



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS
Biomokslų institutas

Neurobiologijos studijų programa

ERIK ILKEVIČ

Magistro baigiamasis darbas

**AKIŲ JUDESIŲ PARAMETRAI ATLIEKANT OBJEKTŲ SUKIMO
MINTYSE UŽDUOTĮ: SAŠAJŲ SU UŽDUOTIES ATLIKIMU, LYTIMI IR
LYTINIAIS HORMONAIŠ VERTINIMAS**

Darbo vadovė:

doc. dr. Ramunė Grikšienė

Studentas:

Konsultantė:

dokt. Rimantė Gaižauskaitė

Vilnius, 2022

TURINYS

Santrumpos	4
ĮVADAS	5
1. LITERATŪROS APŽVALGA	7
1.1. Objektų sukimo mintyse gebėjimas ir jo tyrimo būdai	7
1.2. MR užduočių atlikimas ir atlikimo strategijos	9
1.2.1. MR užduočių atlikimo eiga ir su tuo susiję procesai smegenyse	9
1.2.2. MR užduočių atlikimo strategijos	12
1.3. MR užduočių atlikimas ir akių judesiai.....	15
1.4. MR užduočių atlikimo skirtumai tarp lyčių	19
1.5. Lytiniai hormonai ir jų sąsajos su MR užduočių atlikimu	22
1.5.1. Testosteronas	23
1.5.2. Estradiolis ir progesteronas	23
1.5.3. Hormoninė kontracepcija	25
1.6. Apibendrinimas	26
2. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI	28
2.1. Tiriamieji	28
2.2. MR užduotis	28
2.3. Klausimynai	30
2.4. Seilių mėginių ėmimas ir hormonų lygio įvertinimas	32
2.5. Tyrimo eiga	32
2.6. Akių judesių ir elgseninių parametrų apdorojimas	33
2.7. Statistinė analizė.....	33
3. TYRIMŲ REZULTATAI	34
3.1. Demografiniai.....	34
3.2. Užduoties atlikimo duomenys.....	34
3.2.1. Reakcijos laikas.....	35

3.2.2. Tikslumas	36
3.3. Akių judesiai	38
3.3.1. Fiksacijų trukmė kairės ir dešinės figūrų ribose.....	38
3.3.2. Fiksacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose.....	41
3.4. Hormonai.....	41
3.5. Strategijos.....	43
3.6. MR atlikimo ryšių su amžiumi, GAD ir GERAS įverčiais įvertinimas	45
4. REZULTATŲ APTARIMAS	47
IŠVADOS.....	51
SANTRAUKA	52
SUMMARY	53
LITERATŪROS SĄRAŠAS	54

Santrumpos

2D – dviejų dimensijų.

3D – trijų dimensijų.

BOLD (angl. *blood oxygen level-dependent*) signalas – nuo kraujo oksigenacijos lygio priklausomas signalas.

EEG – elektroencefalografija, elektroencefalograma.

fMRI (angl. *functional magnetic resonance imaging*) – funkcinis magnetinio rezonanso vaizdinimas.

MR (angl. *mental rotation*) – objektų sukimas mintyse.

PMA (angl. *primary mental abilities*) – svarbiausi proto gebėjimai.

S&M paradigma – Shepard ir Metzler (1971) sukurta paradigma.

STEM (angl. *science, technology, engineering, or math (STEM)*) – mokslo, technologijų, inžinerijos ir matematikos sritys.

tDCS (angl. *transcranial direct-current stimulation*) – transkranijinė tiesioginės srovės stimuliacija.

V&K paradigma – Vandenberg ir Kuse (1978) sukurta paradigma.

ĮVADAS

Viena iš erdviųjų gebėjimų sudedamųjų dalių yra gebėjimas sukti objektus mintyse, kuris yra siejamas su sėkme tikslųjų mokslų srityse (Roach et al., 2016). Svarbu paminėti tai, kad šis gebėjimas gali būti ugdomas (Roach et al., 2017) bei tiriamas. Vienas dažniausiai naudojamų būdų šiam gebėjimui įvertinti yra Shepard ir Metzler (1971) pristatyta paradigma, kuomet tuo pačiu metu viena šalia kitos yra rodomos dvi figūros sudarytos iš identiškų blokų ir viena jų yra pasukta tam tikru laipsniu kitos figūros atžvilgiu. Atliekant užduotį, tiriamųjų yra prašoma įvertinti ar matomos figūros yra vienodos, ar skirtingos. Yra pastebėta, kad jeigu sprendžiant užduotį objektai yra sukami mintyse, tuomet reakcijos laikas ilgėja didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų. Taip pat yra stebima, kad vyrai geriau už moteris atlieka tokio tipo užduotis (Levine et al., 2016; Linn ir Petersen, 1985). Tačiau dar nėra tiksliai žinoma kas lemia šiuos skirtumus tarp lyčių, bet yra duomenų, kad objektų sukimo mintyse užduočių atlikimas yra susijęs su lytiniais hormonais (Griksiene et al., 2019; Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2000; Maki et al., 2002; Courvoisier et al., 2013; Noreika et al., 2014). Taip pat yra pastebėta, kad tokios užduotys gali būti sprendžiamos taikant alternatyvias metodikas, t.y. nesukant objektų mintyse (Boone ir Hegarty, 2017). Tai reiškia, kad gaunami skirtumai tarp vyrų ir moterų arba gaunamos sąsajos su lytiniais hormonais nebūtinai yra susijusios su skirtumais atsirandančiais sukant objektus mintyse. Be to, yra duomenų, rodančių, kad hormoninę kontracepciją vartojančios moterys, kurių hormoninis balansas reikšmingai skiriasi nuo natūralų ciklą turinčių moterų, galimai nesuka objektų mintyse, o taiko alternatyvias strategijas užduočiai atlikti (Griksiene et al., 2018). Taigi, vertinant sukimo mintyse gebėjimą, svarbu atsižvelgti ir į tai, ar nėra naudojamos alternatyvios strategijos vietoje objektų sukimo mintyse.

Nėra paprasta įvertinti kokios strategijos yra naudojamos sprendžiant objektų sukimo mintyse užduotis. Tyrėjai šiam tikslui pasitelkia įvairius metodus: klausia tiriamųjų kokią strategiją jie naudojo (Hegarty, 2010), vertina užduoties atlikimo parametrus (Boone ir Hegarty, 2017) ir/ar susijusius psichofiziologinius parametrus (Griksiene et al., 2019). Pavyzdžiui, užduoties atlikimo reakcijos laikas, vertinamas atsižvelgiant į kampinį skirtumą tarp figūrų, leidžia preliminariai įvertinti kokia strategija buvo naudojama ir ar ji buvo keičiama. Be jau paminėtų metodų, šiam tikslui pasiekti galėtų pasitarnauti ir akių judesių sekimo metodika, kuri leidžia įvertinti kur yra sutelkiamas tiriamųjų vizualinis dėmesys. Tai, savo ruožtu, gali suteikti papildomos informacijos apie kognityvinius procesus, vykstančius užduoties atlikimo metu (Carter ir Luke, 2020) ir šių procesų sąsajas tarp tiriamojo lyties ir/ar lytinių hormonų statuso.

Vis dėlto, beveik nėra atlikta tyrimų, kurie leistų įvertinti ryšius tarp tiriamojo lytinių hormonų statuso ir akių judesių parametrų sprendžiant tokio tipo užduotis. Be to, trūksta tyrimų, kuriuose būtų vertinamos sąsajos tarp tiriamųjų hormoninio statuso ir jų pasirenkamų strategijų šiai erdvinių gebėjimų užduočiai spręsti.

Magistro baigiamojo darbo tikslas:

Įvertinti akių judesių parametrus atliekant objektų sukimo mintyse užduotį ir jų sąsajas su užduoties atlikimu, lytimi ir lytiniais hormonais.

Tiksliui pasiekti iškelti uždaviniai:

1. Palyginti objektų sukimo mintyse užduoties, parengtos pagal Shepard ir Metzler (1971) paradigmą, atlikimą ir akių judesių parametrus tarp vyrų, hormoninę kontracepciją vartojančių ir jos nevartojančių moterų.
2. Įvertinti sąsajas tarp užduoties atlikimo ir akių judesių parametrų.
3. Nustatyti ar užduoties atlikimo strategijų pasirinkimas skiriasi tarp tiriamųjų grupių.
4. Įvertinti sąsajas tarp užduoties atlikimo parametrų ir tiriamųjų pasirinktų strategijų.
5. Įvertinti lytinių hormonų koncentracijų sąsajas su užduoties atlikimu, akių judesių parametrais ir pasirinktomis strategijomis.

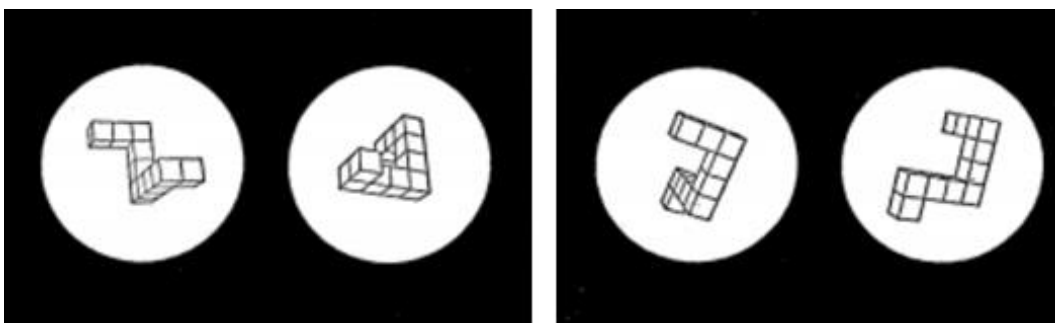
1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Objektų sukimo mintyse gebėjimas ir jo tyrimo būdai

Gebėjimai suvokti ir įsiminti erdvinės sąveikas tarp įvairių objektų yra vadinami erdviniais gebėjimais. Manoma, kad nuo individo erdviųjų gebėjimų priklauso tai, kaip jis suvokia aplinką ir sąveikauja su ja (Roach et al., 2016). Erdviniai gebėjimai yra skėtinis terminas, apimantis keletą diskrečių, tarpusavyje sąveikaujančių kognityvinių procesų (Carroll, 1993). Vienas iš tokių, yra gebėjimas sukti objektus mintyse (MR, nuo angl. *mental rotation*, toliau tekste bus naudojamas šis, angliškoje mokslinėje literatūroje įprastas trumpinys), kuomet dviejų (2D) ar trijų dimensijų (3D) objektai yra greitai ir tiksliai sukami mintyse (Linn ir Petersen, 1985). Shepard ir Metzler (1971) teigimu, šis gebėjimas leidžia mintyse vizualizuoti objekto sukimą per tam tikrą ašį ir nustatyti ar iš skirtingų perspektyvų matomas objektas yra tas pats objektas.

Yra žinoma, kad erdviniai gebėjimai lemia sėkmę mokslo, technologijų, inžinerijos ir matematikos srityse (angl. *science, technology, engineering, or math (STEM)*) (Wai et al., 2009). Be to, erdviniai ir MR gebėjimai yra itin svarbūs aviacijoje (Sladky et al., 2016) bei yra susiję su medikų chirurginiais įgūdžiais ir jų anatominių žinių įsisavinimu, nes sėkmė šiose srityse priklauso nuo žmogaus kūne esančių vizualiai sunkiai pasiekiamų struktūrų suvokimo (Roach et al., 2017a). Svarbu paminėti ir tai, kad MR gebėjimai gali būti lavinami (Moen et al., 2020; Uttal et al., 2013; Wright et al., 2008), tačiau dar nėra žinoma kokie tiksliai kognityviniai procesai dalyvauja ugdant šį įgūdį (Moen et al., 2020).

Žmonių MR gebėjimą naudojant 3D objektus vieni pirmųjų detalčiai tyrė ir aprašė Shepard ir Metzler (1971). Jų sukurtoje metodikoje tuo pačiu metu viena šalia kitos yra rodomos dvi figūros sudarytos iš identiškų blokų ir tiriamųjų yra prašoma įvertinti ar matomos figūros yra vienodos, ar skirtingos (1.1 pav.). Figūros yra laikomos skirtingomis tuomet, kai jos yra viena kitos veidrodinis atspindys. Šioje užduotyje viena figūra yra pasukta 20° , 40° , 60° , 80° , 100° , 120° , 140° , 160° arba 180° kampu kitos figūros atžvilgiu. Shepard ir Metzler (1971) pastebėjo tiesinę priklausomybę tarp tiriamųjų reakcijos laiko ir pasukimo kampo tarp figūrų. Taip pat dauguma jų tiriamųjų patvirtino, kad atlikinėdami užduotį mintyse suko vienos figūros dalį tol, kol ji atsidurdavo identiškoje pozicijoje kitos figūros atžvilgiu ir tai leisdavo įvertinti ar figūros yra vienodos, ar skirtingos. Shepard ir Metzler (1971) darbe buvo analizuojamas atlikimas tik identiškų figūrų sąlygoje, o bandiniai su veidrodiniais atspindžiais nebuvo įtraukti į analizę. Bandinių su veidrodiniais atspindžiais atveju, figūros gali būti teisingai įvertintos kaip skirtingos jų nesukant mintyse, o taikant alternatyvias strategijas (Gardony et al., 2017), todėl jos netinka norint įvertinti būtent MR gebėjimą.

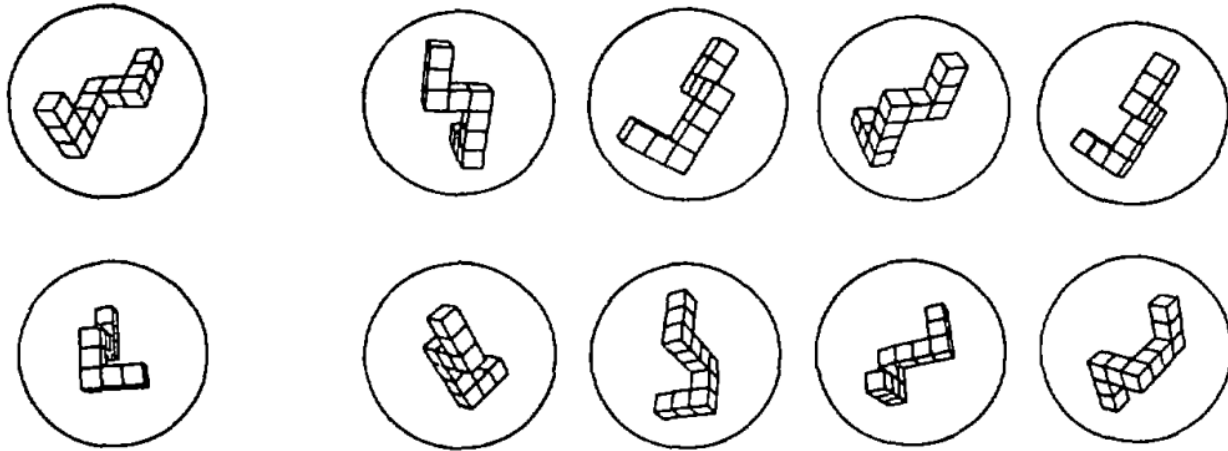


1.1 pav. Shepard ir Metzler (1971) darbe naudotos 3D figūros. Kairėje – sąlyga, kuomet figūros yra vienodos; Dešinėje – sąlyga, kuomet figūros yra skirtingos. Abiem atvejais pasukimo kampas yra 80° .

Shepard ir Metzler (1971) įvesta paradigma (toliau ji bus vadinama S&M paradigma) tapo vienu iš standartų vertinant MR gebėjimus (pvz.: Roach et al., 2016; Khooshabeh et al., 2013; Scheer et al., 2018; Nazareth et al., 2019; Paschke et al., 2012; Courvoisier et al., 2013; Xue et al., 2017; Moen et al., 2020). Taip pat MR tyrimuose yra naudojamos įvairios S&M paradigmos variacijos: rodomos figūros su dalimi nuspalvintų (Khooshabeh ir Hegarty, 2010), pašalintų (Bilge ir Taylor, 2017; Khooshabeh et al., 2013; Khooshabeh ir Hegarty, 2010) arba pridėtų kubų (Yuille ir Steiger, 1982), figūros skiriasi struktūriškai ir nėra veidrodiniai viena kitos atspindžiai (Boone ir Hegarty, 2017), vietoje įprastų figūrų yra naudojami įvairūs kiti objektai (pvz.: transporto priemonių piešiniai (Kanamori ir Yagi, 2002), veržliarakčiai arba šukos (Saunders ir Quaiser-Pohl, 2021), molekulės (Moen et al., 2020), 2D daugiakampiai (Heil ir Jansen-Osmann, 2008)).

Kitas dažnai MR gebėjimams įvertinti naudojamas metodas yra paremtas Vandenberg ir Kuse (1978) paradigma (toliau ji bus vadinama V&K paradigma), kurioje taip pat yra naudojamos Shepard ir Metzler figūros pasuktos įvairiais kampais, tačiau tiriamajam yra rodomos ne dvi, o penkios figūros (1.2 pav.). Šioje užduotyje tiriamųjų yra prašoma įvertinti ar pagrindinė figūra yra tokia pati kaip likusios keturios, kurių dvi yra identiškos, o dvi – veidrodiniai atspindžiai arba pasuktos kitokios struktūros figūros. Tam, kad būtų išvengta teigiamų rezultatų dėl atspėtų bandinių, tokio tipo užduotyse bandinys yra vertinamas kaip atsakyta teisingai tada, kai yra pasirenkami abu teisingi figūrų variantai. Ši paradigma naudota įvairiuose MR tyrimuose (pvz.: Boone ir Hegarty, 2017; Hegarty, 2018; Krüger ir Suchan, 2016; Roach et al., 2017b; Toth ir Campbell, 2019) ir taip pat yra taikomos jos variacijos: naudojamos tokios figūros, kad jų dalys uždengtų tam tikrus kubus (Voyer ir Doyle, 2010), vietoje figūrų yra rodomi žmonėse skirtingose pozose (Voyer et al., 2020). Taip pat MR tyrimuose yra taikytos ir kitokios metodikos naudojant įvairius objektus (pvz. piešiniai turi būti sukami per x ašį arba pagal laikrodžio rodyklę per paveikslo plokštumą (Kanamori ir Yagi, 2002), S&M figūros sukamos per paveikslo plokštumą, o ne per tam tikrą ašį (Levine et al., 2016), naudojami kvadratai, kuriuose

esančios mažesnės juodos figūros leidžia įvertinti, kuris pasuktas kvadratas yra identiškas (Taragin et al., 2019), objektas yra paslepiamas ir yra pateikiamos garsinės užuominos apie jo sukimąsi (Xu ir Franconeri, 2015)).



1.2 pav. Vandenberg ir Kuse (1978) paradigmos pavyzdys. Viršuje: kairėje yra pagrindinė figūra; dešinėje esančioje grupėje pirma ir ketvirta figūros yra tokios pačios kaip pagrindinė, tik pasuktos; antra ir trečia figūros yra pasukti pagrindinės figūros veidrodiniai atspindžiai. Apačioje: kairėje yra pagrindinė figūra; dešinėje esančioje grupėje antra ir trečia figūros yra tokios pačios kaip pagrindinė, tik pasuktos; pirma ir ketvirta yra pasuktos kitokios struktūros figūros.

1.2. MR užduočių atlikimas ir atlikimo strategijos

1.2.1. MR užduočių atlikimo eiga ir su tuo susiję procesai smegenyse

Manoma, kad kognityvinis procesas vykstantis atliekant MR užduotis yra sudarytas iš penkių subprocesų: matomo stimulo suvokimo (1), stimulo ir jo išsidėstymo identifikavimo (2), viso objekto arba jo dalių sukimo mintyse (3), stimulų poros įvertinimo (4), atsakymo pasirinkimo ir įgyvendinimo (5) (Cooper ir Shepard, 1973; Corballis, 1988; Heil ir Jansen-Osmann, 2008). Just ir Carpenter (1976) įvertinę žvilgsnių fiksacijas atliekant S&M paradigmos užduotis išskyrė tris informacijos apdorojimo stadijas: paieškos (1), kurios metu yra ieškomi tie patys segmentai esantys abejose figūrose; transformacijos ir lyginimo (2), kurios metu tam tikros figūrų dalys yra sukamos norint įvertinti ar jos sutampa ir ar figūros yra vienodos; bei patvirtinimo stadijos (3), kuomet yra patvirtinama ar visi tirti segmentai gali būti pasukti taip, kad sutaptų. Yan et al. (2013), taikydami elektroencefalografijos (EEG) metodą ir vertindami su įvykiu susijusius potencialus, taip pat išskyrė bent tris kognityvines stadijas, kurios vyksta sukant objektus mintyse ir įvardijo jų trukmes: vaizdinio stimulo suvokimo, < 300 ms (1), objekto sukimo, 300 – 800 ms (2) ir atsako, ≥ 800 ms (3). Atliekant MR tipo užduotis, 0 – 300 ms nuo stimulo pateikimo pradžios yra stebima P200 komponentė parietalinėje smegenų srityje ir yra manoma, kad ši komponentė yra susijusi su vaizdinio stimulo suvokimu (Yan et al., 2012). Tuo

tarpu ties 300 – 800 ms parietalinėje srityje yra stebima P300 komponentė, kuri yra susijusi su MR ir kuo kampinis skirtumas tarp figūrų yra didesnis, tuo ši komponentė yra labiau neigiama (Heil, 2002; Yan et al., 2012). Tačiau Searle ir Hamm (2017) apžvalgoje yra teigiama, kad ties 400 – 800 ms po stimulo pateikimo matomas lėtas neigiamumo didėjimas centrinėje parietalinėje srityje yra susijęs su stimulo pasukimu, tačiau yra nepriklausomas nuo P300 komponentės. Autorių teigimu, šis neigiamumo didėjimas nėra stebimas kuomet yra prašoma tik identifikuoti pasuktus stimulus, tačiau yra stebimas, kuomet yra prašoma įvertinti ar matomi stimulai yra vienodi/skirtingi, tad tai reiškia, kad šis reiškinys yra susijęs su objektų sukimu mintyse.

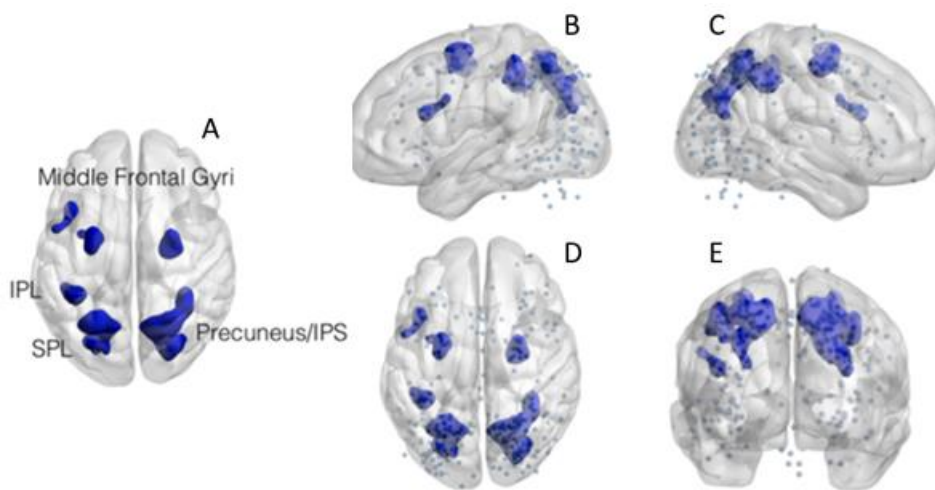
Taip pat, remiantis EEG dažninių charakteristikų tyrimais yra manoma, kad sensomotorinės žievės μ (8 – 13 Hz) galios mažėjimas atspindi motorinę simuliaciją (pvz., objektų sukimą mintyse), parietalinės α (8 – 13 Hz) redukcija atspindi didėjantį neuronų aktyvumą užpakalinėje parietalinėje žievėje, kuris yra nulemtas vaizdinės–erdvinės reprezentacijos poreikio, o frontalinės vidurio linijos θ (5 – 7 Hz) galios padidėjimas atspindi darbinės atminties procesų įsitraukimą, kognityvinę reguliaciją ir išlaikomą dėmesį (Gardony et al., 2017).

Taikant funkcinio magnetinio rezonanso vaizdavimo (angl. *functional magnetic resonance imaging (fMRI)*) metodiką ir vertinant kraujo deguonies lygio priklausomybės (angl. *blood oxygen level-dependent (BOLD)*) efektą, yra stebimas padidėjęs smegenų aktyvumas parietalinėje žievėje, ventraliniame sraute (angl. *ventral stream*) ir premotorinėje žievėje atliekant MR tipo užduotis (Searle ir Hamm, 2017). Parietalinės žievės svarbą atliekant MR patvirtina ir Zhu et al. (2021), kurie taikydami transkranijinę tiesioginės srovės stimuliaciją (angl. *transcranial direct-current stimulation (tDCS)*) parodė, kad kairės užpakalinės parietalinės žievės stimuliacija lemia aukštesnį MR užduoties atlikimo tikslumą, o dešinės užpakalinės parietalinės žievės stimuliacija lemia ne tik aukštesnį tikslumą, bet ir trumpesnę reakcijos laiką.

