazėje*: T_{SL} , T_{SR} – dirgiklio rodymo kairiajai bei dešiniajai akims trukmė ($T_{SL} = T_{SR}$); $T_S = T_{SL} + T_{SR}$ – dirgiklio mirksėjimo periodas; T_{DL} , T_{DR} – laiko tarpai, kai tiriamasis stebėjo atitinkamai kairiajai arba dešiniajai akiai rodytus vaizdus

1 ir 2 eksperimentuose, taip pat eksperimente su dviprasėmis figūromis (3 eksperimentas) naudotos tokios stimulų pateikimo trukmės (dėl patogesnio žymėjimo rėmėms ne mirksėjimo dažniu (Hz), o vieno stimulo pateikimo trukmė = pauzės trukmė (ms)): be mirksėjimo, 5 ms, 7 ms, 10 ms, 12 ms, 15 ms, 17 ms, 20 ms, 25 ms ir 30 ms. Eksperimento eigoje šios trukmės buvo parenkamos atsitiktine tvarka. Pirmiesiems eksperimentams buvo parinktos stimulų pateikimo trukmės iš mus dominančio intervalo (0 ms – 30 ms) kas 5 ms ir kai kurios tarpinės reikšmės (7 ms, 12 ms, 17 ms). 4 eksperimente naudoti stimulai iš siauresnio intervalo – nuo 4 ms iki 20 ms, parenkant stimulus kas 1 ms (iš viso 17 stimulo pateikimo dažnių).

Tyrimo aparatūra. Tyrimo aparatūros funkcinė sandaros schema pavaizduota 3.2.4 pav. Regimieji stimulai pateikiami impulsų valdikliais 1 ir 2 valdomų didelio skaisčio LW3C tipo šviesos diodų HL1 ir HL2 pagalba. Diodai sukuria stabilios amplitudės šviesos impulsus, jų frontų trukmė bei vėlinimo laikas valdančiųjų impulsų atžvilgiu neviršija 5 μ s. Valdantys įtampos impulsai į valdiklius 1 ir 2 patenka iš valdymo bloko. Čia jie sukuriami iš tuo metu į šį bloką per kompiuterio LPT jungtį patenkančių eksperimento vykdymo programos signalų. Programa pagal tiriamojo komandas jungikliui SA1, registruoja konkretaus regimojo stimulo stebėjimo laiką T_{DL} arba T_{DR} (žr. 3.2.3 pav.).

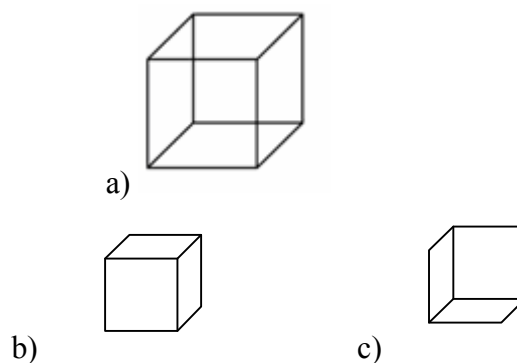


3.2.4 pav. Tyrimo aparatūros struktūrinė schema: HL1, HL2- šviesos diodas; SA1- jungiklis.

Šiems tyrimams valdyti sukurta C kalba parašyta programa, veikianti realiaame laike, DOS aplinkoje. Bendravimas su vartotoju vyksta konfigūracinių failų ir komandinės eilutės pagalba. Komandos valdymo blokui perduodamos LPT jungtimi. Programa siunčia valdymo blokui impulsų sekas ir kartu priiminėja tiriamojo atsakus, registruojamus valdymo bloko. Ši programa užtikrina valdiklių 1 ir 2 (3.2.4 pav.) valdymo impulsų formavimą, bei atsakų registravimą laike 1 μ s tikslumu.

3.3 Eksperimento eiga

Eksperimentas vyko visiškai užtemdytame kambaryje. Iki eksperimento pradžios 3 min. buvo skiriamos adaptacijai tamsoje. Vėliau tyrimo dalyvis stebėjo pateikiamus vaizdus stereoprojektoriuje ir spausdamas mygtuką nurodė, kurį stimulą matė. Kadangi kompiuterio klaviatūros ar pelės tikslumas nėra pakankamas tokio pobūdžio tyrimui, tyrimui buvo pagamintas specialus mygtukas. Instrukcija nurodė mygtuką laikyti nuspaustą kai buvo matomas stimulus su iš viršaus kairėje į dešinę žemyn besileidžiančiu brūkšniu (3.2.1 pav. a), o matant priešingą stimulą (3.2.1 pav. b) – mygtuką laikyti atleistą. Atsiradus persidengiančiam („mozaikiniam“) vaizdui, buvo nurodyta priskirti šį vaizdą savo nuožiūra vienam iš dviejų tiriamų vaizdų (priverstinio atsako metodas). Tiriamųjų apklausa parodė, kad tokių atvejų buvo nedaug. Eksperimente su dviprasmėmis figūromis (3 eksperimentas) tyrimo dalyvis spausdamas mygtuką nurodė, kurią kubo interpretaciją matė. Instrukcija nurodė mygtuką laikyti nuspaustą, kai kubas buvo matomas labiau pasisukęs į kairę pusę (3.3.1 pav. b), o matant kitą kubo poziciją (3.3.1 pav. c) – mygtuką laikyti atleistą.



3.3.1 pav. Neckerio kubas (a) ir galimi jo interpretacijų variantai (b,c).

Matavimo serija su kiekviena atsitiktinai parinkta stimulo pateikimo trukme tęsėsi 3 min. (per šį laiką įvydavo apie 50 stimulo suvokimo kitimų). Po 1 min pertraukos ji buvo tęsiama su kita atsitiktinai parinkta kita trukme, ir taip vieno eksperimento metu buvo atliekama dešimt (4 eksperimente – 17) matavimo serijų su visomis dominančiomis stimulo pateikimo trukmėmis. Su kiekvienu tiriamuoju toks eksperimentas pakartotas du – šešis kartus (skirtingomis dienomis) ir rezultatai suvidurkinti kiekvienam tiriamajam atskirai pagal atitinkamas matavimo serijas.

3.4 Duomenų tvarkymas

Kompiuterio programa fiksavo kiekvieno mygtuko nuspaudimo ir atleidimo absoliutų laiką ir apskaičiavo kiekvieno nuspaudimo ir atleidimo trukmę. Mygtuko nuspaudimo trukmė buvo traktuojama kaip kairės akies matomo stimulo trukmė (stimulo dominavimo laikas), mygtuko atleidimo laikas – kaip dešinės akies matomo stimulo trukmė (tiriant dviprasmių figūrų suvokimą – atitinkamai pirma ir antra vaizdo interpretacijos). Buvo skaičiuojama vidutinė kiekvienos akies stimulo dominavimo trukmė esant kiekvienai stimulo pateikimo trukmei. Kadangi vidutinė dominavimo trukmė ir kreivės pobūdis labai skiriasi individualiai, atskirų tyrimo dalyvių duomenų nevidurkinome, o analizavome atskirai. Daugiausia mus domino ne absoliučios vidutinės dominavimo trukmės reikšmės, o skirtumai, todėl gautas vidutinės dominavimo trukmės reikšmes standartizavome vidurkio atžvilgiu: buvo skaičiuota $\Delta T = T - T_{VID}$, kur ΔT – vidutinės dominavimo trukmės pokytis; T – eksperimentiškai nustatyta vidutinės dominavimo trukmės reikšmė pateikiant konkrečios trukmės stimulą; T_{VID} – nagrinėjamos akies vidutinės dominavimo trukmės vidurkis, skaičiuojamas sumuojant visų stimulo pateikimo trukmių rezultatus (T_{VID} skaičiuotas atskirai kairei ir dešinei akiai). Analizuotas gautos kreivės pobūdis, ieškant statistiškai reikšmingų skirtumų tarp dominavimo laiko reikšmių, užfiksuotų pateikiant skirtingos trukmės stimulus.

Duomenų skirstinio atitikimą normaliajam skirstiniui patikrinome Kolmogorov-Smirnov testu ir nustatėme, kad mūsų duomenų skirstinys dažniausiai neatitinka normaliojo skirstinio. Tai sutampa su literatūroje nurodomais faktais (Brascamp et al, 2005; Blake, Logothetis, 2002 ir kt.). Vidurkių palyginimui naudojome neparametrinį Mann-Whitney kriterijų nepriklausomoms imtims. Šį

kriterijų pasirinkome dėl duomenų specifikos – nors iš esmės mūsų duomenų imtys buvo priklausomos (to paties žmogaus matavimai pateikiant stimulus su skirtingomis trukmėmis), duomenų skaičius kiekviename stulpelyje galėjo būti skirtingas (dėl varijuojančios dominavimo trukmės, per 3 min. trunkančią matavimo seriją buvo atliekamas nevienodas skaičius mygtuko nuspaudimų). Be to, vienoje eilutėje esantys duomenys iš skirtingų stulpelių nebuvo susiję vienas su kitu.

Mann-Whitney U yra studento t kriterijaus nepriklausomoms imtims neparametrinis analogas. Jį taikant nekeliami prielaida, kad duomenų skirstinys yra normalusis ar kad matavimų dispersijos yra lygios. Kriterijus pagrįstas duomenų rangavimu. Sujungus dvi imtis į vieną ir surangavus narius didėjimo tvarka, apskaičiuojamos statistikos:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 ,$$

kur n_1 , n_2 – narių skaičius pirmoje ir antroje imtyje, R_1 , R_2 – rangų suma pirmoje ir antroje imtyje.

Analizuodami dominavimo trukmių maksimumų ir minimumų dažnį skirtinguose funkcijos diapazonuose, atlikome funkcijos ekstremumų analizę. Ekstremumą apibrėžėme kaip tašką, kuriame funkcijos pokytis keičia savo ženklą (minimumas: iš – į +, maksimumas: iš + į –). Jei gretimi ekstremumai taškai statistiškai reikšmingai nesiskyrė nuo vieno iš artimiausių ekstremumų, juos taip pat priskyrėme prie ekstremumų. Kraštines kreivės reikšmes prie ekstremumų priskyrėme pagal funkcijos pokyčio kryptį nuo artimiausio ekstremumo (iš vienos pusės). Funkcijos ekstremumus pažymėję „1“, o visus likusius taškus „0“, gavome dvejetainę lentelę, kurią galėjome analizuoti neparametriniu Cochran's Q kriterijumi. Šis statistinis kriterijus yra skirtas dichotominių duomenų reikšmių dažniui atskirose grupėse palyginti. Duomenys pateikiami stulpeliais (vienas stulpelis – viena matavimo sąlyga) ir lyginama, ar skiriasi 0 ir 1 proporcija tarp stulpelių. Ekstremumus skaičiavome nagrinėdami atskirų eksperimentų kreives (pvz. jei tyrimo dalyvis atliko tris eksperimentus, maksimumai ir minimumai buvo fiksuoti kiekvieno iš jų kreivėje atskirai, o ne suvidurkintoje kreivėje kaip atliekant pagrindinį eksperimento vidurkių palyginimą).

Cochran's Q kriterijaus reikšmė skaičiuota pagal formulę:

$$Q = \frac{c(c-1) \sum_j (T_j - \bar{T})^2}{c \sum_i u_i - \sum_i u_i^2}, \text{ kur}$$

c – stulpelių (matavimo sąlygų skaičius),

T_j – 1-ą suma j -ajame stulpelyje;

$\bar{T}$ – T_j vidurkis;

U_i – 1-ą skaičius i -ojoje eilutėje.

Tikrindami, gautų vidurkių pasiskirstymo galimo paaiškinimo bendresniais faktoriais galimybę, atlikome faktorinę analizę. Kad skirtumus tarp reikšmių, nustatytų prie skirtingų stimulo pateikimo trukmių mažiau veiktų individualūs dominavimo trukmių skirtumai, faktorinei analizei naudojome dominavimo reikšmių skirtumų nuo eksperimento vidurkio reikšmes. Kartu skaičiavome visų tyrimo dalyvių duomenis.

Ieškodami ciklinio pasikartojimo galimybių tarp išmatuotų dominavimo trukmių, atlikome autokoreliacinę analizę. Autokoreliacija yra pagrįsta skaičiavimu ryšio tarp to paties signalo reikšmių, išmatuotų skirtingais laiko momentais. Jei dominančio signalo matavimus, kurie buvo atlikti laiko momentais $X_1, X_2, \dots, X_N$, pažymėsime $Y_1, Y_2, \dots, Y_N$, autokoreliacija su k didumo užvėlinimu yra apibrėžiama kaip

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} (Y_i - \bar{Y})(Y_{i+k} - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Nors laiko kintamasis X formulėje nefigūruoja, daroma prielaida, kad skaičiavimams naudojami stebėjimai buvo atlikti vienodais laiko tarpais. Kadangi skaičiuojant koreliacijas tarp skirtingu žingsniu nutolusių narių, formulės vardiklis išlieka pastovus, ši formulė tinka kai yra pakankamai didelis sekos narių skaičius n . Autokoreliaciją naudojome analizuodami vienos matavimo serijos metu užfiksuotus duomenis.

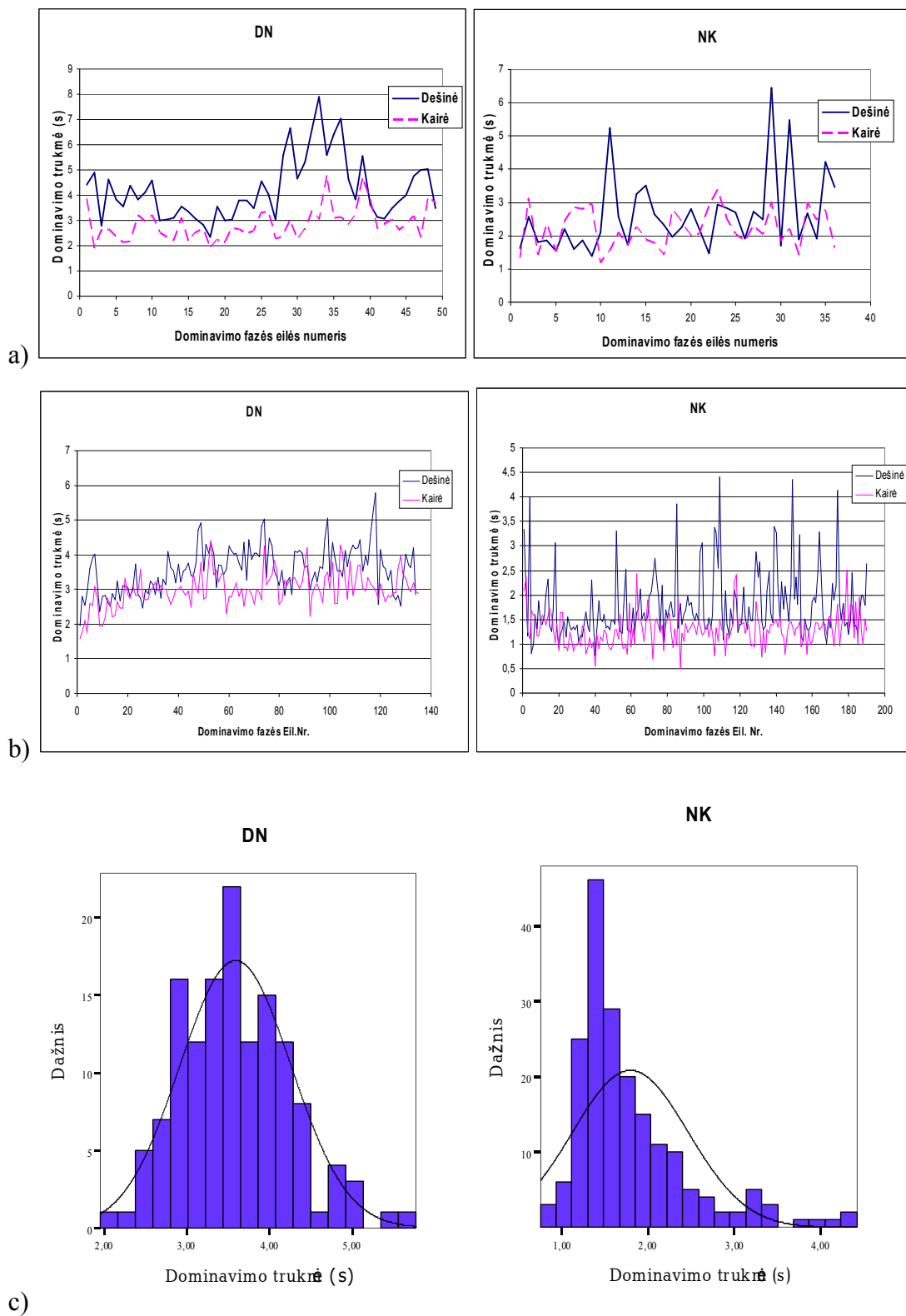
4. REZULTATAI

4.1 Vidutinės dominavimo trukmės vienos matavimo serijos metu analizė

Prieš pradėdami pagrindinę tyrimo dalį, išsamiau panagrinėjome vidutinės dominavimo trukmės kreivės kitimo pobūdį ir atlikome keletą kontrolinių eksperimentų, tirdami dominavimo trukmę nekeičiant stimulų mirksėjimo dažnio. 4.1.1 pav. (a) pateikti pavyzdžiai dominavimo trukmių kreivių, užfiksuotų vienos matavimo serijos metu (abscisių ašyje – dominavimo fazės eilės numeris, ordinačių ašyje – dominavimo trukmė (s)). Mūsų eksperimentuose vidutinės dominavimo trukmės kito nuo 1 iki 6 s su gana ryškiais individualiais skirtumais. Kaip matome 4.1.1 pav. (a), vienos matavimo serijos metu dominavimo trukmės nuolat kinta, be ryškesnės koreliacijos tarp gretimų reikšmių.

To paties tyrimo dalyvio dešinės ir kairės akių dominavimo trukmės dažnai gana ryškiai skiriasi (kaip 4.1.1 pav. (a) DN grafike). Manoma, kad ilgesnės dominavimo trukmės paprastai būna dominuojančioje (stipresniojoje) žmogaus akyje. Mūsų eksperimentuose paprastai tos pačios akies duomenų vidurkis būdavo didesnis visuose vieno žmogaus eksperimentuose.

Norėdami aiškiau matyti dominavimo trukmės kitimo tendencijas vieno eksperimento metu, atlikome ilgesnius (15 min. trukmės) matavimus (4.1.1 pav. b).

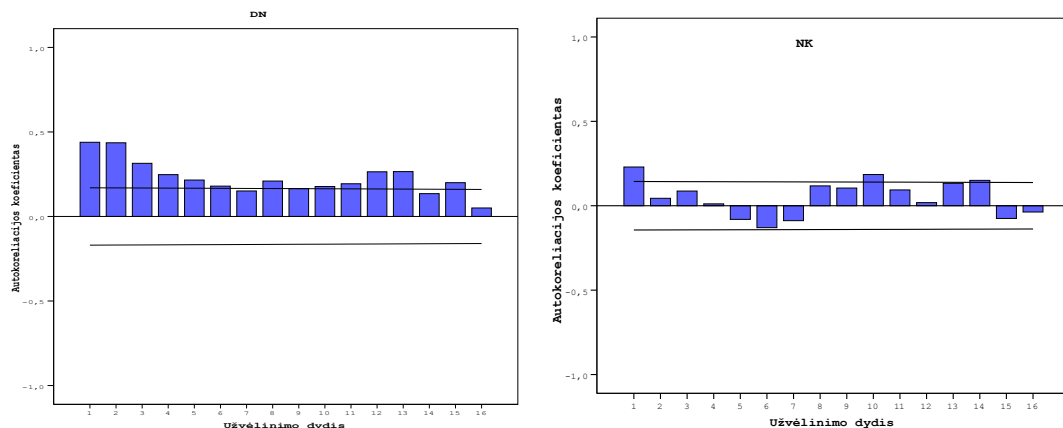


4.1.1 pav. Akių konkurencijos dominavimo trukmių kitimas vienos matavimo serijos metu: a) 3 min. trukmės matavimo serijoje; b) 15 min. trukmės matavimo serijoje. Abscisių ašyje – dominavimo fazės eilės numeris; ordinačių ašyje – dominavimo trukmė. c) 15 min. trukmės matavimo serijų dominavimo trukmių dažnių histograma (dešinės akies duomenys). Palyginimui pateikta normaliojo skirstinio kreivė. Skirtingų tyrimo dalyvių duomenys pateikti atskiruose grafikuose

Dominavimo trukmės vienos matavimo serijos metu paprastai arba nerodė aiškos tendencijos didėti ar mažėti (kaip 4.1.1 pav. (b) NK atveju) arba buvo matoma tendencija vidutinėms dominavimo trukmėms ilgėti (kaip 4.1.1 pav. (b) DN atveju), kas atitinka literatūroje nurodomus duomenis (Brascamp et al., 2005; Blake, Logothetis, 2002). Kai kuriais atvejais pirmąją minutę buvo pastebima tendencija dominavimo trukmėms didėti, o paskui stabilizuotis. Tokį atvejį iliustruoja 4.1.1 pav. (b) DN tiriamojo grafikas. Tokių atvejų buvo nedaug, be to, pabandžius atmesti duomenų dalį, kuomet dominavimo trukmė palaipsniui didėja, bendras to eksperimento vidurkis pasikeisdavo labai nežymiai (dešimtosiomis vieneto dalimis), todėl į analizę įtraukėme visus duomenis. Gali būti, kad ši kilimo tendencija atspindi akių adaptaciją eksperimento pradžioje. Nors adaptacijos laikas prieš eksperimentą buvo vienodas visiems tiriamiesiems, dėl individualių skirtumų ar aplinkos poveikio, adaptacija galėjo įvykti ne vienodai efektyviai.

4.1.1 pav. (c) pateikiame duomenų histogramą, palygintą su normaliuoju skirstiniu. Palyginimą su teoriniais skirstiniais atlikome Kolmogorov-Smirnov kriterijumi. Maždaug dviem trečdaliais atvejų skirstinys atitiko normalųjį skirstinį. Daugeliu atvejų histogramose buvo ryški teigiama asimetrija (kaip 4.1.1 pav. (c) NK atveju). Tai atitinka literatūroje nurodomus duomenis, kad akių konkurencijos dominavimo trukmių histograma paprastai būna su teigiama asimetrija (ilgų dominavimo trukmių stebima mažiau negu trumpų). Akių konkurencijos duomenis geriausiai apibūdina gama ar beta skirstinys (Blake, 2005, Brascamp et al., 2005). Kadangi didelė dalis duomenų neatitiko normaliojo skirstinio, visų duomenų analizei atlikti, kur tik įmanoma, rinkomės neparametrinius kriterijus.

Tikrindami duomenų tarpusavio nepriklausomumą, atlikome vieno eksperimento duomenų autokoreliacinę analizę (4.1.2 pav.).



4.1.2 pav. Vieno eksperimento metu gautų duomenų autokoreliacijos koeficientai. Duomenys paimti iš eksperimentų, pavaizduotų 8 pav. (b) grafikuose. Abscisių ašyje – gretimumas tarp sekos elementų (autokoreliacijos eilė), ordinačių ašyje – autokoreliacijos koeficientas. 2 grafikai – 2 tyrimo dalyvių duomenys. Horizontalios tiesės nurodo autokoreliacijos pasikliautinius intervalus.

