



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Biomokslų institutas

ROBERTA MORKŪNAITĖ
Neurobiologijos studijų programa

Magistro baigiamasis darbas

**FAKTORIŲ VEIKIANČIŲ REAKCIJOS LAIKĄ IR TIKSLUMĄ TRANSFORMUOJANT
TRIMAČIUS OBJEKTUS VERTINIMAS**

Darbo vadovė:

doc. dr. Ramunė Grikšienė

Konsultantė:

dokt. Rimantė Gaižauskaitė

Studentas:

Vilnius, 2023

Turinys

IVADAS	4
1. LITERATŪROS APŽVALGA	6
1.1. Smegenų aktyvumas atliekant MR užduotį	6
1.2. Lytinių steroidinių hormonų skirtumai tarp lyčių	7
1.2.1. Menstruacijų ciklas.....	8
1.2.2. Hormoninė kontracepcija ir spiralė.....	9
1.2.3. Hormonų veikla.....	10
1.2.4. Skirtumai tarp lyčių atliekant MR.....	12
1.3. Faktoriai galimai susiję su MR užduoties atlikimu	13
1.3.1. Rankiškumas.....	13
1.3.2. Emocinė būseną.....	13
1.4. Taikomos technikos ir praktikos svarba	14
1.5. Sukimo kampo poveikis MR užduoties našumui	15
1.5.1. Nuolydis reakcijos laikui.....	16
1.5.2. Sukimo kampų slenkstis.....	16
2. METODIKA	18
2.1. Tiriamieji	18
2.2. Tyrimo eiga	18
2.3. Tyrimo priemonės	19
2.3.1. Klausimynai.....	19
2.3.2. Seilių mėginiai.....	20
2.3.3. Stimulo pateikimas kompiuterine programa.....	20
2.3.4. Tiesinis regresinis modelis.....	20
2.3.5. Klasterinė analizė.....	21
2.3.6. Klasterinė analizė: atstumo matas.....	21
2.3.7. Klasterinė analizė: klasterizavimo strategija.....	22
2.3.8. Klasterinė analizė: klasterių skaičiaus pasirinkimas.....	23
2.3.9. Atitikimo analizė.....	23
3. REZULTATAI	26
3.1. Pirminė duomenų analizė	26
3.2. Nuolydis	28
3.2.1. Faktoriai veikiantys iki lūžio.....	29
3.2.2. Faktoriai veikiantys nuo lūžio.....	30
3.3. Atitikimo analizė	32
3.4. Klasterinė analizė	33
4. REZULTATŲ APTARIMAS	37
5. IŠVADOS	39
LITERATŪROS SĄRAŠAS	44

Santrumpos

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

RT (angl.: *rotation time, RT*) – reakcijos laikas (ms), per kurį atliekamas trimačių objektų pasukimas mintyse.

OC (angl.: *subject using oral contraceptive*) – geriamąją kontracepciją vartojanti moteris.

IUD (angl.: *subject with intrauterine device*) – hormoninę intrauterininę spiralę naudojanti moteris.

NCF (angl.: *subject in natural cycles follicular*) – natūralų menstruacinį ciklą turinti, tirta folikulinėje ciklo fazėje moteris.

NCG (angl.: *subject in natural luteal phase*) – natūralų menstruacinį ciklą turinti, tirta geltonkūnio ciklo fazėje moteris.

V – vyrai.

ĮVADAS

Trimačių objektų sukimo mintyse tyrimai yra aktualūs kognityvinėje psichologijoje ir susijusiose disciplinose. Sukimas mintyse reiškia gebėjimą manipuluoti ir transformuoti vaizdinius objektus ir apdoroti erdvinę informaciją. MR užduotis tyrinėjama norint daugiau sužinoti apie kognityvinius procesus, tokius kaip tam tikros strategijos taikymas ir efektyvumas, erdvinius gebėjimus, lyčių skirtumus, hormoninės koncentracijos įtaką, ar smegenų funkcijas ir gautas žinias pritaikyti švietime (pvz.: mokymosi metodikai kurti), medicinoje (pvz.: rehabilitacijoje), moksle ir tolimesniuose tyrimuose.

MR atlikimo efektyvumui vertinti dažniausiai analizuojami du parametrai: **reakcijos laikas** ir **tikslumas**. Nors tyrimuose nagrinėjama ir daugiau faktorių, galimai veikiančių sukimo mintyse efektyvumo matavimus (pvz.: socialiniai ir emociniai rodikliai), bet ypač daug dėmesio skirta **lyčių skirtumams** nustatyti. Pastebėta, kad vyrai sukimo mintyse užduoties metu dažniausiai yra greitesni ir tikslesni nei moterys (Fargier et al., 2022; Zapf et al., 2015). Tačiau rezultatai teigiantys, kad skirtumai tarp lyčių egzistuoja, dar nepaaiškina, kokia yra to priežastis.

Kai kurie tyrimai rodo ne tik lyties, bet ir **hormoninės koncentracijos** įtaką užduoties atlikimo efektyvumo matavimams, kas paaiškina galimus skirtumus ne tik tarp vyrų ir moterų, bet ir tarp pačių moteriškos lyties tyrimo dalyvių ir patvirtina, kad kai kurios kognityvinės funkcijos gali būti ypač lyčiai specifinės ir priklausyti nuo lytinių hormonų koncentracijos (Upadhyay & Guragain, 2014). Pavyzdžiui, plačiau nagrinėjant su hormonų koncentracijomis susijusius skirtumus, atlikti tyrimai su moterimis vartojančiomis ir nevartojančiomis hormoninės kontracepcijos priemonės bei vyrais (Griksiene et al., 2018). Tyrimo rezultatai parodė, kad moterys nevartojančios kontraceptinių priemonių buvo tikslesnės, bet lėtesnės, pastebima teigiama koreliacija tarp: progesterono ir reakcijos laiko, tikslumo ir estradiolio koncentracijos, kas parodo egzistuojantį sąryšį tarp hormoninės koncentracijos ir MR užduoties efektyvumo matavimų.

M. Fisher ir kt. (2018) skirtumus tarp lyčių grindžia skirtingos strategijos pasirinkimu, atliekant trimačių objektų pasukimo mintyse užduoties. Daugelyje straipsnių labiausiai išskiriama ir dažniausiai nagrinėjama yra **holistinė** ir **analitinė strategija**. Nors ir tyrimuose reakcijos laiko, ar tikslumo skirtumai tarp strategijų pastebėti (Hegarty, 2018), tačiau tiksliai, pasitelkiant klausimynais, įvertinti kokią strategiją tiriamasis naudojo – sudėtinga. Todėl neatmetama galimybė apie kitų, gerai neapibrėžtų, strategijų panaudojimą tyrimo metu, ar dalyvio klaidos tikimybę pateikiant atsakymus apie taikytą strategiją.

Verta paminėti, kad MR užduotyje svarbūs ir tokie faktoriai kaip emocinė būseną, socialiniai faktoriai (išsilavinimas, amžius), ar net pomėgiai labiau siejami su moteriška/vyriška lytimi, tokie

kaip kompiuteriniai žaidimai, kurie taip pat veikia sukimo mintyse užduoties atlikimą (Gecu & Cagiltay, 2015).

Nors dauguma tyrimų nagrinėja sąsajas tarp reakcijos laiko/tikslumo ir lyties, hormoninės koncentracijos, strategijos bei emocinių/socialinių rodiklių, tačiau nėra aišku, kaip šie faktoriai veikia kartu, kurie yra ypač svarbūs atliekant MR užduotį ir ar pasitelkus juos, galima suskirstyti tyrimo dalyvius į tam tikras grupes ir išvelgti tų grupių tendencijas, kas padėtų atrasti sąsajas tarp pačių tyrimo dalyvių.

Darbo tikslas: įvertinti faktorius veikiančius trimačių kūnų sukimo mintyse reakcijos laiką ir tikslumą.

Darbo uždaviniai:

1. Įvertinti MR sukimo strategijos reikšmę reakcijos laikui ir tikslumui, pritaikant **tiesinės regresijos modelius**.
2. Identifikuoti dažniausiai naudojamas tyrimo dalyvių grupių (OC, IUD, NCF, NCG, V) strategijas, pasitelkiant **atitikimo analizę**.
3. Įvertinti galimą grupių (OC, IUD, NCF, NCG, V) reakcijos laiko priklausomybę nuo užduoties sąlygų.
4. Identifikuoti panašius eksperimento dalyvius, naudojant **klasterinės analizės** metodą.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Erdviniai gebėjimai yra vieni iš pagrindinių kognityvinių gebėjimų, kurių svarbą galima išvelgti įvairiose kasdieninio gyvenimo situacijose ir disciplinose. Vienas dažniausiai naudojamų erdvinių gebėjimų matų yra sukimas mintyse.

Sukimas mintyse koreliuoja su akademinė sėkme tokiose srityse, kaip geometrija, matematika, chemija, geresne darbine atmintimi, problemų sprendimų ir sprendimo priėmimo įgūdžiais (Hertanti et al., 2019). Verta paminėti, kad patirtis ir praktika atliekant sukimą mintyse (toliau MR) vaidina svarbų vaidmenį gerinant MR vertinimo rodiklius, tokius kaip reakcijos laikas ar tikslumas. Atliekant sukimą mintyse, veikia įvairios smegenų sritys, taip pat svarbus hormonų vaidmuo, emocinė būseną, socialinė padėtis, ar net sveikatos sutrikimai.

1.1. Smegenų aktyvumas atliekant MR užduotį

Tyrimai rodo, kad MR užduotis yra sudėtingas kognityvinis procesas, kurio metu svarbų vaidmenį atlieka įvairūs subprocesai, tokie kaip dėmesio koncentracija (suvokti matomą objektą), vizualinės informacijos vertinimas (objekto ir jo išsidėstymo identifikavimas), objekto sukimas mintyse, stimulų poros lyginimas, sprendimo priėmimas (Karádi et al., 2001).

Dėmesio koncentracija.

Atlikti tyrimai rodo, kad už dėmesio koncentraciją atsakingos kelios smegenų sritys: momeninė (angl.: *parietal lobe*) ir kaktinė smegenų skiltys (angl.: *frontal lobe*). Atkreipiamas dėmesys ir į kitą smegenų sritį - smilkininę skiltį (angl.: *temporal lobe*) (Stemmann & Freiwald, 2019).

Vizualinės informacijos vertinimas, objekto sukimas mintyse.

Nustatyta, kad pirminė smegenų žievė (angl.: *primary visual cortex*) yra svarbi vertinant vizualinę informaciją ir dalyvauja sukimo mintyse metu (Gao et al., 2017). Pastebėta, kad pavienių raidžių ir skaitmenų sukimas mintyse suaktyvina pirminę somatosensorinę žievės (angl.: *primary somatosensory cortex*) sritį kairiajame priešcentriniame vingyje (angl.: *precentral gyrus*), o porinių figūrų sukimasis mintyse suaktyvina kairiąją viršutinę momeninę skiltį (angl.: *left superior parietal lobule*) ir dešinią vidinį kaktinį vingį (angl.: *right frontal medial gyrus*). Neaktyvi sritis pastebėta vidurinėje kairiojoje viršutinėje priekinėje klostėje (angl.: *left superior frontal gyrus*). Nustatyta, kad kairysis priešcentrinis vingis (angl.: *left precentral gyrus*) statistiškai reikšmingai aktyvus mintyse

sukant raides ir skaitmenis, o kairioji medialinė pakaušio klostė (angl.: *medial occipitotemporal gyrus*) buvo reikšmingai aktyvi porinių figūrų sukimo mintyse metu.

Rezultatai, gauti stebint elgesį, kai tuo pačiu metu atliekama pažintinė ir motorinė užduotis (Hyun & Luck, 2005) ir elektrofiziologiniai tyrimai (Prime & Jolicoeur, 2010) rodo, kad sukimas mintyse apima vaizdinėje trumpalaikėje atmintyje (angl.: *short-term memory (STM)*) laikomos reprezentacijos transformavimą. Neurovizualiniai tyrimai rodo, kad atliekant sukimą mintyse, aktyvuojami vizualinio judesio srities regionai, esantys užpakalinėje mokes žievėje (angl.: *posterior parietal cortex*) ir užpakalinėje pakaušinėje žievėje (angl.: *superior posterior occipital*) (Zacks, 2008).

Sukimo mintyse metu, vyrams buvo pastebėtas didesnis dešinėsios momeninės dalies (angl.: *right parietal*) aktyvumas, o moterims kairiosios momeninės (angl.: *left parietal*) dalies aktyvumas (Heil et al., 2011).

Stimulų poros lyginimas.

Nustatyta, kad regimosios žievės (angl.: *visual cortex*) dalis, žinoma kaip apatinė smilkininė smegenų skiltis (angl.: *inferotemporalinė (IT)*), veikia lyginant skirtingus objektus. Kai vaizdinė informacija per tinklainę patenka į smegenis, regimoji žievė (angl.: *visual cortex*) sensorinę informaciją paverčia koherentišku suvokimu (Trafton, 2019).

Sprendimo priėmimas.

Gerai žinoma, kad sprendimų priėmimo procesas atsiranda dėl sąsajų tarp prefrontalinės žievės (angl.: *prefrontal cortex*), kuri atsakinga už darbinę atmintį ir hipokampo (angl.: *hippocampus*), kuris atsakingas už ilgalaikę atmintį (Saber Moghadam et al., 2019).

Nustatyta, kad sukimo mintyse metu vyksta įvairūs smegenų procesai, tačiau koks smegenų aktyvumas, priklauso nuo konkrečios užduoties ar dirgiklių (Vingerhoets et al., 2001).

1.2. Lytinių steroidinių hormonų skirtumai tarp lyčių

Dauguma tyrimų rodo lyties bei hormoninės koncentracijos įtaką MR užduoties atlikimui (Upadhyay & Guragain, 2014). Teigiama, kad vyrai pasirodo geriau, nei moterys, t.y. reakcijos laikas trumpesnis, o atsakymai tikslesni (Fargier et al., 2022; Hegarty, 2018). Viena iš priežasčių, kodėl skiriasi MR užduoties atlikimas tarp vyrų ir moterų bei tarp pačių moterų – hormoninės koncentracijos skirtumai. Vyrai MR užduotį atlieka geriau dėl didesnės testosterono koncentracijos, o moterys tarpusavyje dažnai skiriasi dėl skirtingo progesterono ir estrogeno kiekio (Hausmann et al., 2000).

Dažniausiai tyrimuose minimus steroidinius lytinius hormonus: estrogeną (estradiolis), progestogeną (progesteronas) ir androgeną (testosteronas) turi tiek vyrai, tiek moterys, tačiau pagrindinis skirtumas – jų koncentracija (Wierman, 2007). Nors esminis vyrų lytinis hormonas yra androgenas – testosteronas, kuris daugiausiai gaminamas sėklidėse, svarbi pusiausvyra ir tarp estrogeno ir testosterono, kuri padeda kontroliuoti lytinį potraukį, erekciją ir spermą gamybą (Fiona, 2019).

Moterų pagrindiniai lytiniai hormonai yra estrogenas ir progesteronas. Tačiau, kaip ir vyrams būdinga maža estrogeno bei progesterono koncentracija, taip ir moterims – testosterono (Healthcare, 2020). Moterų hormonų lygio svyravimai vyksta natūraliai per visą jų reprodukcinį gyvenimą (Zacur, 2006). Šie hormonų svyravimai yra susiję su įvairiais fiziniais ir emociniais pokyčiais, vieni pagrindinių, veikiančių MR užduoties atlikimo efektyvumo matus (RT ir tikslumą), tai menstruacijų ciklas, geriamosios kontracepcijos vartojimas bei hormoninės intrauterininės spiralės naudojimas (Sundström Poromaa & Gingnell, 2014).

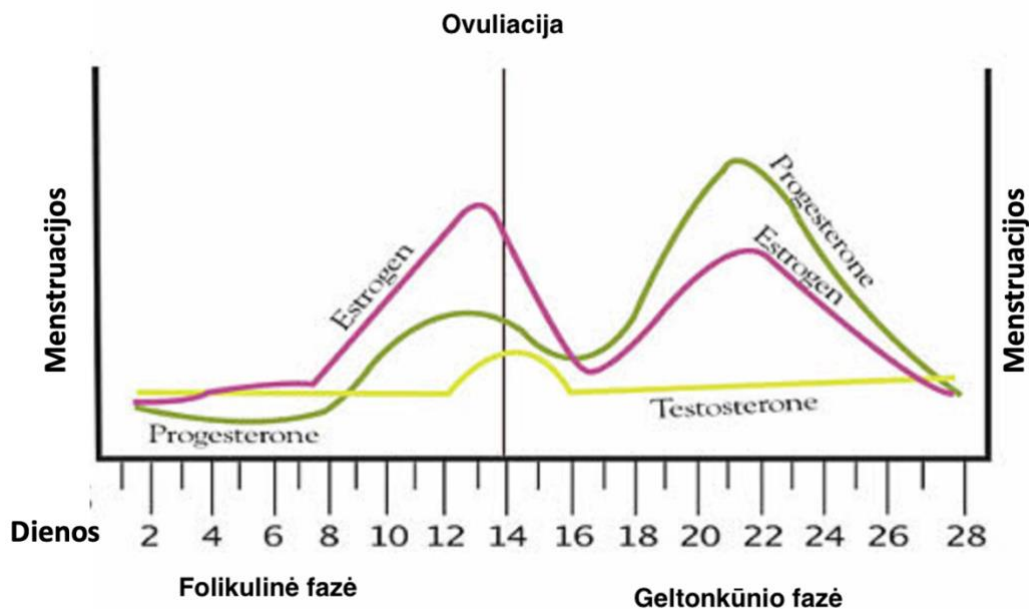
1.2.1. Menstruacijų ciklas

Pastebėta, kad statistiškai reikšmingi skirtumai moterų imtyje, atliekant sukimo mintyse užduotį (MRT; Vandenberg ir Kuse, 1978m.), nustatyti tarp skirtingų menstruacijų ciklo fazių dėl besikeičiančios hormonų koncentracijos (Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2000).

