

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
Biochemijos ir biofizikos katedra

Neurobiologijos studijų programos magistrantė  
Ingrida Antonova

Magistrinis darbas

**Dviprasmių figūrų suvokimo skirtingos suvokimo apkrovos  
užduotyse tyrimas sukeltųjų potencialų metodu**

Darbo vadovai:  
Dr. Monika Intaitė  
Dokt. Kastytis Dapšys

Vilnius 2011

**Dviprasmių figūrų suvokimo skirtingos suvokimo apkrovos užduotyse tyrimas  
sukeltųjų potencialų metodu**

Darbas atliktas Kognityvinių neuromokslų centre (Centre for Cognitive Neuroscience), Turku  
universitete (Suomija)

Ingrida Antonova

Darbo vadovai:

Dr. Monika Intaitė

Dokt. Kastytis Dapšys

## TURINYS

Santrumpos .....	4
ĮVADAS.....	5
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	7
1.1. Dviprasmių vaizdų suvokimo teorijos .....	7
1.2. Dviprasmių vaizdų suvokimo tyrimai .....	9
1.3. Suvokimo apkrova.....	19
I EKSPERIMENTAS .....	22
2. METODIKA .....	22
2.1. Tiriamieji.....	22
2.2. Dirgikliai.....	22
2.3. Tyrimo eiga .....	24
2.4. EEG duomenų rinkimas ir apdorojimas.....	27
3. REZULTATAI.....	28
3.1. Psichofizikiniai rezultatai .....	28
3.2. EEG rezultatai .....	29
II EKSPERIMENTAS .....	38
4. METODIKA .....	38
4.1. Tiriamieji.....	38
4.2. Dirgikliai.....	38
4.3. Tyrimo eiga .....	38
4.4. Duomenų rinkimas ir apdorojimas.....	39
5. REZULTATAI.....	40
5.1. Psichofizikiniai rezultatai .....	40
5.2. EEG rezultatai .....	41
6. EKSPERIMENTŲ REZULTATŲ PALYGINIMAS.....	49
7. REZULTATŲ APTARIMAS .....	50
IŠVADOS .....	53
SANTRAUKA .....	54
SUMMARY .....	55
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	56
PADĖKA .....	63
1 Priedas .....	64

## **Santrumpos**

NP – Necker'io gardelės pasikeitimo blokas

RN – Reversijos neigiamumas

RP – Realus pasikeitimo blokas

RT – Reversijos teigiamumas

SN – Selekcijos neigiamumas

VT – Vėlyvasis teigiamumas

## ĮVADAS

Dauguma mus supančių vaizdų turi vieną konkrečią prasmę, tačiau yra vaizdų, kuriuose pakaitomis gali būti matomos dvi (ar daugiau) skirtingos prasminės alternatyvos. Necker'io kubas yra viena iš tokių figūrų, priklausančių grupei vaizdų, vadinamų dviprasmiai. Dviprasmės figūros pačios nekinta, bet ilgiau į jas žiūrint sukeliama suvokimo iliuzija ir stebimame vaizde periodiškai matoma tai viena, tai kita prasmė (suvokinys).

Nuo dviprasmių vaizdų suvokimo tyrimų pradžios atlikta nemažai psichofizikinių, o pastaruoju metu ir elektrofiziologinių (elektroencefalografija – EEG, su įvykiu susiję potencialai, funkcinio magnetinio rezonanso tomografija – fMRT, pozitronų emisijos tomografija – PET) eksperimentų. Psichofizikiniuose tyrimuose remiamasi psichiniais procesais pagrįstu elgseniniu atsaku į dirgiklį, t. y. matuojamas dviprasmių vaizdų prasmių keitimosi dažnis. Tiriant elektroencefalografine ir kita neinvazine technika ieškoma korelacijų tarp nervų sistemos veiklos ir subjektyviai suvokiamų dirgiklio prasmės pasikeitimų.

Prasidėjus dviprasmių vaizdų tyrimams buvo sukurta nemažai hipotezių siekiant paaiškinti šį reiškinį. Vienos jų daugiau dėmesio skyrė regos, kitos – psichiniams procesams.

Šiuo metu pagrindinės dviprasmių vaizdų suvokimo teorijos yra dvi: prisotinimo ir kognityvi. Prisotinimo teorija remiasi automatiniiais „iš apačios į viršų“ (angl. *bottom-up*) procesais nervų sistemoje. Jos šalininkai teigia, kad kelių skirtingų prasmių periodiškas suvokimas stebint tą patį vaizdą yra susijęs su atrankių nervinių kanalų, atsakingų už konkretų suvokinį, prisotinimu, nuovargiu. Yra atlikta psichofizikinių (Babich ir Standing, 1981; Brigner ir Harris, 1989; Cornwell, 1976; Long ir Toppino, 1981; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1965; Toppino ir Long, 1987) ir fMRT tyrimų, patvirtinančių tokių nervinių kanalų buvimą smegenyse (Andrews ir kt., 2002). Šią teoriją palaiko ir kai kurių EEG tyrimų rezultatai (Išoğlu-Alkaç ir Strüber, 2006; Kornmeier ir Bach, 2004, 2005).

Antrosios – kognityvios – teorijos atstovai teigia, kad dviprasmių vaizdų suvokimui labai svarbūs yra aukštesnieji pažintiniai procesai, vadinami „iš viršaus žemyn“ (angl. *top-down*) procesais. Geriausiai šią teoriją paremia eksperimentų, kuriuose tiriama mokymosi (Adams, 1954; Beer, 1989; Bills, 1931; Donahue ir Griffiths, 1931; Hollingworth, 1939; Long ir kt., 1983; Smith ir kt., 1968) bei valingos kontrolės (Bills, 1931; Liebert ir Burk, 1985; Mathes ir kt., 2006; Pelton ir Soley, 1968; Toppino, 2003; van Ee ir kt., 2005) įtaka suvokinių kaitai.

Kai kurie autoriai (Long ir Toppino, 2004; Toppino ir Long, 1987, 2005) mėgina apjungti šias dvi teorijas į vieną hibridinę teoriją, apimančią abi senesnes. Dabar yra nustatyta, kad esant tam tikroms aplinkybėms „iš viršaus žemyn“ ir „iš apačios į viršų“ procesai gali persikloti ir veikti kartu (Kornmeier ir kt., 2009). Tačiau iki šiol nesutariama, kokie yra pagrindiniai suvokinių kaitą sukeliančys mechanizmai ir kurie iš jų svarbesni.

Naudojant EEG tyrimo metodus buvo nustatytos su dviprasnio vaizdo prasmės pasikeitimais susijusios sukeltųjų (su įvykiu susijusių) potencialų komponentės (Išoğlu-Alkaç ir kt., 1998; Kornmeier ir Bach, 2004, 2005, 2006, 2009; Kornmeier ir kt., 2004; Kornmeier ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008). Andrews ir kt. (2002) fMRT metodu aptiko smegenų sritis, kurių aktyvumas kito priklausomai nuo objekto suvokiamos prasmės.

Mūsų smegenys iš gaunamos sensorinės informacijos nuolat bando konstruoti stabilų regimojo pasaulio vaizdą. Šios informacijos gali būti per mažai ar per daug. Remiantis suvokimo apkrovos teorija (Lavie, 1995, 2005; Lavie ir kt., 2009; Lavie ir Tsal, 1994) regimojo suvokimo talpa (angl. *capacity*) yra ribota, todėl esant papildomiems su užduotimi susijusiems dirgikliams yra išnaudojama visa suvokimo talpa. Tai turi įtakos elgsenai ir suvokimui.

Darbų tiriant skirtingos suvokimo apkrovos įtaką dviprasmių vaizdų suvokimui nėra atlikta, todėl šis tyrimas gali padėti nustatyti skirtingos apkrovos įtaką dviprasmių vaizdų suvokimui. Tokie tyrimai svarbūs norint suprasti, kaip veikia regimasis pasaulio pažinimas, kokie mechanizmai lemia erdvinių objektų suvokimą.

### **Tikslas:**

Ištirti dviprasmių Necker'io gardelių ir nedviprasmių gardelių suvokimą esant skirtingos suvokimo apkrovos užduotims.

### **Uždaviniai:**

1. Ištirti nedviprasmių gardelių suvokimą esant skirtingos suvokimo apkrovos užduotims.
2. Ištirti dviprasmių Necker'io gardelių suvokimą esant skirtingos suvokimo apkrovos užduotims.
3. Palyginti realaus ir subjektyvaus pasikeitimų sukeltuosius potencialus esant skirtingos suvokimo apkrovos užduotims.

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

### 1.1. Dviprasmių vaizdų suvokimo teorijos

Dviprasmių vaizdų fenomenai paaiškinti buvo iškelta nemažai hipotezių. Necker'is (1832), pastebėjęs šią suvokimo iliuziją kristale, manė, kad už reiškinių atsakingi „optiniai“, o ne „psichiniai“ mechanizmai (cit. pagal Long ir Toppino, 2004). Buvo manoma, kad prasmės pasikeitimui įvykti reikalingi akių judesiai. Kai kurie tyrimai parodė, kad Necker'io kubo prasmės pasikeitimai susiję su skirtingomis žvilgsnio pozicijomis stebint dirgiklį (Einhäuser ir kt., 2004). Norint ilgiau matyti kurią nors vieną iš prasminių figūros alternatyvų žvilgsnis dažniau nukreipiamas į atitinkamą vaizdo sritį (van Dam ir van Ee, 2006). Taip pat žinoma, kad fiksuojant žvilgsnį į skirtingas figūros vietas galima dažniau pamatyti pageidaujamą suvokinį (Toppino, 2003) arba ilgiau jį išlaikyti nepakitęs (Meng ir Tong, 2006). Tačiau tyrimų, kuriuose naudojamas vienas žvilgsnio fiksacijos taškas (Lindauer, 1989; Long ir Toppino, 1981; Murata ir kt., 2003; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1965; Pitts ir kt., 2008; Woodson ir Tromater, 1979), rezultatai parodė, kad akių judesiai nėra būtini prasmės keitimuisi (reversijoms), nors esant fiksacijos taškui pasikeitimų mažiau nei stebint dviprasmių vaizdą laisvai (Kjellberg, 1974; Woodson ir Tromater, 1979). Prieštariniai rezultatai gauti tiriant mirksėjimą ir prasmės keitimąsi dažnį. Vienuose darbuose nustatyta neigiama koreliacija tarp mirksėjimo dažnumo ir reversijų dažnio (Nakatani ir van Leeuwen, 2005), kituose gauti priešingi rezultatai (Leopold ir kt., 2002). Vėliau buvo pripažinta, kad svarbų vaidmenį šių iliuzijų suvokime atlieka ir psichologiniai procesai.

Šiuo metu yra trys pagrindinės teorijos, aiškinančios dviprasmių vaizdų suvokimo mechanizmus: prisotinimo teorija, kognityvi teorija bei naujausia – hibridinė teorija, apimanti abi senesnes.

Pirmoji – prisotinimo teorija – teigia, kad už prasmės pasikeitimo suvokimą atsakingi ankstyvojo regimosios informacijos apdorojimo procesai. Tai sensorinis „iš apačios į viršų“ mechanizmas, parodantis, kad vyksta „pasyvus nervinis prisotinimas“ (Long ir kt., 1983; Orbach ir kt., 1963). Remiantis šia teorija, nervų sistemoje yra tam tikri nerviniai kanalai, atrankiai reaguojantys į vieną ar kitą suvokinį. Ilgiau stebint dviprasmių vaizdą, kanalai, atsakingi už vieną suvokinį, nuvargsta, yra „prisotinami“, t. y. adaptuojasi, tada pradeda veikti už kitos prasmės suvokimą atsakingi kanalai, kol juose pasiekiamas kritinis nuovargio lygis. Tada vėl

įvyksta suvokinio pokytis ir taip ciklas kartojasi, kol stebima dviprasmė figūra (Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1964). Vieni autoriai šį procesą vadina centriniu nuovargio procesu (Orbach ir kt., 1963) ar orientacijos prisotinimu (Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1964, 1965), kiti – multistabilumu (multistabiliu suvokimu) (Leopold ir kt., 2002).

Tokių už reversijas atsakingų nervinių kanalų buvimas patvirtintas eksperimentiškai: atliekant psichofizikinius tyrimus, kai manipuluojama dirgiklių pateikimo laikais (Kolers, 1964; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1966; Orbach ir Zucker, 1964; Leopold ir kt., 2002), pateikimo vieta regėjimo lauke (Adams, 1954; Babich ir Standing, 1981; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1965; Toppino ir Long, 1987), dirgiklių skaičiumi (Adams ir Haire, 1958; Babich ir Standing, 1981; Intaitė ir kt., 2006; Long ir kt., 1983; Long ir Toppino, 1981; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1963), dydžiu (Dugger ir Courson, 1968; Toppino ir Long, 1987) bei kitomis jų savybėmis (Babich ir Standing, 1981; Brigner ir Harris, 1989; Cornwell, 1976; Donahue ir Griffiths, 1931); EEG tyrimuose (Išoğlu-Alkaç ir Strüber, 2006; Kornmeier ir Bach, 2004, 2005); fMRT tyrimuose nustatyta, kad suvokiant skirtingas prasmes aktyvuojasi kitos smegenų sritys (Andrews ir kt., 2002). Multistabilaus suvokimo modelį palaiko kai kurių EEG tyrimų rezultatai (Kornmeier ir kt., 2009; Pitts ir kt., 2007).

Kognityvi teorija akcentuoja aukštesniųjų pažintinių procesų, tokių kaip atmintis, dėmesys, interpretavimas, įsisąmoninimas (Leopold ir Logothetis, 1999; Long ir kt., 1983; Long ir Toppino, 2004; Maier ir kt., 2003; Toppino, 2003) svarbą prasmų keitimosi suvokime. Kadangi „iš viršaus žemyn“ procesas yra aktyvus, valdomas valios pastangomis, jo veikimas pasireiškia stengiantis sąmoningai greitinti (Bills, 1931; Gómez ir kt., 1995; Kjellberg, 1974; Kornmeier ir kt., 2009; Mathes ir kt., 2006; Meng ir Tong, 2006; Pelton ir Soley, 1968; Pitts ir kt., 2008; Ruggieri ir kt., 1981; van Ee ir kt., 2005; van Ee ir kt., 2006) arba lėtinti (Kjellberg, 1974; Kornmeier ir kt., 2009; Liebert ir Burk, 1985; Mathes ir kt., 2006; Meng ir Tong, 2006; Pitts ir kt., 2008; Ruggieri ir kt., 1981; Toppino, 2003; van Dam ir van Ee, 2006; van Ee ir kt., 2005; van Ee ir kt., 2006) stebimo dviprasmio vaizdo suvokinių keitimąsi. Reversijų skaičiaus augimas dėl mokymosi poveikio (Adams, 1954; Beer, 1989; Bills, 1931; Donahue ir Griffiths, 1931; Hollingworth, 1939; Long ir kt., 1983; Mefferd ir kt., 1968; Smith ir kt., 1968; Solley ir Santos, 1958) taip pat patvirtina šios hipotezės teisingumą.

Yra mėginimų aiškinti reversijas „iš viršaus žemyn“ ir „iš apačios į viršų“ mechanizmų sąveika, su sąlyga, kad tiriamasis aktyviai dalyvauja suvokinių pasikeitimo suvokime. Tokiu



atveju gaunama jutiminė informacija aktyviai analizuojama, taip sensoriniai procesai tiesiogiai veikia kognityvinius, o vėliau grįžtamoju būdu pažintiniai procesai gali veikti jutiminius (Leopold ir Logothetis, 1999; Maier ir kt. 2003; Pitts ir kt., 2007; Toppino, 2003; Toppino ir Long, 2005). Šią prielaidą palaiko kai kurių EEG tyrimų rezultatai (Işoğlu-Alkaç ir Strüber, 2006). Tai rodo, kad abu procesai yra svarbūs suvokimui, ir tik nuo situacijos priklauso, kuris procesas dominuos (Toppino ir Long, 2005). Dėl šios priežasties pripažįstama, kad tiek prisotinimo, tiek kognityvinė teorija yra teisingos ir gali papildyti viena kitą. Todėl kai kurie autoriai (Long ir kt., 1983; Long ir Toppino, 2004; Toppino ir Long, 1987, 2005) pateikia hibridinę teoriją, apjungiančią abi senesnes.

Hibridinėje teorijoje teigiama, kad jutiminiai ir psichiniai procesai laikomi vienodai svarbiais dviprasnio vaizdo suvokimui, tik jutiminių mechanizmų poveikis lokalus, o „iš viršaus žemyn“ procesų – globalus (Toppino ir Long, 1987). Pažintiniai procesai gali veikti ir patys save, t. y. jiems turi įtakos patirtis (Long ir Toppino, 2004). Esant tam tikroms stebėjimo sąlygoms jutiminių ir psichinių mechanizmų veikimas gali persikloti (Kornmeier ir kt, 2009). Tokie tyrimai kol kas pavieniai, bet jų rezultatai gerai iliustruoja hibridinę teoriją.

## **1.2. Dviprasmių vaizdų suvokimo tyrimai**

Dviprasmių vaizdų suvokimas yra tiriamas įvairiais būdais. Pirmieji tokie tyrimai buvo psichofizikiniai. Juose kaip dirgikliai naudojamos įvairios dviprasmės figūros ir matuojamas jų prasmių keitimosi dažnis. Taip pat naudojamos tendencingos figūros, panašesnės į vieną iš galimų prasmių.

Psichofizikinių tyrimų rezultatai rodo, kad pats prasmių keitimasis ir jų keitimosi greitis priklauso nuo daugelio veiksnių. Jis nevienodas skirtingoms dviprasmėms figūroms. Taip pat būdingi dideli individualūs reversijų dažnio skirtumai tarp tiriamųjų (Nakatani ir van Leeuwen, 2005). Donahue ir Griffiths (1931 m.), ištyrę aštuonias skirtingo sudėtingumo figūras, pastebėjo, kad stebint sudėtingesnes, daugiau sudedamųjų dalių turinčias figūras suvokinių keitimasis vyksta lėčiau nei stebint paprastesnes figūras. Taip pat buvo pastebėta, kad reversijų skaičius didesnis ir tuomet, kai figūros prasmė geriau pažįstama.

Palyginę Necker'io kubo ir kitų figūrų prasmių keitimosi greičius įvairiomis stebėjimo sąlygomis kai kurie tyrėjai (Ruggieri ir kt., 1981) padarė išvadą, kad Necker'io kubas yra vienas

tinkamiausių vaizdų tokiems tyrimams, nes jo reversijų greitis nėra nei per lėtas, nei per greitas, bei jį lengva valingai valdyti. Natūraliai nuolat stebint dviprasmių vaizdą periodiškai vyksta prasmės pasikeitimai. Nustatyta, kad Necker'io kubo reversijos savaime vyksta kas 3-4 s (Gómez ir kt., 1995; Long ir Toppino, 2004; Pitts ir kt., 2008). Kai kurie tyrėjai nurodo trumpesnę – 2-3,2 s (Babich ir Standing, 1981), 2,5-3 s (van Ee, 2005), 2,7 s (van Ee ir kt., 2005) – suvokinio dominavimo trukmę. Panašūs rezultatai gauti ir kituose tyrimuose, tik juose buvo skaičiuojama ne suvokinio trukmė, o prasmės pasikeitimų skaičius/min.: 16,1 pasikeitimas/min. – Orbach ir kt. (1963), 16 pasikeitimų/min. – Orbach ir Zucker (1966); 20 pasikeitimų/min. – Leopold ir kt. (2002). Įvairių manipuliacijų su dirgikliais ir tiriamiesiems duodamų instrukcijų dėka eksperimento metu šią trukmę galima sumažinti arba padidinti.

Orbach su kolegomis (Orbach ir kt., 1963) 1963 m. atliko pirmąjį trumpalaikio Necker'io kubo pateikimo eksperimentą, norėdami patikrinti savo „orientacijos prisotinimo“ teoriją. Pagal šią teoriją prisotinimas auga stebint dviprasmių vaizdą ir silpnėja, kai vaizdas pranyksta. Jų eksperimente dirgiklio rodymo trukmės buvo trumpesnės negu nerodymo trukmės ir parinktos taip, kad susidarytų 11 skirtingų kubo demonstravimo dažnių (nuo 42 iki 1200 kubo parodymų/min.). Daugiausia pasikeitimų (29 pasikeitimai/min.) įvyko, kai rodymo trukmė buvo 200 ms, o nerodymo trukmė – 200-400ms, o mažiausia (1,1 pasikeitimas/min.), kai rodymo trukmė buvo 200 ms, o nerodymo – 1,229 s. Šio darbo rezultatai parodė, kad Necker'io kubo reversijų skaičius tiesiogiai priklauso nuo pasirinktų rodymo/nerodymo trukmių, nes esant nepasikeitusiam rodymo laikui ir ilgėjant nerodymo laikui prasmės pasikeitimų mažėja. Panašus efektas prasmės pasikeitimui gautas vėlesniuose Orbach'o tyrimuose (Orbach ir kt., 1966).