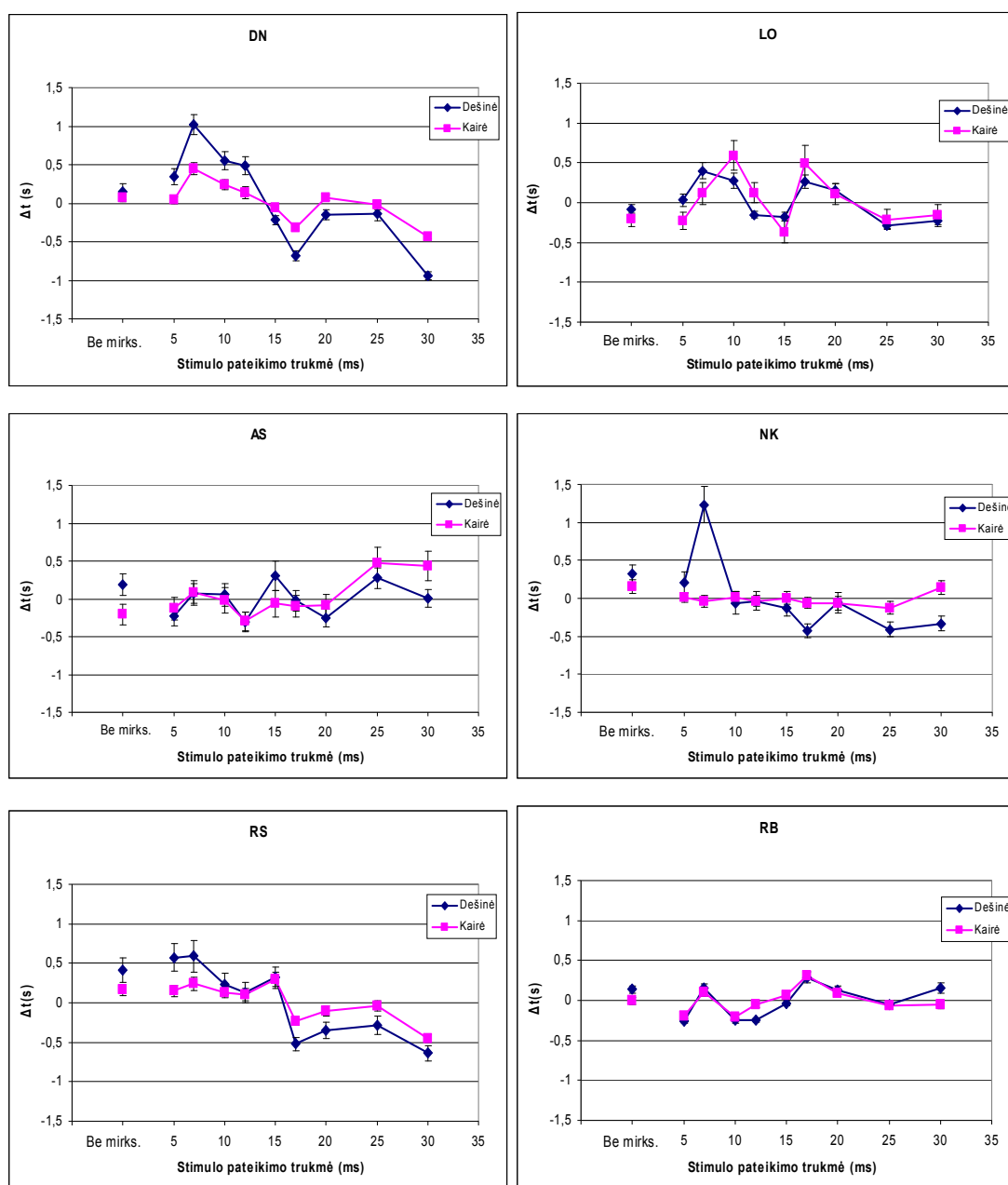
Daugeliu atvejų jokio ryškaus sekos duomenų tarpusavio priklausomumo nenustatėme. Kai kuriais atvejais (kaip 4.1.2 pav. DN), statistiškai reikšmingas autokoreliacijos koeficientas buvo per 1 ar 2 vienetų poslinkį tarp duomenų (tarpusavyje lyginant kas antrą ar kas trečią sekos narį). Tai rodytų, kad kiekviena dominavimo trukmė yra susijusi su prieš ją užfiksuotomis viena ar dviem trukmėmis. Literatūroje, nors dažniausiai nurodoma, kad visi akių konkurencijos duomenys yra išsibarstę atsitiktinai, aiškaus sutarimo šiuo klausimu nėra (Blake, 2005; Pastukhov, Braun, 2008). Mūsų duomenyse minima tendencija irgi nebuvo nuolatinė, o pasitaikė tik nedidelėje dalyje duomenų.

4.2 1 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant *priešfazėje* mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus

Vidutinės dominavimo trukmės vidurkių palyginimas

Pirmajame eksperimente pateikėme stimulus su tokia rodymo trukme: be mirksėjimo, 5 ms, 7 ms, 10 ms, 12 ms, 15 ms, 17 ms, 20 ms, 25 ms ir 30 ms (atsitiktine tvarka). Stimulus pateikėme priešfazėje, t.y. stimulai buvo suderinti taip, kad pateikiant vieną stimulą (pvz. 10 ms), kitas tuo metu buvo išjungtas (žr. 3.2.3 pav. Metodikoje). Eksperimente dalyvavo 6 dalyviai. Standartizuoti eksperimento

rezultatai (žr. Metodiką) pateikti 4.2.1 pav. Originalūs, nestandartizuoti rezultatai pateikti 1 Priede.



4.2.1 pav. 1-ojo eksperimento rezultatai: 6 tyrimo dalyvių standartizuotos vidutinės dominavimo trukmės. Abscisių ašyje – mirksinio stimulus vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje ($\Delta t(s)$) – standartizuota vidutinė akies dominavimo trukmė (s). Nulinis ordinačių ašies taškas žymi kiekvienos akies vidutinę dominavimo trukmę, skaičiuojamą sumuojant visų tos akies stimulus pateikimo trukmių rezultatus. Skirtingų tyrimo dalyvių duomenys pateikti atskiruose grafikuose. Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.

Iš 4.2.1 pav. matyti, kad vidutinės dominavimo trukmės priklausomybė nuo stimulo pateikimo trukmės nėra monotoninė funkcija: tarp dominavimo trukmių, išmatuotų stimulams mirksint įvairiais dažniais, išryškėja tam tikri skirtumai, nors tarp tyrimo dalyvių kreivės pobūdis skiriasi. Individualiai labai skiriasi ir bendras dominavimo laiko vidurkis.

Eksperimentų rezultatai patvirtino prielaidą, kad tarp dominavimo trukmių, užfiksuojamų pateikiant skirtingos trukmės stimulus, yra reikšmingų skirtumų. Vidutinė dominavimo trukmė tarp tyrimo dalyvių svyruoja 2 – 4,5 s ribose (žr. grafikus 1 Priede). Skirtumų tarp gretimų grafiko reikšmių statistinio reikšmingumo lygmenys pateikti 4.2.1 lentelėje.

4.2.1 lentelė. Pirmojo eksperimento skirtumų tarp gretimų vidutinės dominavimo trukmės taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Mann-Whitbey kriterijų nepriklausomoms imtims; skirtumus vertinome kaip statistiškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistiškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu).

<i>Tyrimo dalyvis</i>	<i>Akis</i>	<i>Be mirks. – 5 ms.</i>	<i>5 ms – 7 ms</i>	<i>7 ms – 10 ms</i>	<i>10 ms – 12 ms</i>	<i>12 ms – 15 ms</i>	<i>15 ms – 17 ms</i>	<i>17 ms – 20 ms</i>	<i>20 ms – 25 ms</i>	<i>25 ms – 30 ms</i>
DN	Dešinė	0,191	0,000	0,012	0,608	0,000	0,000	0,000	0,397	0,000
	Kairė	0,498	0,002	0,154	0,130	0,482	0,000	0,000	0,007	0,000
LO	Dešinė	0,660	0,004	0,702	0,000	0,249	0,000	0,254	0,000	0,250
	Kairė	0,609	0,046	0,102	0,091	0,001	0,001	0,409	0,039	0,902
AS	Dešinė	0,016	0,04	0,678	0,071	0,043	0,507	0,265	0,000	0,228
	Kairė	0,97	0,387	0,587	0,374	0,74	0,77	0,876	0,077	0,871
NK	Dešinė	0,063	0,001	0,000	0,261	0,821	0,008	0,035	0,072	0,488
	Kairė	0,556	0,564	0,647	0,385	0,916	0,92	0,56	0,4	0,03
RS	Dešinė	0,565	0,762	0,52	0,606	0,240	0,000	0,403	0,817	0,016
	Kairė	0,943	0,753	0,485	0,408	0,139	0,000	0,212	0,385	0,000
RB	Dešinė	0,000	0,000	0,000	0,688	0,000	0,000	0,113	0,003	0,129
	Kairė	0,053	0,000	0,000	0,007	0,091	0,000	0,001	0,012	0,442

Siekdami tiksliau nustatyti dominavimo trukmės būdingą dinamiką, atlikome dominavimo trukmės priklausomybės nuo stimulų pateikimo trukmės kreivių profilių analizę. DN grafike ryškus maksimumas ties 7 ms. Ši reikšmė gerokai viršija vidurkius, nustatytomis su kitų trukmių stimulais. Ties 17 ms vidutinė dominavimo trukmė yra ryškiai mažesnė negu gretimose grafiko srityse, o ties 20 – 25 ms vėl matomas vidurkio pakilimas, nors čia reikšmės ir nesiekia pirmojo piko ties

17 ms lygio. Kairės akies duomenyse išsibarstymas tarp matavimo serijų vidurkių yra mažesnis negu dešinėje akyje.

LO grafike išryškėja dvi didesnių reikšmių sritys: ties 7 – 10 ms ir 17 – 20 ms bei ryškus vidurkio nukritimas ties 15 ms, tačiau statistiškai reikšmingi skirtumai čia yra ne visur arba panašias vertes turi du gretimi grafiko taškai, todėl ne visi kraštutines reikšmes įgyjantys taškai yra ekstremumai. Bendras duomenų išsibarstymas tarp matavimo serijų šio tyrimo dalyvių atveju didesnis kairės akies duomenyse.

AS grafike statistiškai reikšmingų skirtumų mažiau, nors grafike ir galima išvėlgti reikšmės padidėjimą ties 7 – 10 ms, 17 ms (dešinėje akyje) ir 25 – 30 ms. Čia gana didelis duomenų išsibarstymas abiejose akyse, todėl negalima užtikrintai teigti dėl kokių nors ryškesnių tendencijų.

Panašiai ir kitų tyrimo duomenų rezultatų kreivėse išryškėja rezultatų netolygumai ties kai kuriomis grafiko vertėmis, nors pikų vietos nėra pastovios. Ne visose kreivėse rezultatų netolygumai yra vienodai ryškūs – kartais (kaip pvz. NK kairės akies grafike) skirtumai yra visai nežymūs, o kartais (kaip DN dešinės akies grafike) jie gana ryškūs. Vidutinės dominavimo trukmės vidurkis ir ekstremumų vietos gana stipriai skiriasi individualiai, nors galima pastebėti, kad pirmasis kreivės pikas dažniausiai (5 iš 6 tyrimo dalyvių; mažiau išreikštas RS grafike) yra 7 – 10 ms intervale. Kitų pikų vietos labiau varijuoja.

Lyginant vidurkių kitimą dešinėje ir kairėje akyse, galima pastebėti, kad čia gana ryškūs individualūs skirtumai. Dešinės ir kairės akies kreivės ne vienodu lygiu sutampa (plg. NK ir RB grafikus). Taip pat galima pastebėti tendenciją, kad didėjant stimulo pateikimo trukmėms, akių vyravimas kitos atžvilgiu (ilgesnės dominavimo trukmės) dažnai susikeičia vietomis: pvz. ties 5 ms ilgesnės buvo dešinės akies dominavimo trukmės, o ties 30 ms – kairės.

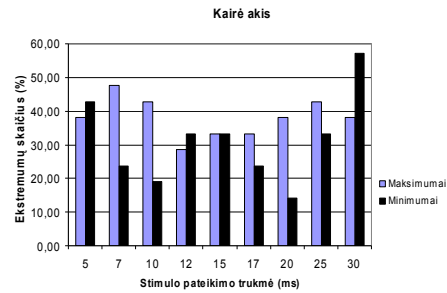
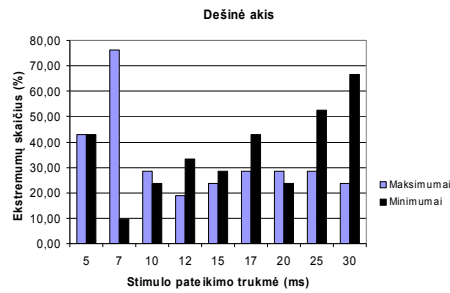
Funkcijos ekstremumų analizė

Norėdami patikrinti, ar dominavimo trukmių maksimumų ir minimumų tikimybė yra vienoda skirtinguose funkcijos diapazonuose, atlikome funkcijos ekstremumų analizę. Ekstremumą apibrėžėme kaip tašką, kuriame funkcijos pokytis keičia savo ženklą (minimumas: iš $-$ į $+$, maksimumas: iš $+$ į $-$; išsamiau žr. „Duomenų tvarkymą“ Metodologijoje). Ekstremumų reikšmės mums svarbios, nes

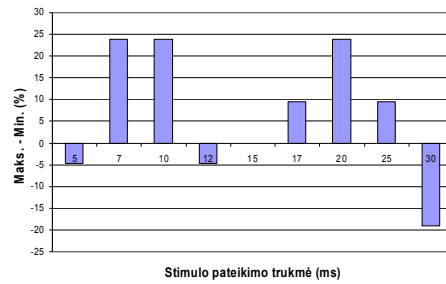
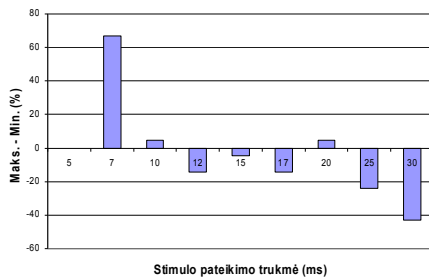
gali atspindėti ties šia stimulo pateikimo trukme ryškiau besiskiriančią informacijos apdorojimo lygį nervų sistemoje. 4.2.2 lentelėje ir 4.2.2 – 4.2.3 pav. pateikiame ekstremumų skaičių, sumuotą ties kiekviena stimulo pateikimo trukme, taip pat – suskirsčius tirtąjį diapazoną į intervalus po 3 pateikimo trukmes. Ekstremumų skaičius sumuotas iš 21 eksperimento (6 tyrimo dalyviai).

4.2.2 lentelė. Funkcijos ekstremumų skaičiaus skirtinguose diapazonuose palyginimas. Ekstremumų kiekis skaičiuotas iš 21 eksperimento (6 tyrimo dalyviai). Maks. – maksimumų skaičius tirtajame intervale (%); min. – minimumų skaičius tirtajame intervale (%). 2-3 ir 6-7 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis, skaičiuotas ties kiekviena stimulo pateikimo trukme atskirai. 4-5 ir 8-9 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis intervaluose po 3 pateikimo trukmes.

Stimulo pateikimo trukmė (ms)			5	7	10	12	15	17	20	25	30
Dešinė akis	9 intervalai	Maks.	42,86	76,19	28,57	19,05	23,81	28,57	28,57	28,57	23,81
		Min.	42,86	9,52	23,81	33,33	28,57	42,86	23,81	52,38	66,67
		Maks. – Min.	0,00	66,67	4,76	14,29	-4,76	14,29	4,76	23,81	42,86
	3 intervalai	Maks.	49,21			23,81			26,98		
		Min.	25,40			34,92			47,62		
		Maks. – Min.	23,81			-11,11			-20,63		
Kairė akis	9 intervalai	Maks.	38,10	47,62	42,86	28,57	33,33	33,33	38,10	42,86	38,10
		Min.	42,86	23,81	19,05	33,33	33,33	23,81	14,29	33,33	57,14
		Maks. – Min.	-4,76	23,81	23,81	-4,76	0,00	9,52	23,81	9,52	-19,05
	3 intervalai	Maks.	42,86			31,75			39,68		
		Min.	28,57			30,16			34,92		
		Maks. – Min.	14,29			1,59			4,76		

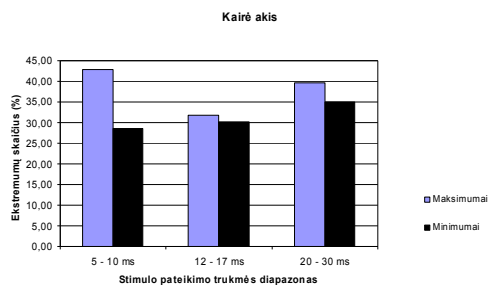
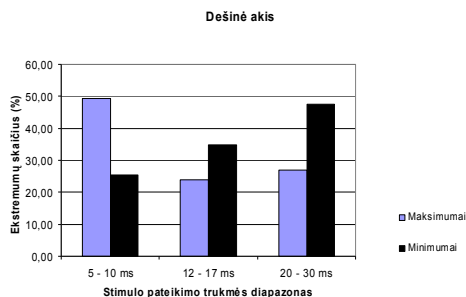


a)

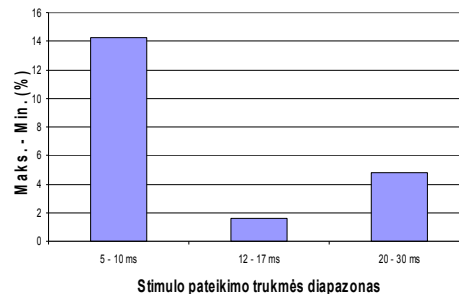
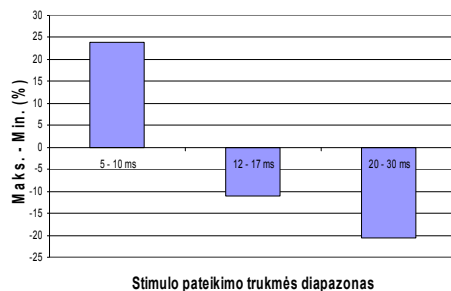


b)

4.2.2 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas. Duomenys iš 21 eksperimento (6 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus. Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai (%); žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai (%). b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių (%), užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (%) (žr. 2 lentelę).



a)



b)

4.2.3 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas intervalais po 3 pateikimo trukmes. Duomenys iš 21 eksperimento (6 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus. Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai (%); žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai (%). b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (%) (žr. 2 lentelę).

Iš 4.2.2 lentelės ir 4.2.2 – 4.2.3 pav. matyti, kad ekstremumų pasiskirstymas įvairiuose funkcijos diapazonuose nėra vienodas (Cochran's Q $p = 0.005$). Nors tirtieji intervalai nebuvo lygūs dėl skirtingų atstumų tarp tirtųjų stimulų pateikimo trukmių, jau iš šios preliminarios analizės matyti ryškūs skirtumai tarp kai kurių diapazonų. Esant trumpoms stimulo pateikimo trukmėms (5 – 10 ms) vyrauja maksimumai (4.2.3 pav. a, b). Tačiau ir šiame intervale tendencija prie visų pateikimo trukmių nėra vienoda. Ypač išsiskiria didesnis maksimumų dažnis ties 7 ms reikšme, o ties 5 ms maksimumų ir minimumų skaičius nesiskiria arba net vyrauja minimumai (4.2.2 pav. a, kairė akis). Tirtąjo diapazono viduriniajame intervale (12 – 17 ms) ekstremumų skaičius yra mažesnis ir nėra aiškios maksimumų ar minimumų vyravimo tendencijos. 20 – 30 ms intervale dešinės ir kairės akies tendencijos skiriasi. Dešinėje akyje dažniau pasitaiko minimumai, kairėje – maksimumai. Vis dėlto, reikia neužmiršti, kad mūsų tirtieji intervalai nebuvo vienodo dydžio, todėl toks palyginimas nėra visai tikslus. Siekdami tiksliau nustatyti ekstremumų pasitaikymo dažnius, atlikome eksperimentą, kuriame stimulų pateikimo trukmę keitėme kas 1 ms (4 eksperimentas).

Faktorinė analizė

Faktorinę analizę atlikome su dominavimo trukmių absoliučiomis reikšmėmis, taip pat su dominavimo reikšmių skirtumais nuo eksperimento vidurkio reikšmės. Kartu skaičiavome visų tyrimo dalyvių duomenis. Tikrinant duomenų tinkamumą faktorinei analizei, nustatyta Bartleto sferiškumo kriterijaus p reikšmė buvo 0,000, Kaizerio-Mejerio-Olkino matas (KMO) – 0,444. Naudotas faktorių išskyrimo metodas – pagrindinių komponentų analizė. Analizei naudojant absoliučias dominavimo trukmių reikšmes, išskirtųjų faktorių paaiškinama duomenų dispersijos dalis ir faktorių apkrova pateikta 4.2.3 ir 4.2.4 lentelėse.

4.2.3 lentelė. Išskirtųjų faktorių paaiškinama duomenų dispersijos dalis.

Komponentė	Tikrinės vertės (Eigenvalues)			Kvadratinių apkrovų išskirčių suma		
	Iš viso	Dispersijos %	Kaupiamasis %	Iš viso	Dispersijos %	Kaupiamasis %
1	8,220	82,203	82,203	8,220	82,203	82,203
2	,676	6,760	88,963			
3	,432	4,317	93,280			
4	,231	2,309	95,589			
5	,149	1,492	97,081			
6	,103	1,026	98,107			
7	,095	,951	99,058			
8	,063	,629	99,687			
9	,021	,214	99,901			
10	,010	,099	100,000			

4.2.4 lentelė. Faktorių apkrova.

	Komponentė
	1
Be mirks.	0,960
5	0,946
7	0,905
10	0,913
12	0,891
15	0,887
17	0,823
20	0,945
25	0,916
30	0,873

Kaip matyti iš 4.2.3 ir 4.2.4 lentelių, didžiąją dalį dispersijos paaiškino vienas faktorius. Kad skirtumus tarp reikšmių, nustatytų prie skirtingų stimulo pateikimo trukmių mažiau veiktų individualūs dominavimo trukmių skirtumai, faktorinę analizę atlikome ir su dominavimo reikšmių skirtumais nuo eksperimento vidurkio reikšmės. T.y. analizės vieneta šiuo atveju sudarė prie kiekvieno stimulo mirksėjimo dažnio išmatuotosios dominavimo trukmės ir tos akies bendro vidurkio skirtumas. Išskirtųjų

faktorių paaiškinama duomenų dispersijos dalis ir faktorių apkrova pateikta 4.2.5 ir 4.2.6 lentelėse.

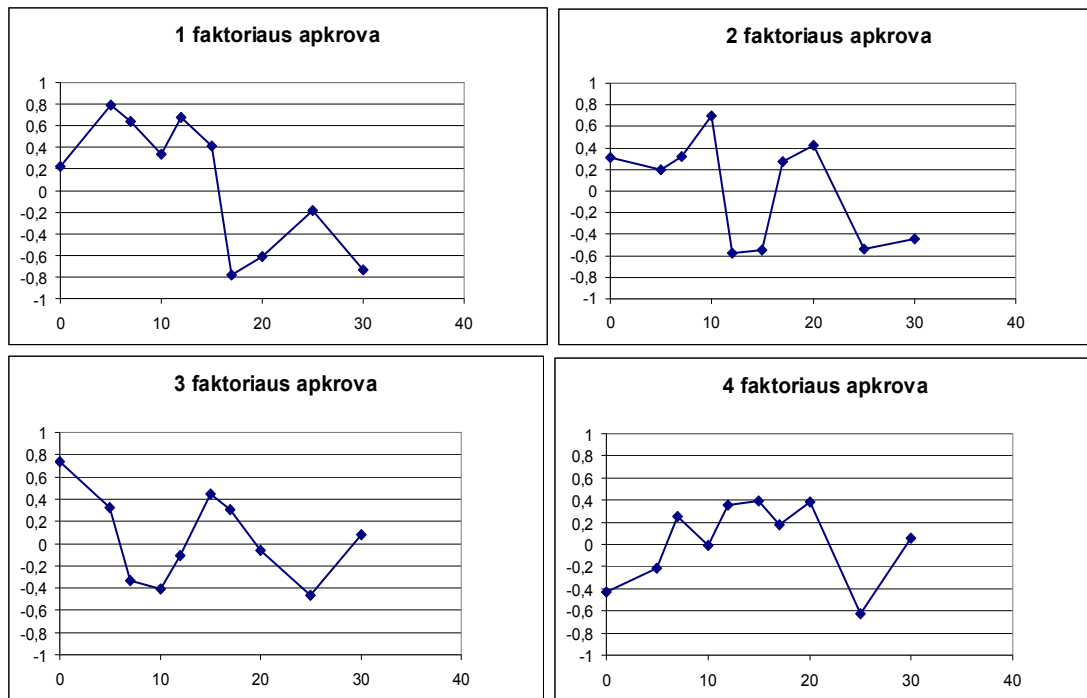
4.2.5 lentelė. Išskirtųjų faktorių paaiškinama duomenų dispersijos dalis, analizei naudojant dominavimo reikšmių ir bendro eksperimento vidurkio skirtumus.