Menstruacinis ciklas, kuris idealiu atveju trunka 28 dienas, sudarytas iš skirtingų fazių „1.1 pav.“:

- **Menstruacijų fazė** (nuo 2-jų iki 7-nių dienų), nuo pirmosios kraujavimo iki paskutinės kraujavimo dienos. Menstruacijų metu estrogenų ir progesterono kiekis yra mažiausias, jaučiamas didesnis nuovargis.
- **Folikulinė fazė** (1-14 dienos), kurios metu estrogenų kiekis padidėja dėl pasiruošimo ovuliacijai ir galimo apvaisinimo. Moterys tampa energingesnės, veiklesnės.
- **Ovuliacija** (14 diena) – kiaušialąstės išsiskyrimas iš kiaušidės ciklo viduryje. Estrogenas pasiekia aukščiausią tašką prieš pat ovuliaciją ir netrukus sumažėja. Dominuojantis folikulas kiaušidėje augdamas gamina vis daugiau estrogeno. Kai estrogeno lygis yra pakankamai aukštas, jis signalizuoja smegenims ir sukelia liuteinizuojančio hormono (angl.: *luteinizing hormone (LH)*) padidėjimą, kuris stimuliuoja ovuliaciją ir estrogeno ir progesterono, kuris palaiko gimdos gleivinę ir slopina LH po ovuliacijos, produkciją. Šioje fazėje taip pat pastebimas testosterono pakilimas.
- **Geltonkūnio fazė** (15 – 28 dienos) – kai įvyksta ovuliacija, folikulas, kuriame buvo kiaušialąstė, virsta geltonkūniu ir pradeda gaminti progesteroną bei estrogeną, o progesterono

lygis pasiekia aukščiausią lygį maždaug įpusėjus geltonkūnio fazei (*The Menstrual Cycle - Phases, Hormones and Their Functions*, 2019).



1.1. pav. 28-ių dienų menstruacijų ciklas. Grafike pateikti moteriškų lytinių hormonų (estradiolio ir progesterono) kaita folikulinėje ir geltonkūnio ciklo fazėse bei testosteronas (“Hormone Imbalance, Menstrual Cycles & Hormone Testing,” n.d.).

Ankstesni tyrimai rodo, kad geltonkūnio ciklo fazės viduryje, moterys elgiasi „moteriškiausiai“. Būtent šioje fazėje buvo pastebėtas didžiausias erdviųjų gebėjimų skirtumas tarp lyčių (Pletzer et al., 2019). Geltonkūnio ciklo fazei priklausančių moterų grupė atliekant MR užduotį pasirodė prasčiau nei kitos trys moterų grupės skirtingose ciklo fazėse. Blogesni erdviniai gebėjimai geltonkūnio fazės metu buvo siejami su didesniu estrogeno ir (arba) progesterono kiekiu kraujyje. Viename tyrime nustatyta, kad moterys menstruacijų fazės metu erdvinius tyrimus atliko geriau nei moterys prieš ovuliaciją (McCormick & Teillon, 2001). Moterys folikulinėje fazėje su mažiau progesterono („1.1. pav“) buvo žymiai greitesnės už moteris geltonkūnio fazėje (Noreika et al., 2014).

1.2.2. Hormoninė kontracepcija ir spiralė

Skirtingos hormonų koncentracijos įtaka MR užduoties atlikimui pastebėta tyrimuose su hormoninę kontracepciją vartojančiomis moterimis (OC). Moterys vartojusios hormoninę kontracepciją buvo greitesnės, tačiau mažiau tikslios už moteris natūralioje ciklo fazėje (Griksiene et al., 2018). Atliktų tyrimų MR užduoties rezultatai galėjo priklausyti nuo hormoninės kontracepcijos

tipų. Dažniausiai vartojamos kombinuotos sintetinių estrogenų (etinilo estradiolis) ir progesterono pakaitalo (progestinų) arba tik progestinų tabletės (D. B. Cooper et al., 2023). Progestinai gali būti skirstomi į androgeninius ir antiandrogeninius priklausomai nuo to, kaip sąveikauja su androgenų receptoriais (vyriškų hormonų, pvz.: testosterono). Antiandrogeninis progestinas veikia kaip antagonistas ir blokuoja androgenų receptorių (Raudrant & Rabe, 2003), todėl sumažėja pvz.: testosterono kiekis, atitinkamai androgeniniai progestinai veikia kaip agonistai, todėl testosterono kiekis, vartojant androgeninę geriamąją kontracepciją, padidėja. Tyrimai parodė, kad androgeninę kontracepciją naudojusios moterys turi geresnius erdvinis gebėjimus už moteris, kurios vartojo antiandrogeninę kontracepciją (Gurvich et al., 2020). Kituose tyrimuose pastebėta, kad androgeninę kontracepciją naudojančios moterys buvo lėtesnės, bet tikslesnės už antiandrogeninės kontracepcijos vartojusias ir natūralų ciklą turinčias moteris (Griksiene & Ruksenas, 2011).

Dar vienas MR atlikimo užduotį galintis veikti faktorius yra moterų naudojama hormoninė intrauterinė spiralė (IUD), kuri patalpinama gimdoje ir skirta apsaugoti nuo nepageidaujamo nėštumo. Hormoninė intrauterinė spiralė veikia nuolat, mažomis dozėmis išskiriant sintetinį progesteroną (progestiną) ir veikia androgeniškai. Tyrimų, kurie nagrinėtų IUD efektyvumą atliekant MR užduotis nėra daug, o dažnai hormoninę intrauterinę spiralę naudojančios moterys priskiriamos prie kontracepciją vartojančių ir tiriamos kartu. Tyrėjai mano, kad grupuoti IUD ir OC moteris yra nekorektiška, dėl skirtingo IUD ir OC veikimo principo. Pavyzdžiui, OC yra sintetinio estrogeno ir progestino, kurio androgeniškumas skiriasi – nuo antiandrogeninio iki labai androgeniško, o dauguma IUD išskiria pastovią progestino dozę iki 3/5 metų, kuri yra vidutiniškai ar labai androgeniška (Beltz et al., 2022).

Tiek hormoninė kontracepcija, tiek hormoninė intrauterinė spiralė gali veikti sukimo mintyse užduoties atlikimą dėl hormoninės koncentracijos pokyčių. Tikslesniems rezultatams gauti OC ir IUD turėtų būti analizuojama atskirai.

1.2.3. Hormonų veikla

Daugelyje tyrimu nagrinėta ir nustatyta, kad hormonų koncentracijos skirtumai veikia žmogaus kognityvines funkcijas, erdvinis gebėjimus. Neretai, atliktos MR užduoties rezultatai rodo reikšmingus vyrų ir moterų reakcijos laiko ir tikslumo skirtumus dėl tam tikros testosterono, progesterono, ar estrogeno koncentracijos.

Testosteronas.

Ne tik biologinė lytis, bet ir skirtinga sąveika tarp lytinių hormonų gali turėti poveikį erdvinis gebėjimams. Moterų erdvinis gebėjimų tikrinimo metu pastebėta, kad užduočių atlikimas buvo veikiamas daugiau faktorių nei vyrų. Pavyzdžiui, tiksliausiai MR užduotį atliko moterys su

padidėjusiu testosterono lygiu ir aukštu „vyriškumu“ (iš socialinės lyties perspektyvos – asmens savybės priskirtos prie vyriško vaidmens), tuo tarpu vyrams tiksliausius rezultatus lėmė vienintelis pastebėtas faktorius – testosterono kiekio padidėjimas (Pletzer et al., 2019).

Atliekant MR užduotį vyrai būna tikslesni, o jų reakcijos laikas trumpesnis nei moterų. Viena iš priežasčių, kodėl vyrai MR užduotį atlieka efektyviau, tai aukštesnė testosterono koncentracija (Yang et al., 2007).

Koreliacija tarp „moteriškumo“ (iš socialinės lyties perspektyvos – asmens savybės priskirtos prie moteriško vaidmens) ir lytinių hormonų sąveikos su sukimo mintyse **tikslumu** nenustatyta, tačiau stebint **sukimo laiką** buvo pastebėta koreliacija tarp „moteriškumo“, testosterono ir estradiolio koncentracijos. Estradiolis buvo susijęs su ilgesniu (lėtesniu) reakcijos laiku. Atliekant sukimo erdvėje užduotis buvo stebimas ryšys tarp testosterono ir reakcijos laiko tarp dalyvių, kurių estradiolio kiekis buvo mažas, atsižvelgiant į jų „moteriškumą“. Dalyviams, turintiems žemą „moteriškumo“ rodiklį, pastebėta teigiama koreliacija tarp testosterono ir reakcijos laiko (RT), t.y. kuo didesnis testosterono lygis, tuo lėtesnė reakcija. Dalyviams, turintiems aukštą „moteriškumo“ rodiklį, koreliacija tarp testosterono ir RT buvo neigiama, t.y. kuo didesnė testosterono koncentracija, tuo greitesnė reakcija (Hooven et al., 2004; Pletzer et al., 2019).

Pastebėta, kad testosteronas yra susijęs su moterų hipokampo tūriu, tuo gali būti pagrįsti tyrimai, kuriuose nustatyta skirtinga sąsaja tarp testosterono kiekio ir vyrų/moterų erdvinių gebėjimų (Pletzer et al., 2019).

Progesteronas.

Testosterono poveikis erdvinių gebėjimų užduoties atlikimui gali priklausyti ir nuo kito lytinio hormono progesterono. Progesteronas moduliuoja testosterono įtaką. Testosteronas paverčiamas estradioliu per fermentą aromatazę ir į fiziologiškai aktyvesnį dihidrotestosteroną per fermentą 5 α -reduktazę. Tačiau šis fermentas turi didesnę afiniškumą progesteronui, todėl esant dideliame progesterono kiekiui mažiau testosterono virsta dihidrotestosteronu. Atitinkamai, testosterono poveikis gali susilpnėti esant dideliame progesterono kiekiui (Pletzer et al., 2019). Yra tyrimų, kuriuose nustatyta, kad testosteronas ir „vyriškumas“ pagerina eksperimento dalyvių erdvinius gebėjimus, kurių progesterono koncentracija yra aukšta, tačiau pablogina tiems, kurių progesterono koncentracija maža. Tai parodo, kad priklausomai nuo to ar progesterono yra, ar nėra, keičiasi testosterono veikimo mechanizmas. Galima daryti prielaidą, kad nesant progesterono, testosteronas daugiausia veikia kaip dihidrotestosteronas, o esant dideliame progesterono kiekiui, testosteronas nevirsta dihidrotestosteronu. Tokiu atveju testosteronas gali veikti tiesiogiai androgenų receptorių arba veikia kaip estradiolis estrogeno receptorių po konversijos per fermentą aromatazę. Tai rodo skirtingą dihidrotestosterono poveikį (Pletzer et al., 2019). Kiti tyrimai patvirtino teigiamą koreliaciją

tarp reakcijos laiko ir progesterono koncentracijos (Griksiene et al., 2019). Teigiama progesterono koncentracijos koreliacija pastebima ir su padidėjusiu nuovargio (Noreika et al., 2014).

Estrogenas.

Vienas iš pagrindinių estrogeninių steroidinių hormonų yra estradiolis. Tyrimai rodo, kad moterų erdvinio sukimo testų rezultatai menstruacijų metu yra geresni, nei esant aukšto estradiolio menstruacinio ciklo fazėms. Nustatyta, kad žemas estradiolis buvo susijęs su žymiai geresniu tikslumu net ir atliekant didelio laipsnio kampo sukimo mintyse užduotį. Priešingai, užduotis, kurioje reikėjo stimulą sukti tik nedideliu kampu, neparodė jokio reikšmingo estradiolio poveikio (Hampson et al., 2014). Kai kuriuose tyrimuose teigiama, kad esant žemam estrogeno lygiui pateikiami atsakymai yra tikslesni nei esant aukštam (Hampson et al., 2014). Taip pat yra tyrimų atliktų ir vyrams, kur buvo lyginama testosterono ir estradiolio koncentracija, estradiolis teigiamai koreliavo su reakcijos laiku MR užduotyje (Kozaki & Yasukouchi, 2008).

1.2.4. Skirtumai tarp lyčių atliekant MR

Peregine ir kt. (Peregine et al., 2020) siekė išsiaiškinti, ar nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp lyčių (vyrų ir moterų) gali būti pastebimi nebūtinai dėl hormoninės koncentracijos skirtumų, bet dėl lyties reikšmės. Kai kurie tyrimai, atlikti 3 - 18 mėnesių kūdikiams, rodo, kad nors ir pastebimas berniukų pranašumas atpažįstant pasuktus objektus, tačiau toks skirtumas yra statistiškai nereikšmingas, tai reiškia, kad sukimo mintyse efektyvumo skirtumai pirmaisiais gyvenimo mėnesiais nėra aptinkami arba yra statistiškai nereikšmingi (Enge et al., n.d.). Tam, kad geriau suprasti ar hormonų koncentracijos įtaka išlieka, lyginti reprodukcinio amžiaus, skirtingų lyčių atstovai, neatsižvelgiant į jų hormonų koncentraciją, ar menstruacijų ciklo fazę. Nustatyta, kad MR užduoties tikslumas, bet ne reakcijos laikas, statistiškai reikšmingai skyrėsi tarp lyčių (Pletzer et al., 2019).

Skirtumai tarp lyčių gali būti aiškinami atsižvelgiant ir į skirtingą sukimo mintyse apdorojimą abiejuose pusrutuliuose. Tyrimuose teigiama, kad jei stimulus sukamas kaip visuma (holistinė strategija), labiausiai dalyvauja dešinysis pusrutulis ir priešingai, naudojant dalinę sukimo strategiją (analitinę), pirmiausia aktyvuojamas kairysis pusrutulis (Scheer et al., 2018). Yra žinoma, kad vyrai naudoja holistinę strategiją, o moterys – analitinę strategiją.

Nagrinėti fMRI duomenys atskleidė, kad nors vyrams ir moterims aktyvuojasi panašios smegenų sritys atliekant sukimo mintyse užduotis, tačiau tam tikri skirtumai pastebimi žievėje. Vyrams labiau suaktyvėja sritys, atsakingos už vizualinę erdvinį apdorojimą, pavyzdžiui, momeninė skiltis (angl.: *parietal cortex*), o moterims sritys, susijusios su dėmesiu ir darbine atmintimi,

pavyzdžiui, prefrontalinė žievė (angl.: *prefrontal cortex*). Autoriai teigia, kad šie lyties skirtumai žievėje gali atspindėti kognityvinių strategijų skirtumus, kuriuos naudoja vyrai ir moterys atliekant MR užduotis (Seurinck et al., 2004). Tačiau, kai kurie tyrimai rodo, kad skirtumai tarp lyčių pastebimi ne dėl galimo vyriško pranašumo erdviniuose gebėjimuose, bet dėl užduoties proceso ir pateikto dirgiklio (Fisher et al., 2018).

Vertinant erdvinių gebėjimų, orientavimosi erdvėje ir strategijų pasirinkimo skirtumus tarp lyčių pasitelkiant orientavimosi virtualioje erdvėje užduotis, pastebėta, kad vyrai žymiai greičiau randa tikslinę vietą naudojant bet kokias strategijas nei moterys. Tai atitinka daugybę ankstesnių išvadų, rodančių vyrų pranašumą orientavimesi erdvėje. Tačiau geresnės strategijos pasirinkimas ir geresnis užduoties atlikimas gali būti grindžiamas ir didesnės patirties žaidžiant kompiuterinius žaidimus, ar hormonų koncentracijos skirtumais (Harris et al., 2019). Įdomu ir tai, kad skirtumus tarp lyčių sukimo mintyse atlikimo rezultatų ir tikslumo gali pašalinti manipuliavimas pasitikėjimu savimi (Estes & Felker, 2012). O tiriant Namibijoje gyvenančią Tve ir Tjimba populiaciją pastebėta, kad vyrai kuriems yra tekę daugiau keliauti nei moterims ir kurie turi daugiau vaikų nuo skirtingų moterų yra tikslesni atliekant erdvines (sukimas mintyse) ir navigacines užduotis (Vashro & Cashdan, 2015).