Kitame tyrime (Orbach ir kt., 1966) buvo tikrinama ir tikslinama rodymo ir nerodymo trukmių įtaka reversijų skaičiui. Kai rodymo laikas buvo 300 ms, o nerodymo laikas kito nuo 10 iki 800 ms, prasmės pasikeitimų skaičius iš pradžių augo (nuo 14 pasikeitimų/min., kai nerodymo laikas 10 ms, iki 37,1 pasikeitimo/min., kai nerodymo laikas – 200 ms), po to ilgėjant nerodymo trukmei ėmė sparčiai mažėti. Antroje tyrimo dalyje buvo keičiamos rodymo trukmės (nuo 400 ms iki 4,5 s), o nerodymo trukmė buvo pastovi – 1 s. Ilgėjant rodymo laikui reversijų palaipsniui daugėjo nuo 0, kol buvo pasiektas plato – 18 pasikeitimų/min. (rodymo laikas nuo 2,5 iki 4,5 s). Kituose darbuose (Kolers, 1964; Orbach ir Zucker, 1964), kuriuose kubas buvo rodomas ne nuolat, o su pertraukomis, prasmės pasikeitimų skaičius taip pat išaugo palyginti su nuolatinio stebėjimo būkle. Gauti rezultatai rodo, kad pasikeitimų daugiau, kai rodymo trukmė gerokai

ilgesnė už nerodymo. Šie darbai patvirtina prisotinimo teoriją, nes trumpėjant nerodymo laikui prisotinimas nespėja sunykti ir dėl to greičiau pasiekiamas prisotinimo slenkstis bei įvyksta daugiau reversijų.

Ilgos dirgiklio nerodymo trukmės (lyginant su rodymo trukmėmis) gali labai sumažinti prasmų pasikeitimų skaičių ar net jų panaikinti dėl to, kad prisotinimas nesisumuoja ir išsisklaido (Orbach ir kt., 1963). Kai rodymo laikas (1 s) buvo penkis kartus trumpesnis už nerodymo laiką (5 s), tiriamieji suvokė tik 1 pasikeitimą/min., o nuolatinio stebėjimo būklėje įvykdavo 20 reversijų/min., todėl Leopold su bendraautoriais (Leopold ir kt., 2002) nusprendė, kad prasmų keitimuisi prasidėti ir vykti būtinas nepertraukiamas dviprasmio dirgiklio stebėjimas. Tokia jų išvada prieštarauja ankstesnių tyrimų (Orbach ir kt., 1963; Orbach ir Zucker, 1965; Orbach ir kt., 1966) rezultatams ir išvadoms, kuriose teigiama, kad parinkus tinkamas nerodymo trukmes reversijų skaičių galima smarkiai padidinti palyginus su nuolatinio stebėjimo būkle. Tai galima paaiškinti tuo, kad Leopold netyrė trumpesnių nerodymo trukmių ir tokių dėsningumų nepastebėjo.

Nustatyta prasmų keitimosi dažnio ir dirgiklio dydžio priklausomybė – kuo mažesnis dviprasmis vaizdas, tuo dažniau suvokiami prasmės pasikeitimai, nes mažesnėje srityje greičiau pasiekiamas kritinis prisotinimo lygmuo. Vieno tyrimo metu, palyginus dviejų Necker'io kubų – didesnio (3,5°) ir mažesnio (1,5°) – reversijų skaičių, pastebėta, kad stebint mažesnę kubą suvokiniai kinta du kartus greičiau (Toppino ir Long, 1987). Dugger ir Courson (1968), lygindami trijų skirtingo regimojo kampo dydžių (3°, 8°, 13°) Necker'io kubų suvokimą, gavo panašius rezultatus. Jie išskėlė prielaidą, kad prasmės pasikeitimų daugiau suvokiama ne tik dėl mažesnio regimojo kampo, taip pat įtakos gali turėti dirgiklio atvaizdo vieta tinklainėje, bet tai gali būti ir mokymosi padarinys. Tačiau valingai reversijų kontrolei dirgiklio dydis įtakos neturi (Toppino, 2003).

Tai, kad reversijoms suvokti yra svarbi dviprasmio vaizdo vieta regėjimo lauke, patvirtinta įvairių tyrėjų atliktuose eksperimentuose. Jei dirgiklis ar kartu pateikiami du dirgikliai patenka į tą pačią tinklainės dalį, prasmės pasikeitimų suvokiama daugiau nei tuo atveju, kai jie patenka į skirtingas regėjimo lauko dalis (Babich ir Standing, 1981; Orbach ir kt., 1963; Toppino ir Long, 1987). Įtakos tam turi ir fiksacijos taško padėtis. Jei žvilgsnis fiksuojamas dirgiklio centre, prasmės pasikeitimų vyksta daugiau negu tuo atveju, kai fiksacijos taško padėtis periodiškai kinta (Woodson ir Tromater, 1979), nes tada pasikeičia dirgiklio vieta regėjimo lauke.

Tokį prisotinimo proceso veikimą Orbach'as (Orbach ir kt., 1963) pavadino „tinklainės nuovargiu“. Prisotinimo procesą silpnina besisukančio Necker'io kubo stebėjimas ir dėl to reversijų suvokiama mažiau negu tada, kai kubas stacionarus (Brigner ir Deni, 1992; Orbach ir Zucker, 1964).

Lyginant vienos ir dviejų kartu pateikiamų dviprasmių figūrų reversijų skaičių nustatyta, kad stebint du dirgiklius vienu metu suvokiama daugiau prasmės pasikeitimų ir abiejuose vaizduose ta pati prasmė suvokiama gerokai dažniau nei skirtingos prasmės (Adams ir Haire, 1958; Babich ir Standing, 1981; Intaitė ir kt., 2006; Intaitė, 2010; Orbach ir kt., 1963; Orbach ir kt., 1963). Tačiau esant skirtingam dviejų vaizdų apšvietimui skirtingų suvokinių padaugėja palyginti su vienodo abiejų dirgiklių apšvietimo būseną (Babich ir Standing, 1981). Brigner ir Deni 1990 m. savo darbe aprašė, kad tolygus dirgiklio apšvietimas lėtina prasmų pasikeitimo greitį, nes slopina gylį iliuziją. Tačiau panašus slopinantis prisotinimą yra ir į dirgiklį įpieštos gylį nuorodos poveikis (Brigner ir Harris, 1989). Reversijų skaičių padidina trumpalaikis priekinės kubo sienos (Orbach ir kt., 1963) ar nedviprasmių kubo (Orbach ir Zucker, 1965) stebėjimas prieš pateikiant Necker'io kubą. Tačiau tendencingų figūrų (pvz., nedviprasmių kubas) įtaka dviprasmių vaizdo suvokimui yra įvairi. Tyrimų rezultatai rodo, kad dėl tendencingos figūros poveikio vienu dirgiklių reversijos paspartėja (Orbach ir Zucker, 1965), kitų – sulėtėja, nes dviprasmiame vaizde ilgiau suvokiama tendencinga prasmė (Intaitė ir kt., 2006).

Yra pastebėta, kad mažiau suvokinio pasikeitimų vykta tada, kai į dviprasmių figūrą žiūrima viena akimi, o ne abiem akimis (Ruggieri ir kt., 1981) arba kai stebint du dirgiklius reaguojama tik į vieno iš jų prasmės pasikeitimus (Long ir kt., 1983). Kai dirgiklis pakaitomis stebimas skirtingomis akimis, pasikeitimų taip pat įvyksta mažiau negu tada, kai figūra pakartotinai stebima ta pačia akimi (Adams, 1954). Pastarąjį reiškinį galima aiškinti tiek prisotinimo, tiek mokymosi veikimu.

Dar vienas veiksnys, turintis įtakos prisotinimo procesui, yra dirgiklio išbaigtumas. Remiantis prisotinimo teorija, prisotinimas turi augti lėčiau ir prasmų pasikeitimas sulėtėti, kai dviprasmių figūra neišbaigta, nes tokio vaizdo sukeliamas sensorinis dirginimas yra mažesnis. Tyrimai, atlikti su neišbaigto kontūro Necker'io kubais, patvirtino šios prielaidos teisingumą. Didėjant figūros kontūro vientisumui vyksta daugiau reversijų, t. y. kuo didesnis dirgiklio išbaigtumas, tuo jo prasmės pasikeitimų dažnis artimesnis normalaus (išbaigto) stimulo suvokinių skaičiui (Babich ir Standing, 1981; Cornwell, 1976; Smith ir kt., 1968). Smith eksperimente

(Smith ir kt., 1968), kai tiriamiesiems paėiliui buvo pateikiami keturių skirtingų išbaigtumo laipsnių (15, 25, 50, 100 %) dirgikliai, suvokinių skaičius patikimai augo, patvirtindamas prisotinimo teoriją. Pakartotinai parodžius mažiausio išbaigtumo Necker'io kubą jame suvokiamų prasmės pasikeitimų skaičius buvo gerokai padidėjęs ir artimas normalaus kubo reversijų skaičiui. Tokius rezultatus galima paaiškinti mokymosi efektu, paremiančiu kognityvią teoriją.

Atlikta eksperimentų (Cornwell, 1976), kuriuose bandyta patikrinti figūros ir fono kontrasto įtaką reversijų skaičiui. Tam buvo panaudoti didelio (juodas kubas baltame fone, baltas kubas juodame fone) ir mažo (pilkas kubas juodame arba baltame fone) kontrastingumo dirgikliai. Manyta, kad ryškus kontrastas tarp figūros ir fono sustiprins prisotinimo efektą, tačiau prasmės pasikeitimų skaičiui tai įtakos neturėjo. Gauti rezultatai nepalaiko prisotinimo teorijos, bet kognityvia teorija jų taip pat negalima paaiškinti.

Tokie tyrimai, kuriuose pastebėtas mokymosi, patirties efektas, pagrindžia kognityvią teoriją. Suvokinių skaičiaus augimas tame pačiame bloke vis naujoje laiko atkarpoje ilgiau stebint dviprasmes figūras gali būti vertinamas ne tik kaip prisotinimo didėjimas, bet taip gali pasireikšti mokymosi efektas (Long ir kt., 1983). Reversijų greitis didėja kiekviename naujame stebėjimo bloke tą pačią dieną (Beer, 1989; Hollingworth, 1939; Mefferd ir kt., 1968; Soley ir Santos, 1958), bet yra aprašyta ir priešingų rezultatų (Bills, 1931). Užregistruotas dviprasmių figūrų prasmės pasikeitimų dažnio augimas skirtingomis eksperimento dienomis (Bills, 1931) ir blokuose per kelias tyrimo savaites (Donahue ir Griffiths, 1931; Long ir kt., 1983). Didesnė patirtis stebint dviprasmius dirgiklius, jų galimų prasminių alternatyvų žinojimas padeda suvokti daugiau reversijų kituose tokiuose vaizduose (Lindauer, 1989).

Long su kolegomis (Long ir kt., 1983) pastebėjo, kad per keturias tyrimo savaites labiausiai išaugo dviejų kartu pateikiamų Necker'io kubų prasmių pasikeitimų dažnis (30 %), Reversijų skaičius augo lėčiau, jei buvo stebimi tik vieno iš dviejų dirgiklių suvokiniai. Dėl to jie padarė išvadą, kad svarbūs yra abu procesai: prisotinimas ir mokymasis.

Dauguma kognityvios teorijos šalininkų atliko valingo suvokinių kontroliavimo eksperimentus. Įrodyta, kad prasmių pasikeitimus galima valdyti valingai (Bills, 1931; Gómez ir kt., 1995; Kjellberg, 1974; Kornmeier ir kt., 2009; Liebert ir Burk, 1985; Mathes ir kt., 2006; Meng ir Tong, 2006; Pelton ir Soley, 1968; Pitts ir kt., 2008; Toppino, 2003; van Dam ir van Ee, 2006; van Ee, 2005; van Ee ir kt., 2005, 2006). Kai kartu pateikiami du dirgikliai, kiekvieno iš jų suvokinius galima kontroliuoti atskirai (vieno ilgiau išlaikyti, kito greitinti) (van Ee ir kt., 2006).

Tačiau valinga kontrolė yra ribota, nes negalima pasirinkti reversijos momento (Toppino, 2003; van Ee ir kt., 2005) bei neįmanoma visiškai sustabdyti reversijų (Kornmeier ir kt., 2009). Valingos kontrolės atveju taip pat pasireiškia didelės individualios prasmų pasikeitimo skaičiaus variacijos (van Ee ir kt., 2006). Yra žinoma, kad ne visi tiriamieji geba vienodai kontroliuoti suvokinius: dauguma sėkmingai greitina ir lėtina prasmų keitimą, bet dalis tiriamųjų gali tik greitinti arba tik valingai ilgiau išlaikyti norimą suvokinį (Pitts ir kt., 2008).

Įdomų eksperimentą 2009 m. atliko Kornmeier, Hein ir Bach. Jie kartu sujungė trumpalaikį dviprasmių dirgiklių pateikimą ir valingą suvokinių valdymą. Pirmoje tyrimo dalyje dalyviai turėjo stebėti nuolat rodomą Necker'io kubą neutraliai, valios pastangomis suvokti kuo daugiau prasmės pasikeitimų arba kaip galima ilgiau išlaikyti bet kurią arba konkrečią figūroje suvokiamą orientaciją. Antroje eksperimento dalyje užduotys tiriamiesiems išliko tos pačios, tik dirgikliai buvo pateikiami su trumpomis pertraukomis. Palyginti su pirmos tyrimo dalies rezultatais antroje dalyje valinga kontrolė buvo efektyvesnė, ypač kai reikėjo suvokti kaip galima daugiau reversijų. Tokie rezultatai sutampa su anksčiau atliktų skirtingų darbų duomenimis, bet palaiko abi teorijas. Tai rodo, kad jutiminiai ir psichiniai mechanizmai, atsakingi už dviprasmio vaizdo suvokimą, susiklosčius tam tikroms stebėjimo aplinkybėms, veikia kartu. Galima teigti, kad tokie rezultatai labiausiai palaiko naujausią – hibridinę – teoriją.

Kjellberg (1974) savo darbe aprašė, kad „iš viršaus žemyn“ ir „iš apačios į viršų“ procesų veikimui turi įtakos miego deprivacija ir kartu parodė miego svarbą suvokimui. Dėl miego trūkumo padidėja nervų sistemos nuovargis, dėl to pagreitėja prisotinimas, o sugebėjimas valingai kontroliuoti pasikeitimus silpnėja.

Pradėjus dviprasmių figūrų tyrimams naudoti neinvazinę elektrofiziologinę techniką tapo įmanoma aptikti su suvokinio pasikeitimais susijusius smegenų elektrinio aktyvumo pokyčius ir išskirti specifines EEG komponentes, stebėti, kaip potencialai sklinda smegenyse dviprasmio vaizdo prasmės pasikeitimo metu.

Elbert (Elbert ir kt., 1985) pastebėjo, kad pasiruošimo komponentas (Bereitschaftpotential, BP), atsirandantis kaktinėse-centrinėse srityse, yra yra mažesnis amplitudė, bet ankstesnis savo latencija, kai įvyksta suvokinio pasikeitimas. Vėliau kaip atsakas į reversiją buvo aptikta į P300 panaši banga (Başar-Eroğlu ir kt., 1993; Işoğlu-Alkaç ir kt., 1998). Tai lėta žemos amplitudės teigiama banga, kurioje dominavo delta aktyvumas, atsirandanti 205-125 ms iki mygtuko paspaudimo kaktinėse ir frontopoliarinėse srityse, (Işoğlu-Alkaç ir kt.,

1998). Manoma, kad šios komponentės aptikimas paremia kognityvinę teoriją, nes parodo pažintinių procesų veikimą (Başar-Eroğlu ir kt., 1993; Işoğlu-Alkaç ir kt., 1998).

Vėliau atliktų eksperimentų (Kornmeier ir Bach, 2004, 2005) metu buvo aptiktos ankstyvosios EEG komponentės – Reversijos teigiamumas (RT) bei Reversijos neigiamumas (RN) – rodančios, kad prasmės pasikeitimo suvokime dalyvauja „iš apačios į viršų“ procesai. Ankstesniuose darbuose jų nerasta dėl to, kad juose potencialai buvo matuojami ir vidurkinami nuo momento, kai tiriamasis suvokia reversiją ir paspaudžia atsakymo mygtuką, o ne nuo dirgiklio pateikimo pradžios.

Kornmeier ir Bach (2004) sukritikavo anksčiau naudotą atbulinio vidurkinimo (angl. *back-averaging*) metodą ir savo tyrimuose atskaitos tašku laikė dirgiklio pateikimą. Buvo nustatyta, kad naudojantis atbulinio vidurkinimo metodu sumažėja neigiamos potencialo bangos amplitudė (Kornmeier ir kt., 2004). Kornmeier ir jo kolegų eksperimentuose (Kornmeier ir Bach, 2004, 2005, 2006, 2009; Kornmeier ir kt., 2004) buvo lyginami realaus (pateikiamos nedviptasmės gardelės) ir subjektyvaus (pateikiamos Necker'io gardelės) prasmės pasikeitimų sukelti potencialai, ieškoma skirtumų tarp jų. Iš 9 nedviprasmių arba Necker'io kubų sudarytos gardelės pasirinktos siekiant sustiprinti potencialų amplitudes. Buvo sukurta dirgiklių pateikimo schema: dirgiklis buvo rodomas 800 ms, po to sekavo 400 ms pertrauka, tada 800 ms rodomas antras vaizdas. Jei tiriamieji suvokdavo prasmės pasikeitimą, jis turėjo nuspausti atsakymo mygtuką. Po mygtuko paspaudimo pertrauka buvo pailginama iki 1000 ms, kad spėtų išsisklaidyti prisotinimas.

Pirmoji aptikta su Necker'io gardelės prasmės pasikeitimais susijusi ankstyvoji komponentė buvo pavadinta Reversijos neigiamumu (RN). Šis neigiamumas atsiranda apie 160 ms nuo antrojo dirgiklio pateikimo pradžios (N1 komponentės ribos), o aukščiausią amplitudę pasiekia apie 250 ms nuo registravimo pradžios ir labiausiai išreikštas yra pakaušinėse ir momeninėse srityse. Praėjus 470 ms nuo dirgiklio pateikimo aukščiausią amplitudę pasiekia po RN sekantis teigiamas P3 komponentas, aptinkamas pakaušinėse srityse, kuris buvo pavadintas Vėlyvučiu teigiamumu (VT) (Kornmeier ir Bach, 2004). Kitame straipsnyje nurodoma, kad VT aukščiausią amplitudę pasiekia anksčiau: esant subjektyviam suvokinio pasikeitimui – apie 400 ms, o esant tikram prasmės pasikeitimui – apie 350 ms nuo dirgiklio pateikimo pradžios (Kornmeier ir kt., 2004). Tai gali būti ta pati į P300 panaši banga, kurią savo darbuose aprašė Başar-Eroğlu (Başar-Eroğlu ir kt., 1993) bei Işoğlu-Alkaç (Işoğlu-Alkaç ir kt., 1998). Realus

pasikeitimo, kai pateikiamos skirtingos nedviprasinės gardelės, sukeltų potencialų ankstyvosios komponentės panašios savo išvaizda ir galvos paviršiaus topografija, bet prasideda 50-70 ms anksčiau nei stebint dviprasnį stimulą (Kornmeier ir Bach, 2004; Kornmeier ir kt., 2004). Buvo iškelta prielaida, kad RN gali sutapti su Selekcijos neigiamumu (SN) (angl. *selection negativity*). Kai kurie autoriai (Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008) teigia, kad RN atitinka SN, nes abi komponentės panašios savo latencija, poliškumu ir išsidėstymu galvos paviršiuje, dėl to jie mano, kad už reversijas atsakingas selektyvus dėmesys. Nesutariama dėl to, ar RN atsiranda kaip „iš apačios į viršų“, ar kaip „iš viršaus į apačią“ mechanizmų veikimo požymis, bet vieni naujausių atliktų eksperimentų, rodo, kad RN nekoreliuoja nei su SN, nei su įsisąmoninimu (Intaitė ir kt., 2010).

Kita ankstyvoji tik su subjektyviu suvokinio pasikeitimu susijusi komponentė – Reversijos teigiamumas (RT) – buvo pastebėta kaip teigiama potencialo viršūnė, pasirodanti 130 ms po dirgiklio pateikimo ir ryškiausiai matoma pakaušinėse bei centrinėse srityse (Kornmeier ir Bach, 2005). Kai pasikeitimas tikras, RT neaptinkamas, bet pakaušio srityje rastas pozityvus potencialas 80 ms nuo dirgiklio pasirodymo ir pavadintas P80. Silpna P80 komponentė stebima ir subjektyvaus pasikeitimo atveju (Kornmeier ir Bach, 2005). Taigi, su subjektyvia reversija susijusių potencialų komponentės išsidėsto taip: RT ryškiausias būna pakaušinėse srityse – 120-130 ms, po jo seka RN – 250 ms, kurio amplitudė didžiausia pakaušinėse ir kiek mažesnė momeninėse srityse, tada pasirodo VT banga pirmiausia frontopoliarinėse srityse – 410 ms (340 ms), po to keliauja į momenines sritis – 470 ms. Kai suvokinio pasikeitimas yra tikras, jam būdinga P80 komponentė, RT nėra, o visos kitos komponentės pasirodo 40-90 ms anksčiau nei stebint Necker'io gardeles (Kornmeier ir Bach, 2005, 2006).

Taip pat nustatyta, kad atsakas, t. y. mygtuko paspaudimas reaguojant į tikrą pasikeitimą įvyksta vidutiniškai praėjus 500 ms nuo dirgiklio pateikimo pradžios, o į dviprasnės gardelės reversiją sureaguojama 100 ms vėliau (apie 600 ms). Manoma, kad reakcijos laikas ir visų komponentių latencijos yra pailgėję dėl to, jog stebint dviprasnį vaizdą reikia pašalinti dviprasmiškumą ir įsisąmininti tuometinį suvokinį (Kornmeier ir Bach, 2004, 2006).

