

<https://doi.org/10.15388/vu.thesis.804>

<https://orcid.org/0009-0002-0916-969X>

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Rimantė Gaižauskaitė

Lyties ir moterų hormoninio statuso
sąsajos su erdviniais gebėjimais:
kognityvinių, neurofiziologinių,
socialinių ir emocinių veiksnių sąveika

DAKTARO DISERTACIJA

Gamtos mokslai,
Biofizika (N 011)

VILNIUS 2025

Disertacija rengta 2019–2025 metais, Vilniaus universitete, Gyvybės mokslų centre, Biomokslų institute.

Mokslinius tyrimus rėmė: Lietuvos mokslo taryba (Nr. P-DAP-23-127)

Mokslinė vadovė – Prof. Dr. Ramunė Grikšienė (Vilniaus universitetas, gamtos mokslai, biofizika, N 011).

Gynimo taryba:

Pirmininkė – prof. dr. Valentina Vengeliienė (Vilniaus universitetas, gamtos mokslai, biofizika – N 011)

Nariai:

Dr. Aurina Arnatkevičiūtė (Monašo universitetas, Australija, gamtos mokslai, biofizika – N 011),

Doc. dr. Rokas Buišas (Vilniaus universitetas, gamtos mokslai, biofizika – N 011),

Prof. dr. Vaiva Hendrixson (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001),

Prof. dr. Dovilė Karčiauskaitė (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Disertacija ginama viešame Gynimo tarybos posėdyje 2025 m. rugpjūčio mėn. 29 d. 10 val. Vilniaus universiteto Gyvybės mokslų centro R401 auditorijoje. Adresas: Saulėtekio al. 7, Lietuva tel. +370 5223 4420; el. paštas info@gmc.vu.lt. Disertacija bus ginama lietuvių kalba.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bibliotekoje ir Vilniaus universiteto interneto svetainėje adresu:

www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius

<https://doi.org/10.15388/vu.thesis.804>

<https://orcid.org/0009-0002-0916-969X>

VILNIUS UNIVERSITY

Rimantė Gaižauskaitė

Links between Sex, Female Hormonal Status and Spatial Abilities: Interplay of Cognitive, Neurophysiological, Social, and Emotional Factors

DOCTORAL DISSERTATION

Natural Sciences,
Biophysics (N 011)

VILNIUS 2025

The dissertation was prepared between 2019 and 2025 at the Institute of Biosciences, Life Sciences Center, Vilnius University.

The research was supported by the Research Council of Lithuania (No P-DAP-23-127)

Academic supervisor – Prof. Dr. Ramunė Griksienė (Vilnius University, Natural Sciences, Biophysics, N 011).

This doctoral dissertation will be defended in a public meeting of the Dissertation Defense Panel:

Chairwoman – Prof. Dr. Valentina Vengalienė (Vilnius University, Natural Sciences, Biophysics, N 011).

Members:

Dr. Aurina Arnatkevičiūtė (Monash University, Australia, Natural Sciences, Biophysics, N 011),

Assoc. Prof. Dr. Rokas Buišas (Vilnius University, Natural Sciences, Biophysics, N 011),

Prof. Dr. Vaiva Hendrixson (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001),

Prof. Dr. Dovilė Karčiauskaitė (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001).

The dissertation will be defended in a public meeting of the Dissertation Defence Panel at 10:00 AM on 29th of August 2025 in Room R401, Life Sciences Center, Vilnius University. Address: Saulėtekio Ave. 7, Vilnius, Lithuania. Tel. +370 5223 4420; e-mail: info@gmc.vu.lt. The dissertation will be defended in Lithuanian.

The text of this dissertation can be accessed at the library of Vilnius University, as well as on the website of Vilnius University:

