

ABIAKĖS KONKURENCIJOS REIŠKINIO LAIKINĖS CHARAKTERISTIKOS

Donatas Noreika

Doktorantas
Vilniaus universitetas
Bendrosios psichologijos katedra
Universiteto g. 9/1, LT-01513 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: donatas.noreika@fsf.vu.lt

Algimantas Švegžda

Gamtos mokslų daktaras
Vilniaus universitetas
Bendrosios psichologijos katedra
Universiteto g. 9/1, LT-01513 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: algimantas.svegžda@ff.vu.lt

Rytis Stanikūnas

Fizinių mokslų daktaras
Vilniaus universitetas
Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas
Biofizikinės informatikos sektorius
Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: rytis.stanikunas@ff.vu.lt

Vygandas Vanagas

Gamtos mokslų daktaras
Vilniaus universitetas
El. paštas: vygandas.vanagas@gf.vu.lt

Henrikas Vaitkevičius

Habilituotas socialinių mokslų daktaras, profesorius
Vilniaus universitetas
Bendrosios psichologijos katedra
Universiteto g. 9/1, LT-01513 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: henrikas.vaitkevicius@ff.vu.lt

Abiakė (binokulinė) konkurencija (angl. binocular rivalry) – tai suvokimo reiškinys, kai sąmoningas suvokimas pakaitomis persijunginėja tarp dviejų vaizdų, pateikiamų į vieną ir kitą akį. Tyrimo tikslas – iširti abiakės konkurencijos reiškinio vidutinio dominavimo laiko priklausomybę nuo pateikiamų stimulų mirksėjimo dažnio. Į abi akis buvo pateikiami milisekundžių dažniu mirksintys stimulai ir tirta, ar nuo stimulo mirksėjimo dažnio priklauso vidutinis dominavimo laikas. Šią sąveiką tyrimo rezultatai patvirtino. Taip pat nustatėme, kad vidutinio dominavimo laiko priklausomybės nuo stimulo mirksėjimo dažnio funkcija nėra monotoninė: jai būdingi ekstremumai, dažniausiai pasitaikantis atstumas tarp artimiausių ekstremumų yra 5–12 ms. Ekstremumų taškų padėtis mirksėjimo dažnio skalėje nėra stabili.

Pagrindiniai žodžiai: suvokimas, akių konkurencija, laikinės charakteristikos.

Abiakė (binokulinė) konkurencija (angl. *binocular rivalry*) – tai suvokimo reiškinys, kai į abiejų akių koresponduojančias tinklainės vietas projektuojami nesuderinami vaizdai yra suvokiami pakaitomis, o ne suliejami kaip esant įprastam erdviniam suvokimui. Vieno vaizdo matymo (dominavimo) trukmė nėra pastovi, o trukmių pasiskirstymas literatūroje dažniausiai apibūdinamas gama funkcija, nors neseniai atlikti tyrimai rodo, kad toks aprašymas nėra tikslus (Brascamp et al., 2005). Pirmieji sistemingi abiakės konkurencijos tyrimai buvo atlikti Ch. Wheatstone'o dar 1838 metais (cituojuama – pagal Blake, 2005, p. 4). Po beveik šimtmečio pertraukos pastaraisiais dešimtmečiais susidomėjimas abiake konkurencija vėl padidėjo, kai šis reiškinys buvo pritaikytas sąmoningo regimojo suvokimo neurofiziologiniams mechanizms tirti (Blake and Logothetis, 2002). Vis dėlto abiakės konkurencijos reiškinio mechanizmas dar nėra gerai suprastas.

Sutariama, kad abiakė konkurencija nėra paprastas procesas, o jį lemia bendra hierarchiškai išsidėsčiusių suvokimo proceso lygmenų veikla – nors pirmuosius neuroninius konkurencijos pėdsakus galima užfiksuoti jau pirminėje regos žievėje, neabejojama, kad šios zonos procesus veikia atgaliniai ryšiai iš aukštesnių centrų (Tong et al., 2006; Lee et al., 2007). Neseniai atliktas tyrimas, kuriame, vykstant konkurencijai, tyrimo dalyvio pirminė regos žievė buvo tiesiogiai veikiamą magnetinio lauko (taikytas TMS – *transcranial magnetic stimulation* metodas). Šis poveikis keitė dominavimo laiko dinamiką, be to – priklausė nuo dirginimo vietos, ir dėl to autoriai daro išvadą, kad svarbiausi konkurencijos mechanizmai yra lokalizuoti tose smegenų žievės vietose, kuriose reprezentuojama regimoji erdvė (Pearson et al., 2007).

Kuriama hierarchiniai neuroniniai modeliai, kurie atkartotų ir padėtų suprasti atrastus abiakės konkurencijos dėsningumus. Vienas iš bendrų pastaraisiais metais pasirodžiusių mode-

lių bruožų – tai, kad nebeklausiama, kurie – tiesioginiai (angl. *bottom-up*) ar grįžtamieji (angl. *top-down*) – procesai yra lemiami, o bandoma susieti abi šias procesų grupes (Dayan, 1998; Freeman, 2005; Koene, 2006; Laing and Carson, 2002). Vienas svarbiausių dalykų, kurią turi paaiškinti modeliai – kaip konkurencijos pagrindą sudarantys procesai yra koordinuojami laike, kad išryškėtų eksperimentuose nustatomi laikiniai dominavimo pokyčių dėsningumai – dominavimo laikotarpių pasiskirstymas, stimulų ryškumo, kontrasto, tankio pokyčių įtaka dominavimo trukmei ir kt. (Furstenau, 2003; Shpiro et al., 2007; Ven van der et al., 2005). Kai kurie laikinių konkurencijos charakteristikų aiškinimo modeliai įtraukia triukšmo kintamąjį. Šiuo atveju teigiama, kad nepastovų dominavimo persijungimą lemia neišvenigiami išorinių ir vidinių signalų svyravimai (Kim et al., 2005; Moreno-Bote et al., 2007; Stollenwerk and Bode, 2003). E. D. Lumer (1998) ir kai kurie kiti autoriai mano, kad tai, ar vyksta abiakė konkurencija, ar normalus stereoregėjimas, lemia iš abiejų akių einančių neuronų impulsų sinchronizacija. E. D. Lumerio modelyje stimulų abiejose akyse suderinamumas lemia sinchronizaciją V1 žievės srityje ir aukštesniuose regos centruose. Kai abiejų akių stimulai negali būti suderinti, neuronai šioje srityje impulsus generuoja nesinchroniškai, ir inicijuojamas abiakės konkurencijos reiškinys (Lumer, 1998). Autoriaus nuomone, bet kokie laikiniai skirtumai, susiję su regimųjų stimulų pateikimu (veikiantys žemesnius procesus), gali lemti, kokį sprendimą – stereoregėjimas ar abiakė konkurencija – priims regos sistema.