Atlikus eksperimentą su pastovia 800 ms rodymo trukme ir keičiant nerodymo trukmes (14, 43, 130, 390 ms), buvo nustatyta, kad ilgėjant nerodymo trukmėms mažėja RT amplitudė ir didėja RN amplitudė bei ilgėja šios komponentės latencija. Taip galėjo atsitikti dėl pačių ankstyvųjų potencialų persiklojimo esant labai trumpiems nerodymo laikams bei dėl to, kad



reversijos komponentės galėjo persidengti su pasiruošimo potencialu (BP). RN pasislinkęs į kaktines ir centrines sritis, tai galima aiškinti persiklojimo su VT padariniu. Reakcijos laikui tokios manipuliacijos nerodymo trukmėmis įtakos neturėjo (Kornmeier ir kt., 2007). Potencialų seka ir jų pasirodymo laikas (su tam tikromis išimtimis) atitinka ankstesnių tyrimų rezultatus.

Autoriai (Kornmeier ir Bach, 2006) mano, kad pakaušinėse srityse aptinkamos ankstyvosios su subjektyviu prasmės pasikeitimu susijusios komponentės (RT – 120 ms ir RN – 250 ms) paremia prisotinimo teoriją. Yra manančių (Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008), kad P1 ir N1 komponentės parodo ankstyvojo erdvinio dėmesio veikimą, o RN yra ne jutiminių, bet psichinių mechanizmų veikimo rodiklis, todėl jis tapatinamas SN ir laikomas įvykusio suvokinio pasikeitimo požymiu. Tačiau lyginant skirtingų dviprasmių vaizdų sukeltuosius potencialus buvo nustatyta, kad RN komponentė būdinga ne visų dviprasmių vaizdų sukeltiesiems potencialams (Pitts ir kt., 2007). Pastarasis rezultatas nepalaiko nei prisotinimo, nei kognityvinės teorijos, bet parodo, kad regimojo dėmesio mechanizmai yra svarbūs formuojantis vaizdo prasmės suvokimui. Tiriant skirtingas dviprasmes figūras ir jų nedviprasmius variantus nustatyti dideli P400 komponentės amplitudės skirtumai – stebint dviprasmius dirgiklius amplitudė du-tris kartus žemesnė nei stebint nedviprasmius (Kornmeier ir Bach, 2009). Tokie P400 amplitudės skirtumai gali priklausyti nuo įvairaus laipsnio dirgiklio dviprasmiškumo palyginti su nedviprasmiu vaizdu. P400 banga yra anksčiau aprašyta VT komponentė ir siejama su įvykusio suvokinio pasikeitimo analize.

Naudodamasis Kornmeier ir Bach (2004) sukurta metodika bei dirgikliais Pitts su kolegomis (Pitts ir kt., 2008) atliko valingo suvokinių kontroliavimo eksperimentą norėdamas patikrinti, kokią įtaką tai turės atskiroms su reversijomis susijusios komponentės. Lyginant neutralaus stebėjimo, prasmės pasikeitimų greitinimo ir lėtinimo užduotis, tarp jų visų pastebėti tam tikri potencialų skirtumai. Pvz., valingai greitinant suvokinių kaitą RN komponentė pasirodo 100 ms anksčiau nei įprasta – 150 ms po dirgiklio pateikimo – ir jos amplitudė yra didžiausia. VT, arba P300 banga, lėtinant reversijas turi pailgėjusią latenciją. Valingo greitinimo užduotyje ši komponentė pasirodo vėliau ir pasikeičia jos plitimas – apie 350-400 ms po stimulo pateikimo teigiamas aktyvumas plinta ne tiesiai iš centrinių sričių į momenines, bet centrinėse srityse susidaro pasagos formą primemanti aktyvi sritis. Taip atsitinka dėl persiklojimo su RN komponente. Šio tyrimo rezultatai leidžia manyti, kad RN ir VT yra „iš viršaus į apačią“ procesų veikimo rodikliai.

Literatūroje nurodoma, kad su suvokinio pasikeitimu yra susijęs delta atsakas bei gama aktyvumo padidėjimas kaktinėse srityse, kurie siejami su dėmesiniais „iš viršaus žemyn“ procesais. Delta ir gama galia didesnė lėtinant nei greitinant, nes stengiantis ilgiau išlaikyti tą pačią prasmę reikia sutelkti daugiau dėmesio (Mathes ir kt., 2006). Taip pat yra nustatyta, kad asmenys, dažnai suvokiantys savaimines reversijas, turi padidėjusį pakaušinių sričių alfa ir kaktinių sričių teta bangų aktyvumą, kuris nebūdingas retai prasmių pasikeitimus suvokiantiems žmonėms (Nakatani ir van Leeuwen, 2005). Valingai valdant suvokinių kaitą pastebimas delta ir gama bangų aktyvumo padidėjimas, susijęs su „iš viršaus žemyn“ procesais (Mathes ir kt., 2006). Gama bangų sinchronizacija tarp kaktinių ir momeninių sričių atsiranda 800-600 ms iki atsakymo apie reversiją (Nakatani ir van Leeuwen, 2006). fMRT tyrimo rezultatai parodė, kad stebint dviprasmius stimulus kaktinės sritys aktyvuojasi 800 ms anksčiau nei stebint nedviprasmius vaizdus (Sterzer ir Kleinschmidt, 2007). Minėtų tyrimų rezultatai paremia kognityvinę teoriją, nes kaktinės smegenų sritys ir aktyvumo pokyčiai, atsirandantys jose, siejami su pažintinių mechanizmų veikimu. Tai rodo, kad aukšesnieji smegenų centrai yra labai svarbūs suvokiant prasmės pasikeitimus. Tačiau kaktinėse srityse atsirandantis gama aktyvumas nėra nei būtinas, nei pakankamas suvokinio reversijai įvykti (Britz ir kt., 2009).

Tiriant dvimačių ir trimačių (tarp jų buvo keletas dviprasmių figūrų) vaizdų suvokimo skirtumus gauti rezultatai rodo, kad P1 banga (90 ms) yra nejautri perspektyvai ir atsiranda kaip atsakas į bet koki regimąjį stimulą, o N1 banga yra patikimai didesnės amplitudės trimačiams vaizdams ( $p < 0,001$ ). N1 banga ryškiausia pakaušinėse ir smilkininėse bei dešinėje momeninėje skiltyse, o jos amplitudė didžiausia 150 ms po dirgiklio pateikimo (Séverac Cauquil ir kt., 2006).

Buvo pastebėta alfa bangų desinchronizacija ir žemo dažnio (6-8 Hz ir 8-10 Hz) alfa aktyvumo sumažėjimas vykstant suvokinio pasikeitimams. Prieita prie išvados, kad stipriausiai desinchronizuotos žemiausio dažnio (6-8 Hz) alfa bangos susijusios su automatine sužadavimo reakcija, kuri veikia dėmesį per „iš apačios į viršų“ veikimo mechanizmą. O žemesnio (8-10 Hz) alfa dažnio desinchronizacija siejama su „iš viršaus žemyn“ valdomais dėmesiniais procesais, kurių resursai yra riboti (Işoğlu-Alkaç ir Strüber, 2006). Alfa aktyvumas – skiriamasis suvokinio „persijungimo“ bruožas, o teta aktyvumas yra bendras suvokimo procesams (Nakatani ir van Leeuwen, 2005).

Nustatyta, kas prieš reversijas aktyvesnė tampa dešinioji apatinė parietalinė žievė (angl. *right inferior parietal cortex*) (Britz ir kt., 2009). Padidėjęs dešiniojo pusrutulio aktyvumas prieš

pasikeičiant suvokiniui aprašomas ir kituose šaltiniuose (Andrews ir kt., 2002; Pitts ir kt., 2008; Séverac Cauquil ir kt., 2006; Sterzer ir Kleinschmidt, 2007).

Remiantis išnagrinėta literatūra galima teigti, kad vienu psichofizikinių ir elektrofiziologinių tyrimų duomenys rodo, jog teisinga yra prisotinimo teorija, kitų psichofizikinių ir elektrofiziologinių tyrimų rezultatai paremia kognityvinę teoriją. Reversijų suvokime dalyvauja įvairios smegenų dalys, stebint dviprasmes figūras sinchroniškai aktyvuojasi tiek žemesnieji, tiek aukštesnieji smegenų centrai arba vyksta jų aktyvumo desinchronizacija. Taip pat nemažoje dalyje šaltinių nurodoma, kad „iš viršaus žemyn“ ir „iš apačios į viršų“ procesai yra susiję tarpusavyje ar net persikloja, todėl kai kurių darbų rezultatus reikėtų interpretuoti kaip palaikančius hibridinę teoriją.

### **1.3. Suvokimo apkrova**

Suvokimui yra svarbus dėmesys, neatkreipus dėmesio į kokį nors aplinkos dirgiklį jis gali likti nepastebėtas, sąmoningai nesuvoktas. Lavie (Lavie ir Tsal, 1994; Lavie, 1995) pasiūlė suvokimo apkrovos teoriją, kurioje teigiama, kad suvokimo talpa yra ribota. Yra žinoma, kad suvokimo talpa priklauso nuo ląstelių, atsakingų už tam tikrų objektų suvokimą, skaičiaus. Po smegenų pažeidimų įvairiose srityse specifinė suvokimo talpumas gali sumažėti (Zeki ir Bartels, 1999). Dėl ribotumo suvokimas labai priklauso nuo iš aplinkos gaunamos informacijos kiekio. Jei informacijos gaunama mažai, tai ji visa gali būti analizuojama, o jei dirgiklių labai daug, dalis jų lieka nepastebėti. Tai vaizdžiai parodo suvokimo apkrovos tyrimų rezultatai. Tokiuose tyrimuose vieni dirgikliai yra susiję su užduotimi, „taikiniai“, o kiti atlieka trukdžių funkciją. Kai dirgiklių mažai, suvokimo apkrova būna maža, o kai jų daug – didelė. Trukdžių atpažinimui lemiamos įtakos turi apkrovos lygmuo. Didelė apkrova mažina gebėjimą atpažinti trukdžius, nes užduotis užima visą suvokimo talpą ir kitai informacijai vietos nebelieka. Ir atvirkščiai, kuo lengvesnė užduotis, tuo mažiau suvokimo resursų yra išnaudojama, dėl to gali būti analizuojami ir trukdžiai (Lavie, 1995, 2005; Lavie ir kt., 2009; Lavie ir Tsal, 1994).

Kai kartu vyksta du regimieji įvykiai, jie neprivalo būti susiję tarpusavyje, kad abu būtų suvokti, t. y. abipusis ryšys tarp įvykių nėra būtinas kiekvieno iš jų sąmoningam suvokimui, kurį lydi įsisažmoninimas (Zeki ir Bartels, 1999). Didelės apkrovos užduotis padidina aklumo

pasikeitimui ir neatidumo akumo atvejų skaičių, dėl ko ne visa gaunama regimoji informacija yra įsisąmoninama (Cartwright-Finch ir Lavie, 2007; Lavie, 2006).

Norint tiksliau suprasti suvokimo procesus buvo pasiūlytas hibridinis atrankos modelis, sudarytas iš dviejų dalių: ankstyvojo informacijos atrinkimo bei vėlesnio informacijos atrinkimo (Lavie ir Tsal, 1994; Lavie, 1995). Jis dar aprašomas kaip dviejų vartų modelis (Lavie ir kt., 2009). Pirmasis atrankos filtras (pirmieji vartai) sutrukdo bet kokiems pašaliniais dirgikliams pasiekti suvokimo lygmenį, antrasis atrankos filtras (antrieji vartai) yra vėlesnis ir atranka reikiamą informaciją jau po visų dirgiklių atpažinimo. Tai reiškia, kad ankstyvoji atranka veikia didelės suvokimo apkrovos sąlygomis, o vėlesnis atrankos procesas vyksta, kai suvokimo apkrova yra maža.

Panašų atrankos modelį siūlo Theeuwes (2010), tik jis operuoja sąvokomis „iš apačios į viršų“ ir „iš viršaus žemyn“. „Iš apačios į viršų“ procesas yra automatinis, pirminis, vėlesnei seleksijai yra atrenkama iš ikidėmesinio lygmens ateinanti informacija, o „iš viršaus į apačią“ procesas yra vėlesnis, kontroliuojantis pačią regimąją atranką.

Mohamed (Mohamed ir kt., 2009) savo darbe tyrė, kokią įtaką suvokimo apkrova turi tokių trukdžių kaip veidai suvokimui. Kaip atsakas į veidus atsiranda N170 komponentė. Kai šiame tyrime suvokimo apkrova buvo maža, su veidų suvokimu susijusi N170 komponentė beveik nepasikeitė, o apkrovai padidėjus ji išnyko. Tai rodo, kad didelės apkrovos sąlygomis trukdžiai neanalizuojami. Taip pat buvo nustatyta, kad didėjant suvokimo apkrovai pailgėja reakcijos laikas (apie 250 ms) bei sumažėja užduoties atlikimo tikslumas (Benoni ir Tsal, 2010; Mohamed ir kt., 2009; O'Connell ir kt., 2011). Tačiau kai kurių užduočių atlikimo tikslumas tampa nepriklausomas nuo suvokimo apkrovos. Tais atvejais, kai trukdis yra susijęs su užduotimi (pvz., žodis savo prasme susijęs su ieškamu dirgikliu), net esant didelei suvokimo apkrovai jis atpažįstamas dideliu tikslumu (Koivisto ir Revonsuo, 2009). Panašiai pasireiškia Stroop'o efektas (Benoni ir Tsal, 2010).

Hillyard ir Anllo-Vento (1998) nustatė, kad stebint erdvinius objektus 80 ms po dirgiklio pateikimo atsiranda teigiama banga (P80), kuri rodo ankstyvojo erdvinio dėmesio veikimą. Panašią ryškią P80 komponentę vykstant tikram nedviprasinės gardelės ir silpnę vykstant subjektyviam Necker'io gardelės suvokinio pokyčiui aprašo Kornmeier ir Bach, bet jie ją sieja su dirgiklio pasirodymu (2005, 2006).

Nustatyta, kad dėl selektyvaus dėmesio veikimo keičiasi EEG komponentių amplitudė. Kai į dirgiklį atkreipiamas dėmesys, P1, N1, P2, N2 bangų amplitudės padidėja. Vadinasi, dėmesinė vartų kontrolė vyksta ankstyvose regimojo apdorojimo stadijose (Couperus, 2010; Hillyard ir kt., 1998). Tai palaiko ankstyvosios atrankos teoriją. Yra darbų, kuriuose aprašoma, jog P1 amplitudė išauga didėjant dėmesio apkrovai, panašių poveikį dėmesio apkrova turi ir P3 amplitudei (O'Connell ir kt., 2011). Tokių ir panašių tyrimų (Mangun ir kt., 1998; Miniussi ir kt., 1999) rezultatai rodo, kad P1 ir P3 komponentės jautrios įvairioms dėmesio manipuliacijoms. Kai kurie tyrėjai (Leopold and Logothetis, 1999; Pitts et al., 2007; Pitts ir kt., 2008) mano, kad selektyvus dėmesys svarbus dviprasmių dirgiklių reversijų suvokimui. Teigiama, kad P1 ir N1 komponentės parodo ankstyvojo erdvinio dėmesio pasireiškimą, o RN rodo įvykus suvokinio pasikeitimą (Pitts ir kt., 2007). Valingos dviprasmių vaizdų suvokinių kontrolės tyrimai (Pitts ir kt., 2008; Toppino, 2003; van Ee ir kt., 2006) tik patvirtina dėmesio svarbą suvokiant prasmės pasikeitimus. Valingo kontroliavimo sąlygomis taip pat matyti, kad RN ir VT amplitudės ir latencijos kinta priklausomai nuo užduoties (Pitts ir kt., 2008).

Tyrimų tiriant suvokimo apkrovos įtaką dviprasmių vaizdų suvokimui atliekama dar labai mažai, todėl nėra žinoma, kaip reversijos sukeltųjų potencialų komponentės (RT, RN ir VT) paveiks skirtingos suvokimo apkrovos. Remiantis ankstesniais darbais (Benoni ir Tsal, 2010; Lavie ir kt., 2009; Mohamed ir kt., 2009) buvo pasirinktos „X“ ir „N“ taikininės raidės bei „H“, „K“, „M“, „Z“ papildomos raidės.

Buvo atlikti du eksperimentai. Pirmame eksperimente tiriamieji dalyvavo mažos ir didelės apkrovos užduotyse, kurių metu reikėjo nustatyti taikininę raidę ir nurodyti suvokinio prasmės pasikeitimą (arba nepasikeitimą). Antrajame eksperimente taip pat buvo dviejų skirtingo lygio apkrovų užduotys: lengva – dirgikliai be raidžių, sunki – dirgikliai su raidėmis (lengvomis arba sunkiomis). Antrajame tyrime į raides nereikėjo kreipti dėmesio, reikėjo atsakyti, ar įvyko dirgiklio prasmės pasikeitimas, ar ne.

Norima pažiūrėti, ar EEG komponentės skirsis, kai į tuos pačius dirgiklius vienu atveju dėmesys atkreipiamas, o kitu – ne. Taip pat norima pažiūrėti, kokios įtakos dviprasmių ir nedviprasmių gardelių suvokimui turės skirtingos suvokimo apkrovos užduotys.

## **I EKSPERIMENTAS**

Tyrimas buvo atliktas Kognityvinių neuromokslų centre, Turku universitete Suomijoje. Tyrimą atliko M. Intaitė ir leido panaudoti surinktus duomenis šiame darbe. Taip pat šio tyrimo rezultatai buvo panaudoti M. Intaitės disertacijoje „Ar selektyvus dėmesys turi įtakos dviprasmių figūrų suvokimui?“ (2010).

## **2. METODIKA**

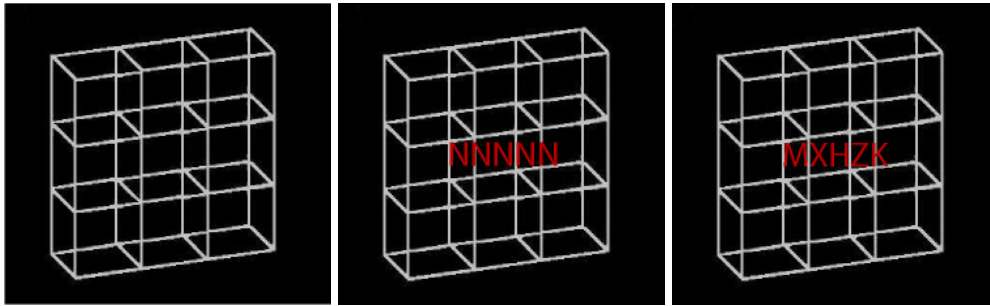
### **2.1. Tiriamieji**

Tyrimo dalyvavo aštuoniolika sveikų normalaus ar koreguoto regėjimo 20 – 29 metų amžiau (amžiaus vidurkis – 22,5 metai, standartinis nuokrypis – 2,28) studentų (devyni vyrai ir devynios moterys). Visi tiriamieji buvo dešiniarankiai (vidutinė rankiškumo reikšmė – 0,925, standartinis nuokrypis – 0,011), rankiškumas nustatytas naudojant „Edinburgo rankiškumo aprašą“ (angl. *Edinburgh handedness inventory*) (Oldfield, 1971). Visi dalyviai tokia eksperimente dalyvavo pirmą kartą ir apie tyrimo tikslus nežinojo. Tyrimui buvo oficialiai pritarta vietiniame Turku universiteto etikos komitete. Prieš eksperimentą kiekvienas dalyvis pasirašė sutikimą dalyvauti tyrime.

Instrukcija tiriamiesiems pateikta 1 Priede (anglų k.).

### **2.2. Dirgikliai**

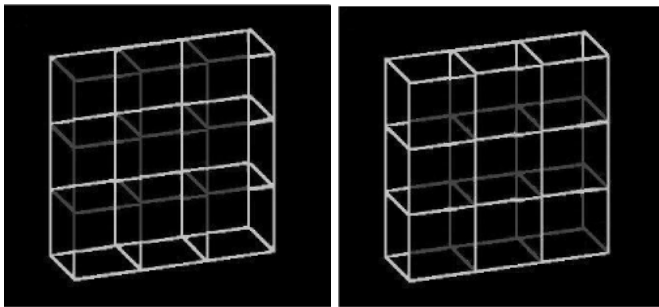
Šiame tyrime buvo naudojami dviejų tipų dirgikliai: dviprasmiškos Necker'io gardelės, sudaryta iš devynių Necker'io kubų, bei nedviprasmiškos gardelės, taip pat sudarytos iš devynių kubų, atitinkančios abi galimas Necker'io gardelės prasmines alternatyvas. Visi dirgikliai buvo balti juodame fone, monitoriaus ekrane vienas dirgiklis sudarė  $3,6^\circ \times 3,6^\circ$  kampinio dydžio stimuliacijos zoną. Dirgikliai buvo demonstruojami 53 cm įstrižainės monitoriuje (horizontalios skleistinės dažnis 60 Hz) tiriamiesiems sėdint 150 cm atstumu nuo monitoriaus ekrano.



A.