1.3. Faktoriai galimai susiję su MR užduoties atlikimu

1.3.1. Rankiškumas

Tyrimų rezultatai rodo, kad atliekant sukimo mintyse užduotis dešiniarankiai paprastai nepasižymi greitesniu reakcijos laiku lyginant su kairiarankiais, kai rankiškumas matuojamas naudojant tipišką rankiškumo klausimyną. Tačiau naudojant regos-motorinio valdymo ir manipuliavimo įgūdžių matą, nustatyta, kad dešiniarankiai asmenys sukimo erdvėje užduotį išsprendė greičiau už kairiąją ranka rašančiuosius (Pietsch & Jansen, 2019).

1.3.2. Emocinė būseną

Žinoma, kad emocinė būseną taip pat svarbi atliekant MR užduotį. Viena iš priežasčių galėtų būti hormonų koncentracijos svyravimai. Atliktuose tyrimuose matyti, kad dalyviai, nurodę aukštus balus nerimo skalėje, MR užduotį atliko lėčiau (Kaltner & Jansen, 2014). Kiti tyrimai parodė, kad sukeltas nerimas tyrimo metu pagreitino MR užduoties rezultatų pateikimą tyrimo dalyviams, kurie ir taip turėjo aukštus nerimo balus t.y., dalyviams su žemais nerimo balais tokia tendencija negaliojo (Borst et al., 2012). Apibendrinant, stiprus nerimas ilgina reakcijos laiką atliekant MR užduotį.

1.4. Taikomos technikos ir praktikos svarba

Straipsniuose dažnai nagrinėjamos dviejų tipų sukimo strategijos: holistinė, apimanti viso objekto mintyse pasukimą; dalinė strategija, apimanti vaizdo skaidymą į dalis, tuomet vienos dalies pasukimą, kad ji atitiktų palyginamąją figūrą, o tada to pačio pasukimo pritaikymą likusioms suskaldyto vaizdo dalims, kad pamatyti, ar jos sutampa. Ankstesni tyrimai parodė, kad geriausiai atliekantys sukimą mintyse naudoja holistinę strategiją „1.2 pav., *Holistic*”, o prasčiausiai pasirodantys naudoja analitinę strategiją „1.2 pav., *Analytical*” - skaldant vaizdą į dalis (Hegarty, 2018). Vyrai dažniau naudoja holistinę strategiją, o moterys dažniau analizuoja pavienius formų aspektus (Hegarty, 2018). Pastebėta, kad pasitaiko išskirčių, kai tiriamieji naudojami ir kitomis strategijomis, įskaitant perspektyvos analizavimą, kubelių skaičiavimą, formų sąsajas ir kt..

Gali būti išskiriami ir kiti du sukimo mintyse strategijos tipai, takai sukimas vykdomas egocentrinis, t.y. sukėjo atžvilgiu ir objekto atžvilgiu (angl.: *object-based strategy*) (L. A. Cooper & Shepard, 1973), (Kosslyn, 1987). Egocentrinį sukimą mintyse galima apibūdinti, kaip objekto manipuliaciją taip, lyg jis būtų sukamas paties eksperimento dalyvio kūno atžvilgiu (Voyer et al., 2017).

Kitas, aukščiau minėtas būdas, tai objektu pagrįsta sukimo strategija (kitaip: *alocentrinė strategija*), kuomet figūra sukama erdvėje neatsižvelgiant į paties eksperimento dalyvio padėtį. Tai reiškia, kad tiriamasis įsivaizduoja objektą besisukantį erdvėje, nepriklausomai nuo savo kūno pozicijos, bet priklausomai nuo objektą supančios aplinkos (Voyer et al., 2017).

Objektu pagrįsta sukimo mintyse strategija laikoma abstraktesniu ir sunkesniu uždaviniu nei egocentriška. Taip yra todėl, kad objektu pagrįstas sukimas mintyse reikalauja, kad eksperimento dalyviai manipuluotų objektais, nepanaudojant naudingos informacijos paremtos kūno pozicijos suvokimu (Kessler & Rutherford, 2010).

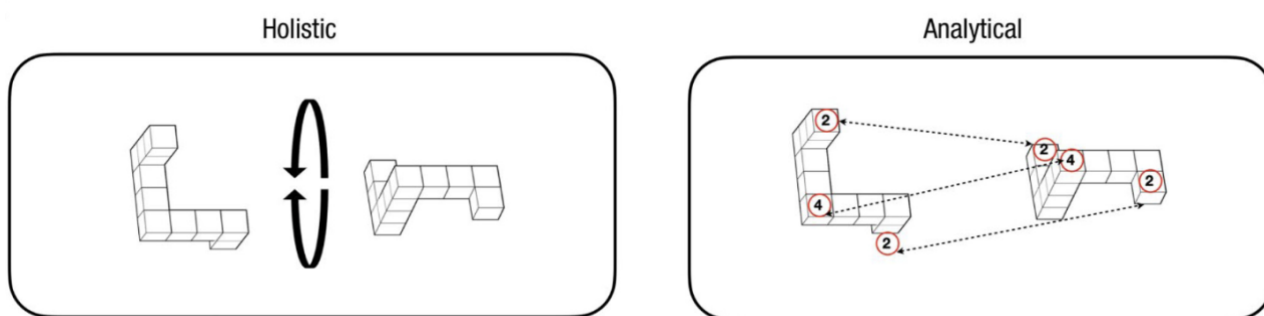
Egocentrinis sukimas mintyse yra intuityvesnis ir gali būti lengviau atliekamas. Tyrimai rodo, kad vyrai, kurie dažniausiai sukimo mintyse uždavinius atlieka efektyviau nei moterys, naudoja būtent šią, egocentrinę, sukimo mintyse strategiją. Tuo tarpu moterys - objektu pagrįsta sukimo strategiją. Tai gali būti dar viena priežastis, kodėl atliekant MR užduotis pastebimi skirtumai tarp lyčių (Kessler & Rutherford, 2010). Be abejo, abu sukimo mintyse strategijos tipai yra svarbūs erdviniam mąstymui ir naudojami atliekant įvairias kasdienes užduotis.

Sukimo laikas ir tikslumas gali priklausyti ne tik nuo strategijos, bet ir stimulo tipo ar figūros pateikimo ekrane. Pastebėta, kad vienas stimulo tipas (daugiakampiai) iš penkių rodytų tiriamiesiems demonstruoja statistiškai reikšmingus skirtumus tarp lyčių, kuomet vyrų sukimo greitis ir tikslumas yra didesnis nei moterų (Scheer et al., 2018). Forma arba figūros įrėminimas veikia sukimo mintyse

efektyvumą. Ekranu įrėminimas, kuriame matyti figūra, trukdo atlikti sukinių mintyse (Bilge & Taylor, 2017).

Geresnės strategijos pasirinkimas ir geresnis užduoties atlikimas gali būti grindžiamas ir didesnės patirties žaidžiant kompiuterinius žaidimus, ar hormonų koncentracijos skirtumais (Harris et al., 2019).

Tyrimai rodo, kad praktikuojantis arba praktiką siejant su strategija, galima pagerinti sukimo mintyse rezultatus, greičiau ir tiksliau atlikti užduotis net ir didinant pasukimo kampą. Praktika su sukimo strategijos mokymusi suteikia daugiau naudos nei vien praktika (bandymas pasukti figūrą be žinių apie taikytinas strategijas), o nauda gali apimti ir kitus erdvinius gebėjimus bei įgūdžius, tokius kaip samprotavimas (Meneghetti et al., 2017). Lavinant erdvinius įgūdžius sumažinami lyčių skirtumai atliekant MR užduotis (Pletzer et al., 2019).



1.2. pav. Holistinės ir analitinės strategijos pavyzdžiai (Lourenco & Liu, 2023).

1.5. Sukimo kampo poveikis MR užduoties našumui

Dažniausiai, didėjant pasukimo kampui, MR užduotis atliekama prasčiau. Tačiau, ženkliai padidėjus kampų skirtumui tarp pateikto pradinio ir pasukto objekto suveikia panašumo aspektas (matomas lūžis ties 80/120 laipsnių kampų). Todėl galima teigti, kad poveikį MR užduoties atlikimo našumui gali daryti du veiksniai: objekto identifikavimas/atpažinimas ir objekto pasukimas. Pastebėta, kad ilgiau užtrunka pasakyti, ar tai tas pats objektas tik pasuktas nei, kad tie objektai panašūs. Nepaisant to, kad sukimo laikas vertinant, ar objektai yra panašūs ir pasukimo kampas yra tiesiškai priklausomi, identifikuojant, ar tai vienodi objektai, tokios priklausomybės nenustatyta (Cheung et al., 2009). Vertinant panašumą tarp figūrų veikia erdvinės transformacijos procesas paremtas kampiniu skirtumu (Shepard & Metzler, 1971), tačiau, identifikuojant objektą toks procesas, kurį atliekant svarbus kampinis skirtumas, nepastebėtas. Kadangi šie veiksniai paprastai yra supainioti arba nekontroliuojami atliekant protinio sukimosi ir objektų atpažinimo tyrimus, neaišku, kiek gauti tyrimų rezultatai susiję su MR ir identifikavimo užduotimis atsiranda dėl erdvinių procesų,

vertinant kampų skirtumus, ir vaizdų derinimo proceso, kuris veikia pagal panašumą tarp to paties objekto vaizdų (Cheung et al., 2009).

Pasak vėlesnių Cooper ir Shepard (L. A. Cooper & Shepard, 1973) tyrimų, MR užduotis gali būti išskaidyta ne į du, bet į keturis skirtingus procesus: vizualinį kodavimą; sukimą mintyse; atsakymo pasirinkimą; atsakymo pateikimą. Todėl vertinant MR užduoties atlikimo našumą ir renkant duomenis, vertėtų atsižvelgti į šiuos skirtingus procesus.

Tiesa, sukimo efektyvumui gali turėti ir kampų tipai, pavyzdžiui.: simetriniai kampai, kai abu objektai yra vienas kito veidrodiniai atvaizdai, mintyse pasukami lengviau nei asimetriniai. Taip yra todėl, kad simetriniai kampai reikalauja mažiau transformacijų mintyse, kad objektai būtų suderinti (Tversky & Gati, 1982).

1.5.1. Nuolydis reakcijos laikui

Nors ir dažniausiai minimas sąryšis tarp reakcijos laiko ir pasukimo kampo yra tiesinis ir turi teigiamą nuolydį, kai kuriuose šaltiniuose pastebėta, kad jis gali būti aprašytas ir kaip kreivė.

Pavyzdžiui, sukant simbolius, reakcijos laiko ir pasukimo kampo sąryšį geriau atspindi kreivė, o ne tiesė. Tai rodo, kad sukimo mintyse procesas gali būti paveiktas kitų veiksnių, kurie priklauso ne tik nuo pasukimo kampo, bet ir stimulo sudėtingumo ar individualių kognityvinių gebėjimų (L. A. Cooper & Shepard, 1973).

Nepaisant to, kad tiesinis sąryšis tarp reakcijos laiko ir pasukimo kampo yra dažniausiai pastebimas sukimo mintyse užduotyse, svarbu atsižvelgti į konkrečią užduotį ir individualius skirtumus vertinant reakcijos laiko duomenis.

1.5.2. Sukimo kampų slenkstis

Tyrimai rodo, kad nepaisant erdvinių gebėjimų, maži kampiniai skirtumai, tokie kaip 10–30 laipsnių, pasukami greičiau ir tiksliau nei pavyzdžiui 90–180 laipsnių. Nors ir teigiama, kad pasukimo kampas ir reakcijos laikas yra tiesiškai priklausomi bei pastebima, kad kampas yra ypač svarbus kintamasis MR užduoties atlikime (Shepard & Metzler, 1971) gali būti, kad jo reikšmė svarbi tik tada, kai viršija nustatytą slenkstį. T. y. kampinio skirtumo poveikis reakcijos laikui atliekant protinio sukimosi užduotis yra reikšmingas ir atrodo svarbus, kai kalbama apie bendrą funkciją reakcijos laikui įvertinti (naudojami visų kampų surinkti duomenys) tačiau susiskirsčius duomenis į intervalus pagal kampus, pavyzdžiui kampus nuo 0° iki ribos, ne didesnės kaip apie 30°, atsako laikas lieka nepriklausomas nuo kampinio skirtumo. Tai reiškia, kad esant nedideliems kampiniams skirtumams nebūtinai veikia sukimo mintyse procesai, o reakcijos laiko priklausomybė nuo kampinio skirtumo gali būti pastebima tik kampams, kurių reikšmė yra virš nustatyto slenkščio. Tai rodo, kad galimas

silpnas netiesiškumas bendroje kampinio skirtumo ir reakcijos laiko funkcijoje dėl galimo pasukimo kampo slenksčio egzistavimo (Rossi & Collyer, 1986).

Pavyzdžiui, Shepardo ir Metzlerio (Shepard & Metzler, 1971) tyrimas parodė, kad dalyviai galėjo gana gerai ir greitai atskirti objektus, kurių kampinis skirtumas buvo iki 60 laipsnių, o kampiniui skirtumui padidėjus virš šio slenksčio užduoties atlikimo našumas sumažėjo. Cooperis ir Shepardas (L. A. Cooper & Shepard, 1975) rezultatuose matyt panašus sukimo mintyse kampinis slenkstis rankų sukimo užduotyje. Tyrimo dalyvis užtrunka ilgiau, kai kampinis skirtumas peržengia 60 laipsnių ribą, na o ties 180° kampu pastebimas ypatingai staigus reakcijos laiko padidėjimas.

Naujesniuose tyrimuose pasitelkiant fMRI taip pat kalbama apie pasukimo kampo slenkstį, kuris pastebima, kad gali būti mažesnis sudėtingesniems objektams (Vogel et al., 2006), (Jolicœur & Dell'Acqua, 1998).

Kai kuriuose tyrimuose keliama hipotezė, kad MR užduoties tyrimo dalyviai pateiktą figūrą bando sukuti keletą kartų, o pasiekę tam tikrą sukimo skaičiaus slenkstį tik tada pateikia pasirinktą teisingą atsakymą (Provost & Heathcote, 2015).

Viena iš pasukimo kampo slenksčio egzistavimo priežasčių yra ta, kad slenkstis atspindi kognityvinių strategijų, kurias dalyviai naudoja sukimo mintyse užduočiai atlikti, pokyčius. Pavyzdžiui, kai kurie tyrimai rodo, kad dalyviai, norėdami atlikti užduotį, gali naudoti skirtingas strategijas, priklausomai nuo sukimo kampo laipsnio. Esant mažesniai pasukimo kampo laipsniui, dalyviai gali naudoti holistinę strategiją, kad atliktų sukimą, o esant didesniai pasukimo kampo laipsniui, jiems gali tekti naudoti analitiškesnę strategiją. Dėl šio strategijos pakeitimo gali staiga sumažėti tikslumas arba pailgėti reakcijos laikas prie tam tikros ribos.

Tyrime, kur kalbama apie dvi skirtingas strategijas: sukimas vykdomas iš sukėjo perspektyvos (tiriamasis lygina savo padėtį su objektu) ir sukimas vykdomas objekto atžvilgiu (tiriamasis lygina objekto padėtį pagal kitą objektą), pastebima, kad lūžis, matomas ties 90 laipsnių kampu yra būtent dėl pasirinktos skirtingos strategijos. Iki 90 laipsnių pasirinkta objektu pagrįsta strategija, nuo 90 laipsnių pasirinkta perspektyvos ėmimo strategija (Kozhevnikov & Hegarty, 2001).

Svarbu paminėti ir tai, kad slenksčio efekto atsiradimui gali turėti įtakos įvairūs veiksniai, pvz.: naudojamų stimulų tipas, užduoties sudėtingumas ir kiti, asmeniniai, tyrimo dalyvių skirtumai. Šia tema atliekami tolimesni tyrimai, kad būtų galima geriau suprasti mechanizmus, kuriais grindžiamas slenksčio efekto, atliekant sukimo mintyse užduotis, atsiradimas.