www.vu.lt/lt/naujienos/ivykiu-kalendorius

Turinys

SANTRUMPOS.....	9
1. ĮVADAS	10
1.1. Tikslas ir uždaviniai.....	13
1.2. Naujumas	14
1.3. Ginamieji teiginiai	14
2. LITERATŪROS APŽVALGA.....	15
2.1. Lytiniai steroidiniai hormonai, jų sintezė ir poveikis smegenims	15
2.1.1. Lytinių steroidinių hormonų sintezė gonadose	17
2.1.2. Testosteronas ir smegenys	17
2.1.3. Menstruacinis ciklas: estradiolis, progesteronas ir smegenys... ..	19
2.1.4. Apibendrinimas.....	21
2.2. Hormoninė kontracepcija.....	22
2.2.1. Geriamoji hormoninė kontracepcija (OC): sudėtis, veikimo mechanizmai ir galimas poveikis smegenims	22
2.2.2. Hormoninės vidugimdinės spiralės (IUD): sudėtis, veikimo mechanizmai ir galimas poveikis smegenims	25
2.2.3. Apibendrinimas.....	26
2.3. Erdviniai gebėjimai.....	26
2.3.1. Lyčių skirtumai erdviniuose gebėjimuose: testosterono ir menstruacinio ciklo reikšmė.....	27
2.3.2. Hormoninės kontracepcijos vartojimo reikšmė erdviniams gebėjimams.....	30
2.3.3. Sukimo mintyse užduoties (MRT) atlikimo strategijos	31
2.3.4. STEM, emociniai veiksniai ir erdvinių gebėjimų variacija	34
2.3.5. Apibendrinimas.....	35
2.4. Regimoji darbinė atmintis (RDA).....	36
2.4.1. Lyties ir lytinių steroidinių hormonų sąsajos su darbine atmintimi	36
2.4.2. Hormoninės kontracepcijos sąsajos su darbine atmintimi	38
2.4.3. Regimosios darbinės atminties užduotis ir su ja susijęs potencialas	40
2.4.4. Apibendrinimas.....	42

2.5.	Ramybės būsenos elektroencefalografija (rsEEG)	42
2.5.1.	Periodinis ir aperiodinis smegenų aktyvumas: ryšys su moterų hormoniniu statusu bei lytimi.....	44
2.5.2.	Apibendrinimas.....	45
3.	METODAI	47
3.1.	Tyrimo dalyviai	47
3.2.	Tyrimo schema	48
3.3.	Klausimynai, VAS skalės	49
3.3.1.	Demografiniai ir bendri klausimai	49
3.3.2.	Rankiškumas.....	49
3.3.3.	Emocinės būsenos vertinimas.....	49
3.3.4.	VAS skalės: Tiriamųjų emocinio sujaudinimo ir nuovargio vertinimas	50
3.4.	Užduotys	50
3.4.1.	Sukimo mintyse užduotis (angl. Mental rotation task, MRT)...	50
3.4.2.	Emocijų reguliacijos užduotis.....	52
3.4.3.	Skerspjūvio užduotis (angl. Cross-Section Task, CST).....	53
3.4.4.	Regimosios darbinės atminties (RDA) užduotis.....	53
3.5.	Ramybės būsenos EEG (angl. Resting state EEG, rsEEG)	55
3.6.	Seilių mėginių ėmimas ir hormonų analizė	55
3.7.	EEG registracija ir pirminis apdorojimas	55
3.7.3.	Su darbine atmintimi susijusio CDA potencialo apdorojimas ir duomenų analizė.....	56
3.7.4.	rsEEG duomenų apdorojimas ir analizė	57
3.8.	Statistinė duomenų analizė	58
3.8.1.	Bendra statistinės analizės informacija.....	58
3.8.2.	Demografinių duomenų, emocinės būsenos, rankiškumo, nuovargio, emocinio sujaudinimo ir hormonų analizė	59
3.8.3.	Užduočių atlikimo, MRT strategijų, neurofiziologinių parametrų palyginimas tarp grupių.....	59
3.8.4.	CST užduotis: regresinės ir mediacijos analizės.....	60
4.	REZULTATAI	62
4.1.	Tiriamieji ir demografiniai duomenys	62
4.2.	Lytiniai steroidiniai hormonai	64

4.3.	Kognityvinių užduočių (RDA, MRT, CST) ir neurofiziologinių rodiklių (CDA, rsEEG) sąsajos	65
4.4.	Kognityvinių ir neurofiziologinių rodiklių įvertinimas tiriamųjų grupėse	67
4.4.1.	RDA: užduoties atlikimo, neurofiziologiniai rodikliai	68
4.4.1.1.	RDA sąsajos su dalyvių charakteristikomis.....	68
4.4.1.2.	RDA: atlikimo rodiklių tarpgrupiniai palyginimai	68
4.4.1.3.	CDA amplitudė: sąsajos su RDA talpa ir tarpgrupiniai palyginimai	71
4.4.1.4.	Lytinių hormonų koncentracijų ryšiai su RDA rodikliais.....	72
4.4.1.5.	Žvalgomieji palyginimai OC vartojančių moterų grupėje	73
4.4.2.	rsEEG: alfa ritmas, aperiodinis aktyvumas.....	74
4.4.2.1.	rsEEG parametrų sąsajos su dalyvių charakteristikomis	74
4.4.2.2.	Periodinių ir aperiodinių rsEEG parametrų tarpgrupiniai palyginimai	75
4.4.2.3.	Periodinių ir aperiodinių rsEEG parametrų sąsajos su lytinių hormonų koncentracijomis	77
4.5.	Erdvinių gebėjimų palyginimas tarp tiriamųjų grupių.....	78
4.5.1.	MRT: atlikimas ir strategijos	79
4.5.1.1.	MRT atlikimo sąsajos su dalyvių charakteristikomis	79
4.5.1.2.	MRT užduoties atlikimo rodiklių tarpgrupiniai palyginimai	80
4.5.1.3.	Strategijos	84
4.5.1.4.	MRT užduoties atlikimo rodiklių ir strategijų ryšiai	86
4.5.1.5.	MRT užduoties atlikimo rodiklių ryšys su lytinių hormonų koncentracijomis	87
4.5.2.	CST užduoties atlikimas	89
4.5.2.1.	CST tikslumo sąsajos su dalyvių charakteristikomis.....	89
4.5.2.2.	CST tikslumo tarpgrupiniai palyginimai	90
4.5.2.3.	Lyčiai specifinių faktorių ir CST tikslumo sąsajų analizė: atskirų regresijos modelių rezultatai vyrams ir moterims	91
5.	DISKUSIJA	95
5.1.	Kognityviniai ir neurofiziologiniai rodikliai.....	95
5.1.1.	RDA užduoties atlikimo ir neurofiziologiniai rodikliai	96
5.1.2.	rsEEG periodiniai ir aperiodiniai parametrai	99
5.2.	Erdviniai gebėjimai.....	101
5.2.1.	Bendrosios tendencijos	102
5.2.2.	MRT atlikimas	103