Vis dėlto kai kurie kiti tyrimai rodo, kad nedideli laikiniai stimulų pokyčiai nedaro lemiamos įtakos abiakei konkurencijai. Ne ištisinius, o mirksinčius stimulus įmanoma pateikti pačiam – taip, kad jie niekada nebūtų rodomi vienu metu, tačiau konkurencija vis tiek vyksta (O'Shea and Crassini, 1984; Boxtel van et al.,

2008 ir kt.). J. J. A. van Boxtel ir kt. (2008), tyrę laikines abiakės konkurencijos charakteristikas, daro išvadą, kad šis reiškinys nėra jautrus mažiems laikiniams stimulų pokyčiams. Tik kai stimulų pateikimo intervalai ilgesni negu 350 ms, abiakė konkurencija išnyksta (stimulai suvokiami tais momentais, kai jie iš tikrųjų rodomi) (Boxtel van et al., 2008).

Nesutarimus dėl laikinių mikropokyčių svarbos abiakės konkurencijos reiškinio savybėms padėtų išspręsti tyrimai, kuriuose būtų tikslingai manipuluojama laikinėmis stimulų charakteristikomis. Jei suvokimo trukmei ir tikslumui iš tiesų svarbi neuronų darbo žemesniuose centruose sinchronizacija, vidutinę dominavimo trukmę (ar kitus duomenis apie konkurenciją) gali keisti nestabilus ar nutrūkstamas stimulo pateikimas. Galimas tokio manipuliavimo stimulo būdas – stimulo mirksėjimas tam tikru dažniu. Nepavyko aptikti tyrimų, kuriais būtų siekiama nustatyti, ar pagrindinės abiakės konkurencijos charakteristikos (pvz., vidutinis dominavimo laikas) yra susijusios su pateikiamų stimulų mirksėjimo dažniu. Galimybės atlikti tokius tyrimus daugeliu atvejų, matyt, mažina ir specialios įrangos trūkumas – įprastu kompiuteriu negalima pasiekti pakankamo stimulų pateikimo tikslumo.

Tyrimas, kuriame būtų tiesiogiai manipuluojama akių konkurencijos stimulų mirksėjimo dažniu, įdomus ir diskreta susvokimo teorijos šalininkams. Šios teorijos atstovai teigia, kad dėl neuroninių priežasčių yra tam tikra minimali laikinė suvokimo porcijos riba – informacija negali būti apdorojama greičiau negu leidžia tam tikro inertiškumo neuroninių takų galimybės. Suvokimą sudaro būtent tokių minimalių „žingsnelių laike“ (arba kvantų) kar-

totiniai. Iki šiol bandyta įvairiais būdais apčiuopti šiuos „suvokimo kvantus“, tačiau patikimų eksperimentų rezultatų nėra gauta. Jei, kaip teigia diskreta susvokimo teorijos šalininkai, suvokimas vyksta tam tikrais diskrečiais laiko vienetais, skirtingus efektus galėtų sukelti keičiamas stimulo mirksėjimo dažnis. Vidutinis dominavimo laikas turėtų kisti priklausomai nuo to, sutampa ar nesutampa signalų pateikimas su sistemos pasiruošimu juos apdoroti. Šie momentai yra diskretūs, bet dėl jų dydžio nesutariama – V. Vanagas ir kt. (1976) nurodo 8–10 ms, H. G. Geissler (1987, 1990) – 4,57 ms ir šiai kartotines reikšmes.

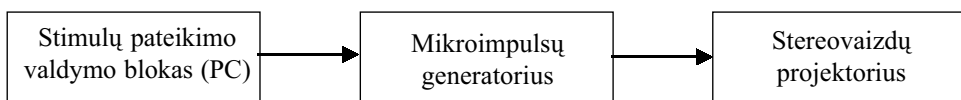
Atliekamame tyrime įvardytuosius klausimus bandomė panagrinėti pateikdami mirksinčius stimulus specialiai sukonstruotu tachistoskopu ir vertindami, ar atskiro suvokiamo stimulo dominavimo laikas priklauso nuo stimulų mirksėjimo dažnio.

Tyrimo tikslai: ištirti abiakės konkurencijos reiškinio vidutinio dominavimo laiko priklausomybę nuo pateikiamų stimulų mirksėjimo dažnio.

Metodika

Dalyviai. Eksperimentuose savanoriškai dalyvavo keturi vyriškosios lyties atstovai, amžiaus vidurkis – 31,8 m., rega normali arba pakoreguota iki normalios.

Tyrimo priemonės. Stimulams pateikti sukonstruotas specialus tachistoskopas. *Windows* aplinkoje veikiančia programa nustatytų parametrų stimulai buvo pateikiami impulsų generatoriumi (1 pav.), o stimulai į akis projektuoti specialiai sukonstruotu projektoriumi. Impulsų trukmės pateikimo tikslumas – 1 ms.



1 pav. Eksperimento įrenginio schema

Tiriamiesiems į abi akis buvo pateikiami 1,7 laipsnio regimojo kampo dydžio apskritimo formos stimulai, ryškumas – 0,2 cd/m², kontrastas 0,9–1. Stimulą sudarė 45 laipsnių kampu pasviręs 0,6 regimojo kampo laipsnio storio juodas brūkšnis, kertantis baltos spalvos apskritimą (2 pav.). Brūkšnio pasvirimo kampas į vieną ir kitą akis pateikiamuose stimuluose skyrėsi 90 laipsnių.