Zacks (2008) meta-analizėje buvo įvertinti 32 publikuoti tyrimai, kuriuose buvo taikomi smegenovaizdos metodai tiriant MR užduočių atlikimą. Autorius išskyrė viršutinę parietalinę, frontalinę ir apatinę temporalinę žievės sritis kaip nuosekliausiai aktyvuojamas visuose tyrimuose. Daugumoje sričių aktyvumas buvo stebimas bilateraliai, tačiau parietalinės žievės atveju nuoseklesnis aktyvumas buvo stebimas dešiniajame pusrutulyje, o frontalinės žievės atveju – kairiajame pusrutulyje. Taip pat smegenovaizdos tyrimų rezultatai patvirtina duomenis gautus taikant elektrofiziologinius metodus – viršutinės parietalinės žievės aktyvumas yra susijęs su kampiniu skirtumu tarp figūrų (Zacks, 2008). Autoriaus teigimu, tai patvirtina, kad MR užduotys yra sprendžiamos mintyse sukanant objekto reprezentaciją.

Kita vertus, svarbu paminėti, kad dalyje Zacks (2008) meta-analizėje įvertintų tyrimų buvo stebimas aktyvumas abiejų pusrutulių priešcentrinėje žievėje, kuri yra susijusi su judesių planavimu ir jų įgyvendinimu. Autoriaus teigimu, tam yra du paaiškinimai: šis aktyvumas stebimas dėl to, kad po kiekvieno bandymo buvo duodama komanda nuspausti mygtuką atsakymui pateikti arba šis aktyvumas atspindi tiriamųjų tendenciją simuliuoti objektų sukimą. Antrąjį paaiškinimą pagrįstų Kosslyn et al. (2001) tyrimas, kuriame autoriai parodė, kad aktyvumas motorinėje žievėje buvo stebimas tada, kai prieš eksperimentą tiriamieji patys suko figūras naudodami rankenėlę, tačiau šis aktyvumas nebuvo stebimas tada, kai tiriamieji tik stebėjo automatiškai judančią figūrą.

Hawes et al. (2019) smegenovaizdos tyrimų meta-analizėje buvo įvertinti 28 MR tyrimai (įtraukti 363 sveiki tiriamieji). Šio tyrimo autoriai išskyrė šešis klasterius, susijusius su MR užduočių atlikimu tam tikrose smegenų srityse, nuo didžiausios iki mažiausios: dešiniajame priešpleištyje (angl. *precuneus*), kairiojoje viršutinėje parietalinėje skiltyje, kairiojoje apatinėje parietalinėje skiltyje, kairiajame viduriniame frontaliniam vingyje, dešiniajame viduriniame frontaliniam vingyje ir vėl kairiajame viduriniame frontaliniam vingyje (1.3 pav.). Autorių teigimu, MR yra susijęs su neuroniniu aktyvumu bilateraliai parietalinėse ir frontalinėse srityse, o didžiausia konvergencija stebima dešiniojoje intraparietalinėje vagelėje (angl. *intraparietal sulcus*).



1.3 pav. Klasteriai smegenyse, kuriuose yra stebimas aktyvumas atliekant MR tipo užduotis. A ir D: Aksialinis pjūvis. *Middle frontal gyri* – vidurinis frontalinis vingis, *IPL* – apatinė parietalinė skiltelė (angl. *inferior parietal lobule*), *SPL* – viršutinė parietalinė skiltelė (angl. *superior parietal lobule*), *precuneus/IPS* – priešpleištis/intraparietalinė vagelė; B ir C: Sagitalinis pjūvis, matomas kairysis (B) ir dešinysis (C) pusrutuliai; E: koronarinis pjūvis, matomi abu pusrutuliai už užpakalinės pusės. Mėlyna spalva nurodo sritis, kuriuose yra stebimas aktyvumas sprendžiant MR tipo užduotis. Adaptuota pagal Hawes et al. (2019).

Moen et al. (2020) teigimu, MR užduočių sprendimui yra būtinos dvi pagrindinės dalys: pirmojo pamatyto objekto reprezentacijos kodavimas ir šios reprezentacijos sukimas, kuris leidžia įvertinti ar abi figūros yra vienodos. Göksun et al. (2013) teigimu, tiek objekto reprezentacijos kodavimas, tiek jos sukimas gali būti vienodai svarbūs veiksniai sprendžiant MR tipo užduotis, tačiau Wright et al. (2008) parodė, kad lavinant MR įgūdį, gerėja tiriamųjų gebėjimas koduoti matomą stimulą, o ne jį sukurti. Manoma, kad objektai yra koduojami kaip grupė atskirų dalių su erdvinėmis sąsajomis tarp jų (Erdogan et al., 2016) ir yra parodyta, kad šiame kodavime dalyvauja lateralinė okcipitalinė žievė (Erdogan et al., 2016; Hayworth ir Biederman, 2006).

Be smegenų žievės, MR procese dalyvauja ir požievinės struktūros. Butler et al. (2006) identifikavo gumburo ir bazalinių ganglijų aktyvumą sprendžiant MR tipo užduotis. Yra žinoma, kad žievės–bazalinių ganglijų–gumburo–žievės grandinės dalyvauja atliekant valingus akių judesius, vizualiniame–erdviniame mokymesi ir atminties procesuose, o visa tai yra susiję ir su MR atlikimu (Butler et al., 2006).

1.2.2. MR užduočių atlikimo strategijos

Šiai dienai yra aprašytos įvairios dvinarės strategijos, susijusios su erdviųjų užduočių atlikimu: egocentrinė (kuomet pats objekto stebėtojas yra naudojamas kaip atskaitos taškas norint įvertinti objekto poziciją) ir alocentrinė (kuomet informacija apie objekto poziciją yra gaunama remiantis aplinkoje esančiais atskaitos taškais) (Burgess, 2006), vertimo (angl. *flipping*, kai objektas yra sukamas per tam tikrą ašį) ir sukimo (angl. *spinning*, kuomet objektas yra sukamas per paveikslo plokštumą, prieš arba pagal laikrodžio rodyklę) (Kanamori ir Yagi, 2002), vizualizavimo (kai sprendžiant kognityvines užduotis yra remiamasi matomu vaizdu) ir verbalizavimo (kai sprendžiant kognityvines užduotis yra remiamasi loginėmis sąveikomis) (Kozhevnikov et al., 2002). Literatūroje apie objektų sukimo mintyse gebėjimus dažniausiai yra tiriamos dvi strategijos: holistinė ir analitinė (kuri dažnai yra vadinama *piecemeal* (angl.: po truputį, dalimis)) (Nazareth et al., 2019). Šios strategijos dar gali būti įvardijamos kaip globali ir lokali (Taragin et al., 2019). Holistinės strategijos atveju mintyse yra sukamas visas matytas objektas, o analitinės strategijos atveju stimulus mintyse yra „išardomas“ į keletą dalių ir kiekviena arba kažkuri šio stimulo dalis yra pasukama taip, kad sutaptų su lyginamo stimulo atitinkama dalimi (Khooshabeh et al., 2013). Zacks et al. (2002) teigimu, objektų sukimas mintyse gali būti atliekamas dviem būdais: objekto atžvilgiu (angl. *object-based*) arba egocentrinio. Atliekant sukimą objekto atžvilgiu, informacija apie sukamo objekto poziciją yra gaunama remiantis aplinkoje esančiu statišku atskaitos tašku, t.y. pats objektas yra sukamas. Egocentrinio sukimo atveju,

objektas išlieka statiškas, tačiau yra sukama stebėtojo žiūros taško pozicija. Pavyzdžiui, tiriamieji sprenddami MR užduotis gali įsivaizduoti, kad apžiūri objektą iš skirtingų perspektyvų (Hegarty, 2018).

Kai kurie tyrėjai teigia, kad aukštą MR gebėjimą turintys žmonės naudoja holistinę strategiją sprenddami MR tipo užduotis (Bethell-Fox ir Shepard, 1988; Khooshabeh et al., 2013; Khooshabeh ir Hegarty, 2010). Khooshabeh ir Hegarty (2010) teigimu, aukštą MR gebėjimą turintys žmonės mintyse kuria objektų reprezentacijas schemų pavidalu, kuriose nėra daug vaizdinių detalių. Tuo tarpu žemą MR gebėjimą turintys žmonės mintyse kuria paveikslus, kuriuose yra daugiau vaizdinių detalių, tačiau jos nebūtinai yra reikalingos užduočiai atlikti. Šie tyrėjai, naudodami vienspalves ir spalvotas Shepard ir Metzler paradigmos figūras, parodė, kad žemą MR gebėjimą turintys žmonės MR užduotį atlieka greičiau ir tiksliau jeigu tam tikros abiejų figūrų dalys yra nuspalvintos vienodai ir suteikia papildomų užuominų. Pabrėžtina, kad aukštą MR gebėjimą turinčių žmonių atlikimui spalvos figūrose įtakos neturėjo. Tai patvirtina, kad žemą MR gebėjimą turintys žmonės koduoja papildoma vaizdinę informaciją užduočiai atlikti ir nekuria abstrakčios, scheminės erdvinės figūros reprezentacijos kaip tai daro aukštą MR gebėjimą turintys asmenys. Taip pat yra parodyta, kad erdvinių schemų reprezentacijų kūrimas yra svarbus ne tik atliekant MR tipo užduotis. Pavyzdžiui, Hegarty ir Kozhevnikov (1999) parodė, kad matematinių užduočių sprendimo sėkmė teigiamai koreliuoja su mokinio įsivaizduojama schemine reprezentacija (kuomet yra įsivaizduojamos tik scheminės, užduočiai atlikti svarbios detalės) ir neigiamai – su įsivaizduojama vaizdine reprezentacija (kai yra įsivaizduojamos užduočiai atlikti nebūtinės detalės). Taip pat svarbu paminėti ir tai, kad aukštą MR gebėjimą turintys žmonės geba naudotis tiek holistine, tiek analitine strategijomis ir jas pritaiko priklausomai nuo užduoties sudėtingumo, tačiau žemą MR gebėjimą turintys žmonės tokiu lankstumu nepasižymi (Khooshabeh et al., 2013). Taip pat Bethell-Fox ir Shepard (1988) teigia, kad geriau susipažinę su užduotimi ir naudojamais stimulais, tiriamieji pradeda taikyti holistines strategijas MR užduotims spręsti. Kita vertus, Moen et al. (2020) tyrime buvo lavinamas tiriamųjų MR gebėjimas, tačiau tai nepaskatino holistinės strategijos naudojimo. Nazareth et al. (2019) teigimu, svarbiau yra ne tai, kokia strategija yra naudojama užduočiai atlikti, bet gebėjimas būti lanksčiam ir taikyti tiek holistinę, tiek analitinę strategijas. Šių tyrėjų darbas parodė, kad strategijos keitimo dažnumas teigiamai koreliuoja su MR užduoties atlikimo tikslumu. Hegarty (2010) taip pat teigia, kad viena iš erdvinio intelekto dedamųjų gali būti asmens gebėjimas lanksčiai rinktis strategijas erdvinėms problemoms spręsti.

Kita vertus, būtina atkreipti dėmesį ir į tai, kad yra duomenų, rodančių, kad detalūs objektai nėra sukami holistiškai, tačiau jie yra įsivaizduojami kaip paprastesnės, scheminės reprezentacijos arba yra kreipiamas dėmesys į vieną stimulo bruožą, kuris yra sukamas mintyse (Xu ir Franconeri, 2015). Šią

prielaidą patvirtina ir Göksun et al. (2013), kurių tyrime buvo analizuojami tiriamųjų rankų gestai atliekant S&M paradigma paremtą užduotį. Šiuo tyrimu buvo parodyta, kad aukštą MR gebėjimą turintys žmonės daugiau dėmesio kreipia į tam tikras specifines objekto dalis, o ne į visą objektą.

Vis dėlto, būtina paminėti ir tai, kad MR užduotys gali būti sprendžiamos naudojant alternatyvias strategijas ir nesukant stimulo ar jo dalies mintyse. Tokios užduoties atlikimo strategijos dar gali būti vadinamos alternatyviomis arba nepriklausomomis nuo žiūros taško (angl. *viewpoint independent*) (Hegarty, 2018; Khooshabeh et al., 2013). Pavyzdžiui, Hegarty (2010) tiriamieji sprenddami MR užduotis turėjo įvardinti jų naudojamas strategijas. Šiuo tyrimu buvo identifikuotos tokios alternatyvios strategijos: patikrinti kokiomis kryptimis yra išsidėsčiusios tam tikros objekto sritys ir palyginti ar šios kryptys sutampa su atitinkamomis kito objekto sritimis; patikrinti ar figūrų galinės dalys yra viena kitai statmenos ar lygiagrečios ir tokiu pačiu būdu įvertinti antrą objektą; skaičiuoti kubus esančius priešinguose figūrų galuose. Taip pat Geiser et al. (2006) savo tyrime išskyrė dalį tiriamųjų, kurie MR užduotis su veidrodiniais atspindžiais sprendė prastai, tačiau gerai sprendė užduotis su figūromis, kurios skyrėsi struktūriškai, tad tai reiškia, kad šie tiriamieji taikė alternatyvias strategijas vietoje to, kad sukėtų objektus mintyse.

Boone ir Hegarty (2017) teigimu, sudėtingėjant MR užduočiai, objektų sukimo strategija gali būti keičiama alternatyviomis strategijomis. Tai patvirtina ir Gardony et al. (2017) atliktas EEG tyrimas, kuriuo buvo parodyta, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų tiriamųjų sensomotorinės μ galia didėja, o tai galėtų reikšti mažesnę motorinės simuliacijos naudojimą. Taip pat autoriai pastebėjo, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų mažėja parietalinės α ir didėja frontalinės vidurio linijos θ galios, kas galėtų būti interpretuojama kaip padidėjęs vaizdinės–erdvinės reprezentacijos apdorojimas bei stipriau aktyvuojama darbinė atmintis. Šių autorių teigimu, tai reiškia, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų ir tokiu būdu sudėtingėjant užduočiai, yra pereinama nuo objekto sukimo mintyse prie alternatyvių strategijų. Taigi, Gardony et al. (2017) teigia, kad MR užduotys yra atliekamos taikant tiek objektų sukimo mintyse, tiek ir alternatyvias strategijas.

Khooshabeh et al. (2013) teigimu, pasakyti kokia strategija buvo naudojama – objektų sukimo ar nuo žiūros taško nepriklausoma – galima įvertinus atsakymo laikus prie skirtingų pasukimo kampų tarp figūrų. Manoma, kad didėjantys krypties koeficientai atsakymo laiko funkcijai (angl. *slope*) nurodo, kad yra naudojama analitinė strategija objektų sukimo mintyse užduočiai atlikti (Khooshabeh et al., 2013; Yuille ir Steiger, 1982). Yuille ir Steiger (1982) parodė, kad tiriamiesiems paaiškinus, kad S&M paradigmos figūros gali būti lyginamos žiūrint tik į jų apatines dalis, atsakymo laiko tiesės krypties koeficientas tampa mažesnis. Tai galėtų reikšti, kad kuomet yra sprendžiamos tokios užduotys nežinant

šios informacijos, yra naudojama analitinė sukimo strategija. Khooshabeh et al. (2013) darbas taip pat parodė, kad tiesės krypties koeficientas yra didesnis jeigu yra naudojama analitinė, o ne holistinė strategija. Taip pat yra manoma, kad mažas tiesės krypties koeficientas atsakymo laiko funkcijai reiškia tai, kad yra naudojama kokia nors alternatyvi, o ne objektų sukimo mintyse strategija (Boone ir Hegarty, 2017; Yuille ir Steiger, 1982). Svarbu paminėti ir tai, kad alternatyvios strategijos gali būti naudojamos vietoje objektų sukimo mintyse, jeigu užduotis tampa sudėtingesnė, pavyzdžiui, esant didesniai pasukimo kampui tarp figūrų (Boone ir Hegarty, 2017; Khooshabeh et al., 2013). Boone ir Hegarty (2017) tyrime, kuriame buvo naudojamos struktūriškai skirtingos figūros pastebėta, kad nuo 90° pasukimo kampo tiriamųjų reakcijos laiko krypties koeficientas mažėjo ir tai gali reikšti, kad vietoje objektų sukimo buvo pradėdama naudoti alternatyvi strategija. Šių autorių teigimu, taikyti objektų sukimo strategijas yra sunkiau didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, todėl ši strategija yra naudojama esant mažesniai kampiniam skirtumui, o jam padidėjus gali būti naudojamos alternatyvios strategijos, nes jos reikalauja mažiau pastangų.

Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad užduočių atlikimui įtakos gali turėti ir tiriamųjų polinkis spėlioti (Voyer et al., 2020). Toth ir Campbell (2019) taikydami V&K paradigmą parodė, kad jeigu daugiau arba ilgiau yra žiūrima į veidrodinius, o ne identiškų figūros variantus, tuomet užduotis yra atliekama prasčiau. Tačiau jeigu daugiau arba ilgiau yra žiūrima į struktūriškai kitokius variantus, tuomet užduotis yra atliekama geriau. Autoriai tai aiškina kaip „šokinėjimo“ (angl. *leaping*) strategijos naudojimą, kuomet atsakymas yra pateikiamas neįvertinus visų alternatyvių pasirinkimų (Hirnstein et al., 2009). Tai reiškia, kad tiriamieji iš keturių galimų variantų aptikę veidrodinį stimulą yra linkę jį greitai ir neteisingai priskirti kaip identišką, tačiau ši strategija pasiteisina esant struktūriškai skirtingiems figūrų variantams, nes matomi akivaizdūs struktūriniai skirtumai leidžia greitai pateikti teisingą atsakymą.

1.3. MR užduočių atlikimas ir akių judesiai

Akių judesių sekimo metodika leidžia įvertinti žvilgsnio fiksacijas, sakadas (akių judesius nuo vieno fiksacijos taško iki kito) ir su tuo susijusius parametrus atliekant įvairias užduotis. Tinklainėje esanti geltonoji dėmė lemia aštriausią regėjimą, todėl užduočių atlikimo metu žvilgsnis yra nukreiptas taip, kad stimulus apie kurį duotuoju momentu yra galvojama arba kuris yra apdorojamas būtų fokusuojamas į geltonąją dėmę. Šis reiškinys yra vadinamas akių–proto ryšiu ir juo remiamasi taikant akių judesių sekimo metodiką įvertinti kur yra kreipiamas vizualinis dėmesys (Carter ir Luke, 2020). Duomenys, gauti naudojant akių judesių sekimo metodiką, atskleidžia tiriamųjų dėmesio krypties pokyčius ir suteikia informacijos apie vykstančius kognityvinius procesus (Taragin et al., 2019).

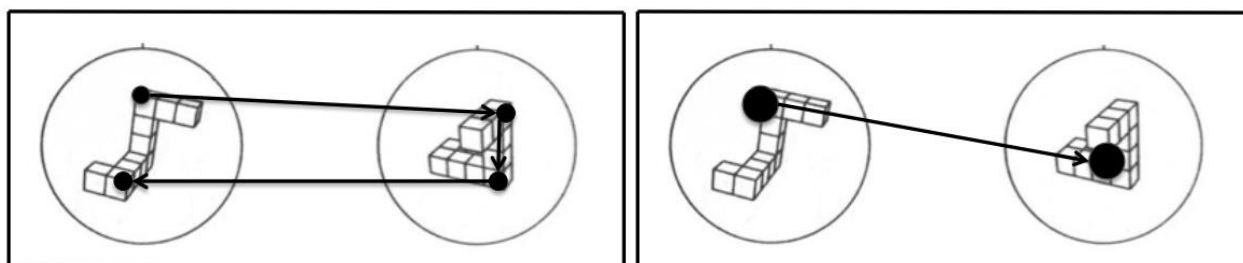
Akių judesių sekimo tyrimuose fiksacijos gali būti skirstomas į du tipus: aplinkines (angl. *ambient*) ir centrines (angl. *focal*). Aplinkinės fiksacijos yra trumpos ir neleidžia įsisąmoninti matomo stimulo, o centrinės fiksacijos yra sąlyginai ilgos ir atspindi sąmoningą stimulo suvokimą (Negi ir Mitra, 2020). Svarbu paminėti, kad nėra sutariama dėl to, kaip reikėtų klasifikuoti fiksacijas į aplinkines ir centrines. Pavyzdžiui, 50 – 150 ms trukmės fiksacijos gali būti klasifikuojamos kaip aplinkinės, o 300 – 500 ms kaip centrinės (Velichkovsky, cit. pgl. Negi ir Mitra, 2020), tačiau kiti tyrėjai į klasifikaciją siūlo įtraukti ne tik fiksacijų trukmes, bet ir jų amplitudes arba taiko kitokius laiko intervalus fiksacijų tipui nusakyti (plačiau: Negi ir Mitra, 2020). Velichkovsky et al. (2002) teigimu, fiksacijos, kurios yra trumpesnės nei 90 ms ir po kurių seka trumpos sakados gali būti interpretuojamos kaip sustojimai, kuriais yra koreguojamas žvilgsnis. Taip pat yra teigiama, kad fiksacijos, trumpesnės nei 150 ms yra per trumpos, kad būtų galima išskirti reikiamą informaciją iš matomo stimulo (Hofmeister, cit. pgl. Zhang et al., 2022). Galley et al. (2015) siūlo fiksacijas pagal jų trukmes skirstyti į labai trumpos (> 90 ms), greitas (90 – 150 ms), kognityvines (150 – 900 ms) ir labai ilgas (> 900 ms). Šių autorių teigimu, labai trumpos fiksacijos nėra sąmoningai kontroliuojamos, todėl tyrėjų dažnai yra pašalinamos atliekant analizę. Tuo tarpu greitos fiksacijos gali atspindėti paprastus kognityvinius procesus, kuomet yra ieškoma tam tikros stimulo dalies. Kognityvinės fiksacijos užtrunka pakankamai ilgai, kad vyktų kognityvinis stimulo apdorojimas.

Svarbu paminėti tai, kad fiksacijų metu taip pat yra atliekami akių judesiai. Tokie judesiai yra vadinami fiksuotais akių judesiais ir paprastai yra skirstomi į tris grupes: dreifus (angl. *drift*), virpesius (angl. *tremor*) ir mikrosakadas (Rolfs, 2009). Dreifai yra nepastovūs ir lėti tarpsakadiniai judesiai, kurių amplitudė yra $0,017^\circ$ – $0,133^\circ$. Virpesiai yra dar smulkesni, vos $0,0017^\circ$ – $0,0083^\circ$ amplitudės, judesiai. Tuo tarpu mikrosakados yra greitos ir jų amplitudės yra didesnės, tačiau paprastai nesiekia $0,5^\circ$ (Rolfs, 2009). Vis dėlto, Rolfs (2009) teigimu, tyrėjai kaip slenkstinę vertę sakadoms nuo mikrosakadų atskirti dažnai naudoja ne $0,5^\circ$, o 1° ar net 2° . Autoriaus teigimu, slenkstinė vertė turėtų būti parenkama kiekvienam tiriamajam individualiai. Kita vertus, Rucci ir Poletti (2015) teigia, kad nevienodą slenkstinių verčių pasirinkimą tarp tyrėjų lemia skirtingų akių judesių sekimo metodikų naudojimas.

Just ir Carpenter (1976) naudodami akių judesių sekimo metodiką atskleidė, kad S&M paradigmos užduotys yra sprendžiamos taikant analitinę objektų sukimo strategiją. Autoriai parodė, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų yra atliekama daugiau sakadų tarp kairėje ir dešinėje esančių stimulų (Just ir Carpenter, 1976). Akių judesių sekimo metodika leidžia įvertinti ne tik kur, bet ir kiek ilgai yra fiksuojamas žvilgsnis atliekant įvairias užduotis. Larsen (2014) parodė, kad didėjant

kampiniam skirtumui tarp figūrų, didėja ne tik sakadų skaičius tarp figūrų, bet ir fiksacijų skaičius bei jų trukmė vienos figūros ribose. Roach et al. (2017a) tyrime buvo parodyta, kad aukštą MR gebėjimą turinčių žmonių fiksacijos yra ilgesnės negu žemą MR gebėjimą turinčių žmonių. Taip pat šie autoriai pastebėjo, kad bandinyje yra atliekama mažiau fiksacijų tuomet, kai yra atsakoma teisingai. Scheer et al. (2018) teigimu, ilgesnės fiksacijų trukmės ir mažesnis sakadų tarp figūrų skaičius indikuoja naudojamą holistinę strategiją. Taip pat Alexander ir Son (2007) teigia, kad holistinės strategijos naudojimas lemia stipriau sutelktą dėmesį, o tai, savo ruožtu, gali būti susiję su ilgesnėmis fiksacijomis.

Taigi, akių judesių sekimo metodika gali būti taikoma nustatant kokio tipo strategija yra naudojama atliekant MR užduotis. Khooshabeh ir Hegarty (2010) teigimu, jeigu yra naudojama holistinė strategija, tuomet fiksacijų skaičius vienos figūros ribose turi būti lygus sakadų skaičiui tarp figūrų, nes atlikus vieną fiksaciją vienoje figūroje dėmesys yra kreipiamas į kitą figūrą. Tačiau jeigu yra taikoma analitinė strategija, gali reikšti, kad tiriamasis atlieka daugiau fiksacijų vienoje figūroje ir tik po to pasižiūri į kitą figūrą. Tad tokiu atveju, fiksacijų skaičius vienos figūros ribose yra didesnis nei sakadų skaičius tarp figūrų. Taikant tokią skaičiavimo metodiką, santykis, gautas padalinus fiksacijų kiekį vienos figūros ribose iš sakadų tarp figūrų kiekio, nusako kokia strategija yra naudojama. Jeigu santykis yra artimas vienetui, tai reiškia, kad yra naudojama holistinė strategija, o jeigu santykis yra aukštesnis – naudojama analitinė strategija. Tačiau Nazareth et al. (2019) teigimu, tokia strategijų įvertinimo metodika gali lemti neteisingą strategijos priskyrimą. Pavyzdžiui, jeigu vienoje figūroje yra atliekamos kelios fiksacijos, bet jos yra atskirtos sakadomis tarp figūrų (4 pav.), tuomet, taikant minėtą metodiką, tokia strategija gali būti klaidingai interpretuojama kaip holistinė.