5.2.2.1. Polinkio koeficientas ir MRT atlikimo strategijos.....	104
5.2.3. CST atlikimas	106
5.2.4. Galimos priežastys, paaiškinančios skirtumus tarp MRT ir CST užduočių rezultatų	108
5.3. Sąsajos tarp užduočių atlikimo ir neurofiziologinių rodiklių .	109
5.4. Tyrimo ribotumai ir rekomendacijos tolimesniems tyrimams	110
6. IŠVADOS	112
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	113
PRIEDAI	138
SUMMARY	149
PADĖKA.....	187
PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS	188
PRANEŠIMAI KONFERENCIJOSE	189
APIE AUTOREĮ.....	191
UŽRAŠAMS	194

SANTRUMPOS

CDA – kontralateralus atidėtas aktyvumas (nuo angl. *Contralateral Delay Activity*)
CST – skerspjūvių užduotis (nuo angl. *Cross Section Task*)
DA – darbinė atmintis
EEG – elektroencefalografija
ES1 – emocinio sujaudinimo vertinimas tyrimo pradžioje
ES2 – emocinio sujaudinimo vertinimas po emocijų reguliacijos užduoties, prieš skerspjūvio užduotį (CST)
fMRI – funkcinė magnetinio rezonanso tomografija (nuo angl. *functional magnetic resonance imaging*)
FSH – folikulus stimuliuojantis hormonas
GnRH – gonadotropinus atpalaiduojantis hormonas
HK – hormoninė kontracepcija
IUD – hormoninė vidugimdinė spirale (nuo angl. *Hormonal intrauterine device*) ir/arba hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.
LH – liuteinizuojantis hormonas
MRI – magnetinio rezonanso tomografija (nuo angl. *magnetic resonance imaging*)
MRT – figūrų sukimo mintyse užduotis (nuo angl. *Mental rotation task*)
NC – natūralų ciklą turinčios, hormoninės kontracepcijos nevartojančios, moterys
NCF – natūralaus menstruacinio ciklo folikulinės fazės moterys
NCG – natūralaus menstruacinio ciklo vidurinės geltonkūnio fazės moterys
OC – geriamoji kontracepcija ir/arba geriamąją hormoninę kontracepciją vartojančios moterys (nuo angl. *Oral contraceptives*)
PHG – pogumburio-hipofizės-gonadų ašis
rsEEG – ramybės būsenos EEG (nuo angl. *Resting state EEG*)
PSD – galios spektro tankis (nuo angl. *Power Spectral Density*)
RDA – regimoji darbinė atmintis
SĮSP – su įvykiu susijęs potencialas
STEM - gamtos mokslai, technologijos, inžinerija ir matematika (nuo angl. *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