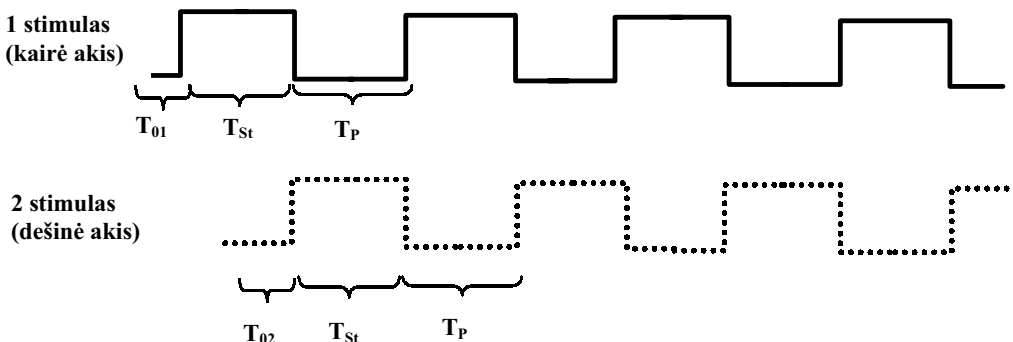


2 pav. Eksperimento stimulai. Kairysis stimulus buvo pateikiamas į kairę, dešinysis – į dešinę akį

Stimulai buvo pasirinktu dažniu įjungiami ir išjungiami, taip sukeliant jų mirksėjimą pastoviu intervalu. Stimulo rodymo ir pauzės laikas buvo vienodi, o jų trukmė keičiama nuo 5 iki 30 ms (3 pav.). Buvo matuojamas dominavimo laikas ir stimulams šviečiant ištiesai, nemirksint. Pirmajame eksperimente antrasis stimulus per pusę fazės (vieno stimulus pateikimo trukmę) buvo pastumtas nuo pirmojo stimulus. Dėl to stimulai mirksėjo priešfazėje, ti-

riamajam vienu metu į akis nepateikiant abiejų stimulų iškart. Pirmojo (kairiojo) stimulus pradinis užlaikymas (T_{01}) buvo 300 ms, antrojo stimulus (T_{02}): 300 ms + T_{st} (čia T_{st} – stimulus rodymo trukmė). Ir stimulus pateikimo, ir pauzės tarp abiejų stimulų trukmė nesiskyrė (t. y. keičiant pirmojo stimulus mirksėjimo dažnį, tokiu pat dydžiu buvo keičiamas ir antrojo stimulus mirksėjimo dažnis). Antrajame eksperimente į kairę akį pateikiamas vaizdas buvo rodomas ištiesai, mirksėjo tik dešinės akies vaizdas.

Eksperimento eiga. Eksperimento metu tyrimo dalyvis sėdėjo tamsiame kambaryje prie stereovaizdų projektoriaus ir spausdamas mygtuką nurodė, kurį stimulus kiekvienu momentu matė. Kadangi kompiuterio klaviatūros ar pelės tikslumas nėra pakankamas tokio pobūdžio tyrimui, buvo pagamintas specialus mygtukas. Instrukcija nurodė mygtuką laikyti nuspausta, matant stimulus su iš viršaus kairėje į dešinę žemyn besileidžiančiu brūkšniu (2 pav. kairėje), o matant priešingą stimulus (2 pav. dešinėje) – mygtuką atleisti. Atsiradus sutampančiam („mozaikiniam“) vaizdai, tai yra išnykus iki tol matytam vienareikšmiam vaizdai, buvo nurodoma keisti mygtuko padėtį (pvz., jei mygtukas iki tol buvo laikomas nuspaustas – jį atleisti). Po 6 min. truncančio matavimo buvo daroma trumpa pauzė, per kurią eksperimentato-



3 pav. Stimulų pateikimo schema. T_0 – pradinis užlaikymas; T_{st} – stimulus rodymo trukmė; T_p – pauzės trukmė. Eksperimente buvo laikoma, kad stimulus rodymo ir pauzės trukmė vienodos ($T_{st} = T_p$)

rius perreguliuodavo stimulų pateikimo ir pauzės trukmę. Vienos matavimų serijos metu buvo atliekama po vieną arba du matavimus esant kiekvienai tiriamai stimulo mirksėjimo dažnio reikšmei. Vienas matavimas (esant vienam mirksėjimo dažniui) truko 6 min. Viena matavimų serija (4–6 mirksėjimo dažnio reikšmės) truko iki valandos. Su kiekvienu tyrimo dalyviu buvo atlikta nuo 3 iki 28 matavimų serijų.

Matavimai buvo atliekami esant tokioms stimulų mirksėjimo dažnio reikšmėms (patogesniai žymėjimui rėmėmės ne mirksėjimo dažniu (Hz), o vieno stimulo pateikimo trukmė = pauzės trukmė (ms)): be mirksėjimo, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 25 ir 30 ms. Antrajame eksperimente atlikti matavimai pateikiamam stimului mirksint tik į dešinę akį (kairės akies stimulus švietė ištiesai). Naudotos tos pačios stimulų mirksėjimo reikšmės, kaip ir pirmajame eksperimente (be mirksėjimo, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 25 ir 30 ms). Abiejuose eksperimentuose stimulų pateikimo trukmių reikšmės buvo parenkamos atsitiktinai.

Duomenų tvarkymas. Kompiuterio programa fiksavo absoliutų kiekvieno mygtuko nuspaudimo ir atleidimo 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. Buvo skaičiuojama vidutinė kiekvienos akies stimulo dominavimo trukmė esant kiekvienam mirksėjimo dažniui. Analizavome gautos kreivės pobūdį, o vidurkių skirtumų statistinį reikšmingumą vertinome Wilcoxon kriterijumi priklausomoms imtims.

Rezultatai

Eksperimentų metu buvo stebimas įprastinis abiakės konkurencijos reiškinys – tiriamieji po

kelias sekundes matė tai vieną, tai kitą stimulą, kartais matomiems vaizdams sutampant (šiais momentais buvo matomas „mozaikinis“ vaizdas, sudarytas iš atskirų monokulinių stimulų fragmentų, matomų skirtingose erdvės vietose). Vieno vaizdo dominavimo laikas kito nuo 1 iki kelių sekundžių.