1.4 pav. Pavyzdys, rodantis, kad MR užduoties atlikimo strategija gali būti klaidingai interpretuojama kaip holistinė taikant Khooshabeh ir Hegarty (2010) pasiūlytą santykių skaičiavimo metodą. Kairėje: fiksacijos figūros viduje = 2, sakados tarp figūrų = 2, santykis = $2/2 = 1$. Dešinėje: fiksacijos figūros viduje = 1, sakados tarp figūrų = 1, santykis = $1/1 = 1$. Nazareth et al. (2019).

Roach et al. (2016) pritaikius S&M paradigmą nustatė šešias figūrų pozicijas, į kurias žiūri tiek aukštą, tiek žemą MR gebėjimą turintys žmonės atlikdami tokio tipo užduotis. Šiuo tyrimu buvo parodyta, kad dažnis, kuriuo abi tiriamųjų grupės žiūri į kiekvieną iš pozicijų reikšmingai nesiskiria

vertinant visus bandinius bendrai. Tačiau vertinant kiekvieną bandinį atskirai, buvo pastebėta, kad tik 35% atvejų į to pačio bandinio stimulų pozicijas yra žiūrima tokiu pačiu dažniu. Tai reiškia, kad nepaisant to, jog yra identifikuojamos tos pačios figūrų pozicijos, aukštą ir žemą MR gebėjimą turintys žmonės yra linkę kreipti dėmesį į skirtingas pozicijas priklausomai nuo užduoties sąlygų.

Taip pat akių judesių sekimo metodika leidžia įvertinti kokios yra pasikartojančios žvilgsnio sekos atliekant MR tipo užduotis. Pavyzdžiui, Saunders ir Quaiser-Pohl (2021), naudodami lyčių stereotipais paremtus objektus, išskyrė keturias žvilgsnių sekas, kurias atlikinėjo tiek vyrai, tiek moterys.

Remiantis Moen et al. (2020), kuomet daugybinės objekto dalys ir erdvinės sąveikos tarp jų yra įtraukiamos ir naudojamos sudarant „pilnesnę“ objekto reprezentaciją, MR užduočių atlikimas tampa efektyvesnis. Šių autorių teigimu, vertinant sakadas galima įvertinti koduojamos informacijos kiekį: kuo sakadų amplitudė tarp dviejų fiksacijos taškų yra didesnė, tuo daugiau informacijos yra koduojama fiksacijos metu. Moen et al. (2020) tyrime, tiriamieji dalyvavo šešiose sesijose, kurių metu sprendė MR užduotis ir taip gerino šį gebėjimą. Autoriai pastebėjo, kad po šių sesijų tiriamieji efektyviau sprendė MR užduotis (jų atsakymo laikas trumpėjo ir tikslumas didėjo), jų sakadų amplitudės tarp fiksacijos taškų toje pačioje figūroje padidėjo, o sakadų skaičius tarp figūrų sumažėjo. Taigi, autorių teigimu, padidėjusi sakadų amplitudė rodo, kad buvo kuriamos pilnesnės stimulų reprezentacijos, o sumažėjęs sakadų tarp figūrų skaičius reiškia, kad tiriamieji atliko mažiau ciklų, kuomet figūros yra koduojamos, pasukamos ir lyginamos.

Šiuolaikinė akių judesio sekimo įranga yra paremta infraraudonųjų spindulių atspindžiu nuo ragenos ir tai leidžia ne tik nustatyti vyzdžio poziciją, bet taip pat įvertinti jo skersmens pokyčius (Carter & Luke, 2020). Yra žinoma, kad vyzdžių išsiplėtimas atspindi tokius kognityvinius/afektyvius procesus kaip dėmesys, motyvacija, protinės pastangos ir kognityvinė apkrova (Carter & Luke, 2020). Tad tai reiškia, kad ši metodika gali būti naudojama tiriant MR užduočių atlikimą. Pavyzdžiui, Bochynska et al. (2021) naudodami S&M paradigmą parodė, kad didėjantis kampinis skirtumas tarp figūrų neturi įtakos vyzdžio išsiplėtimui, tačiau tiriamųjų, kurie užduotis sprendė tiksliau, vyzdžiai buvo išsiplėtę labiau. Autorių teigimu, tai reiškia, kad didesnės pastangos lemia tikslesnį MR tipo užduočių atlikimą, tačiau tokios pačios kognityvinės pastangos yra dedamos nepriklausomai nuo kampinio skirtumo tarp figūrų. Campbell et al. (2018) taikydami S&M paradigmą ir vertindami vyzdžio skersmens pokytį parodė, kad moterų vyzdžiai išsiplėsdavo labiau nei vyrų sprendžiant užduotį. Tai gali reikšti, kad moterys deda daugiau kognityvinių pastangų nei vyrai sprendžiant S&M paradigma paremtas užduotis.

1.4. MR užduočių atlikimo skirtumai tarp lyčių

Daugelį erdvinių užduočių vyrai atlieka geriau negu moterys ir didžiausias skirtumas yra stebimas atliekant MR tipo užduotis (Levine et al., 2016). Linn ir Petersen (1985) atliktoje metaanalizėje buvo pastebėta, kad vyrai MR užduotis atlieka geriau nei moterys nepriklausomai nuo tiriamųjų amžiaus. Taip pat šie tyrėjai pastebėjo, kad didesnis skirtumas tarp lyčių yra stebimas taikant V&K paradigmą nei taikant svarbiausių proto gebėjimų erdvės (angl. *primary mental abilities (PMA) space*) užduotis (Thurstone ir Thurstone, 1941). Kadangi V&K paradigmoje yra naudojamos 3D figūros, o PMA testuose yra naudojamos 2D figūros, gali būti, kad moterims yra sunkiau mintyse sukurti 3D objektus (Levine et al., 2016). Linn ir Petersen (1985) taip pat išklė hipotezę, kad šis skirtumas gali būti dėl skirtingų vyrų ir moterų naudojamų strategijų. Autorių teigimu, PMA užduotys gali būti sprendžiamos taikant analitinę ir alternatyvias strategijas taip pat efektyviai kaip ir taikant holistinę strategiją. Tačiau V&K paradigmoje, kurioje naudojami stimulai yra sudėtingesni nei PMA užduotyse, holistinė strategija yra efektyvesnė. Skirtingų strategijų taikymą tarp vyrų ir moterų atskleidė Heil ir Jansen-Osmann (2008) naudodami paprastus ir sudėtingus 2D daugiakampius. Autoriai išklė hipotezę, kad taikant holistinę strategiją, reakcijos laikas abiejų rūšių figūroms neturėtų reikšmingai skirtis, tačiau jeigu yra naudojama analitinė strategija, bandiniai su sudėtingesnėmis figūromis turėtų būti sprendžiami ilgiau, nes jose yra daugiau detalių, kurios turi būti mintyse išardomos ir pasukamos. Šio tyrimo autoriai priėjo prie išvados, kad vyrai sukdami daugiakampius naudojo holistinę strategiją, nes daugiakampių sudėtingumas neturėjo reikšmingos įtakos jų reakcijos laikui. Tačiau daugiakampių sudėtingumas turėjo reikšmingos įtakos moterų reakcijos laikui, todėl, autorių teigimu, moterys dažniau naudojo analitinę strategiją.

Atliekant MR tipo užduotis, skirtumai tarp vyrų ir moterų yra stebimi ir smegenų veikloje. Hugdahl et al. (2006) fMRI tyrime nebuvo pastebėta reikšmingų skirtumų tarp vyrų ir moterų atlikimo tikslumo ir reakcijos laiko. Tačiau buvo rasta, kad atliekant MR užduotis vyrų viršutinė parietalinė skiltis dešiniajame pusrutulyje buvo aktyvuojama stipriau nei moterų, o moterų apatinė frontalinė skiltis aktyvuojama stipriau nei vyrų. Tyrimo autorių manymu, tai gali reikšti skirtingų strategijų taikymą: vyrų didesnis parietalinės skilties aktyvumas dešiniajame pusrutulyje reiškia, kad objektai yra suvokiami ir sukami holistiškai ir nėra skaidomi į mažesnes dalis (t.y. naudojama holistinė strategija), o moterų didesnis frontalinės skilties aktyvumas indikuoja, kad objektas yra sukamas serijomis (t.y. naudojama analitinė strategija).

Remiantis smegenovaizdos tyrimų rezultatais, yra manoma, kad moterų smegenų aktyvumas atspindi dedamas didesnes pastangas ir naudojamą *top-down* apdorojimą, kuris taip pat indikuoja

alternatyvių strategijų taikymą. Tuo tarpu stebimas vyrų smegenų aktyvumas atspindi labiau automatinį *bottom-up* apdorojimą, kuris indikuoja taikomas vizuomotorines strategijas (Levine et al., 2016; Semrud-Clikeman et al., 2012). Pavyzdžiui, Butler et al. (2006) parodė, kad atliekant MR tipo užduotis, moterų dorsalinė medialinė prefrontalinė žievė ir kitos heteromodalinės (apdorojančios įvairių modalumų informaciją) asociatyvinės žievės dalys buvo aktyvuojamos stipriau nei vyrų ir tai atspindi *top-down* procesus. Tuo tarpu vyrų atveju, stipriau buvo aktyvuojamos pirminės jutiminės žievės dalys ir priešpleištis, kuris yra svarbus sukant objektus mintyse bei bazaliniai ganglijai, kurie yra susiję su implicitiniu mokymusi. Taigi, autorių teigimu, tai reiškia, kad vyrai naudoja labiau automatines, *bottom-up* strategijas. Teiginį, kad moterys deda daugiau kognityvinių pastangų atliekant MR patvirtina ir tai, kad jų vyzdžiai išsiplečia labiau sprendžiant MR tipo užduotis (Campbell et al., 2018).

Hahn et al. (2010) teigimu, atliekant MR tipo užduotis yra stebima pusrutulių asimetrija tarp vyrų ir moterų: paprastai vyrų parietalinė skiltis yra stipriau aktyvuojama dešiniajame pusrutulyje, o moterų – kairiajame. Taip pat tvirtina ir Heil ir Jansen-Osmann (2008), jų teigimu holistinė strategija gali atsispindėti didesniame dešiniojo pusrutulio aktyvume, o analitinė strategija – kairiojo pusrutulio. Kitų tyrėjų teigimu, analitinę strategiją gali atspindėti bilateralus pusrutulių aktyvavimas, o ne dešiniojo dominavimas (Levine et al., 2016). Hahn et al. (2010) taip pat parodė, kad pusrutulių asimetrija atliekant MR užduotis yra stebima jau tiriant penkiamečius vaikus (berniukų parietalinės skilties aktyvumas buvo bilateralus, o mergaičių – stipresnis kairiajame pusrutulyje), tad autorių teigimu ši funkcinė asimetrija tarp lyčių nėra susijusi su brandos metu vykstančiais hormoniniais pokyčiais.

Levine et al. (2016) teigimu, atliekant S&M paradigmos užduotis, tiek vyrų, tiek moterų reakcijos laikas ilgėja didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, o tai reiškia, kad abiejų grupių atstovai suka objektus mintyse. Taip pat Levine et al. (2016) teigia, kad skirtumai tarp vyrų ir moterų atsispindi ne krypties koeficientuose, o atsako laiko funkcijos kirčio taške (angl. *intercept*). Tai reiškia, kad skirtumai tarp vyrų ir moterų pasireiškia ne objektų sukimo procese, o kituose procesuose, kurie yra susiję su atsakymo laiku: koduojant matomus objektus, ruošiantis juos sukti, priimant sprendimą ir/ar jį įgyvendinant. Pavyzdžiui, Voyer ir Doyle (2010) taikydami V&K paradigmą su figūromis, kurių tam tikri blokai yra paslėpti už kitų figūros dalių parodė, kad moterims galimai yra sunkiau formuoti 3D objektų reprezentacijas remiantis 2D objektais. Taip pat ir Butler et al. (2006) teigia, kad moterys deda galimai daugiau pastangų nei vyrai kuriant tokias reprezentacijas. Taigi, gali būti, kad skirtumai tarp vyrų ir moterų pasireiškia stimulų kodavimo metu. Tai iš dalies patvirtina ir Wright et al. (2008), kurie parodė, kad lavinant MR įgūdį, skirtumai tarp vyrų ir moterų silpnėja ar net išnyksta, o MR užduotys yra atliekamos efektyviau, nes gerėja tiriamųjų gebėjimas koduoti matomą stimulą. Tačiau būtina

paminėti ir tai, kad šie tyrėjai pastebėjo, kad prieš lavinant MR įgūdį, moterų krypties koeficientas buvo aukštesnis negu vyrų ir ilgainiui šis skirtumas išnyko. Dėl šios priežasties galima daryti prielaidą, kad moterų atveju treniruotės paveikė ne tik stimulų kodavimą, bet ir objektų sukimo mintyse gebėjimą. Zhu et al. (2021), stimuliuodami dešinę užpakalinę parietalinę žievę tDCS metodu taip pat panaikino MR užduoties atlikimo skirtumus tarp vyrų ir moterų. Svarbu paminėti tai, kad jų darbe *intercept* vertė taip pat sumažėjo po stimuliacijos, o tai gali reikšti, kad stimuliacija lėmė efektyvesnį matomų stimulų kodavimą.

Taip pat yra duomenų, rodančių skirtumus tarp vyrų ir moterų taikant nuo žiūros taško nepriklausomas strategijas (Boone ir Hegarty, 2017). Boone ir Hegarty (2017) pastebėjo, kad tiek vyrai, tiek moterys geba naudoti tokias strategijas sprendžiant MR tipo užduotis ir kad įprasta objektų sukimo mintyse strategija sudėtingėjant užduočiai gali būti keičiama į nuo žiūros taško nepriklausomas strategijas. Gali būti, kad vyrai geba geriau nei moterys įvertinti kada reikia pakeisti įprastą MR strategiją į alternatyvią strategiją, o moterys tokiu atveju (sudėtingėjant užduočiai) daugiau spėlioja ir dėl to jų tikslumas yra žemesnis nei vyrų (Boone ir Hegarty, 2017).

Kita vertus, svarbu paminėti ir tai, kad yra duomenų rodančių, kad sprendžiant MR tipo užduotis vyrai yra labiau linkę spėlioti, o moterys tuo tarpu yra labiau linkusios pertikrinti savo atsakymus (Voyer et al., 2020). Taip pat pastebima, kad vyrai V&K paradigmos užduotyse yra labiau linkę taikyti „šokinėjimo“ strategiją, kuomet atsakymas yra pateikiamas neįvertinus visų alternatyvių pasirinkimų (Hirnstein et al., 2009). Taip pat svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad tiriamųjų užduoties atlikimui gali turėti įtakos lyčių stereotipai. Pavyzdžiui, jeigu tiriamieji yra informuojami, kad MR užduotis geriau atlieka moterys nei vyrai, tuomet užduoties atlikimo skirtumas tarp vyrų ir moterų mažėja (Heil et al., 2012; Moe, 2009). Taip pat įtakos gali turėti ir naudojami stimulai. Pavyzdžiui, MR užduotyse naudojamos iš kubų sudarytos figūros yra panašios į LEGO® dėlionės, domino ir kitus objektus su kuriais dažniau žaidžia berniukai (Kersh, cit. pgl. Saunders ir Quaiser-Pohl, 2021). Rahe et al. (2021) tyrimu buvo parodyta, kad sprendžiant MR užduotis didesni skirtumai tarp lyčių yra stebimi kuomet yra naudojamas stereotipiškai vyriškas stimulus (traktoriaus piešinys). Naudojant stereotipiškai moterišką stimulą (kūdikio vežimėlio piešinį), moterys MR užduotį atlikinėjo geriau, tačiau šis skirtumas nesiekė statistinio reikšmingumo.

Vis dėlto, yra duomenų, rodančių, kad skirtumai tarp lyčių MR tipo užduotyse yra stebimi jau kūdikystėje. Levine et al. (2016) straipsnyje yra apžvelgiami tyrimai su 3 – 5 mėnesių amžiaus kūdikiais, kuriems buvo rodomi MR užduotyse naudojami stimulai. Buvo pastebėta, kad po habituacijos prie įprasto stimulo, 3 – 4 mėn. amžiaus berniukai į naują stimulą, kuris buvo prieš tai

rodyto stimulo veidrodinis atspindys, žiūrėjo dažniau nei mergaitės. Taip pat 5 mėn. amžiaus berniukai į naują stimulą (veidrodinį atspindį) žiūrėjo ilgiau negu mergaitės. Tačiau šie skirtumai nereiškia, kad tokio amžiaus berniukai yra pranašesni už mergaites MR tipo užduotyse ir taip pat svarbu pabrėžti, kad ne visuose tokio tipo tyrimuose yra gaunami skirtumai tarp lyčių (Levine et al., 2016). Vis dėlto, skirtumai tarp lyčių kūdikystėje yra randami tokiuose tyrimuose, kuomet yra naudojamos 3D stimulų vaizdinės reprezentacijos, tad gali būti, jog tai yra susiję su Voyer ir Doyle (2010) pastebėjimu, kad moterims galimai yra sunkiau formuoti 3D objektų reprezentacijas remiantis 2D vaizdu (Levine et al., 2016). Moore ir Johnson (2020) apžvalgoje taip pat buvo įvertinti MR tyrimai su kūdikiais ir šių autorių teigimu, MR gebėjimas galimai pasireiškia jau nuo 3 mėn. amžiaus, o naujagimių MR procesas yra panašus arba identiškas kaip ir suaugusiųjų.

1.5. Lytiniai hormonai ir jų sąsajos su MR užduočių atlikimu

Lytiniai steroidiniai hormonai, kaip ir kiti steroidiniai hormonai yra sintetinami iš cholesterolio (Kandel et al., 2021, p. 1262). Šie hormonai gali būti skirstomi į tris klases: androgenus, estrogenus ir progestogenus, o trys pagrindiniai šių klasių nariai yra atitinkamai testosteronas, estradiolis ir progesteronas (Vardanyan ir Hruby, 2016, p. 27). Steroidiniai hormonai yra mažos lipofiliškos molekulės, todėl jos gali difunduoti per kraujo–smegenų barjerą į smegenis ir iš jų transmembraninės difuzijos būdu (Banks, 2012). Manoma, kad lytiniai hormonai gali veikti su erdviniu suvokimu susijusias smegenų sritis tiek prenataliniu laikotarpiu, tiek jau po gimimo (Levine et al., 2016). Yra žinoma, kad androgenų ir estrogenų receptoriai yra išsidėstę asociatyvinėje žievėje, kuri yra susijusi su sudėtingomis kognityvinėmis funkcijomis, tame tarpe ir erdviniais gebėjimais (Carrillo et al., 2010). Taip pat yra žinoma, kad moterų menstruacinio ciklo eigoje estrogenų ir progesteronų lygiai kinta ir menstruacinis ciklas gali būti skirstomas į tris fazes: ankstyvąją folikulinę (žemas estradiolio ir progesterono lygis), ovuliacijos (aukštas estradiolio, žemas progesterono lygis) ir vidurinę geltonkūnio fazę (aukštas estradiolio ir progesterono lygis) (Bernal ir Paolieri, 2022). Svarbu paminėti, kad moterų MR užduočių atlikimas koreliuoja su lytinių hormonų svyravimais šių fazių metu: aukštesnės estradiolio koncentracijos yra siejamos su prastesniu tikslumu (Griksiene et al., 2019; Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2000; Maki et al., 2002), o aukštesnės progesterono koncentracijos yra siejamos su lėtesniu užduočių atlikimu (Courvoisier et al., 2013; Griksiene et al., 2019; Noreika et al., 2014). MR užduočių atlikimo sąveikos yra stebimos ir su testosteronu, tačiau rezultatai nėra vienareikšmiai: yra randami teigiami, neigiami ir apverstos U formos ryšiai tarp MR užduočių atlikimo ir testosterono koncentracijų (Courvoisier et al., 2013).

1.5.1. Testosteronas

Hooven et al. (2004), naudodami S&M paradigma paremtą užduotį parodė, kad vyrų testosterono koncentracija teigiamai koreliuoja su atlikimo tikslumu ir neigiamai su atlikimo greičiu. Tyrėjai parodė, kad neigiama koreliacija su atlikimo greičiu pasireiškia per *intercept* vertės mažėjimą, todėl tai reiškia, kad aukšta testosterono koncentracija yra susijusi ne su greitesniu objektų sukimu mintyse, o su matomų stimulų kodavimu, lyginimu, sprendimo priėmimu ir/ar jo įgyvendinimu (Hooven et al., 2004). Taikant V&K paradigmą yra pastebėta, kad užduotis yra atliekama tiksliau esant didesnei testosterono koncentracijai tiek vyrų (Hausmann et al., 2009), tiek ir moterų (Hausmann et al., 2000) atvejais. Taip pat yra duomenų, rodančių, kad egzogeninis testosteronas gali laikinai pagerinti moterų MR užduočių atlikimą: Aleman et al. (2004) ir Pintzka et al. (2016) parodė, kad 0,5 mg testosterono pagerina moterų tikslumą atliekant V&K paradigmos užduotį. Courvoisier et al. (2013), taikydami S&M paradigmą pastebėjo skirtingus testosterono koncentracijos ir atsakymo laiko ryšius tarp vyrų ir moterų. Vyrų atveju, šis ryšis yra U formos: reakcijos laikas yra trumpiausias esant vidutinėms testosterono koncentracijoms. Tuo tarpu moterų atveju trumpiausias reakcijos laikas buvo stebimas prie aukštų testosterono koncentracijų. Vis dėlto, svarbu atkreipti dėmesį ir į tai, kad dalyje tyrimų nėra randamos reikšmingos koreliacijos tarp MR užduočių atlikimo ir testosterono koncentracijos tiek suaugusiųjų (Griksiene et al., 2019; Kozaki ir Yasukouchi, 2008; Kubranská et al., 2014; Puts et al., 2010), tiek ir vaikų atvejais (Quaiser-Pohl et al., 2016).

Alexander ir Son (2007) tyrime buvo stebimas ryšis tarp tiriamųjų testosterono koncentracijos seilėse ir akių judesių parametrų sprendžiant V&K paradigmos užduotį. Tyrėjai pastebėjo, kad moterų atveju testosterono koncentracija koreliavo su fiksacijų kiekiu: esant didesnėms testosterono koncentracijoms, daugiau fiksacijų buvo atliekama žiūrint į pagrindinę figūrą bei į jai identiškus, o ne veidrodinius atsakymų variantus. Taip pat buvo pastebėta teigiama koreliacija tarp fiksacijų trukmės žiūrint į teisingus atsakymų variantus ir testosterono koncentracijos. Vis dėlto, šie ryšiai nebuvo susiję su užduoties atlikimo tikslumu. Tuo tarpu vyrų atveju nebuvo rasta reikšmingo ryšio tarp testosterono koncentracijos ir fiksacijų kiekio ar trukmės.

1.5.2. Estradiolis ir progesteronas

Estradiolis ir progesteronas sąveikauja su specifiniais receptoriais, kurie skatina lėtus genominius ir greitus ne genominius efektus (Bernal ir Paolieri, 2022). Remiantis duomenimis, gautais iš graužikų ir nežmogiųjų primatų smegenų, estrogenų ir progesteronų receptoriai yra ekspresuojami migdoliniame kūne, hipokampe, juostinėje žievėje, siūlės branduolyje (*raphe nuclei*), smegenų kamieno cerebrospinalinio kanalo srities pilkojoje medžiagoje (angl. *central gray matter*) ir prefrontalinėje

žievėje (McEwen, cit. pgl. Shirazi et al., 2021). Yra žinoma, kad estradiolis skatina hipokampo neuronų neurogenezę, spinogenezę ir sinaptogenezę, o tai yra svarbu, nes ši smegenų dalis yra susijusi su erdvine navigacija remiantis alocentriniais atskaitos taškais (Bernal ir Paolieri, 2022). Progesteronas taip pat dalyvauja šiuose procesuose skatindamas arba slopindamas estradiolio sukeltus efektus (apžvelgta: Bernal ir Paolieri, 2022). Taip pat yra stebima, kad estradiolis ir progesteronas moduliuoja priešaktinės žievės dendritų spygliukų augimą ir sinapsių susidarymą žiurkėse ir pelėse (apžvelgta: Bernal ir Paolieri, 2022).

Carrillo et al. (2010) įvertino skirtumus tarp translyčių moterų (biologinė vyriška lytis buvo pakeista į moterišką) ir cislyčių vyrų (nėra lyties keitimo) smegenų aktyvumo atliekant V&K paradigmos užduotį. Translytės moterys, lyties keitimo tikslu vartojo estradiolį, todėl tyrėjai galėjo įvertinti estradiolio įtaką žmonėms, kurių biologinė lytis buvo identifikuota kaip vyriška. Taigi, tyrėjai pastebėjo, kad translyčių moterų viršutinės parietalinės skilties aktyvumas yra silpnesnis nei cislyčių vyrų sprendžiant MR tipo užduotis. Taip pat tyrėjai pastebėjo reikšmingą neigiamą koreliaciją tarp hormoninio gydymo trukmės ir parietalinės, okcipitalinės ir temporalinės sričių aktyvumo translyčių moterų smegenyse sprendžiant šias užduotis. Taigi, tai galėtų reikšti, kad estradiolis, veikdamas tam tikrų smegenų sričių struktūrą ir/ar funkciją, turi įtakos MR užduočių atlikimui.