Komponentė	Tikrinės vertės (Eigenvalues)			Kvadratinų apkrovų išskirčių suma		
	Iš viso	Dispersijos %	Kaupiamasis %	Iš viso	Dispersijos %	Kaupiamasis %
1	3,390	33,903	33,903	2,595	25,950	25,950
2	2,108	21,080	54,983	2,295	22,949	48,899
3	1,464	14,641	69,624	1,678	16,780	65,680
4	1,149	11,487	81,111	1,543	15,432	2,595
5	,684	6,838	87,950			
6	,568	5,680	93,630			
7	,317	3,168	96,797			
8	,151	1,512	98,309			
9	,120	1,202	99,512			
10	,049	,488	100,000			

Didžiąją dalį duomenų dispersijos (81,1 proc.) paaiškino 4 faktoriai (4 lentelė). Faktorių apkrova pateikta 5 lentelėje.

4.2.6 lentelė. Faktorių apkrova, analizei naudojant dominavimo reikšmių ir bendro eksperimento vidurkio skirtumus.

	Komponentė			
	1	2	3	4
Be mirks.	0,220	0,316	0,736	-0,430
5	0,792	0,201	0,323	-0,211
7	0,639	0,323	-0,338	0,250
10	0,336	0,697	-0,408	-0,011
12	0,677	-0,580	-,112	0,357
15	0,414	-0,546	0,447	0,390
17	-0,781	0,272	0,306	0,174
20	-0,613	0,429	-0,058	0,386
25	-0,188	-0,539	-0,469	-0,628
30	-0,736	-0,441	0,081	0,059

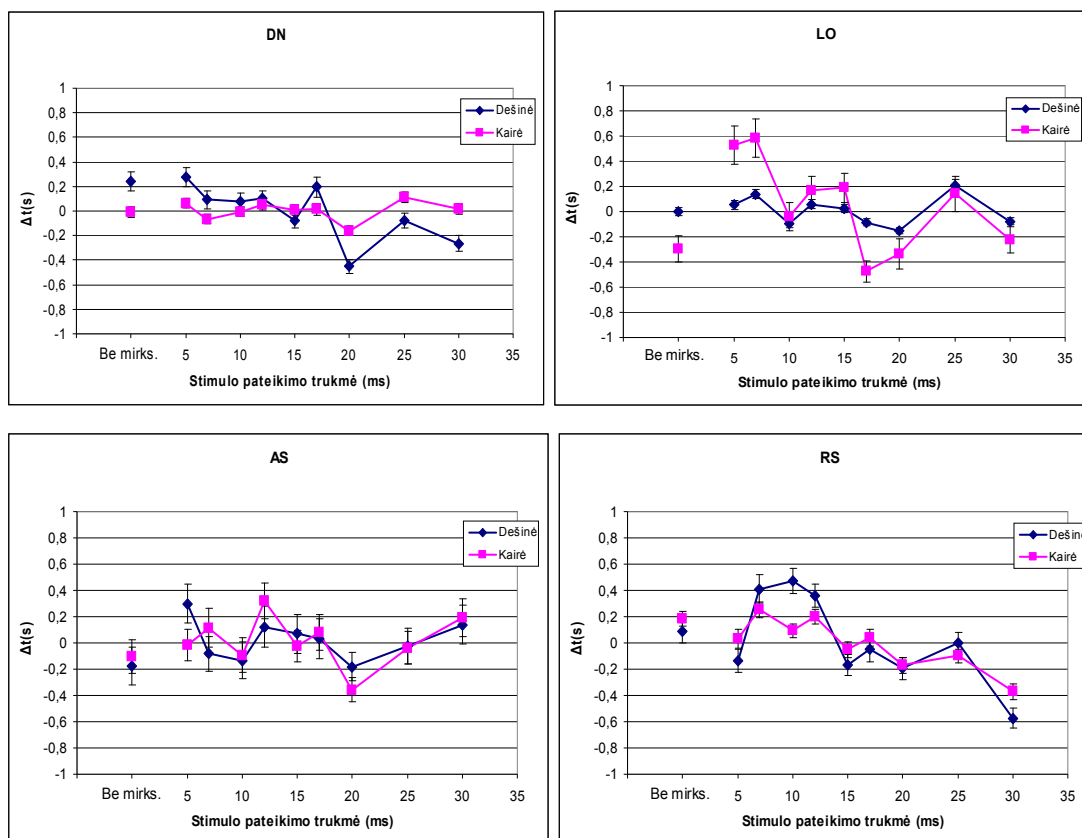


4.2.4 pav. Faktorių apkrova. Abscisių ašyje – stimulo pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – faktoriaus apkrova.

Iš 4.2.5 ir 4.2.6 lentelių matyti, kad kuomet analizės vienetas buvo dominavimo reikšmių skirtumai nuo eksperimento vidurkio reikšmės, 81,11 % dispersijos paaiškino keturi faktoriai. Be papildomos analizės sunku pasakyti, kas būtent sudaro šiuos faktorius, tačiau akivaizdu, kad akių konkurencijos vidutinę dominavimo trukmę lemia daugiau negu vienas veiksnys.

4.3 2 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant *fazėje* mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus

Antrajame eksperimente naudojome stimulus su tomis pat pateikimo trukmėmis kaip ir pirmajame eksperimente (be mirksėjimo, 5 ms, 7 ms, 10 ms, 12 ms, 15 ms, 17 ms, 20 ms, 25 ms ir 30 ms), bet pateikėme juos fazėje, t.y. stimulai įjungiami ir išjungiami buvo sinchroniškai. Eksperimente dalyvavo 4 tyrimo dalyviai. Standartizuoti eksperimento rezultatai (žr. Metodiką) pateikti 4.3.1 pav. Originalūs, nestandartizuoti rezultatai pateikti 1 Priede.



4.3.1 pav. 2-ojo eksperimento rezultatai: 4 tyrimo dalyvių standartizuoti vidutiniai dominavimo laikai. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje ($\Delta t(s)$) – standartizuotas vidutinis akies dominavimo laikas (s). Nulinis ordinačių ašies taškas žymi kiekvienos akies vidutinį dominavimo laiką, skaičiuojamą sumuojant visų stimulo pateikimo trukmių rezultatus. Skirtingų tiriamųjų duomenys pateikti atskiruose grafikuose. Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.

Iš 4.3.1 pav. matyti, kad ir stimulams mirksint fazėje, tarp išmatuotų vidutinių dominavimo trukmių išryškėja tam tikri statistiškai reikšmingi skirtumai, nors kreivės ekstremumų vietos ne visada atitinka pirmajame eksperimente nustatytas vietas. 4.3.1 lentelėje pateikiame poromis palygintų gretimų grafiko reikšmių reikšmingumo lygmenis.

4.3.1 lentelė. Antrojo eksperimento skirtumų tarp gretimų vidutinės dominavimo trukmės taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Mann-Whitney kriterijų nepriklausomoms imtims; skirtumus vertiname kaip statistškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu).

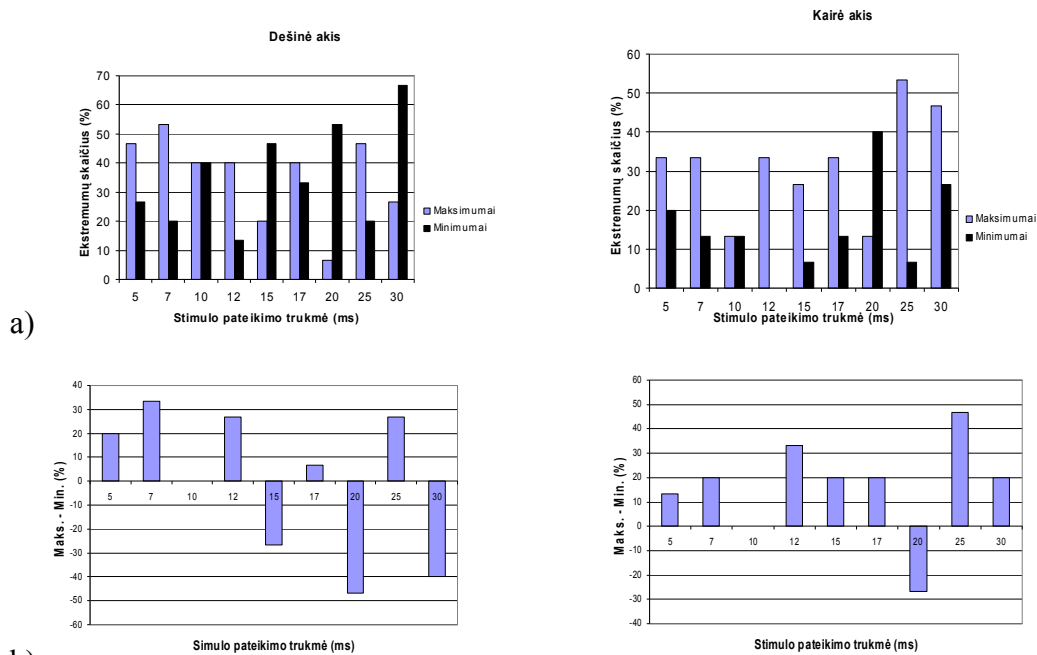
<i>Tyrimo dalyvis</i>	<i>Akis</i>	<i>Be mirks. – 5 ms.</i>	<i>5 ms – 7 ms</i>	<i>7 ms – 10 ms</i>	<i>10 ms – 12 ms</i>	<i>12 ms – 15 ms</i>	<i>15 ms – 17 ms</i>	<i>17 ms – 20 ms</i>	<i>20 ms – 25 ms</i>	<i>25 ms – 30 ms</i>
DN	Dešinė	0,529	0,063	0,922	0,670	0,019	0,015	0,000	0,000	0,059
	Kairė	0,060	0,011	0,216	0,464	0,470	0,936	0,003	0,000	0,273
LO	Dešinė	0,072	0,025	0,000	0,000	0,271	0,046	0,036	0,000	0,000
	Kairė	0,000	0,553	0,000	0,048	0,957	0,000	0,463	0,006	0,042
AS	Dešinė	0,004	0,057	0,695	0,272	0,757	0,767	0,840	0,751	0,497
	Kairė	0,210	0,838	0,341	0,010	0,077	0,866	0,100	0,175	0,328
RS	Dešinė	0,094	0,000	0,678	0,538	0,000	0,717	0,444	0,078	0,000
	Kairė	0,074	0,008	0,069	0,276	0,001	0,371	0,024	0,390	0,000

Funkcijos ekstremumų analizė

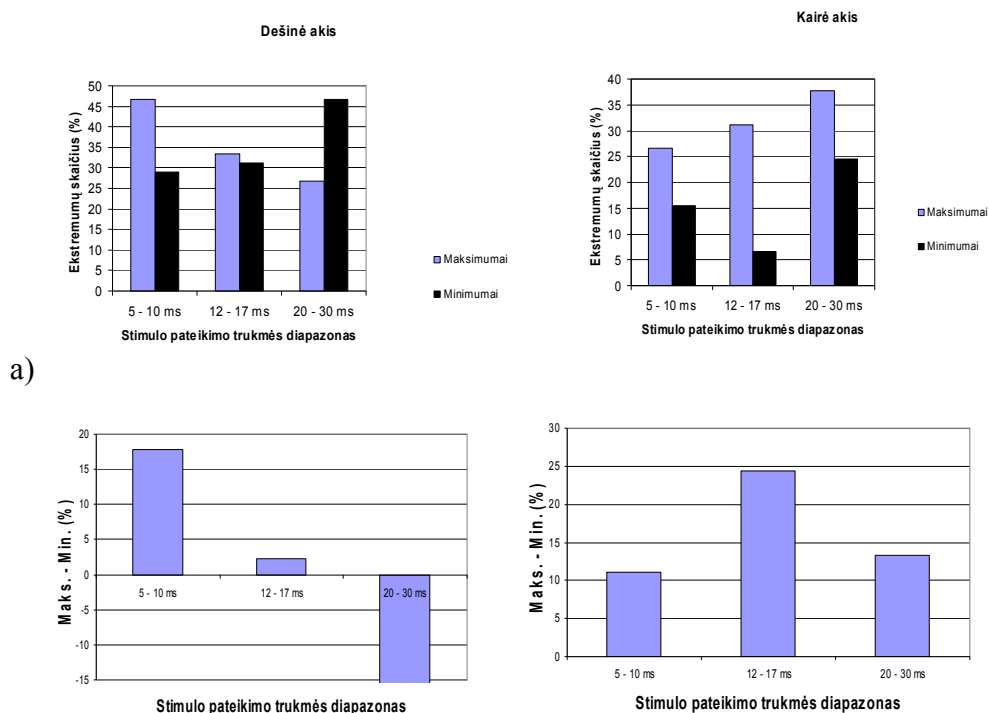
Lygindami dominavimo trukmių maksimumų ir minimumų tikimybę skirtinguose funkcijos diapazonuose, atlikome funkcijos ekstremumų analizę. Ekstremumą apibrėžėme kaip tašką, kuriame funkcijos pokytis keičia savo ženklą (minimumas: iš $-$ į $+$, maksimumas: iš $+$ į $-$; išsamiau žr. „Duomenų tvarkymą“ Metodologijoje). 4.3.2 lentelėje ir 4.3.2 – 4.3.3 pav. pateikiame ekstremumų skaičių, sumuotą ties kiekviena stimulo pateikimo trukme, taip pat – suskirsčius tirtąjį diapazoną į intervalus po 3 pateikimo trukmes. Ekstremumų skaičius sumuotas iš 15 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai).

4.3.2 lentelė. Funkcijos ekstremumų skaičiaus skirtinguose diapazonuose palyginimas. Ekstremumų kiekis skaičiuotas iš 15 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). Maks. – maksimumų skaičius tirtajame intervale (%); min. – minimumų skaičius tirtajame intervale (%). 2-3 ir 6-7 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis, skaičiuotas ties kiekviena stimulo pateikimo trukme atskirai. 4-5 ir 8-9 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis intervaluose po 3 pateikimo trukmes.

Stimulo pateikimo trukmė (ms)			5	7	10	12	15	17	20	25	30
Dešinė akis	9 intervalai	Maks.	46,67	53,33	40,00	40,00	20,00	40,00	6,67	46,67	26,67
		Min.	26,67	20,00	40,00	13,33	46,67	33,33	53,33	20,00	66,67
		Maks. – Min.	20,00	33,33	0,00	26,67	-26,67	6,67	-46,67	26,67	-40,00
	3 intervalai	Maks.	46,67			33,33			26,67		
		Min.	28,89			31,11			46,67		
		Maks. – Min.	17,78			2,22			-20,00		
Kairė akis	9 intervalai	Maks.	33,33	33,33	13,33	33,33	26,67	33,33	13,33	53,33	46,67
		Min.	20,00	13,33	13,33	0,00	6,67	13,33	40,00	6,67	26,67
		Maks. – Min.	13,33	20,00	0,00	33,33	20,00	20,00	-26,67	46,67	20,00
	3 intervalai	Maks.	26,67			31,11			37,78		
		Min.	15,56			6,67			24,44		
		Maks. – Min.	11,11			24,44			13,33		



4.3.2 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas. Duomenys iš 15 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.3.2 lentelę).

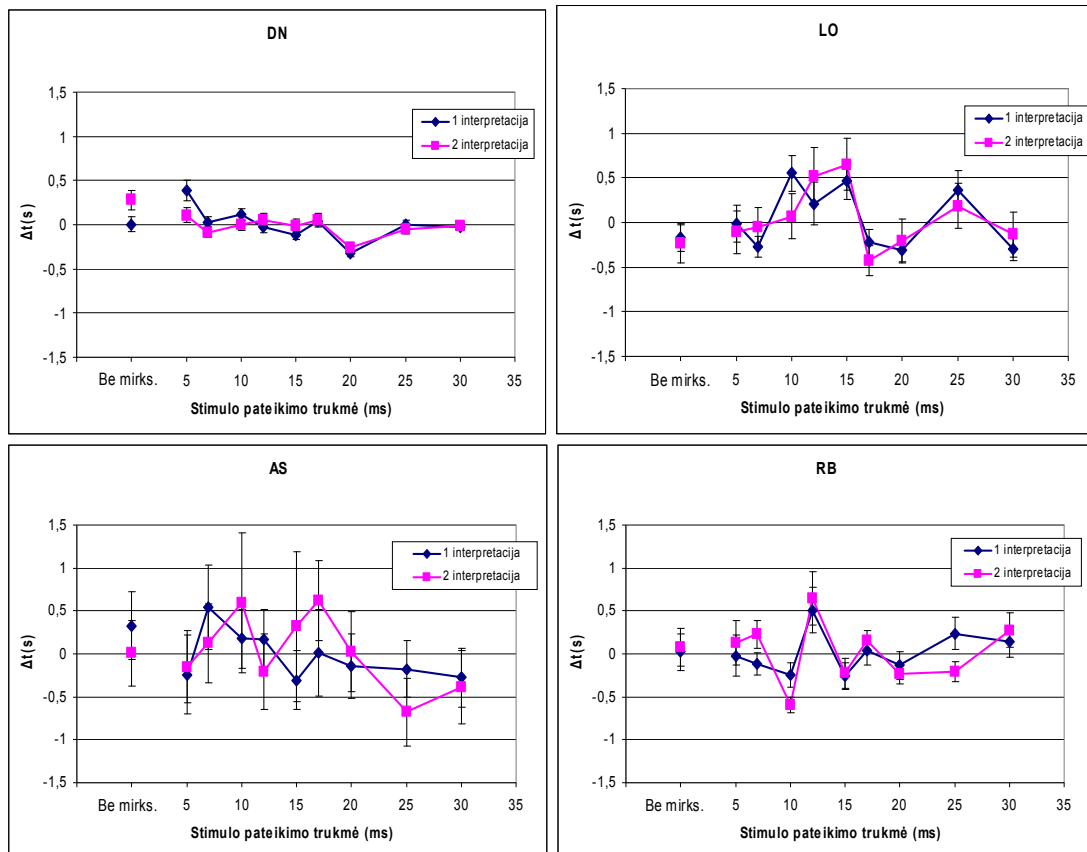


4.3.3 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas intervalais po 3 pateikimo trukmes. Duomenys iš 16 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.2.3 lentelę).

Iš 4.3.2 lentelės ir 4.3.2 – 4.3.3 pav. matyti, kad esant trumpoms stimulo pateikimo trukmėms (5 – 10 ms), kaip ir pirmajame eksperimente, vyrauja maksimumai (4.3.3 pav. a, b). Skirtingai negu pirmojo eksperimento duomenyse, šiame intervale nuo gretimų reikšmių nebesiskiria 5 ms tendencija. Ties 7 ms, kaip ir pirmajame eksperimente, vyrauja maksimumas, tačiau tik dešinės akies duomenyse jis kiek labiau išsiskiria iš kitų pateikimo trukmių. Kituose intervaluose (15 – 30 ms) tendencijos skiriasi vienoje ir kitoje akyje. Viduriniajame intervale (12 – 17 ms) kairėje akyje tebevyrauja maksimumai, o dešinėje maksimumų ir minimumų skaičius yra panašus. 20 – 30 ms intervale dešinėje akyje dažniau pasitaiko minimumai (išskyrus 25 ms), kairėje – maksimumai (išskyrus 20 ms). 20 ms reikšmė kairėje akyje ir 25 ms dešinėje išsiskiria iš gretimų, nes čia vyrauja priešingos krypties tendencija. Verta pastebėti, kad dešinėje akyje bendra ekstremumų pasiskirstymo tendencija išlieka panaši, kaip ir pirmajame eksperimente – trumpų pateikimo trukmių diapazone vyrauja maksimumai, viduriniajame maksimumų ir minimumų skaičius yra panašus, o esant ilgoms pateikimo trukmėms vyrauja minimumai. Kairės akies duomenyse ši tendencija neišryškėja.

4.4 3 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka dviprasmių figūrų suvokimo vidutinei dominavimo trukmei

Trečiąjį eksperimentą sukonstravome norėdami patikrinti, ar dominavimo trukmių skirtumai, užfiksuoti akių konkurencijos atveju, pasireiškia ir su kitomis nestabilaus suvokimo formomis. Stimulų pateikimo pobūdį pasirinkome analogišką naudotajam pirmajame eksperimente: pateikėme 5 – 30 ms stimulus, mirksinčius priešfazėje. Kaip regimąjį stimulą pasirinkome Necker'io kubą – vieną populiariausių iš dviprasmių figūrų. Į abi akis pateikėme vienodą regimąjį vaizdą, ir mygtuko nuspaudimu / atleidimu fiksavome, kurią iš dviejų galimų kubo interpretacijų tyrimo dalyvis kiekvienu momentu matė. Šiuo atveju mygtuko nuspaudimo trukmės rodė ne vienos akies, o vienos iš vaizdo interpretacijų dominavimo laiką. Eksperimente dalyvavo 4 tyrimo dalyviai. Standartizuoti eksperimento rezultatai (žr. Metodiką) pateikti 4.4.1 pav. Originalūs, nestandartizuoti rezultatai pateikti 1 Priede.



4.4.1 pav. 3-ojo eksperimento rezultatai: 4 tyrimo dalyvių standartizuoti vidutiniai dominavimo laikai. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje ($\Delta t(s)$) – standartizuotas vidutinis vienos kubo interpretacijos dominavimo laikas (s). Nulinis ordinačių ašies taškas žymi kiekvienos interpretacijos vidutinį dominavimo laiką, skaičiuojamą sumuojant visų stimulo pateikimo trukmių rezultatus. Skirtingų tiriamųjų duomenys pateikti atskiruose grafikuose. Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.

Iš 4.4.1 pav. matyti, kad stimulo pateikimo trukmių pokyčiai veikia ir dviprasmių figūrų interpretacijų dominavimo laikų pokyčius. Tarp išmatuotų vidutinių dominavimo trukmių išryškėja tam tikri statistiškai reikšmingi skirtumai. Daugeliu atveju absoliučios dominavimo trukmės reikšmės šiame eksperimente buvo didesnės negu bandymuose su akių konkurencija (žr. 1 Priedą LO, AS, RB). Taip pat tiriamųjų apklausa parodė, kad šiuo atveju dažniau pasitaikydavo tarpinės suvokinio formos, kuomet tiriamiesiems buvo sunku nuspręsti, kurią iš dviejų interpretacijų jie šiuo momentu mato. Dėl to dažnai buvo didesnis duomenų išsibarstymas (tai ypač ryšku AS grafike). 4.4.1 lentelėje pateikiame poromis palygintų gretimų grafiko reikšmių reikšmingumo lygmenis.

4.4.1 lentelė. Trečiojo eksperimento skirtumų tarp gretimų vidutinės dominavimo trukmės taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Mann-Whitney U kriterijų nepriklausomoms imtims; skirtumus vertinome kaip statistiškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistiškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu).