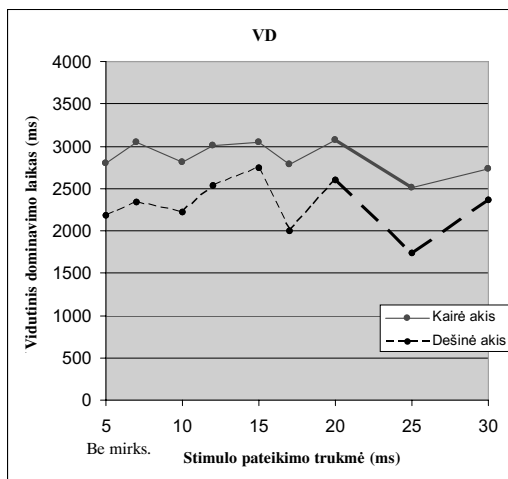
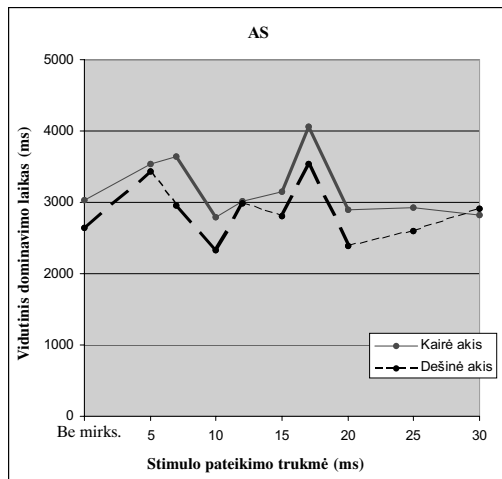
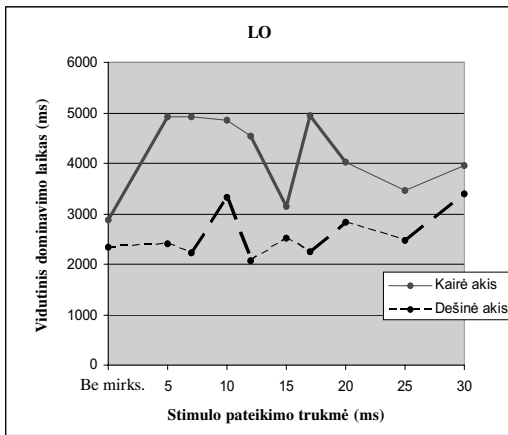
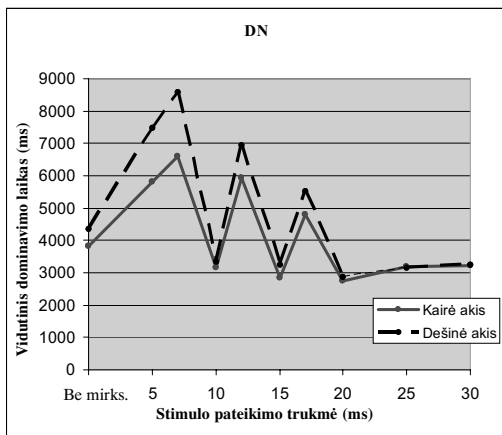
Pirmasis eksperimentas

Pirmajame eksperimente stimulai mirksėjo priešfazėse (buvo rodomi pakaitomis, žr. 3 pav.). Eksperimento rezultatai pateikti 4 pav.

Iš 4 pav. matyti, kad vidutinio dominavimo laiko priklausomybė nuo stimulo mirksėjimo dažnio nėra monotoninė funkcija: tarp dominavimo laikų, išmatuotų stimulams mirksint įvairiais dažniais, išryškėja tam tikri skirtumai, tačiau tarp tyrimo dalyvių kreivės pobūdis labai skiriasi. Individualiai labai skiriasi ir bendras dominavimo laiko vidurkis (vidutinius dominavimo laikus esant kiekvienam mirksėjimo dažniui žr. 1 priede). Palyginome gretimų mirksėjimo dažnio reikšmių vidutinio dominavimo laiko skirtumus – 1-a lentelė.

Iš tiriamojo DN matavimų kreivės (4 pav.) ir 1-os lentelės matyti, kad statistškai reikšmingai skiriasi visų gretimų mirksėjimo dažnio reikšmių vidurkis, išskyrus dešinės akies 20 ms ir 25 ms. Kreivės forma „banguota“ – vidutinės dominavimo reikšmės ilgėjant stimulo pateikimo trukmei tai didėja, tai vėl mažėja. Abiejų akių kreivės labai panašios. Didžiausios nustatytos vidutinio dominavimo laiko reikšmės DN atveju yra 7, 12 ir 17 ms, mažiausios – ties 10, 15 ir 20 ms. Informatyvus gali būti atstumas tarp dviejų gretimų kreivės viršūnių. DN šis atstumas (tarp 7 ir 12 ms bei tarp 12 ir 17 ms) yra apie 5 ms.

Tiriamojo LO kairės ir dešinės akies kreivės labai skiriasi. Kairės akies viena žemiausių dominavimo laiko reikšmių yra stimului švie-



4 pav. Pirmojo eksperimento rezultatai: keturių tyrimo dalyvių vidutiniai dominavimo laikai. Abscisių ašyje – mirksinčio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – vidutinis akies dominavimo laikas (ms). Statistiškai reikšmingus skirtumus atspindintys kreivių etapai paryškinti

1 lentelė. Pirmojo eksperimento (stimulams mirksint priešfazėse) skirtumų tarp gretimų vidutinio dominavimo laiko grafiko taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Wilcoxon kriterijų priklausomoms imtims; skirtumus vertinome kaip statistiškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistiškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu)

	DN		LO		AS		VD	
	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė
Be mirks. – 5 ms	0,000	0,000	0,004	0,116	0,378	0,027		
5 ms – 7 ms	0,001	0,000	0,998	0,718	0,513	0,214	0,142	0,415
7 ms – 10 ms	0,000	0,000	0,567	0,000	0,000	0,001	0,398	0,536
10 ms – 12 ms	0,000	0,000	0,236	0,000	0,751	0,003	0,283	0,339
12 ms – 15 ms	0,000	0,000	0,000	0,068	0,189	0,074	0,521	0,832
15 ms – 17 ms	0,000	0,000	0,000	0,335	0,002	0,000	0,860	0,099
17 ms – 20 ms	0,000	0,000	0,001	0,015	0,000	0,000	0,722	0,263
20 ms – 25 ms	0,000	0,137	0,079	0,071	0,320	0,136	0,002	0,000
25 ms – 30 ms	0,034	0,029	0,090	0,013	0,380	0,525	0,073	0,000

čiant ištisai. Ji statistiškai reikšmingai mažesnė už gretimas grafiko reikšmes – 5–12 ms mirksėjimo dažniu nustatytus dominavimo laikus. Tarpusavyje 5, 7, 10 ir 12 ms vidurkiai statistiškai reikšmingai nesiskiria. Ties 15 ms ryškus vidurkio kritimas žemyn, o ties 17 ms kreivė vėl pakyla. Nuo 17 ms kreivė vėl po truputį krinta, šiek tiek vėl pakildama ties 30 ms, tačiau vidutinio dominavimo laiko skirtumai kreivės gale nėra patikimi. Ryškiausias pakitimas tarp dominavimo laikų yra nuo 12 iki 17 ms – tarp šių taškų įsiterpia „duobė“ ties 15 ms. Šiuo atveju atstumas tarp duobės kraštų (ties 12 ir 17 ms) vėl yra 5 ms, tačiau kadangi tarp 7 ir 12 ms būna tam tikras plato laikotarpis, tiksliau nurodyti atstumą tarp dviejų viršūnių sunku. Dešinės akies kreivėje ryški viršūnė ties 10 ms, yra nedidelis pakilimas ties 20 ms, taip pat kreivė kyla ties 30 ms. Atstumas tarp šių trijų taškų (10 ir 20 ms, 20 ir 30 ms) – 10 ms.