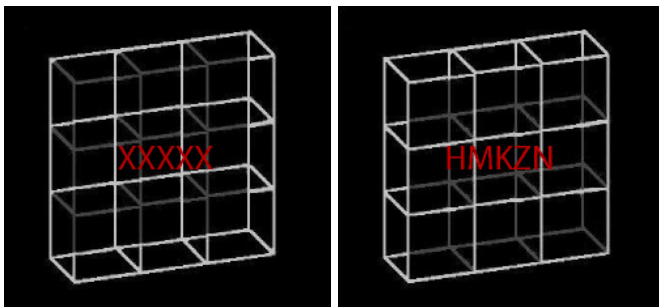
B.

C.



D.

E.



F.

G.

2.1 pav. Eksperimente naudotų dirgiklių pavyzdžiai. A-C: Dviprasmės Necker'io gardelės. A – be raidžių; B – lengvos apkrovos raidžių eilutė, taikininė raidė „N“; C – sunkios apkrovos raidžių eilutė, taikininė raidė „X“. D-G: Nedviprasmės gardelės. D – orientacija į viršų; E – orientacija žemyn; F – orientacija į viršų, lengvos apkrovos raidžių eilutė, taikininė raidė „X“; G – orientacija žemyn, sunkios apkrovos raidžių eilutė, taikininė raidė „N“.

Tyrimą sudarė du blokai: Necker'io gardelės pasikeitimo (NP) blokas ir Realaus pasikeitimo (RP) blokas. NP bloke buvo pateikiamos nedviprasmės gardelės ir dviprasmės gardelės. RP bloke visi pateikiami dirgikliai buvo nedviprasmiai. 50 % dviprasmių ir nedviprasmių dirgiklių turėjo penkių raidžių eilutę, įrašytą gardelės viduje. Raidės buvo parašytos 26 dydžio Myriad raudonos spalvos šriftu. Raidžių eilutę sudarė taikininė raidė „N“ arba „X“ bei

keturios kitos raidės: „H“, „K“, „M“, „Z“. Jei eilutėje visos raidės buvo vienodos (tik „N“ arba tik „X“) – tai mažos apkrovos raidžių eilutė. Jei eilutę sudarė penkios skirtingos raidės, tarp kurių tik viena taikininė raidė – tai didelės apkrovos raidžių eilutė. Dirgiklių pavyzdžiai pateikti 2.1 pav.

Pusė raides turinčių dirgiklių buvo pateikiami su mažos apkrovos eilutėmis, kita pusė – su didelės apkrovos raidžių eilutėmis. 50 % didelės apkrovos eilučių taikininė raidė buvo „N“, kitose – „X“. Visų raidžių vieta eilutėje keičiama atsitiktine tvarka ir taikininė raidė galėjo būti bet kurioje iš penkių galimų pozicijų. Raides turintys dirgikliai buvo pateikiami atsitiktine tvarka.

Siekiant išvengti pėdsakinių reiškinių pirmoji ir antroji gardelės buvo pateikiamos ne toje pačioje vietoje, o atsitiktine tvarka buvo perkeliamos bet kuria kryptimi  $0,3^\circ$  atstumu nuo centro.

### 2.3. Tyrimo eiga

Prieš eksperimentą visi tiriamieji buvo instruktuoti, supažindinti su dirgikliais ir Necker'io gardelės prasminėmis alternatyvomis. Po instruktavimo kiekvienas tiriamasis atliko iš 20 bandymų sudarytą mokymosi bloką, kad susipažintų su užduotimi. Šiame bloke gardelėse buvo pateikiamos keturių raidžių eilutės. Po šio bloko tiriamieji atliko po 60 NP bloko ir RP bloko užduočių. Toks apmokymas supažindino su eksperimentinėmis užduotimis ir leido įgyti patirties teisingai jas atlikti.

Tiriamųjų buvo prašoma žiūrėti į fiksacijos tašką, kai jis rodomas monitoriaus ekrane, arba į raidžių eilutę, jei fiksacijos taško nėra, ir nenukreipti žvilgsnio kitur. Elektrookulogramoje (EOG) buvo registruojami akių judesiai ir mirksėjimas.

RP bloką sudarė 240 bandymų, NP bloką – 320 bandymų. Kiekvienas blokas buvo padalintas į dvi dalis: iš viso keturi blokai. Eksperimento viduryje po dviejų blokų buvo daroma ilgesnė 10 min. pertrauka, o tarp likusių blokų daromos trumpesnės 2-3 min. pertraukos. Eksperimentas su vienu dalyviu truko vidutiniškai dvi valandas.

Kiekvienas bandymas prasidėjo fiksacijos ženklo (pliuso) pasirodymu monitoriaus ekrane (1000 ms). Po to 200 ms pasirodydavo pirmasis vaizdas – nedviprasmė gardelė, paskui 200 ms rodomas fiksacijos taškas, o po jo 400 ms demonstruojamas antras vaizdas – dviprasmė gardelė NP bloke arba nedviprasmė gardelė RP bloke. Rodant pirmame vaizde tik nedviprasmę gardelę

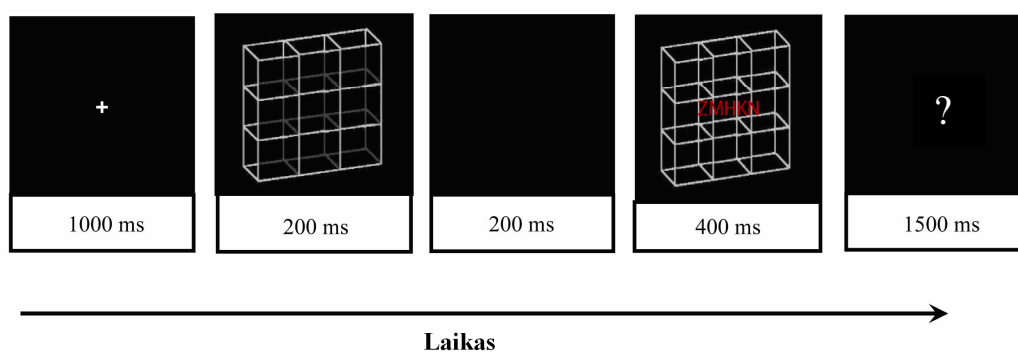
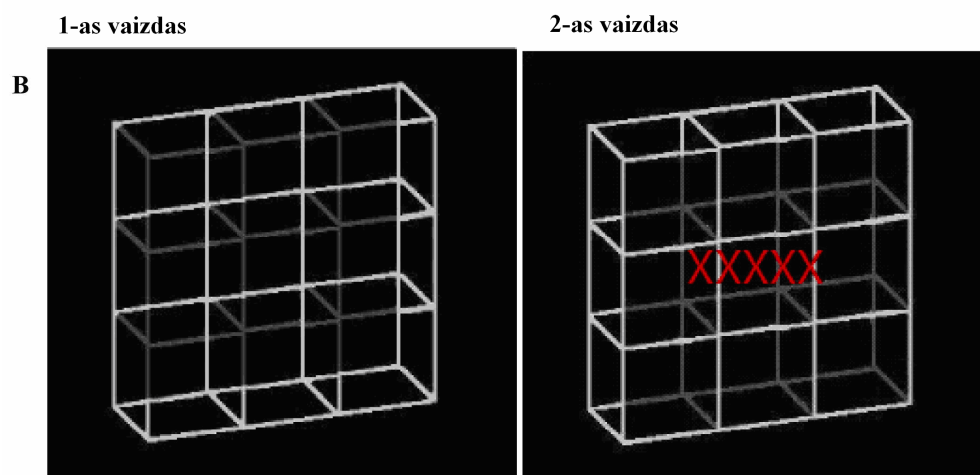
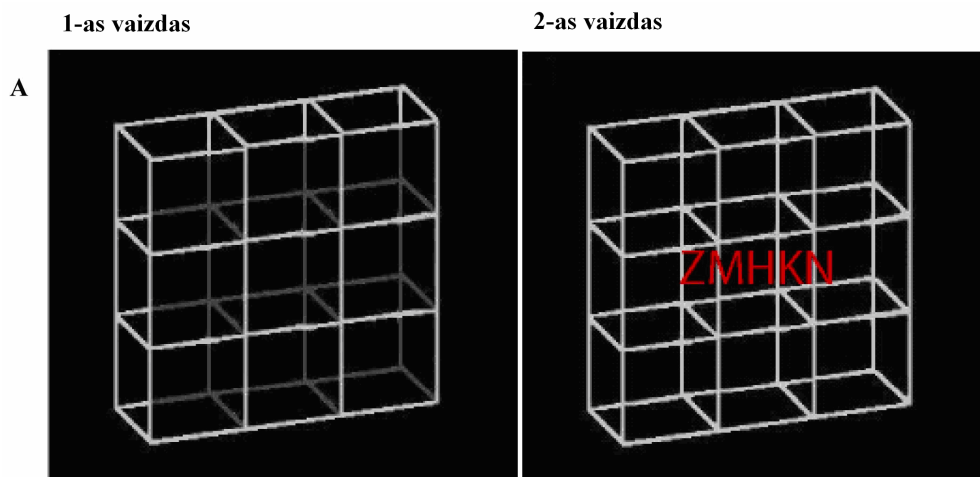


(vieną iš galimų erdviųjų orientacijų) buvo palengvinamas antrojo vaizdo erdvinės orientacijos suvokimas ir suvienodinamos abiejų blokų eksperimentinės sąlygos.

Antrajame vaizde visos gardelės buvo su penkių raidžių eilutėmis. RP bloke tiriamieji turėjo palyginti antrąjį vaidą su pirmu ir nustatyti, ar įvyko gardelės orientacijos pasikeitimas, ar ne. NP bloke reikėjo nurodyti, ar antrajame vaizde suvokiama dviprasmės gardelės erdvinė orientacija tokia pati kaip pirmame vaizde parodyto nedviprasmio dirgiklio orientacija, ar skirtinga.

Išnykus antrajam vaizdui tiriamiesiems reikėjo kuo greičiau ir be klaidų pateikti savo atsakymus: nuspausti „pasikeitimo“ mygtuką, kai matomas gardelės orientacijos pasikeitimas, ir „nepasikeitimo“ mygtuką, jei pasikeitimo nėra; taip pat reikėjo spausti atitinkamą mygtuką, jei raidžių eilutėje taikininė raidė yra „N“, ir kitą mygtuką, jei raidė yra „X“. Pusėje eksperimento (po vieną NP ir RP bloką) tiriamieji iš pradžių turėjo nurodyti, ar įvyko pasikeitimas, ar ne, po to atsakyti, kokią taikininę raidę matė. Kitoje eksperimento dalyje jiems iš pradžių reikėjo nurodyti taikininę raidę („N“ arba „X“) ir tik po to atsakyti, ar pasikeitimas įvyko, ar neįvyko. Pusei tiriamųjų užduotys buvo pateikiamos čia aprašyta tvarka, o kitai pusei – priešinga. Po antrojo atsakymo iki naujo bandymo pradžios 1500 ms rodomas juodas ekranas – tai pertrauka tarp bandymų. Eksperimento vieno bandymo schema pavaizduota 2.2 pav.

Dalyvių buvo prašoma leisti orientacijos pasikeitimams vykti natūraliai, valingai jų nekontroliuoti ir registruoti pasikeitimus tik tais atvejais, kai jie tikrai juos matė. Jei tiriamieji nepastebėdavo, kokia buvo taikininė raidė, jie turėjo spausti bet kurią galimą atsakymą.



2.2 pav. Eksperimento vieno bandymo schema. 1-as vaizdas visada buvo nedviprasmė gardelė be raidžių. 2-as vaizdas NP bloke buvo Necker'io gardelė su raidėmis, RP bloke – nedviprasmė gardelė su raidėmis.

## 2.4. EEG duomenų rinkimas ir apdorojimas

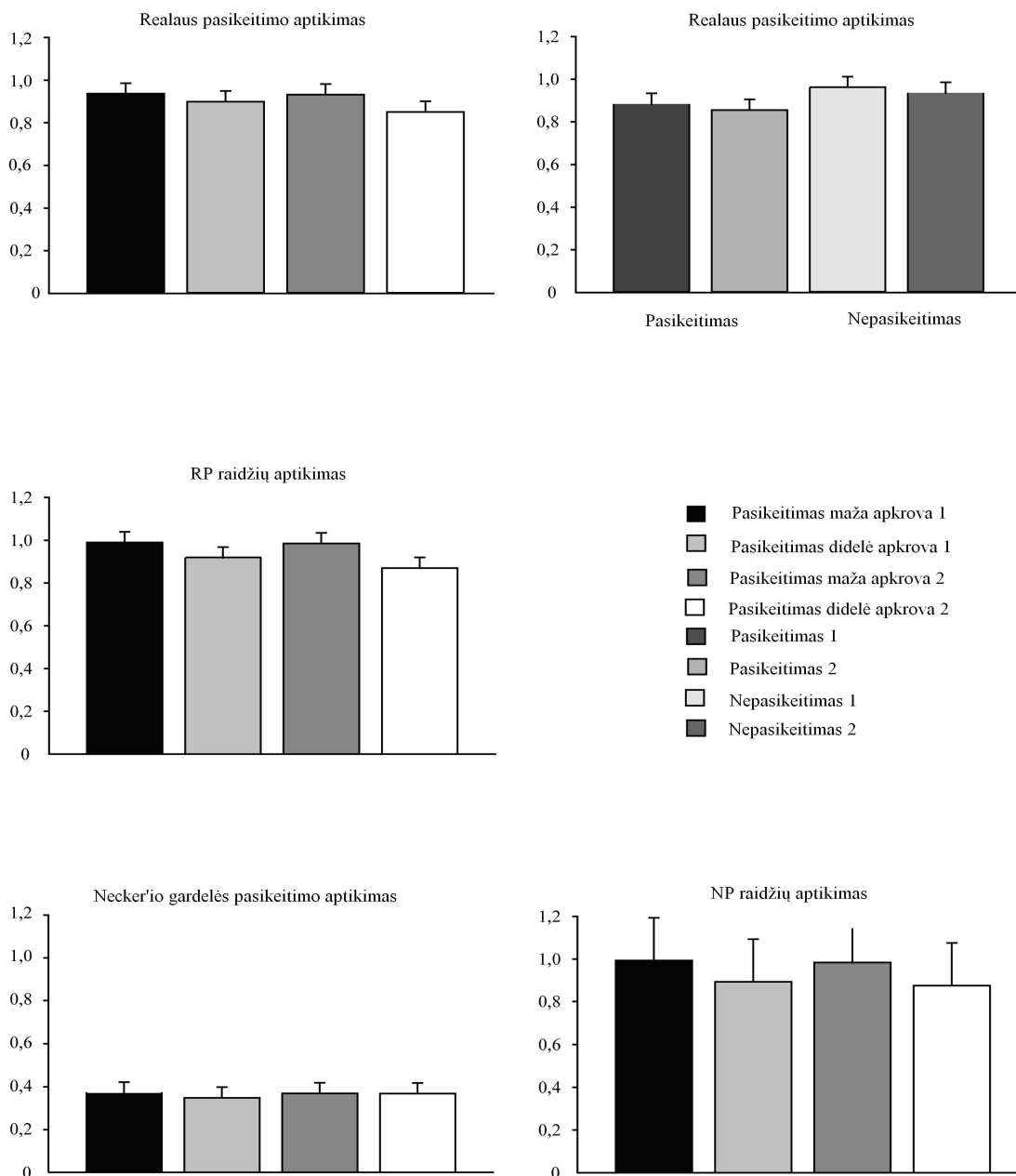
EEG įrašymui buvo naudojami Ag/AgCl elektrodai, išdėstyti pagal tarptautinę 10/20 sistemą Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, P3, P4, Pz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, O1, O2 srityse. Įžeminimo elektrodas buvo tarp Fz ir Cz elektrodų, o referentinis elektrodas – pritvirtintas prie nosies. Po dešiniąja akimi pritvirtintas elektrodas naudojamas mirksėjimui ir vertikaliems akių judesiams registruoti, o elektrodas, esantis 1,5 cm nuo dešinėsios akies išorinio krašto, registravo horizontalius akių judesius.

EEG buvo sustiprinta naudojant sustiprinimo juostą nuo 0,15 iki 100 Hz su 500 Hz pavyzdiniu dažniu. Elektrodų tariamoji varža (impedansas) buvo išlaikoma žemiau 5 kΩ. Filtras (0,1 – 20 Hz) sumažino aukštų ir žemų dažnių, kuriuos sukelia įvairūs triukšmai, kiekį. Su įvykiu susijusių sukeltųjų potencialų bangos buvo išskirtos iš EEG įrašo naudojantis „BrainVision Analyzer“ programa. Su įvykiu susiję potencialai buvo padalinti į atkarpas ir atskirai suvidurkinti pasikeitimams ir nepasikeitimams NP ir RP blokuose. RP blokuose analizuoti tik teisingų atsakymų segmentai. Bazinės linijos korekcija atlikta pagal aktyvumą -100 – 0 ms prieš antrojo vaizdo pateikimą. Bandymai, kuriuose buvo artefaktų ( $> 70 \mu\text{V}$ ), akių judesių ar mirksėjimo bei tiriamojo judesių požymių bet kuriame elektrode, buvo pašalinti ir neanalizuoti. Atlikus visus paruošiamuosius veiksmus kiekvieno tiriamojo duomenys suvidurkinti atskirai.

Su įvykiu susiję potencialai NP ir RP blokuose buvo atskirai suvidurkinti skirtingiems pasikeitimo tipams (pasikeitimas, nepasikeitimas) ir apkrovoms (didelė, maža). Suvidurkintos amplitudės buvo analizuojamos P1 (110–140 ms), N1 (140–180 ms), P2 (200–240 ms), N2 (240–280 ms), P3 (400–700 ms) laiko languose atskaitos tašku laikant antrojo stimulo pateikimo momentą.

### 3. REZULTATAI

#### 3.1. Psichofizikiniai rezultatai



3.1 pav. Realaus (RP blokas) ir Necker'io gardelės (NP blokas) pasikeitimų aptikimo bei raidžių aptikimo tikslumas. Juodi stulpeliai – mažos apkrovos užduotis, atsakymas apie pasikeitimą pirmas; šviesiai pilki stulpeliai – didelės apkrovos užduotis, atsakymas apie pasikeitimą pirmas; tamsiai pilki stulpeliai – mažos apkrovos užduotis, atsakymas apie pasikeitimą antras; balti stulpeliai – didelės apkrovos užduotis, atsakymas apie pasikeitimą antras. Ordinačių ašyje nurodytas tikslumas.

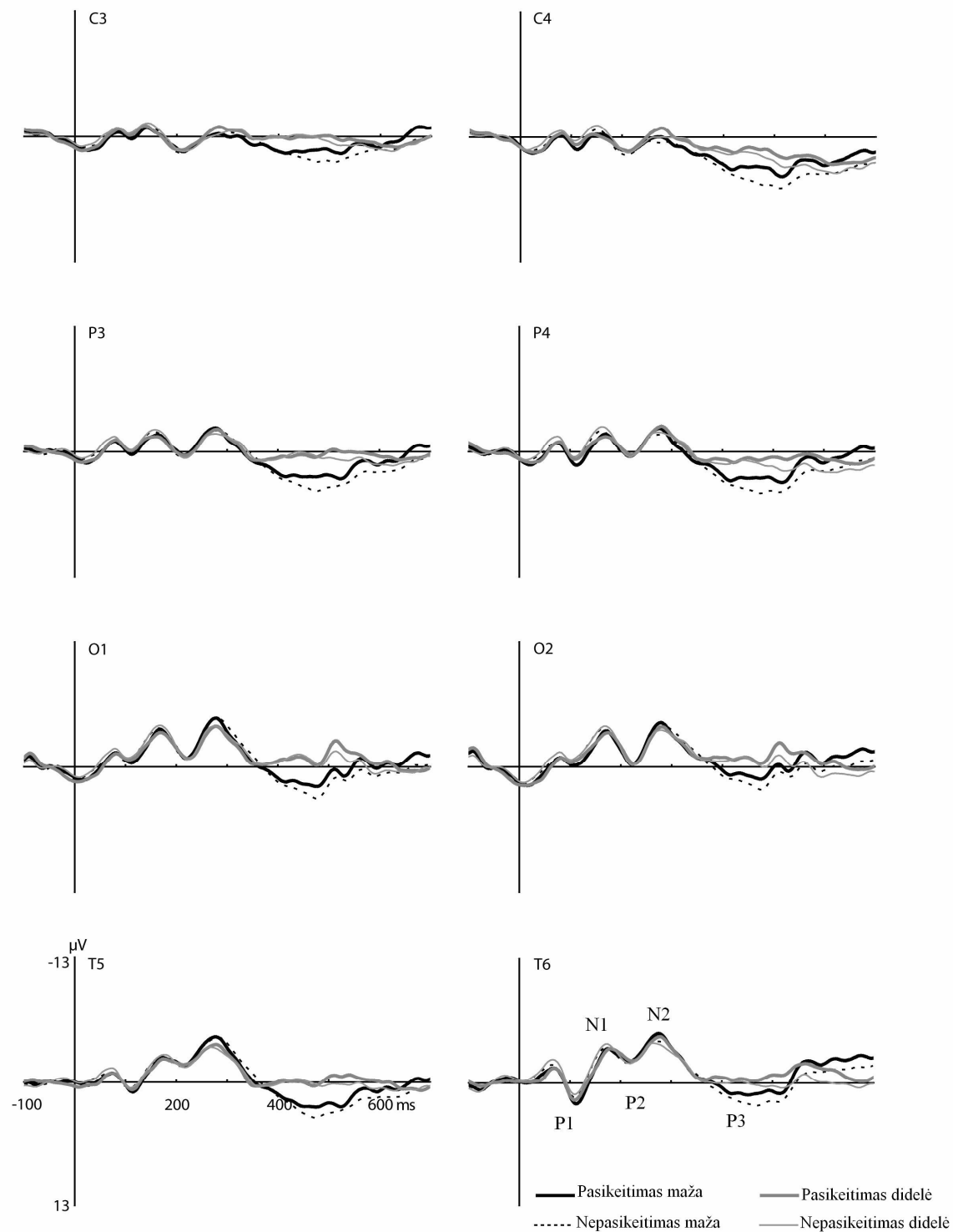
Analizuojant psichofizikinio tyrimo rezultatus buvo atlikta  $2 \times 2$  ANOVA analizė, pasirinkti Atsakymo eiliškumo (pirmas atsakymas apie pasikeitimą, antras atsakymas apie pasikeitimą) ir Apkrovos (didelė, maža) veiksniai. Tokia analizė atlikta atskirai RP ir NP blokams.