2. METODIKA

2.1. Tiriamieji

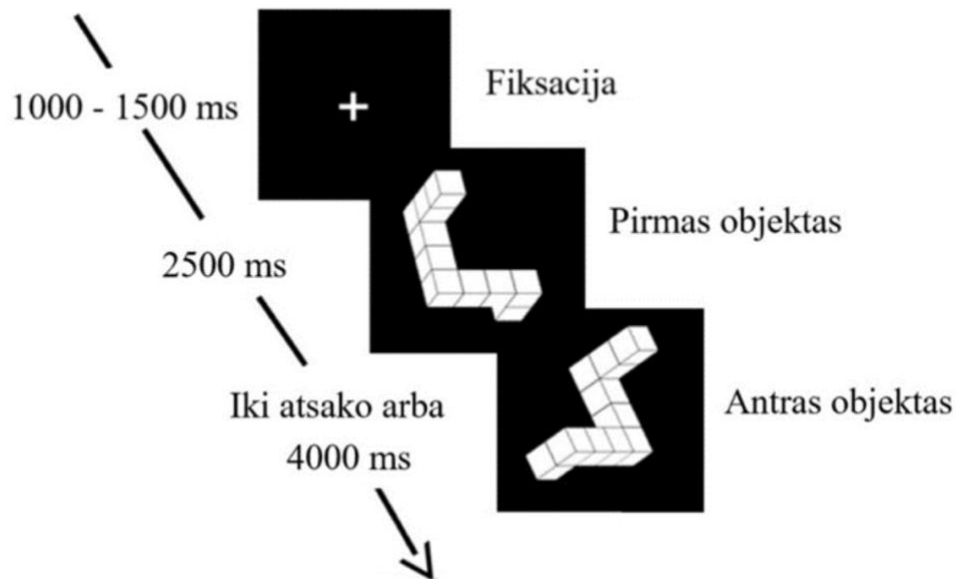
Pasitelkiant statistiniais metodais, analizuoti 150 19-35 amžiaus vyrų ir moterų duomenys, surinkti VU, Gyvybės mokslų centro doktorančių: Rimantės Gaižauskaitės ir Ingridos Zelionkaitės.

Moterys buvo skirstomos pagal menstruacinio ciklo fazę, skirtingų kontraceptikų vartojimą (ar nevartojimą) į grupes:

- Vartojančių geriamąją kontracepciją (OC) – 27 moterys;
- Naudojančių hormoninę spiralę (IUD) – 31 moterų;
- Natūralią folikulinę ciklo fazę (NCF) – 33 moterys;
- Natūralią geltonkūnio ciklo fazę (NCG) – 27 moterys;
- Vyrų (V) – 32 vyrai.

2.2. Tyrimo eiga

Renkant duomenis, vertinti erdviniai sukimo mintyse gebėjimai. Pateiktas stimulus, naudota modifikuota Shepard ir Metzler (Shepard & Metzler, 1971) figūros sukimo mintyse užduotis („2.1 pav.“) ir iškart po to rodyta tokia pati arba veidrodinio atspindžio figūra, tik pasukta prieš tai buvusios figūros atžvilgiu. Dalyvis vertino, ar figūros yra tokios pačios tik pasuktos kitu kampu, ar skirtingos. Registruotas reakcijos laikas ir teisingų/neteisingų atsakymų skaičius. Po ir prieš užduotį pildyti klausimynai: daugialypių su lytimi susijusių bruožų, psichometrinių savybių klausimynas (angl.: *Psychometric Properties of the Multifaceted Gender-Related Attributes Survey (GERAS)*) (Gruber et al., 2020), generalizuoto nerimo sutrikimo (angl.: *Generalized anxiety disorder (GAD)*) (Spitzer et al., 2006) bei teigiamo ir neigiamo afekto skalė (angl.: *Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)*) (Watson et al., 1988). Atliktas rankiškumo testas (Oldfield, 1971). Vertintas nuovargis prieš eksperimentą vaizdinėje analoginėje skalėje (angl.: *visual analogue scale (VAS)*). Rinkti seilių mėginiai hormonų (estradiolio, progesterono ir testosterono) kiekiui nustatyti.



2.1.pav. Sukimo mintyse užduoties pavyzdys, stimulus – 3D figūros (Shepard & Metzler, 1971).

2.3. Tyrimo priemonės

2.3.1. Klausimynai

Rankiškumui nustatyti buvo naudojamas Edinburgo rankiškumo (angl.: *Edinburgh handedness inventory*) klausimynas, kur pateikti klausimai apie kasdienes užduotis ir vertinti skalėje nuo minus 100 iki 100, kuo labiau neigiamas rodiklis, tuo labiau išreikšta kairiarankystė (Oldfield, 1971). GAD-7 testas (angl.: *Generalised Anxiety Disorder Assessment, GAD-7*) buvo reikalingas vertinant, nerimo sutrikimus, kaip dažnai ir kokiose situacijose jis jaučiamas. GAD-7 klausimynas sudarytas iš 7-nių nerimo sutrikimus nurodančių teiginių. Kiekvienas teiginys individualiai vertintas nuo 0 (visai nekamavo) iki 4 (kamavo beveik kiekvieną dieną). Daugiausiai buvo galima surinkti 21 (stiprus nerimas), o mažiausiai 0 (nerimo nėra/silpnas) balų (Spitzer et al., 2006). PANAS (angl.: *Positive and Negative Affect Schedule*) klausimynas buvo skirtas emocinei būsenai nustatyti, sudarytas iš 22 žodžių, kuriuos tiriamieji turėjo įvertinti, kaip labai būdingais jiems (5 balai), ar visiškai nebūdingais (1 balas) (Watson et al., 1988). GERAS (angl.: *Gender-Related Attributes Survey, GERAS*) klausimynas buvo skirtas nustatyti su lytimi susijusią tiriamojo asmenybę ir pomėgius. Klausimyne pateikti teiginiai buvo suskirstyti į „moteriškąją“, ar „vyriškąją“ asmenybių grupes. Teiginiai vertinti skalėje nuo 1 (niekada) iki 7 (visada) (Gruber et al., 2020). Po sukimo mintyse užduoties atlikimo, tiriamieji užpildė klausimyną susijusį su strategijos pasirinkimu iš 6 siūlytų variantų: objektų sukimo, perspektyvos keitimo, įkūnijimo, kubų skaičiavimo, segmentų krypties įvertinimo ir strategijų keitimo. Strategijos panaudojimas buvo vertintas Likerto skalėje: 1 – visiškai nesvarbi, 5 – labai

svarbi. Nuovargis vertintas 10 cm. vaizdine analogine skale VAS (angl.: *Visual Analogue Scale* (VAS)), kurios galuose nurodyti du būsenos kraštutiniai: visiškai nepavargęs ir labai pavargęs. Eksperimento dalyvis žymėjo atkarpos vietą, kuri geriausiai atspindi jo būseną.

2.3.2. Seilių mėginiai

Tiriamieji buvo informuoti valandą prieš atliekant eksperimentą nevirtoti kofeino, nerūkyti ir nevalgyti. Prieš ir po eksperimento imti seilių mėginiai, lytinių hormonų, tokių kaip laisvojo 17 β -estradiolio, testosterono ir progesterono koncentracijai nustatyti taikant imunofermentinę analizę (angl.: *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA)). Surinkti mėginiai buvo šaldomi $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje, analizė atlikta pagal gamintojo pateiktus protokolus.

2.3.3. Stimulo pateikimas kompiuterine programa

Tiriamiesiems rodytos erdvinių figūrų poros, sukotos skirtingų laipsnių kampais: 15° , 35° , 55° , 75° , 95° , 115° , 135° , 155° („1.1 pav.“). Figūrų poros buvo identiškios arba viena kitos veidrodiniai atspindžiai. Figūrų poros ekrane rodytos 4 sekundes, tai reiškia, kad atsakymo pateikimui antrosios figūros (porininkės) rodymo metu, dalyvis turėjo 4 sekundes. Nepateiktas atsakymas – laikytas klaidingu atsakymu. Iš viso buvo pateikta 240 stimulų porų (160 figūrų identiškų ir 80 atvejų veidrodinių atspindžių), padalintų į keturis blokus po 60 stimulų, tarp kurių iki 2 minučių pertrauka, skirta eksperimento dalyviams pailsėti. Registruotas reakcijos laikas (koku greičiu eksperimento dalyvis pateikė atsakymą, ms) ir tikslumas (kiek teisingų atsakymų pateikė viso tyrimo metu, %).

2.3.4. Tiesinis regresinis modelis

Tiesiniams regresiniams modeliams su interakcijomis (1) konstruoti buvo naudota R programavimo kalba. Modeliai skirti nustatyti sąryšį tarp reakcijos laiko (RT), tikslumo ir faktorių: hormonų koncentracijos, grupės į kurią patenka eksperimento dalyvis (OC, IUD, NCF, NCG, V), sukimo strategijos, bendrinių matematiniu/erdvinių/meninių gebėjimų, nerimo, vyriškumo/moteriškumo požymių, rankiškumo, amžiaus, lyties, išsilavinimo, emocijų, pervargimo.

Modelio tinkamumui įvertinti, atsižvelgta į determinacijos koeficientą R^2 . Vertintas regresorių statistinis reikšmingumas pagal t kriterijaus p reikšmės statistiką, pasirinkus 95 procentų pasiklovimo lygmenį. Tikrintos regresijos prielaidos: modelio liekamųjų paklaidų normalumas (Šapiro-Vilko kriterijus), homoskedastiškumas (Breušo-Pagno kriterijus), išskirtys duomenyse (Bonferonio kriterijus, Kuko matas), regresorių multikolinearumas (dispersijos mažėjimo daugikliai VIF). Šalinti statistiškai nereikšmingi kintamieji. Naudota vienpusė dispersinė analizė (ANOVA), palyginti dviejų

imčių vidurkius arba neparimetrinis Kruskal–Wallis testas, normalumo kriterijaus netekinančioms imtims su nelygiomis dispersijomis bei Friedman testas.

Tiesinės regresijos modelis su interakcijomis (transformuojant kintamuosius pvz.: $A = X_3X_4$ užrašomas taip:

$$Y = C + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3A + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (1)$$

ε - liekamoji paklaida – viskas, nuo ko dar gali priklausyti Y reikšmė, $n \in \mathbb{Z}$. Įverčiai $\hat{C}, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_n$ gaunami panaudojus imties duomenis. Regresijos lygtis apytiksliai Y reikšmei:

$$\hat{Y} = \hat{C} + \hat{b}_1X_1 + \hat{b}_2X_2 + \hat{b}_3A + \dots + \hat{b}_nX_n \quad (2)$$

Ši lygtis naudota įvertinti tiesinę priklausomybę tarp kintamųjų.

2.3.5. Klasterinė analizė

Klasterinė analizė yra statistinis metodas, kuris leidžia atpažinti esančias objektų grupes daugiamatėje duomenų aibėje. Kiekvienas objektas yra aprašytas požymių vektoriumi, o klasteris yra susijusių objektų grupė. Toliau bus apžvelgiami tik šiame darbe naudoti metodai.

2.3.6. Klasterinė analizė: atstumo matas

Klasterinei analizei pradėti, pirmiausia pasirenkamas **atstumo matas**. Kategoriniams ir tolydiems duomenims naudotas Gower atstumas (angl.: *Gower distance*) atstumo matas:

- **Gower atstumas** – panašumo matas užrašomas taip:

$$s_{ijk} = \frac{\sum_{k=1}^p s_{ijk} \delta_{ijk}}{\sum_{k=1}^p \delta_{ijk}}$$

Kiekvienam $k = 1, \dots, p$, apibrėžiame parametą $s_{ijk} \in [0, 1]$, jei x_i ir x_k yra šalia vienas kito pagal tam tikrą požymį k , tuomet s_{ijk} vertė arti 1, na o jei toli – arti 0. Kaip s_{ijk} gaunamas, priklauso nuo požymio k . Dydis δ_{ijk} taip pat gaunamas, jei x_i ir x_k gali būti palyginami pagal požymį k , tuomet $\delta_{ijk} = 1$, atitinkamai, jei negali $\delta_{ijk} = 0$. Kiekybinių kintamųjų balas apskaičiuojamas: $s_{ijk} = 1 - \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{R_k}$, kur R_k yra požymio k intervalas imtyje. Kategoriniams kintamiesiems: $s_{ijk} = 1\{x_{ik} = x_{jk}\}$.

2.3.7. Klasterinė analizė: klasterizavimo strategija

Yra keletas klasterinės analizės būdų: **dalijimo arba nehierarchinis** metodas (angl.: *partitioning clustering/non-hierarchical clustering*), kurio populiariausi tipai K-vidurkių metodas (angl.: *K-Means method*) arba K-modos metodas (angl.: *K-Mode method*) bei **hierarchinis** metodas (angl. *Hierarchical clustering method*). Apžvelgsime tik darbe naudotą hierarchinį metodą:

- **Hierarchinis** metodu visi duomenys priskiriami vienam klasteriui, kuris skaidomas į kitus klasterius ir yra vaizduojami dendogramomis. Šis metodas tinkamas tiek kategoriniams, tiek tolydiems duomenims. Šio metodo pradžioje kiekvienas duomenų taškas yra traktuojamas kaip atskiras klasteris, o tada remiantis panašumo arba atstumo matu, klasteriai yra iteratyviai sujungiami arba padalinami. Hierarchinis klasterizavimo metodas skirstomas į jungimo (angl.: *agglomerative method* - nuo apačios link viršaus) ir skaidymo (angl.: *divisive method* - nuo viršaus link apačios) „2.2. pav“. Jungimo metodas prasideda nuo atskirų duomenų taškų palaipsniui sujungiant juos į didesnes klasterių grupes, o skaidymo metodas prasideda nuo visų duomenų taškų viename klasteryje (atvirkščias jungimo metodui), kuris yra skaidomas į mažesnes grupes.



2.2. pav. Hierarchinio klasterizavimo būdai. Skaidymo (angl.: *divisive method*) ir jungimo (angl.: *agglomerative method*) (“Hierarchical Clustering Analysis | Different Types of Hierarchical Clustering,” 2019).

Šiame tyrime klasteriai jungiami tolimiausio kaimyno metodu (angl.: *complete linkage*), maksimizuojant atstumą tarp porų:

$$d(X, Y) = \max(d(x_u, y_j), d(x_i, y_j))$$

Čia X, Y - skirtingi klasteriai, $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ - klasterio X stebėjimai, $y = (y_1, y_2, \dots, y_l)$ - klasterio Y stebėjimai, kur $x \in \mathbb{R}^k, y \in \mathbb{R}^l, i, j, u, v \in \mathbb{Z}, d(X, Y)$ - atstumas tarp klasterių.

2.3.8. Klasterinė analizė: klasterių skaičiaus pasirinkimas

Skirtumas tarp **nehierarchinio** ir **hierarchinio** metodų yra tai, kad nehierarchiniame metode reikia nustatyti klasterių skaičių iš anksto, tuo tarpu hierarchiniame metode klasterių skaičius yra pasirenkamas vėliau, matant tendencijas. Nustatyti optimalų klasterių skaičių naudotas šis metodas:

- **Elbow** metodas – tikslas sumažinti variacijos reikšmę tarp dviejų klasterių, apskaičiuojant bendrą klasterių kvadratų sumą (angl.: *total within-cluster sum of square*)

$$\min \left(\sum_{k=1}^k W(C_k) \right)$$

Klasterių skaičius - $k \in \mathbb{Z}, C_k$ – k -tasis klasteris, $W(C_k)$ – bendra klasterių kvadratų suma.

2.3.9. Atitikimo analizė

Atitikimo analizė (angl.: *Correspondence analysis*) - aprašomosios statistikos metodas, kurio tikslas yra vizualizuoti ir interpretuoti sąsajas ar priklausomybes tarp kategorinių kintamųjų. Grafinis vaizdavimas leidžia tyrinėti kategorijų tarpusavio ryšius ir nustatyti galimas tendencijas.

Horizontali ir vertikali ašis parodo, kiek procentų variacijos paaiškina kiekviena dimensija. Pirsono liekanos:

$$a_{jk} = \frac{n_{jk} - e_{jk}}{\sqrt{e_{jk}}}$$

kurių kvadratų suma yra Pirsono χ^2 statistika Q_p .

Atitikimo analizė – randamas Pirsono liekanų matricos $A = (a_{jk})$, padalintos iš \sqrt{n} , singularusis dėstiny, kur paliekami du jo dėmenys, rodantys dvi didžiausias tikrines reikšmes:

$$\frac{A}{\sqrt{n}} \approx \lambda_1 x_1 y_1^T + \lambda_2 x_2 y_2^T$$

Kiekviena palikta reikšmė atitinka tam tikrą nepriklausomumo hipotezės atmetimo/priėmimo priežastį, vadinamą faktoriumi. Kadangi:

$$Q_p/n = \sum_i \lambda_i^2$$

reikšmė λ_i - santykinis faktoriaus indėlis į Pirsono statistiką, kuris dažniausiai pateikiamas kaip santykis $n\lambda_i^2/Q_p$ išreikštas procentais. x_i ir y_i vektoriai apibūdina faktorių. Abu x_i vektoriai yra r-mačiai ir turi tiek koordinačių, kiek yra x kintamojo lygių. Piešiant atitikimo analizės grafiką, jie transformuojami — suskaičiuojami nauji vektoriai \tilde{x}_i pagal formules:

$$\tilde{x}_i(j) = \frac{\lambda_i x_i(j)}{\sqrt{\widehat{p}_{j+}}}$$

ir pažymimi plokštumoje:

$$(\tilde{x}_1(1), \tilde{x}_2(1)), \dots, (\tilde{x}_1(r), \tilde{x}_2(r))$$

Na, o abu y_i vektoriai yra s-mačiai ir turi tiek koordinačių, kiek yra y kintamojo lygių. Pirmiausia jie transformuojami:

$$\tilde{y}_i(j) = \frac{\lambda_i y_i(k)}{\sqrt{\widehat{p}_{k+}}}$$

Ir pažymimi plokštumoje taškai:

$$(\tilde{y}(1), \tilde{y}_2(1)), \dots, (\tilde{y}_1(s), \tilde{y}_2(s))$$

Dimensijos atitikimų analizėje yra matematinės konstrukcijos, kurios rodo variaciją nenumatytų atvejų lentelėje (angl.: *contingency table*), kuri matricos formatu reprezentuoja kintamųjų dažnių pasiskirstymą. Dimensijų interpretacija korespondencijos analizėje yra netiesioginė ir pagrįsta kategorijų santykiais. Kategorijų artumas žemėlapyje rodo jų panašumą arba sąsają, o santykinė kategorijų padėtis pagal dimensiją atspindi jų indėlį į bendrą variaciją. CA sugeneruotą dimensiją interpretuoti galima kaip naują, sintetinį kintamąjį, remiantis nagrinėjamais duomenimis.