Tiriamąjo AS grafiko forma kiek panaši į LO kairės akies grafiko – ties 0 ms žemiau prasidėjusi kreivė iš pradžių kyla, vėliau (šikart ties 7–10 ms) daro nedidelę duobę, vėliau kyla ir vėl lėtai krinta. Tarpusavyje abiejų akių kreivės skiriasi ne taip labai. Ryškiau išsiskiria viršūnė ties 17 ms. Atstumas tarp dviejų didžiausių grafiko viršūnių (7 ir 17 ms) – 10 ms.

Tiriamąjo VD grafikas plokštesnis, statistiškai reikšmingų skirtumų mažiau. Tarpusavyje abiejų akių kreivės skiriasi irgi nedaug, nors dešinės akies vidutinio dominavimo laiko vidurkis yra mažesnis. Ryškesni skirtumai išryškėja tik kreivės gale – ties 25–30 ms. VD dominavimo laikas stimului šviečiant ištisai dėl techninių priežasčių nebuvo išmatuotas.

Antrasis eksperimentas

Antrajame eksperimente buvo naudojamos tos pačios stimulo mirksėjimo dažnio reikšmės kaip ir pirmajame, tačiau mirksėjo tik dešini-

sis stimulus – kairysis švietė ištisai. Eksperimento rezultatai pateikiami 5 pav., vidutinio dominavimo laiko skirtumai tarp gretimų mirksėjimo dažnio reikšmių – 2-oje lentelėje.

Tiriamąjo DN grafike šikart neišryškėja tokie dideli svyravimai. Bendra grafiko tendencija – kristi žemyn. Dešinės akies grafike lyg ir išryškėja duobė ties 17 ms. Kairės akies grafike ši duobė nėra ryški, jame matyti tam tikras pakilimas ties 7 ms, tačiau skirtumai čia nėra patikimi.

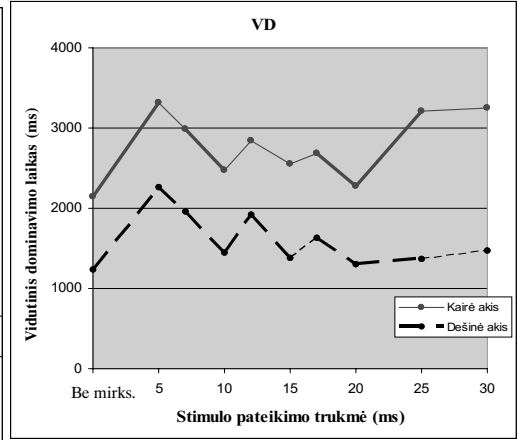
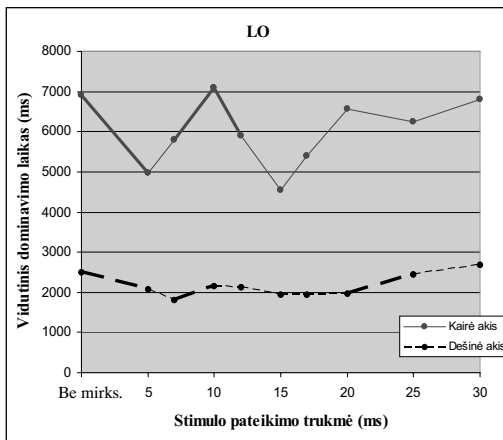
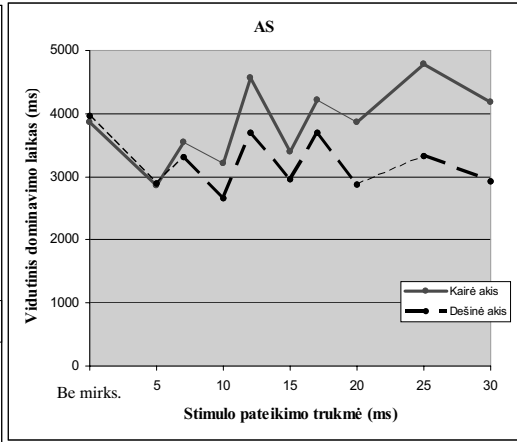
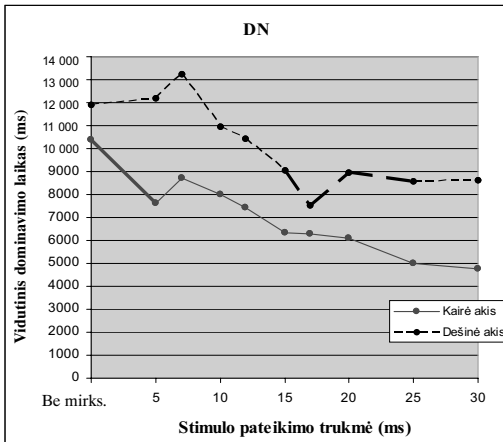
Tiriamąjo LO labai skiriasi abiejų akių kreivės. Dešinės akies daug mažesnis bendras vidurkis, todėl grafike skirtumai irgi sunkiau matomi. Vis dėlto abiejų kreivių forma yra gana panaši. Ties didesnėmis reikšmėmis prasidėjusi kreivė vėliau krinta, pakyla maždaug ties 10 ms, vėliau vėl truputį krinta ir pakyla ties 20–30 ms.

Tiriamąjo AS abiejų akių kreivės panašios, jose gana ryškus bangavimas. Grafike išsiskiria viršūnės ties 7, 12, 17, 25 ms, duobės ties 5, 10, 15, 20 ms.