RP bloke (3.1 pav.), kai pirmiau reikėjo nurodyti pasikeitimą ar nepasikeitimą, o po to taikininę raidę, atsakymų apie pasikeitimus buvo daugiau nei tada, kai prasmės pasikeitimas/nepasikeitimas nurodomi antru mygtuko paspaudimu. Didelės apkrovos užduotyje patikimai didesnis pasikeitimų aptikimo tikslumas ( $p < 0,002$ ), kai apie pasikeitimą nurodoma pirmu mygtuko paspaudimu. Raidžių aptikimo tikslumas gerokai didesnis mažos apkrovos užduotyje ( $p < 0,0001$ ) ir nepriklauso nuo atsakymų pateikimo sekos. RP bloke didelės apkrovos užduotyje informuojant apie pasikeitimą antru mygtuko paspaudimu raidžių aptikimas yra sumažėjęs palyginti su tuo, kai apie pasikeitimą pranešama pirmu mygtuko paspaudimu ( $p < 0,02$ ).

NP bloke (3.1 pav.) tokio ryšio tarp pasikeitimų identifikavimo tikslumo ir atsakymo apie jį sekos nepastebėta. Raidžių aptikimo tikslumas gerokai didesnis mažos apkrovos užduotyje ( $p < 0,0001$ ) ir nepriklauso nuo atsakymų pateikimo sekos. Didelės apkrovos užduotyje atsakymo eiliškumas raidžių aptikimo tikslumui taip pat neturi įtakos.

### **3.2. EEG rezultatai**

Analizuojant su įvykiu susijusius potencialus buvo atrenkami tik reikšmingi Tipo (pasikeitimas, nepasikeitimas) ir Apkrovos (didelė, maža) efektai bei reikšmingos sąveikos su šiais veiksniais. Analizei buvo atrinkti tų tiriamųjų duomenys, kuriuose buvo bent po 25 bandymus be artefaktų kiekvienam Tipo ir Apkrovos variantui. Siekiant nustatyti amplitudžių kintamumą pagal  $2 \times 4 \times 2 \times 2 \times 2$  ANOVA analizę analizuoti tokie veiksniai: Sąlyga (RP, NP), Sritis (centrinė, momeninė, pakaušinė, smilkininė), Pusrutulio (kairysis, dešinysis), Tipas (pasikeitimas, nepasikeitimas) ir Apkrova (didelė, maža). Su įvykiu susijusių potencialų bangos pavaizduotos paveiksluose: NP 3.2 paveiksle ir RP 3.3 paveiksle.



3.2 pav. NP bloko suvidurkinti (Grand-average) su įvykiu susiję potencialai: juoda linija – pasikeitimai mažos apkrovos užduotyje; juoda punktyrinė – pasikeitimas neįvyko, mažos apkrovos užduotis; pilka plati – pasikeitimai didelės apkrovos užduotyje; pilka plona – nepasikeitimai didelės apkrovos užduotyje.

### **P1 (110-140 ms)**

Šiame laiko lange pastebėtas patikimas Tipo efektas ( $F(1,17)=5.35;p<0.04$ ), parodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei nepasikeitimo ( $p<0.04$ ). Dar pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=5.14;p<0.04$ ), parodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai teigiamesnės nei didelės apkrovos ( $p<0.04$ ). Reikšmingos Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=8.11;p<0.01$ ), Srities  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=3.99;p<0.05$ ), Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=5.60;p<0.04$ ) sąveikos toliau buvo analizuojamos Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4 srityje pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=11.36;p<0.05$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.05$ ).

P3/P4 srityje pastebėtas reikšmingas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=5.72;p<0.03$ ), rodantis, kad mažos amplitudės patikimai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.03$ ). Reikšminga Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=8.36;p<0.02$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

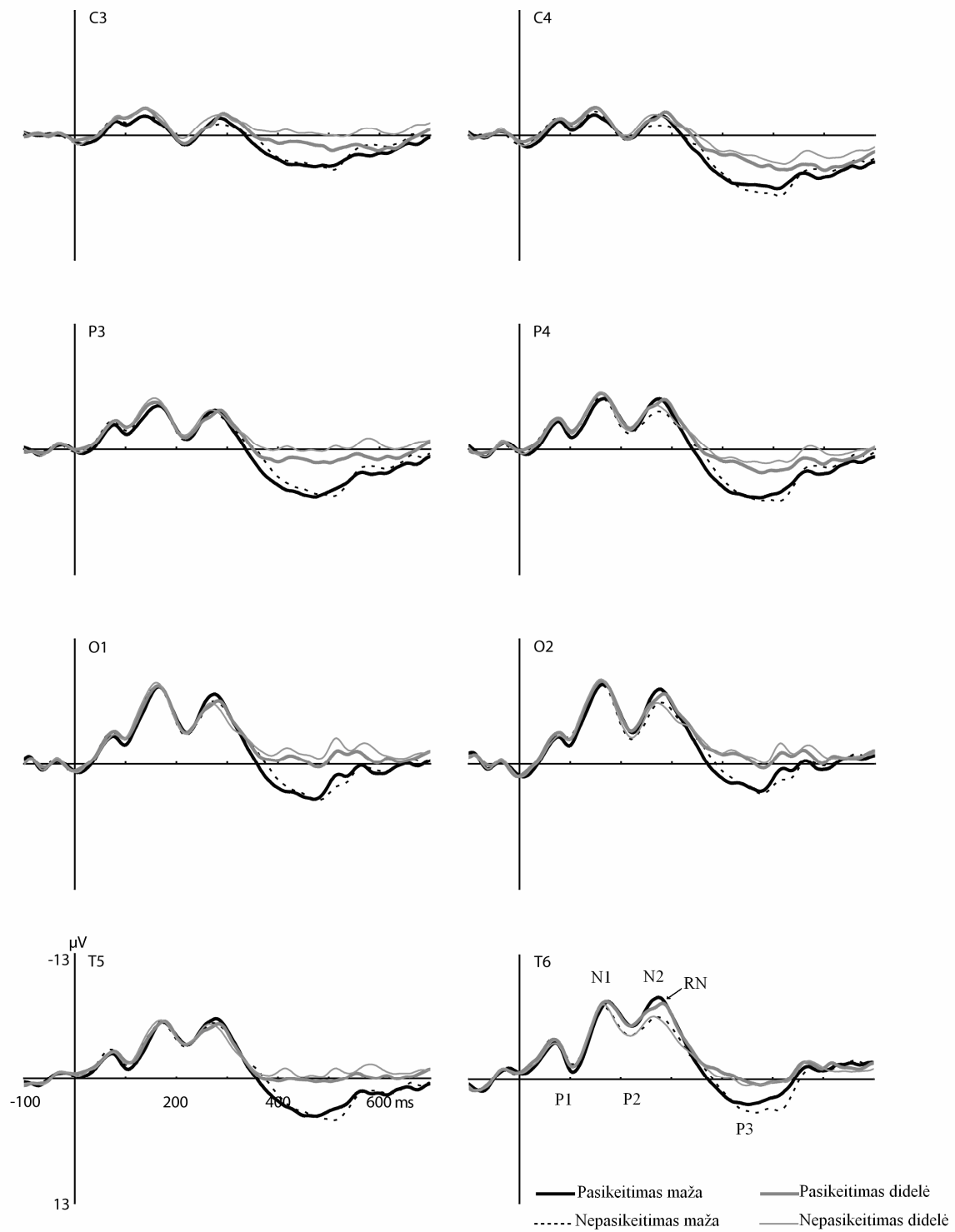
**NP sąlyga.** Aptikta reikšminga Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=9.10;p<0.01$ ) sąveika, bet tolesnė jos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analizė elektrodų užregistruotoms amplitudėms jokių patikimų sąveikų ir efektų neparodė.

**RP sąlyga.** RP sąlygoje P3/P4 srityje rasta patikima Tipo  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=6.57;p<0.03$ ) sąveika, kuri toliau analizuota Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize, bet neaptikta patikimų efektų ir sąveikų.

O1/O2 srityje neaptikta jokių reikšmingų sąveikų ir efektų.

T5/T6 srityje rastas patikimas Tipo efektas ( $F(1,17)=6.88;p<0.02$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.02$ ). Pastebėta patikima Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=5.15;p<0.04$ ) sąveika, kuri toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Tik NP sąlygoje rasta patikima Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=5.92;p<0.03$ ) sąveika, bet tolesnė Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analizė atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms neatskleidė jokių patikimų sąveikų ir efektų.



3.3 pav. RP bloko suvidurkinti (Grand-average) su įvykiu susiję potencialai: juoda linija – pasikeitimai mažos apkrovos užduotyje; juoda punktyrinė – pasikeitimas neįvyko, mažos apkrovos užduotis; pilka plati – pasikeitimai didelės apkrovos užduotyje; pilka plona – nepasikeitimai didelės apkrovos užduotyje.



### **N1 (140-180 ms)**

Šiame laiko lange aptiktos reikšmingos Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=6.04;p<0.03$ ) ir Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=4.51;p<0.03$ ) sąveikos. Šios sąveikos toliau buvo analizuojamos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai, bet neaptikta jokių patikimų efektų ar sąveikų.

### **P2 (200-240 ms)**

Šiame laiko lange aptiktos reikšmingos Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=5.07;p<0.03$ ), Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=6.15;p<0.02$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.47;p<0.04$ ), Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.00;p<0.04$ ), Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=7.86;p<0.01$ ) bei Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=7.99;p<0.01$ ) sąveikos, kurios toliau buvo analizuotos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** NP sąlygoje jokių reikšmingų efektų nei sąveikų neaptikta.

**RP sąlyga.** Rastos patikimos Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=11.30;p<0.01$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=11.65;p<0.01$ ) ir Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=12.99;p<0.001$ ) sąveikos, kurios buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

Tik P3/P4, O1/O2 ir T5/T6 srityse pastebėtos reikšmingos Tipo  $\times$  Pusrutulio sąveikos (atitinkamai ( $F(1,17)=7.97;p<0.02$ ); ( $F(1,17)=13.69;p<0.01$ ); ( $F(1,17)=21.01;p<0.001$ )), kurios buvo toliau analiuojamos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. Tik T6 elektrode rastas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,17)=6.02;p<0.03$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės patikimai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.03$ ).

### **N2 (240-280 ms)**

Šiame laiko lange patikimos Sąlyga  $\times$  Tipas  $\times$  Sritis ( $F(3,51)=7.49;p<0.01$ ), Tipas  $\times$  Pusrutulis ( $F(1,17)=12.23;p<0.01$ ), Sąlyga  $\times$  Tipas  $\times$  Pusrutulis ( $F(1,17)=6.74;p<0.02$ ), Tipas  $\times$  Sritis  $\times$  Pusrutulis ( $F(3,51)=9.29;p<0.01$ ), Sąlyga  $\times$  Tipas  $\times$  Sritis  $\times$  Pusrutulis ( $F(3,51)=6.63;p<0.01$ ), Sritis  $\times$  Apkrova ( $F(3,51)=13.04;p<0.01$ ) bei Sąlyga  $\times$  Tipas  $\times$  Sritis  $\times$  Apkrova ( $F(3,51)=4.54;p<0.03$ ) sąveikos, kurios vėliau analizuotos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Pastebėtos patikimos Srities  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=15.05;p<0.001$ ), Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=3.39;p<0.05$ ) bei Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=7.96;p<0.02$ ) sąveikos, kurios vėliau buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4, P3/P4, O1/O2 ir T5/T6 srityse NP sąlygoje buvo aptiktos patikimos Pusrutulio  $\times$  Apkrovos sąveikos (atitinkamai C3/C4 srityje ( $F(1,17)=4.51;p<0.05$ ), P3/P4 srityje ( $F(1,17)=10.90;p<0.01$ ), O1/O2 srityje ( $F(1,17)=5.97;p<0.03$ ), T5/T6 srityje ( $F(1,17)=4.66;p<0.05$ )), kurios vėliau buvo analizuojamos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms, bet nerasta jokių reikšmingų efektų ir sąveikų.

**RP sąlyga.** RP sąlygoje pastebėtos patikimos Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=5.40;p<0.03$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=19.08;p<0.001$ ), Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=12.19;p<0.001$ ) bei Srities  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=5.73;p<0.03$ ) sąveikos. Jos toliau analizuotos Pusrutulių  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

P3/P4 srityje patikima Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=16.95;p<0.01$ ) sąveika toliau buvo analizuota Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms, bet nerasta jokių patikimų sąveikų ir efektų.

O1/O2 srityje aptikta patikima Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=13.02;p<0.01$ ) sąveika, kuri vėliau buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms, ir O2 elektrode aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,17)=4.75;p<0.05$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.05$ ).

T5/T6 srityje rastas patikimas Tipo efektas ( $F(1,17)=4.72;p<0.05$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.05$ ). Taip pat aptikta patikima Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=28.84;p<0.001$ ) sąveika, kuri vėliau buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. T6 elektrodo užregistruotose amplitudėse aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,17)=13.10;p<0.01$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.01$ ).

### **P3 (400-700 ms)**

Šiame laiko lange rastas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=15.63;p<0.01$ ), parodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.01$ ). Pastebėtos reikšmingos Sąlygos  $\times$  Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=6.47;p<0.01$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=6.80;p<0.02$ ), Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,51)=3.59;p<0.04$ ), Sąlygos  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=4.80;p<0.05$ ), Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=28.10;p<0.001$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=9.88;p<0.01$ ), Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=37.65;p<0.001$ ) bei Tipo  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=3.41;p<0.04$ ) sąveikos. Jos toliau buvo analizuojamos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize kiekvienai sąlygai atskirai.

**NP sąlyga.** Pastebėtos patikimos Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=25.36;p<0.001$ ) ir Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=29.25;p<0.001$ ) sąveikos, kurios toliau buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4 srityje reikšminga Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.94;p<0.03$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvienam elektrodui ir C4 elektrode pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=5.12;p<0.04$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.04$ ).

P3/P4 srityje rastas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=6.19;p<0.03$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.03$ ). Taip pat pastebėtos reikšmingos Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=20.87;p<0.001$ ) ir Tipo  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=5.02;p<0.04$ ) sąveikos, kurios vėliau analizuotos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. P3 elektrode pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=9.95;p<0.01$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.01$ ).

O1/O2 srityje pastebėtos reikšmingos Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=34.38;p<0.001$ ) ir Tipo  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=12.03;p<0.01$ ) sąveikos, kurios vėliau analizuotos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. O1 elektrode pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=5.59;p<0.04$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.04$ ).

T5/T6 srityje pastebėta reikšminga Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=51.06;p<0.001$ ) sąveika, kuri vėliau analizuota Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai T5 ir T6 elektrodu

užregistruotoms amplitudėms. T5 elektrode pastebėtas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=13.36;p<0.01$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.01$ ).

**RP sąlyga.** Šioje sąlygoje aptiktas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=22.57;p<0.001$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.001$ ). Taip pat pastebėtos reikšmingos Tipo  $\times$  Srities ( $F(3,51)=5.97;p<0.02$ ), Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.17;p<0.04$ ), Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=21.93;p<0.001$ ) bei Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(3,51)=27.92;p<0.001$ ) sąveikos, kurios vėliau buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize kiekvienai sričiai atskirai.

C3/C4 srityje pastebėtas reikšmingas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=21.93;p<0.001$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos ( $p<0.001$ ). Reikšminga Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.94;p<0.03$ ) sąveika buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. C3 elektrodo užregistruoti patikimi Tipo ( $F(1,17)=6.10;p<0.03$ ) ir Apkrovos ( $F(1,17)=17.49;p<0.01$ ) efektai, kurie rodo, kad Tipui pasikeitimo amplitudės yra reikšmingai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.03$ ), o Apkrovai mažos apkrovos amplitudės patikimai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.01$ ). C4 elektrode taip pat rastas patikimas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=24.89;p<0.001$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės patikimai labiau teigiamos nei didelės apkrovos ( $p<0.001$ ).

P3/P4 srityje pastebėtas reikšmingas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=26.16;p<0.001$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos ( $p<0.001$ ). Reikšminga Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=11.08;p<0.01$ ) sąveika buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. P3 ir P4 elektrodoose pastebėti reikšmingi Apkrovos efektai (atitinkamai ( $F(1,17)=31.17;p<0.001$ ) ir ( $F(1,17)=19.35;p<0.001$ )), parodantys, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos (P3 elektrode  $p<0.001$ , P4 elektrode  $p<0.001$ ).

O1/O2 srityje rastas reikšmingas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=15.31;p<0.01$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos ( $p<0.01$ ). Taip pat aptikta reikšminga Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=17.96;p<0.01$ ) sąveika, kuri toliau buvo analizuojama Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai O1 ir O2 elektrodo užregistruotoms amplitudėms. O1 ir O2 elektrodoose pastebėti reikšmingi Apkrovos efektai (atitinkamai

( $F(1,17)=21.61;p<0.001$ ) ir ( $F(1,17)=9.54;p<0.01$ )), parodantys, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos (O1 elektrode  $p<0.001$ , O2 elektrode  $p<0.01$ ).

T5/T6 srityje taip pat rastas reikšmingas Apkrovos efektas ( $F(1,17)=19.26;p<0.001$ ), rodantis, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos ( $p<0.001$ ). Pastebėtos reikšmingos Tipo  $\times$  Pusrutulio ( $F(1,17)=5.96;p<0.03$ ) bei Pusrutulio  $\times$  Apkrovos ( $F(1,17)=52.03;p<0.001$ ) sąveikos, kurios vėliau buvo analizuojamos Tipo  $\times$  Apkrovos ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms. T5 ir T6 elektrodoose pastebėti reikšmingi Apkrovos efektai (atitinkamai ( $F(1,17)=43.05;p<0.001$ ) ir ( $F(1,17)=4.93;p<0.05$ )), parodantys, kad mažos apkrovos amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei didelės apkrovos (T5 elektrode  $p<0.001$ , T6 elektrode  $p<0.05$ ).

## II EKSPERIMENTAS

Tyrimas atliktas Kognityvinių neuromokslų centre, Turku universitete Suomijoje.

### 4. METODIKA

#### 4.1. Tiriamieji

Tyrimo dalyvavo devyni sveiki 20 – 35 metų amžiaus (amžiaus vidurkis – 23,89 metai, standartinis nuokrypis – 4,68) normalaus ar koreguoto regėjimo žmonės (septyni vyrai ir dvi moterys). Visi tiriamieji buvo dešiniarankiai (vidutinė rankiškumo reikšmė – 0,848, standartinis nuokrypis – 0,009). Rankiškumas nustatytas naudojant „Edinburgo rankiškumo aprašą“ (angl. *Edinburgh handedness inventory*) (Oldfield, 1971). Tyrimui buvo oficialiai pritarta vietiniame Turku universiteto etikos komitete. Prieš eksperimentą kiekvienas dalyvis pasirašė sutikimą dalyvauti tyrime.

Instrukcija tiriamiesiems pateikta 2 Priede (anglų k.).

#### 4.2. Dirgikliai

Tyrimo naudoti tokie patys dirgikliai, kokie aprašyti šio darbo skirsnyje 2.2 (22 psl.). Pusė pateiktų antrųjų bandymo gardelių (abejose sąlygose) buvo be raidžių eilutės (normalus stebėjimas), 25 % turėjo įrašytas vienodų raidžių (lengvų raidžių) eilutes, kitas ketvirtadalis gardelių buvo su skirtingų raidžių (sunkių raidžių) eilutėmis. 50 % visų pateiktų raidžių eilučių taikininė raidė buvo „N“, kitose – „X“. Į pateiktas raidžių eilutes dėmesio kreipti nereikėjo.

#### 4.3. Tyrimo eiga

Tyrimo eiga aprašyta skyrelyje 2.3. **Tyrimo eiga** (24 psl.). Tyrimo schema tokia pati kaip I eksperimente (2.2 pav.), tik antrame vaizde pusė dirgiklių buvo be raidžių. Išnykus antrajam

vaizdui tiriamiesiems reikėjo kuo greičiau ir be klaidų pateikti savo atsakymus: pusėje eksperimento (po vieną NP ir RP bloką) tiriamieji iš pradžių turėjo nurodyti, ar įvyko pasikeitimas, ar ne, po to paspausti papildomą mygtuką, kitoje eksperimento dalyje jiems iš pradžių reikėjo paspausti papildomą nurodytą mygtuką ir tik po to atsakyti, ar pasikeitimas įvyko, ar neįvyko. Pusei tiriamųjų užduotys buvo pateikiamos čia aprašyta tvarka, o kitai pusei – priešinga. Papildomas mygtukas reikalingas tam, kad būtų suvienodintos I ir II eksperimentų sąlygos, t. y. tiriamieji visada pateikdami atsakymą spausdų du mygtukus.