Tai, kad MR tipo užduotys yra atliekamos tiksliau esant žemesnėms estradiolio koncentracijoms yra parodyta taikant V&K paradigma parentas užduotis (Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2000; Maki et al., 2002), taip pat tokia tendencija yra stebima ir taikant S&M paradigmą (Griksiene et al., 2019). Kozaki ir Yasukouchi (2008), taikydami S&M paradigmą parodė, kad vyrams aukštesnės estradiolio koncentracijos yra susijusios su lėtesniu objektų sukimu mintyse. Kita vertus, Shirazi et al. (2021) ištyrė 528 moteris ir nerado reikšmingo ryšio tarp estradiolio ir MR užduočių atlikimo. Patel et al. (2022) taip pat nerado MR užduoties atlikimo skirtumų tarp aukštą ir žemą estradiolio koncentraciją turinčių moterų. Užduoties atlikimo sąsajų su estradioliu nepastebėjo ir Zhu et al. (2015), tačiau tai galima paaiškinti maža tiriamųjų imtimi. Taip pat šis ryšys nebuvo pastebėtas tiriant 9-14 metų vaikus (Quaiser-Pohl et al., 2016).

Courvoisier et al. (2013) parodė, kad progesteronas yra susijęs su lėtesniu MR užduočių atlikimu moterims, bet ne vyrams. Noreika et al. (2014) pastebėjo, kad moterys mėnesinių ciklo geltonkūnio fazės metu MR užduotis atliko lėčiau už vyrus ir už moteris folikulinės fazės metu. Koreliacinė hormonų ir atsako laiko analizė atskleidė tendenciją, kad didėjant progesterono koncentracijai atsako laikas ilgėja ($r = 0,37$, $p = 0,07$). Panašaus stiprumo tendencija, kad ilgesnis atsako laikas yra susijęs su didesne progesterono koncentracija, taip pat buvo pastebėta ir Griksiene et al. (2019) tyrime.

Maki et al. (2002), taikant V&K paradigmą parodė, kad moterys vidurinėsios geltonkūnio fazės metu daro daugiau klaidų nei moterys folikulinės fazės metu. Tuo tarpu Shirazi et al. (2021) pastebėjo priešingą ryšį – progesteronas teigiamai koreliavo su tikslumu taikant tą pačią V&K paradigmą. Kita vertus, Hausmann et al. (2000) ir Hampson et al. (2014) nepastebėjo reikšmingo ryšio tarp šios paradigmos užduoties atlikimo tikslumo ir progesterono koncentracijos.

1.5.3. Hormoninė kontracepcija

Kadangi MR užduočių atlikimas yra susijęs su estradiolio ir progesterono koncentracijomis, tai reiškia, kad hormoninės kontracepcijos vartojimas taip pat gali būti susijęs su šių užduočių atlikimu. Yra žinoma, kad geriamoji kontracepcija slopina folikulų augimą, mažina endogeninių lytinių hormonų kiekį ir pašalina mėnesinius hormoninius svyravimus (Griksiene ir Ruksenas, 2011). Didžioji dalis geriamosios kontracepcijos turi tiek estrogenų (paprastai etinilestradiolio), tiek ir progestinų (Beltz et al., 2015). Visi progestinai jungiasi prie progesterono receptorių, bet taip pat veikia ir kitų steroidinių hormonų receptorių (androgenų, estrogenų, gliukokortikoidų ir mineralkortikoidų). Priklausomai nuo to, ar jų poveikis androgenų receptoriams yra agonistinis ar antogonistinis, progestinai gali būti klasifikuojami į androgeninius ir antiandrogeninius (Griksiene et al., 2018). Geriamojoje kontracepcijoje naudojami progestinai taip pat gali būti skirstomi į keturias kartas: pirmosios kartos progestinai yra nebenaudojami, antrosios (pvz. levonorgestrelis, noretindronas) ir trečiosios (pvz. gestodenas, dezogestrelis, norgestimatas) kartų progestinai dažniausiai yra androgeniniai (antrosios kartos labiau nei trečiosios), o ketvirtosios (pvz. drospirenonas) – antiandrogeniniai (Beltz et al., 2015; Griksiene ir Ruksenas, 2011).

Wharton et al. (2008), taikydami V&K paradigmą, nerado užduoties atlikimo skirtumų tarp geriamąją kontracepcija vartojančių ir jos nevartojančių moterų. Tačiau skirtumai buvo pastebėti tiriamąsias suskirsčius į grupes pagal tai, kokios kartos kontracepcija buvo vartojama. Paaiškėjo, kad moterys, vartojančios antrosios kartos kontracepciją, užduotį atliko tiksliau už jos nevartojančias arba vartojančias trečios ar ketvirtos kartos kontracepciją moteris. Taip pat tyrėjai pastebėjo, kad moterys, vartojančios ketvirtosios kartos kontracepciją, užduotį atlikinėjo prasčiau už kontracepcijos nevartojančias moteris. Taigi, lyginant hormoninę kontracepciją vartojančių ir jos nevartojančių moterų duomenis, svarbu atsižvelgti į tai, kokios kartos preparatai yra vartojami. Ryšį tarp antiandrogeninės geriamosios kontracepcijos ir prastesnio užduoties atlikimo tikslumo taip pat parodė Griksiene ir Ruksenas (2011), taikydami S&M paradigmą. Vis dėlto, svarbu paminėti, kad reikšmingi skirtumai buvo stebimi tik esant didesniai kampiniam skirtumui tarp figūrų. Taip pat šie tyrėjai pastebėjo, kad

moterų, vartojančių trečiosios kartos kontracepciją, atsakymo laikas buvo ilgesnis nei kontracepcijos nevartojančių moterų.

Beltz et al. (2015) tyrimu buvo parodyta, kad moterys, vartojančios monofazinę geriamąją kontracepciją, V&K paradigmos užduotį atlieka geriau už kontracepcijos nevartojančias moteris. Autorių teigimu tai yra susiję su etinilestradiolio koncentracija, nes moterų, vartojančių monofazinę kontracepciją, etinilestradiolio koncentracijos buvo žemesnės nei moterų, vartojančių trifazę. Tačiau taip pat svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad šiame tyrime į monofazinės kontracepcijos sudėtį įėjo noretindronas (antros kartos androgeninis progestinas). Kita vertus Patel et al. (2022) atskleidė, kad moterų, vartojančių monofazinę kontracepciją su progestinu noretindronu, V&K paradigmos užduoties tikslumas nesiskyrė nuo kontracepcijos nevartojančių moterų tikslumo.

Griksiene et al. (2018) pastebėjo, kad monofazinę antiandrogeninę geriamąją kontracepciją vartojančių moterų tikslumas buvo žemesnis už vyrų ir kontracepcijos nevartojančių moterų tikslumą. Taip pat kontracepciją vartojančių moterų atsakymo laikas buvo trumpesnis. Tyrėjai parodė, kad galimai šią kontracepciją vartojančios moterys naudojo alternatyvias, o ne objektų sukimo strategijas atliekant S&M paradigmos užduotį. Šių moterų krypties koeficientas atsakymo laiko funkcijai buvo mažesnis už vyrų ar kontracepcijos nevartojančių moterų. Tyrėjų teigimu, kontracepciją vartojančių moterų tikslumas ir atsakymo laikas beveik nepriklausė nuo kampinio skirtumo tarp figūrų, todėl gali būti, kad sprendžiant MR tipo užduotis jos nesuko objektų mintyse, o taikė alternatyvias strategijas.

1.6. Apibendrinimas

Apibendrinant apžvelgtą literatūrą galima teigti, kad egzistuoja skirtumai tarp vyrų ir moterų MR gebėjimų ir kad tam gali turėti įtakos lytiniai hormonai. Taip pat galima teigti, kad užduotys, naudojamos MR gebėjimams įvertinti, gali būti sprendžiamos taikant tiek sukimo mintyse, tiek alternatyvias strategijas. Tai gali reikšti, kad su lytimi ar lytinių hormonų koncentracija siejami MR skirtumai nebūtinai yra susiję tik su skirtingai įtraukiamais MR kognityvinio proceso subprocesais (matomo stimulo suvokimo, stimulo ir jo išsidėstymo identifikavimo, viso objekto arba jo dalių sukimo mintyse, stimulų poros įvertinimo, atsakymo pasirinkimo ir įgyvendinimo), bet taip pat gali būti susiję ir su nevienodu strategijų pasirinkimu. Įvertinti MR užduotyje naudojamas strategijas nėra paprasta. Tyrėjai tam pasitelkia įvairius metodus – klausia tyrimo dalyvių kokią strategiją jie naudojo, vertina užduoties atlikimo parametrus ir/arba susijusius psichofiziologinius parametrus. Pavyzdžiui, užduoties atlikimo reakcijos laikas, vertinamas atsižvelgiant į kampinį skirtumą tarp figūrų, leidžia preliminariai įvertinti kokia strategija buvo naudojama ir ar ji buvo keičiama. Tuo tarpu akių judesių parametrai leidžia nustatyti kur, kaip dažnai ir kiek ilgai buvo kreipiamas vizualinis dėmesys. Taigi, akių judesių

sekimo metodika gali suteikti papildomos informacijos apie kognityvinius procesus, vykstančius sprendžiant MR užduotį, ir šių procesų ryšį su lytimi ir/ar lytiniais hormonais.

2. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI

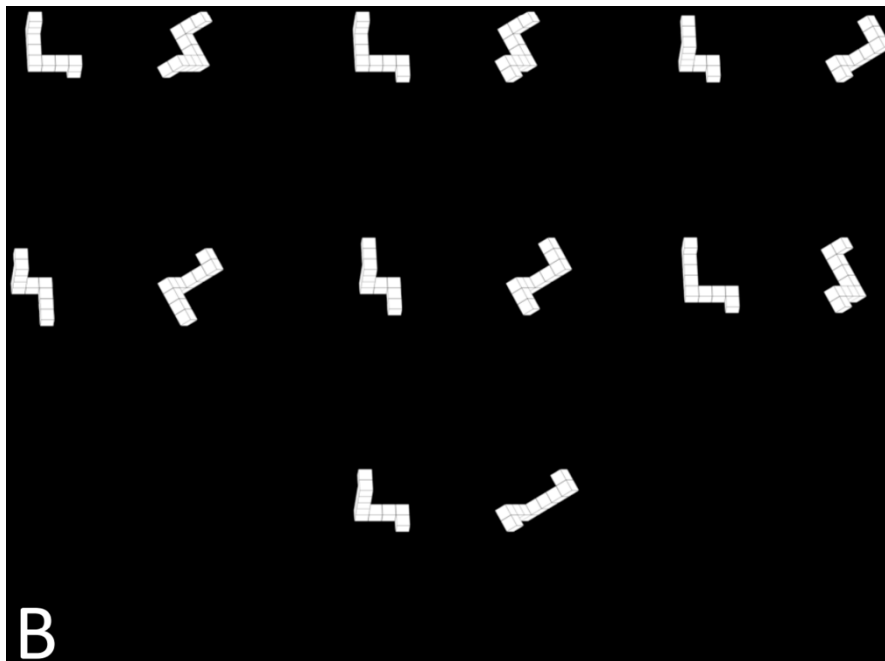
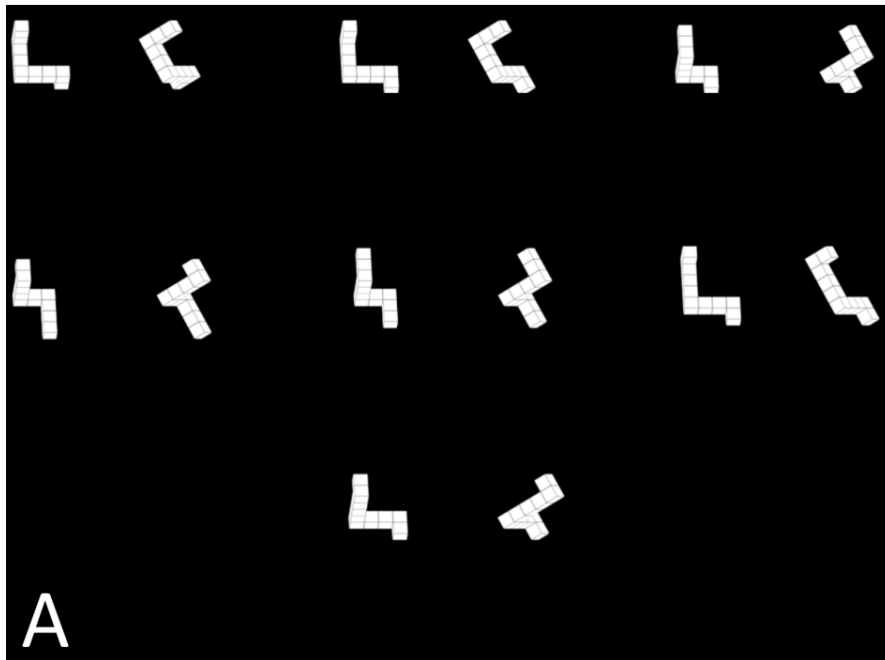
Tyrimui atlikti buvo gautas Vilniaus regioninio biomedicininų tyrimų etikos komiteto leidimas nr. 2020/4-1223-708. Išdavimo data – 2020-04-28. Visi tiriamieji prieš pradėdant tyrimą pasirašė informuoto sutikimo formą.

2.1. Tiriamieji

Tyrimo dalyvavo 95 žmonės (35 vyrai, 35–ios natūralų menstruacinį ciklą turinčios moterys (toliau NC) ir 25–ios geriamąją hormoninę kontracepciją vartojančios moterys (toliau HK)). Dviejų vyrų, dviejų NC ir vienos HK duomenys buvo pašalinti, nes jų vidutinis užduoties atlikimo tikslumas buvo mažesnis už vertę gautą iš jų grupės vidurkio atėmus du standartinius nuokrypius. Taip pat vienos HK duomenys buvo pašalinti, nes esant vienai užduoties sąlygai ji nepateikė nei vieno teisingo atsakymo, o tai gali reikšti, kad ji nesuprato užduoties. Taigi, tolimesnėje analizėje buvo naudojami 89 dalyvių duomenys: 33 vyrai (amžius $23,2 \pm 4,1$ m.), 33 NC ($26,2 \pm 4,6$ m.) ir 23 HK ($24,2 \pm 4,0$ m.). Šešios HK moterys vartojo hormoninę kontracepciją, kurios sudėtyje buvo androgeninių progesterinų.

2.2. MR užduotis

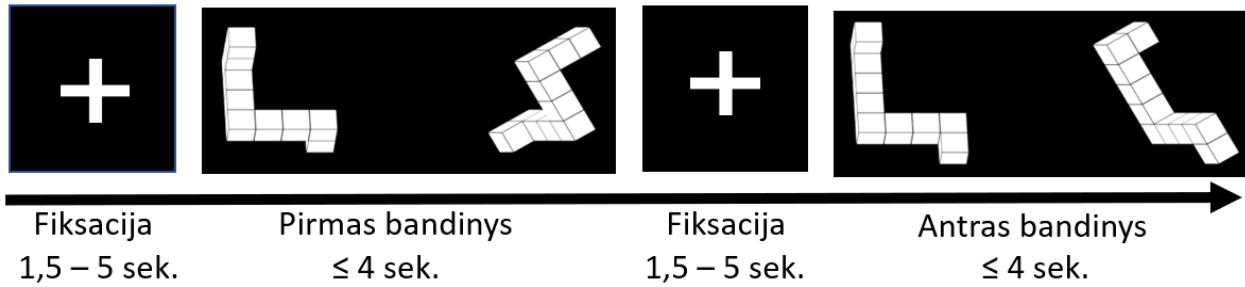
Šio tyrimo metu buvo naudojamos septynios skirtingos erdvinės figūros, sukurtos remiantis S&M paradigma (2.1 pav.). Iš viso buvo naudojami aštuoni vienos figūros variantai, kuomet dešinėje esanti figūra buvo pasukta 15° , 35° , 55° , 75° , 95° , 115° , 135° arba 155° kampu kairėje esančios figūros atžvilgiu. Kairėje esanti figūra visada buvo pasukta 5° tam, kad neatrodytų dvimatė ir neklaidintų tiriamųjų. Regos kampas tarp abiejų figūrų centrinių dalių – $11,43^\circ$. Eksperimento metu viso buvo pateikta 240 stimulų porų iš kurių 160 atvejų (66 %) figūros buvo identiškios (2.1 pav. A), o 80 atvejų (33 %) – skirtingos (2.1 pav. B). Eksperimentas buvo padalintas į keturis blokus po 60 stimulų. Po kiekvieno bloko tiriamasis galėjo iki dviejų minučių pailsėti.



2.1 pav. Tyrime naudotos figūros. Šiame paveiksle yra pavaizduotos visos naudotos figūros (pasuktos 55°). A) Vienodos figūros; B) Skirtingos figūros (veidrodiniai atspindžiai).

Bandinio metu viena stimulų pora buvo rodoma iki 4 sek. (2.2 pav.). Jeigu atsakymas nebuvo pateikiamas per 4 sek., bandinys užfiksuojamas kaip neatsakytas. Laiko tarpe tarp bandinių (iki 5 sek.) buvo rodomas fiksacijos kryželis. Tiriamojo buvo prašoma žiūrėti tiesiai į kryželį. Kryželis visada buvo rodomas 1 sek., o po to, jeigu žvilgsnis į kryželį buvo palaikomas bent 0,5 sek., prasidėdavo naujas bandinys. Aplink kryželį buvo nustatyta 100 px skersmens dominanti sritis, kuri

naudojama nustatyti ar nėra reikalinga žvilgsnio kalibracija, kuri buvo atliekama kas kartą kai tiriamajam nepavykdavo bent 0,5 sek. išlaikyti žvilgsnio šioje srityje.



2.2 pav. Bandinių pateikimo schema. Šiame paveiksle pateikti tik du iš eilės rodomi bandiniai. Juoda rodyklė reprezentuoja laiko skalę.

2.3. Klausimynai

Tiriamųjų buvo prašoma pateikti jų demografinius duomenis, užpildyti rankiškumo testą (Oldfield, 1971), daugialypių su lytimi susijusių bruožų psichometrinių savybių klausimyną (angl. *Psychometric Properties of the Multifaceted Gender-Related Attributes Survey (GERAS)*) (Gruber et al., 2020), generalizuoto nerimo sutrikimo (angl. *Generalized anxiety disorder (GAD)*) (Butkutė-Šliuožienė, 2019; Spitzer et al., 2006) bei teigiamo ir neigiamo afekto (angl. *Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)*) (Watson et al., 1988; Šilinskas ir Žukauskienė, 2004) klausimynus. Tiriamieji įvertino nuovargį ir išsimiegojimą prieš eksperimentą vaizdinėje analoginėje skalėje (angl. *visual analogue scale (VAS)*).

Jeigu tiriamoji profesija arba dalyvavimo eksperimente metu studijuojamas dalykas priklausė STEM sričiai, tiriamasis buvo priskiriamas STEM grupei. Rankiškumo testą sudarė klausimai apie kairės ir dešinės rankų naudojimą atliekant įprastus buitines darbus. Galutinis balas galėjo svyruoti nuo –100 iki 100. Neigiami balai nurodė kairės rankos dominavimą, o teigiami – dešinės. GERAS klausimyną sudarė teiginiai apie tiriamąją asmenybę, pažintinius gebėjimus ir pomėgius bei veiklas. Tiriamųjų buvo prašoma įvertinti kaip dažnai kiekvienas iš įvardintų teiginių tinka jiems apibūdinti skalėje nuo 1 (niekada) iki 7 (visada). Kiekvienas teiginys buvo priskirtas kaip labiau būdingas moteriškai arba vyriškai socialinei lyčiai, todėl buvo vertinami šeši tiriamųjų įverčiai: vyriška asmenybė, moteriška asmenybė, vyriški pažintiniai gebėjimai, moteriški pažintiniai gebėjimai, vyriški pomėgiai ir moteriški pomėgiai. GAD klausimyne tiriamieji turėjo įvertinti kaip dažnai per pastarąsias dvi savaites juos kamavo septynios su nerimu susijusios problemos. Kiekvienai problemai įvertinti buvo galimi keturi pasirinkimai: visai nekamavo, keletą dienų, daugiau nei pusę iš visų dienų, beveik kiekvieną dieną. Minimalus balų skaičius – 0, o maksimalus – 21. 0–4 balai nurodo minimalų nerimą, 5–9 – silpną, 10–14 – vidutinį, o 15–21 – stiprų nerimą. PANAS klausimyne buvo pateikiami 22

žodžiai, apibūdinantys skirtingus jausmus ir emocijas. Tiriamųjų buvo prašoma įvertinti kiekvieną jausmą ar emociją Likerto skalėje, nusakant kiek duotasis jausmas ar emocija yra jiems būdingi (1 – visiškai ne arba labai mažai, 5 – labai daug). Kiekvienas žodis leido įvertinti tiriamojo teigiamą arba neigiamą emocingumą. Tiek teigiamo, tiek neigiamo emocingumo balai galėjo svyruoti nuo 11 iki 55. Aukštesnis balų skaičius reiškė stipriau išreikštą emocingumą. Nuovargiui ir išsimiegojimui prieš eksperimentą įvertinti buvo naudojamas 10 cm ilgio VAS skalė. Nuovargio įvertinimo atveju, tiriamųjų buvo klausama „kaip labai jaučiatės pavargęs (–usi)?“ ir prašoma įvertinti nuovargį dedant brūkšni atkarpoje. Kairiausioje skalės pusėje buvo nurodyta „visai nėra nuovargio“, o dešiniausioje – „maksimalus nuovargis“, t.y. dešiniau padėtas brūkšnys nurodė didesnį patiriamą nuovargį. Išsimiegojimo vertinimo atveju buvo klausama „kaip gerai šią naktį išsimiegojote?“, kairiausioje skalės pusėje buvo nurodyta „išsimiegojau prastai“, o dešiniausioje – „išsimiegojau puikiai“, t.y. dešiniau padėtas brūkšnys nurodė geresnį išsimiegojimą. Gauti rezultatai buvo paversti į procentinę išraišką – kuo dešiniau buvo padėtas brūkšnys – tuo didesnė procentinė vertė buvo suteikta.

Taip pat atlikus MR užduotį, tiriamųjų buvo prašoma užpildyti klausimyną apie eksperimento metu naudotas strategijas. Šiame klausimyne buvo pateiktos aštuonios strategijos ir tiriamasis turėjo įvertinti kiek kiekviena jų jam buvo svarbi Likerto skalėje (1 – visiškai nesvarbi, 5 – labai svarbi). Galimi strategijų variantai buvo tokie: aš įsivaizdavau, kad suku visą figūrą tam, kad įsitikinčiau ar figūros yra vienodos (1); pirmiausia įsivaizdavau kaip pasukti dalį objekto, tada patikrinau ar likusią dalį galima pasukti tokiu pačiu būdu taip, kad abi figūros būtų vienodos (2); aš įsivaizdavau, kad figūra stovi vietoje, o aš vaikštau aplink ir apžiūriu ją iš skirtingų pusių (3); aš įsivaizdavau, kad figūra yra gyvūnas ir įsivaizdavau kur būtų jo galva, rankos ar uodega (4); skaičiavau kubų skaičių viduriniuose figūros segmentuose (5); skaičiavau kubų skaičių galiniuose figūros segmentuose (6); aš analizavau figūros segmentų kryptis (7); aš keičiau strategijas priklausomai nuo užduoties sudėtingumo (8). Visoms aštuonioms strategijoms buvo suteikti pavadinimai, ta pačia eilės tvarka: holistinė (1), analitinė (2), perspektyvos keitimo (3), įkūnijimo (4), vidurinių kubų skaičiavimo (5), galinių kubų skaičiavimo (6), segmentų krypties įvertinimo (7), strategijų keitimo (8). Holistinė (1) ir analitinė (2) strategijos dar buvo sugrupuotos į bendrą objektų sukimo strategiją, o vidurinių (5) ir galinių (6) kubų skaičiavimo strategijos buvo įtrauktos į bendrą kubų skaičiavimo strategiją. Taigi, analizuojamos buvo šešios strategijos: objektų sukimo, perspektyvos keitimo, įkūnijimo, kubų skaičiavimo, segmentų krypties įvertinimo ir strategijų keitimo.

Taip pat tiriamieji galėjo įrašyti kitą jų naudojamą strategiją ir įvertinti jos svarbą. Vienas vyras kaip kitą strategiją įvardino dešinės figūros sukimą ir suteikė jai 5 balus, todėl, jo atveju, 1–ajai

strategijai buvo suteikti 5 balai. Visais kitais atvejais kitos strategijos buvo įvardintos abstrakčiai (pvz. „vertinau simetrijos ašį“, „intuicija“, „atkreipiau dėmesį į kampus“), todėl jų balai nebuvo priskirti jokiai iš aštuonių paminėtų strategijų ir jos nebuvo įtrauktos į tolimesnę analizę.