Tiriamąjo VD grafike taip pat gana ryškus bangavimas, o abiejų akių kreivės yra panašios formos. Grafike labiau išsiskiria viršūnės ties 5, 12, 17 ms. Kitaip negu AS grafike, VD ties 25 ms pakilusi kreivė ties 30 ms nebusileidžia. Tam tikros duobės matyti ties 10, 15 ir 20 ms, taip pat vidutinis dominavimo laikas trumpesnis stimului šviečiant ištisai.

Rezultatų aptarimas

Eksperimente išryškėjo tam tikri statistiškai reikšmingi skirtumai stimulams mirksinti įvairiu dažniu, tačiau šie skirtumai nėra pastovūs – stimulo mirksėjimo dažnio reikšmės, kurioms esant išmatuojamas didžiausias dominavimo laikas, tiriamųjų nėra vienodos, taip pat dažnai keičiasi net ir tam pačiam tiriamajam atliekant skirtingas matavimų serijas. Skirtumai



5 pav. Antrojo eksperimento rezultatai: keturių tyrimo dalyvių vidutiniai dominavimo laikai. Abscisių ašyje – mirksintio stimulo vieno pateikimo trukmė (ms), ordinačių ašyje – vidutinis akies dominavimo laikas (ms). Statistiškai reikšmingus skirtumus atspindintys kreivių etapai paryškinti

2 lentelė. Antrojo eksperimento (mirksint dešiniajam stimuliui) skirtumų tarp gretimų vidutinio dominavimo laiko grafiko taškų reikšmingumo lygmenys (naudojome Wilcoxon kriterijų priklausomoms imtims; skirtumus vertiname kaip statistiškai reikšmingus, kai $p < 0,05$; statistiškai reikšmingi skirtumai išspausdinti ryškesniu šriftu)

	DN		LO		AS		VD	
	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė	Kairė	Dešinė
Be mirks. – 5 ms	0,003	0,997	0,001	0,020	0,002	0,237	0,000	0,000
5 ms – 7 ms	0,399	0,316	0,784	0,058	0,005	0,055	0,126	0,009
7 ms – 10 ms	0,995	0,177	0,001	0,009	0,074	0,000	0,032	0,000
10 ms – 12 ms	0,413	0,403	0,006	0,759	0,000	0,000	0,122	0,001
12 ms – 15 ms	0,070	0,048	0,548	0,621	0,000	0,000	0,151	0,000
15 ms – 17 ms	0,112	0,016	0,568	0,358	0,000	0,000	0,343	0,079
17 ms – 20 ms	0,204	0,009	0,244	0,439	0,510	0,012	0,004	0,002
20 ms – 25 ms	0,088	0,364	0,508	0,002	0,027	0,386	0,000	0,030
25 ms – 30 ms	0,387	0,544	0,850	0,322	0,005	0,004	0,698	0,092

tarp dviejų viršūnių grafikuose (didžiausių dominavimo laiko vidurkių) (4, 5 pav.) dažnai yra 5 ms arba 10 ms. Tiesa, tokia reikšmė nėra tiksli, nes eksperimentuose stimulo pateikimo trukmės buvo keistos kas 2–5 ms. Vis dėlto galima teigti, kad mirksėjimo dažnis veikia dominavimo laiką.

Diskretaus suvokimo teorijos požiūriu, gauti dominavimo laikų skirtumai galėjo atsirasti dėl to, kad mirksint stimului jo pateikimas į akį, priklausomai nuo mirksėjimo dažnio, galėjo sutapti arba nesutapti su dažniu, kuriuo gali būti perduodami signalai nerviniais takais. Tolesni tyrimai, tiksliau parenkant pateikimo reikšmes, galėtų parodyti, ar išryškėjantys skirtumai sutampa su kai kurių autorių nurodyta apytiksle teorinio suvokimo kvanto reikšme (H. G. Geissleris nurodo apie 4,57 ms (Geissler, 1987, 1990); V. Vanagas ir kiti – 8–10 ms (Vanagas et al., 1976)).

Pastarųjų metų fiziologiniuose regos sistemos tyrimuose vis dažniau keliami neuronų iškrovų sinchronizacijos svarbos tiksliai informacijos perdavimui nervų sistemoje prielaida (Usrey and Reid, 1999; Alonso et al., 1996; Reinagel and Reid, 2000). Mūsų eksperimente gauti vidutinio dominavimo laiko svyravimai gali būti susiję su tuo, kad skirtingas mirksėjimo dažnis keitė neuronų iškrovų sinchronizacijos galimybes. Stimulams šviečiant ne ištaisai, o mirksint nevienodu dažniu, dažnio reikšmė galėjo lemti, kaip lengvai tinkluose generuojamas sinchronizuotas signalas. Esant tam tikram mirksėjimo dažniui stimulo pateikimas į akį galėjo sutapti ar būti kartotinis neuroninių kanalų sinchronizacijos dažniui. W. M. Usrey ir R. C. Reid (1999) apibendrinami daugelio fiziologinių tyrimų duomenis, nurodo, kad stimulo pateikimo pobūdžio lemiamą sinchronizaciją gumbure ir takuose nuo tinklainės iki jo gali svyruoti nuo 2 iki 10 ms, o šios reikšmės yra artimos mūsų nustatytiems skirtumams tarp

ryškiausių dominavimo laiko grafiko viršūnių. Tikslėnes išvadas gauti padėtų tyrimai, kuriuose būtų derinami psichofiziniai ir neurofiziologiniai matavimai.

Antrojo eksperimento metu mirksėjo tik dešinės akies stimulus, tačiau vis tiek nustatyti vidutinio dominavimo laiko svyravimai. Kol kas sunku daryti aiškias išvadas lyginant abiejų eksperimentų rezultatus tarpusavyje.

Rezultatų nestabilumą galėjo lemti daugelis procesų, vykstančių suvokimo metu: nors darant eksperimentus buvo stengiamasi apčiuopti vaizdų pateikimo į akį dažnio įtaką, buvo neįmanoma tiksliai nustatyti kitų procesų įtakos: lygia greta su matuojamais kintamaisiais galėjo kisti ir motorinės reakcijos, sprendimo priėmimo laikas ir kt. Iš rezultatų matyti dideli skirtumai tarp tiriamųjų – vidutinis dominavimo laikas kinta nuo 2 iki beveik 10 sekundžių (1 priedas).

Tolesniuose tyrimuose būtų tikslinga panagrinėti dominavimo laiko priklausomybę nuo stimulo pateikimo trukmės mažesniame intervale (pvz., 5–12 ms), tačiau keičiant stimulo mirksėjimo dažnį vienos milisekundės intervalu. Tokie tyrimai padėtų tiksliau įvertinti mūsų eksperimentuose nustatytus dominavimo laiko svyravimus.