<i>Tyrimo dalyvis</i>	<i>Interpretacija</i>	<i>Be mirks. – 5 ms.</i>	<i>5 ms – 7 ms</i>	<i>7 ms – 10 ms</i>	<i>10 ms – 12 ms</i>	<i>12 ms – 15 ms</i>	<i>15 ms – 17 ms</i>	<i>17 ms – 20 ms</i>	<i>20 ms – 25 ms</i>	<i>25 ms – 30 ms</i>
DN	1	0,015	0,335	0,373	0,084	0,386	0,050	0,000	0,000	0,689
	2	0,509	0,199	0,075	0,763	0,895	0,497	0,000	0,000	0,652
LO	1	0,994	0,615	0,001	0,058	0,121	0,005	0,891	0,011	0,030
	2	0,582	0,749	0,730	0,520	0,397	0,006	0,938	0,079	0,096
AS	1	0,116	0,133	0,886	0,760	0,362	0,896	0,904	0,884	0,841
	2	0,616	0,630	0,922	0,604	0,922	0,106	0,253	0,245	0,590
RB	1	0,901	0,087	0,220	0,039	0,010	0,022	0,093	0,095	0,787
	2	0,874	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,610	0,111

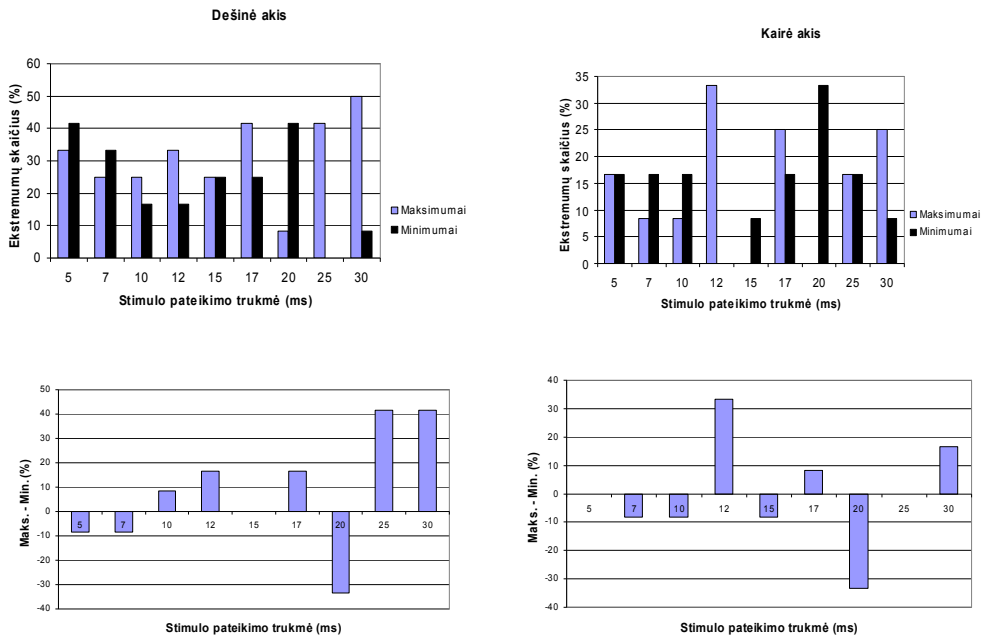
Funkcijos ekstremumų analizė

4.4.2 lentelėje ir 4.4.2 – 4.4.3 pav. pateikiame ekstremumų skaičių, sumuotą ties kiekviena stimulo pateikimo trukme, taip pat – suskirsčius tirtąjį diapazoną į intervalus po 3 pateikimo trukmes. Ekstremumų skaičius sumuotas iš 12 eksperimento (4 tyrimo dalyviai).

4.4.2 lentelė. Funkcijos ekstremumų skaičiaus skirtinguose diapazonuose palyginimas. Ekstremumų kiekis skaičiuotas iš 12 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). Maks. – maksimumų skaičius tirtajame intervale (%); min. – minimumų skaičius tirtajame intervale (%). 2-3 ir 6-7 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis, skaičiuotas ties kiekviena stimulo pateikimo trukme atskirai. 4-5 ir 8-9 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis intervaluose po 3 pateikimo trukmes.

Stimulo pateikimo trukmė (ms)			5	7	10	12	15	17	20	25	30
Dešinė akis	9 intervalai	Maks.	33,33	25,00	25,00	33,33	25,00	41,67	8,33	41,67	50,00
		Min.	41,67	33,33	16,67	16,67	25,00	25,00	41,67	0,00	8,33
		Maks. – Min.	-8,33	-8,33	8,33	16,67	0,00	16,67	-33,33	41,67	41,67
	3 intervalai	Maks.	27,78			33,33			33,33		
		Min.	30,56			22,22			16,67		
		Maks. – Min.	-2,78			11,11			16,67		
Kairė akis	9 intervalai	Maks.	16,67	8,33	8,33	33,33	0,00	25,00	0,00	16,67	25,00
		Min.	16,67	16,67	16,67	0,00	8,33	16,67	33,33	16,67	8,33
		Maks. – Min.	0,00	-8,33	-8,33	33,33	-8,33	8,33	-33,33	0,00	16,67
	3 intervalai	Maks.	11,11			19,44			13,89		
		Min.	16,67			8,33			19,44		
		Maks. – Min.	-5,56			11,11			-5,56		

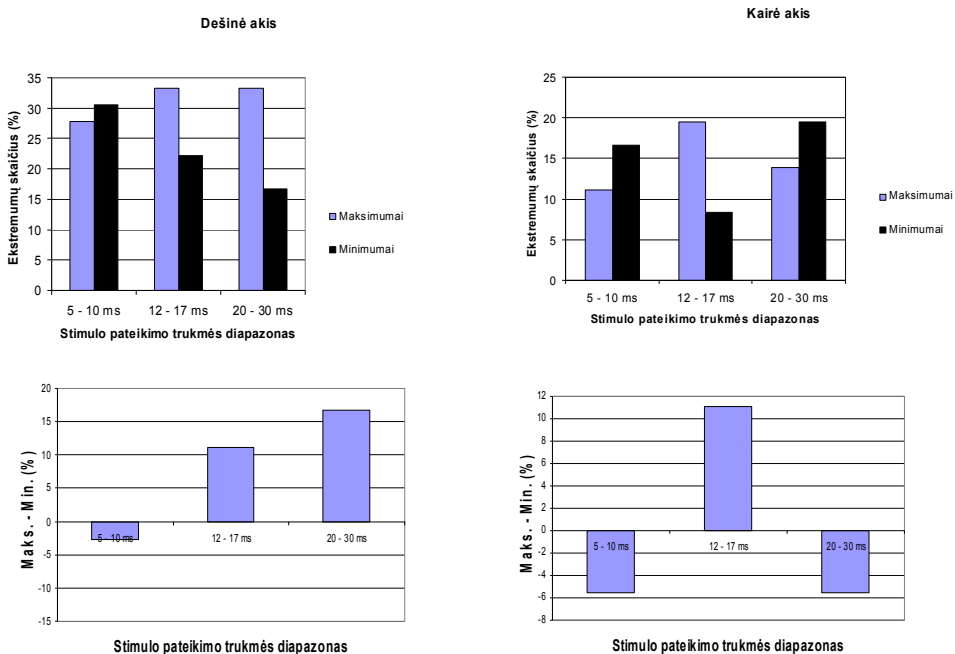
a)



b)

4.4.2 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas. Duomenys iš 12 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.4.2 lentelę).

a)



b)

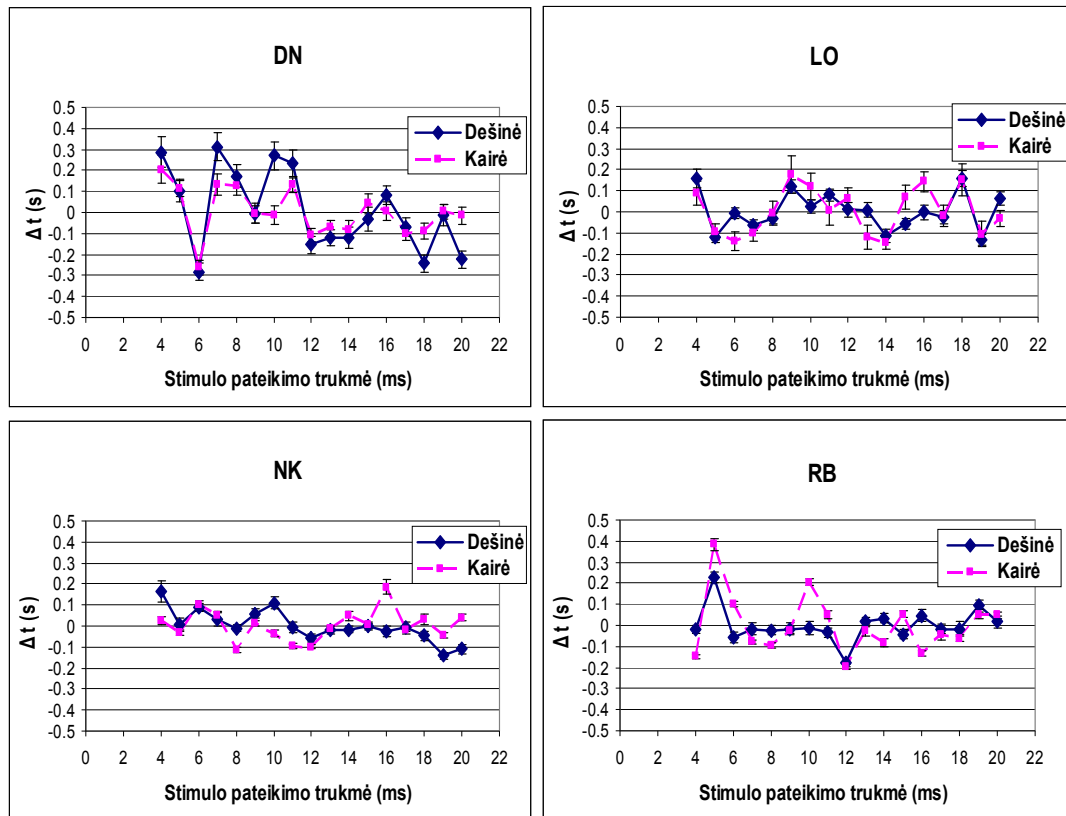
4.4.3 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas intervalais po 3 pateikimo trukmes. Duomenys iš 12 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.4.2 lentelę).

Iš 4.4.2 lentelės ir 4.4.2 – 4.4.3 pav. matyti, kad esant trumpoms stimulo pateikimo trukmėms (5 – 10 ms) vyrauja minimumai. Ši tendencija skiriasi nuo užfiksuotosios pirmajame ir antrajame eksperimentuose. Viduriniajame ir ilgų pateikimo trukmių intervaluose tendencija nėra vieninga. 12 – 17 ms intervale dažniau pasitaiko maksimumai (ši tendencija ryškesnė kairės akies duomenyse). 20 – 30 ms intervale dešinėje akyje dažnesni maksimumai, kairėje – minimumai.

4.5 4 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant *priešfazėje* mirksinčius 4 – 20 ms trukmės stimulus, pateikimo trukmę keičiant 1 ms žingsniu

Vidutinės dominavimo trukmės vidurkių palyginimas

Ketvirtajame eksperimente atlikome matavimus su mirksinčiais stimulais, kurių pateikimo trukmę keitėme kas vieną milisekundę nuo 4 ms iki 20 ms (17 reikšmių.). Eksperimente dalyvavo 4 tyrimo dalyviai. Standartizuoti eksperimento rezultatai (žr. Metodiką) pateikti 4.5.1 pav. Originalūs, nestandartizuoti rezultatai pateikti 1 Priede.



4.5.1 pav. 4-ojo eksperimento rezultatai: 4 tyrimo dalyvių standartizuoti vidutiniai dominavimo laikai. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje ($\Delta t(s)$) – standartizuotas vidutinis akies dominavimo laikas (s). Nulinis ordinačių ašies taškas žymi kiekvienos akies vidutinį dominavimo laiką, skaičiuojamą sumuojant visų stimulo pateikimo trukmių rezultatus. Skirtingų tiriamųjų duomenys pateikti atskiruose grafikuose. Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.

4.5.1 lentelėje pateikiame poromis palygintų gretimų grafiko reikšmių reikšmingumo lygmenis.

4.5.1 lentelė. Penktojo eksperimento skirtumų tarp gretimų vidutinės dominavimo trukmės taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Mann-Whitney kriterijų nepriklausomoms imtims; skirtumus vertiname kaip statistiškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistiškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu).

<i>Tyrimo dalyvis</i>	<i>Akis</i>	<i>4 ms – 5 ms</i>	<i>5 ms – 6 ms</i>	<i>6 ms – 7 ms</i>	<i>7 ms – 8 ms</i>	<i>8 ms – 9 ms</i>	<i>9 ms – 10 ms</i>	<i>10 ms – 11 ms</i>	<i>11 ms – 12 ms</i>
DN	Dešinė	0.117	0.000	0.000	0.131	0.007	0.005	0.723	0.000
	Kairė	0.668	0.000	0.000	0.971	0.027	0.859	0.003	0.000
LO	Dešinė	0.000	0.003	0.145	0.325	0.000	0.058	0.317	0.009
	Kairė	0.019	0.157	0.307	0.320	0.484	0.341	0.008	0.010
NK	Dešinė	0.025	0.000	0.000	0.079	0.016	0.666	0.001	0.131
	Kairė	0.294	0.000	0.182	0.000	0.000	0.008	0.003	0.990
RB	Dešinė	0.000	0.000	0.371	0.775	0.545	0.933	0.829	0.000
	Kairė	0.000	0.000	0.000	0.181	0.002	0.000	0.000	0.000
<i>Tyrimo dalyvis</i>	<i>Akis</i>	<i>12 ms – 13 ms</i>	<i>13 ms – 14 ms</i>	<i>14 ms – 15 ms</i>	<i>15 ms – 16 ms</i>	<i>16 ms – 17 ms</i>	<i>17 ms – 18 ms</i>	<i>18 ms – 19 ms</i>	<i>19 ms – 20 ms</i>
DN	Dešinė	0.260	0.532	0.225	0.032	0.002	0.005	0.000	0.001
	Kairė	0.321	0.196	0.029	0.634	0.078	0.914	0.010	0.383
LO	Dešinė	0.816	0.010	0.083	0.876	0.898	0.000	0.000	0.000
	Kairė	0.000	0.448	0.015	0.094	0.027	0.106	0.001	0.017
NK	Dešinė	0.067	0.323	0.633	0.197	0.331	0.006	0.001	0.193
	Kairė	0.000	0.084	0.221	0.000	0.000	0.817	0.978	0.000
RB	Dešinė	0.000	0.463	0.024	0.006	0.051	0.535	0.028	0.033
	Kairė	0.000	0.146	0.000	0.000	0.022	0.760	0.003	0.660

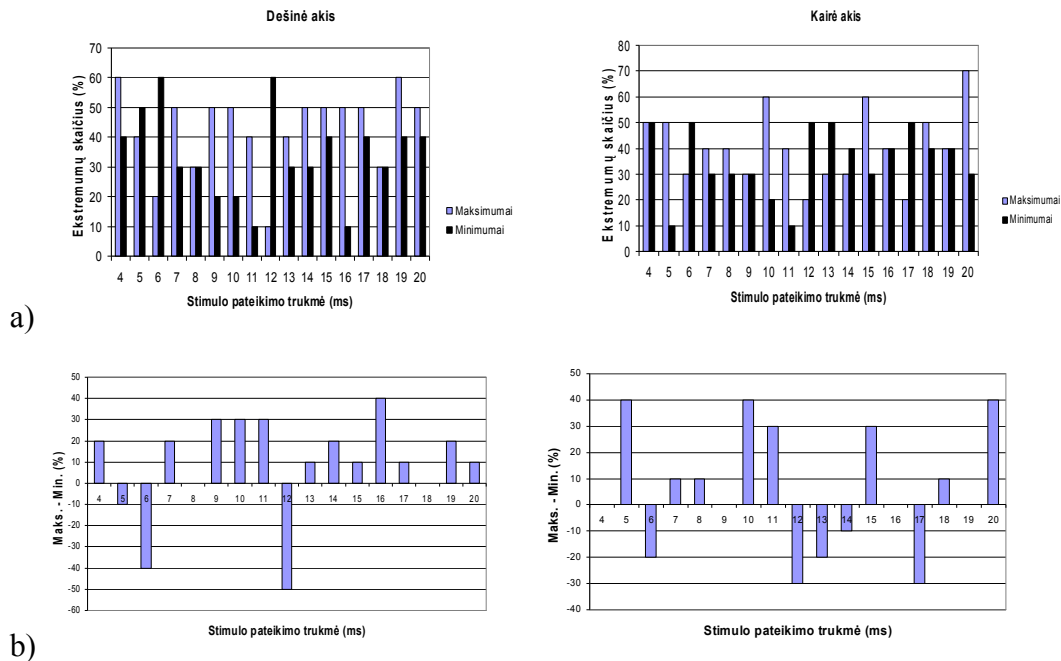
Iš 4.5.1 pav. ir 4.5.1 lentelės matyti, kad tarp kai kurių stimulo pateikimo trukmės reikšmių išryškėja statistiškai reikšmingi skirtumai. Norėdami išsamiau panagrinėti reikšmes, ties kuriomis atsiranda didžiausi skirtumai, atlikome funkcijos ekstremumų analizę

Funkcijos ekstremumų analizė

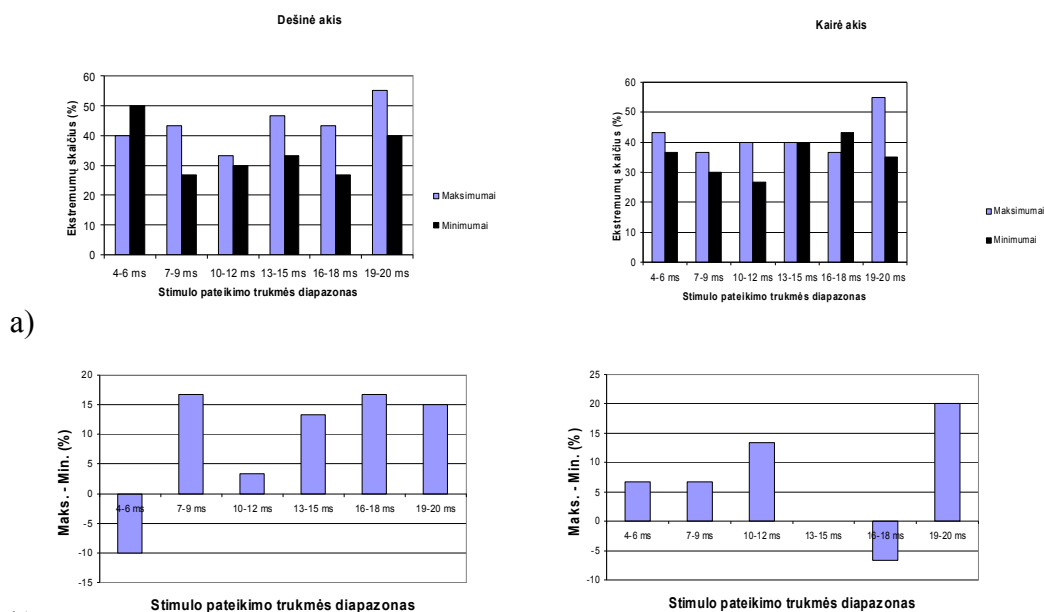
4.5.2 lentelėje ir 4.5.2 – 4.5.3 pav. pateikiame ekstremumų skaičių, sumuotą ties kiekviena stimulo pateikimo trukme, taip pat – suskirsčius tirtąjį diapazoną į intervalus po 3 pateikimo trukmes. Ekstremumų skaičius sumuotas iš 10 eksperimento (4 tyrimo dalyviai).

4.5.2 lentelė. Funkcijos ekstremumų skaičiaus skirtinguose diapazonuose palyginimas. Ekstremumų kiekis skaičiuotas iš 10 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). Maks. – maksimumų skaičius tirtajame intervale (%); min. – minimumų skaičius tirtajame intervale (%). 2-3 ir 6-7 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis, skaičiuotas ties kiekviena stimulo pateikimo trukme atskirai. 4-5 ir 8-9 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis intervaluose po 3 pateikimo trukmes (išskyrus 19-20 ms intervalą).

	Dešinė akis						Kairė akis					
	17 intervalų			6 intervalai			17 intervalų			6 intervalai		
	Maks.	Min.	Maks. – Min.	Maks.	Min.	Maks. – Min.	Maks.	Min.	Maks. – Min.	Maks.	Min.	Maks. – Min.
4	60	40	20	40	50	-10	50	50	0	43,33	36,67	6,67
5	40	50	-10				50	10	40			
6	20	60	-40				30	50	-20			
7	50	30	20	43,33	26,67	16,67	40	30	10	36,67	30,00	6,67
8	30	30	0				40	30	10			
9	50	20	30				30	30	0			
10	50	20	30	33,33	30,00	3,33	60	20	40	40,00	26,67	13,33
11	40	10	30				40	10	30			
12	10	60	-50				20	50	-30			
13	40	30	10	46,67	33,33	13,33	30	50	-20	40,00	40,00	0,00
14	50	30	20				30	40	-10			
15	50	40	10				60	30	30			
16	50	10	40	43,33	26,67	16,67	40	40	0	36,67	43,33	-6,67
17	50	40	10				20	50	-30			
18	30	30	0				50	40	10			
19	60	40	20	55,00	40,00	15,00	40	40	0	55,00	35,00	20,00
20	50	40	10				70	30	40			



4.5.2 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas. Duomenys iš 12 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.5.2 lentelę).



4.5.3 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto pateikiant skirtingos trukmės stimulus, palyginimas intervalais po 3 pateikimo trukmes (išskyrus 19-20 ms intervalą). Duomenys iš 12 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas pateikiant skirtingų trukmių stimulus (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą pateikiant nurodytos trukmės stimulą, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.5.2 lentelę).

Iš 4.5.2 lentelės ir 4.5.2 – 4.5.3 pav. matyti nevienodas funkcijos ekstremumų pasiskirstymas tarp pateikiant skirtingos trukmės stimulus. Ryškesnis maksimumų vyravimas 7 – 11 ms intervale. Kituose intervaluose tendencija nėra vieninga tarp akių. Išryškėja intervalai, kuriuose vyrauja vienos rūšies ekstremumai (maksimumai arba minimumai), tačiau tų intervalų ilgis nėra pastovus ir/arba skiriasi dešinėje ir kairėje akyse. Kadangi šiame eksperimente naudotų stimulų trukmių intervalas persidengia su pirmajame eksperimente naudotu intervalu, naudingos informacijos apie ekstremumų vietų pastovumą suteikia palyginimas su pirmojo eksperimento duomenimis. Abiejų akių duomenyse 4 iš 7 sutampančių stimulo pateikimo trukmių maksimumų/ar minimumų vyravimo tendencija pasikartoja: pateikiant 7, 10, 12 ms stimulus, dažnesni yra maksimumai, o pateikiant 12 ms – minimumai. Dar ties viena reikšme (dešinės akies 5 ms ir kairės akies 15 ms) tendencijos pakartojamumą sunku įvertinti, nes pirmame eksperimente vyravo maksimumų ir minimumų dažnis buvo vienodas, o ketvirtajame – vyravo maksimumai ar minimumai.

Stimulų trukmių parinkimas vienodu žingsniu kas 1 ms ketvirtajame eksperimente leidžia tiksliau įvertinti funkcijos ekstremumų periodiškumo galimybę. Iš 4.5.2 lentelės ir 4.5.2 – 4.5.3 pav. matyti, kad maksimumų ir minimumų dažniai nėra pasiskirstę tolygiai. Kas 4 – 6 ms pasikartoja didesnė tai maksimumų, tai minimumų tikimybė. Pvz. 4.5.2 pav. Dešinės akies grafike matyti, kad pateikiant 4 ms stimulą, dažnesni buvo funkcijos maksimumai, ties 5 ir 6 ms dažnesni yra minimumai, o ties 7 ms – 10 ms intervale – vėl maksimumai. Panašus pasikartojamumas būdingas ir tolesniame intervale, taip pat ir kairės akies duomenyse. Vis dėlto, didesnės maksimumų ar minimumų tikimybės pasikartojimo žingsnis nėra pastovus (4 – 6 ms), ir galbūt dėl to periodiškumas neišryškėja 4.5.3 pav. kuriame sumuoti pastovaus dydžio didesnės apimties intervalai.