2.4. Seilių mėginių ėmimas ir hormonų lygio įvertinimas

Seilių mėginiai buvo imami du kartus – prieš tyrimą ir po jo. Maždaug 30 min iki pirmojo mėginio ėmimo tiriamieji išsiskaludavo burną su vandeniu. Taip pat tiriamųjų buvo prašoma valandą prieš tyrimą nerūkyti, nevalgyti ir negerti stimuliuojančių gėrimų. Surinkti seilių mėginiai (~1,5 ml seilių viename mėgintuvėlyje) buvo laikomi šaldiklyje –80 °C temperatūroje. Laisvojo 17β–estradiolio, progesterono ir testosterono koncentracijos buvo įvertintos taikant imunofermentinę analizę (angl. *enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)*). 17β–estradiolio koncentracijai įvertinti buvo naudojamas *Salivary 17β-Estradiol Enzyme Immunoassay (I-3702) (Salimetrics, LLC)* rinkinys, progesterono koncentracijai nustatyti buvo naudojamas *Salivary Progesterone Enzyme Immunoassay (I-2502) (Salimetrics, LLC)* rinkinys, o testosterono koncentracijai įvertinti – *Salivary Testosterone Enzyme Immunoassay (I-2402) (Salimetrics, LLC)* rinkinys. Hormonų koncentracijų analizė buvo atliekama pagal gamintojo pateiktus protokolus. Dėl nustatymo metu kilusių techninių nesklandumų estradiolio koncentracijos didžiojoje dalyje mėginių nepavyko nustatyti, todėl šio hormono vertės į tolesnę rezultatų analizę nebuvo įtrauktos.

2.5. Tyrimo eiga

Tiriamajam atvykus į laboratoriją, buvo prašoma užpildyti klausimynus, paimamas jo seilių mėginys ir atliekamas Miles testas dominuojančiai akiai nustatyti (Miles, 1930). Šio testo metu tiriamojo buvo prašoma ištiesti rankas ir suglaudus nykščius bei rodomuosius pirštus padaryti tarpą, kurio viduje būtų matomas ant laboratorijos sienos esantis objektas. Tuomet tiriamojo buvo prašoma iš eilės užmerkti vieną, o po to kitą akį ir informuoti su kuria atmerkta akimi objektas lieka matomas.

Prieš pradėdant tyrimą, tiriamasis buvo informuojamas, kad ekrane vienu metu matys dvi trimates figūras – vieną kairėje pusėje, o kitą dešinėje. Dešinėje esanti figūra bus pasukta vertikalioje ašyje prieš laikrodžio rodyklę pirmosios figūros atžvilgiu. Tiriamasis informuojamas, kad jo tikslas yra kiek įmanoma greičiau ir tiksliau įvertinti ar figūros yra vienodos, ar skirtingos. Jeigu figūros yra vienodos, spaudžiamas prietaiso *Cedrus Response Pad RB-540 (Cedrus Corporation)* žalias mygtukas, o jeigu skirtingos – raudonas. Tiriamajam paaiškinama, kad figūros yra laikomos skirtingomis tuomet, kai dešinėje esanti figūra yra veidrodinis kairėje esančios figūros atspindys. Tiriamajam patvirtinus, kad užduotis buvo suprasta, buvo pradėdama apmokomoji užduotis su 16 bandinių, kuriuos sudarė

visos eksperimente naudojamos figūros bei visi kampų dydžiai. Taip pat tiriamasis pagal pateikiamą grįžtamąjį ryšį (fiksacijos kryželio spalvą: raudonas – neteisingai, žalias – teisingai), galėjo įvertinti kada atsakoma teisingai, o kada ne. Atlikus mokomąjį eksperimentą ir įsitikinus, kad tiriamasis suprato užduotį, buvo atliekama dominuojančios akies kalibracija ir validacija taikant devynių taškų matricą ir naudojant *EyeLink 1000 (SR Research Ltd.)* įrangą. Sukalibravus įrangą, buvo pradamas pagrindinis eksperimentas. Atlikus eksperimentą, tiriamųjų buvo prašoma užpildyti klausimyną apie jų naudojamas strategijas užduočiai atlikti.

2.6. Akių judesių ir elgseninių parametrų apdorojimas

Fiksacijų kiekis, jų trukmė, tiriamųjų reakcijos laikas ir užduoties atlikimo tikslumas buvo matuojami naudojant akių judesių sekimo įrangą *EyeLink 1000 (SR Research Ltd.)*. Naudojant *EyeLink Data Viewer 4.2.1 (SR Research Ltd.)* programinę įrangą visos fiksaacijos, kurių trukmė < 150 ms, o atstumas iki po to arba prieš tai esančios fiksaacijos < 2° buvo apjungiamos. Likusios < 90 ms fiksaacijos buvo pašalinamos iš analizės. Taip pat naudojant šią įrangą buvo brėžiamos dominančios sritys kairės ir dešinės figūrų ribose. Į dominančią sritį buvo įtraukiamos ne tik pačios figūros ribos, bet ir 50 px atstumas nuo figūros krašto (viršutinio, apatinio, kairės ir dešinės pusės). Vėliau visi duomenys buvo eksportuojami ir apdorjami naudojant *Python 3.9.12* ir *JupyterLab 2.2.6* aplinką.

2.7. Statistinė analizė

Pearson ir Spearman koreliacijų skaičiavimui bei duomenų vaizdavimui buvo naudojama *Python 3.9.12* programavimo kalba ir *JupyterLab 2.2.6* aplinka. *JASP (JASP Team) 0.16.1* programinė įranga buvo naudojama atliekant ANOVA analizes, χ^2 ir *post hoc* testus. Vertinant tikslumą, reakcijos laikus ir fiksaacijų trukmes buvo naudojama pakartotinių matavimų dispersinė analizė (angl. *repeated measures analysis of variance (RM ANOVA)*). Lyginant tiriamųjų demografinius duomenis ir klausimynų rezultatus, buvo naudojama vienfaktorinė ANOVA. Taip pat vienfaktorinė ANOVA buvo naudojama hormonų koncentracijų skirtumams tarp grupių įvertinti. Atliekant *post hoc* testus visais atvejais buvo naudojama Bonferroni korekcija. Vertinant tiriamųjų pasiskirstymą STEM grupėje, buvo atliekamas χ^2 testas. *Spearman* koreliacijos buvo atliekamos vertinant ryšius į kuriuos buvo įtrauktos užduoties atlikimo strategijos. Visais kitais atvejais buvo taikomos *Pearson* koreliacijos. Tiriamųjų hormonų koncentracijų ir demografinių rezultatų vidurkiai yra pateikiami kartu su standartiniais nuokrypiais, o visų kitų rezultatų vidurkiai yra pateikiami kartu su standartinėmis paklaidomis.

3. TYRIMŲ REZULTATAI

Yra žinoma, kad lyginant atsakymus, gautus naudojant identiškus stimulus su atsakymais gautais naudojant veidrodinius stimulus, skiriasi elgseniniai rezultatai (Paschke et al., 2012). Todėl atsakymai, gauti naudojant veidrodinius stimulus (33% visų bandinių) nebuvo analizuojami tam, kad būtų išvengtas veidrodinių stimulų sukeliamas efektas. Taip pat nebuvo analizuojami bandiniai, kurių metu atsakymas nebuvo pateiktas.

3.1. Demografiniai

Pirmiausia buvo atliktas demografinių duomenų ir klausimynų rezultatų palyginimas tarp trijų tiriamųjų grupių. Skirtumai buvo įvertinti atliekant vienfaktorinę ANOVA analizę ir taikant *post hoc* testus. 3.1 lentelėje galima matyti, kad vyrai buvo reikšmingai jaunesni už NC moteris ($p = 0,02$), o HK moterys buvo reikšmingai nerimastingesnės už vyrus ($p = 0,002$). χ^2 testas atskleidė, kad tiriamųjų pasiskirstymas į STEM ir ne STEM grupes nebuvo tolygus ($\chi^2_{(2, N = 89)} = 12,196, p = 0,002$). *Post hoc* testas parodė, kad reikšmingai didesnė dalis tiriamųjų priklausė STEM grupei tik vyrų atveju (koreguota liekana vyrų atveju buvo aukštesnė už z kriterijų ($3,49 > 2,39$)). Statistiškai reikšmingų skirtumų vertinant kitus parametrus nebuvo gauta (visi $p \geq 0,157$).

3.1 lentelė. Tiriamųjų demografiniai duomenys. Lentelėje pateikiami vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai

	NC	HK	Vyrai	Skirtumai
Amžius, m	26,2 ± 4,6	24,2 ± 4	23,2 ± 4,1	NC > vyrai ($p = 0,02$)
Rankiškumas	68,5 ± 40,8	61,9 ± 62	56,6 ± 50,2	Nereikšmingi
Nerimo lygis ^a	6,0 ± 4,4	8,3 ± 3,8	4,8 ± 2,6	HK > vyrai ($p = 0,002$)
Teigiamas afektas ^b	35,7 ± 6,5	33,8 ± 6,8	36 ± 4,7	Nereikšmingi
Neigiamas afektas ^b	26,0 ± 6,9	27,4 ± 9	23,7 ± 6,1	Nereikšmingi
Nuovargio lygis prieš tyrimą ^c , %	31,2 ± 23,9	42,2 ± 21,3	33,5 ± 23,5	Nereikšmingi
Išsimiegojimo lygis ^c , %	68,8 ± 20,8	74,1 ± 20,7	70,1 ± 23,1	Nereikšmingi
STEM ^d , %	54,5	56,5	90,9	Vyrų pasiskirstymas reikšmingai netolygus

^a Paskaičiuota remiantis GAD klausimynu.

^b Paskaičiuota remiantis PANAS klausimynu.

^c Įvertinta pagal tai, kur buvo padėtas brūkšnyš VAS skalėje.

^d Tiriamųjų, priklausančių STEM grupei, dalis.

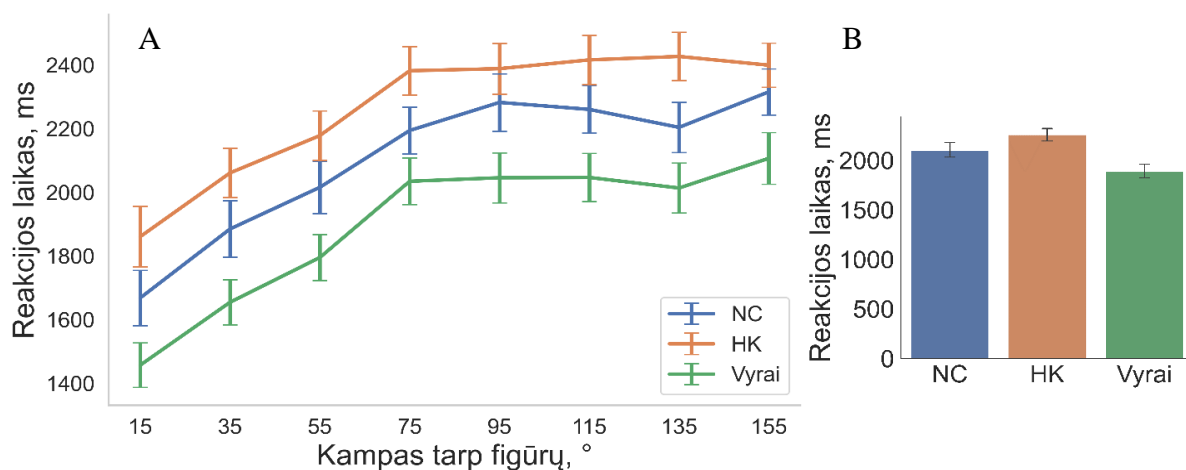
3.2. Užduoties atlikimo duomenys

Vertinant tiriamųjų reakcijos laiką buvo naudojami tik teisingai atsakę bandiniai. Reakcijos laikui ir tikslumui įvertinti buvo atlikta RM ANOVA analizė. Kadangi yra žinoma, kad erdviniai gebėjimai yra susiję su sėkme STEM srityse (Wai et al., 2009), tiriamųjų priklausymas šiai sričiai buvo

įtrauktas kaip nepriklausomas kintamasis (angl. *between subject factor*) atliekant RM ANOVA. Tam, kad būtų įvertinta ar šešių HK moterų vartojami androgeniniai progestinai turi įtakos elgseniniam rezultatams, buvo atliktos reakcijos laiko ir tikslumo RM ANOVA analizės naudojant HK grupę be šių moterų duomenų ($n = 17$) ir naudojant visų HK moterų duomenis ($n = 23$). Reakcijos laiko ir tikslumo rezultatai nesiskyrė tiek įtraukus, tiek neįtraukus androgeninius progestinus vartojančių moterų duomenis, todėl tolimesnėje analizėje buvo naudojami visų HK duomenys.

3.2.1. Reakcijos laikas

Atlikus RM ANOVA analizę vertinant reakcijos laikus, buvo gauta reikšminga kampinio skirtumo tarp figūrų įtaka ($F_{(7, 581)} = 93,506$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,53$), tačiau grupės įtaka nebuvo reikšminga (NC, HK ir vyrų) ($F_{(2, 83)} = 2,343$, $p = 0,102$, $\eta^2_p = 0,053$), priklausymas STEM grupei taip pat neturėjo reikšmingos įtakos ($F_{(1, 83)} = 3,479$, $p = 0,066$, $\eta^2_p = 0,04$). Sąveika tarp grupės (NC, HK ar vyrų) ir kampinių skirtumų buvo nereikšminga ($F_{(14, 581)} = 1,214$, $p = 0,26$, $\eta^2_p = 0,028$), taip pat nereikšminga buvo ir sąveika tarp priklausymo STEM grupei ir kampinių skirtumų ($F_{(7, 581)} = 0,897$, $p = 0,508$, $\eta^2_p = 0,011$). Nepaisant to, kad skirtumai tarp NC, HK ir vyrų buvo nereikšmingi, 3.1 (A) pav. galima matyti tendenciją, kad vyrų reakcijos laikas visose sąlygose buvo trumpiausias, o HK grupės – ilgiausias. Taip pat šiame grafike galima matyti, kad reakcijos laikas ilgėjo didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, tačiau ši tendencija išnyko nuo 75° sąlygos HK ir vyrų atvejais bei nuo 95° NC atveju. NC ir vyrų atvejais reakcijos laikas vėl pradėjo ilgėti nuo 135° sąlygos. Taip pat 3.1 (B) pav. galima matyti, kad vidutinis vyrų reakcijos laikas buvo trumpiausias (1891 ± 68 ms), NC ilgesnis (2099 ± 74 ms), o HK ilgiausias (2257 ± 66 ms).



3.1 pav. NC, HK ir vyrų reakcijų laikai kintant kampiniam skirtumui tarp figūrų (A) bei šių grupių vidutiniai reakcijų laikai (B). Grafikuose yra atvaizduojami vidurkiai ir standartinės paklaidos.

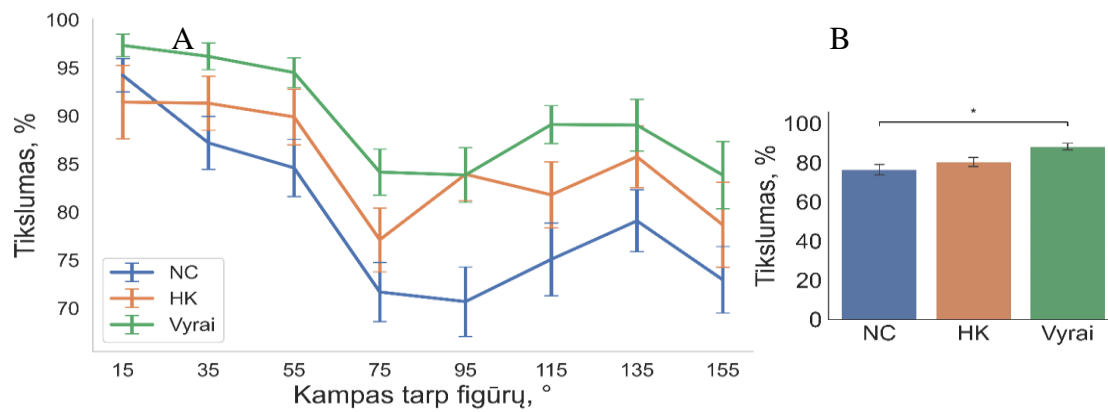
Atlikus *post hoc* analizę buvo pastebęta, kad reakcijos laikas reikšmingai pailgėjo lyginant 15° sąlygą su visomis kitomis sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 35° sąlygą su 55° ($p = 0,008$), 75°, 95°, 115°, 135° ir 155° sąlygomis ($p < 0,001$), lyginant 55° su 75°, 95°, 115°, 135° ir 155° sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais) ir lyginant 75° su 155° sąlyga ($p = 0,02$). Taigi, didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, reakcijos laikas reikšmingai ilgėjo tarp gretimų sąlygų iki 75° pasukimo kampo.

3.2.2. Tikslumas

RM ANOVA analizė vertinant atsakymų tikslumą atskleidė reikšmingą kampinio skirtumo tarp figūrų įtaką ($F_{(7, 581)} = 20,744$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,2$) ir reikšmingus skirtumus tarp grupių (NC, HK ir vyrų) ($F_{(2, 83)} = 3,775$, $p = 0,027$, $\eta^2_p = 0,083$). STEM ir ne STEM įtaka nebuvo reikšminga ($F_{(1, 83)} = 0,212$, $p = 0,646$, $\eta^2_p = 0,004$). Sąveika tarp grupės (NC, HK ar vyrų) ir kampinių skirtumų buvo nereikšminga ($F_{(14, 581)} = 1,102$, $p = 0,353$, $\eta^2_p = 0,026$), taip pat nereikšminga buvo ir sąveika tarp priklausymo STEM grupei ir kampinių skirtumų ($F_{(7, 581)} = 0,28$, $p = 0,962$, $\eta^2_p = 0,003$).

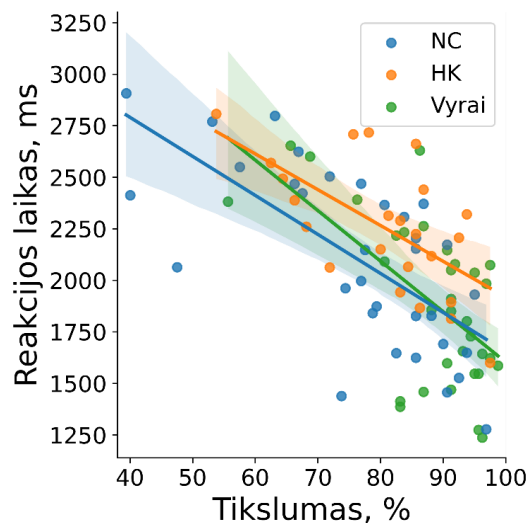
Atlikus *post hoc* analizę buvo pastebęta, kad tikslumas reikšmingai kito (mažėjo) lyginant 15° su 75°, 95°, 115°, 135° ir 155° sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 35° su 75°, 95°, 115° ($p < 0,001$), 135° ($p = 0,012$) ir 155° ($p < 0,001$) sąlygomis, lyginant 55° su 75°, 95° ($p < 0,001$), 115° ($p = 0,009$) ir 155° ($p < 0,001$) sąlygomis, lyginant 75° su 135° (135° didesnis, $p = 0,039$) sąlyga ir 135° su 155° (155° mažesnis, $p = 0,026$) sąlyga. Lyginant tikslumą tarp grupių, gauta, kad vyrai užduotį atliko reikšmingai tiksliau nei NC moterys ($p = 0,029$).

3.2 (A) pav. galima matyti tendenciją, kad vyrų tikslumas visose sąlygose buvo aukštesnis už NC. Taip pat vyrų tikslumas visose sąlygose, išskyrus 95°, buvo aukštesnis už HK. Tuo tarpu HK tikslumas visais atvejais, išskyrus 15° sąlygą, buvo aukštesnis už NC, nors skirtumai tarp šių grupių nebuvo reikšmingi. Šiame paveiksle taip pat galima matyti, kad visų grupių tikslumas staigiai krito prie 75° sąlygos, o vyrų ir NC atveju šis nuosmukis tęsėsi ir prie 95° sąlygos. Taip pat 3.2 (B) pav. galima matyti, kad vidutinis vyrų tikslumas buvo aukščiausias ($88,22 \pm 1,72$ %), HK žemesnis ($80,49 \pm 2,36$ %), o NC žemiausias ($76,5 \pm 2,67$ %).



3.2 pav. NC, HK ir vyrų tikslumas kintant kampiniam skirtumui tarp figūrų (A) bei šių grupių vidutinis tikslumas (B). Grafikuose yra atvaizduojami vidurkia ir standartinės paklaidos. * $p = 0,029$.

Vertinant ryšį tarp dviejų atlikimo parametrų, buvo pastebėta vidutinio stiprumo neigiama koreliacija tarp užduoties atlikimo reakcijos laiko ir tikslumo visose grupėse ($r_{NC} = -0,68$, $p_{NC} < 0,001$; $r_{HK} = -0,62$, $p_{HK} < 0,0016$; $r_{vyrai} = -0,61$, $p_{vyrai} < 0,001$) (3.3 pav.), t.y. tiksliau užduotį atliekantys tiriamieji buvo ir greitesni, nepriklausomai nuo grupės.



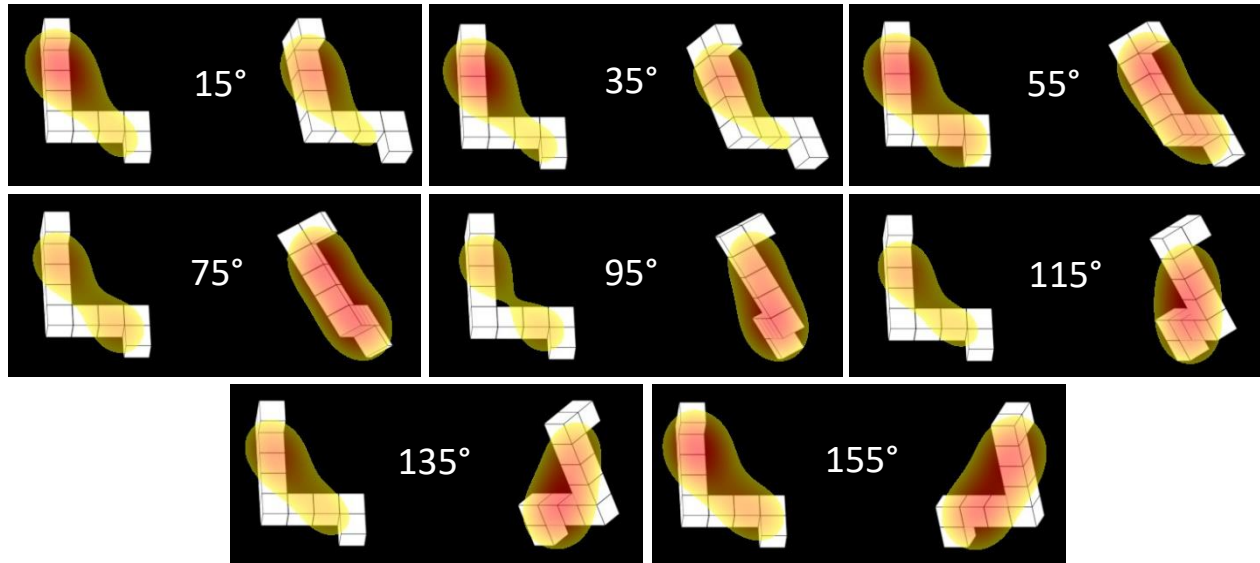
3.3 pav. Ryšys tarp užduoties atlikimo reakcijos laiko ir tikslumo. Aplink tieses yra atvaizduojami pasikliautinieji intervalai esant 0,95 reikšmingumo lygmeniui.

Kadangi priklausymas STEM grupei neturėjo reikšmingos įtakos užduoties atlikimo tikslumui ir reakcijos laikui, priklausymo šiai grupei efektas nebuvo vertinamas atliekant tolimesnę duomenų analizę.

3.3. Akių judesiai

3.3.1. Fiksacijų trukmė kairės ir dešinės figūrų ribose

Vertinant atliekamų fikzacijų pokyčius esant skirtingoms užduoties sąlygoms, buvo pastebėta tendencija, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, žvilgsnis yra vis labiau sutelkiamas į dešiniąją figūrą (3.4 pav.). Didžiausias žvilgsnio sutelkimo skirtumas tarp kairės ir dešinės figūrų ribų yra stebimas 75° ir 95° sąlygose.