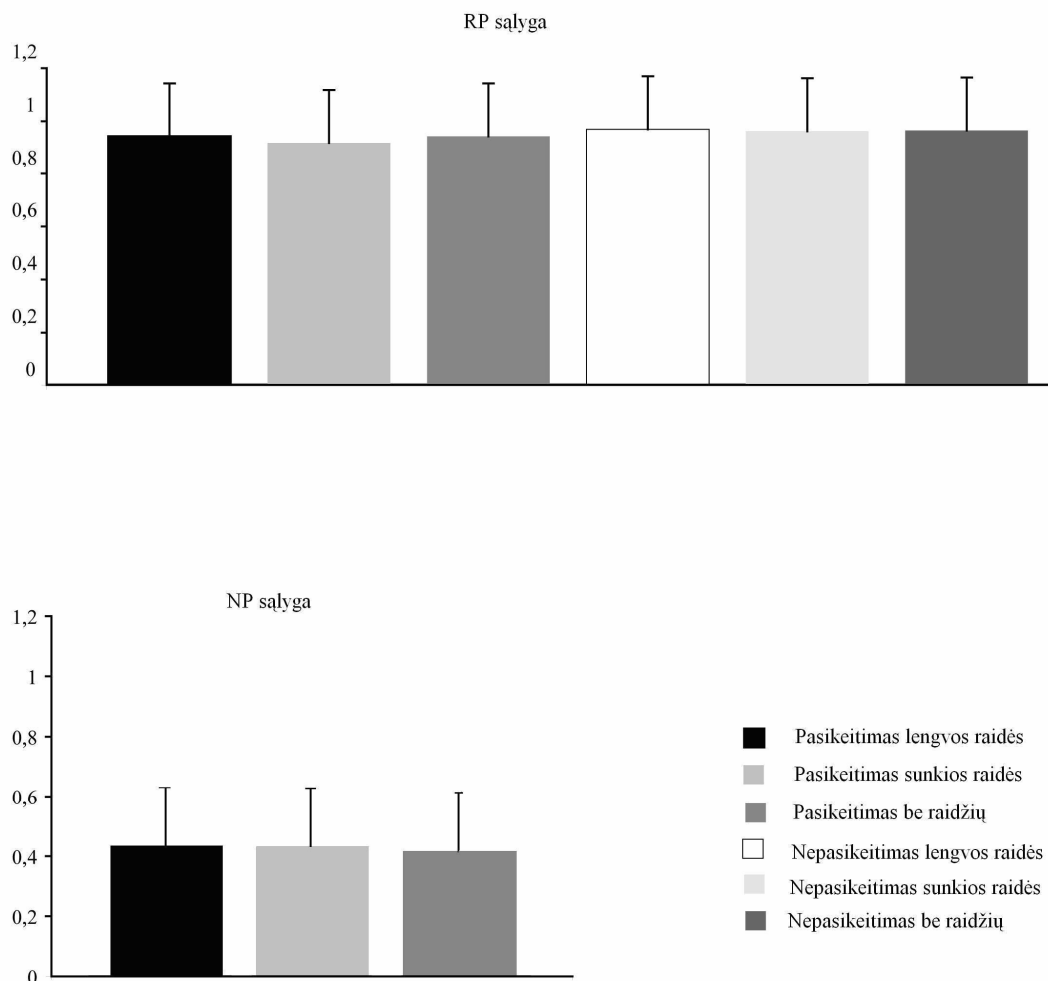
#### **4.4. Duomenų rinkimas ir apdorojimas**

Duomenų rinkimo ir apdorojimo tvarka aprašyta skyrelyje **2.4. EEG duomenų rinkimas ir apdorojimas** (27 psl.).

Su įvykiu susiję potencialai NP ir RP blokuose buvo atskirai suvidurkinti skirtingiems pasikeitimo tipams (pasikeitimas, nepasikeitimas) ir trukdžiams (su raidėmis, be raidžių). Suvidurkintos amplitudės buvo analizuojamos P1 (70–100 ms), P1 (110–140 ms), N1 (140–180 ms), P2 (200–240 ms), N2 (240–280 ms), P3 (400–700 ms) laiko languose atskaitos tašku laikant antrojo stimulo pateikimo momentą.

## 5. REZULTATAI

### 5.1. Psichofizikiniai rezultatai



5.1 pav. Necker'io gardelės (NP blokas) pasikeitimo ir Realaus (RP blokas) pasikeitimo bei nepasikeitimo aptikimo tikslumas užduotyse be raidžių, su lengvomis ir su sunkiomis raidėmis tikslumas. Juodi stulpeliai – pasikeitimas, kai raidės vienodos (lengvos); šviesiai pilki stulpeliai – pasikeitimas, kai raidės skirtingos (sunkios); pilki stulpeliai – paprastas pasikeitimas (dirgiklis be raidžių); balti stulpeliai – nepasikeitimas, kai raidės vienodos (lengvos); pilkšvi stulpeliai – nepasikeitimas, kai raidės skirtingos (sunkios); tamsiai pilki stulpeliai – paprastas pasikeitimas (dirgiklis be raidžių). Ordinačių ašyje nurodytas tikslumas. Rezultatai grafikuose neiškirti pagal atsakymo pateikimo seką dėl silpnos eiliškumo įtakos.



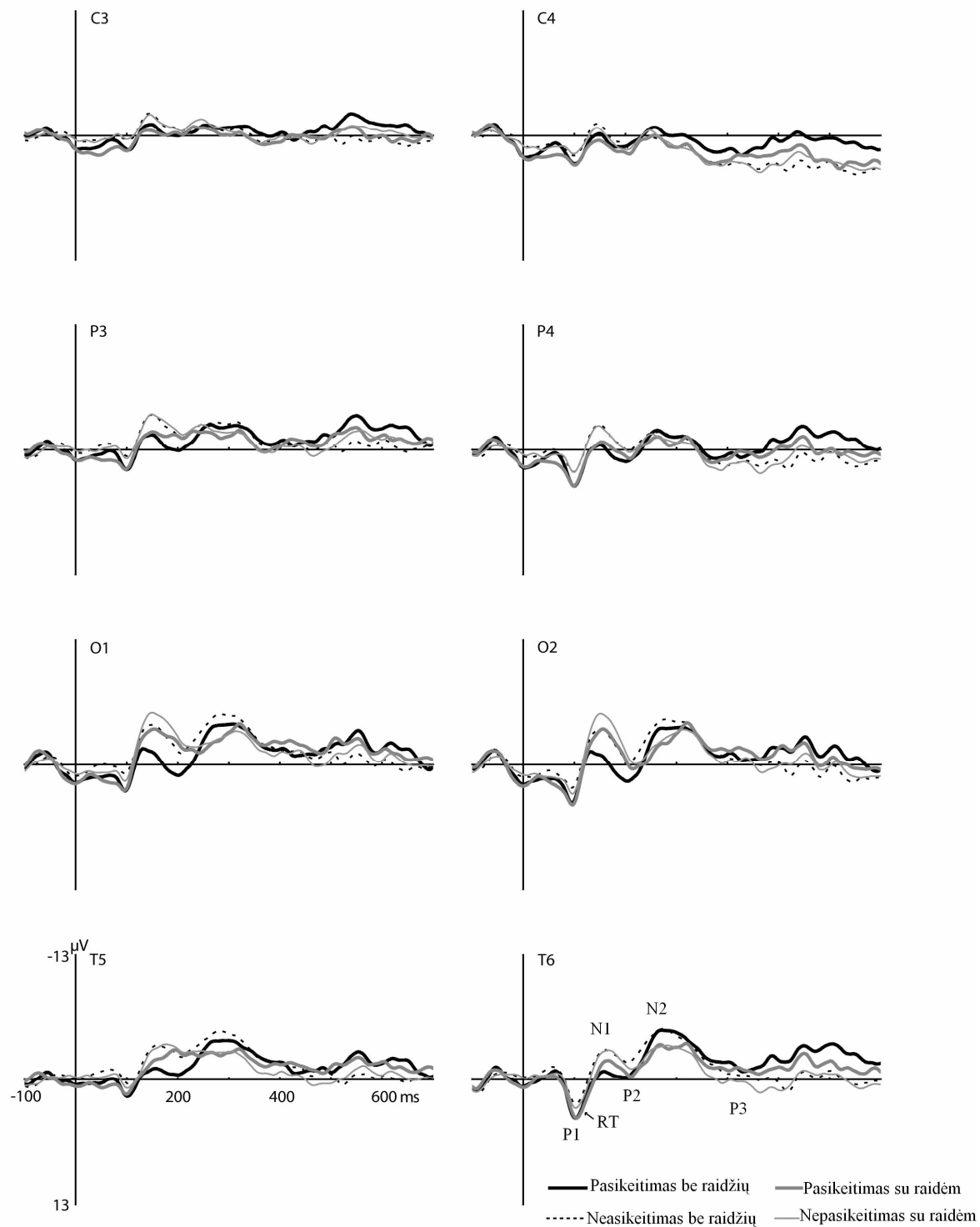
Analizuojant psichofizikinio tyrimo rezultatus buvo atlikta  $2 \times 2$  ANOVA analizė, pasirinkti Atsakymo eiliškumo (pirmas atsakymas apie pasikeitimą, antras atsakymas apie pasikeitimą) ir Trukdžio (raidžių trukdis, be raidžių) veiksniai. Tokia analizė atlikta atskirai RP ir NP blokams.

RP bloke (5.1 pav.), kai pirmiau reikėjo nurodyti pasikeitimą ar nepasikeitimą, o po to spausti papildomą mygtuką, atsakymų apie pasikeitimus buvo mažiau nei tada, kai prasmės pasikeitimas/nepasikeitimas nurodomi antru mygtuko paspaudimu ( $p < 0,01$ ). Pasikeitimai tiksliausiai buvo nurodomi, kai dirgikliai buvo be raidžių, ir tikslumas sumažėjo, kai raidės buvo sunkios, bet skirtingų trukdžių poveikis pasikeitimų identifikavimo tikslumui nepatikimas. RP bloke nepasikeitimas buvo nurodomas su didesniu tikslumu nei pasikeitimas. Kai reikėjo identifikuoti nepasikeitimą esant lengvų raidžių trukdžiui, patikimai daugiau teisingų atsakymų buvo nurodant atsakymą antru mygtuko paspaudimu ( $p < 0,04$ ), esant kitiems trukdžiams eiliškumas jokios įtakos neturėjo.

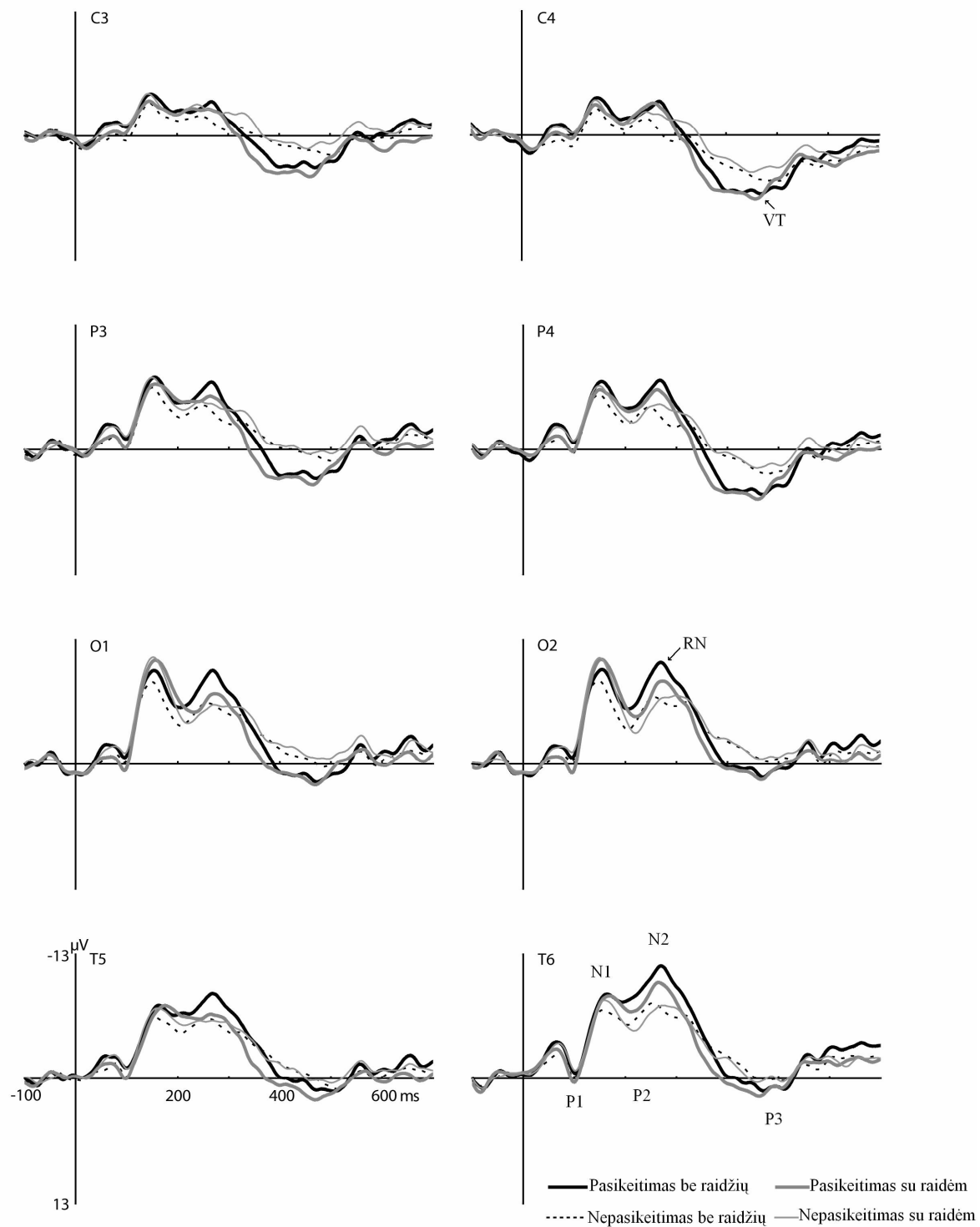
NP bloke (5.1 pav.) tikslumas mažiausias, kai raidžių trukdžių iš viso nebuvo. Didesnis pasikeitimo identifikavimo tikslumas buvo tada, kai apie pasikeitimą informuojama antru mygtuko paspaudimu. Tačiau atlikus ANOVA analizę neaptikta jokių reikšmingų efektų ar sąveikų tarp trukdžių ir atsakymų eiliškumo.

## **5.2. EEG rezultatai**

Analizuojant sukeltuosius potencialus buvo atrinktas tik reikšmingas Tipo (pasikeitimas, nepasikeitimas) faktorius bei su juo gautos reikšmingos sąveikos. Analizei buvo atrinkta ne mažiau kaip po 25 kiekvieno tiriamojo bandymus be artefaktų kiekvienam Tipo variantui. Amplitudžių kintamumui nustatyti pasirinkta  $2 \times 4 \times 2 \times 2 \times 2$  ANOVA analizė ir analizuoti tokie veiksniai: Sąlyga (RP, NP), Sritis (centrinė, momeninė, pakaušinė, smilkininė), Pusrutulio (kairysis, dešinysis), Tipas (pasikeitimas, nepasikeitimas) ir Trukdis (raidžių trukdis, be raidžių). Su įvykiu susijusių potencialų bangos pavaizduotos paveiksluose: NP 5.2 paveiksle ir RP 5.3 paveiksle.



5.2 pav. NP bloko suvidurkinti (Grand-average) su įvykiu susiję potencialai: juoda linija – pasikeitimai, kai antrame vaizde dirgiklis pateikiamas be raidžių; juoda punktyrinė – pasikeitimas neįvyko, dirgiklis be raidžių; pilka plati – pasikeitimai, kai yra raidės; pilka plona – nepasikeitimai raidžių trukdžių užduotyje.



5.3 pav. RP bloko suvidurkinti (Grand-average) su įvykiu susiję potencialai: juoda linija – pasikeitimai, kai antrame vaizde dirgiklis pateikiamas be raidžių; juoda punktyrinė – pasikeitimas neįvyko, dirgiklis be raidžių; pilka plati – pasikeitimai, kai yra raidės; pilka plona – nepasikeitimai raidžių trukdžių užduotyje.

### **P1 (70-100 ms)**

Šiame laiko lange aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=7.25;p<0.04$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.04$ ). Taip pat pastebėtos patikimos Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=5.44; p=0.052$ ) ir Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=3.47;p=0.061$ ) sąveikos, kurios vėliau nagrinėtos Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4 srityje rasta patikima Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=6.34;p<0.05$ ) sąveika, kuri paskui analizuota Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai abejoms sąlygoms.

**NP sąlyga.** Joje rastas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,7)=13.61;p<0.01$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai teigiamesnės nei nepasikeitimo ( $p<0.01$ ).

P3/P4 srityje pastebėtas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,7)=6.84;p<0.04$ ), nurodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.04$ ). Pastebėta patikima Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=7.38;p<0.04$ ) sąveika, kuri vėliau išanalizuota Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**RP sąlyga.** Šioje sąlygoje neaptikta patikimų sąveikų nei efektų.

**NP sąlyga.** Joje aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=24.61;p<0.01$ ), parodantis, kad pasikeitimo amplitudė reikšmingai labiau teigiama nei nepasikeitimo ( $p<0.01$ ).

O1/O2 ir T5/T6 srityse pastebėtas patikimas Tipo efektas (atitinkamai ( $F(1,7)=12.08;p<0.02$ ) ir ( $F(1,7)=7.52;p<0.03$ )) parodantis, kad pasikeitimo amplitudės yra reikšmingai labiau teigiamos nei nepasikeitimo (atitinkamai ( $p<0.02$ ) ir ( $p<0.04$ )).

**RP sąlyga.** Šioje sąlygoje neaptikta patikimų sąveikų.

### **P1 (110-140 ms)**

Šiame laiko lange aptiktas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,7)=6.24;p<0.04$ ), kuris rodė, kad pasikeitimo amplitudė patikimai labiau teigiama nei nepasikeitimo ( $p<0.04$ ). Dar nustatytos patikimos Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=13.86; p<0.01$ ) ir Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,21)=3.73;p=0.053$ ) sąveikos, kurios toliau analizuotos pagal Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analizę atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Joje rastas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=12.01;p<0.02$ ), parodantis, kad pasikeitimo amplitudės reikšmingai teigiamesnės negu nepasikeitimo ( $p<0.02$ ).

**RP sąlyga.** Rasta tik patikima Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=4.72; p<0.05$ ) sąveika, bet ją toliau nagrinėjant pagal Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analizę kiekvienai sričiai atskirai nepastebėta jokių reikšmingų sąveikų ar efektų.

#### **N1 (140-180 ms)**

Šiame laiko lange pastebėtos patikimos Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=13.48; p<0.01$ ) bei Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=6.2; p<0.02$ ) sąveikos. Jos vėliau analizuotos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** NP sąlygoje pastebėtas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,7)=9.86; p<0.02$ ), parodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.02$ ). Reikšminga Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=8.68; p<0.01$ ) sąveika buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

P3/P4 srityje aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=8.65; p<0.03$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.03$ ).

O1/O2 srityje rasti patikimi Tipo ( $F(1,7)=11.79; p <0.02$ ) efektas, rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau teigiamos nei nepasikeitimui ( $p<0.02$ ).

T5/T6 srityje taip pat aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=10.02; p<0.02$ ), kuris parodė, kad pasikeitimo amplitudės patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.02$ ).

**RP sąlyga.** Joje jokių patikimų sąveikų ir efektų neaptikta.

#### **P2 (200-240 ms)**

Šiame laiko lange patikimos Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=11.04; p<0.02$ ), Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,21)=11.69; p<0.01$ ), Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=6.45; p<0.02$ ) bei Sąlygos  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(1,7)=8.22; p<0.03$ ) sąveikos. Jos toliau buvo analizuojamos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Pastebėtos reikšmingos Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=9.61; p<0.02$ ) ir Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(1,7)=7.81; p<0.03$ ) sąveikos, kurios toliau analizuotos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai užduočiai, kurioje buvo suvokimo trukdis, bei užduočiai, kurioje jo nebuvo.

Užduotyje be trukdžių gautas reikšmingas Tipo efektas ( $F(1,7)=6.60;p<0.04$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės patikimai mažiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.04$ ). Nustatyta patikima Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,21)=13.966;p<0.002$ ), kuri toliau buvo analizuota Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

O1/O2 srityje aptiktas patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=13.94;p<0.007$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai labiau teigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.007$ ).

T5/T6 srityje patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=10.48;p<0.014$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo patikimai mažiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.014$ ).

Raidžių trukdžių užduotyje jokių patikimų efektų ir sąveikų nebuvo aptikta.

**RP sąlyga.** Pastebėta patikima Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=15.87;p<0.001$ ) sąveika, kuri toliau analizuota Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai užduočiai, kurioje buvo suvokimo trukdis, bei užduočiai, kurioje jo nebuvo.

Užduotyje be trukdžių aptikta patikima Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=6.40;p<0.02$ ) sąveika. Ji toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

O1/O2 ir T5/T6 srityse gauti patikimi Tipo efektai (atitinkamai ( $F(1,8)=8.22;p<0.02$ ) ir ( $F(1,8)=9.46;p<0.015$ )), rodantys, kad pasikeitimo amplitudės yra patikimai labiau neigiamos nei nepasikeitimo (O1/O2 srityje  $p<0.02$ , T5/T6 srityje  $p<0.015$ ).