4.6 1 - 4 eksperimentų rezultatų aptarimas

1 – 4 eksperimentuose nustatėme statistiškai reikšmingus skirtumus tarp daugelio vidutinių dominavimo trukmių, pateikiant nevienodos trukmės stimulus. Pirmajame eksperimente išryškėjo funkcijos maksimumų ir minimumų dažnių skirtumai tarp skirtingų stimulo pateikimo trukmių diapazonų: maksimumai buvo dažniausi 7 – 10 ms intervale, 12 – 17 ms intervale ekstremumai nebuvo tokie ryškūs,

o 20 – 25 ms intervale maksimumų ir minimumų vyravimo tendencijos skyrėsi dešinėje ir kairėje akyse. Tačiau ketvirtasis eksperimentas, pateikiant kas 1 ms besiskiriančius stimulus parodė, kad ekstremumų tikimybė šių intervalų viduje nėra pastovi. 7 – 10 ms intervale išlieka maksimumų vyravimo tendencija, tačiau panašu, kad šis „maksimumų intervalas“ pasiekia ir 11 ms. Žvelgiant į visą, tirtąją diapazoną, galima pastebėti, kad kas 4 – 6 ms maksimumų/ar minimumų vyravimo tikimybė pasikeičia. Šie intervalai nėra pastovaus ilgio, todėl juos gali būti sunku išvelgti dalijant tiriamą diapazoną vienodo dydžio intervalais. Pvz. 7 – 10 ms intervalas, kuriame dažnesni buvo maksimumai ir pirmajame, ir ketvirtajame eksperimentuose, gali būti vienas iš periodiškai pasikartojančių didesnės maksimumų tikimybės intervalų. Kadangi tų intervalų ilgis nėra pastovus, gali būti sunku atsekti vieningas tendencijas lyginant dominavimo trukmes tarp pavienių dažnių.

Faktorinė analizė parodė, kad egzistuoja daugiau negu vienas faktorius, lemiantis akių konkurencijos vidutinę dominavimo trukmę. Iš turimų duomenų sunku pasakyti, kokie būtent tai yra faktoriai, tačiau gali būti, kad be stimulų mirksėjimo dažnio įtakos mūsų duomenyse fiksavome ir kitų veiksnių įtaką. Vidutinės dominavimo trukmės pokyčius, neveikiant stimulo mirksėjimo dažniui, atidžiau analizavome atlikdami matavimus su nemirksinčiais (ištiesai šviečiančiais) stimulais (žr. toliau).

Kuomet stimulai buvo pateikiami fazėje (antrasis eksperimentas), taip pat nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp kai kurių dominavimo trukmių prie skirtingų stimulų pateikimo trukmių. Funkcijos ekstremumų pasiskirstymo tendencija buvo panaši, kaip ir pirmajame eksperimente, pvz. dešinės akies duomenyse 5 – 10 ms intervale vyravo maksimumai, 12 – 17 ms intervale ekstremumų skaičius buvo nedidelis, o 20 – 30 ms intervale daugiau buvo minimumų. Kairės akies duomenyse gana ryškiai tarp pirmojo ir antrojo eksperimentų skyrėsi 12 – 17 ms intervalas – antrajame čia daug dažniau pasitaikė maksimumai.

Trečiajame eksperimente stimulų pateikimo trukmės įtaką vidutinei dominavimo trukmei tyrėme naudodami dviprasmio suvokimo figūrą – Nekerio kubą. Stimulai į abi akis šiuo atveju buvo pateikti vienodi, todėl stimuliacijos vienoje ir kitoje akyje skirtumai galėjo atsirasti tik dėl stimulų laikinio išdėstymo skirtumų (mirksėjimas priešfazėje). Kadangi vienas iš esminių skirtumų tarp dviprasmių figūrų ir akių konkurencijos yra binokulinių skirtumų nebuvimas pirmųjų atveju, faktas, kad

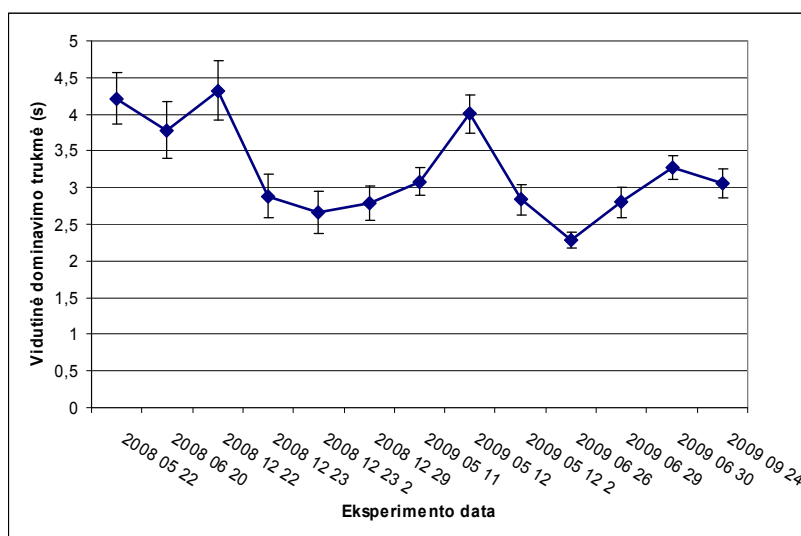
trečiajame eksperimente užfiksuoti panašaus lygio dominavimo trukmės skirtumai kaip ir eksperimentuose su akių konkurencija, gali rodyti, kad šiuos skirtumus lėmė ne žemesniojo lygio monokulinių kanalų darbo skirtumai, o nervų sistemos kanalai, apdorojantys jau sujungtą informaciją iš abiejų akių. Daugeliu atveju absoliučios dominavimo trukmės reikšmės šiame eksperimente buvo didesnės negu bandymuose su akių konkurencija (žr. 1 Priedą LO, AS, RB). Taip pat suvokiant dviprasmes figūras intervalas, kuriame dažniausiai pasitaikė maksimumai, buvo pasislinkęs ilgesnių pateikimo trukmių link (7 – 11 ms akių konkurencijos atveju ir 12 – 17 ms ar 20 – 30 ms (priklausomai nuo akies) dviprasmių figūrų atveju). Gali būti, kad šie du faktai yra susiję. Jei suvokimo apsisvertimai nestabilaus suvokimo atveju yra susiję su tam tikru kiekiu informacijos, kuri turi būti surinkta sprendimui apie suvokiamo vaizdo interpretaciją padaryti, dominavimo trukmių skirtumai gali rodyti, kad ši informacija buvo nevienodai greitai surinkta esant skirtingoms stimulo pateikimo trukmėms.

Tiriamųjų apklausa parodė, kad suvokiant dviprasmes figūras dažniau pasitaikydavo tarpinės suvokinio formos, kuomet tiriamiesiems buvo sunku nuspręsti, kurią iš dviejų interpretacijų jie šiuo momentu mato. Dėl to dažnai buvo didesnis duomenų išsibarstymas, ir tai trukdo daryti aiškesnes išvadas apie stimulų mirksėjimo dažnio įtaką.

Kaip galėtume apibendrinti 1 – 4 eksperimentų rezultatus? Nors norėtusi konstatuoti stimulų pateikimo trukmės įtaką vidutinei dominavimo trukmei, aiškesnes išvadas daryti trukdo tai, kad vidutinės dominavimo trukmės yra labai nestabilios laike. Savo tyrime užfiksavome gana didelius individualius skirtumus tarp tyrimo dalyvių, be to, net ir to paties tyrimo dalyvio matavimuose buvo gana dideli svyravimai valandos, paros eigoje ir didesniais laiko periodais. Akių konkurencijos vidutinės dominavimo trukmės svyravimai didesnėje laiko skalėje (valandos, paros ar savaitės bėgyje) nėra sistemingai tyrinėti (Suzuki, Grabowecki, 2007, žr. toliau tekste; Blake, asmeninis susirašinėjimas). Jei mūsų tyrime vidutinė dominavimo trukmė nemažu mastu kito ir ne dėl mūsų eksperimentinio poveikio, tai galėjo trukdyti mums tiksliau nustatyti mirksėjimo dažnio įtaką. Dėl to nutarėme atlikti papildomus eksperimentus, kuriais patyrinėjome vidutinės dominavimo trukmės kitimą per laiką ir stimulų mirksėjimo dažnio įtakos pastovumą.

4.7 5 eksperimentas: akių konkurencijos trukmių laikinė dinamika

Atidesnė duomenų analizė parodė, kad vidutinė dominavimo trukmė nėra stabili, o jos reikšmės gana smarkiai kinta įvairiose laiko skalėse – vienos matavimo serijos bėgyje, vieno eksperimento metu ir per ilgesnį laiką – tarp eksperimentų (ž. 4.7.1 pav.). Visuose šiuose lygiuose duomenų svyravimo mastas yra panašus ir siekia iki 2 s.



4.7.1 pav. Vieno tyrimo dalyvio vidutinės dominavimo trukmės, užfiksuotos pateikiant nemirksintį stimulą įvairių eksperimentų metu. Vertikaliais brūkšneliais pažymėti 95 % pasikliautiniai intervalai.

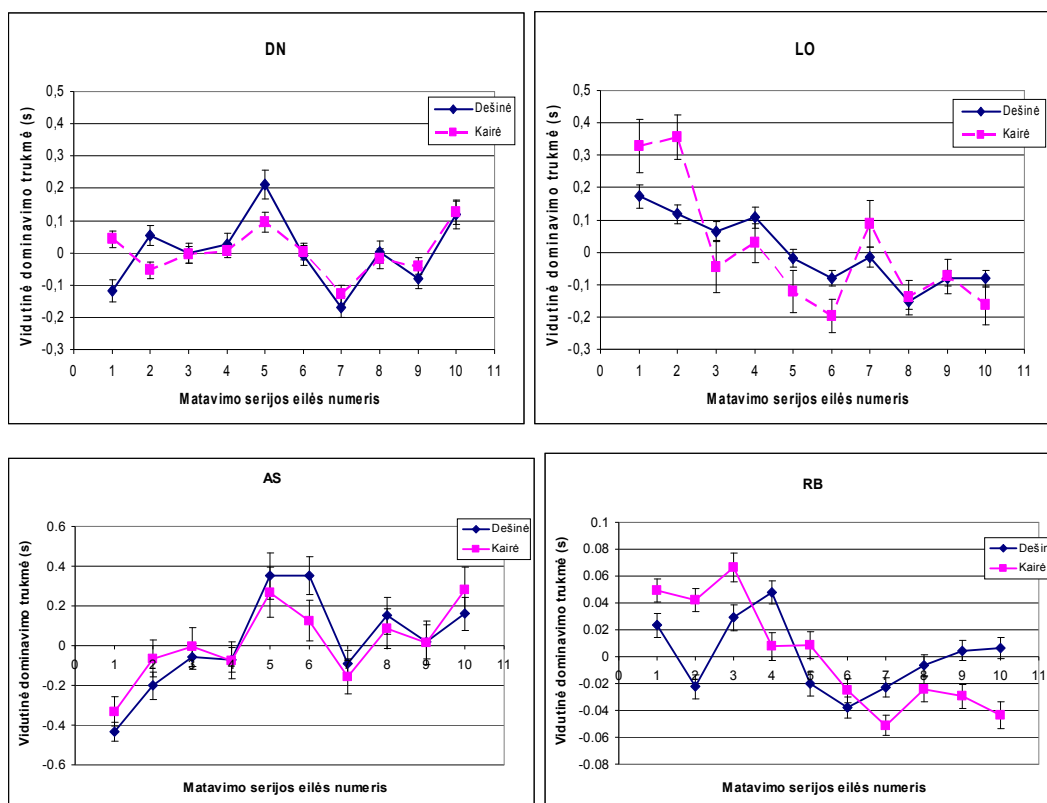
Toks dominavimo trukmių kitimas laike nėra sistemingai tyrinėtas (R.Blake, asmeninis susirašinėjimas). Pavyko aptikti tik vieną neseniai aptiktą tyrimą, sistemingiau aprašiusį akių konkurencijos dažnių kitimą ilgesniame laiko intervale¹. Suzuki, Grabowecki (2007) tyrė, kaip akių kokių konkurencijos dažniai kinta 1) 20 s matavimo serijos metu, 2) vienos valandos eksperimento metu (20 matavimo serijų po 20 s su 3 min. pauzėmis tarp matavimo serijų) ir 3) tarp eksperimentų (14 – 40 eksperimentų su vidutiniu 1,7 d. tarpu tarp jų). Autoriai padarė išvadą, kad suvokimo vartymosi dažnis 1) vienos 20 s trukmės matavimo serijos metu paprastai laipsniškai mažėja 2) vieno eksperimento metu sistemingai nekinta ir 3) tarp eksperimentų, mėnesio bėgyje, sistemingai didėja (fenomenas, pavadintas „konkurencijos

¹ Akių konkurencijos dažnis – priešingas dydis mūsų vertintai akių konkurencijos trukmei. Vertinama, vidutiniškai kiek kartų per sekundę vyksta suvokimo pasikeitimas.

greitėjimu“). Autoriai aptaria gautus rezultatus ir svarsto apie galimas šių konkurencijos dažnių kitimų priežastis.

Analizuodami savo eksperimentų duomenis vienos matavimo serijos metu, kaip ir Suzuki, Grabowecki (2007), savo duomenyse pastebėjome dažną tendenciją vidutinėms dominavimo trukmėms ilgėti (suvokimo kaitaliojimosi dažniui mažėti). Per ilgesnį laiką (tarp eksperimentų, 13 pav.), kaip ir cituojamo tyrimo autoriai, pastebime „konkurencijos greitėjimą“. Vidurkių kitimą tarp matavimo serijų (vieno eksperimento metu; valandos bėgyje) tiksliau įvertinti trukdė tai, kad skirtingose matavimo serijose pateikėme skirtingus stimulus (skirtingos pateikimo trukmės). Norėdami tiksliau įvertinti akių konkurencijos vidutinės dominavimo trukmės kitimą įvairiose laiko skalėse, sukūrėme modelį, kuris padėjo išsamiau panagrinėti įvairaus lygio svyravimų įtaką eksperimento rezultatams (2 priedas), ir atlikome specialų eksperimentą, kuriame daug kartų pateikėme *nemirksinčius* stimulus.

Eksperimentą suformavome taip, kad jis savo struktūra būtų kuo panašesnis į pagrindinius mūsų eksperimentus, tik visi stimulai buvo pateikiami nemirksintys (šviečiantys ištisai). Keturi tyrimo dalyviai atliko po 4-5 eksperimentus, kiekviename iš kurių buvo 10 matavimo serijų po 3 min. Rezultatus iš tų 5 eksperimentų suvidurkinome pagal matavimo serijas (visas pirmas matavimo serijas, visas antras ir t.t.). Rezultatai pateikti 4.7.2 pav. ir 4.7.1 lentelėje.



4.7.2 pav. Eksperimento su ištisai šviečiančiais stimuli rezultatai: 4 tyrimo dalyvių standartizuotos vidutinės dominavimo trukmės. Visi stimuli buvo pateikti be mirksėjimo (ištisai šviečiantys). Dominavimo trukmės iš kelių eksperimentų sujungtos pagal pateikimo eilės numerį. Abscisių ašyje – stimulus eilės numeris sekoje, ordinačių ašyje – standartizuotas vidutinis akies dominavimo laikas (s). Nulinis ordinačių ašies taškas žymi kiekvienos akies bendrą vidutinį dominavimo laiką. Atskirų tyrimų duomenys pateikti atskiruose grafikuose. Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.

4.7.1 lentelė. Eksperimento su ištisai šviečiančiais stimuli skirtumų tarp gretimų vidutinės dominavimo trukmės taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Mann-Whitney kriterijų nepriklausomoms imtims; skirtumus vertinome kaip statistškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu).

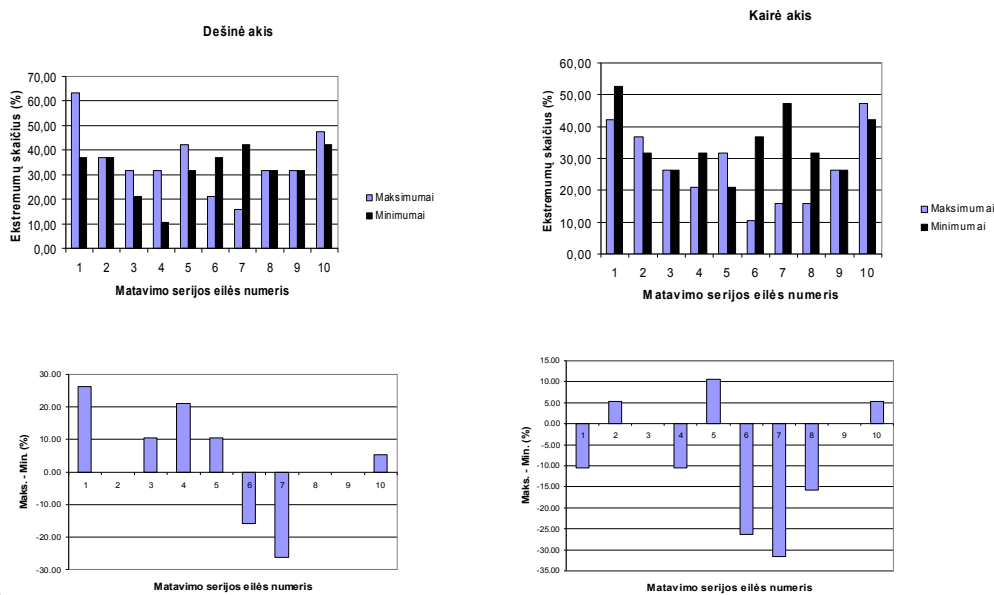
Tyrimo dalyvis	Akis	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10
DN	Dešinė	0.000	0.495	0.538	0.012	0.000	0.004	0.005	0.443	0.008
	Kairė	0.000	0.132	0.917	0.023	0.064	0.122	0.242	0.896	0.043
LO	Dešinė	0.525	0.062	0.510	0.005	0.240	0.700	0.009	0.076	0.858
	Kairė	0.222	0.000	0.033	0.018	0.854	0.010	0.054	0.259	0.045
AS	Dešinė	0.022	0.015	0.823	0.009	0.711	0.000	0.091	0.270	0.030
	Kairė	0.025	0.549	0.770	0.075	0.752	0.026	0.053	0.290	0.045
RB	Dešinė	0.000	0.000	0.052	0.000	0.612	0.086	0.591	0.056	0.719
	Kairė	0.373	0.575	0.000	0.846	0.003	0.045	0.341	0.924	0.090

Analizavome ir eksperimentų su nemirksinčiais stimulais ekstremumų pasiskirstymą. Rezultatai pateikti 4.7.2 lentelėje ir 4.7.3 – 4.7.4 pav.

4.7.2 lentelė. Funkcijos ekstremumų skaičiaus skirtinguose diapazonuose palyginimas. Ekstremumų kiekis skaičiuotas iš 19 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). Maks. – maksimumų skaičius tirtojoje sekos vietoje (%); min. – minimumų skaičius tirtojoje sekos vietoje (%). 2-3 ir 6-7 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis, skaičiuotas ties kiekviena sekos vieta atskirai. 4-5 ir 8-9 lentelės eilutės – maksimumų ir minimumų kiekis intervaluose po 3 sekos vietas. Kad duomenis būtų lengviau palyginti su pagrindinių eksperimentų duomenimis ir kad diapazonas dalintųsi į 3 lygius intervalus, paskutinės (dešimtos) reikšmės į skaičiavimus neįtraukėme.

Stimulo pateikimo trukmė (ms)			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dešinė akis	9 intervalai	Maks.	63.16	36.84	31.58	31.58	42.11	21.05	15.79	31.58	31.58
		Min.	36.84	36.84	21.05	10.53	31.58	36.84	42.11	31.58	31.58
		Maks. – Min.	26.32	0.00	10.53	21.05	10.53	-15.79	-26.32	0.00	0.00
	3 intervalai	Maks.	43.86			31.58			26.32		
		Min.	31.58			26.32			35.09		
		Maks. – Min.	12.28			5.26			-8.77		
Kairė akis	9 intervalai	Maks.	42.11	36.84	26.32	21.05	31.58	10.53	15.79	15.79	26.32
		Min.	52.63	31.58	26.32	31.58	21.05	36.84	47.37	31.58	26.32
		Maks. – Min.	-10.53	5.26	0.00	-10.53	10.53	-26.32	-31.58	-15.79	0.00
	3 intervalai	Maks.	35.09			21.05			19.30		
		Min.	36.84			29.82			35.09		
		Maks. – Min.	-1.75			-8.77			-15.79		

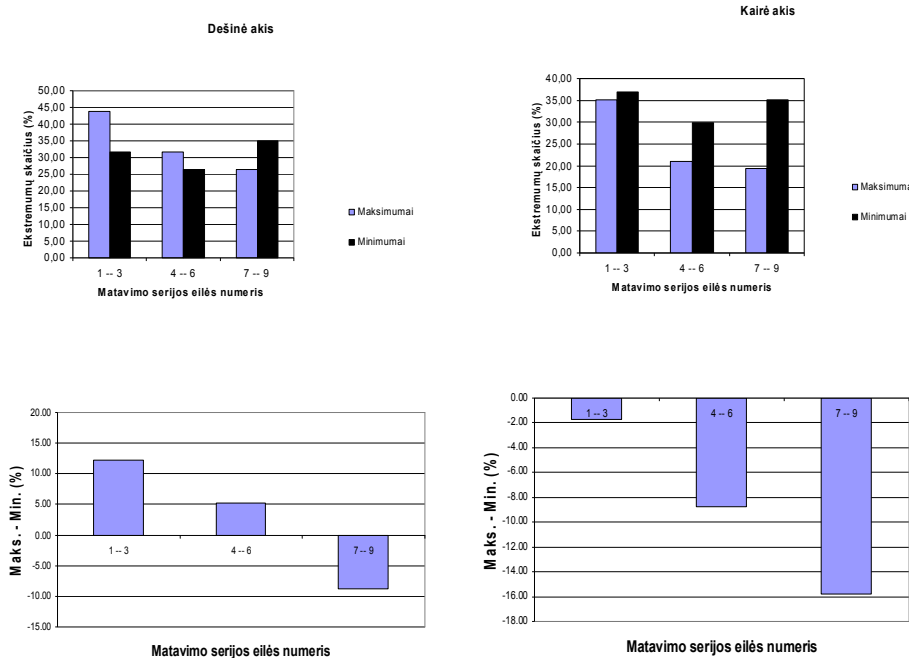
a)



b)

4.7.3 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto 10 kartų pateikiant nemirksinčius stimulus, palyginimas. Duomenys iš 19 eksperimentų (2 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius kiekvienoje iš 10 sekos vietų (%). Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, gautą nagrinėjamoje sekos vietoje, iš maksimumų skaičiaus (žr. 2 lentelę).

a)



b)

4.7.4 pav. Funkcijos ekstremumų kiekio, užfiksuoto 10 kartų pateikiant nemirksinčius stimulus, palyginimas intervalais po 3 sekos vietas. Duomenys iš 19 eksperimentų (4 tyrimo dalyviai). a) ekstremumų skaičius, užfiksuotas skirtingose sekos vietose. Mėlyni stulpeliai – dominavimo trukmių maksimumai; žali stulpeliai – dominavimo trukmių minimumai. b) Maksimumų ir minimumų skirtumai. Kiekvienas stulpelis gautas atėmus minimumų skaičių, užfiksuotą atitinkamoje sekos vietoje, iš maksimumų skaičiaus (žr. 4.7.2 lentelę).

Kaip matyti iš 4.7.2 lentelės ir 4.7.3 – 4.7.4 pav., daug kartų pateikiant nemirksinčius stimulus, tarp daugelio gretimų reikšmių taip pat fiksuojami statistiškai reikšmingi skirtumai, nors ekstremumų padėtys nėra tos pačios kaip eksperimentuose su mirksinčiais stimulais.

Norėdami įvertinti skirtumų tarp dominavimo trukmių mastą, palyginome rezultatų iš eksperimentų su mirksėjimu ir kontrolinių eksperimentų (be mirksėjimo) išsibarstymo dydį tarp matavimo serijų vidurkių (vidurkinome visų tyrimo dalyvių rezultatus).

Išsibarstymas tarp matavimo serijų vidurkių eksperimentuose be mirksėjimo svyravo tarp 0,1 ir 0,6 s, o eksperimentuose su mirksėjimu – tarp 0,1 ir 1,1 s. Kad duomenų neveiktų tarp eksperimentų svyruojanti absoliuti rezultatų vidurkio reikšmė, duomenų palyginimui naudojome variacijos koeficientą (st. nuokrypis / vidurkis). Eksperimentuose su mirksėjimu šis rodiklis buvo 0,16, o be mirksėjimo – 0,10. Šis skirtumas yra statistiškai reikšmingas (su Mann-Whitney U; $p = 0,00 < 0,05$). Šis faktas rodo, kad pateikiant mirksinčius stimulus, dominavimo trukmės vidurkis tarp matavimo serijų barstosi didesniame intervale negu daug kartų pateikiant nemirksinčius stimulus.