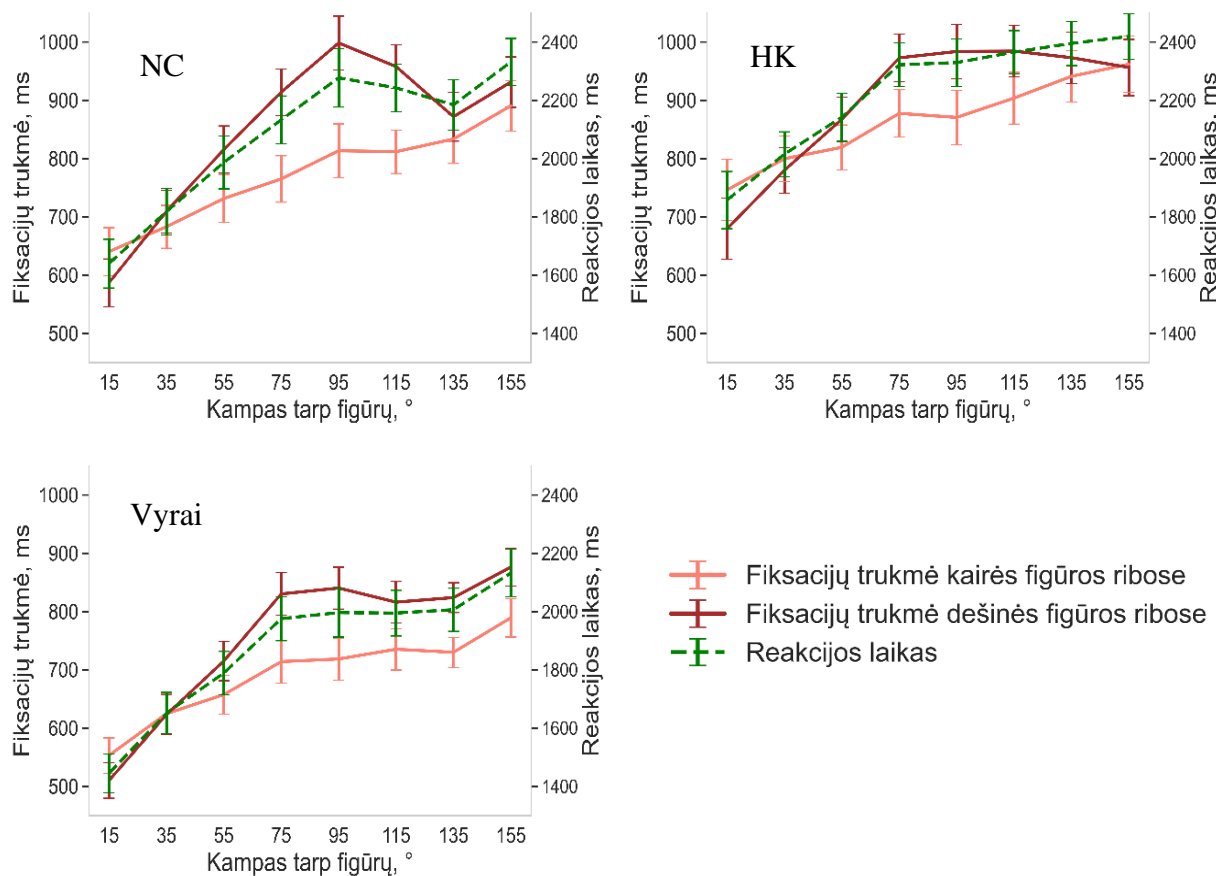


3.4 pav. Spalvų intensyvumo žemėlapis paremtas fikzacijų trukme. Žemėlapiui sukurti panaudoti visų tiriamųjų duomenys. Nuspalvintos yra tos vietos, kurios pritraukė bent 50 % nuo ilgiausios fikzacijos trukmės. Aukštesnis spalvos intensyvumas nurodo ilgesnes fikzacijų trukmes toje vietoje.

3.5 pav. yra atvaizduojami tiriamųjų reakcijų laikai kartu su fikzacijų trukme kairės ir dešinės figūrų ribose priklausomai nuo kampinio skirtumo tarp figūrų. Šio paveikslo grafikuose galima pastebėti, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, daugiau dėmesio buvo kreipiama (t.y. ilgiau žiūrima) į dešinę figūrą. NC moterims ši tendencija buvo stebima nuo 35° sąlygos, o HK moterims ir vyrams – nuo 55°. HK grupėje prie 155° sąlygos fikzacijų trukmės abejose figūrose susilygino. Šiuose grafikuose galima pastebėti, kad visų tiriamųjų grupėse didžiausias skirtumas tarp fikzacijų trukmės dešinės ir kairės figūrų ribose buvo stebimas prie 95° sąlygos. Taip pat, kad didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų nuo 15° iki 95°, fikzacijų trukmių dešinės figūros ribose kreivė yra panaši į reakcijos laiko kreivę, nepaisant to, kad jų absoliučios vertės skiriasi.

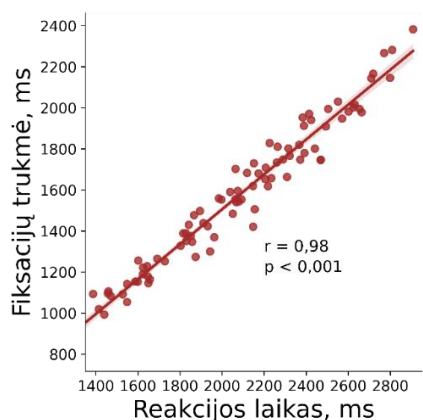
Svarbu paminėti, kad fikzacijų trukmių suma kairės ir dešinės figūrų ribose nebuvo lygi tiriamųjų reakcijos laikui, todėl reakcijos laikas yra atvaizduojamas atskiroje ašyje. Fikzacijų trukmių suma nėra lygi reakcijos laikui dėl kelių priežasčių: 1) sakadų trukmės nebuvo įtraukiamos į fikzacijų trukmę, tačiau atsispindi reakcijos laike; 2) tiriamieji užtruko apie 50 ms sureaguodami į dingusią fikzacijos

kryželį ir nukreipdami žvilgsnį į atsiradusį naują stimulą; 3) pirminės duomenų analizės metu buvo pašalintos fiksacijos, kurių trukmė < 90 ms, o prieš jas arba po jų esančios fiksacijos buvo didesniu nei 2° atstumu.



3.5 pav. Reakcijos laikas ir fiksacijų trukmė dešinės ir kairės figūrų ribose. Grafikuose yra atvaizduojami vidurkiai ir standartinės paklaidos.

Atlikus RM ANOVA analizę vertinant fiksacijų trukmes, buvo gauta reikšminga kampinio skirtumo tarp figūrų įtaka ($F_{(7, 602)} = 108,278$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,557$) ir šie rezultatai buvo tikėtini, nes reakcijos laikas stipriai koreliavo su fiksacijų trukme (3.6 pav.). Figūros pozicijos (kairės arba dešinės) įtaka fiksacijų trukmei buvo reikšminga ($F_{(1, 86)} = 13,888$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,139$), taip pat reikšminga buvo ir sąveika tarp kampinio skirtumo ir figūros pozicijos ($F_{(7, 602)} = 28,135$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,247$). Skirtumai tarp grupių taip pat buvo reikšmingi ($F_{(2, 86)} = 5,804$, $p = 0,004$, $\eta^2_p = 0,119$), tačiau sąveika tarp grupės ir kampinio skirtumo tarp figūrų buvo nereikšminga ($F_{(14, 602)} = 0,947$, $p = 0,507$, $\eta^2_p = 0,022$), kaip ir sąveika tarp grupės ir stimulo pozicijos ($F_{(2, 86)} = 0,579$, $p = 0,563$, $\eta^2_p = 0,013$). Taip pat nereikšminga sąveika buvo tarp grupės, pozicijos ir kampinio skirtumo ($F_{(14, 602)} = 1,546$, $p = 0,09$, $\eta^2_p = 0,035$).

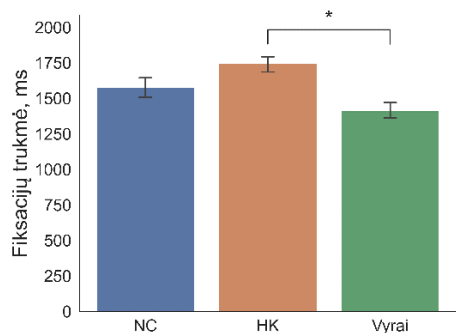


3.6 pav. Ryšys tarp suminės fiksacijų trukmės kairės ir dešinės figūrų ribose ir tiriamųjų reakcijos laiko. Grafike yra atvaizduojami visų tiriamųjų duomenys.

Atlikus *post hoc* analizę buvo pastebėta, kad reikšmingai fiksacijų trukmė skiriasi lyginant 15° sąlygą su visomis kitomis sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 35° su visomis kitomis sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 55° su visomis kitomis sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais) ir lyginant 75° su 155° sąlyga ($p < 0,001$). Taigi, reikšmingai tarpusavyje skiriasi visos tos pačios sąlygos kaip ir reakcijos laiko atveju.

Post hoc taip pat patvirtino, kad figūrų pozicija turi reikšmingos įtakos fiksacijų trukmei ($p < 0,001$), t.y. tiriamieji bendrai ilgiau žiūrėjo į dešinėje pusėje esančią figūrą. Lyginant abi pozicijas prie tų pačių kampinių skirtumų buvo pastebėta reikšminga sąveika prie 75°, 95° ir 115° sąlygų (visais atvejais $p < 0,001$), t.y. esant šioms sąlygoms tiriamieji statistiškai reikšmingai ilgiau žiūrėdavo į dešinėje pusėje esančią figūrą. Taip pat *post hoc* atskleidė, kad fiksacijų trukmės tarp gretimų sąlygų reikšmingai kito tik stebint dešiniąją figūrą: 35° sąlygoje fiksacijos buvo ilgesnės už fiksacijas 15° sąlygoje, 55° už 35°, o 75° už 55° ($p < 0,01$ visais atvejais). Tuo tarpu stebint kairiąją figūrą reikšmingų fiksacijų trukmės kitimų tarp gretimų sąlygų nebuvo pastebėta ($p \geq 0,057$ visais atvejais).

Post hoc taip pat atskleidė reikšmingą skirtumą tarp HK (1746 ± 56 ms) ir vyrų (1413 ± 57 ms) bendros vidutinės fiksacijų trukmės ($p = 0,003$). Vidutinė NC fiksacijų trukmė (1576 ± 67 ms) nuo vyrų ar HK reikšmingai nesiskyrė (3.7 pav.).



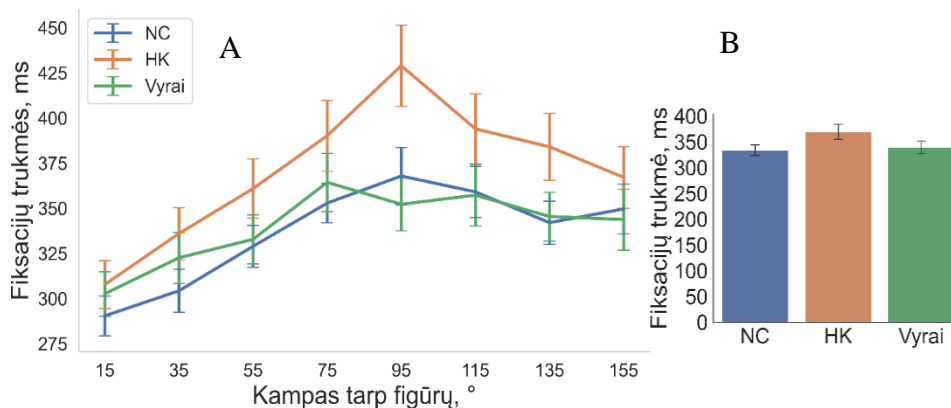
3.7 pav. NC, HK ir vyrų vidutinės fiksacijų trukmės. Grafike yra atvaizduojami vidurkiai ir standartinės paklaidos. * $p = 0,003$.

3.3.2. Fiksacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose

Yra duomenų, rodančių, kad MR užduoties atlikimo skirtumai gali būti nulemti stimulų kodavimo metu (Butler et al., 2006; Levine et al., 2016; Voyer ir Doyle, 2010). Todėl buvo įvertintos suminės fikzacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose prieš nukreipiant žvilgsnį į kitą figūrą. RM ANOVA analizė, vertinant fikzacijų trukmes pirmos stebimos figūros ribose, atskleidė reikšmingą kampinio skirtumo tarp figūrų įtaką ($F_{(7, 602)} = 31,45$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,268$), tačiau nereikšmingą skirtumą tarp grupių ($F_{(2, 86)} = 1,915$, $p = 0,154$, $\eta^2_p = 0,043$). Sąveika tarp kampinio skirtumo ir grupės taip pat buvo nereikšminga ($F_{(14, 602)} = 1,699$, $p = 0,052$, $\eta^2_p = 0,038$), tačiau p reikšmė yra artima 0,05.

Post hoc analizė atskleidė, kad reikšmingai suminės fikzacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose skiriasi lyginant 15° sąlygą su 55°, 75°, 95°, 115°, 135° ir 155° sąlygomis ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 35° su 75°, 95°, 115°, 135° ir 155° ($p < 0,001$ visais atvejais), lyginant 55° su 75° ($p = 0,002$), 95° ir 115° sąlygomis ($p < 0,001$) ir lyginant 95° su 135° ($p = 0,006$) ir 155° ($p < 0,001$) sąlygomis.

Nepaisant to, kad skirtumai tarp grupių ir sąveika tarp kampinio skirtumo ir grupės buvo nereikšmingi, 3.8 (A) pav. galima matyti tendenciją, kad HK fikzacijų trukmės pirmosios stebimos figūros ribose prie visų sąlygų buvo ilgesnės ir, didėjant kampiniam skirtumui, kito stipriau už NC ir vyrų fikzacijų trukmes. Vidutinės HK fikzacijų trukmės (369 ± 14 ms) taip pat buvo ilgesnės už NC (333 ± 10 ms) ir vyrų (338 ± 13 ms) vidutines fikzacijų trukmes (3.8 (B) pav.).



3.8 pav. Vidutinės suminės fikzacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose esant skirtingoms sąlygoms (A) ir bendros vidutinės suminės fikzacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose (B). Pirmosios fiksacijos buvo atliktos kairės arba dešinės figūrų ribose. Grafike yra atvaizduojamos standartinės paklaidos.

3.4. Hormonai

Progesterono ir testosterono koncentracijos tiriamųjų seilėse yra pavaizduotos 3.2 lentelėje. Vyrų progesterono koncentracijos nebuvo matuojamos. Hormonų koncentracijų skirtumams tarp grupių

įvertinti buvo atliktos vienfaktorinės ANOVA analizės. Testosterono koncentracija reikšmingai skyrėsi tarp grupių ($F_{(2, 86)} = 95,76$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,69$). *Post hoc* analizė atskleidė, kad vyrų testosterono koncentracija buvo reikšmingai aukštesnė už NC ($t = -11,684$, $p < 0,001$) ir HK ($t = -11,906$, $p < 0,001$). Nors testosterono koncentracija tarp NC ir HK reikšmingai nesiskyrė ($t = 1,316$, $p = 0,575$), 3.2 lentelėje galima matyti, kad NC vidutinė testosterono koncentracijos buvo aukštesnės už HK (79 ir 57,9 pg/ml). Progesterono koncentracijos tarp NC ir HK reikšmingai nesiskyrė ($F_{(1, 54)} = 3,012$, $p = 0,088$, $\eta^2_p = 0,053$), tačiau 3.2 lentelėje galima matyti, kad NC vidutinės progesterono koncentracijos buvo žemesnės už HK (70 ir 92,7 pg/ml). Taip pat testosterono ir progesterono koncentracijos teigiamai koreliavo tarpusavyje tiek NC ($r = 0,4$, $p = 0,022$), tiek HK ($r = 0,5$, $p = 0,016$) grupėse.

3.2 lentelė. Tiriamųjų testosterono ir progesterono koncentracijos seilėse. Lentelėje pateikiami vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai

	NC	HK	Vyrai	Skirtumai
Testosteronas, pg/ml	79,0 ± 27,0 min ^a = 26,3 max ^b = 172,6	57,9 ± 23,8 min = 28 max = 110,1	249,1 ± 91 min = 85,6 max = 438,5	NC < vyrai ($p < 0,001$) HK < vyrai ($p < 0,001$)
Progesteronas, pg/ml	70 ± 48 min = 14,1 max = 230	92,7 ± 48,4 min = 4,5 max = 189,3	–	nereikšmingi

^a Minimali gauta koncentracijos vertė.

^b Maksimali gauta koncentracijos vertė.

Tam, kad būtų įvertintos testosterono ir progesterono sąsajos su užduoties atlikimu ir akių judesių parametrais, buvo atlikta Pearson'o koreliacijų analizę, kurios rezultatai yra atvaizduojami 3.3 lentelėje. Vyrams buvo pastebėta vidutinio stiprumo teigiama koreliacija tarp fiksacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose ir testosterono koncentracijos ($r = 0,36$, $p = 0,038$), t.y. didėjant testosterono kiekiui, suminė fiksacijų trukmė pirmos figūros ribose buvo ilgesnė. NC grupėje buvo pastebėtos vidutinio stiprumo neigiamos koreliacijos tarp progesterono koncentracijos ir reakcijos laiko ($r = -0,35$, $p = 0,048$) bei fiksacijų kiekio bandinyje ($r = -0,35$, $p = 0,044$), t.y. didesnė progesterono koncentracija buvo susijusi su greitesniu atlikimu ir mažesniu atliekamų fiksacijų kiekiu. Tuo tarpu HK grupėje buvo pastebėta vidutinio stiprumo teigiama koreliacija tarp progesterono koncentracijos ir užduoties atlikimo tikslumo ($r = 0,48$, $p = 0,02$), t.y. didesnė progesterono koncentracija buvo susijusi su tikslesniu užduoties atlikimu. Taip pat HK atveju buvo pastebėtos tendencijos, kad didėjant testosterono koncentracijai, tiriamųjų reakcijos laikas trumpėjo ($r = -0,41$, $p = 0,052$), o tikslumas gerėjo ($r = 0,38$, $p = 0,076$). Tačiau svarbu paminėti, kad pritaikius daugiamačių palyginimų korekciją, visos minėtos

koreliacijos viršijo minimalią p vertės ribą (0,0125, po korekcijos), todėl galima kalbėti tik apie tendencijas.

3.3 lentelė. Ryšiai tarp lytinių hormonų koncentracijų ir užduoties atlikimo bei akių judesių parametru

	NC	HK	Vyrai
Testosteronas, pg/ml			
Reakcijos laikas, ms	$r = -0,32, p = 0,07$	$r = -0,41, p = 0,052$	$r = 0,08, p = 0,628$
Tikslumas, %	$r = 0,13, p = 0,467$	$r = 0,38, p = 0,076$	$r = -0,006, p = 0,972$
Fiksacijų trukmė pirmos stebimos figūros ribose, ms	$r = -0,15, p = 0,403$	$r = -0,03, p = 0,907$	$r = 0,36, p = 0,038^*$
Fiksacijų kiekis bandinyje	$r = 0,31, p = 0,08$	$r = -0,29, p = 0,19$	$r = 0,07, p = 0,697$
Progesteronas, pg/ml			
Reakcijos laikas, ms	$r = -0,35, p = 0,048^*$	$r = -0,14, p = 0,517$	–
Tikslumas, %	$r = 0,31, p = 0,072$	$r = 0,48, p = 0,02^*$	–
Fiksacijų trukmė pirmos stebimos figūros ribose, ms	$r = -0,17, p = 0,352$	$r = 0,04, p = 0,869$	–
Fiksacijų kiekis bandinyje	$r = -0,35, p = 0,044^*$	$r = -0,02, p = 0,921$	–

* $p < 0,05$

3.5. Strategijos

Vienfaktorinė ANOVA analizė, naudota palyginimui kokias strategijas naudojo skirtingų grupių tiriamieji, atskleidė, kad tiriamieji įvairias strategijas vertino panašiai. Tik vienu atveju, kai buvo nurodoma, kad vykdytas strategijų keitimas, buvo stebima reikšminga grupės įtaka strategijos pasirinkimui ($F_{(2, 85)} = 3,329, p = 0,041, \eta^2_p = 0,073$). Vertinant užduoties atlikimo strategiją, kuri vadinosi „strategijų keitimas“, buvo įtrauktos 22 HK grupės moterys, nes viena HK tiriamoji neįvertino šios strategijos. *Post hoc* analizė parodė, kad NC ($3,79 \pm 0,2$) šiai strategijai suteikė reikšmingai aukštesnius balus nei vyrai ($3,03 \pm 0,21, p = 0,046$). HK įvertinimas ($3,18 \pm 0,31$) nuo vyrų ar NC reikšmingai nesiskyrė.

Visų kitų strategijų naudojimas, anot vienfaktorinės ANOVA analizės, nesiskyrė: sukimo strategijos ($F_{(2, 86)} = 1,342, p = 0,267, \eta^2_p = 0,03$), perspektyvos keitimo ($F_{(2, 86)} = 0,185, p = 0,831, \eta^2_p = 0,004$), ikūnijimo ($F_{(2, 86)} = 0,547, p = 0,581, \eta^2_p = 0,013$), kubų skaičiavimo ($F_{(2, 86)} = 1,239, p = 0,295, \eta^2_p = 0,028$), segmentų krypties įvertinimo ($F_{(2, 86)} = 0,186, p = 0,831, \eta^2_p = 0,004$).

Tam, kad būtų įvertintas ryšys tarp naudotos strategijos ir užduoties atlikimo tikslumo bei reakcijos laiko, buvo paskaičiuotos Spearman'o koreliacijos. Remiantis analizės rezultatais (3.4 lentelė), galima teigti, kad viena naudingiausių strategijų buvo segmentų krypties nustatymas. Vyrams didesnis šios strategijos naudojimo įvertis reikšmingai teigiamai koreliavo su atlikimo tikslumu

($r = 0,5$, $p = 0,003$). Moterų grupėse šių koreliacijų kryptis atitiko vyrų, tik ryšys nebuvo statistiškai reikšmingas. NC grupėje segmentų krypties nustatymo strategija reikšmingai neigiamai koreliavo su reakcijos laiku ($r = -0,36$, $p = 0,041$). Vyrų ir HK grupėse šių koreliacijų kryptis taip pat atitiko NC, bet ryšys nebuvo statistiškai reikšmingas. Taip pat remiantis analizės rezultatais galima teigti, kad viena nenaudingiausių strategijų buvo kubų skaičiavimas. Šios strategijos naudojimas reikšmingai neigiamai koreliavo su užduoties atlikimo tikslumu NC ($r = -0,43$, $p = 0,012$) ir vyrų grupėse ($r = -0,35$, $p = 0,043$). Taip pat šios strategijos pasirinkimas teigiamai koreliavo su vyrų reakcijos laiku ($r = 0,42$, $p = 0,014$). Pritaikius daugiamačių palyginimų korekciją, tik koreliacija tarp tikslumo ir segmentų krypties nustatymo strategijos vyrų grupėje neviršijo minimalios p vertės ribos ($p < 0,0083$).

3.4 lentelė. Ryšiai tarp pasirinktų strategijų ir užduoties atlikimo tikslumo bei reakcijos laiko

	NC	HK	Vyrai
Tikslumo (%) ir naudojamos strategijos ryšys			
Objektų sukimas	$r = -0,15$, $p = 0,390$	$r = -0,21$, $p = 0,348$	$r = -0,22$, $p = 0,217$
Perspektyvos keitimas	$r = -0,08$, $p = 0,667$	$r = -0,13$, $p = 0,565$	$r = 0,18$, $p = 0,326$
Įkūnijimas	$r = -0,32$, $p = 0,07$	$r = 0,02$, $p = 0,916$	$r = -0,02$, $p = 0,898$
Kubų skaičiavimas	$r = -0,43$, $p = 0,012^*$	$r = 0,05$, $p = 0,833$	$r = -0,35$, $p = 0,0429^*$
Segmentų krypties nustatymas	$r = 0,18$, $p = 0,312$	$r = 0,04$, $p = 0,846$	$r = 0,5$, $p = 0,0028^{**}$
Strategijos keitimas	$r = -0,09$, $p = 0,62$	$r = -0,02$, $p = 0,916$	$r = -0,25$, $p = 0,166$
Reakcijos laiko (ms) ir naudojamos strategijos ryšys			
Objektų sukimas	$r = 0,26$, $p = 0,148$	$r = 0,04$, $p = 0,846$	$r = 0,21$, $p = 0,244$
Perspektyvos keitimas	$r = 0,10$, $p = 0,588$	$r = 0,02$, $p = 0,917$	$r = -0,15$, $p = 0,393$
Įkūnijimas	$r = 0,22$, $p = 0,22$	$r = 0,03$, $p = 0,887$	$r = 0,13$, $p = 0,466$
Kubų skaičiavimas	$r = 0,21$, $p = 0,234$	$r = -0,03$, $p = 0,875$	$r = 0,42$, $p = 0,014^*$
Segmentų krypties nustatymas	$r = -0,36$, $p = 0,041^*$	$r = -0,21$, $p = 0,346$	$r = -0,24$, $p = 0,173$
Strategijos keitimas	$r = 0,08$, $p = 0,67$	$r = -0,08$, $p = 0,718$	$r = 0,29$, $p = 0,105$

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Taip pat Spearman'o koreliacijos buvo atliktos ryšiams tarp lytinių hormonų koncentracijų ir naudojamų strategijų įvertinti. Gauti rezultatai yra atvaizduojami 3.5 lentelėje. Šioje lentelėje galima matyti, kad segmentų krypties nustatymo strategijos pasirinkimas teigiamai koreliavo su testosterono ($r = 0,47$, $p = 0,006$) ir progesterono ($r = 0,5$, $p = 0,003$) koncentracijomis NC grupėje. Tai reiškia, kad NC grupėje tiek aukštesnės progesterono, tiek testosterono koncentracijos buvo susijusios su segmentų krypties nustatymo strategijos pasirinkimu. Objektų sukimo strategija neigiamai koreliavo su progesterono koncentracija NC grupėje ($r = -0,5$, $p = 0,003$), t.y. žemesnės progesterono koncentracijos buvo susijusios su sukimo strategijos pasirinkimu. Strategijos keitimo atveju buvo pastebėta vidutinio

stiprumo koreliacija su progesteronu HK grupėje ($r = 0,45$, $p = 0,035$). Tai reiškia, kad esant aukštesnėms progesterono koncentracijoms, HK moterys buvo labiau linkusios keisti strategijas. Taip pat buvo pastebėta nereikšminga tendencija, kad kubų skaičiavimo strategija yra susijusi su aukštesne testosterono koncentracija vyrų grupėje ($r = 0,32$, $p = 0,07$). Pritaikius daugiamačių palyginimų korekciją, visos trys NC grupės korelacių p vertės neviršijo minimalios ribos ($p < 0,0083$).