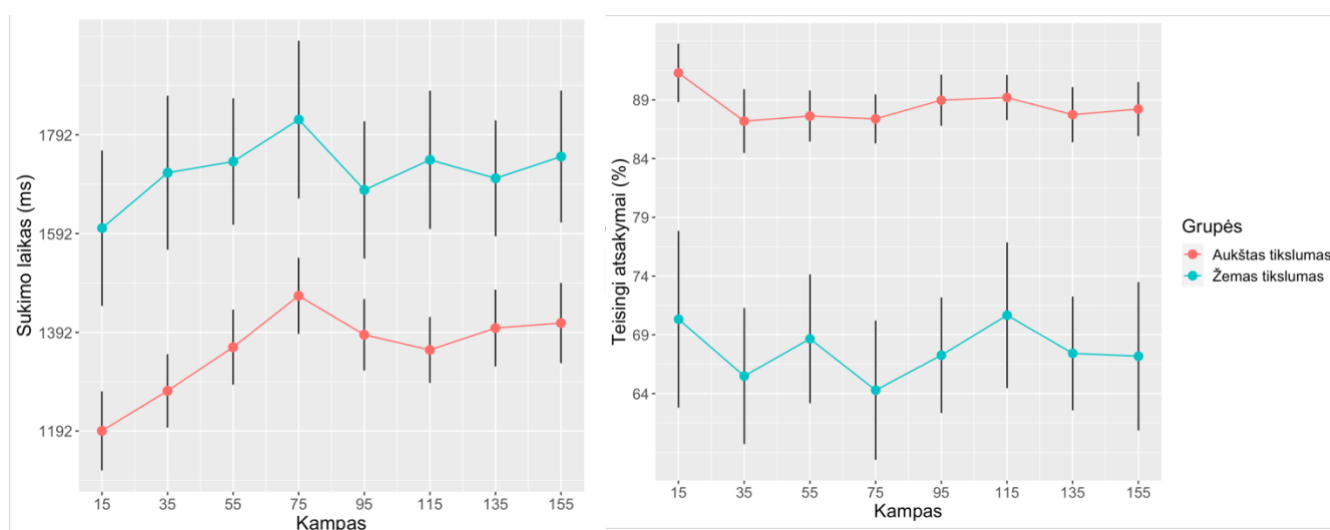
3. REZULTATAI

Sudarinėjant modelius buvo įtraukti faktoriai, galintys veikti sukimo mintyse vertinimo rodiklius. Nagrinėjamas lūžio taškas RT vertinime ir strategijos sąsajos su RT.

3.1. Pirminė duomenų analizė

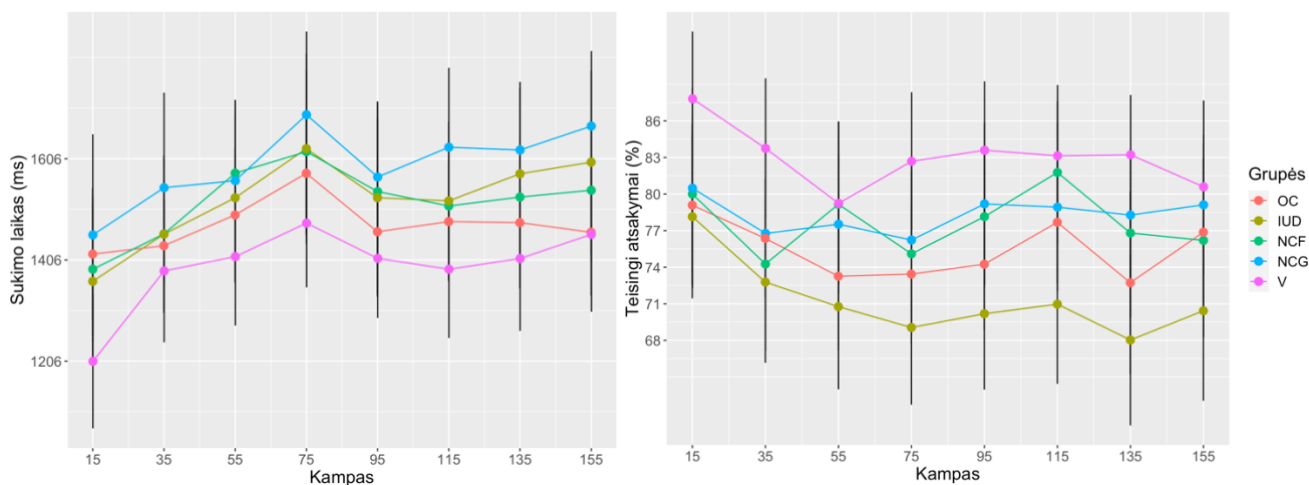
Pirminė duomenų analizė atlikta siekiant pastebėti kampinius reakcijos laiko, ar tikslumo, skirtumus, atsižvelgiant į vienus pagrindinių ir literatūroje dažniausiai minimų šių parametrų veikiančių faktorių: grupes, į kurias patenka tyrimo dalyviai (moterys, pagal hormoninę koncentraciją ir vyrai) ir strategiją. Pirmiausia, nagrinėta bendra vyrų ir moterų imtis pagal tikslumą, tuomet stebėtos tendencijos pagal grupes, į kurias patenka tyrimo dalyviai, bei pasirinktą strategiją.

Literatūroje dažnai kalbama apie tai, kad tiksliau atliekantys MR užduotį tyrimo dalyviai yra veikiami skirtingos hormoninės koncentracijos, pasirinktos strategijos, ar MR užduoties sunkumo (Taragin et al., n.d.). Siekiant pastebėti bendras tikslumo tendencijas šio tyrimo duomenyse, atrasti galimus skirtumus per kampus, eksperimento dalyviai buvo suskirstyti į dvi grupes (gerai pasirodžiusių ir blogai pasirodžiusių) pagal MR užduoties atlikimo tikslumo vidurinę reikšmę – medianą. Atsižvelgiant į pateiktus grafikus „3.1 pav.“ reakcijos laiko ir tikslumo tendencijos skirtumų tarp gerai ir blogai pasirodžiusių grupių – nepastebėta, tačiau abiejose grupėse matomas lūžis ties 75° laipsnių kampu. Tai reiškia, kad tyrimo dalyviai vertindami rodomų figūrų skirtumus, užtruko ilgiausiai, o atsakymai buvo mažiausiai tikslūs. Galima teigti, kad 75° kampas yra slenkstinis kampas šiame tyrime į kurį bus atsižvelgta tolimesniuose tyrimų rezultatuose.



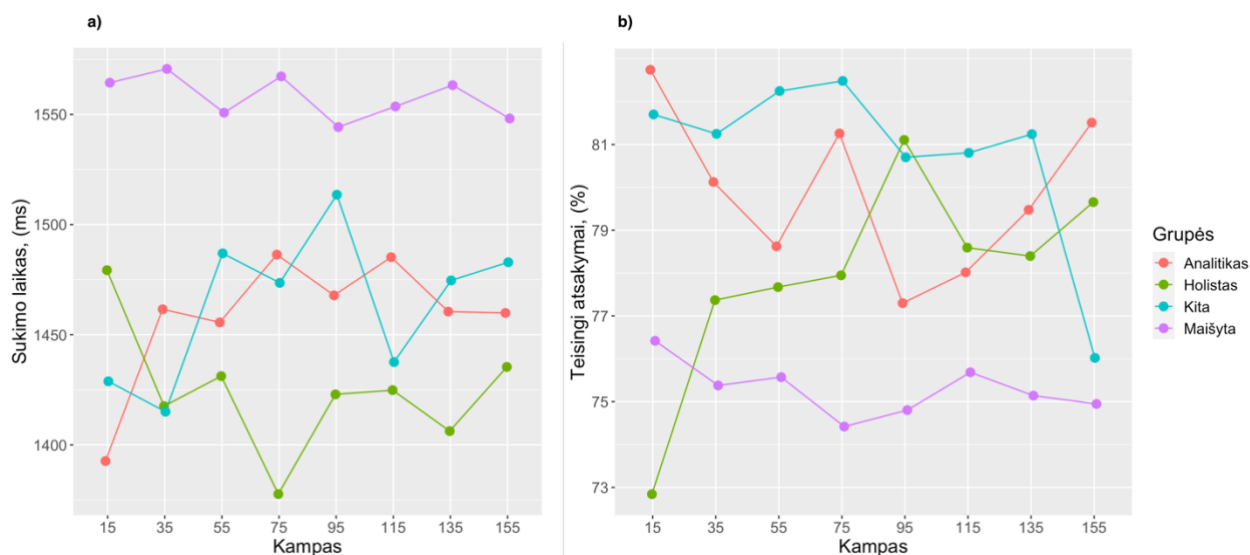
3.1 pav. Sukimo laiko ir tikslumo skirtumai tarp gerai ir blogai pasirodžiusių imčių grupių.

Galimam grupių poveikiui MR užduoties efektyvumui nustatyti, eksperimento dalyviai vaizduojami pagal tai, kokias kontraceptines priemones vartoja/nevartoja, ir vyrų grupę. Grafikai vaizduojantys grupes pateikti „3.2 pav.“.



3.2 pav. Sukimo laiko ir tikslumo skirtumai tarp vyrų (V) ir moterų, vartojančių geriamąją kontracepciją (OC), naudojančių spiralę (IUD), natūralią folikulinę ciklo fazę turinčių moterų (NCF), natūralią geltonkūnio ciklo fazę turinčių moterų (NCG).

Žiūrint į pateiktus grafikus, sukimo laiko tendencijos skirtumų tarp grupių pagal kampus nepastebėta. Tačiau atlikus Friedmano testą (angl.: *Friedman test*) ($p < 0.05$), nustatytas statistiškai reikšmingas reakcijos laiko skirtumas tarp vyrų ir moterų ($p < 0.05$ kiekvienai moterų grupei) bei NCF ir IUD grupių ($p = 0.03$). Grafike vaizduojančiam grupių MR užduoties atlikimo tikslumą matyti, kad geriausiai atliko ir labiausiai išsiskyrė vyrų grupė, tendencija moterų grupėje panaši į reakcijos laiko moterų grupių tendenciją. Atlikus Friedmano testą ($p < 0.05$) nustatytas statistiškai reikšmingas tikslumo skirtumas tarp vyrų ir moterų ($p < 0.05$ kiekvienai moterų grupei); IUD ir NCF ($p = 0.04$), NCG ($p < 0.05$); OC ir NCG ($p = 0.01$); NCG ir NCF ($p = 0.01$).



3.3 pav. Reakcijos laiko ir tikslumo skirtumai tarp pasirinktos sukimo mintyse strategijos. Visos figūros pasukimas (holistinė), vidurinių/galinių segmentų pasukimas (analitinė), sukimas atsižvelgiant į segmentų kryptis (kita) ir neapsisprendę eksperimento dalyviai (maišyta).

Analizuojant naudotas sukimo strategijas MR užduočiai atlikti, pastebėta ne tik skirtinga reakcijos laiko tendencija pagal kampus, bet ir nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ($p < 0.05$) tarp pasirinktos strategijos tipų. Grafike „3.3 pav., a)“ matoma, kad labai išsiskiria maišyta strategija, kuomet eksperimento dalyvis naudoja abi: tiek holistinę, tiek analitinę strategiją. Statistiškai reikšmingas skirtumas nustatytas tarp šių strategijos grupių: analitinės ir holistinės ($p = 0.04$); maišytos ir visų kitų galimų strategijų ($p < 0.05$ kiekvienai strategijai); kitos strategijos ir holistinės ($p = 0.05$).

Pasitvirtina ir kad tiriamieji, pasirinkę holistinę strategiją, atlieka užduotį greičiau „3.3 pav., a)“ ir tiksliau „3.3 pav., b)“ už pasirinkusius analitinę strategiją. Pastebimas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp grupių tikslumo ($p < 0.05$). Labiausiai išsiskyrė ir, atsižvelgiant į tikslumą, prasčiausiai pasirodė tiriamieji taikę maišytą strategiją ($p < 0.05$ kiekvienam kitam strategijos tipui).

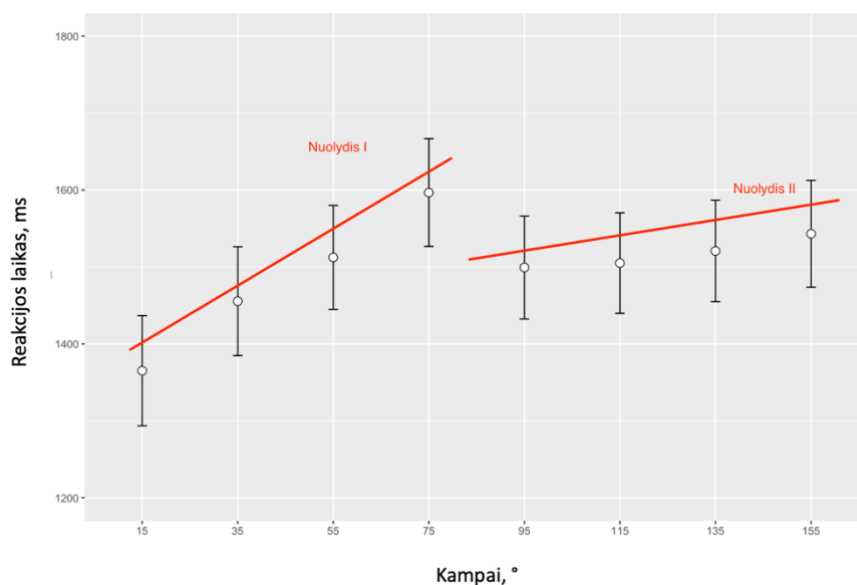
3.2. Nuolydis

Pirmiausia nagrinėta priklausomybė tarp sukimo mintyse užduoties atlikimo greičio nuolydžio iki lūžio (iki 75 laipsnių kampo imtinai, „3.4. pav, Nuolydis I“), virš lūžio kampo (nuo 75 laipsnių „3.4. pav, Nuolydis II“) ir faktorių: hormonų koncentracijos, grupės į kurią patenka eksperimento dalyvis (OC, IUD, NCF, NCG, V), sukimo strategijos, bendrinių matematinių/erdvinių/meninių

gebėjimų, nerimo, vyriškumo/moteriškumo požymių, rankiškumo, amžiaus, lyties, išsilavinimo, emocijų, pervargimo vertinimo sąsajai nustatyti naudojama tiesinė regresija su ir be interakcijų.

Reakcijos laiko priklausomybei nuo faktorių įvertinti buvo konstruojami 2 tiesiniai regresiniai modeliai.

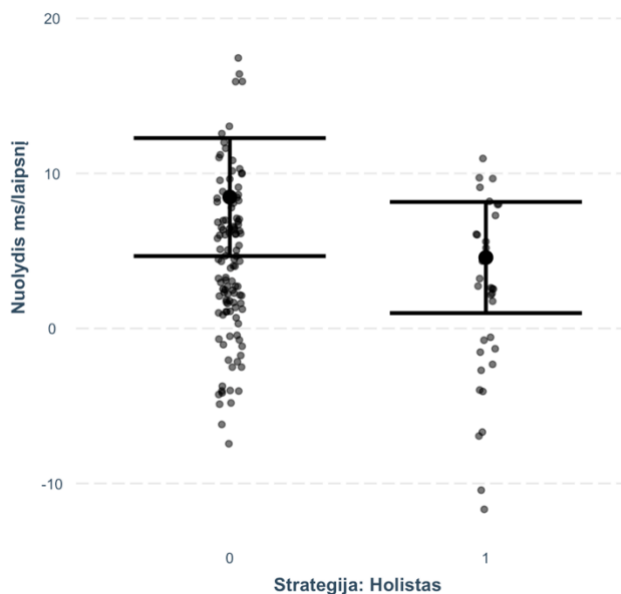
Duomenų imtis, naudojama pirmame modelyje, sudaryta iš moterų (imties dydis: 113 tiriamųjų), o antrasis tik iš vyrų (23 vyrai). Skirtingų imčių modeliais siekiama įvertinti lytinių hormonų: progesterono, estradiolio sąsajas su nuolydžiu moterų imtyje.