Mūsų eksperimento rezultatai prieštarauja Suzuki, Grabowecki (2007) išvadai, kad vidutinė dominavimo trukmė vienos valandos bėgyje yra stabili. Kokia yra mūsų nustatyto vidutinės dominavimo trukmės svyravimo vienos valandos bėgyje kilmė? 21 – 22 pav. sunku išvelgti vieningą tendenciją. Jei vidutinė dominavimo trukmė kistų dėl kokio nors sistemingo nuolatinio veiksnio (pvz. nuovargio, išmokimo ar adaptacijos), grafikuose būtų galima išvelgti pastovią vidurkio kitimo tendenciją kilti arba kristi. Kita galimybė – kad vidutinė dominavimo trukmė kinta neprognozuojamai, panašiai kaip ir vienos matavimo serijos metu. Nors sukurta nemažai teorinių modelių, nėra sutariama, kokia yra šio, bent iš pirmo žvilgsnio, atsitiktinio dominavimo trukmių kitimo priežastis. Gali būti, kad ne tik kelių minučių eigoje, bet ir kitoje laiko skalėje – vienos valandos bėgyje, - lyginant atskirų matavimo serijų vidurkių, egzistuoja panašus neprognozuojamas, bet gana didelio masto vidutinės dominavimo trukmės vidurkių kitimas.

Ar vien šio vidutinės dominavimo trukmės nestabilumo laike užtenka paaiškinti mūsų rezultatus, gautus pateikiant mirksinčius stimulus? Pateikdami mirksinčius stimulus, nustatėme nevienodą maksimumų ir minimumų dažnių

pasiskirstymą įvairiuose stimulo trukmių diapazonuose. Esminis klausimas lieka, kiek šis pasiskirstymo netolygumas yra pastovus. Pvz. ar pakartojus aprašomus rezultatus ekstremumų dažniai būtų užfiksuoti tuose pačiuose diapazonuose.

Norėdami patikrinti, kiek mūsų nustatytieji skirtumai tarp vidutinių dominavimo trukmių, pateikiant besiskiriančios pateikimo trukmės stimulus, yra pastovūs laike, atlikome dar vieną eksperimentą, kuriame vertinome ne 10-ies ar 17-os, o dviejų pasirinktų stimulų suvokimo skirtumus.

4.8 6 eksperimentas: vidutinių dominavimo trukmių palyginimas viename eksperimente pateikiant dviejų trukmių stimulus

Norėdami tiksliau įvertinti mūsų nustatytųjų dominavimo trukmių skirtumų pastovumą laike, iš 10 tirtųjų stimulų reikšmių pasirinkome 2, prie kurių buvo gana ryškūs skirtumai, ir atlikome atskirą eksperimentą, kuriame buvo pakaitomis pateikiami tik šių dviejų trukmių stimulai. Eksperimentas atliktas su vienu tyrimo dalyviu (DN) ir taip ištirtos 3 stimulų poros (žr. 4.2.1 ir 4.5.1 pav.): 7 – 17 ms, Ištisinis stimulus (be mirksėjimo) – 7 ms ir 6 – 16 ms.

4.8.1 lentelė. Vidutinių dominavimo trukmių palyginimas, viename eksperimente daug kartų pakaitomis pateikiant dviejų trukmių stimulus. Statistiškai reikšmingi skirtumai paryškinti.

	Dominavimo trukmės vidurkis		Skirtumo reikšmingumo lygmuo
	Be mirksėjimo	7 ms	
Dešinė	3,075 (n = 204)	3,117 (n = 335)	0,557
Kairė	2,012 (n = 202)	2,024 (n = 342)	0,834
	7 ms	17 ms	
Dešinė	2,468 (n = 252)	2,471 (n = 258)	0,992
Kairė	2,388 (n = 257)	2,297 (n = 262)	0,010
	6 ms	16 ms	
Dešinė	2,907 (n = 230)	2,712 (n = 237)	0,000
Kairė	2,414 (n = 235)	2,458 (n = 238)	0,496

Iš 4.8.1 lentelės matyti, kad kuomet viename eksperimente yra pakaitomis pateikiami tik dviejų trukmių stimulai, daugeliu atvejų statistiškai reikšmingi skirtumai neišryškėja. Statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti tik dviem iš šešių 4.8.1 lentelėje pateiktų atvejų: 7 – 17 ms stimulų poroje kairės akies atveju ir 6 – 16

ms poroje dešinės akies atveju. Tačiau svarbu atkreipti dėmesį, kad pastaruoju atveju skirtumo kryptis yra *priešinga* negu buvo tikėtasi – 4-ajame eksperimente didesnė dominavimo trukmė buvo pateikiant *16 ms* stimulą negu *6 ms* stimulą (4.5.1 pav.), o pateikiant stimulus poromis, užfiksuotas didesnis vidurkis pateikiant *6 ms* stimulą. Vadinasi, statistiškai reikšmingas skirtumas, atitinkantis prognozuotą kryptį, nustatytas tik vienu atveju.

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Stimulų mirksėjimo dažnio įtaka vidutinei dominavimo trukmei

1 – 4 eksperimentuose nustatėme statistiškai reikšmingus skirtumus tarp daugelio gretimų vidutinės dominavimo trukmės priklausomybės nuo stimulo pateikimo trukmės grafikų taškų. Pirmajame eksperimente išryškėjo funkcijos maksimumų ir minimumų dažnių skirtumai tarp skirtingų stimulo pateikimo trukmių diapazonų: maksimumai buvo dažniausi 7 – 10 ms intervale, 12 – 17 ms intervale ekstremumai nebuvo tokie ryškūs, o 20 – 25 ms intervale maksimumų ir minimumų vyravimo tendencijos skyrėsi dešinėje ir kairėje akyse. Tačiau ketvirtasis eksperimentas, pateikiant kas 1 ms besiskiriančius stimulus parodė, kad ekstremumų tikimybė šių intervalų viduje nėra pastovi. 7 – 10 ms intervale išlieka maksimumų vyravimo tendencija, tačiau panašu, kad šis „maksimumų intervalas“ pasiekia ir 11 ms. Žvelgiant į visą, tirtąjį diapazoną, matyti, kad kas 4 – 6 ms maksimumų/ar minimumų vyravimo tikimybė pasikeičia. Šie intervalai nėra pastovaus ilgio, todėl juos gali būti sunku išvelgti dalijant tiriamą diapazoną vienodo dydžio intervalais. Pvz. 7 – 10 ms intervalas, kuriame dažnesni buvo maksimumai ir pirmajame, ir ketvirtajame eksperimentuose, gali būti vienas iš periodiškai pasikartojančių didesnės maksimumų tikimybės intervalų. Kadangi tų intervalų ilgis nėra pastovus, gali būti sunku atsekti vieningas tendencijas lyginant dominavimo trukmes tarp pavienių dažnių.

Nors mūsų tyrimo duomenų nepakanka daryti vienareikšmės išvados, pateiksime kai kuriuos samprotavimus apie tai, su kuo ką gali būti susiję mūsų nustatytieji skirtumai.

Nustatytieji vidurkių skirtumai gali rodyti nevienodai efektyvų suvokimą esant skirtingiems stimulo mirksėjimo dažniams. Diskretaus suvokimo teorijos požiūriu, gauti skirtumai tarp dominavimo laikų galėjo atsirasti dėl to, kad mirksint stimuliui jo pateikimas į akį, priklausomai nuo mirksėjimo dažnio, galėjo labiau arba mažiau sutapti su dažniu, kuriuo gali būti perduodami signalai nerviniais takais. Jei nervų sistema informaciją apdoroja ne tolygiai, o tam tikrais minimaliais žingsneliais, sprendimui priimti reikalingas minimalus informacijos kiekis galėjo būti surinktas ne

vienodai greitai prie skirtingų stimulo pateikimo trukmių. Esant didesniai nesutapimui tarp minimalaus informacijos apdorojimo vieneto („kvanto“) ir vienos stimulo pateikimo trukmės, minimalus informacijos kiekis galėjo būti surinktas per didesnę pateikimo trukmių skaičių. Fiksuojant elgesio kintamuosius, šito „užvėlinimo“ rezultatas gali būti stebimas kaip pailgėjusi vidutinė dominavimo trukmė.

Reikia neužmiršti, kad mūsų naudotos formos stimulų mirksėjimo dažnio ir smegenų virpesių ritmo sutapimas gali būti tik apytikslis. Kadangi nenaudojome maskavimo tarp stimulų, dėl sensorinės atminties poveikio skirtumai tarp įvairių stimulo pateikimo trukmių galėjo būti ne tokie ryškūs. Neuronų generuojami impulsai nėra stačiakampės formos kaip mūsų tyrime naudotieji stimulai, be to, jo periodas nėra griežtai pastovus (Bartos et al., 2007), todėl net jei idealiai sutaptų vidutinis virpesių dažnis, negalėtume tikėti, kad kiekvienas neuronų iškvėpų vienetų pataikys į mūsų stimuliacijos „langą“. Yra galimybė, kad ir smegenų bangų ritmas gali prisitaikyti prie išorinės stimuliacijos ritmo (Srinivasan, Petrovic, 2006). Ši galimybė dar nėra gerai ištirta.

Preliminarūs mūsų eksperimentų rezultatai rodo, kad vidutinės dominavimo trukmės ekstremumų pasireiškimo tikimybė yra nevienoda priklausomai nuo stimulo pateikimo trukmės diapazono. Daugiausia maksimumų užfiksuota esant trumpoms stimulų pateikimo trukmėms (iki 10 – 12 ms). Gali būti, kad apdorojant šio diapazono stimulus, lengviau galėjo atsirasti rezonansas su natūraliais nervų sistemos jautrumo svyravimais. Šią galimybę būtų įdomu patikrinti tiesiogiai matuojant smegenų virpesius, atsirandančius tyrimo dalyviui stebint pateikiamus stimulus.

Tai, kad vidutinis dominavimo laikas yra jautrus milisekundžių eilės stimulų postūmams, prieštarauja van Boxtel et al. (2008) padarytai išvadai. Šie autoriai tyrė akių konkurencijos laikinę ribą, ir iš savo eksperimentų rezultatų padarė išvadą, kad akių konkurencija *nėra* jautri smulkiems laikiniams stimulų skirtumams. Gali būti, kad prieštaravimas tarp šių autorių ir mūsų tyrimo rezultatų atsirado dėl to, kad buvo naudotas skirtingas priklausomas kintamasis. Boxtel et al. (2008) pagrindines išvadas darė matuodami laikinę akių konkurencijos ribą – stimulų pateikimo periodą, nuo kurio jau nebevyksta akių konkurencija, o stimulai yra suvokiami pavieniui. Mūsų tyrime naudota vidutinė dominavimo trukmė gali būti jautresnis kintamasis žemesniojo lygio stimulų parametrų pokyčiams. Be to, mūsų naudota specialiai

sukonstruota aparatūra leido dideliu tikslu pateikti stimulus, ir dėl to galėjome tiksliau diferencijuoti tarpusavyje lygintus stimulų pateikimo režimus.

Daryti aiškesnes išvadas apie stimulų pateikimo trukmės įtaką vidutinei dominavimo trukmei trukdo tai, kad pastarasis kintamasis yra labai nestabilus laike. Savo tyrime užfiksavome gana didelius individualius skirtumus tarp tyrimo dalyvių, be to, net ir to paties tyrimo dalyvio matavimuose buvo gana dideli svyravimai valandos, paros eigoje ir didesniais laiko periodais (plačiau apie laikinę dinamiką žr. tolesniame skyrelyje). Dominavimo trukmės svyravimus galėjo lemti daugelis šalutinių kintamųjų, kurių eksperimentuose negalėjome kontroliuoti, tačiau užfiksuoti svyravimai galėjo atsirasti ir dėl pačiai sistemai charakteringų svyravimų, kurie dar nėra ištirtinėti. Kontroliniai eksperimentai su nemirksinčiais (ištiesai šviečiančiais) stimulais nepadėjo nustatyti aiškios tendencijos, susijusios su eiliškumu (tokia tendencija galėjo atsirasti dėl nuovargio, adaptacijos, išmokimo ar kitų su laiku susijusių kintamųjų), todėl gali būti, kad vidurkių pastovumą daugiau lėmė laiko atžvilgiu nepastovūs kintamieji, pvz. dėmesio svyravimai, dalyvių emocinė būseną ar daugelyje akių konkurencijos teorinių modelių aprašomi vidiniai triukšmai (žr. pvz. Brascamp et al, 2006; Freeman, 2005 ir kt.). Galimybę, kad mūsų nustatytus skirtumus tarp vidutinių dominavimo trukmių galėjo lemti vien spontaniški sistemos svyravimai, tyrinėjome daug kartų pateikdami nemirksinčius stimulus (žr. toliau tekste).

Stimulų pateikimo pobūdžio įtaka

Antrajame eksperimente, skirtingai negu pirmajame, stimulus pateikėme sinchroniškai (fazėje), o ne priešfazėje. Tokiomis sąlygomis taip pat nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp kai kurių dominavimo trukmių prie skirtingų stimulų pateikimo trukmių. Dešinės akies duomenyse funkcijos ekstremumų pasiskirstymo tendencija buvo panaši, kaip ir pirmajame eksperimente: 5 – 10 ms intervale vyravo maksimumai, 12 – 17 ms intervale ekstremumų skaičius buvo nedidelis, o 20 – 30 ms intervale daugiau buvo minimumų. Kairės akies duomenyse gana ryškiai tarp pirmojo ir antrojo eksperimentų (pateikiant stimulus, mirksinčius priešfazėje – fazėje) skyrėsi 12 – 17 ms intervalas – antrajame čia daug dažniau pasitaikė maksimumai. Tai, kad yra ir svarbių skirtumų tarp dominavimo trukmių

kitimo tendencijų, gali rodyti, kad stimulų pateikimo pobūdžio skirtumai (priešfazė – fazė) yra svarbūs akių konkurencijos procesui. Stimulų pateikimas fazėje, o ne priešfazėje, galėjo lemti skirtingą regos sistemos vienetų, atsakingų už laikinius stimulų skirtumus, darbą. Šiuo atveju koresponduojančias vienos ir kitos akies tinklainių vietas stimulai pasiekė vienu metu, todėl galėjo lemti sinchronizuotą, o ne antifazinį atitinkamų nervų sistemos kanalų darbą. Antra vertus, dešinės akies duomenyse vyrauja panaši ekstremumų pasiskirstymo tendencija, o tai gali liudyti, kad stimulų pateikimo pobūdis nedarė esminės įtakos suvokimui.

Akių konkurencijos ir dviprasmių figūrų suvokimo dinamikos skirtumai

Trečiajame eksperimente stimulų pateikimo trukmės įtaką vidutinei dominavimo trukmei tyrėme naudodami dviprasmio suvokimo figūrą – Neckerio kubą. Stimulai į abi akis šiuo atveju buvo pateikti vienodi, todėl stimuliacijos tarp akių skirtumai galėjo atsirasti tik dėl stimulų laikinio išdėstymo skirtumų (mirksėjimas priešfazėje). Kadangi vienas iš esminių skirtumų tarp dviprasmių figūrų ir akių konkurencijos yra binokulinių skirtumų nebuvimas pirmųjų atveju, faktas, kad trečiajame eksperimente užfiksuoti panašaus lygio dominavimo trukmės skirtumai kaip ir eksperimentuose su akių konkurencija, gali rodyti, kad šiuos skirtumus lėmė ne žemesniojo lygio monokulinių kanalų darbo skirtumai, o nervų sistemos kanalai, apdorojantys jau sujungtą informaciją iš abiejų akių.

Daugeliu atveju absoliučios dominavimo trukmės reikšmės šiame eksperimente buvo didesnės negu bandymuose su akių konkurencija (žr. 1 Priedą LO, AS, RB). Taip pat suvokiant divireikšmes figūras intervalas, kuriame dažniausiai pasitaikė maksimumai, buvo pasislinkęs ilgesnių pateikimo trukmių link (7 – 11 ms akių konkurencijos atveju ir 12 – 17 ms ar 20 – 30 ms (priklausomai nuo akies). Gali būti, kad šie du faktai yra susiję. Jei suvokimo apsisvertimai nestabilaus suvokimo atveju yra susiję su tam tikru kiekiu informacijos, kuri turi būti surinkta sprendimui apie suvokiamo vaizdo interpretaciją padaryti, dominavimo trukmių skirtumai gali rodyti, kad ši informacija buvo nevienodai greitai surinkta esant skirtingoms stimulo pateikimo trukmėms.

Tiriamųjų apklausa parodė, kad suvokiant dviprasmes figūras dažniau pasitaikydavo tarpinės suvokinio formos, kuomet tiriamiesiems buvo sunku nuspręsti,

kurią iš dviejų interpretacijų jie šiuo momentu mato. Dėl to dažnai buvo didesnis duomenų išsibarstymas, ir tai trukdo daryti aiškesnes išvadas apie stimulų mirksėjimo dažnio įtaką.

Akių konkurencijos trukmių laikinė dinamika

Vienas iš ryškiausių mūsų eksperimentų rezultatų, kurio nesitikėjome, bet į kurį teko atsižvelgti, buvo didelis akių konkurencijos dominavimo trukmių nestabilumas laike. Atidesnė duomenų analizė parodė, kad vidutinės dominavimo trukmės reikšmės kinta įvairiose laiko skalėse – vienos matavimo serijos bėgyje, vieno eksperimento metu ir per ilgesnį laiką – tarp eksperimentų. Visuose šiuose lygiuose duomenų svyravimo mastas siekia iki 2 s. Specialiai atlikti papildomi eksperimentai (5 eksperimentas) leido įsitikinti, kad šis dominavimo trukmių svyravimas neatsiranda tik dėl mūsų matavimo metodų nepatikimumo, o yra nuolatinis ir charakteringas akių konkurencijos dominavimo trukmių dinamikai per ilgesnį laiką. Palyginę mūsų eksperimentų rezultatus su vienintelio mums žinomo tyrimo, kuriame buvo sisteminčiau tyrinėtas akių konkurencijos dažnių kitimas ilgesniame laiko intervale (Suzuki, Grabowecki, 2007), išvadamis, matome, kad išvados apie dominavimo trukmės kitimą vienos matavimo serijos metu ir per labai ilgą laiką (savaitėmis) sutampa, tačiau skiriasi išvada apie dominavimo trukmės vidurkių kitimą vienos valandos bėgyje. Kaip ir Suzuki, Grabowecki (2007), pastebime tendenciją vienos matavimo serijos metu dominavimo trukmei ilgėti. Nors labai skyrėsi mūsų eksperimentų ir Suzuki, Grabowecki (2007) eksperimentuose taikytas matavimo serijos ilgis (3 min. ir 20 s), abiem atvejais nustatyta tendencija vidutinei dominavimo trukmei ilgėti. Šią tendenciją lemiantys veiksniai nėra iki galo aiškūs. Įdomu, kad padarius 1 – 3 min. pertraukėlę tarp matavimo serijų, dominavimo trukmė paprastai grįžta į pradinį ar artimą jam lygį. Tai rodo, kad akių konkurencijos trukmė ilgėjimas gali būti susijęs su adaptaciniais ar panašaus pobūdžio dešimčių sekundžių eilės procesais. Aiškiau suprasti šios eilės procesus padėtų tolesni tyrimai, kuriuose būtų sistemingai manipuluojama su adaptacija susijusiais veiksniais, pvz. pertraukėlės ilgiu, kiekvienoje matavimo serijoje pateikiamų stimulų pobūdžiu (pvz. kiekvienoje matavimo serijoje pateikiant 1) vienodus 2) priešingo kontrasto stimulus).

Ir mūsų eksperimento, ir Suzuki, Grabowecki (2007) rezultatai rodo, kad per ilgą laiką (nuo kelių dienų iki kelių savaičių ir mėnesių), pastebima tendencija akių konkurencijos vartymosi dažniui didėti (vidutinei dominavimo trukmei mažėti). Autoriai šiam fenomenui siūlo „konkurencijos greitėjimo“ terminą ir sieja šį reiškinį su perceptine patirtimi, kurią tyrimo dalyviai įgyja pakartotinai atlikdami tuos pačius eksperimentus. Savo eksperimentu autoriai parodė, kad „konkurencijos greitėjimas“ veikia ir jei viso eksperimentų ciklo gale yra pateikiami truputį pakeisti stimulai (pvz. pastumti fiksacijos taško atžvilgiu, arba pašalinta pusė stimulo elementų), ir iš to daro išvadą, kad šis fenomenas yra susijęs nėra nulemtas tik pačių žemiausių regimosios informacijos apdorojimo lygmens procesų. Savo pačių tyrime taip pat pastebėjome „konkurencijos greitėjimo“ tendenciją. Taip pat akivaizdu, kad ši tendencija nėra tolygi, o jai būdingi fragmentiški vidurkio sugrįžimo į ankstesnį lygį atvejai (4.7.1 pav.). Akių konkurencijos vidutinės dominavimo trukmės kitimas per ilgesnį laiką gali būti svarbus daugelyje šios srities tyrimų. Aiškesnis jo supratimas padėtų patikslinti teorinius akių konkurencijos modelius, taip pat – išvengti duomenų iškraipymo renkant eksperimentų duomenis per ilgesnį laiką. Todėl šis reiškinys turėtų sulaukti didesnio tyrėjų dėmesio.

Mūsų eksperimentų rezultatai rodo, kad vidutinė dominavimo trukmė reikšmingai svyruoja ir vienos valandos bėgyje (lyginant atskirų matavimo serijų vidurkius). Šis faktas literatūroje nėra aprašytas. Kadangi lyginant atskirų tyrimo dalyvių kreives sunku įžvelgti kokią nors vieningą tendenciją, kol kas labai sunku spręsti apie šio dominavimo trukmių nestabilumo priežastis. Gali būti, kad dominavimo trukmės svyravimus valandos bėgyje lemia tie patys veiksniai, kaip ir svyravimus kelių minučių bėgyje (vienos matavimo serijos eigoje). Pastaruosius bando apibrėžti daugelis teorinių modelių, tačiau vieningo sutarimo dėl dominavimo trukmės nepastovumo priežasčių, nėra. Apskritai, mūsų tyrimas parodė, kad dominavimo trukmių kitimas per laiką yra svarbi problema, kuriai iki šiol skirta nepakankamai dėmesio. Specialūs tyrimai, kuriais būtų nagrinėjamos nestabilaus suvokimo trukmių kitimo per laiką tendencijos, padėtų geriau suprasti nestabilaus suvokimo veikimo mechanizmą ir padėtų išvengti metodologinių netikslumų.

Apibendrinant galima teigti, kad egzistuoja ne vienas faktorius, lemiantis akių konkurencijos vidutinės dominavimo trukmės pokyčius. Tiksliau nustatyti, kokie būtent yra šie faktoriai, reikėtų tolesnių tyrimų. Vienas iš svarbiausių veiksnių, su

kuriais reikėtų sieti tokius tyrimus, yra akių judesiai. Gali būti, kad suvokiant nemirksinčius stimulus, akių judesiai suskaido suvokimo procesą į diskrečius vienetus, panašiai kaip tai daro pertrūkiai mirksinčių stimulių suvokimo atveju. Savo tyrime nefiksavome akių judesių, tačiau jei tolesniuose tyrimuose pavyktų tai atlikti ir palyginti dviejų nepriklausomų veiksnių – stimulių mirksėjimo ir akių judesių – įtaką, tokių tyrimų rezultatai galėtų duoti tikslesnių įžvalgų apie milisekundžių eilės informacijos apdorojimo netolygumus nervų sistemoje.