3.5 lentelė. Ryšiai tarp lytinių hormonų koncentracijų ir tiriamųjų pasirinktų strategijų

	NC	HK	Vyrai
Testosterono (pg/ml) ir naudojamos strategijos ryšys			
Objektų sukimas	$r = 0,05$, $p = 0,791$	$r = 0,347$, $p = 0,104$	$r = 0,11$, $p = 0,556$
Perspektyvos keitimas	$r = 0,22$, $p = 0,226$	$r = 0,02$, $p = 0,94$	$r = -0,15$, $p = 0,391$
Įkūnijimas	$r = 0,18$, $p = 0,322$	$r = -0,006$, $p = 0,978$	$r = 0,15$, $p = 0,419$
Kubų skaičiavimas	$r = 0,14$, $p = 0,452$	$r = 0,10$, $p = 0,642$	$r = 0,32$, $p = 0,07$
Segmentų krypties nustatymas	$r = 0,47$, $p = 0,006^*$	$r = -0,11$, $p = 0,613$	$r = 0,28$, $p = 0,109$
Strategijos keitimas	$r = 0,32$, $p = 0,067$	$r = 0,29$, $p = 0,191$	$r = 0,15$, $p = 0,404$
Progesterono (pg/ml) ir naudojamos strategijos ryšys			
Objektų sukimas	$r = -0,5$, $p = 0,003^{**}$	$r = -0,007$, $p = 0,976$	–
Perspektyvos keitimas	$r = 0,25$, $p = 0,154$	$r = -0,16$, $p = 0,476$	–
Įkūnijimas	$r = 0,15$, $p = 0,417$	$r = 0,02$, $p = 0,919$	–
Kubų skaičiavimas	$r = 0,08$, $p = 0,674$	$r = 0,08$, $p = 0,71$	–
Segmentų krypties nustatymas	$r = 0,5$, $p = 0,003^{**}$	$r = 0,07$, $p = 0,738$	–
Strategijos keitimas	$r = -0,04$, $p = 0,806$	$r = 0,45$, $p = 0,035^*$	–

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

3.6. MR atlikimo ryšių su amžiumi, GAD ir GERAS įverčiais įvertinimas

Kadangi vyrai buvo reikšmingai jaunesni už NC moteris, o HK moterys reikšmingai nerimastingesnės už vyrus (3.1 lentelė) buvo nuspręsta įvertinti ar amžius ir GAD įverčiai koreliuoja su MR užduoties atlikimu. Gauti rezultatai yra pavaizduoti 3.6 lentelėje. Buvo pastebėta vidutinio stiprumo neigiama koreliacija tarp vyrų amžiaus ir užduoties atlikimo tikslumo ($r = -0,46$, $p = 0,007$), t.y. jaunesni vyrai užduotį atlikinėjo tiksliau. Tuo tarpu vertinant ryšį tarp amžiaus ir reakcijos laiko, buvo pastebėtos tendencijos, kad vyresnių tiriamųjų reakcijos laikas yra ilgesnis: NC ($r = 0,34$, $p = 0,054$) ir vyrų ($r = 0,34$, $p = 0,052$). Vertinant GAD, reikšmingų korelacių tarp nerimo įvertinimų ir MR atlikimo pastebėta nebuvo, tačiau buvo stebima tendencija, kad GAD įverčiai yra susiję su NC moterų greitesniu atlikimu ($r = -0,34$, $p = 0,053$).

Taip pat 3.6 lentelėje yra pavaizduotos užduoties atlikimo parametrų korelacijos su GERAS klausimyno, kuriuo, pasitelkiant asmenybės bruožų, pomėgių ir pažintinių gebėjimų skales, buvo

vertintas moteriškumas/vyriškumas, įverčiais. buvo pastebėtos vidutinio stiprumo koreliacijos tarp vyriškų pažintinių gebėjimų ir tikslumo NC ($r = 0,6$, $p = 0,0003$) bei HK ($r = 0,47$, $p = 0,024$) grupėse. Taip pat buvo pastebėta neigiama vidutinio stiprumo koreliacija tarp vyriškų pažintinių gebėjimų ir reakcijos laiko NC moterims ($r = -0,57$, $p = 0,0006$). Įdomu, kad NC moterims buvo pastebėta vidutinio stiprumo koreliacija tarp moteriškų pomėgių ir užduoties atlikimo tikslumo ($r = 0,37$, $p = 0,035$). Tuo tarpu vyrams buvo pastebėtos tendencijos, kad moteriški pažintiniai gebėjimai yra susiję su prastesniu užduoties atlikimo tikslumu ($r = -0,31$, $p = 0,08$) ir ilgesniu reakcijos laiku ($r = 0,33$, $p = 0,057$), o vyriški pažintiniai gebėjimai – su trumpesniu reakcijos laiku ($r = -0,3$, $p = 0,085$). Pritaikius daugiamatį palyginimų korekciją, tik vyriškų pažintinių gebėjimų ryšiai su tikslumu ir reakcijos laiku NC grupėje neviršijo minimalios p vertės ribos ($p < 0,0063$).

3.6 lentelė. Tiriamųjų amžiaus, GAD ir GERAS įverčių ryšiai su užduoties atlikimo tikslumu ir reakcijos greičiu

	NC	HK	Vyrai
Ryšys su tikslumu (%)			
Amžius, m	$r = -0,12$, $p = 0,497$	$r = -0,14$, $p = 0,516$	$r = -0,46$, $p = 0,007^*$
GAD, balai ^a	$r = 0,11$, $p = 0,56$	$r = 0,26$, $p = 0,232$	$r = 0,13$, $p = 0,461$
GERAS klausimynas:			
Asmenybė (vyr.) ^a	$r = 0,05$, $p = 0,787$	$r = -0,08$, $p = 0,704$	$r = -0,04$, $p = 0,807$
Asmenybė (mot.)	$r = 0,21$, $p = 0,252$	$r = 0,09$, $p = 0,666$	$r = -0,04$, $p = 0,808$
Pažintiniai gebėjimai (vyr.)	$r = 0,6$, $p = 0,0003^{**}$	$r = 0,47$, $p = 0,024^*$	$r = 0,17$, $p = 0,343$
Pažintiniai gebėjimai (mot.)	$r = 0,21$, $p = 0,241$	$r = -0,07$, $p = 0,741$	$r = -0,31$, $p = 0,08$
Pomėgiai (vyr.)	$r = 0,2$, $p = 0,27$	$r = -0,03$, $p = 0,885$	$r = 0,14$, $p = 0,444$
Pomėgiai (mot.)	$r = 0,37$, $p = 0,035^*$	$r = 0,06$, $p = 0,801$	$r = 0,09$, $p = 0,6$
Ryšys su reakcijos laiku (ms)			
Amžius, m	$r = 0,34$, $p = 0,054$	$r = 0,14$, $p = 0,51$	$r = 0,34$, $p = 0,052$
GAD	$r = -0,34$, $p = 0,053$	$r = -0,28$, $p = 0,194$	$r = -0,00002$, $p = 0,999$
GERAS klausimynas:			
Asmenybė (vyr.)	$r = -0,01$, $p = 0,954$	$r = -0,14$, $p = 0,531$	$r = -0,11$, $p = 0,541$
Asmenybė (mot.)	$r = 0,04$, $p = 0,846$	$r = -0,009$, $p = 0,967$	$r = -0,04$, $p = 0,847$
Pažintiniai gebėjimai (vyr.)	$r = -0,57$, $p = 0,001^{**}$	$r = -0,28$, $p = 0,199$	$r = -0,3$, $p = 0,085$
Pažintiniai gebėjimai (mot.)	$r = 0,07$, $p = 0,69$	$r = 0,1$, $p = 0,649$	$r = 0,33$, $p = 0,057$
Pomėgiai (vyr.)	$r = -0,27$, $p = 0,129$	$r = 0,06$, $p = 0,793$	$r = -0,12$, $p = 0,49$
Pomėgiai (mot.),	$r = -0,23$, $p = 0,192$	$r = -0,18$, $p = 0,406$	$r = 0,2$, $p = 0,256$

^a GAD ir GERAS įverčių atvejais buvo naudojami tiriamųjų surinkti balai.

* $p < 0,05$

** $p \leq 0,001$

4. REZULTATŲ APTARIMAS

Šiame darbe pastebėta tendencija, kad vyrų reakcijos laikas buvo žemesnis už moterų (3.1 pav.) bei tai, kad vyrai buvo reikšmingai tikslesni už NC grupės moteris (3.2 pav.) sutampa su duomenimis, rodančiais, kad vyrai MR užduotis atlieka geriau už moteris (Levine et al., 2016; Linn & Petersen, 1985). Tai, kad buvo stebima tendencija, jog vyrai užduotį sprendė greičiau ir kad reakcijos laikas reikšmingai nesiskyrė tarp grupių sutampa su anksčiau atliktų tyrimų rezultatais (Boone ir Hegarty, 2017; Griksiene et al., 2018, 2019). Gauti reikšmingi tikslumo skirtumai tarp vyrų ir NC sutampa su Boone ir Hegarty (2017), Noreika et al. (2014) ir Griksiene et al. (2019) tyrimais. Taip pat tai dera ir su Griksiene et al. (2018) tyrimu, kuriame buvo stebima tendencija, kad vyrai užduotį sprendė tiksliau už NC moteris. Vis dėlto, svarbu paminėti, kad šiame magistro baigiamojo darbo tyrime vyrai buvo reikšmingai jaunesni už NC moteris (3.1 lentelė), o vyrų grupėje buvo pastebėta reikšminga neigiama koreliacija tarp amžiaus ir užduoties atlikimo tikslumo (3.6 lentelė). Taigi, tikėtina, kad jeigu šiame darbe vyrai nebūtų reikšmingai jaunesni už moteris, tuomet ir jų tikslumas reikšmingai nesiskirtų.

Nepavyko rasti kitų tyrimų, kurie vertintų kaip yra sutelkiamas žvilgsnis kairės ir dešinės figūrų ribose prie įvairių MR užduoties kampinio skirtumo sąlygų. Šiame darbe pastebėta, kad suminės fiksacijų trukmės dešinės figūros ribose kreivė yra panaši į reakcijos laiko kreivę (3.5 pav.) ir kad fiksacijų trukmės tarp gretimų sąlygų reikšmingai kito tik stebint dešiniąją figūrą, leidžia daryti prielaidą, kad mentalinė manipuliacija objektu vyko žiūrint į dešinėje esančią (pasuktą) figūrą, nepriklausomai nuo tiriamųjų grupės.

Tai, kad vyrų grupėje buvo gauta reikšminga teigiama koreliacija tarp segmentų krypties vertinimo strategijos pasirinkimo ir užduoties atlikimo tikslumo, o NC grupėje buvo stebima tendencija tarp šios strategijos pasirinkimo ir greitesnio užduoties atlikimo dera su Hegarty (2010, 2018) tyrimų rezultatais. Tendencija, kad kubų skaičiavimo strategija NC ir vyrų grupėse neigiamai koreliavo su užduoties atlikimo tikslumu, o vyrų atveju dar ir teigiamai su reakcijos laiku, taip pat sutampa su Hegarty (2018) tyrimo rezultatais. Tokie ryšiai tarp šių dviejų strategijų ir užduoties atlikimo parametru buvo tikėtini, nes figūrų segmentų krypčių įvertinimas leidžia atskirti ar figūros nėra viena kitos veidrodiniai atspindžiai. Tuo tarpu remiantis kubų skaičiavimo strategija neįmanoma pasakyti ar figūros yra veidrodiniai viena kitos atspindžiai, nes abiejuose figūrų variantuose kiekvienas atitinkamas figūros segmentas yra sudarytas iš tokio paties kubų skaičiaus.

Yra tyrimų, rodančių, kad MR užduoties atlikimo skirtumai gali būti nulemti stimulų kodavimo metu (Butler et al., 2006; Levine et al., 2016; Voyer ir Doyle, 2010). Siekiant patikrinti šią prielaidą, buvo vertinamos suminės fiksacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose prieš nukreipiant žvilgsnį į

kitą figūrą (3.8 pav.). Tai, kad nebuvo gauta reikšmingų šio parametro skirtumų tarp grupių gali reikšti, kad MR proceso pirmieji du subprocesai (matomo stimulo suvokimas ir stimulo bei jo išsidėstymo identifikavimas) nesiskyrė tarp tiriamųjų grupių nors ir buvo stebima tendencija, kad HK moterų suminės fiksacijos buvo ilgiausios prie visų kampinio skirtumų tarp figūrų sąlygų ir stipriau kito keičiantis kampiniam skirtumui. Taip pat buvo pastebėta, kad šios suminės fiksacijos ilgėjo didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų iki 75° sąlygos vyrų grupėje ir 95° sąlygos moterų grupėse. Tai reiškia, kad trečiasis subprocesas (viso objekto arba jo dalių sukimas mintyse) jau vyko tuo metu kuomet buvo vertinamas vienas iš dviejų stimulų ir dar nebuvo pažiūrėta į kitą stimulą. Dėl techninių kliūčių, nebuvo galimybės įvertinti ar egzistuoja suminių fiksacijų skirtumai tarp bandinių kuriuose pirmiau buvo įvertintos kairėje esančios figūros ir bandinių, kuriuose pirmiau buvo įvertintos dešinėje esančios figūros. Atliekant panašius tyrimus ateityje reikėtų į tai atsižvelgti, nes tai leistų įvertinti ar abi figūros yra sukamos, ar tik kažkuri viena iš jų.

Vyrų grupėje pastebėta tendencija, kad suminės fiksacijų trukmės pirmos stebimos figūros ribose teigiamai koreliavo su testosteronu gali reikšti, kad testosteronas yra susijęs su pirmais trimis MR proceso subprocesais, tačiau dėl panašių tyrimų trūkumo yra sudėtinga tiksliau interpretuoti gautus rezultatus. Pavyko rasti vienintelį tyrimą (Alexander ir Son, 2007), kuriame buvo vertinamos MR atlikimo sąsajos su akių judesių parametrais ir testosteronu, tačiau jame nebuvo vertinamos suminės fiksacijų trukmės pirmos figūros ribose. Šie tyrėjai naudojo V&K paradigmą ir nerado jokių sąsajų tarp akių judesių parametrų ir testosterono koncentracijų vyrams.

Svarbu paminėti tai, kad šiame darbe nepavyko atkartoti Griksiene et al. (2018) rezultatų, kuomet HK moterų reakcijos laikas ir tikslumas beveik nepriklausė nuo kampinio skirtumo tarp figūrų. Šį nesutapimą galima paaiškinti skirtingų metodikų naudojimu: šiame magistro darbe buvo naudojama įprasta S&M paradigma, kuomet abi figūros buvo rodomos tuo pačiu metu, tačiau Griksiene et al. (2018) tyrime stimulai buvo rodomi iš eilės vienas po kito ir nebuvo matomi vienu metu. Šis metodinis skirtumas galėjo lemti tai, kad Griksiene et al. (2018) tyrime HK moterims buvo sunkiau lyginti figūras ar jų dalis tarpusavyje ir dėl to jos klio vėsi alternatyviomis, o ne objektų sukimo strategijomis esant visoms pasukimo kampo tarp figūrų sąlygoms.

Visose grupėse buvo stebima tendencija, kad reakcijos laikas ilgėjo nuo 15° iki 75° sąlygos, tačiau prie didesnių pasukimo kampų reakcijos laikas stabiliai nebekilo (tik NC moterų reakcijos laikas dar pakilo 95° sąlygoje) (3.1 pav.). Tai gali reikšti, kad tiriamieji, nepriklausomai nuo grupės, naudojo objektų sukimo mintyse strategijas sąlygose iki 75° (galimai iki 95° NC atveju). Toks reakcijos laiko nusistovėjimas apie 80° pasukimo tarp figūrų kampą taip pat buvo pastebėtas Boone ir Hegarty (2017)

tyrime. Šių tyrėjų teigimu, tai, kad reakcijos laikas nustoja ilgėti didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų rodo, kad objektai nebėra sukami mintyse ir yra naudojamos alternatyvios strategijos užduočiai atlikti. Be to, tai, kad tiriamieji statistiškai reikšmingai ilgiau žiūrėjo į dešiniąją figūrą esant 75°, 95° ir 115° sąlygoms gali reikšti, kad jiems buvo sunkiau koduoti šiose sąlygose matomas pasuktas figūras. 3.4 pav. galima matyti, kad pradėdant nuo 75° sąlygos, dešinėje esančios figūros vidurinis ir apatinis linkiai yra dalinai uždengiami likusios figūros dalies. Dėl šios priežasties matomas stimulus galėjo atrodyti sudėtingesnis ir todėl tiriamieji galėjo pradėti naudoti alternatyvias strategijas vietoje objektų sukimo mintyse. Toks strategijų keitimas sudėtingėjant užduočiai buvo pastebėtas ir ankstesniuose tyrimuose (Boone ir Hegarty, 2017; Göksun et al., 2013; Yuille ir Steiger, 1982), taip pat kaip ir reakcijos laiko kreivės pokytis keičiant strategiją (Boone ir Hegarty, 2017; Yuille ir Steiger, 1982).

Nepavyko rasti kitų tyrimų, kuriais būtų vertinami ryšiai tarp lytinių hormonų ir tiriamųjų pasirinkamų strategijų MR užduotims spręsti. Dėl šios priežasties yra sudėtinga lyginti gautus rezultatus. Vis dėlto, NC grupėje gautos reikšmingos teigiamos koreliacijos tarp segmentų krypties nustatymo strategijos pasirinkimo ir testosterono bei progesterono koncentracijų gali paaiškinti šių tiriamųjų užduočių atlikimo tendencijas. Buvo stebimos tendencijos, kad didėjant testosterono ir progesterono koncentracijoms reakcijos laikas greitėjo, o progesterono atveju didėjo ir tikslumas. Gali būti, kad tiriamosios su aukštesnėmis testosterono ir/ar progesterono koncentracijomis buvo linkusios rinktis segmentų krypties nustatymo strategijas, o tai savo ruožtu galėjo turėti teigiamos įtakos užduoties atlikimui. HK grupėje pastebėta tendencija, kad esant didesnėms progesterono koncentracijoms strategijų keitimui buvo skiriami aukštesni balai, gali būti susijusi su šioje grupėje matoma teigiama tendencija tarp progesterono koncentracijos ir tikslumo. Kadangi ši MR užduotis galėjo būti sprendžiama taikant sukimo mintyse arba alternatyvias strategijas, gali būti, kad strategijų keitimas buvo susijęs su efektyvesniu strategijų pasirinkimu esant aukštesnėms progesterono koncentracijoms.

Netikėti rezultatai buvo gauti vertinant progesterono ryšį su reakcijos laiku. NC grupėje pastebėta tendencija, kad progesteronas yra susijęs su greitesniu užduoties atlikimu prieštarauja anksčiau atliktų tyrimų rezultatams (Courvoisier et al., 2013; Griksiene et al., 2019; Noreika et al., 2014). Gali būti, kad tokie rezultatai buvo gauti dėl to, nes moterų grupėse progesterono ir testosterono koncentracijos koreliavo, t.y. moterų, kurių progesterono koncentracijos buvo aukštesnės, testosterono koncentracijos taip pat buvo aukštesnės. Kadangi testosteronas buvo susijęs su greitesniu užduoties atlikimu, tai galėjo lemti tai, kad moterys, kurių progesterono koncentracijos buvo aukštesnės užduotį taip pat sprendė greičiau. Kita vertus, tai, kad NC moterų grupėje progesteronas neigiamai koreliavo su sukimo mintyse

strategija, taip pat gali paaiškinti kodėl šiame darbe progesteronas buvo susijęs su greitesniu užduoties atlikimu: kadangi šiame darbe MR užduotis galėjo būti sprendžiama taikant alternatyvias, o ne objektų sukimo strategijas, gali būti, kad tai lėmė greitesnį moterų, kurių progesterono koncentracijos buvo aukštos, užduoties atlikimą. Be to, šiuos skirtumus tarp tyrimų rezultatų gali paaiškinti ir tai, kad šiame darbe NC tiriamosios dalyvavo ankstyvosios folikulinės fazės metu, kuomet progesterono koncentracijos yra žemesnės. Tuo tarpu kituose tyrimuose (Griksiene et al., 2019; Noreika et al., 2014) dalyvavo ir geltonkūnio fazės moterys, kurių progesterono koncentracijos buvo aukštesnės. Yra manoma, kad progesteronas, veikdamas slopinančiai per GABA receptorius, gali turėti įtakos MR užduoties atlikimui (Griksiene et al., 2019). Taigi, gali būti, kad šiame darbe tiriamųjų progesterono koncentracijos buvo per žemos šiam efektui pasireikšti.

Šiame darbe pastebėtos reikšmingos koreliacijos tarp vyriškų pažintinių gebėjimų ir geresnio užduoties atlikimo NC grupėje dera su Beltz et al. (2021) tyrimo rezultatais. Beltz et al. (2021) tyrime buvo pastebėta, kad NC moterys, kurios save vertino kaip labiau vyriškas, MR užduotį atliko geriau. Tačiau Beltz et al. (2021) tokių tendencijų nerado HK grupėje, o šiame darbe buvo pastebėta tendencija, kad vyriški pažintiniai gebėjimai buvo susiję su tikslesniu užduoties atlikimu ir HK grupėje. Šiuos skirtumus galima paaiškinti skirtingų klausimynų naudojimu: Beltz et al. (2021) naudojo trumpą lytinės tapatybės klausimyną, o šiame darbe buvo naudojamas GERAS klausimynas. Taip pat šiame darbe buvo pastebėta netikėta tendencija, kad NC grupėje moteriški pomėgiai buvo susiję su tikslesniu užduoties atlikimu. Reilly ir Neumann (2013) meta–analizėje nebuvo rasta sąsajų tarp moteriškos socialinės lyties bruožų ir MR užduočių atlikimo, tad tai prieštarauja šiame darbe gautiems rezultatams. Šiuos gautus skirtumus taip pat galima paaiškinti skirtingų savęs vertinimo klausimynų naudojimu šiame darbe ir ankstesniuose tyrimuose. Be to, kadangi šiame darbe tiriamosios keitė atlikimo strategijas, gali būti, kad moteriški pomėgiai buvo teigiamai susiję su atlikimu tuomet, kai buvo naudojamos alternatyvios, o ne sukimo mintyse strategijos. Kita vertus, neatmestina, kad bent dalis klausimų, esančių moteriškų pomėgių skalėje GERAS klausimyne (tokie kaip joga, šokiai, ritminė gimnastika) atspindi veiklą, kuri netiesiogiai gali priridėti prie erdvinių gebėjimų lavinimo.

IŠVADOS

1. Vyrai sukimo mintyse užduotį atliko tiksliau ir greičiau nei moterys, tačiau statistiškai reikšmingas skirtumas rastas tik lyginant vyrų ir natūralų menstruacinį ciklą turinčių moterų užduoties atlikimo tikslumą.
2. Nuo kampinio skirtumo tarp figūrų priklausomas reakcijos laiko kitimas visose tiriamųjų grupėse atitiko fiksacijų trukmės į dešinėje regimojo lauko pusėje esančią (pasuktą) figūrą kitimą keičiantis kampiniam skirtumui. Tai rodo, kad manipuliacija objektu vyko žiūrint į dešinėje regimojo lauko pusėje esančią figūrą.
3. Užduoties atlikimo strategijos (vertinant atlikimą, akių judesius ir strategijų klausimyno atsakymus) tarp vyrų, moterų turinčių natūralų menstruacinį ciklą ar vartojančių hormoninę kontracepciją nesiskyrė. Taigi strategijų skirtumai nėra faktorius galintis paaiškinti geresnį vyrų užduoties atlikimą.
4. Vyrų grupėje, esant aukštesnei testosterono koncentracijai, suminė fiksacijų trukmė pirmos stebimos figūros ribose buvo ilgesnė.
5. Segmentų krypties nustatymo strategijos naudojimas buvo susijęs su geresniu, o kubų skaičiavimo – su prastesniu užduoties atlikimu.

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Erik Ilkevič

Magistro baigiamasis darbas

**AKIŲ JUDESIŲ PARAMETRAI ATLIEKANT OBJEKTŲ SUKIMO MINTYSE
UŽDUOTĮ: SĄSAJŲ SU UŽDUOTIES ATLIKIMU, LYTIMI IR LYTINIAIS
HORMONAIŠ VERTINIMAS**

SANTRAUKA

Yra stebima, kad vyrai geriau už moteris atlieka objektų sukimo mintyse užduotis ir yra manoma, kad šių užduočių atlikimas yra susijęs su lytiniais hormonais. Akių judesių sekimo metodikos naudojimas gali suteikti papildomos informacijos apie užduoties atlikimo metu vykstančius kognityvinius procesus ir šių procesų sąsajas tarp tiriamojo lyties ir/ar lytinių hormonų statuso. Šio magistro darbo tikslas – įvertinti akių judesių parametrus atliekant objektų sukimo mintyse užduotį ir jų sąsajas su užduoties atlikimu, lytimi ir lytiniais hormonais.

Šiame tyrime buvo įvertinti 89-ių tiriamųjų (33 vyrų, 33 natūralaus ciklo moterų ir 23 hormoninę kontracepciją vartojančių moterų) Shepard ir Metzler (1971) paradigma paremtos užduoties atlikimas. Atliekant užduotį akių judesių buvo registruojami naudojant *EyeLink 1000* įrangą. Užduoties atlikimo strategijoms įvertinti naudoti elgseniniai, akių judesių ir strategijų klausimyno duomenys. Sąsajoms tarp lytinių hormonų koncentracijos ir užduoties atlikimo, akių judesių parametrų bei tiriamųjų pasirinktų strategijų nustatyti buvo matuojamos seilių testosterono ir progesterono koncentracijos.