3.4 pav. Grafikas iliustruojantis nagrinėjamus nuolydžius ir priskyrimą. Nuolydis I - kampai nuo 15 iki 75 laipsnių imtinai, nuolydis II - kampai nuo 95 iki 155 laipsnių imtinai.

3.2.1. Faktoriai veikiantys iki lūžio

Sukonstravus tiesinę regresiją sąsajoms, tarp nuolydžio iki 75 laipsnių kampo imtinai ir kitų faktorių, nustatyti pastebėtas vienas statistiškai reikšmingas kintamasis – holistinė strategija.

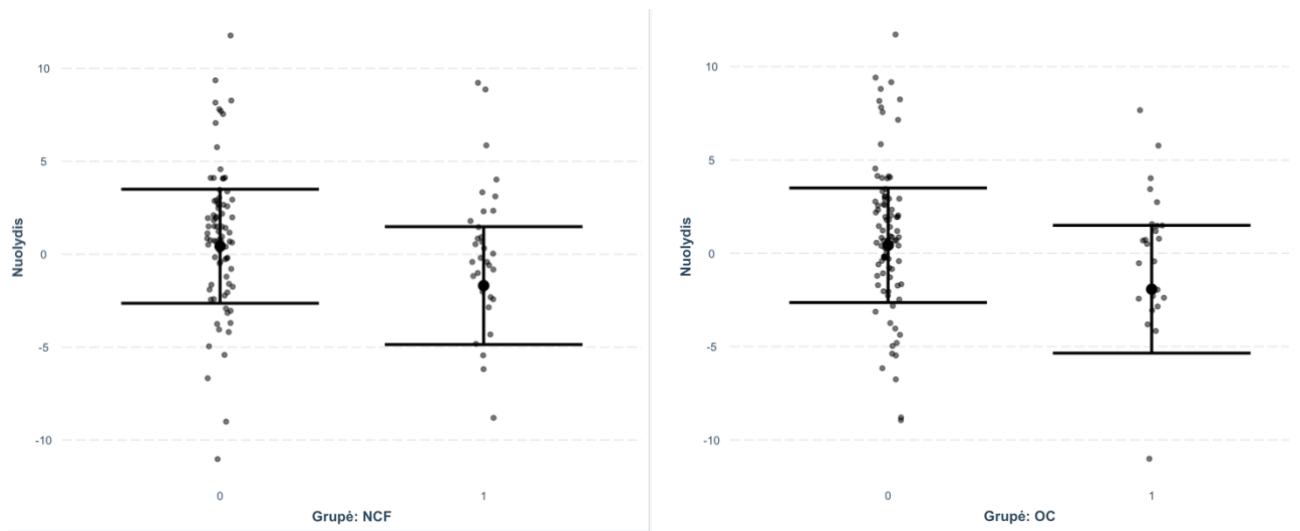


3.5 pav. Faktorius veikiantis RT nuolydį iki lūžio (75 laipsnių kampo) imtinai. Grafikas vaizduoja holistinės strategijos (reikšmė 1) pranašumą prieš visas kitas strategijas (reikšmė 0). Pateiktas pasiklovimo intervalas, vidurinis taškas – grupės/grupių vidurkis.

„3.5 pav.“ grafikas vaizduoja statistiškai reikšmingą kintamąjį: holistinę strategiją ($p = 0.01$, $sd = 1.43$). Parametras: holistinė strategija neigiamai koreliuoja su nuolydžiu, t.y. holistams nuolydis statistiškai reikšmingai mažesnis nei eksperimento dalyviams naudojantiems kitas strategijas. Reikia atkreipti dėmesį, kad nors ir regresorius yra statistiškai reikšmingas, tačiau standartinis nuokrypis turi gana didelę reikšmę, modelio tinkamumas tik $R^2 = 0.1$ bei pastebimas statistiškai reikšmingas laisvasis narys ($p < 0.05$), todėl modelį būtų galima pagerinti, įtraukiant geriau nuolydį paaiškinančius kintamuosius, kad rezultatai būtų tikslesni.

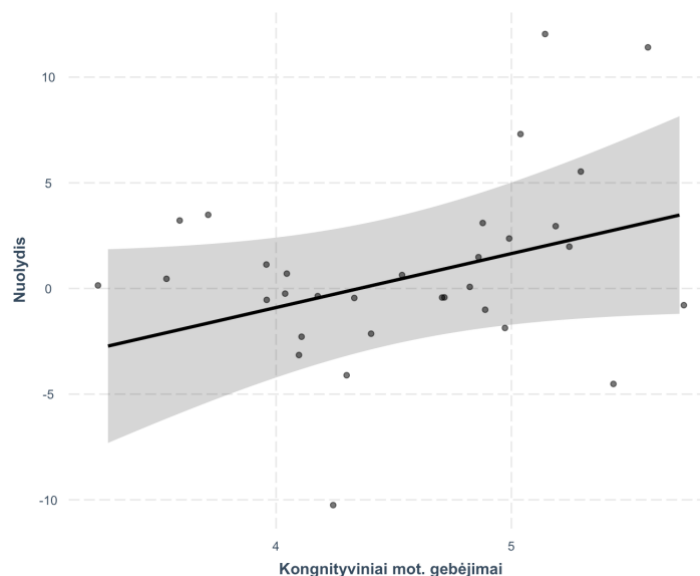
3.2.2. Faktorai veikiantys nuo lūžio

Sukonstravus tiesinę regresiją sąsajoms tarp nuolydžio nuo 75 laipsnių kampo ir kitų faktorių nustatyti, bendram vyrų ir moterų modelyje, jokių statistiškai reikšmingų kintamųjų nepastebėta. Pabandžius panagrinėti moterų grupes ir vyrus atskirai, dėl galimo estradiolio ir progesterono veikimo, pastebėti du pagrindiniai statistiškai reikšmingi kintamieji moterų grupėje: OC ir NCF grupės „3.6 pav.“. Analizuojant vyrus, jokių pagrįstų išvalgų, apart silpnai statistiškai reikšmingo ($p = 0.08$, $sd = 1.39$), ir teigiamai ($r = 0.3$) su nuolydžiu koreliuojančiu moteriškų kognityvinių gebėjimų kintamojo „3.7 pav.“, nepastebėta. Vyrų, kurių moteriškų kognityvinių gebėjimų reikšmė didesnė, lėčiau atliko užduotis, t.y. nuolydis statesnis.



3.6 pav. Faktoriai veikiantys RT nuolydį nuo lūžio. **a), b)** grafikai vaizduoja, kad OC ir NCF grupių nuolydžio reikšmė statistiškai reikšmingai mažesnė už kitų grupių nuolydį. Grafike pateikiamas pasiklovimo intervalas, taškas žymi grupės/grupių vidurkį.

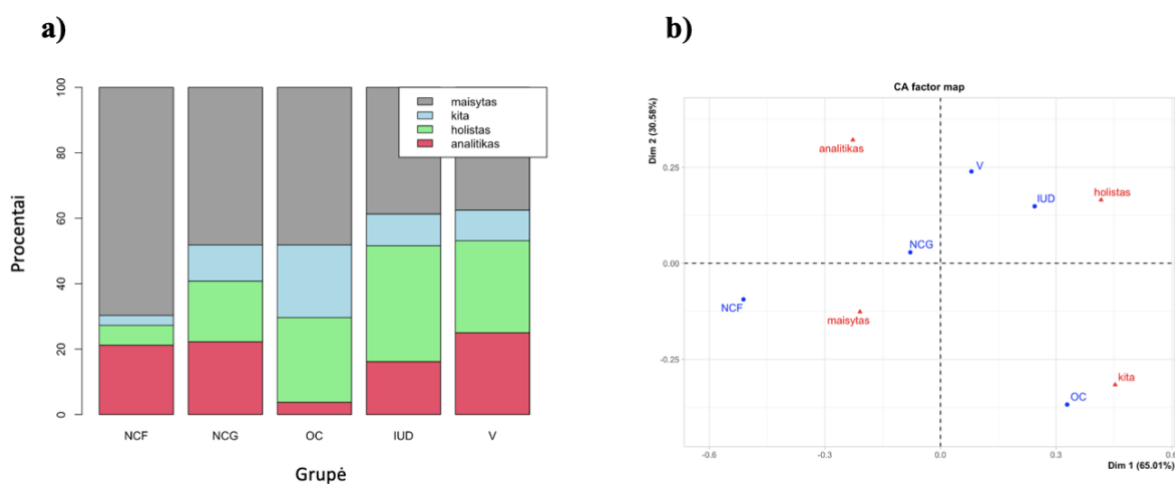
„3.6 pav.“ a), b) grafikai vaizduoja statistiškai reikšmingus kintamuosius: grupę NCF ($p = 0.05$, $sd = 1.08$) ir OC ($p = 0.06$, $sd = 1.26$). Tai reiškia, kad pastebėtas mažesnis nuolydis NCF ir OC nei kitose moterų grupėse.



3.7 pav. Faktoriūs veikiantis vyrų RT nuolydį nuo lūžio. Grafikas vaizduoja teigiamą nuolydžio priklausomybę ($r = 0.3$) nuo kognityvinių moteriškų gebėjimų apskaičiuoto vidurkio reikšmės.

3.3. Atitikimo analizė

Siekiant atrasti reikšmingesnių sąryšių, pirmiausia patikrinta nepriklausomumo hipotezė (Pirsono Chi-kvadrato kriterijus) ir pastebėta, kad grupė ir sukimo strategija turi statistiškai reikšmingą sąryšį ($p = 0.04$, $\chi^2 = 21.19$). Histogramoje matyti „3.8. pav., a)“, kad holistinę strategiją naudoti labiausiai linkę vyrai (~ 28%) ir IUD grupės moterys (~ 35%). Taip pat matoma, kad visose grupėse labiausiai dominuoja tiriamieji taikę maišytą strategiją. Ypač išsiskiria NCF grupės moterys (maišyta strategija: ~ 79%) ir mažą dalį užima holistinė (~ 6%) strategija. Nagrinėti segmentų kryptis (strategija: kita) labiausiai buvo linkusios OC grupės moterys (~ 22%). Taip pat, OC grupėje, mažiausiai populiaru buvo analitinė strategija (~ 4%).



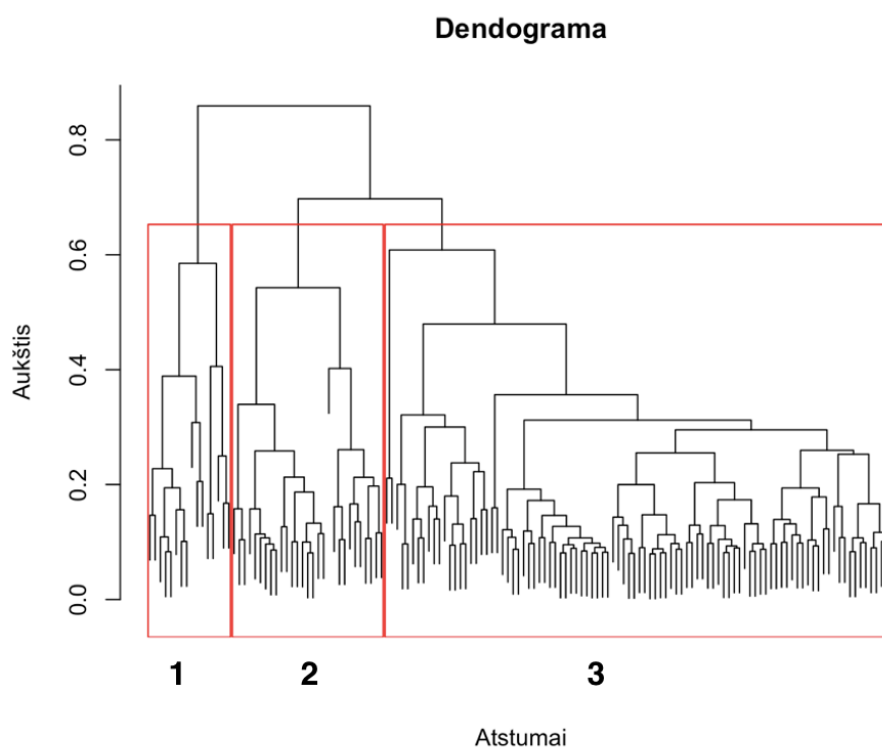
3.8 pav. a) vaizduojama histograma strategijos ir grupės sąsajoms nustatyti, **b)** atitikimo analizės rezultatai pavaizduoti grafiškai. Dim1 (horizontalė)/Dim2 (vertikalė) – faktoriai veikiantys bendrą variaciją.

Atlikus atitikimo analizę, kur abu faktoriai (Dim 1, Dim 2) indėlis į Pirsono statistiką yra 96%, kas reiškia, kad faktoriai gerai paaikškina bendrą variaciją, nagrinėjami sąryšiai tarp grupės ir strategijos, kurie pavaizduoti grafike „3.8. pav., b)“.

Grafikas rodo, kad vyrai (V) ir IUD dažniausiai sukant mintyse elgiasi panašiai, t.y. renkasi panašias strategijas, o duomenys rodo, kad tai holistinė strategija. Taip pat, verta paminėti, kad taikomos holistinė ir kita strategija gali turėti panašumą. OC turi sąsajų su kita (atsižvelgiama į segmentų kryptis) strategija. NCF grupės moterys santykinai dažnai naudoja maišytą strategiją. NCG grupės moterys nors ir atrodo, kad labiausiai linkusios rinktis analitinę strategiją, tačiau ši grupė yra arčiausiai vidurio, kur kertasi tiesės, todėl ji siejasi su visomis strategijomis pakankamai vienodai.

3.4. Klasterinė analizė

Jau aptarti rezultatai parodė, kad strategija – svarbus faktorius vertinant reakcijos laiką ir tikslumą. “3.8 pav. a)” pateiktame grafike matoma, kad gana didelė dalis naudojo mišrią strategiją (galima teigti, kad buvo neapsisprendę) atliekant užduotį. Siekiant geriau įvertinti reakcijos laiko, tikslumo kitimą atliekant MR užduotį ir jų priklausomybę nuo tam tikrų socialinių, ar emocinių faktorių, svarbu atrasti panašumus tarp eksperimento dalyvių. Tai galėtų padėti išsiaiškinti pvz.: kokią strategiją neapsisprendęs dalyvis linkęs naudoti ir patobulinti strategijai įvardinti naudojamą anketas ateities tyrimams. Nagrinėjami visi tiriamieji. Iš duomenų imties buvo pašalintas strategijos kintamasis su tikslu išsiaiškinti, ar priskirti eksperimento dalyviai tam tikram klasteriui teisingai pasirinko taikytos strategijos tipą. Įtraukti tokie kintamieji, kaip reakcijos laikas, tikslumas, rankiškumas, kognityviniai gebėjimai, emocinė būseną, grupė į kurią patenka tiriamasis (moterų grupės bei vyrai), testosterono koncentracija bei lytis.



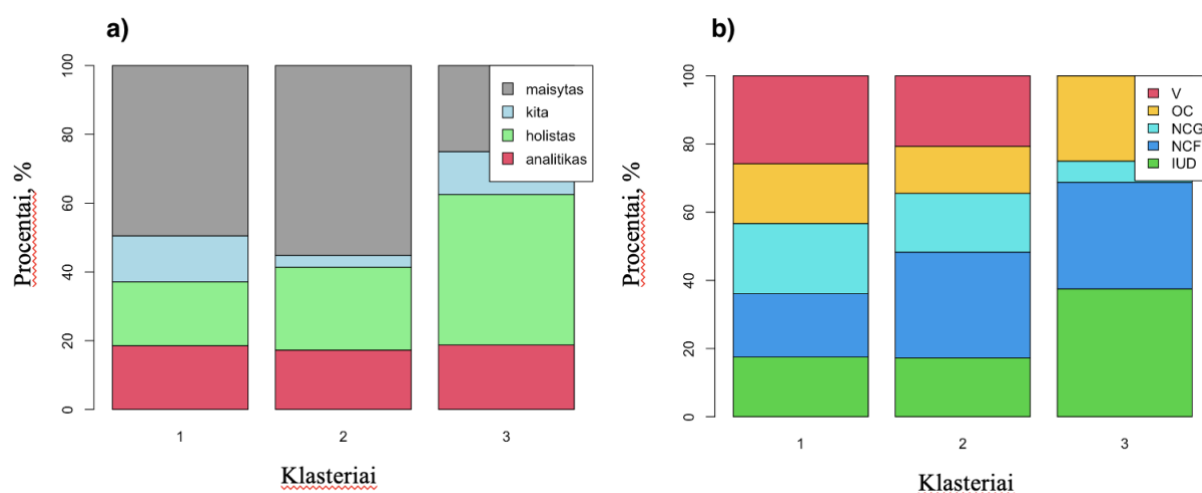
3.9 pav. Dendrograma vaizduojanti 3 klasterių sudarymą pagal panašius eksperimento dalyvių bruožus. Aukštis (y ašis) rodo kiek panašūs, ar kiek skiriasi kiekvienas eksperimento dalyvis. Kuo didesnis aukštis, tuo didesnis skirtumas. X ašis rodo atstumą tarp klasterių – kuo didesnis atstumas, tuo didesnis skirtumas tarp klasterių.