Rekomendacijos tolesniems tyrimams

Atliktuose eksperimentuose užfiksuotas didelio masto nestabilaus suvokimo dominavimo trukmės svyravimas, atsirandantis ne dėl eksperimentinio poveikio, nėra sistemingai tyrinėtas, todėl tolesniuose tyrimuose būtų svarbu atlikti išsamesnę tokių parametrų, kaip paros laikas, žmogaus emocinė būseną ir pan. įtakos nestabilaus suvokimo savybėms analizę. Tam padėtų tikslingas manipuliavimas su laiku susijusiais kintamaisiais (matavimo serijos trukmė, pertraukų tarp matavimų ilgiu ir pan.), taip pat – nestabilaus suvokimo parametrų susiejimas su fiziologiniais organizmo rodikliais (EEG, kraujo spaudimu ir pan.). Tik tiksliau įvertinus spontaninių, ne su išorine stimuliacija susijusių, dominavimo trukmės svyravimų prigimtį, būtų galima tikėtis ir tikslesnio išorinės stimuliacijos poveikio įvertinimo. Taip pat naudinga būtų tyrime panaudoti neurofiziologinius duomenis. Tiesiogiai matuojant smegenų bangas, būtų galima labiau tiesiogiai įvertinti natūralius organizmo svyravimus, su kuriais teoriškai siejome savo eksperimentuose atliekamus matavimus. Taip pat būtų svarbu pakartoti mūsų atliktą tyrimą, siekiant tiksliau įvertinti, kiek mūsų nustatytos ekstremumų pasiskirstymo tendencijos yra pastovios.

7. IŠVADOS

1. Sukurtoji techninė ir programinė įranga užtikrina stimulų pateikimą didesniu negu 5 μ s tikslumu ir yra tinkama akių konkurencijos ir dviprasmio suvokimo laikinėms savybėms tirti.
2. Pateikiant 4 – 30 ms trukmės pastoviu dažniu priešfazėje mirksinčius stimulus, fiksuojami reikšmingi skirtumai tarp akių konkurencijos vidutinių dominavimo trukmių. Dominavimo trukmių maksimumai dažniausiai pasitaiko 7 – 11 ms intervale. Maksimumų ir minimumų vyravimo intervalams yra būdingas periodiškumas – vieninga maksimumų ar minimumų vyravimo tendencija kartojasi kas 4 – 6 ms.
3. Pateikiant fazėje mirksinčius stimulus, dešinės akies duomenyse funkcijos ekstremumų pasiskirstymo tendencija yra panaši, kaip ir priešfazėje mirksinčių stimulų atveju: 5 – 10 ms intervale vyrauja maksimumai (46,7 %), 12 – 17 ms intervale maksimumų ir minimumų skaičius yra panašus (33 ir 31 %), o 20 – 30 ms intervale dažnesni minimumai (46,7 %). Kairės akies duomenyse, skirtingai nuo eksperimento priešfazėje, 12 – 17 ms intervale dažniau pasitaiko maksimumai (31,1 %).
4. Suvokiant dviprasmes figūras, absoliučios dominavimo trukmės yra 0,5 – 2 s didesnės negu bandymuose su akių konkurencija. Suvokiant dviprasmes figūras intervalas, kuriame dažniausiai pasitaiko maksimumai, yra pasislinkęs ilgesnių pateikimo trukmių link: 7 – 11 ms akių konkurencijos atveju ir 12 – 17 ms ar 20 – 30 ms, priklausomai nuo akies, dviprasmių figūrų atveju.
5. Akių konkurencijos dominavimo trukmėms būdingas laikinis nestabilumas, t.y. matuojant dominavimo trukmę skirtingais laiko momentais kelių minučių, valandos ir kelių parų eigoje, vidutinių dominavimo trukmių reikšmės svyruoja 1 – 2 s ribose.
6. Akių konkurencijos vidutinę dominavimo trukmę lemia daugiau negu vienas faktorius.

7. LITERATŪRA

1. Alais D., van Boxtel J.J., Parker A., van Ee R. Attending to auditory signals slows visual alternations in binocular rivalry // *Vision research*, 2010, vol. 50. P. 929-935.
2. Alonso J.M., Usrey W.M., Reid R.C. Precisely correlated firing in cells of the lateral geniculate nucleus // *Nature*, 1996, vol. 383. P. 815-819.
3. Baker D.H., Graf E.D. Natural images predominate in binocular rivalry // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, vol. 106(13). P. 5436-5441.
4. Bannerman R.L., Milders M., Gelder B.D., Sahraie A. Influence of emotional facial expressions on binocular rivalry // *Ophthalmic and physiological optics*, 2008, vol. 28. P. 317-326.
5. Barnett M.W., Larkman P.M. The action potential // *Practical neurology*, 2007, vol. 7. P. 192-197.
6. Bartos M., Vida I., Jonas P. Synaptic mechanisms of synchronized gamma oscillations in inhibitory interneuron networks // *Nature reviews: Neuroscience*, 2007, vol. 8. P. 45-56.
7. Blake R., Fox R., McIntyre C. Stochastic properties of stabilized-image binocular rivalry alternations // *Journal of experimental psychology*, 1971, vol. 88(3). P. 327-332.
8. Blake R. A primer on binocular rivalry including current controversies // *Brain and mind*, 2001, vol. 2. P. 5-38.
9. Blake R., Logothetis N. K. Visual Competition // *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, vol.3. P. 1-11.
10. Blake R. Landmarks in the history of binocular rivalry // *Binocular Rivalry* / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 1-29.
11. Blake R., Lee S.H. The role of temporal structure in vision // *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 2005, vol. 4(1). P. 21-42.
12. Bolger C., Bojanic S., Sheahan N., Malone J., Hutchinson M., Coakley D. Ocular microtremor (OMT): a new neurophysiological approach to multiple

- sclerosis // *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 2000, vol. 68. P. 639-642.
13. Brascamp J. W., van Ee R., Pestman W., van den Berg A. V. Distributions of alternation rates in various forms of bistable perception // *Journal of Vision*, 2005, vol. 5(4). P. 287-298.
 14. Brascamp J.W., van Ee R., Noest A.J., Jacobs R.H.A.H., van den Berg A.V. The time course of binocular rivalry reveals a fundamental role of noise // *Journal of vision*, 2006, vol. 6. P. 1244-1256.
 15. Brascamp J.W., Knapen T.H.J., Kanai R., van Ee R., van den Berg A.V. Flash suppression and flash facilitation in binocular rivalry // *Journal of Vision*, 2007, vol. 7(12). P. 1-12.
 16. Brascamp J.W., Knapen T.H.J., Kanai R., Noest A.J., van Ee R., van den Berg A.V. (2008) Multi-timescale perceptual history resolves visual ambiguity // *PLoS ONE*, 2008, 3(1): e1497.
 17. Brascamp J.W. Perception of ambiguous images within temporal context. Doctoral thesis, Utrecht University, 2008.
 18. Brascamp J.W., Pearson J., Blake R., van den Berg A.V. Intermittent ambiguous stimuli: implicit memory causes periodic perceptual alternations // *Journal of Vision*, 2009, vol. 9(3). P. 1-23.
 19. Brown R.J., Norcia A.M. A method for investigating binocular rivalry in real-time with the steady-state VEP // *Vision research*, 1997, vol. 37. P. 2401-2408.
 20. Cardin J. A., Carlén M., Meletis K., Knoblich U., Zhang, F., Deisseroth K., Tsai L.H., Moore C.I. Driving fast-spiking cells induces gamma rhythm and controls sensory responses // *Nature*, 2009, vol 459. P. 663–667.
 21. Chichilnisky E.J., Rieke F.
 22. Chow B. Y., Han X., Dobry A. S., Qian X., Chuong A. S., Li M., Henninger M. A., Belfort G. M., Lin Y., Monahan P. E., Boyden E. S. High-performance genetically targetable optical neural silencing by light-driven proton pumps // *Nature*, 2010, vol. 463. P. 98-102.
 23. Freeman A.W. Multistage Model for Binocular Rivalry // *Journal of Neurophysiology*, 2005, vol. 94, p. 4412-4420.

24. Freeman A.W., Nguyen V.A., Alais D. The nature and depth of binocular rivalry suppression // *Binocular Rivalry* / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 1–29.
25. Furstenu N. A nonlinear dynamics model of binocular rivalry and cognitive multistability // *Systems, Man and Cybernetics. IEEE International Conference on*, 2003, vol.2, p. 1081– 1088.
26. Garcia P., Deco G., Pastukhov A., Braun J., Guillamon T. Dynamical insights on the history-dependence during continuous presentation of rivaling stimuli. Poster presentation from Eighteenth Annual Computational Neuroscience Meeting, Berlin, 2009.
27. Geissler H.G. The temporal architecture of central information processing: evidence for a tentative time-quantum model // *Psychological Research*, 1987, vol. 49, P. 99-106.
28. Geissler H.G. Foundations of quantized processing. // *Psychophysical exploration of mental structures* / ed. By H.G. Geissler, Hogrefe and Huber, Göttingen, 1990, P. 193-210.
29. Gold I. Does 40-Hz oscillation play a role in visual consciousness? // *Consciousness and Cognition*, 1999, vol. 8, P. 186–195.
30. Hancock S, Whitney D., Andrews T.J. The initial interactions underlying binocular rivalry require visual awareness // *Journal of vision*, 2008, vol. 8(1). P. 1-9.
31. Hughes J.R. Gamma, fast, and ultrafast waves of the brain: their relationships with epilepsy and behaviour // *Epilepsy Behavior*, 2008, vol. 13(1). P. 25-31.
32. Hupe J.M., Joffo L.M., Pressnitzer D. Bistability for audiovisual stimuli: Perceptual decision is modality specific // *Journal of Vision*, 2008, vol. 8(7). P. 1–15.
33. Jiang Y., Costello P. He S. Processing of invisible stimuli: Advantage of upright faces and recognizable words in overcoming interocular suppression // *Psychological science*, 2007, vol. 18(4). P. 349-355.
34. Kanai R., Moradi F., Shimojo S., Verstraten F.A. Perceptual alternation induced by visual transients // *Perception*, 2005, vol. 34 (7), P. 803-822.
35. Kang M.S., Blake R. What causes alternations during binocular rivalry? // *Attention, Perception and Psychophysics*, 2010, vol. 72. P. 179-186.

36. Kim Y. J., Grabowecky M., Suzuki S. Stochastic resonance in binocular rivalry // *Vision Research*, 2005, vol. 46, p. 392–406.
37. Knapen T.H.J., Paffen C., Kanai R., van Ee R. Stimulus flicker alters interocular grouping during binocular rivalry // *Vision Research*, 2007, vol. 47. P. 1-7.
38. Koene A. R. A model for perceptual averaging and stochastic bistable behavior and the role of voluntary control // *Neural Computation*, 2006, vol.18. P. 3069-3096.
39. Kompass R., Elliott M. A. Modelling as part of perception: a hypothesis on the function of neural oscillations // E. Sommerfeld, R. Kompass, & T. Lachmann (Eds.). *Fechner Day 2001. Proceedings of the Seventeenth Annual Meeting of the International Society of Psychophysics*, Lengerich; Berlin; Riga; Rome, Viernheim; Vienna; Zagreb, 2001, p. 130-135.
40. Laing C.R., Carson C.C. A spiking neuron model for binocular rivalry // *Journal of Computational Neuroscience*, 2002, vol.12 P. 39-53.
41. Lee S.H., Blake R. V1 activity is reduced during binocular rivalry // *Journal of vision*, 2002, vol. 2. P 618-626.
42. Lee S.H., Blake R., Heeger D.J. Hierarchy of cortical responses underlying binocular rivalry // *Nature neuroscience*, 2007, vol. 10(8). P. 1048-1054.
43. Leopold D. A., Logothetis N.K. Multistable phenomena: changing views in perception // *Trends in cognitive science*, 1999, vol. 3(7).P. 254–264.
44. Leopold D.A., Wilkie M., Maier A., Logothetis N.K. Stable perception of visually ambiguous patterns // *Nature neuroscience*, 2002, vol. 5(6). P. 605-609.
45. Li D. F., Freeman A. W., Alais D. Contrast sensitivity of form and motion discrimination during binocular rivalry // *Vision Research*, 2005, vol. 45. P. 1225–1263.
46. Li X., Ascoli G.A. Effects of synaptic synchrony on neuronal input-output relationship // *Neural Computation*, 2008, vol. 20. P. 1717, 1731.
47. Logothetis N.K., Leopold D.A., Sheinberg D.L. What is rivalling during binocular rivalry? // *Nature*, 1996, vol. 380. P. 621-624.
48. Lumer E.D., Friston K., Rees G. Neural correlates of perceptual rivalry in the human brain // *Science*, 1998, vol. 280. P. 1930-1934.

49. Lumer E.D. A neural model of binocular integration and rivalry based on the coordination of action-potential timing in primary visual cortex // *Cerebral Cortex*, 1998, vol. 8, P. 553-561.
50. Mamassian P., Goutcher R. Temporal dynamics in bistable perception // *Journal of vision*, 2005, vol. 5. P. 361-375.
51. Martinez-Conde S., Macknik S.L., Hubel D.H. The role of fixational eye movements in visual perception // *Nature reviews: Neuroscience*, 2004, vol. 5. P. 229-240.
52. Maruya K., Yang E., Blake R. Voluntary action influences visual competition // *Psychological science*, 2007, vol. 18(12). P. 1090-1098.
53. Melloni L., Molina C., Pena M., Torres D., Singer W., Rodriguez E. Synchronization of neural activity across cortical areas correlates with conscious perception // *Journal of Neuroscience*, 2007, vol. 27(11). P. 2858-2865.
54. Melloni L., Schwiedrzik C.M., Rodriguez E., Singer W. (Micro) Saccades, corollary activity and cortical oscillations // *Trends in cognitive sciences*, 2009, vol. 13(6). P. 239-245.
55. Meng M., Tong F. Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures // *Journal of vision*, 2004, vol. 4. P. 539-551.
56. Miesenböck G. The optogenetic catechism // *Science*, 2009, vol. 326, P. 395-399.
57. Miller S. M., Hansell N.K., Ngo T.T., Liu G.B., Pettigrew J. D., Martin N. G., Wright M.J. Genetic contribution to individual variation in binocular rivalry rate // *PNAS*, 2010 Vol. 107, P. 2664-2668.
58. Mitchel J.F., Stoner G.R., Reynolds J.H. Object-based attention determines dominance in binocular rivalry // *Nature*, 2004, vol. 429. P. 410-413.
59. Moreno-Bote R., Rinzel J., Rubin N. Noise-Induced Alternations in an Attractor Network Model of Perceptual Bistability // *Journal of Neurophysiology*, 2007, vol. 98, P. 1125-1139.
60. Nikolaev A.R., Gepshtein S., Gong P., van Leeuwen C. Duration of coherence intervals in electrical brain activity in perceptual organization // *Cerebral cortex*, 2010, vol. 20. P. 365-382.

61. Nishikawa M., Shibata T. Nonadaptive Fluctuation in an Adaptive Sensory System: Bacterial Chemoreceptor // PLoS ONE 5(6): e11224. doi:10.1371/journal.pone.0011224.
62. Oldfield R.C. Apparent fluctuations of a sensory threshold // The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1955, vol. 7(3). P. 101-115.
63. Osaka N., Matsuyoshi D., Ikeda T., Osaka M. Implied motion because of instability in Hokusai Manga activates the human motion-sensitive extrastriate visual cortex: an fMRI study of the impact of visual art // Neuroreport, 2010, vol. 10. P. 264-7.
64. Pachidis T.P., Lygouras J.N. Pseudo-Stereo Vision System: A Detailed Study // Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2005, Vol. 42. P. 135-167.
65. Paffen C.L.E., te Pas S.F., Kanai R., van der Smagt M.J., Verstraten F.A.J. Centre-surround interactions in visual motion processing during binocular rivalry // Vision research, 2004, vol. 44. P. 1635-1639.
66. Paffen C.L.E., Alais D., Verstraten F.A.J. Center-surround inhibition deepens binocular rivalry suppression // Vision research, 2005, vol. 45. P. 2642-2649.
67. Paffen C.L.E., Alais D., Verstraten F.A.J. Attention speeds binocular rivalry // Psychological science, 2006, vol. 17(9). P. 752-756.
68. Palmer S.E. Perceptual organization in vision // Steven's handbook of experimental psychology. Volume 1: Sensation and perception / ed. by H. Pashler, S. Yantis. New York: John Wiley and sons, Inc., 2002. P. 177-235.
69. Papathomas T.V., Kovacs I., Conway T. Interocular grouping in binocular rivalry: basic attributes and combinations // Binocular Rivalry / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 1-29.
70. Pastukhov A., Braun J. A short-term memory of multi-stable perception // Journal of Vision, 2008, vol. 8 (13). P. 1-14.
71. Patterson R., Winterbottom M., Pierce B., Fox R. Binocular rivalry and head-worn displays // Human factors, 2007, vol. 49(6). P. 1083-1096.
72. Pearson J., Brascamp J. Sensory memory for ambiguous vision // Trends in cognitive science, 2008, vol. 12 (9). P. 334-341.
73. Pearson J., Clifford C.W.G., Tong F. The functional impact of mental imagery on conscious perception // Current biology, 2008, vol. 18. P. 982-986.

74. Polonsky A., Blake R., Braun J., Heeger D. Neuronal activity in human primary visual cortex correlates with perception during binocular rivalry // *Nature Neuroscience*, 2000, vol. 3. P. 1153–1159.
75. Pressnitzer D., Hupe J.M. Temporal dynamics of auditory and visual bistability reveal common principles of perceptual organization // *Current biology*, 2006, vol. 16. P. 1351-1357.
76. Reinagel P., Reid R.C. Temporal coding of visual information in the thalamus // *The Journal of Neuroscience*, 2000, vol. 20, P. 5392-5400.
77. Rubin N., Hupe J.M. Dynamics of perceptual bistability: plaids and binocular rivalry compared // *Binocular Rivalry* / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 137-155.
78. Sauve K. Gamma-band synchronous oscillations: recent evidence regarding their functional significance // *Consciousness and cognition*, 1999, vol. 8. P. 213-224.
79. Sheinberg D. L., Logothetis N. K. The role of temporal cortical areas in perceptual organization // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997, vol. 94. P. 3408–3413.
80. Shimaoka D., Kitajo K., Kaneko K., Yamaguchi Y. Transient process of cortical activity during Necker cube perception: from local clusters to global synchrony // *Nonlinear biomedical physics*, 2010, vol. 4 (Suppl 1):S7. P. 1-10.
81. Shpiro A., Curtu R., Rinzel J., Rubin N. Dynamical Characteristics Common to Neuronal Competition Models // *Journal of Neurophysiology*, 2007, vol. 97. P. 462-473.
82. Sohal V.S., Zhang F., Yizhar O., Deisseroth K. Parvalbumin neurons and gamma rhythms enhance cortical circuit performance // *Parvalbumin neurons and gamma rhythms enhance cortical circuit performance*, *Nature*, 2009, vol. 459. P. 698-702.
83. Song C., Yao H. Duality in binocular rivalry: distinct sensitivity of percept sequence and percept duration to imbalance between monocular stimuli // *PlosOne*, 2009, vol. 4(9) e6912. doi:10.1371/journal.pone.0006912.
84. Spencer K.M. Visual gamma oscillations in schizophrenia: implications for understanding neural circuitry abnormalities // *Clinical EEG and Neuroscience*, 2008, vol. 39(2). P. 65-8.

85. Srinivasan R., Russell D. P., Edelman G. M., Tononi G. Increased synchronization of neuromagnetic responses during conscious perception // *Journal of Neuroscience*, 1999, vol. 19. P. 5435–5448.
86. Srinivasan R., Petrovic S. MEG phase follows conscious perception during binocular rivalry induced by visual stream segregation // *Cerebral cortex*, 2006, vol. 16. P. 597-608.
87. Sterzer P., Kleinschmidt A., Rees G. The neural bases of multistable perception // *Trends in cognitive sciences*, 2009, vol. 13(7). P. 310-318.
88. Stollenwerk L., Bode M. Lateral neural model of binocular rivalry // *Neural Computation*, 2003, vol.15. P. 2863-2882.
89. Suzuki M. Binocular rivalry in half-occluded region is weakened by eye movement // *Shinrigaku Kenkyu*, 2002, vol. 73(3). P. 270-274 [japonų kalba, angl. santrauka].
90. Suzuki S., Grabowecki M. Long-term speeding in perceptual switches mediated by attention-dependent plasticity in cortical visual processing // *Neuron*, 2007, vol. 56. P. 741-753.
91. Tong F., Nakayama K., Vaughan J. T., Kanwisher N. Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex // *Neuron*, 1998, vol. 21. P. 753–759.
92. Tong F., Engel S. Interocular rivalry revealed in the cortical blind-spot representation // *Nature*, 2001, vol. 411. P. 195–199.
93. Ulbrich P., Churan J., Fink M., Wittmann M. Perception of temporal order: The effects of age, sex and cognitive factors // *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 2009, vol. 16(2). P. 183-202.
94. Usrey W.M., Reid R.C. Synchronous activity in the visual system // *Annual Review of Physiology*, 1999, vol. 61, p. 435-456.
95. Vanagas V., Balkelyte O., Bartusevicius E., Kirvelis D. Kvantovjy charakter dinamiki procesa uznavanija v zritelnom analizatore celoveka // *Proceedings of the IV symposium on sensory system physiology*. Leningrad, 1976, p. 26-30.
96. van Boxtel J.J.A., van Ee R., Erkelens C.J. Dichoptic masking and Binocular rivalry share common perceptual dynamics // *Journal of Vision*, 2007, vol. 7(14). P. 1-11.

97. van Boxtel J.J.A. On the visual system's architecture, underlying binocular rivalry and motion perception. Doctoral thesis, Utrecht University, 2008.
98. van Boxtel J.J.A., Alais D., Erkelens C.J., van Ee R. The role of temporally coarse form processing during binocular rivalry. PLoS ONE 3(1): e1429, 2008.
99. van Boxtel J.J.A., Alais D., van Ee R. Retinotopic and non-retinotopic stimulus encoding in binocular rivalry and the involvement of feedback // Journal of Vision, 2008, vol. 8(5). P. 1-10.
100. VanRullen R., Koch C. Is perception discrete or continuous? // Trends in cognitive sciences, 2003, vol. 7(5). P. 201-213.
101. Varela F.J., Toro A., John E.R., Schwartz E.L. Perceptual framing and cortical alpha rhythm // Neuropsychologia, 1981, vol. 19(5). P. 675-686.
102. Wade N. J. Ambiguities and rivalries in the history of binocular vision // Binocular Rivalry / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 29-46.
103. Watson T.L., Pearson J., Clifford C.W.G. Perceptual grouping of biological motion promotes binocular rivalry // Current Biology, 2004, vol. 14(18). P. 1670-1674.
104. Williams M.A., Morris A.P., McGlone F., Abbot D.F., Mattingley J.B. Amygdala responses to fearful and happy facial expressions under conditions of binocular suppression // The journal of neuroscience, 2004, vol. 24(12). P. 2898-2904.
105. Wilson H. R., Blake R., Lee S.H. Dynamics of travelling waves in visual perception // Nature, 2001, vol. 412. P. 907-910.

STRAIPSNIŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

Noreika D., Švegžda A., Stanikūnas R., Vanagas V., Vaitkevičius H. Abiakės konkurencijos reiškinių laikinės charakteristikos // *Psichologija*. 2008, T. 37, P. 7-19.

Noreika D. Regimosios informacijos diskretinimas laike ir jos ryšys su abiakės konkurencija // *Žmogus XXI amžiuje: kas naujo? VI Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija* / [sudarė I. Salialionė, A. Kairys], Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2009, P. 7-13.

Noreika D., Vaitkevičius H., Švegžda A., Vanagas V., Stanikūnas R., Bliznikas Z. A Flickering Stimuli Method for Investigating Temporal Features of Binocular Vision // *Electronics and Electrical Engineering*. – Kaunas: Technologija. 2010, No. 7 (103), P. 35-38.