Išvados

1. Stimulų mirksėjimo dažnis veikia abiausių konkurencijos vidutinį dominavimo laiką.
2. Vidutinio dominavimo laiko priklausomybė nuo stimulo mirksėjimo dažnio nėra monotoniškas funkcija: jai būdingi ekstremumai, o dažniausiai pasitaikantis atstumas tarp artimiausių ekstremumų yra 5–12 ms.
3. Vidutinio dominavimo laiko priklausomybės ekstremumų taškų padėtis mirksėjimo dažnio skalėje nėra pastovi.

1 priedas. Eksperimentais nustatyti vidutiniai dominavimo laikai ir standartiniai nuokrypiai – kairės akies duomenys

Tyrimo dalyvis	Mirksėjimo dažnis (ms)	1 eksperimentas (stimulams mirksint priešfazėse)			2 eksperimentas (mirksint dešiniajam stimuliui)		
		Matavimų skaičius	Dominavimo laiko vidurkis (ms)	Standartinis nuokrypis	Matavimų skaičius	Dominavimo laiko vidurkis (ms)	Standartinis nuokrypis
DN	Be mirks.	272	3833,125	2160,596	63	10399,02	5252,874
	5	139	5798,165	3553,59	62	7627,419	4331,969
	7	136	6607,015	3092,222	65	8734,8	5940,427
	10	332	3155,419	1356,066	73	8010,027	4876,329
	12	162	5925,901	2920,837	78	7446,756	4231,089
	15	350	2857,374	1493,009	91	6314,56	3507,186
	17	202	4799,277	3443,78	98	6306,929	6099,919
	20	389	2749	1134,067	90	6102,744	4388,33
	25	344	3175,081	1516,836	102	5012,755	3275,329
30	345	3233,878	1159,212	103	4749,33	3204,392	
LO	Be mirks.	122	3546,492	2196,556	75	6903,48	4398,001
	5	88	4922,761	3746,817	89	4978,899	3341,178
	7	101	4917,941	3524,791	95	5787,621	7086,957
	10	88	4861,705	2471,872	78	7083,154	5579,21
	12	109	4528,963	3195,518	90	5900,156	4894,699
	15	127	3146,575	1873,723	111	4551,054	2868,07
	17	100	4952,52	2654,024	87	5397,736	5365,935
	20	105	4015,581	2937,465	84	6573,083	6597,69
	25	120	3465,725	2110,718	83	6239,506	3693,792
30	98	3956,959	2595,775	76	6816,921	5554,188	
AS	Be mirks.	62	3025,694	1170,475	133	3857,113	1767,503
	5	44	3534,818	1809,9	54	2863,722	1144,404
	7	51	3637,353	1273,86	51	3545,745	1465,327
	10	68	2791,176	761,5074	119	3206,092	1350,927
	12	59	3019,186	1654,247	43	4572,442	2354,952
	15	58	3154,466	1499,109	110	3387,527	1747,754
	17	46	4061,435	2186,889	45	4212,333	1672,477
	20	66	2894,318	1523,542	104	3855,067	1931,667
	25	62	2922,161	1299,355	70	4776,9	2647,688
30	60	2821,167	1660,785	98	4182,551	2510,992	
VD	Be mirks.				106	2150,453	1237,55
	5	129	2800,946	1874,49	116	3311,103	1450,201
	7	134	3043,396	1589,27	73	2981,192	1127,446
	10	72	2810,319	1285,867	92	2477,033	1166,656
	12	130	3000,2	1221,969	75	2846,96	1560,236
	15	62	3050,032	1425,496	92	2550,739	1301,133
	17	150	2790,427	1257,312	84	2678,524	1430,525
	20	64	3071,375	1483,631	101	2272,584	1108,991
	25	85	2505,176	1083,598	79	3204,949	1678,659
30	71	2730,972	1271,195	76	3249,724	1520,789	

2 priedas. Eksperimentais nustatyti vidutiniai dominavimo laikai ir standartiniai nuokrypiai – dešinės akies duomenys

Tyrimo dalyvis	Mirksėjimo dažnis (ms)	1 eksperimentas (stimulams mirksint priešfazėse)			2 eksperimentas (mirksint dešiniajam stimuliui)		
		Mata- vimų skaičius	Dominavimo laiko vidurkis (ms)	Standartinis nuokrypis	Mata- vimų skaičius	Dominavimo laiko vidurkis (ms)	Standartinis nuokrypis
DN	Be mirks.	267	4343,98	1982,629	60	11768,15	6461,522
	5	134	7488,57	5407,750	59	12181,31	7909,453
	7	130	8588,81	5262,577	61	13108,72	6598,200
	10	326	3511,90	1410,578	69	10924,22	4315,557
	12	157	6931,94	4031,242	75	10446,25	5085,358
	15	344	3552,74	1828,667	88	9012,48	4572,241
	17	196	5538,56	3379,301	96	7793,67	5184,534
	20	362	3063,32	1374,647	87	8881,61	4523,342
	25	360	3224,18	1598,617	101	8556,43	4861,363
30	338	3294,67	1347,811	100	8595,59	4489,909	
LO	Be mirks.	121	2328,99	1466,076	74	2492,85	1221,809
	5	86	2393,28	1510,790	88	2064,27	1090,454
	7	99	2221,70	1126,810	93	1815,00	756,582
	10	86	3316,34	2032,937	76	2154,75	938,959
	12	108	2058,85	943,091	88	2134,22	1150,357
	15	126	2510,16	1371,148	109	1946,08	840,822
	17	99	2248,56	1143,175	86	1947,70	1015,700
	20	103	2836,94	1585,460	83	1955,40	844,973
	25	119	2475,16	1302,464	82	2441,45	1132,338
30	96	3384,55	2457,794	74	2673,18	1232,873	
AS	Be mirks.	61	2639,54	703,441	133	3937,11	2063,875
	5	43	3437,51	1673,318	53	2867,79	1025,596
	7	51	2960,94	1259,698	50	3284,70	1159,927
	10	67	2330,18	707,474	118	2651,76	1106,103
	12	58	2985,81	1511,379	42	3646,36	1594,163
	15	58	2808,88	1544,045	109	2941,41	1276,143
	17	45	3531,64	1579,822	44	3642,07	1547,346
	20	65	2388,42	829,616	103	2867,98	1167,967
	25	62	2604,47	924,217	69	3307,71	1889,173
30	59	2904,68	1580,661	97	2907,24	1647,013	
VD	Be mirks.				106	1237,17	591,044
	5	127	2174,56	1269,684	57	2231,96	898,458
	7	133	2330,40	1092,117	72	1945,32	725,084
	10	71	2204,89	978,599	91	1443,53	616,801
	12	128	2531,19	1361,168	76	1911,92	1018,407
	15	61	2722,49	1504,563	91	1370,75	576,118
	17	148	2002,34	1002,573	83	1613,49	815,501
	20	63	2574,40	1211,905	99	1294,79	689,303
	25	84	1730,13	893,554	78	1359,71	757,217
30	70	2340,70	1160,350	76	1465,22	649,649	