Klasteris	Moterys	Vyrai
1	72	25
2	23	6
3	16	0

3.10 pav. Eksperimento dalyvių pasiskirstymas tarp klasterių pagal lytį.

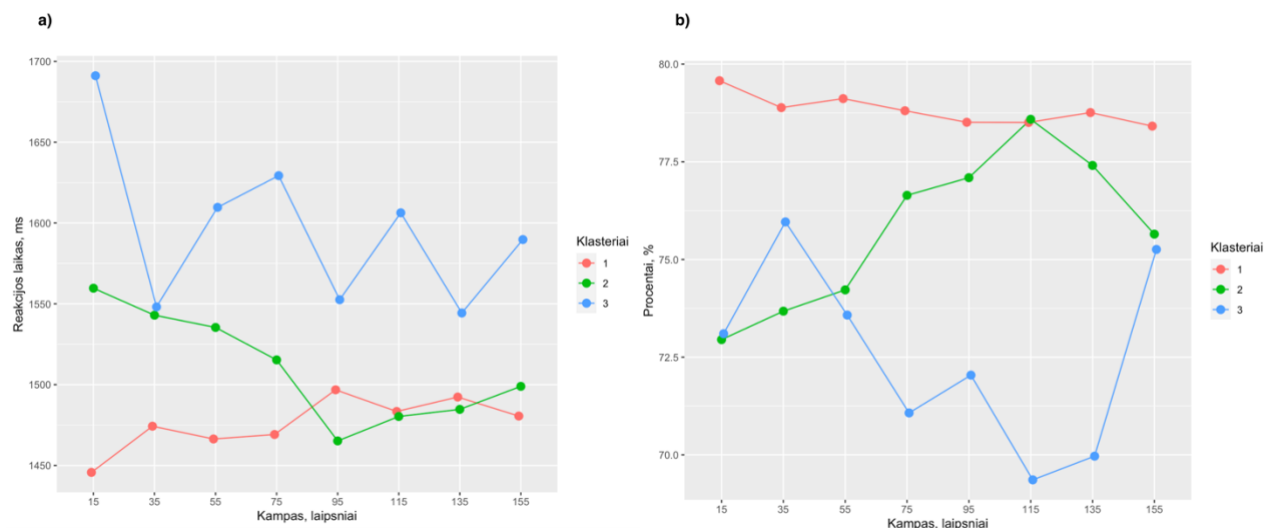
Klasterinė analizė parodė, kad eksperimento dalyviai gali būti skirstomi į 3 grupes, klasterių grupės pavaizduotos dendogramoje „3.9 pav.“. Pasiskirstymas pagal lytį klasteriuose pavaizduotas „3.10 pav.“.

Klasterių charakteristika pateikta „3.11 pav.“ rodo, kad 3-ąjį klasterį sudaro ~ 44% moterų (grafikas **b**), klasteris 3), kurios nurodžiusios, kad naudoja holistinę strategiją (grafikas **a**), klasteris 3), iš tikrųjų galėjo nesuprasti anketoje nurodytų strategijos aprašymų ir todėl netinkamai pateikti atsakymą. Dėl to, kad buvo įvardintos nekorektiškos strategijos, gali būti iškreipti ir regresijos rezultatai arba daromos klaidingos išvados. Tikėtina, kad panašiai klydo IUD (~ 38% iš visų esančių 3-iam klasteriui), NCF (~ 31% iš visų esančių 3-iam klasteriui) ir OC (~ 31% iš visų esančių 3-iam klasteriui) grupės moterys. Maišyta strategija buvo dažniausiai įvardinta strategija visose grupėse, todėl žvelgiant į „3.11 pav. **b**“ grafiką galima sakyti, kad labiausiai NCF (~ 31% iš visų esančių 2-ame klasteriui) klydo pasirinkusios maišytą strategiją.



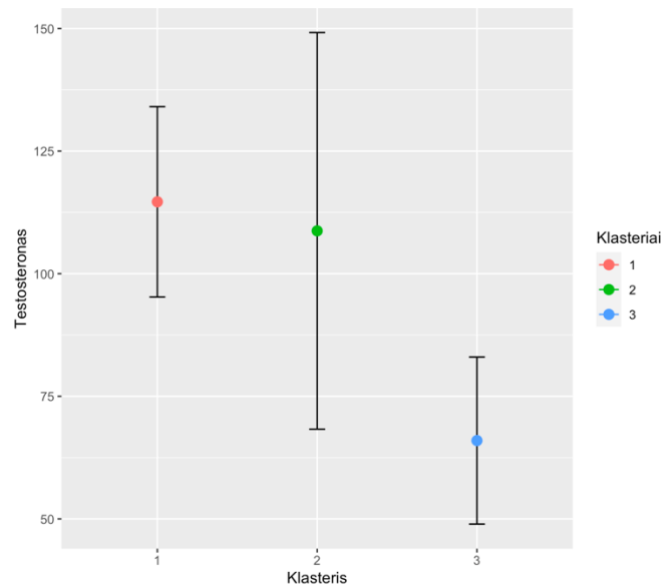
3.11 pav. Eksperimento dalyvių, patekusių į tam tikrą klasterį (grupę), charakteristika pateikta histogramomis. a) histogramą vaizduoja dalyvių pasiskirstymą pagal strategiją, b) vaizduojamas dalyvių pasiskirstymas pagal hormoninę koncentraciją.

Reakcijos laikas ir tikslumas tarp klasterių statistiškai reikšmingai skiriasi ($p < 0.05$). Pabandžius pavaizduoti rezultatu grafiškai „3.12 pav.“ matoma, kad reakcijos laiko pakilimo ir tikslumo sumažėjimo tendencija ties 75 laipsnių kampu geriausiai atsispindi 3-ajame klasteryje. Taip pat, 3-iajam klasteriui priskirtos eksperimento dalyvės MR užduotį atliko lėčiau ir mažiau tiksliai, na o 1-masis klasteris išsiskiria savo žemu reakcijos laiku ir aukštu tikslumu.



3.12 pav. a) vidutinis reakcijos laikas klasteriuose, **b)** vidutinis tikslumas klasteriuose.

Viena iš priežasčių tokiems reakcijos laiko ir tikslumo svyravimas „3.12 pav.“ gali būti skirtinga vidutinė testosterono koncentracija klasteriuose „3.13 pav.“ matoma, kad pirmojo klasterio, kuris pasirodė geriau (tyrimo dalyviai patenkantys į šį klasterį buvo tikslesni ir greitesni) testosterono vidurkis yra statistiškai reikšmingai didesnis ($p = 0.03$) už trečiojo (tyrimo dalyviai, kurie buvo mažiausiai tikslūs ir lėtesni, bei labai priklausę nuo pasukimo kampo).



3.13 pav. Testosterono koncentracijos vidurkis skirtinguose klasteriuose. Grafike pavaizduotas standartinis nuokrypis. Testosterono koncentracijos vidurkiai: 1 klasteris – 114.6 (sd = 96.3, N = 97), 2 klasteris - 108.7 (sd = 106.32, N = 29), 3 klasteris – 66 (sd = 31.9, N = 16)

4. REZULTATŲ APITARIMAS

Pirminė duomenų analizė parodė, kad bendrai teisingesnius atsakymus pateikę tyrimo dalyviai atliko užduotis greičiau. Šie rezultatai sutampa su (Hirschfeld et al., 2013) tyrimo rezultatais. Kituose tyrimuose (Jost & Jansen, 2022) dažnai aptinkamas atvirkštinis sąryšis tarp tikslumo ir reakcijos laiko sunkėjant sukimo mintyse užduočiai, t.y. didėjant pasukimo kampui, reakcijos laikas ilgėja, o tikslumas – mažėja. Neigiama koreliacija pastebėta ir šiame tyrime, tačiau tendencija geriau pastebima iki 75 laipsnių kampo imtinai.

Nagrinėjant reakcijos laiką ir tikslumą pagal grupes, į kurias patenka tyrimo dalyviai, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp grupių (NCF, OV, IUD, NCG, V). Pavyzdžiui, vyrai sukimo mintyse užduotį atliko geriau ir greičiau, nei bet kurios kitos grupės moterys. Tokie rezultatai gauti ir modeliuojant reakcijos laiką kituose tyrimuose (Fargier et al., 2022). Tačiau tendencijos skirtumų tarp grupių didėjant pasukimo kampui – nepastebėta. Tai reiškia, kad pasukimo kampo didėjimas lemia tokį patį efektą visoms tyrimo dalyvių grupėms nepriklausomai, ar vienos pasirodė geriau, ar blogiau. Tikslumas tarp vyrų ir moterų, vertintas kituose moksliniuose tyrimuose, taip pat rodo tokią pačią tendenciją (Jansen & Heil, 2009).

Kadangi kai kuriuose tyrimuose (Raabe et al., n.d.; Shepard & Metzler, 1971), matomas galimas pasukimo kampo slenkstis, įvertintas nuolydis kiekvienam eksperimento dalyviui iki 75 laipsnių kampo imtinai ir nuo 75 laipsnių kampo, bei stebėta jo priklausomybė nuo kitų faktorių, tokių kaip strategija, emociniai ir socialiniai rodikliai, grupė į kurią patenka eksperimento dalyvis (NCF, OV, IUD, NCG, V). Nors ir šiame tyrime aprašomas slenkstinis kampas (75 laipsniai) nesutampa su kituose tyrimuose minėtais (90), tačiau atlikus tiesinės regresijos analizę, pastebėtas statistiškai reikšmingas holistinės strategijos pasirinkimas iki 75 laipsnių kampo, kuris sumažina nuolydžio reikšmę. Tokia išvada sutampa su (Heil & Jansen-Osmann, 2008) tyrime nagrinėtais duomenimis. Regresija nuolydžiui nuo 75 laipsnių kampo įvertinti, jokių statistiškai reikšmingų rezultatų neparodė, todėl nagrinėti skirtingų grupių (moterų ir vyrų) duomenys. Vyrų regresijos modelis parodė, kad kognityviniai moteriški gebėjimai teigiamai koreliuoja su nuolydžiu nuo 75 laipsnių kampo, kas reiškia, kad tokių vyrų reakcijos laikas ilgesnis. Išvados sutampa su kituose straipsniuose aprašytą vyriškų kognityvinių funkcijų svarbą, didinant MR užduoties efektyvumą (Hertanti et al., 2019). Moterų grupių modelis parodė, kad OC ir NCF grupės moterys, atliekant sukimo mintyse užduotis, užtruko trumpiau nei kitos grupių moterys. Straipsniuose teigiama, kad OC grupės moterys, dėl vartojamos antiandrogeninės kontracepcijos, atsakymus pateikia greičiau, tačiau mažiau tiksliai (Griksiene et al., 2018), atitinkamai NCF grupių moterys pasižymi žemu estrogeno ir progesterono

lygiu, o anksčiau atlikti tyrimai parodė, kad estrogenas (Hampson et al., 2014) ir aukštas progesteronas ilgina reakcijos laiką ir mažina tikslumą (Noreika et al., 2014), (Shirazi et al., 2021).

Ieškant tikslesnių rezultatų, lūžiui ties 75 laipsnių kampu ir reakcijos laiko bei tikslumo kitimui paaiškinti, atsižvelgta į MR užduoties metu taikytą strategiją. Pastebėta, kad stipriai išsiskiria eksperimento dalyviai, kurie naudojo maišytą strategiją. Tai reiškia, tokie tiriamieji galėjo būti neapsisprendę arba tiksliai nesupratę klausimynuose pateiktų strategijos variantų ir pateikti klaidingą atsakymą. Patikrinta nepriklausomumo hipotezė parodė, kad grupė, į kurią patenka eksperimento dalyvis, ir strategija – statistiškai reikšmingai siejosi. Apie tai užsimenama ir kituose straipsniuose (Pletzer, 2014), nagrinėjančiuose strategijos – vyrų/moterų priklausomybę.

Atitikimo analizės grafikas parodė, kad IUD grupės moterys ir vyrai dažniau linkę naudoti holistinę strategiją. Taip yra dėl hormoninės koncentracijos – aukštesnio testosterono kiekio šiose grupėse, dėl androgeninės spiralės naudojimo. Testosterono įtaka MR užduoties atlikimui jau nagrinėta ir kituose straipsniuose, pateikiančiuose, kad testosterono padidėjimas lemia geresnį MR užduoties atlikimo efektyvumą (Yang et al., 2007). NCF dažniausiai rinkosi maišytą strategiją, jos buvo labiausiai neapsisprendusios arba naudojo dažniausiai pasitaikančią moterų grupėse analitinę strategiją to nežinant (Debarnot et al., 2013). OC grupė dažnai rinkosi „kitą“ strategiją, kuri buvo pateikta klausimyne nei kaip analitinė, nei kaip holistinė.

Klasterinės analizės rezultatai padėjo pabandyti atsakyti į klausimą: ar visi tiriamieji klausimyne pažymėjo teisingą strategijos būdą, kurį ir taikė? Nustatytas statistiškai reikšmingas ryšys tarp testosterono koncentracijos 1-majame (dalyvių, kurie buvo lėtesni ir mažiau tikslesni bei priklausė nuo pasukimo kampo) ir 3-iajame (dalyvių pasirodžiusių greičiau ir tiksliau) klasterių. Pastebėta, kad daugiausiai moterų galėjo būti pateikusios netikslų strategijos atsakymą. Dėl to gali būti iškreipti tiesinės regresijos ar kiti tyrimo rezultatai, neatrastos svarbios koreliacijos. Padėti tiksliau nustatyti sukimo strategiją gali ir kituose tyrimuose aprašyti akių judesio sekimo metodai, kurie padeda identifikuoti panašias judesio tendencijas (Saunders & Quaiser-Pohl, n.d.). Tolesniuose tyrimuose svarbu tinkamai sudaryti klausimyną ir įsitikinti, kad tiriamasis supranta aprašytą strategiją.

Įdomu ir tai, kad kai kur kalbama apie holistus, linkusius labiau prisitaikyti ir tam tikrose situacijose naudoti kitą strategiją (Khooshabeh et al., 2013), kas pagerina MR užduoties efektyvumą. Todėl, kai kurie tiriamieji priskiriami maišytos strategijos naudotojams, iš tiesų gali būti „užsislėpę“ holistai. Tuo tarpu moterims, naudojančioms analitinę strategiją, sunkiau prisitaikyti prie užduoties. Tokia tendencija pastebima ir mokslininkų tiriančių individualius skirtumus MR užduoties atlikime (Zhao & Sala, 2018).

5. IŠVADOS

1. Tyrimo dalyviai taikę **mišrią strategiją** buvo statistiškai reikšmingai lėtesni ir mažiau tikslūs už taikiusius konkrečias (holistinę, analitinę, ar kitą) strategijas.
2. Vyrai ir hormoninę intrauterinę spiralę naudojančios moterys (IUD) santykinai dažniau rinkosi **holistinę** strategiją, o natūralų menstruacinį ciklą turinčios moterys, tirtos folikulinėje ciklo fazėje (NCF) – mišrią strategiją.
3. **Holistinę** strategiją naudojusios moterys buvo **greitesnės**.
4. Atsižvelgiant į reakcijos laiką, natūralų menstruacinį ciklą turinčios moterys, tirtos folikulinėje ciklo fazėje (NCF) ir geriamąją kontracepciją vartojančios (OC) tiriamosios buvo mažiau priklausomos nuo tam tikrų **užduoties sąlygų** nei hormoninę intrauterinę spiralę naudojančios (IUD) ir natūralų menstruacinį ciklą turinčios, tirtos geltonkūnio ciklo fazėje (NCG) moterys.
5. Pagal socialinių, emocinių faktorių, testosterono koncentracijos ir grupės (NCF, NCG, IUD, OC, V) panašumus tirti eksperimento dalyviai suskirstyti į grupes, iš kurių greičiausi ir tiksliausi buvo dalyviai su didžiausia **testosterono** koncentracija.

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Roberta Morkūnaitė

Magistrinis darbas

**FAKTORIŲ VEIKIANČIŲ REAKCIJOS LAIKĄ IR TIKSLUMĄ
TRANSFORMUOJANT TRIMAČIUS OBJEKTUS VERTINIMAS**

SANTRAUKA

Sukimo mintyse užduotis laikoma viena iš labiausiai lyčiai specifinių užduočių. Vis daugiau tyrimų rodo, kad sukimo mintyse reakcijos laikas ir tikslumas gali priklausyti ir nuo daugiau faktorių.

Šio magistrinio darbo tikslas – įvertinti biologinius, socialinius, emocinius faktorius, veikiančius trimačių kūnų sukimo mintyse reakcijos laiką ir tikslumą. Darbo uždaviniai: įvertinti MR sukimo strategijos reikšmę reakcijos laikui ir tikslumui pritaikant, tiesinės regresijos modelius; identifikuoti dažniausiai naudojamas tyrimo dalyvių grupių (OC, IUD, NCF, NCG, V) strategijas, pasitelkiant atitikimo analizę; įvertinti galimą grupių (OC, IUD, NCF, NCG, V) reakcijos laiko priklausomybę nuo užduoties sąlygų; identifikuoti panašius eksperimento dalyvius, naudojant klasterinės analizės metodą.