Raidžių trukdžių užduotyje nustatyta reikšminga Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=9.04;p<0.02$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize kiekvienai sričiai atskirai, bet jokių patikimų efektų ar sąveikų nebuvo aptikta.

## **N2 (240-280 ms)**

Šiame laiko lange reikšmingos Sąlygos  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=8.35; p<0.03$ ), Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,21)=8.62;p<0.01$ ) bei Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=5.33;p<0.03$ ) sąveikos. Jos toliau buvo analizuojamos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Joje gauta patikima Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=12.87;p<0.01$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai užduočiai, kurioje buvo suvokimo trukdis, bei užduočiai, kurioje jo nebuvo.

Užduotyje be trukdžių gauta reikšminga Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,21)=11.56;p<0.004$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize kiekvienai sričiai atskirai, bet jokių patikimų efektų ar sąveikų nebuvo nustatyta.

Raidžių trukdžių užduotyje jokių patikimų efektų ir sąveikų nebuvo aptikta.

**RP sąlyga.** Šioje sąlygoje rastas patikimas Tipo efektas ( $F(1,8)=8.43; p<0.03$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.03$ ). Taip pat pastebėtos patikimos Srities  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=6.55;p<0.02$ ) ir Pusrutulio  $\times$  Tipo ( $F(1,8)=7.46;p<0.03$ ) sąveikos, kurios toliau analizuotos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai užduočiai, kurioje buvo suvokimo trukdis, bei užduočiai, kurioje jo nebuvo.

Užduotyje be trukdžių rastas patikimas Tipo efektas ( $F(1,8)=11.21;p<0.01$ ), rodantis, kad pasikeitimo amplitudės buvo reikšmingai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0,01$ ).

Raidžių trukdžių užduotyje patikimos Pusrutulio  $\times$  Tipo ( $F(1,8)=11.66;p<0.009$ ) bei Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo ( $F(3,24)=4.24;p<0.05$ ) sąveikos. Jos vėliau buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4, P3/P4 ir T5/T6 srityse aptiktos reikšmingos Pusrutulio  $\times$  Tipo sąveikos (atitinkamai sritims ( $F(1,8)=8.86;p<0.02$ ), ( $F(1,8)=6.91;p<0.03$ ) bei ( $F(1,8)=14.86;p<0.005$ )), kurios toliau analizuotos Tipo ANOVA analize atskirai kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms, bet jokių patikimų sąveikų ir efektų nerasta. O1/O2 srityje nepastebėta patikimų efektų ar sąveikų.

### **P3 (400-700 ms)**

Šiame laiko lange reikšmingos Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Pusrutulio ( $F(3,21)=5.61;p<0.03$ ) ir Sąlygos  $\times$  Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=4.46;p<0.05$ ) sąveikos. Jos buvo analizuojamos Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sąlygai.

**NP sąlyga.** Pastebėtos patikimos Srities  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(3,21)=13.72;p<0.01$ ) ir Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(1,7)=5.51;p=0.051$ ) sąveikos, kurios po to buvo analizuojamos Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai.

C3/C4 srityje patikimos Pusrutulio  $\times$  Tipo ( $F(1,7)=6.43;p<0.04$ ) ir Tipo  $\times$  Trukdžio ( $F(1,7)=7.35;p<0.04$ ) sąveikos toliau buvo analizuojamos Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize kiekvieno elektrodo užregistruotoms amplitudėms atskirai. C3 ir C4 elektrodoose abiejuose rastos patikimos Tipo  $\times$  Trukdžio (atitinkamai ( $F(1,7)=6.70;p<0.04$ ) ir ( $F(1,7)=7.86;p<0.03$ )) sąveikos,

kurios po to buvo analizuojamos Tipo ANOVA analize kiekvienai apkrovai atskirai. C4 elektrode patikimas Tipo efektas ( $F(1,7)=19.79;p<0.01$ ) parodė, kad normalios apkrovos užduotyje pasikeitimo amplitudės buvo patikimai labiau neigiamos nei nepasikeitimo ( $p<0.01$ ). Raidžių trukdžio užduotyje patikimo efekto nebuvo.

**RP sąlyga.** Šioje sąlygoje reikšminga Srities  $\times$  Pusrutulio  $\times$  Trukdžio ( $F(3,24)=11.01;p<0.001$ ) sąveika toliau buvo analizuojama Pusrutulio  $\times$  Tipo  $\times$  Trukdžio ANOVA analize atskirai kiekvienai sričiai, bet neaptikta jokių patikimų efektų ar sąveikų.



## 6. EKSPERIMENTŲ REZULTATŲ PALYGINIMAS

Norint patikrinti, ar maža suvokimo apkrova turėjo kokią nors specifinę įtaką su įvykiu susijusiems pasikeitimo potencialams, buvo palyginti pirmojo eksperimento mažos suvokimo apkrovos duomenys su antrojo eksperimento suvokimo trukdžio duomenimis. Abiem atvejais tiriamiesiems buvo pateiktos raidžių eilutės, tačiau tik pirmojo eksperimento dalyviai turėjo į jas kreipti dėmesį. Buvo atliktos  $2 \times 2 \times 4 \times 2 \times 2$  ANOVA analizės ir analizuoti tokie veiksniai: Grupė (Eksperimentas I: maža suvokimo apkrova, Eksperimentas II: suvokimo trukdžiai) Sąlyga (RP, NP), Sritis (centrinė, momeninė, pakaušinė, smilkininė), Pusrutulio (kairysis, dešinysis) ir Tipas (pasikeitimas, nepasikeitimas). Analizės buvo atliktos P1, N1, P2, N2, ir P3 laiko languose, tačiau jokių patikimų sąveikų su Grupės faktoriumi aptikta nebuvo.

## 7. REZULTATŲ APTARIMAS

Buvo atlikti du eksperimentai siekiant išsiaiškinti suvokimo apkrovos įtaką dviprasmių ir nedviprasmių dirgiklių suvokimui. Pirmajame eksperimente tirtas didelės ir mažos suvokimo apkrovos poveikis minėtų vaizdų sukeltiesiems potencialams. Antras eksperimentas buvo suplanuotas taip, kad skyrėsi nuo pirmojo užduočių apkrovos lygiu: normalus stebėjimas (jokių raidžių) arba užduotis su raidėmis (raidžių trukdis), į kurias nereikėjo kreipti dėmesio. Taip norėta palyginti gautus rezultatus ir pasižiūrėti, ar trukdis, į kurį nekreipiama dėmesio, gali turėti įtakos sukeltiesiems potencialams. Remiantis suvokimo apkrovos teorija (Lavie, 1995, 2005; Lavie ir kt., 2009; Lavie ir Tsal, 1994) rezultatai tarp užduočių turėtų skirtis, nes užduotys skiriasi informacijos kiekiu, kuris gali užpildyti suvokimo talpą.

Pradėjus atlikti dviprasmių figūrų suvokimo tyrimus su įvykiu susijusių (sukeltųjų) potencialų metodu buvo aptiktos specifinės bangos. Skirtingose šio tyrimo užduotyse buvo aptiktos visos literatūros šaltiniuose aprašytos su reversija susijusios komponentės: RT (Kornmeier ir Bach, 2005, 2006), RN (Kornmeier ir Bach, 2004, 2005; Kornmeier ir kt., 2004; Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008), VT arba P300 banga (Kornmeier ir Bach, 2004; Kornmeier ir Bach, 2006; Kornmeier ir kt., 2004; Pitts ir kt., 2008).

Antrajame eksperimente P1 (70-100ms) lange aptiktas teigiamumas, kuris atitinka Kornmeier ir Bach (2005) aprašomą P80 komponentę. Jis aptinkamas tiek NP, tiek RP blokuose ir siejamas su vaizdo pasirodymu. Vėlesniame, N1 (100-140 ms) laiko intervale, teigiamumas išliko tik NP bloke. Šį teigiamumą galima sieti su RT, kuris, kaip nurodoma kitų tyrėjų darbuose (Kornmeier ir Bach, 2005, 2006), atsiranda kaip atsakas į subjektyvų suvokinio pasikeitimą apie 120-130 ms po dirgiklio pasirodymo momento.

Literatūroje nurodoma, kad ankstyvosios komponentės – RT ir RN – parodo, jog dviprasmio vaizdo suvokime dalyvauja „iš apačios į viršų“ procesai, ir tuo paremia prisotinimo teoriją (Kornmeier ir Bach, 2004, 2005, 2006). Jos ryškiausios pakaušinėse srityse, kurios atsakingos už pirminį regimosios informacijos apdorojimą. Tačiau kai kurie autoriai (Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008) teigia, kad RN parodo kognityvių mechanizmų veikimą apdorojant informaciją apie vaizdo dviprasmiškumą ir tapatina RN su Selekcijos neigiamumu. Jie mano, kad selektyvus dėmesys vaidina svarbų vaidmenį suvokiant prasmės pasikeitimus. Jei RN tikrai yra

selektyvaus dėmesio veikimo išraiška, keičiant eksperimento užduotis, kurioms atlikti reikia skirtingo selektyvaus dėmesio dalyvavimo, pasikeistų gautų RN bangų amplitudės.

Pastebėta, kad tiek maža, tiek didelė suvokimo apkrova nuslopina RN Necker'io gardelės pasikeitimo bloke (NP). Tačiau RP bloke RN buvo aptiktas nepriklausomai nuo suvokimo apkrovos, nors jo amplitudė buvo susilpnėjusi. Kituose sukeltųjų potencialų tyrimuose gauti duomenys rodo, kad didelė suvokimo apkrova panaikina atsaką į kitą dirgiklį (pvz., veidą), o maža suvokimo apkrova užregistruotoms amplitudėms jokios įtakos neturi (Mohamed ir kt., 2009). Šio eksperimento rezultatai rodo, kad realaus prasmės pasikeitimo metu atsirandantis RN yra nejautrus užduotims, kurių atlikimui reikalingas selektyvus dėmesys. Tai patvirtina, kad RN parodo „iš apačios į viršų“ procesų vykimą ir pagrindžia prisotinimo teoriją.

Pastebėtas didesnis dešiniojo pusrutulio aktyvumas: pirmajame eksperimente RP bloke RN, užregistruotas O2 bei T6 elektrodais. Panašius pusrutulių aktyvumo skirtumus yra aprašę kiti tyrėjai (Andrews ir kt., 2002; Britz ir kt., 2009; Pitts ir kt., 2008; Séverac Cauquil ir kt., 2006; Sterzer ir Kleinschmidt, 2007).

P2 laiko lange, kai trukdžių nebuvo, Realaus pasikeitimo bloke buvo pastebėtas RN. Tačiau RN išnyko net tais atvejais, kai į trukdžius nereikėjo atkreipti dėmesio, o Reversijos teigiamumui jokie trukdžiai įtakos neturėjo, jo amplitudė antrajame eksperimente nesiskyrė normalaus stebėjimo ir raidžių trukdžių užduotyse.

Kadangi gauta, jog RN realaus pasikeitimo bloke nepriklauso nuo apkrovos, galima būtų teigti, kad pasirinktos užduotys nepakankamai skyrėsi savo sudėtingumu. Tačiau elgseninio tyrimo rezultatai rodo, kad tiek NP, tiek RP blokuose patikimai didesnis raidžių aptikimo tikslumas buvo mažos suvokimo apkrovos užduotyse. Taip pat nustatyta, kad P1 ir P3 laiko languose esant mažai suvokimo apkrovai amplitudės patikimai labiau teigiamos nei didelės suvokimo apkrovos atveju. Yra žinoma, kad šios komponentės yra jautrios įvairioms dėmesio manipuliacijoms (Mangun ir kt., 1998; Miniussi ir kt., 1999), tarp jų ir dėmesio apkrovai (Couperus, 2010; O'Connell ir kt., 2011; ). Psichofizikiniai duomenys bei sukeltųjų potencialų amplitudės parodo, kad buvo tinkamai parinktas abiejų suvokimo apkrovų sudėtingumas.

Hillyard su kolegomis (Hillyard ir kt., 1998) nustatė, kad EEG amplitudė padidėja, kai į dirgiklį atkreipiamas dėmesys. Mūsų tyrime RP bloke amplitudės padidėjo antrajame eksperimente palyginti su pirmuoju. Tikėtina, kad taip galėjo atsitikti dėl to, kad pirmajame tyrime daug dėmesio ir suvokimo talpos užėmė taikininių raidžių ieškojimas, o antrajame tyrime

raidžių nebuvo arba į jas nereikėjo kreipti dėmesio. Su „iš viršaus žemyn“ procesais, tarp kurių yra ir dėmesys, siejamos RN ir VT komponentės (Pitts ir kt., 2007; Pitts ir kt., 2008). VT komponentė randama P3 laiko lange. Vėlesnės laike su reversija susijusios komponentės, tokios kaip P300 banga ar VT, laikomos kognityvinėmis, nes atsiranda tuo metu, kai turi vykti suvokinio pasikeitimo analizė (Kornmeier ir Bach, 2006; Pitts ir kt., 2008). Pastarosios komponentės pagrindžia kognityvios teorijos teisingumą.

Šiame tyrime nustatyta, kad P3 banga labai jautri suvokimo apkrovos lygiui. Esant didelei suvokimo apkrovai P3 bangos amplitudė labai sumažėja. Kiek didesnė ji būna mažos suvokimo apkrovos užduotyje, o dar labiau jos amplitudė išauga antrajame eksperimente, kai į raides nereikia kreipti dėmesio. Antrajame eksperimente šiame laiko lange aptikta P3 banga, jos amplitudė nepriklauso nuo to, ar dirgikliai yra su raidėmis, ar be jų. NP bloke šios komponentės nėra, ji būdingas tik realiam suvokinio pasikeitimui. Tačiau P3 lange aptiktos komponentės negalima vadinti VT, nes nėra amplitudžių skirtumų tarp pasikeitimo ir nepasikeitimo. Remiantis literatūra (Kornmeier ir Bach, 2009; Intaitė ir kt., 2010) kartais VT aptinkamas tik įvykus nedviprasmių dirgiklio reversijai (t.y. realiam pasikeitimui). P3 bangos amplitudės priklausomybė nuo suvokimo apkrovos užduoties rodo, kad ši banga yra kognityvinė komponentė ir yra susijusi su dėmesiu.

Pastebėtas didesnis dešiniojo pusrutulio aktyvumas: pirmajame eksperimente RP bloke RN, užregistruotas O2 bei T6 elektrodais. Panašius pusrutulių aktyvumo skirtumus yra aprašę kiti tyrėjai (Andrews ir kt., 2002; Britz ir kt., 2009; Pitts ir kt., 2008; Séverac Cauquil ir kt., 2006; Sterzer ir Kleinschmidt, 2007).

Suvokimo apkrova keičia dviprasmių vaizdų suvokimą, turi įtakos su prasmės pasikeitimais susijusių sukeltųjų potencialų komponentių amplitudėms.

## **IŠVADOS**

1. Didelė ir maža suvokimo apkrova nuslopina Reversijos neigiamumą subjektyvaus pasikeitimo bloke.
2. Esant realiam pasikeitimui Reversijos neigiamumas buvo gautas, bet nepriklausė nuo apkrovos.
3. Reversijos teigiamumui nei suvokimo apkrova, nei suvokimo trukdis pastebimos įtakos neturi.
4. Kai naudojamas suvokimo trukdis, Reversijos neigiamumas išnyksta tiek realaus, tiek Necker'io gardelės pasikeitimo atvejais.

## SANTRAUKA

Tokie regimieji dirgikliai kaip Necker'io gardelė įdomūs tuo, kad yra dviprasmiai bei sukelia trimatės erdvės pokyčio suvokimą. Remiantis suvokimo apkrovos teorija papildoma užduotis turėtų keisti šį suvokimą.

Šio darbo tikslas buvo iširti dviprasmių ir nedviprasmių gardelių suvokimą skirtingos suvokimo apkrovos užduotyse.

I eksperimente dalyvavo 18 studentų (9 vyrai ir 9 moterys). Buvo tiriama didelės ir mažos suvokimo apkrovos įtaka reversijų suvokimui. II eksperimente dalyvavo 9 tiriamieji (7 vyrai ir 2 moterys). Tyrimo eiga buvo tokia pati kaip I eksperimento, bet skyrėsi užduotys: vienoje užduotyje raidžių nebuvo (normalus stebėjimas), kitoje užduotyje raidės buvo, bet į jas nereikėjo kreipti dėmesio.

Palyginus abiejų tyrimų rezultatus nustatyta, kad bet kokia suvokimo apkrova panaikina Reversijos neigiamumą subjektyvaus pasikeitimo atveju. Realus pasikeitimo bloke Reversijos neigiamumas buvo gautas, bet nepriklausė nuo apkrovos. Reversijos teigiamumui neturi įtakos nei suvokimo apkrova, nei suvokimo trukdis, tuo tarpu esant suvokimo trukdžiui Reversijos neigiamumas išnyksta tiek realaus, tiek Necker'io gardelės pasikeitimo atvejais.

VILNIUS UNIVERSITY  
FACULTY OF NATURAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND BIOPHYSICS

Ingrida Antonova

RESEARCH ON THE PERCEPTION OF AMBIGUOUS FIGURES IN  
DIFFERENT PERCEPTUAL LOAD TASKS USING THE EVENT-RELATED  
POTENTIALS TECHNIQUE

Master thesis

**SUMMARY**

Ambiguous visual stimuli such as the Necker lattice are interesting because they can cause apparent changes in our perception. According to the perceptual load theory, complementary tasks would be able to modify the amount of attention paid to this perception.

The aim of this study was to investigate the perception of ambiguous and unambiguous lattices under different perceptual load tasks.

Eighteen participants (9 men) took part in experiment I. The impact of high and low perceptual loads on perception of reversals was studied. 9 subjects (7 men) participated in experiment II. The experimental procedure was the same as in experiment I, but the tasks were a bit different: task without letters (normal observation) and task with letters distracters. Participants were told not to pay attention to letters in experiment II.

A comparison of the results of these two experiments revealed that high and low perceptual loads eliminate Reversal Negativity in Necker change condition. Reversal Negativity was found in Real change condition, but it was load-independent. Neither perceptual load, nor load-resembling distractor have any effects on Reversal Positivity, however, Reversal Negativity was suppressed by load-resembling distractors both in Real change and in Necker change conditions.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Adams PA, Haire M. Structural and conceptual Factors in the perception of Double-cube figures. *The American Journal of Psychology*. 1958;71(3):548-56.
2. Adams PA. The effect of past experience on the perspective reversal of a tridimensional figure. *The American Journal of Psychology*. 1954;67(4):708-10.
3. Andrews TJ, Schluppeck D, Matthews P, Blakemore C. Activity in the Fusiform Gyrus Predicts Conscious Perception of Rubin's Vase-Face Illusion. *NeuroImage*. 2002;17:890-901.
4. Babich S, Standing L. Satiation effects with reversible figures, *Perceptual and Motor Skills*. 1981;52:203-10.
5. Başar-Eroğlu C, Strüber D, Stadles MA, Kruse P, Başar E. Multistable visual perception induces a slow positive EEG wave. *International Journal of Neuroscience*. 1993;73(1-2):139-51.
6. Beer J. Learning effects while passively viewing the Necker cube. *Perceptual and Motor Skills*. 1989;69:1391-4.
7. Benoni H, Tsal Y. Where have we gone wrong? Perceptual load does not affect selective attention. *Vision Research*. 2010;50:1292-8.
8. Bills GA. Blocking: A New Principle of Mental Fatigue. *The American Journal of Psychology*. 1931;2:230-45.
9. Brigner WL, Deni JR. Attenuating Necker cube depth reversals. *Perceptual and Motor Skills*. 1992;74:845-6.
10. Brigner WL, Deni JR. Depth reversals with an equiluminant Necker cube. *Perceptual and Motor Skills*. 1990;70:188.
11. Brigner WL, Harris JE. Depth cues of disparity and relative size added to Necker cube. *Perceptual and Motor Skills*. 1989;69:872-4.
12. Britz J, Landis T, Michel CM. Right parietal brain activity precedes perceptual alternation in bistable stimuli. *Cerebral Cortex*. 2009;19:55-65.
13. Cartwright-Finch U, Lavie N. The role of perceptual load in inattention blindness. *Cognition*. 2007;102:321-40.



14. Cornwell HG. Necker cube reversal: Sensory or psychological satiation? *Perceptual and Motor Skills*. 1976;43:3-10.
15. Couperus JW. Perceptual load modifies processing of unattended stimuli both in the presence and absence of attended stimuli. *Neuroscience Letters*. 2010;485:246-50
16. Donahue WT, Griffitts CH. The Influence of Complexity on the Fluctuations of the Illusions of Reversible Perspective. *The American Journal of Psychology*. 1931;4:613-7.
17. Dugger JG, Courson RW. Effect of angle of retinal vision on the rate of fluctuation of the Necker cube. *Perceptual and Motor skills*. 1968;26:1239-42.
18. Einhäuser W, Martin KAC, König P. Are switches in perception of Necker cube related to eye position? *European Journal of Neuroscience*. 2004;20:2811-8.
19. Elbert T, Hommel J, Lutzenberg W. The perception of Necker cube reversal interacts with the Bereitschaftspotential. *International Journal of Psychophysiology*. 1985;3:5-12.
20. Gómez C, Argandoña ED, Solier RG, Angulo JC, Várquez M. Timing and competition in networks representing ambiguous figures. *Brain and Cognition*. 1995;29:103-14.
21. Hillyard SA, Anllo-Vento L. Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1998;95:781-7.
22. Hillyard SA, Vogel EK, Luck SJ. Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence. *Phil Trans R Soc Lond B*. 1998;353:1257-70.
23. Hollingworth HL. Perceptual fluctuation as a fatigue index. *Journal of Experimental Psychology*. 1939;24(5):511-9.
24. Intaitė M, Gurčinionė O, Šoliūnas A. Prasmės tendencingumo įtaka dviejų dviprasmių figūrų suvokimui. *Laboratorinė medicina*. 2006;2(30):19-22.
25. Intaitė M, Gurčinionė O, Šoliūnas A. Vienos ir dviejų vienu metu pateiktų dviprasmių figūrų suvokimas. *Laboratorinė medicina*. 2006;2(30):23-6.
26. Intaitė M. Ar selektyvus dėmesys turi įtakos dviprasmių vaizdų suvokimui? [Daktaro disertacija]. Vilnius: Vilniaus universitetas; 2010.
27. Intaitė M, Koivisto M, Rukšėnas O, Revonsuo A. Reversal negativity and bistable stimuli: Attention, awareness or something else? *Brain and Cognition*. 2010;74:24-34.