PADĖKOS

Stodamas į doktorantūrą net nesitikėjau, kad disertacijos rašymas tiek išmokys, sukels jausmų, paskatins peržiūrėti savo įsitikinimus ir santykius... Kol rašiau disertaciją, ne tik mokiausi dirbti mokslinį darbą, bet ir grūdinausi, tikrinau save ir augau. Tad ačiū visiems, kurie šiuo turtingu gyvenimo periodu buvo šalia:

Doktorantūros vadovui prof. H. Vaitkevičiui, darbas su kuriuo man buvo išbandymas ir pamoka. Mokausi iš Jūsų produktyviai dirbti, nesijaudinti dėl smulkmenų ir nesvyruoti nuo menko vėjo;

Vilniaus universiteto Psichofiziologijos laboratorijos darbuotojams ir pagalbinkams: Algimantui, Ryčiui, Laimonui, Remigijui, Nerijui, Zeniui, padėjusiems įvairiausiais momentais – nuo aparatūros kūrimo iki tikslesnio žodžio parinkimo;

Tyrimo dalyviams, valandų valandas kantriai stebėjusiems šviečiančius skritulius ir spaudžiusiems mygtuką;

Alvydui, Algirdui, Vydui, Gintautui, Albinui, Valdui, patarusiems ir paguodusiems, kai aš buvau pasimetęs tarp duomenų;

Vadimui ir Monikai, padėjusiems tobulinti tekstų kalbą;

Banditui Vladui, sutiktam traukinyje ir priminusiam, kaip svarbu drąsiai kovoti už save, o ne nuolankiai plaukti pasroviui;

Šeimos nariams, supratusiems ir palaikiusiems tuo metu, kai aš buvau atsitraukęs nuo pasaulio ir kantriai dėliojau skaičiukus tam, kad paskui būtų geriau;

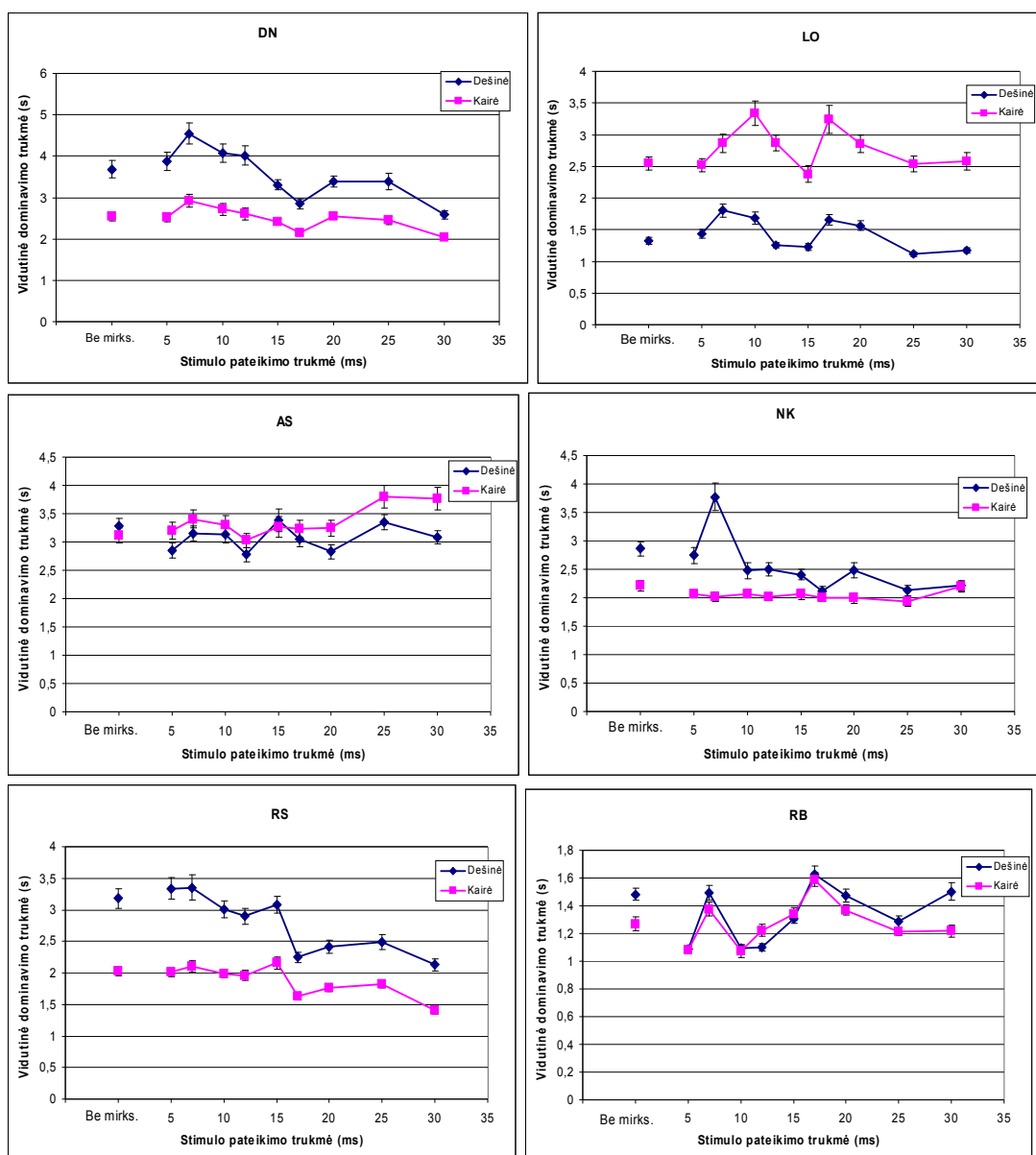
Ir visiems, kurie buvo šalia, palaikė, kai to reikėjo, arba atsitraukė ir taip padėjo man sustiprėti.

PRIEDAI

1 priedas. Pagrindiniai eksperimentų duomenys (be standartizavimo).

1 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant *priešfazėje* mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus

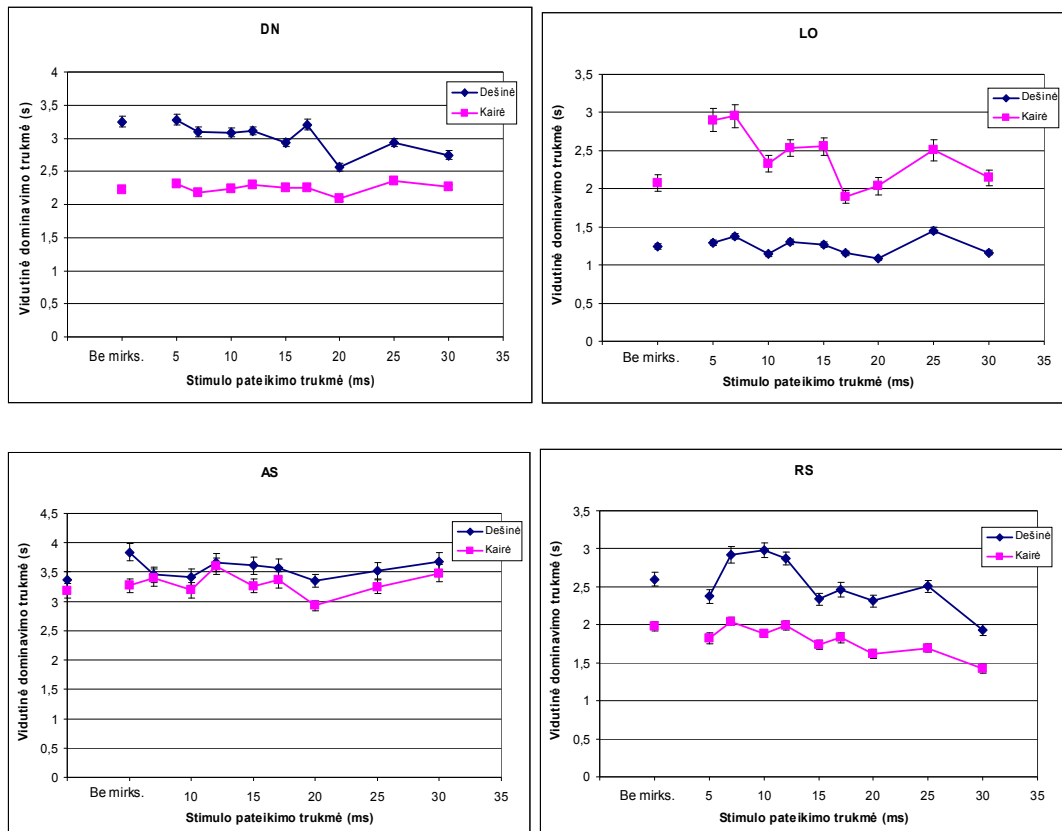
6 tyrimo dalyvių (atskiri grafikai) vidutinės dominavimo trukmės. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – vidutinė akies dominavimo trukmė (s). Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.



1 priedas (tęs). Pagrindiniai eksperimentų duomenys (be standartizavimo).

2 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant *fazėje* mirksinčius 5 – 30 ms trukmės stimulus

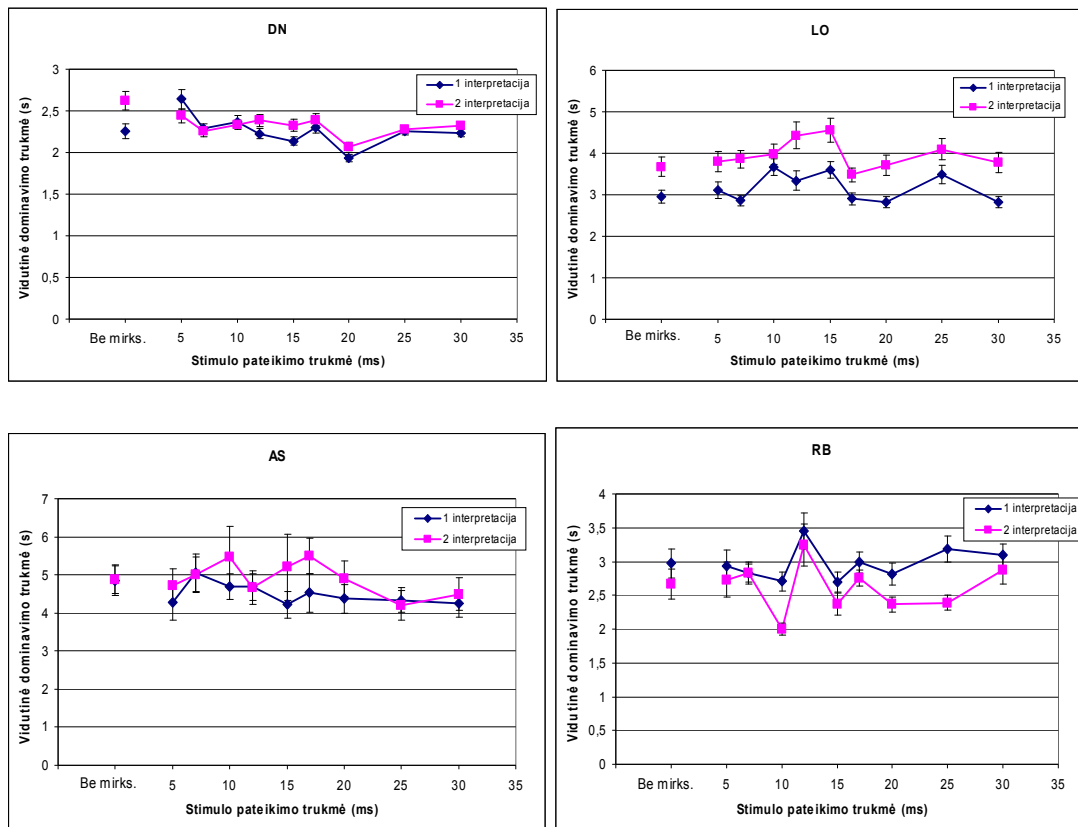
4 tyrimo dalyvių (atskiri grafikai) vidutinės dominavimo trukmės. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – vidutinė akies dominavimo trukmė (s). Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.



1 priedas (tęs). Pagrindiniai eksperimentų duomenys (be standartizavimo).

3 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos ir dviprasmių figūrų suvokimo vidutinei dominavimo trukmei

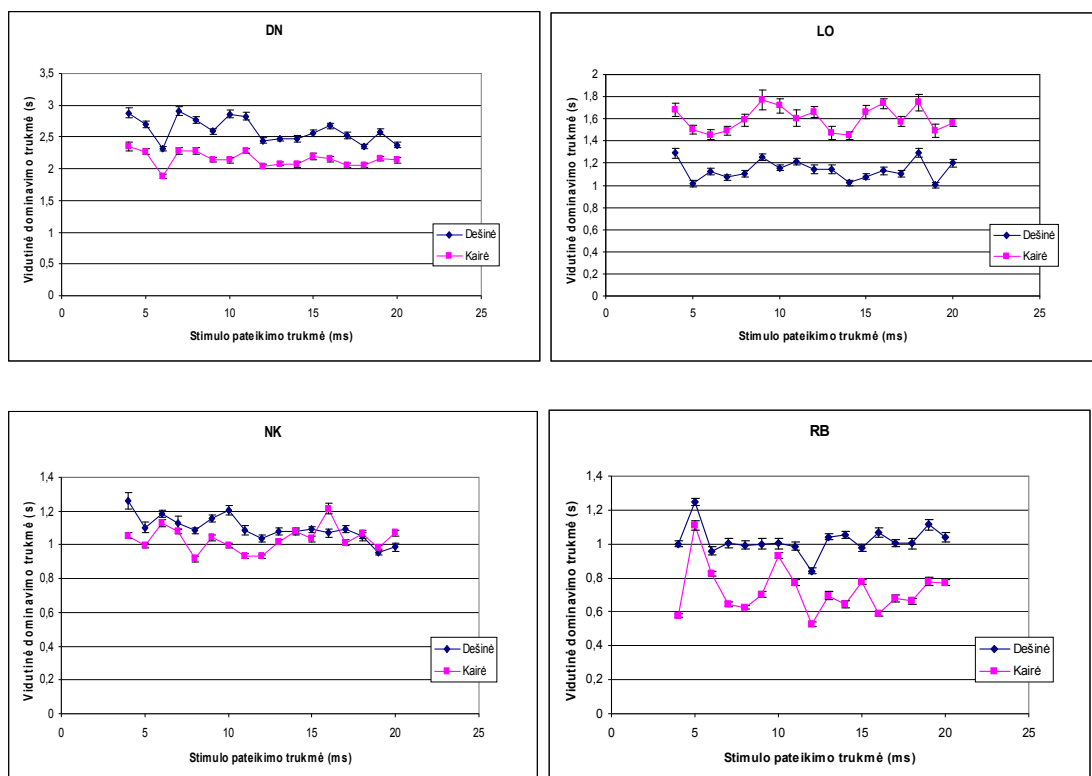
4 tyrimo dalyvių (atskiri grafikai) vidutinės dominavimo trukmės. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – standartizuota vidutinė akies dominavimo trukmė (s). Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.



1 priedas (tęs). Pagrindiniai eksperimentų duomenys (be standartizavimo).

4 eksperimentas: stimulų pateikimo trukmės įtaka akių konkurencijos vidutinei dominavimo trukmei, pateikiant priešfazėje mirksinčius 4 – 20 ms trukmės stimulus, pateikimo trukmę keičiant 1 ms žingsniu

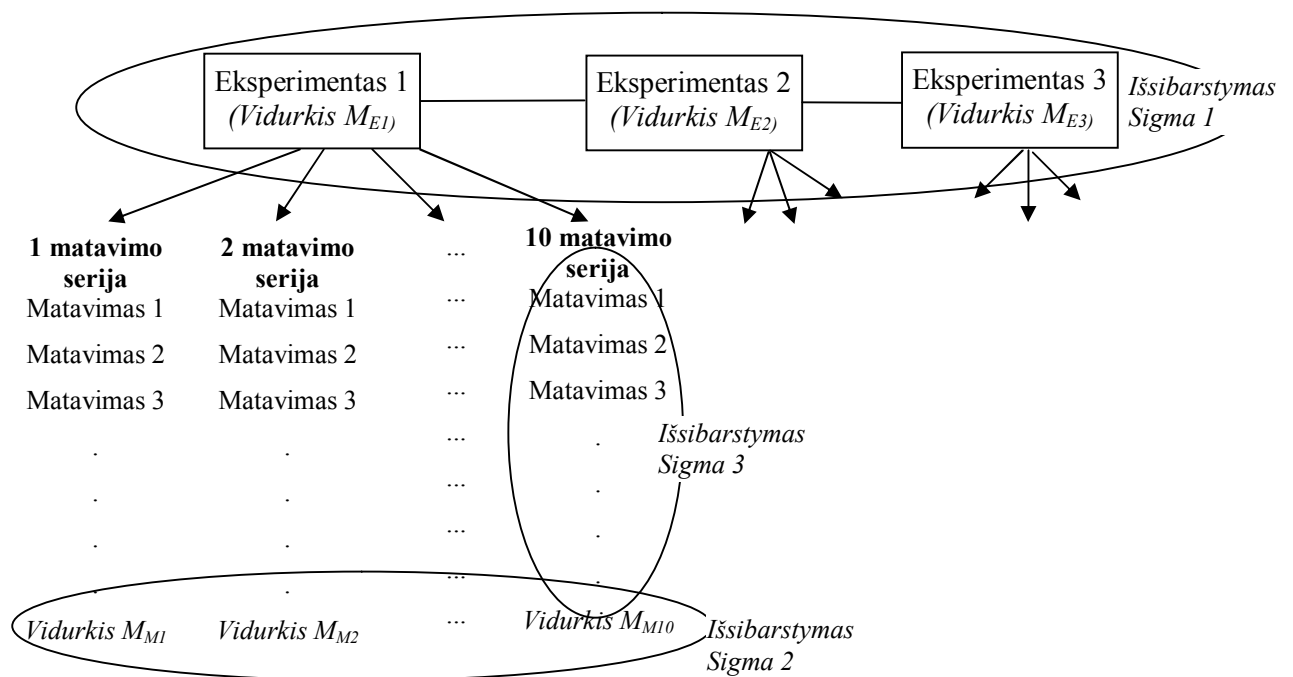
4 tyrimo dalyvių (atskiri grafikai) vidutinės dominavimo trukmės. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulus vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – standartizuota vidutinė akies dominavimo trukmė (s). Vertikalūs brūkšneliai žymi standartinę paklaidą.



2 priedas. Matematinis modelis, tiriantis atsitiktinių svyravimų dydžio įtaką eksperimento rezultatams

Modeliu imitavome mūsų realaus tyrimo eksperimentinę situaciją ir tyrėme, kokio dydžio galutinių rezultatų išsibarstymas mūsų eksperimente galėtų atsirasti jei duomenų išsibarstymo kilmė būtų vien tik nekontroliuojami šalutiniai kintamieji, priklausomai nuo svyravimų dydžio įvairiuose lygiuose (vienos matavimo serijos ribose, tarp matavimo serijų ir tarp eksperimentų).

Modelis imituoja eksperimentinę situaciją, kuomet atliekami keli eksperimentai, sudaryti iš daugelio matavimo serijų (1 pav.). Sudarius norimas eksperimentines sąlygas, atliekama matavimo serija, sudaryta iš 20 – 60 matavimų. Tuomet (eksperimente – pakeitus nepriklausomo kintamojo lygį, o kontroliniame eksperimente – tiesiog dar kartą sudarius tas pačias sąlygas) atliekama kita matavimo serija, ir taip norimą skaičių kartų (toliau nagrinėjamame pavyzdyje – 10). Tokių eksperimentų atliekame ne vieną, o kelis (pavyzdyje – 3).



1 pav. Eksperimento modelis. 3 eksperimentai, kiekviename jų 10 matavimo serijų po 20-60 matavimų.

Modelyje duomenis sudaro atsitiktiniai² skaičiai, tačiau jie generuojami ne iškart, o pažingsniui, duomenų išsibirstymo dydį (standartinį nuokrypį) nurodant trimis lygiais. Modelyje keičiamas išsibirstymo dydis tarp 1) skirtingų eksperimentų vidurkių (1 pav. Sigma 1); 2) vieno eksperimento matavimo serijų vidurkių (Sigma 2) ir 3) vienos matavimo serijos duomenų (Sigma 3). Imituojama situacija, kai natūraliai, net ir be eksperimentinio poveikio, tiriamo proceso parametrai nėra idealiai pastovūs, o atsitiktinai svyruoja šiuose trijuose hierarchiniuose lygiuose. Mus domina, kokio stiprumo įtaką šie svyravimai gali daryti mūsų galutiniams rezultatams. Be išsibirstymų dydžio, modelyje taip pat pasirenkame norimą 1) bandymų skaičių n kiekvienos matavimo serijos metu, 2) matavimo serijų skaičių viename eksperimente ir 3) eksperimentų skaičių.

Kad sugeneruoti duomenys būtų panašesni į realius duomenis, atsitiktinius skaičius generuojame ne pagal tolydųjį, o normalųjį skirstinį³. Duomenų generavimui naudojame Box-Muller algoritmą:

$X = \sqrt{-2 \ln U} \cos(2\pi V)$, kur U ir V – nepriklausomi, tolydžiai pasiskirstę atsitiktiniai dydžiai iš intervalo $(0; 1]$.

Duomenų generavimas vyksta tokia seka:

1. Vartotojas nurodo Sigma 1, Sigma 2 ir Sigma 3 dydžius (žr. 14 pav.), pradinį generavimo vidurkį K (skaičių, aplink kurį suksis visi sugeneruoti duomenys), taip pat pasirenka norimą eksperimentų skaičių, matavimo serijų skaičių viename eksperimente ir matavimų skaičių vienoje matavimo serijoje. Paprastumo dėlei dydžiai Sigma 2 ir Sigma 3 naudojami tie patys visuose generuojamuose eksperimentuose.
2. Sugeneruojami *eksperimentų* vidurkiai $M_{E1}, M_{E2}, \dots, M_{En}$ pagal formulę $M_E = K + \text{Sigma}1\sqrt{-2 \ln U} \cos(2\pi V)$.
3. Kiekviename eksperimente atskirai, remiantis to eksperimento sugenerotu vidurkiu ir išsibirstymu Sigma 2, sugeneruojami *matavimo serijų* vidurkiai $M_{M1}, M_{M2}, \dots, M_{Mi}$ pagal formulę $M_M = M_E + \text{Sigma}2\sqrt{-2 \ln U} \cos(2\pi V)$.

² Atsitiktinius dydžius generavome Microsoft Excel programa, todėl tai nebuvo „grynas“ atsitiktinumas.

³ Nors realių mūsų eksperimentų duomenys daugeliu atvejų ne visai atitiko normaliojo skirstinio.

4. Kiekvienoje matavimo serijoje atskirai, remiantis tos serijos sugeneruotu vidurkiu ir išsibastymu Sigma 3, sugeneruojami tos serijos *matavimai* $X_1, X_2, \dots, X_k$ pagal formulę $X = M_M + \text{Sigma}3\sqrt{-2\ln U} \cos(2\pi V)$.

Rezultatų grafikai braižomi remiantis ne generavimui naudotais vidurkiais, o vidurkiais, suskaičiuotais iš jau sugeneruotų duomenų. Rezultatams analizuoti brėžiamos kreivės, gaunamos iš 1) kiekvieno atskiro eksperimento rezultatų; 2) sujungtų pagal atitinkamas matavimo serijas visų eksperimentų rezultatų. Paprastumo dėlei modelyje matavimo serijas iš skirtingų eksperimentų jungėme pagal eilės numerį (visų eksperimentų pirmos matavimo serijos, visų antros ir t.t.). Realiose eksperimentuose matavimo serijos buvo jungiamos arba pagal stimulų mirksėjimo dažnį (pagrindiniai eksperimentai), arba, kaip ir modelyje, pagal eilės numerį (kontroliniuose eksperimentuose). Tyrėme, kaip atrodo galutiniai rezultatai, šį duomenų sujungimą iš skirtingų eksperimentų atliekant skirtingais būdais – į jungtinį duomenų rinkinį sudedant:

- 1) pačius matavimus $X_1, X_2, \dots, X_n$ iš kiekvieno eksperimento (tuomet kiekviename duomenų stulpelyje turime $k \times n$ duomenų, kur k – matavimų skaičius vienoje serijoje, n – eksperimentų skaičius;
- 2) tik matavimų serijų vidurkius iš kiekvieno eksperimento (tuomet kiekviename stulpelyje turime n duomenų).