Vyrai sukimo mintyse užduotį atliko statistiškai reikšmingai tiksliau už natūralų menstruacinį ciklą turinčias moteris, tačiau buvo nustatyta, kad skirtingų strategijų naudojimas nėra faktorius galintis paaiškinti geresnį vyrų užduoties atlikimą. Visų tiriamųjų grupėse buvo pastebėta, kad manipuliacija objektu vyko žiūrint į dešinėje regimojo lauko pusėje esančią figūrą, o vyrų grupėje aukštesnė testosterono koncentracija buvo teigiamai susijusi su sumine fiksacijų trukme pirmos stebimos figūros ribose prieš nukreipiant žvilgsnį į kitą figūrą. Taip pat nustatyta, kad segmentų krypties nustatymo strategijos naudojimas buvo susijęs su geresniu, o kubų skaičiavimo – su prastesniu užduoties atlikimu.

VILNIUS UNIVERSITY

LIFE SCIENCES CENTER

Erik Ilkevič

Master thesis

**PARAMETERS OF EYE MOVEMENTS DURING MENTAL ROTATION TASK:
EVALUATION OF LINKS WITH TASK PERFORMANCE, SEX, AND SEX HORMONES**

SUMMARY

It is observed that mental rotation tasks are performed better by men than women and currently the available data suggests that the performance of such tasks is related to sex hormones. Additional information regarding cognitive processes during mental rotation and the relationship of such processes with sex and/or the status of sex hormones could be gathered by using eye-tracking. The aim of this master thesis is to evaluate parameters of eye movements during mental rotation task and its links with task performance, sex, and sex hormones.

The performance of 89 participants (33 men, 33 naturally cycling women, and 23 hormonal oral contraception using women) was evaluated and their eye movements were tracked using *EyeLink 1000* device. The behavioral, eye movements and questionnaires data were used to evaluate the strategy usage. Saliva testosterone and progesterone concentrations were measured to estimate links between sex hormones and task performance, parameters of eye movements, and strategies preferences.

The mental rotation task was performed statistically significantly better by men than naturally cycling women, however, preference for different strategies cannot explain why men performed better. All three participants groups made manipulations with an object while looking at an object present in the right visual hemi-field. In the case of men, a higher concentration of testosterone was positively related to the total duration of fixations at the first observed figure before moving the gaze to another figure. It was estimated that evaluation of segments' direction was related to the superior performance and counting of cubes inside figures was related to inferior performance.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Aleman, A., Bronk, E., Kessels, R. P. C., Koppeschaar, H. P. F., & van Honk, J. (2004). A single administration of testosterone improves visuospatial ability in young women. *Psychoneuroendocrinology*, *29*(5), 612–617. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(03\)00089-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(03)00089-1)
2. Alexander, G. M., & Son, T. (2007). Androgens and eye movements in women and men during a test of mental rotation ability. *Hormones and Behavior*, *52*(2), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.01.011>
3. Banks, W. A. (2012). Brain Meets Body: The Blood-Brain Barrier as an Endocrine Interface. *Endocrinology*, *153*(9), 4111–4119. <https://doi.org/10.1210/en.2012-1435>
4. Beltz, A. M., Hampson, E., & Berenbaum, S. A. (2015). Oral contraceptives and cognition: A role for ethinyl estradiol. *Hormones and Behavior*, *74*, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2015.06.012>
5. Beltz, A. M., Loviska, A. M., Kelly, D. P., & Nielson, M. G. (2021). The Link Between Masculinity and Spatial Skills Is Moderated by the Estrogenic and Progestational Activity of Oral Contraceptives. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *15*, 777911. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.777911>
6. Bernal, A., & Paolieri, D. (2022). The influence of estradiol and progesterone on neurocognition during three phases of the menstrual cycle: Modulating factors. *Behavioural Brain Research*, *417*, 113593. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113593>
7. Bethell-Fox, C. E., & Shepard, R. N. (1988). Mental rotation: Effects of stimulus complexity and familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *14*(1), 12–23. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.14.1.12>
8. Bilge, A. R., & Taylor, H. A. (2017). Framing the figure: Mental rotation revisited in light of cognitive strategies. *Memory & Cognition*, *45*(1), 63–80. <https://doi.org/10.3758/s13421-016-0648-1>
9. Bochynska, A., Postma, A., Vulchanova, M., & Laeng, B. (2021). More mental rotation time does not imply more mental effort: Pupillary diameters do not change with angular distance. *Brain and Cognition*, *148*, 105670. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105670>

10. Boone, A. P., & Hegarty, M. (2017). Sex differences in mental rotation tasks: Not just in the mental rotation process! *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *43*(7), 1005–1019. <https://doi.org/10.1037/xlm0000370>
11. Burgess, N. (2006). Spatial memory: How egocentric and allocentric combine. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(12), 551–557. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.10.005>
12. Butkutė-Šliužienė, K. (2019). The Generalized Anxiety Disorder scale-7. *Biological Psychiatry and Psychopharmacology*, *21*(1), 21–22.
13. Butler, T., Imperato-McGinley, J., Pan, H., Voyer, D., Cordero, J., Zhu, Y.-S., Stern, E., & Silbersweig, D. (2006). Sex differences in mental rotation: Top–down versus bottom–up processing. *NeuroImage*, *32*(1), 445–456. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.03.030>
14. Campbell, M. J., Toth, A. J., & Brady, N. (2018). Illuminating sex differences in mental rotation using pupillometry. *Biological Psychology*, *138*, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.08.003>
15. Carrillo, B., Gómez-Gil, E., Rametti, G., Junque, C., Gomez, Á., Karadi, K., Segovia, S., & Guillamon, A. (2010). Cortical activation during mental rotation in male-to-female and female-to-male transsexuals under hormonal treatment. *Psychoneuroendocrinology*, *35*(8), 1213–1222. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2010.02.010>
16. Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511571312>
17. Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*, *155*, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010>
18. Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1973). CHRONOMETRIC STUDIES OF THE ROTATION OF MENTAL IMAGES. In W. G. Chase (Ed.), *Visual Information Processing* (pp. 75–176). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-170150-5.50009-3>
19. Corballis, M. C. (1988). Recognition of disoriented shapes. *Psychological Review*, *95*(1), 115–123. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.95.1.115>

20. Courvoisier, D. S., Renaud, O., Geiser, C., Paschke, K., Gaudy, K., & Jordan, K. (2013). Sex hormones and mental rotation: An intensive longitudinal investigation. *Hormones and Behavior*, *63*(2), 345–351.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.12.007>
21. Erdogan, G., Chen, Q., Garcea, F. E., Mahon, B. Z., & Jacobs, R. A. (2016). Multisensory Part-based Representations of Objects in Human Lateral Occipital Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *28*(6), 869–881. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00937
22. Galley, N., Betz, D., & Biniossek, C. (2015). *Fixation durations—Why are they so highly variable?* (pp. 83–106).
23. Gardony, A. L., Eddy, M. D., Brunyé, T. T., & Taylor, H. A. (2017). Cognitive strategies in the mental rotation task revealed by EEG spectral power. *Brain and Cognition*, *118*, 1–18.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.07.003>
24. Geiser, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2006). Separating “Rotators” From “Nonrotators” in the Mental Rotations Test: A Multigroup Latent Class Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, *41*(3), 261–293.
https://doi.org/10.1207/s15327906mbr4103_2
25. Göksun, T., Goldin-Meadow, S., Newcombe, N., & Shipley, T. (2013). Individual differences in mental rotation: What does gesture tell us? *Cognitive Processing*, *14*(2), 153–162.
<https://doi.org/10.1007/s10339-013-0549-1>
26. Griksiene, R., Arnatkeviciute, A., Monciunskaitė, R., Koenig, T., & Ruksenas, O. (2019). Mental rotation of sequentially presented 3D figures: Sex and sex hormones related differences in behavioural and ERP measures. *Scientific Reports*, *9*. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55433-y>
27. Griksiene, R., Monciunskaitė, R., Arnatkeviciute, A., & Ruksenas, O. (2018). Does the use of hormonal contraceptives affect the mental rotation performance? *Hormones and Behavior*, *100*, 29–38.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.03.004>

28. Griksiene, R., & Ruksenas, O. (2011). Effects of hormonal contraceptives on mental rotation and verbal fluency. *Psychoneuroendocrinology*, *36*(8), 1239–1248.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.03.001>
29. Gruber, F. M., Distlberger, E., Scherndl, T., Ortner, T. M., & Pletzer, B. (2020). Psychometric Properties of the Multifaceted Gender-Related Attributes Survey (GERAS). *European Journal of Psychological Assessment: Official Organ of the European Association of Psychological Assessment*, *36*(4), 612–623.
<https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000528>
30. Hahn, N., Jansen, P., & Heil, M. (2010). Preschoolers' mental rotation: Sex differences in hemispheric asymmetry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(6), 1244–1250.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21236>
31. Hampson, E., Levy-Cooperman, N., & Korman, J. M. (2014). Estradiol and mental rotation: Relation to dimensionality, difficulty, or angular disparity? *Hormones and Behavior*, *65*(3), 238–248.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2013.12.016>
32. Hausmann, M., Schoofs, D., Rosenthal, H. E. S., & Jordan, K. (2009). Interactive effects of sex hormones and gender stereotypes on cognitive sex differences—A psychobiosocial approach. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(3), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.09.019>
33. Hausmann, M., Slabbekoorn, D., Van Goozen, S. H., Cohen-Kettenis, P. T., & Güntürkün, O. (2000). Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, *114*(6), 1245–1250. <https://doi.org/10.1037//0735-7044.114.6.1245>
34. Hawes, Z., Sokolowski, H. M., Ononye, C. B., & Ansari, D. (2019). Neural underpinnings of numerical and spatial cognition: An fMRI meta-analysis of brain regions associated with symbolic number, arithmetic, and mental rotation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *103*, 316–336.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.007>
35. Hayworth, K. J., & Biederman, I. (2006). Neural evidence for intermediate representations in object recognition. *Vision Research*, *46*(23), 4024–4031. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.07.015>

36. Hegarty, M. (2010). Chapter 7—Components of Spatial Intelligence. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 52, pp. 265–297). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(10\)52007-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(10)52007-3)
37. Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure? *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(3), 1212–1219. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1347-z>
38. Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual–spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, *91*(4), 684–689. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.4.684>
39. Heil, M. (2002). The functional significance of ERP effects during mental rotation. *Psychophysiology*, *39*(5), 535–545. <https://doi.org/10.1017.S0048577202020449>
40. Heil, M., Jansen, P., Quaiser-Pohl, C., & Neuburger, S. (2012). Gender-specific effects of artificially induced gender beliefs in mental rotation. *Learning and Individual Differences*, *22*(3), 350–353. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.01.004>
41. Heil, M., & Jansen-Osmann, P. (2008). Sex Differences in Mental Rotation with Polygons of Different Complexity: Do Men Utilize Holistic Processes whereas Women Prefer Piecemeal Ones? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*(5), 683–689. <https://doi.org/10.1080/17470210701822967>
42. Hirnstein, M., Bayer, U., & Hausmann, M. (2009). Sex-specific response strategies in mental rotation. *Learning and Individual Differences*, *19*(2), 225–228. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.11.006>
43. Hooven, C. K., Chabris, C. F., Ellison, P. T., & Kosslyn, S. M. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, *42*(6), 782–790. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.012>
44. Hugdahl, K., Thomsen, T., & Erslund, L. (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: An fMRI study of mental rotation. *Neuropsychologia*, *44*(9), 1575–1583. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.026>

45. Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441–480. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(76\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(76)90015-3)
46. Kanamori, N., & Yagi, A. (2002). The Difference between Flipping Strategy and Spinning Strategy in Mental Rotation. *Perception*, 31(12), 1459–1466. <https://doi.org/10.1068/p3325>
47. Kandel, E. R., Koester, J., Mack, S., & Siegelbaum, S. (2021). *Principles of neural science*. McGraw Hill. <https://accessbiomedicalscience.mhmedical.com/book.aspx?bookid=3024>
48. Khooshabeh, P., & Hegarty, M. (2010, January 1). *Representations of Shape during Mental Rotation*. AAAI Spring Symposium - Technical Report.
49. Khooshabeh, P., Hegarty, M., & Shipley, T. F. (2013). Individual differences in mental rotation: Piecemeal versus holistic processing. *Experimental Psychology*, 60(3), 164–171. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000184>
50. Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., Wraga, M., & Alpert, N. M. (2001). Imagining rotation by endogenous versus exogenous forces: Distinct neural mechanisms. *Neuroreport*, 12(11), 2519–2525. <https://doi.org/10.1097/00001756-200108080-00046>
51. Kozaki, T., & Yasukouchi, A. (2008). Relationships between salivary estradiol and components of mental rotation in young men. *Journal of Physiological Anthropology*, 27(1), 19–24. <https://doi.org/10.2114/jpa2.27.19>
52. Kozhevnikov, M., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2002). Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers. *Cognition and Instruction*, 20(1), 47–78. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2001_3
53. Krüger, J. K., & Suchan, B. (2016). You Should Be the Specialist! Weak Mental Rotation Performance in Aviation Security Screeners – Reduced Performance Level in Aviation Security with No Gender Effect. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00333>

54. Kubranská, A., Lakatošová, S., Schmidtová, E., Durdiaková, J., Celec, P., & Ostatníková, D. (2014). Spatial abilities are not related to testosterone levels and variation in the androgen receptor in healthy young men. *General Physiology and Biophysics*, *33*(3), 311–319. https://doi.org/10.4149/gpb_2014005
55. Larsen, A. (2014). Deconstructing mental rotation. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *40*(3), 1072–1091. <https://doi.org/10.1037/a0035648>
56. Levine, S. C., Foley, A., Lourenco, S., Ehrlich, S., & Ratliff, K. (2016). Sex differences in spatial cognition: Advancing the conversation. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, *7*(2), 127–155. <https://doi.org/10.1002/wcs.1380>
57. Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, *56*(6), 1479–1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
58. Maki, P. M., Rich, J. B., & Rosenbaum, R. S. (2002). Implicit memory varies across the menstrual cycle: Estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*, *40*(5), 518–529. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(01\)00126-9](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(01)00126-9)
59. Miles, W. R. (1930). Ocular Dominance in Human Adults. *The Journal of General Psychology*, *3*(3), 412–430. <https://doi.org/10.1080/00221309.1930.9918218>
60. Moe, A. (2009). Are Males Always Better than Females in Mental Rotation? Exploring a Gender Belief Explanation. *Learning and Individual Differences*, *19*(1), 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.02.002>
61. Moen, K. C., Beck, M. R., Saltzmann, S. M., Cowan, T. M., Burleigh, L. M., Butler, L. G., Ramanujam, J., Cohen, A. S., & Greening, S. G. (2020). Strengthening spatial reasoning: Elucidating the attentional and neural mechanisms associated with mental rotation skill development. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *5*(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00211-y>
62. Moore, D. S., & Johnson, S. P. (2020). Chapter One—The development of mental rotation ability across the first year after birth. In J. B. Benson (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 58, pp. 1–33). JAI. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2020.01.001>

63. Nazareth, A., Killick, R., Dick, A. S., & Pruden, S. M. (2019). Strategy selection versus flexibility: Using eye-trackers to investigate strategy use during mental rotation. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *45*(2), 232–245. <https://doi.org/10.1037/xlm0000574>
64. Negi, S., & Mitra, R. (2020). Fixation duration and the learning process: An eye tracking study with subtitled videos. *Journal of Eye Movement Research*, *13*(6), Article 6. <https://doi.org/10.16910/jemr.13.6.1>
65. Noreika, D., Griškova-Bulanova, I., Alaburda, A., Baranauskas, M., & Grikišienė, R. (2014). Progesterone and mental rotation task: Is there any effect? *BioMed Research International*, *2014*, 741758. <https://doi.org/10.1155/2014/741758>
66. Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
67. Paschke, K., Jordan, K., Wüstenberg, T., Baudewig, J., & Leo Müller, J. (2012). Mirrored or identical—Is the role of visual perception underestimated in the mental rotation process of 3D-objects?: A combined fMRI-eye tracking-study. *Neuropsychologia*, *50*(8), 1844–1851. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.04.010>
68. Patel, S. A., Frick, K. M., Newhouse, P. A., & Astur, R. S. (2022). Estradiol effects on spatial memory in women. *Behavioural Brain Research*, *417*, 113592. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113592>
69. Pintzka, C. W. S., Evensmoen, H. R., Lehn, H., & Håberg, A. K. (2016). Changes in spatial cognition and brain activity after a single dose of testosterone in healthy women. *Behavioural Brain Research*, *298*, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.10.056>
70. Puts, D. A., Cárdenas, R. A., Bailey, D. H., Burriss, R. P., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2010). Salivary testosterone does not predict mental rotation performance in men or women. *Hormones and Behavior*, *58*(2), 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.03.005>
71. Quaiser-Pohl, C., Jansen, P., Lehmann, J., & Kudielka, B. M. (2016). Is there a relationship between the performance in a chronometric mental-rotations test and salivary testosterone and estradiol levels in

- children aged 9-14 years? *Developmental Psychobiology*, 58(1), 120–128.
<https://doi.org/10.1002/dev.21333>
72. Rahe, M., Ruthsatz, V., & Quaiser-Pohl, C. (2021). Influence of the stimulus material on gender differences in a mental-rotation test. *Psychological Research*, 85(8), 2892–2899.
<https://doi.org/10.1007/s00426-020-01450-w>
73. Reilly, D., & Neumann, D. L. (2013). Gender-Role Differences in Spatial Ability: A Meta-Analytic Review. *Sex Roles*, 68(9), 521–535. <https://doi.org/10.1007/s11199-013-0269-0>
74. Roach, V. A., Fraser, G. M., Kryklywy, J. H., Mitchell, D. G. V., & Wilson, T. D. (2016). The eye of the beholder: Can patterns in eye movement reveal aptitudes for spatial reasoning? *Anatomical Sciences Education*, 9(4), 357–366. <https://doi.org/10.1002/ase.1583>
75. Roach, V. A., Fraser, G. M., Kryklywy, J. H., Mitchell, D. G. V., & Wilson, T. D. (2017a). Different perspectives: Spatial ability influences where individuals look on a timed spatial test. *Anatomical Sciences Education*, 10(3), 224–234. <https://doi.org/10.1002/ase.1654>
76. Roach, V. A., Fraser, G. M., Kryklywy, J. H., Mitchell, D. G. V., & Wilson, T. D. (2017b). Time limits in testing: An analysis of eye movements and visual attention in spatial problem solving. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 528–537. <https://doi.org/10.1002/ase.1695>
77. Rolfs, M. (2009). Microsaccades: Small steps on a long way. *Vision Research*, 49(20), 2415–2441.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.08.010>
78. Rucci, M., & Poletti, M. (2015). Control and Functions of Fixational Eye Movements. *Annual Review of Vision Science*, 1, 499–518. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035742>
79. Saunders, M., & Quaiser-Pohl, C. M. (2021). Identifying solution strategies in a mentalrotation test with gender-stereotyped objects. *Journal of Eye Movement Research*, 13(6).
<https://doi.org/10.16910/jemr.13.6.5>

80. Scheer, C., Mattioni Maturana, F., & Jansen, P. (2018). Sex differences in a chronometric mental rotation test with cube figures: A behavioral, electroencephalography, and eye-tracking pilot study. *Neuroreport*, *29*(10), 870–875. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001046>
81. Searle, J. A., & Hamm, J. P. (2017). Mental rotation: An examination of assumptions. *WIREs Cognitive Science*, *8*(6), e1443. <https://doi.org/10.1002/wcs.1443>
82. Semrud-Clikeman, M., Fine, J. G., Bledsoe, J., & Zhu, D. C. (2012). Gender differences in brain activation on a mental rotation task. *The International Journal of Neuroscience*, *122*(10), 590–597. <https://doi.org/10.3109/00207454.2012.693999>
83. Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science (New York, N.Y.)*, *171*(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>
84. Shirazi, T. N., Levenberg, K., Cunningham, H., Self, H., Dawood, K., Cárdenas, R., Ortiz, T. L., Carré, J. M., Breedlove, S. M., & Puts, D. A. (2021). Relationships between ovarian hormone concentrations and mental rotations performance in naturally-cycling women. *Hormones and Behavior*, *127*, 104886. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104886>
85. Šilinskas, G., & Žukauskienė, R. (2004). *SUBJEKTYVIOS GEROVĖS IŠGYVENIMAS IR SU JUO SUSIJĘ VEIKSNIAI VYRŪ IMTYJE*. <https://doi.org/10.15388/PSICHOL.2004..4347>
86. Sladky, R., Stepniczka, I., Boland, E., Tik, M., Lamm, C., Hoffmann, A., Buch, J.-P., Niedermeier, D., Field, J., & Windischberger, C. (2016). Neurobiological differences in mental rotation and instrument interpretation in airline pilots. *Scientific Reports*, *6*, 28104. <https://doi.org/10.1038/srep28104>
87. Spitzer, R. L., Kroenke, K., Williams, J. B. W., & Löwe, B. (2006). A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: The GAD-7. *Archives of Internal Medicine*, *166*(10), 1092–1097. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.10.1092>
88. Taragin, D., Tzuriel, D., & Vakil, E. (2019). Mental rotation: The effects of processing strategy, gender and task characteristics on children's accuracy, reaction time and eye movements' pattern. *Journal of Eye Movement Research*, *12*(8), Article 8. <https://doi.org/10.16910/jemr.12.8.2>

89. Thurstone, L. L., & Thurstone, T. G. (1941). Factorial studies of intelligence. *Psychometric Monographs*, 2, 94–94.
90. Toth, A. J., & Campbell, M. J. (2019). Investigating sex differences, cognitive effort, strategy, and performance on a computerised version of the mental rotations test via eye tracking. *Scientific Reports*, 9(1), 19430. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56041-6>
91. Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
92. Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599–604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
93. Vardanyan, R., & Hruby, V. (2016). Chapter 27—Steroid Hormones. In R. Vardanyan & V. Hruby (Eds.), *Synthesis of Best-Seller Drugs* (pp. 459–493). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411492-0.00027-4>
94. Velichkovsky, B. M., Rothert, A., Kopf, M., Dornhöfer, S. M., & Joos, M. (2002). Towards an express-diagnostics for level of processing and hazard perception. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 145–156. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00013-X)
95. Voyer, D., & Doyle, R. A. (2010). Item type and gender differences on the Mental Rotations Test. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 469–472. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.04.010>
96. Voyer, D., Saint-Aubin, J., Altman, K., & Doyle, R. A. (2020). Sex differences in tests of mental rotation: Direct manipulation of strategies with eye-tracking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 46(9), 871–889. <https://doi.org/10.1037/xhp0000752>
97. Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/a0016127>

98. Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*(6), 1063–1070. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.6.1063>
99. Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Doyle, L., Paris, S., & Gleason, C. (2008). Oral contraceptives and androgenicity: Influences on visuospatial task performance in younger individuals. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *16*(2), 156–164. <https://doi.org/10.1037/1064-1297.16.2.156>
100. Wright, R., Thompson, W. L., Ganis, G., Newcombe, N. S., & Kosslyn, S. M. (2008). Training generalized spatial skills. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(4), 763–771. <https://doi.org/10.3758/PBR.15.4.763>
101. Xu, Y., & Franconeri, S. L. (2015). Capacity for visual features in mental rotation. *Psychological Science*, *26*(8), 1241–1251. <https://doi.org/10.1177/0956797615585002>
102. Xue, J., Li, C., Quan, C., Lu, Y., Yue, J., & Zhang, C. (2017). Uncovering the cognitive processes underlying mental rotation: An eye-movement study. *Scientific Reports*, *7*(1), 10076. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10683-6>
103. Yan, J., Guo, X., Jin, Z., Sun, J., Shen, L., & Tong, S. (2012). Cognitive Alterations in Motor Imagery Process after Left Hemispheric Ischemic Stroke. *PLOS ONE*, *7*(8), e42922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042922>
104. Yan, J., Sun, J., Guo, X., Jin, Z., Li, Y., Li, Z., & Tong, S. (2013). Motor Imagery Cognitive Network after Left Ischemic Stroke: Study of the Patients during Mental Rotation Task. *PLOS ONE*, *8*(10), e77325. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077325>
105. Yuille, J. C., & Steiger, J. H. (1982). Nonholistic processing in mental rotation: Some suggestive evidence. *Perception & Psychophysics*, *31*(3), 201–209. <https://doi.org/10.3758/bf03202524>
106. Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging Studies of Mental Rotation: A Meta-analysis and Review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20013>

107. Zacks, J. M., Ollinger, J. M., Sheridan, M. A., & Tversky, B. (2002). A Parametric Study of Mental Spatial Transformations of Bodies. *NeuroImage*, *16*(4), 857–872.
<https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1129>
108. Zhang, J., Park, S., Cho, A., & Whang, M. (2022). Significant Measures of Gaze and Pupil Movement for Evaluating Empathy between Viewers and Digital Content. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *22*(5), 1700. <https://doi.org/10.3390/s22051700>
109. Zhu, R., Wang, Z., & You, X. (2021). Anodal transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex enhances three-dimensional mental rotation ability. *Neuroscience Research*, *170*, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2020.09.003>
110. Zhu, X., Kelly, T. H., Curry, T. E., Lal, C., & Joseph, J. E. (2015). Altered functional brain asymmetry for mental rotation: Effect of estradiol changes across the menstrual cycle. *Neuroreport*, *26*(14), 814–819. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000429>