28. İsoğlu-Alkaç Ü, Başar-Eroğlu C, Ademoğlu A, Demiralp T, Miener M, Stadler M. Analysis of the electroencephalographic activity during the Necker cube reversals by means of the wavelet transform. *Biol Cybern.* 1998;79:437-42.
29. İsoğlu-Alkaç Ü, Strüber D. Necker cube reversals during long-time EEG recording: Sub-band of alpha activity. *International Journal of Psychophysiology.* 2006;59:179-89.
30. Kjellberg A. Effects of sleep deprivation on voluntary controlled reversal rate of ambiguous figures. *Scand J Psychol.* 1974;15:149-53.
31. Koivisto M, Revonsuo A. The effect of perceptual load on semantic processing under inattention. *Psychonomic Bulletin and Review.* 2009;16(5):864-8.
32. Kolers PA. Apparent movement of a Necker cube. *The American Journal of Psychology.* 1964;77(2):220-30.
33. Kornmeier J, Bach M, Atmanspacher H. Correlates of Perceptive Instabilities in Event-Related Potentials. *International Journal of Bifurcations and Chaos.* 2004;14(2):727-36.
34. Kornmeier J, Bach M. Bistable perception – along the processing chain from ambiguous visual input to a stable percept. *International Journal of Psychophysiology.* 2006;62:345-9.
35. Kornmeier J, Bach M. Early neural activity in Necker-cube reversal: Evidence for low-level processing of a gelstat phenomenon. *Psychophysiology.* 2004;41:1-8.
36. Kornmeier J, Bach M. Object perception: When our brain is impressed but we do not notice it. *Journal of Vision.* 2009;9(1):7,1-10.
37. Kornmeier J, Bach M. The Necker cube – an ambiguous figure disambiguated in early visual processing. *Vision Research.* 2005;45:955-60.
38. Kornmeier J, Ehm W, Bigalke H, Bach M. Discontinuous presentation of ambiguous figures: How interstimulus-interval durations affect reversal dynamics and ERPs. *Psychophysiology.* 2007;44:552-60.
39. Kornmeier J, Hein CM, Bach M. Multistable perception: When bottom-up and top-down coincide. *Brain and Cognition.* 2009;69:138-47.
40. Lavie N, Lin Z, Zokaei N, Thoma V. The role of perceptual load in object recognition. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2009;35(5):1346-58.
41. Lavie N, Tsal Y. Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception and Psychophysics.* 1994;56(2):183-97.

42. Lavie N. Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Science*. 2005;9(2):75-82.
43. Lavie N. Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 1995;21:451-68.
44. Lavie N. The role of perceptual load in visual awareness. *Brain Research*. 2006;1080:91-100.
45. Leopold DA, Logothetis NK. Multistable phenomena: Changing views in perception. *Trends in Cognitive Sciences*. 1999;3(7):254-64.
46. Leopold DA, Wilke M, Maier A, Logothetis NK. Stable perception of visually ambiguous patterns. *Nature Neuroscience*. 2002;5(6):605-7.
47. Liebert RM, Burk B. Voluntary control of reversible figures. *Perceptual and Motor Skills*. 1985;61:1307-10.
48. Lindauer MS. Expectation and satiation accounts of ambiguous figure-ground perception. *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1989;27(3):227-30.
49. Long MG, Toppino TC, Kostenbauder FJ. As the cube turns: Evidence for two processes in the perception of a dynamic reversible figure. *Perception and Psychophysics*. 1983;34(1):29-38.
50. Long MG, Toppino TC. Enduring interest in perceptual ambiguity: alternating views of reversible figures. *Psychological Bulletin*. 2004;5:748-68.
51. Long MG, Toppino TC. Multiple representations of the same reversible figure: implications for cognitive decisional interpretations. *Perception*. 1981;10:231-4.
52. Maier A, Wilke M, Logothetis NK, Leopold DA. Perception of temporally interleaved ambiguous patterns. *Current Biology*. 2003;13:1076-85.
53. Mangun GR, Buonocore MH, Girelli M, Jhla AP. ERP and fMRI measures of visual spatial selective attention. *Human Brain Mapping*. 1998;6:383-9.
54. Mathes B, Strüber D, Stadles MA, Başar-Eroğlu C. Voluntary control of Necker cube reversals modulates the EEG delta- and gamma-band response. *Neuroscience Letters*. 2006;402:145-9.
55. Mefferd RB, Wieland BA, Greenstein DG, Leppman PK. Effects of pretraining and instructions on validity of perceptual reports by inexperienced observers. *Perceptual and Motor Skills*. 1968;27:1003-6.

56. Meng M, Tong F. Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *J Vis.* 2006;4(7):539-51.
57. Miniussi C, Wilding EL, Coull JT, Nobre AC. Orienting attention in time. Modulation of brain potentials. *Brain.* 1999;122:1507-18.
58. Mohamed TN, Neumann MF, Schweinberger SR. Perceptual load manipulation reversal sensitivity of the face-selective N170 to attention. *NeuroReport.* 2009;20:782-7.
59. Murata T, Matsui N, Miyauchi S, Kakita Y, Yanagida T. Discrete stochastic process underlying perceptual rivalry. *NeuroReport.* 2003;14(10):1347-52.
60. Nakatani H, van Leeuwen C. Individual differences in perceptual switching rates; the role of occipital alpha and frontal theta band activity. *Bio Cybern.* 2005;93:343-54.
61. Nakatani H, van Leeuwen C. Transient synchrony of distant brain areas and perceptual switching in ambiguous figures. *Biol Cybern.* 2006;94:445-57.
62. Necker LA. Observations on some remarkable optical phenomena seen in Switzerland; and on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. *Lond Edinburgh Phil Magazine J Sci.* 1832;1:329-37.
63. O'Connell RG, Schneider D, Hester R, Mattingley JB, Bellgrove M. Attentional load asymmetrically affects early electrophysiological indices of visual orienting. *Cerebral Cortex.* 2011;21:1056-65.
64. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 1971;9:97-113.
65. Orbach J, Ehrlich D, Heath HA. Reversibility of the Necker cube: I. An examination of the concept of "satiation of orientation". *Perceptual and Motor Skills.* 1963;17:439-58.
66. Orbach J, Ehrlich D, Vainstein E. Reversibility of the Necker cube: III. Effects of interpolating on reversal rate of the cube presented repetitively. *Perceptual and Motor Skills.* 1963;17:571-82.
67. Orbach J, Zucker E, Olson R. Reversibility of the Necker cube: VII. Reversal rate as a function of figure-on and figure-off durations. *Perceptual and Motor Skills.* 1966;22:615-8.
68. Orbach J, Zucker E. Reversibility of the Necker cube: V. Effect of movement of figure on the perception of reversals. *Perceptual and Motor Skills.* 1964;18:945-51.

69. Orbach J, Zucker E. Reversibility of the Necker cube: VI. Effects of interpolating a non-reversing cube. *Perceptual and Motor Skills*. 1965;20:470-2.
70. Pelton HL, Solley CM. Acceleration of reversals of a Necker cube. *The American Journal of Psychology*. 1968;81:585-8.
71. Pitts AM, Gavin JW, Nerger LJ. Early top-down influences on bistable perception revealed by event-related potentials. *Brain and cognition*. 2008;67(1):11-24.
72. Pitts AM, Nerger LJ, Davis JRT. Electrophysiological correlates of perceptual reversals for three different types of multistable images. *Journal of Vision*. 2007;7(1):6, 1-14.
73. Ruggieri V, San Martini P, Guerrera A. Relationship between perceptual stability and reversal of perspective. *Perceptual and Motos Skills*. 1981;52:109-10.
74. Séverac Cauquil A, Trotter Y, Taylor MJ. At what stage of neural processing do perspective depth cues make a difference? *Exp Brain Res*. 2006;170:457-63.
75. Smith WO, Imperato N, Exner EJ. Effects of practise on reversals of incomplete Necker cubes. *Perceptual and Motos Skills*. 1968;27:951-4.
76. Solley CM, Santos JF. Perceptual learning with partial verbal reinforcement. *Perceptual and Motor Skills*. 1958;8:183-93.
77. Sterzer P and Kleinschmidt A. A neural basis for inference in perceptual ambiguity. *PNAS*. 2007;104(1):323-8.
78. Theeuwes J. Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*. 2010;135:77-99.
79. Toppino T. Reversible-figure perception: Mechanisms of intentional control. *Perception and Psychophysics*. 2003;65(8):1285-95.
80. Toppino TC, Long GM. Selective adaptation with reversible figures: Don't change that channel. *Perception and Psychophysics*. 1987;42:37-48.
81. Toppino TC, Long GM. Top-down and bottom-up processes in the perception of reversible figures: Toward and Hybrig model In: Ohta N, MacLeod CM, editors. Dynamic cognitive processes. *Springer*; 2005. p. 37-58.
82. van Dam LCJ, van Ee R. The role of saccades in exerting voluntary control in perceptual and binocular rivalry. *Vision Research*. 2006;46:787-99.

83. van Ee R, Noest AJ, Brascamp JW, van den Berg AV. Attentional control over either of the two competing percepts of ambiguous stimuli revealed by a two-parameter analysis: Means do not make the differences. *Vision Research*. 2006;46:3129-41.
84. van Ee R, van Dam LCJ, Brouwer GJ. Voluntary control and the dynamics of perceptual bi-stability. *Vision Research*. 2005;45:41-55.
85. van Ee R. Dynamics of perceptual bistability for stereoscopic slant rivalry and a comparison with grating, house – face, and Necker cube rivalry. *Vision Research*. 2005;45:29-40.
86. Woodson PP, Tromater LJ. Test of two theories of the Necker cube reversals. *Perceptual and Motor Skills*. 1979;49:906.
87. Zeki S, Bartels A. Toward a theory of visual consciousness. *Consciousness and Cognition*. 1999;8:225-59.

## **PADEKA**

Visų pirma, norėčiau padėkoti savo darbo vadovams dr. Monikai Intaitei ir dakt. Kastyčiui Dapšiui. Taip pat dėkoju savo vadovei už suteiktą galimybę kartu atlikti antrąjį tyrimą ir leidimą pasinaudoti pirmojo tyrimo duomenimis.

Dėkoju savo Erasmus praktikos vadovui Suomijoje prof. Antti Revonsuo bei visam Kognityvinių neuromokslų centro kolektyvui už priėmimą ir pagalbą.

## Eksperimentui I

**STUDY OF PERCEPTUAL AND VISUAL BISTABILITY**

## INSTRUCTION

In this experiment, you will be presented with lattices like those in Figures 1 – 3. Take notice that the lattice presented in fig. 1 is ambiguous, so it can be perceived either in “down” or “up” orientation. The examples of “down” and “up” orientations are illustrated in other lattices presented in fig. 2 and fig. 3.

This study is designed to test your attention, so you have to be very accurate and attend to the presented displays. During the first display, a lattice will appear and you have to keep its orientation in mind (see Fig. 1 to 3). Then the lattice will disappear and immediately a new lattice will be presented. In the centre of the second lattice five block letters will be presented. They may be the same (e.g. **XXXXX**) or different (e.g. **KHXZM**). The tasks are equally important, only the order of the response is varied during the experiment. Your tasks in this experiment are: to indicate whether there are any changes in the orientation of the lattice in the second display as compared to the first one, and to indicate which of the two designated target letters, that is ‘X’ or ‘N’, was presented in the letter string. You have to record your responses immediately after the second stimulus disappears from the screen.

The lattice in the second display is always presented in a slightly different spatial location, but you must only indicate whether the lattice in the second display changed its orientation, but not the location. In addition, if an unambiguous lattice is presented in the first display and an ambiguous lattice is presented in the second one, you got to indicate the orientation changes of lattice (if any) in your perception, but not the physical change of the stimuli from unambiguous to ambiguous.

Note that there are four conditions of presentation: (1) a lattice can change orientation, (2) a lattice can stay in the same orientation, (3) ‘X’ might be the target, or (4) ‘N’ might be the target. **You have to press button ‘6’ in the response pad**



when you see the change of orientation of the second lattice, button '8' when you don't see the change of the orientation of the second lattice, 'button 3' for the target 'N' and 'button 4' for the target 'X'. Use your index finger, middle finger and thumb. We measure reaction time and response accuracy, therefore, you have to answer as precise and as fast as possible. **You have to indicate 'change' only if you are sure that you saw it. During the experiment you have to keep your eyes fixated on the fixation cross (or the letter string) presented in the centre of the screen, and not to move your eyes.** If you have to make eye movements or eye blinks, do them after your response (when the blank screen is presented).

### Examples

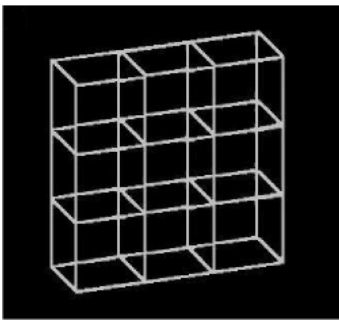


Fig. 1. Ambiguous lattice, which can be perceived in one of two possible orientations.

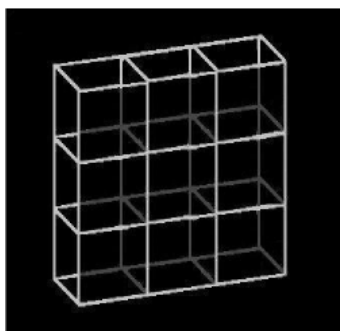


Fig. 2. Unambiguous lattice, which also represents the "down" orientation of Fig. 1

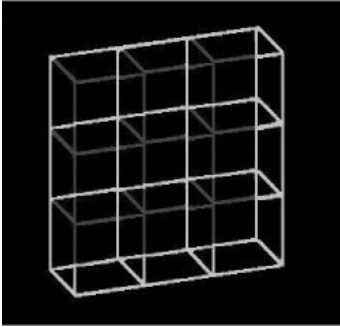
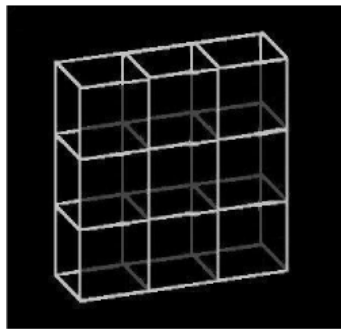
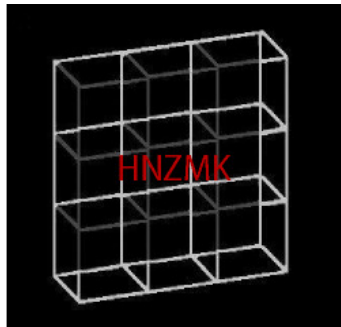


Fig. 3. Unambiguous lattice, which also represents the “up” orientation of Fig. 1.

1. display



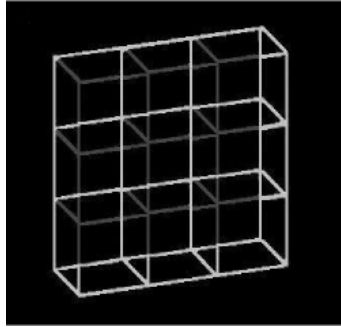
2. display



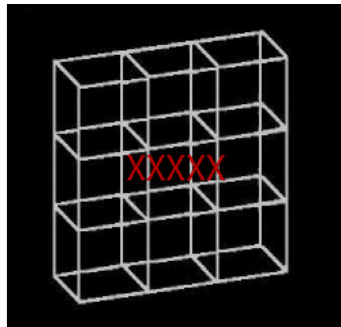
=> The lattice changed orientation and target letter is 'N'.

---

1. display



2. display



=> You can see the lattice changing its orientation (or not). It is important that you respond on the basis of your own perception! Target letter is 'X'.

## Eksperimentui II

**STUDY OF PERCEPTUAL AND VISUAL BISTABILITY**

## INSTRUCTION

In this experiment, you will be presented with lattices like those in Figures 1 – 3. Take notice that the lattice presented in fig. 1 is ambiguous, so it can be perceived either in “down” or “up” orientation. The examples of “down” and “up” orientations are illustrated in other lattices presented in fig. 2 and fig. 3.

This study is designed to test your attention, so you have to be very accurate and attend to the presented displays. During the first display, a lattice will appear and you have to keep its orientation in mind (see Fig. 1 to 3). Then the lattice will disappear and immediately a new lattice will be presented. In some of the trials, in the centre of the second lattice, five block letters will be presented. Your task in this experiment is: to indicate whether there are any changes in the orientation of the lattice in the second display as compared to the first one, and to ignore the letters when they are presented in the centre of the lattice. You have to record your response immediately after the second stimulus disappears from the screen.

The lattice in the second display is always presented in a slightly different spatial location, but you must only indicate whether the lattice in the second display changed its orientation, but not the location. In addition, if an unambiguous lattice is presented in the first display and an ambiguous lattice is presented in the second one, you got to indicate the orientation changes of lattice (if any) in your perception, but not the physical change of the stimuli from unambiguous to ambiguous.

Note that there are two conditions of presentation: (1) a lattice can change orientation; (2) a lattice can stay in the same orientation. **You have to press button ‘6’ in the response pad when you see the change of orientation of the second lattice, button ‘8’ when you don’t see the change of the orientation of the second lattice. In order for experimental program to run a new trial you have to press ‘button 4’.**

Use your **index finger, middle finger and thumb**. We measure reaction time and response accuracy, therefore, you have to answer as precise and as fast as possible. **You have to indicate a ‘change’ only if you are sure that you saw it. During the experiment you have to keep your eyes fixated on the fixation cross (or the letter string) presented in the centre of the screen, and not to move your eyes.** If you have to make eye movements or eye blinks, do them after your response (when the blank screen is presented).

### Examples

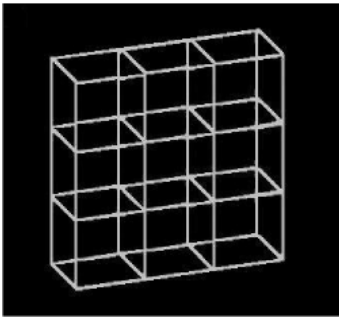


Fig. 1. Ambiguous lattice, which can be perceived in one of two possible orientations.

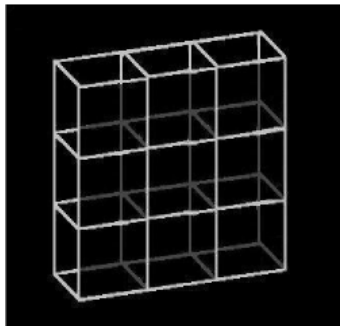


Fig. 2. Unambiguous lattice, which also represents the “down” orientation of Fig. 1

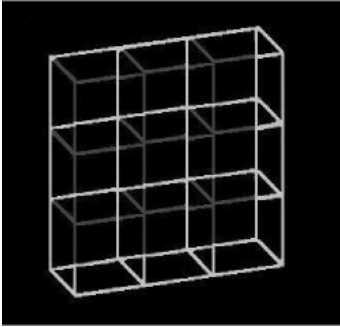
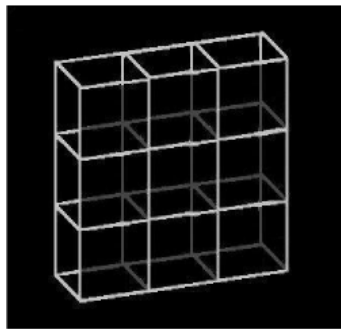


Fig. 3. Unambiguous lattice, which also represents the “up” orientation of Fig. 1.

1. display



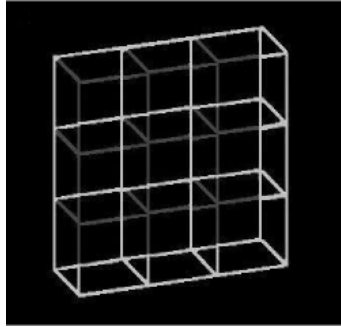
2. display



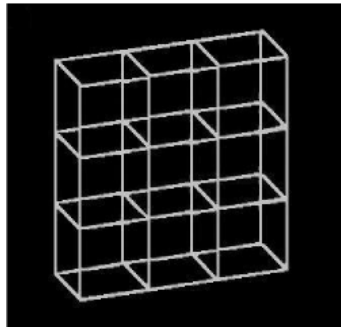
=> The lattice changed orientation. You don't have to pay attention to the letters!

---

1. display



2. display



=> You can see the lattice changing its orientation (or not). It is important that you respond on the basis of your own perception!