Užduoties atlikimo reakcijos laiko ir tikslumo sąsajos su pasirinkta strategija, hormonine koncentracija ir kitais socialiniais ir emociniais faktoriais, tirtos analizuojant literatūros šaltinius ir tyrimo metu surinktus įvairių klausimynų duomenis pasitelkiant atitikimo, klasterinę ir regresinę analizes.

Pastebėta, kad dalyviai taikė mišrią strategiją (tiek holistinę, tiek analitinę, ar kitą) buvo statistiškai reikšmingai lėtesni ir mažiau tikslūs už holistinę, analitinę, ar kitą (analizuojant segmentų kryptis) strategiją naudojusius tyrimo dalyvius. Taip pat, vyrai ir intrauterinį prietaisą (spirale) turinčios tiriamosios (IUD), santykinai dažniau rinkosi holistinę strategiją. Natūralią folikulinę ciklo fazę turinčios tiriamosios (NCF), dažniausiai žymėjo naudojusios visas strategijas. Atlikus regresinę analizę pastebėta, kad holistinės strategijos naudojimas buvo reikšmingas kintamasis, dėl kurio šią strategiją naudojusios moterys buvo greitesnės. Atsižvelgiant į reakcijos laiką, natūralią folikulinę ciklo fazę turinčios (NCF) ir geriamąją kontracepciją vartojančios (OC) tiriamosios buvo mažiau priklausomos nuo užduoties sąlygų už intrauterinį prietaisą (spirale) (IUD) ir natūralią geltonkūnio ciklo fazę turinčias (NCG) moteris. Klasterinė analizė padėjo identifikuoti panašius tyrimo dalyvius

pagal socialinius, emocinius rodiklius, testosterono kiekį ir grupę į kurią patenka (NCF, NCG, IUD, OC). Testosteronas buvo reikšmingas faktorius aiškinantis klasterių susidarymą. Didesnę testosterono koncentraciją turėję tyrimo dalyviai trumpiau ir tiksliau atliko MR užduotį.

VILNIUS UNIVERSITY
LIFE SCIENCES CENTER

Roberta Morkunaite

Master thesis

**EVALUATION OF FACTORS AFFECTING REACTION TIME AND ACCURACY IN
TRANSFORMING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS**

SUMMARY

The mental rotation task is considered one of the most sex-specific tasks. Many studies suggest that the reaction time and accuracy of mental rotation may depend on other factors.

The purpose of this master's thesis is to evaluate the reaction time and accuracy of mental rotation of three-dimensional bodies, which are influenced by biological, social, and emotional factors. Tasks: evaluate the effect of the MR rotation strategy for reaction time and accuracy by applying linear regression models; to identify the most frequently used strategies in groups of participants (OC, IUD, NCF, NCG, V) using correspondence analysis; evaluate the possible dependence of the reaction time of the groups (OC, IUD, NCF, NCG, V) on the conditions of the task; identify similar participants in the experiment using the cluster analysis method.

Relationships of reaction time and accuracy with the chosen strategy, hormonal concentration and other social and emotional factors were studied by analyzing literature sources and the data of various questionnaires, reaction time and accuracy collected during the study using correspondence, cluster and regression analysis.

It was observed that the participants who used a mixed strategy (both holistic, analytical, or other) were statistically significantly slower and less accurate than the participants who used a holistic, analytical, or other strategy (by analyzing segment directions). Also, men and subjects with an intrauterine device (IUD) chose the holistic strategy relatively more often. Subjects with a natural follicular phase of the cycle (NCF) were more likely to use all strategies. Regression analysis showed that the use of a holistic strategy was a significant variable that led women who used this strategy to be faster. Regarding reaction time, NCF and OC subjects were less dependent on task conditions than IUD and NCG women. Cluster analysis helped to identify similar study participants according to social, emotional indicators, testosterone level and the group they belong

to (NCF, NCG, IUD, OC). Testosterone was a significant factor in explaining cluster formation. Participants with higher testosterone concentrations performed the MR task shorter and more accurately.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Beltz, A. M., Demidenko, M. I., Chaku, N., Klump, K. L., & Joseph, J. E. (2022). Intrauterine Device Use: A New Frontier for Behavioral Neuroendocrinology. *Frontiers in Endocrinology, 13*, 853714. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.853714>
- 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>
- Borst, G., Standing, G., & Kosslyn, S. M. (2012). Fear and anxiety modulate mental rotation. *Journal of Cognitive Psychology, 24*, 665–671. <https://doi.org/10.1080/20445911.2012.679924>
- Cheung, O. S., Hayward, W. G., & Gauthier, I. (2009). Dissociating the effects of angular disparity and image similarity in mental rotation and object recognition. *Cognition, 113*(1), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.07.008>
- Cooper, D. B., Patel, P., & Mahdy, H. (2023). Oral Contraceptive Pills. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430882/>
- 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>
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1975). Mental transformation in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1*, 48–56. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.1.1.48>
- Debarnot, U., Piolino, P., Baron, J.-C., & Guillot, A. (2013). Mental Rotation: Effects of Gender, Training and Sleep Consolidation. *PLOS ONE, 8*(3), e60296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060296>

- Estes, Z., & Felker, S. (2012). Confidence Mediates the Sex Difference in Mental Rotation Performance. *Archives of Sexual Behavior*, *41*(3), 557–570. <https://doi.org/10.1007/s10508-011-9875-5>
- Estrogen in Men: How It Works and What High or Low Levels Mean*. (2019, October 22). Healthline. <https://www.healthline.com/health/estrogen-in-men>
- Fargier, P., Champely, S., Massarelli, R., Ammary, L., & Hoyek, N. (2022). Modelling response time in a mental rotation task by gender, physical activity, and task features. *Scientific Reports*, *12*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19054-2>
- Fisher, M. L., Meredith, T., & Gray, M. (2018). Sex Differences in Mental Rotation Ability Are a Consequence of Procedure and Artificiality of Stimuli. *Evolutionary Psychological Science*, *4*(2), 124–133. <https://doi.org/10.1007/s40806-017-0120-x>
- Gao, M., Zhang, D., Wang, Z., Liang, B., Cai, Y., Gao, Z., Li, J., Chang, S., Jiao, B., Huang, R., & Liu, M. (2017). Mental rotation task specifically modulates functional connectivity strength of intrinsic brain activity in low frequency domains: A maximum uncertainty linear discriminant analysis. *Behavioural Brain Research*, *320*, 233–243. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.12.017>
- Gecu, Z., & Cagiltay, K. (2015). Mental Rotation Ability and Computer Game Experience. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, *5*(4), 15–26. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2015100102>
- 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*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55433-y>
- 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>

- 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>
- 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*, *36*(4), 612–623.
<https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000528>
- Gurvich, C., Warren, A. M., Worsley, R., Hudaib, A.-R., Thomas, N., & Kulkarni, J. (2020). Effects of Oral Contraceptive Androgenicity on Visuospatial and Social-Emotional Cognition: A Prospective Observational Trial. *Brain Sciences*, *10*(4), 194.
<https://doi.org/10.3390/brainsci10040194>
- 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>
- Harris, T., Scheuringer, A., & Pletzer, B. (2019). Perspective and strategy interactively modulate sex differences in a 3D navigation task. *Biology of Sex Differences*, *10*(1), 17.
<https://doi.org/10.1186/s13293-019-0232-z>
- Hausmann, M., Slabbekoorn, D., Van Goozen, S. H. M., Cohen-Kettenis, P. T., & Güntürkün, O. (2000). Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, *114*, 1245–1250. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.114.6.1245>
- Healthcare, B. W.-B. (2020, April 1). *Men vs. Women: How Do the Hormones Differ? - Dr. Alessi*. Balanced Well-Being Healthcare. <https://www.balancedwellbeinghealthcare.com/men-vs-women-how-do-the-hormones-differ/>
- 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>

- 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>
- Heil, M., Kavšek, M., Rolke, B., Beste, C., & Jansen, P. (2011). Mental rotation in female fraternal twins: Evidence for intra-uterine hormone transfer? *Biological Psychology*, *86*(1), 90–93.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.11.002>
- Hertanti, A., Retnawati, H., & Wutsqa, D. U. (2019). The role of spatial experience in mental rotation. *Journal of Physics: Conference Series*, *1320*(1), 012043.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1320/1/012043>
- Hierarchical Clustering Analysis | Different Types of Hierarchical Clustering. (2019, November 11). *EDUCBA*. <https://www.educba.com/hierarchical-clustering-analysis/>
- Hirschfeld, G., Thielsch, M. T., & Zernikow, B. (2013). Reliabilities of Mental Rotation Tasks: Limits to the Assessment of Individual Differences. *BioMed Research International*, *2013*, 340568. <https://doi.org/10.1155/2013/340568>
- 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>
- Hormone Imbalance, Menstrual Cycles & Hormone Testing. (n.d.). *Women in Balance Institute*. Retrieved May 30, 2023, from <https://womeninbalance.org/about-hormone-imbalance/>
- Hyun, J.-S., & Luck, S. J. (2005). Visual working memory as the substrate for mental rotation. *Journal of Vision*, *5*(8), 425. <https://doi.org/10.1167/5.8.425>
- Jansen, P., & Heil, M. (2009). Gender Differences in Mental Rotation Across Adulthood. *Experimental Aging Research*, *36*(1), 94–104. <https://doi.org/10.1080/03610730903422762>
- Jolicœur, P., & Dell'Acqua, R. (1998). The Demonstration of Short-Term Consolidation. *Cognitive Psychology*, *36*(2), 138–202. <https://doi.org/10.1006/cogp.1998.0684>

- Jost, L., & Jansen, P. (2022). Manual training of mental rotation performance: Visual representation of rotating figures is the main driver for improvements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75(4), 695–711. <https://doi.org/10.1177/17470218211039494>
- Kaltner, S., & Jansen, P. (2014). Emotion and affect in mental imagery: Do fear and anxiety manipulate mental rotation performance? *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00792>
- Karádi, K., Kállai, J., & Kovács, B. (2001). Cognitive Subprocesses of Mental Rotation: Why is a Good Rotator Better Than a Poor One? *Perceptual and Motor Skills*, 93(2), 333–337. <https://doi.org/10.2466/pms.2001.93.2.333>
- Kessler, K., & Rutherford, H. (2010). The Two Forms of Visuo-Spatial Perspective Taking are Differently Embodied and Subserve Different Spatial Prepositions. *Frontiers in Psychology*, 1. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2010.00213>
- Khooshabeh, P., Hegarty, M., & Shipley, T. F. (2013). Individual Differences in Mental Rotation. *Experimental Psychology*, 60(3), 164–171. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000184>
- Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94(2), 148–175.
- 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>
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29(5), 745–756. <https://doi.org/10.3758/BF03200477>
- Lourenco, S. F., & Liu, Y. (2023). The Impacts of Anxiety and Motivation on Spatial Performance: Implications for Gender Differences in Mental Rotation and Navigation. *Current Directions in Psychological Science*, 09637214231153072. <https://doi.org/10.1177/09637214231153072>

- McCormick, C., & Teillon, S. (2001). Menstrual Cycle Variation in Spatial Ability: Relation to Salivary Cortisol Levels. *Hormones and Behavior*, *39*, 29–38.
<https://doi.org/10.1006/hbeh.2000.1636>
- Meneghetti, C., Cardillo, R., Mammarella, I. C., Caviola, S., & Borella, E. (2017). The role of practice and strategy in mental rotation training: Transfer and maintenance effects. *Psychological Research*, *81*(2), 415–431. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0749-2>
- Noreika, D., Griškova-Bulanova, I., Alaburda, A., Baranauskas, M., & Griškiienė, R. (2014). Progesterone and Mental Rotation Task: Is There Any Effect? *BioMed Research International*, *2014*, e741758. <https://doi.org/10.1155/2014/741758>
- 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)
- Pietsch, S., & Jansen, P. (2019). The relation between mental rotation and handedness is a consequence of how handedness is measured. *Brain and Cognition*, *130*, 28–36.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.01.001>
- Pletzer, B. (2014). Sex-specific strategy use and global-local processing: A perspective toward integrating sex differences in cognition. *Frontiers in Neuroscience*, *8*.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2014.00425>
- Pletzer, B., Steinbeisser, J., van Laak, L., & Harris, T. (2019). Beyond Biological Sex: Interactive Effects of Gender Role and Sex Hormones on Spatial Abilities. *Frontiers in Neuroscience*, *13*. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2019.00675>
- Prime, D. J., & Jolicoeur, P. (2010). Mental Rotation Requires Visual Short-term Memory: Evidence from Human Electric Cortical Activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(11), 2437–2446. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21337>
- Provost, A., & Heathcote, A. (2015). Titrating decision processes in the mental rotation task. *Psychological Review*, *122*, 735–754. <https://doi.org/10.1037/a0039706>
- Raabe, S., Höger, R., & Delius, J. D. (n.d.). *Sex differences in mental rotation strategy*.

- Raudrant, D., & Rabe, T. (2003). Progestogens with antiandrogenic properties. *Drugs*, *63*(5), 463–492. <https://doi.org/10.2165/00003495-200363050-00003>
- Rossi, J. S., & Collyer, C. E. (1986). Is there a threshold for mental rotation? *Bulletin of the Psychonomic Society*, *24*(1), 1–3. <https://doi.org/10.3758/BF03330486>
- Saberi Moghadam, S., Samsami Khodadad, F., & Khazaeinezhad, V. (2019). An Algorithmic Model of Decision Making in the Human Brain. *Basic and Clinical Neuroscience*, *10*(5), 443–450. <https://doi.org/10.32598/bcn.9.10.395>
- Saunders, M., & Quaiser-Pohl, C. M. (n.d.). Identifying solution strategies in a mentalrotation test with gender-stereotyped objects. *Journal of Eye Movement Research*, *13*(6), 10.16910/jemr.13.6.5. <https://doi.org/10.16910/jemr.13.6.5>
- 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>
- Seurinck, R., Vingerhoets, G., de Lange, F. P., & Achten, E. (2004). Does egocentric mental rotation elicit sex differences? *NeuroImage*, *23*(4), 1440–1449. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.08.010>
- 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>
- 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>
- 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>

- Stemann, H., & Freiwald, W. A. (2019). Evidence for an attentional priority map in inferotemporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(47), 23797–23805. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821866116>
- Sundström Poromaa, I., & Gingnell, M. (2014). Menstrual cycle influence on cognitive function and emotion processing—From a reproductive perspective. *Frontiers in Neuroscience*, *8*, 380. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00380>
- Taragin, D., Tzuriel, D., & Vakil, E. (n.d.). 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), 10.16910/jemr.12.8.2. <https://doi.org/10.16910/jemr.12.8.2>
- The Menstrual Cycle—Phases, hormones and their functions.* (2019, December 21). Elara Care. <https://elara.care/hormones/menstrual-cycle-hormones-and-their-functions/>
- Tversky, A., & Gati, I. (1982). Similarity, separability, and the triangle inequality. *Psychological Review*, *89*, 123–154. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.2.123>
- Upadhayay, N., & Guragain, S. (2014). Comparison of Cognitive Functions Between Male and Female Medical Students: A Pilot Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, *8*(6), BC12–BC15. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7490.4449>
- Vashro, L., & Cashdan, E. (2015). Spatial cognition, mobility, and reproductive success in northwestern Namibia. *Evolution and Human Behavior*, *36*(2), 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2014.09.009>
- Vingerhoets, G., Santens, P., Van Laere, K., Lahorte, P., Dierckx, R. A., & De Reuck, J. (2001). Regional brain activity during different paradigms of mental rotation in healthy volunteers: A positron emission tomography study. *NeuroImage*, *13*(2), 381–391. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0690>

- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2006). The time course of consolidation in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*, 1436–1451. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.6.1436>
- Voyer, D., Jansen, P., & Kaltner, S. (2017). Mental Rotation with Egocentric and Object-Based Transformations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *70*(11), 2319–2330. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1233571>
- 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>
- Wierman, M. E. (2007). Sex steroid effects at target tissues: Mechanisms of action. *Advances in Physiology Education*, *31*(1), 26–33. <https://doi.org/10.1152/advan.00086.2006>
- Yang, C.-F. J., Hooven, C. K., Boynes, M., Gray, P. B., & Pope, H. G. (2007). Testosterone levels and mental rotation performance in Chinese men. *Hormones and Behavior*, *51*(3), 373–378. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2006.12.005>
- 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>
- Zacur, H. A. (2006). Hormonal changes throughout life in women. *Headache*, *46 Suppl 2*, S49-54. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2006.00554.x>
- Zapf, A. C., Glindemann, L. A., Vogeley, K., & Falter, C. M. (2015). Sex Differences in Mental Rotation and How They Add to the Understanding of Autism. *PLoS ONE*, *10*(4), e0124628. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124628>
- Zhao, B., & Sala, S. D. (2018). Different representations and strategies in mental rotation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(7), 1574–1583. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1342670>