LITERATŪRA

- 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.
- Blake R. Landmarks in the history of binocular rivalry // *Binocular Rivalry* / Ed. by D. Alais, R. Blake. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005. P. 1–27.
- Blake R., Logothetis Nikos K. Visual competition // *Nature Reviews Neuroscience*. 2002, vol. 3, p. 1–11.
- Boxtel J. J. A. van, Alais D., Erkelens C. J., Ee R. van. The role of temporally coarse form processing during binocular rivalry. *PLoS ONE* 3 (1): e1429, 2008 [žiūrėta 2008 m. vasario 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.plosone.org/article/lookup?articleURI=info:doi/10.1371/journal.pone.0001429>.
- Brascamp J. W., Ee R. van, Pestman W. R., Berg A. V. van den. Distributions of alternation rates in various forms of bistable perception // *Journal of Vision*. 2005, vol. 5, p. 287–298.
- Dayan P. A hierarchical model of binocular rivalry // *Neural Computation*. 1998, vol. 10, p. 1119–1135.
- Freeman A. W. Multistage model for binocular rivalry // *Journal of Neurophysiology*. 2005, vol. 94, p. 4412–4420.
- Furstenau 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.
- 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.
- Geissler H. G. Foundations of quantized processing // *Psychophysical Exploration of Mental Structures* / Ed. by H. G. Geissler. Göttingen: Hogrefe and Huber, 1990. P. 193–210.
- Kim Y. J., Grabowecy M., Suzuki S. Stochastic resonance in binocular rivalry // *Vision Research*. 2005, vol. 46, p. 392–406.
- 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.
- Laing C. R., Carson C. C. A spiking neuron model for binocular rivalry // *Journal of Computational Neuroscience*. 2002, vol. 12, p. 39–53.
- Lee S. H., Blake R., Heeger D. J. Hierarchy of cortical responses underlying binocular rivalry // *Nature Neuroscience*. 2007, vol. 10 (8), p. 1048–1054.
- 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.
- 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.
- Pearson J., Tadin D., Blake R. The effects of transcranial magnetic stimulation on visual rivalry // *Journal of Vision*. 2007, vol. 7, p. 1–11.
- Reinagel P., Reid R. C. Temporal coding of visual information in the thalamus // *The Journal of Neuroscience*. 2000, vol. 20, p. 5392–5400.
- O’Shea R. P., Crassini B. Binocular rivalry occurs without simultaneous presentation of rival stimuli // *Perceptual Psychophysics*. 1984, vol. 36, p. 266–276.
- Shapiro A., Curtu R., Rinzel J., Rubin N. Dynamical characteristics common to neuronal competition models // *Journal of Neurophysiology*. 2007, vol. 97, p. 462–473.
- Stollenwerk L., Bode M. Lateral neural model of binocular rivalry // *Neural Computation*. 2003, vol. 15, p. 2863–2882.
- Tong F., Meng M., & Blake R. Neural bases of binocular rivalry // *Trends in Cognitive Sciences*. 2006, vol. 10, p. 502–511.
- Usrey W. M., Reid R. C. Synchronous activity in the visual system // *Annual Review of Physiology*. 1999, vol. 61, p. 435–456.
- Vanagas V., Balkelyte O., Bartusevicius E., Kirvelis D. Квантовый характер динамики процесса узнавания в зрительном анализаторе человека // *Proceedings of the IV Symposium on Sensory System Physiology*. Leningrad: Lenupsizd, 1976. P. 26–30.
- Ven Ad H. G. S. van der, Gremmen F. M., Smit J. C. A statistical model for binocular rivalry // *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 2005, vol. 58, p. 97–116 (20).

TEMPORAL FEATURES OF BINOCULAR RIVALRY

Donatas Noreika, Algimantas Švegžda, Rytis Stanikūnas, Vygandas Vanagas, Henrikas Vaitkevičius

Summary

Binocular rivalry is a phenomenon of visual perception in which perception alternates between two different images, presented to each eye's respective sites. Binocular rivalry has been investigated for decades, yet its nature has not been understood well. Most investigators agree now that rivalry is not a simple process but is based on complex interaction of hierarchical processes of visual system. Theoretical models are being created to describe binocular rivalry. One of the key things which the models have to explain is the temporal features of binocular rivalry: its dominant time distribution, the influence of the strength of the stimulus upon that etc. There is no agreement whether subtle temporal changes in presentation of stimuli are crucial for rivalry processes.

The aim of the study was to investigate whether rivalry dominant time is influenced by flickering rate of stimuli presented to both eyes. 4 male subjects (mean age 31.8 y. with normal or corrected to normal vision) took part in the study. The stimuli were white round circles with a 45° slanting black line crossing it. The lines shown to different eyes were orthogonal to each other. Each line was subtended by 1.7 degrees. A special tachistoscope was constructed for

presenting of the stimuli. In experiment 1 the stimuli were flickering in counter phase. The duration of the stimulus presentation was 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 25, 30 ms. Moreover we also investigated dominant time under continuous stimuli presentation (constant view). In the second experiment the stimulus displayed to the right eye was flickering and the left one was kept steady. The subject had to press the corresponding key when he perceived the line displayed to the left eye. Dominant time was the time during which the corresponding key was pressed by the subject. Each subject took part in some 3 to 28 experiments.

The results show that the flickering rate of the stimuli influences the dominant time. The function of mean dominant time versus the rate of the flickering is not a monotonic function – it has extremums with distance between two closest maximum or minimum being equal to about 5–12 ms. But the location of the extremums on the frequencies scale is not stable. We discuss a possible relation of the obtained results with the known neurophysiologic data and the theories of discrete perception.

Key words: perception, binocular rivalry, temporal features.

Įteikta 2008-01-31