1. ĮVADAS

Nors neuromokslai pastaraisiais dešimtmečiais reikšmingai pažengė tiriant žmogaus smegenų struktūrą ir funkcijas, vis dažniau pabrėžiama, kad smegenys nėra izoliuota sistema, o integrali platesnės biologinės sistemos dalis, glaudžiai veikiama hormoninių signalų. Reikšmingą vaidmenį smegenų veikloje atlieka lytiniai steroidiniai hormonai – estrogenai, progestagenai ir androgenai. Dėl lipofiliškos prigimties jie pereina kraujo–smegenų barjerą ir patenka į centrinę nervų sistemą (CNS), kur veikia specifinius (estrogenų, progesterono, androgenų) receptorius (Bencker et al., 2025; Nguyen et al., 2017), aptinkamus ne tik su reprodukcija susijusiose srityse, bet ir hipokampe, migdoliniuose kūnuose, smegenėlėse bei priešaktinėje žievėje – srityse, susijusiose su kognityvinėmis funkcijomis (Barth et al., 2015; Mhaouty-Kodja, 2018; Rehbein et al., 2021). Be to, veikdami receptorius, jie moduliuoja įvairių neurotransmiterių sistemų – įskaitant glutamato, gama-aminosviesto rūgšties (GABA), dopamino ir serotonino – veiklą (Amin et al., 2005; Barth et al., 2015; Nguyen et al., 2017). Tai leidžia daryti prielaidą, kad lytiniai steroidiniai hormonai gali reikšmingai prisidėti prie kognityvinių funkcijų moduliacijos. Vienas iš ryškiausių pavyzdžių iliustruojančių šių sąsajų supratimo svarbą – Alzheimerio liga, pasireiškianti atminties ir kitų kognityvinių funkcijų sutrikimais. Moterims ši liga diagnozuojama tris kartus dažniau nei vyrams, o jos eiga moterų imtyje dažnai būna spartesnė (Eikelboom et al., 2022). Manoma, kad prie to galimai prisideda ir hormoniniai veiksniai, todėl svarbu tirti šių hormonų poveikį kognityvinėms funkcijoms ir sveikų suaugusiųjų populiacijoje.

Viena iš kognityvinių funkcijų, kur lyties ir lytinių hormonų poveikis tiriamas ypač aktyviai, yra erdviniai gebėjimai. Šiuose gebėjimuose lyčių skirtumai yra vieni nuosekliausiai dokumentuotų – ypač taikant sukimo mintyse užduotį (angl. *Mental rotation task*, MRT), kurioje vyrai dažnai demonstruoja geresnius rezultatus nei moterys (Voyer, 2011). Erdviniai gebėjimai svarbūs kasdienėje veikloje ir profesijose, kur reikalinga manipuliacija objektais, koordinacija ar orientacija. Manoma, kad erdvinių gebėjimų skirtumų formavimuisi gali turėti įtakos tiek androgenų kiekio skirtumai tarp lyčių, tiek estradiolio ir progesterono koncentracijų svyravimai menstruacinio ciklo metu (apžvelgta Levine et al., 2016).

Nors tyrimų duomenys nėra vienareikšmiai (apžvelgta Jang et al., 2025; Poromaa & Gingnell, 2014), kai kurios studijos rodo, kad aukštesnės estradiolio ir (ar) progesterono koncentracijos gali būti susijusios su prastesniu erdvinių užduočių atlikimu (Pvz., Griksiene et al., 2018; Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2009). Tuo tarpu androgenų poveikis erdviniams

gebėjimams aiškinamas dvejopai – per organizacinį ir aktyvacinį poveikius. Organizacinis poveikis – tai hormonų (šiuo atveju androgenų) sąlygojami struktūriniai ir funkciniai smegenų pokyčiai, pasireiškiantys prenataliniu, perinataliniu ir paauglystės laikotarpiais (Levine et al., 2016; Puts et al., 2006; Shirazi, Self, et al., 2020). Tuo tarpu aktyvacinį poveikį pagrindžia tyrimų rezultatai rodantys, kad kūne cirkuliuojantis testosteronas suaugus, taip pat gali būti reikšmingas kognityvinių funkcijų modulatorius tiek vyrams, tiek moterims (pvz., Driscoll et al., 2005; Hausmann et al., 2009; Pintzka et al., 2016).

Atsižvelgiant į lytinių hormonų svarbą kognityvinėms funkcijoms, aktualu vertinti ir veiksnius, kurie gali keisti hormoninę pusiausvyrą – vienas jų yra hormoninė kontracepcija (HK). Nors HK rinkoje yra jau daugiau nei šešis dešimtmečius, kai kurie tyrėjai šį reiškinį vadina vienu didžiausių visuomeniniu mastu vykstančių eksperimentų žmonijos istorijoje (Beltz & Moser, 2020; Taylor et al., 2021) – milijonai moterų visame pasaulyje ilgus metus vartoja HK, stokodamos aiškios informacijos apie jų poveikį CNS. Nepaisant sukauptos patirties ir plataus vartojimo masto, tyrimų rezultatai apie HK įtaką kognityvinėms funkcijoms išlieka prieštaringi ir fragmentiški. Nors kai kurių tyrimų duomenys leidžia manyti, kad HK vartojimas gali moduluoti erdviųjų užduočių atlikimą (Bernal et al., 2020; Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011; Peragine et al., 2019), kiti aiškios sąsajos neranda (Davignon et al., 2024; Jensen et al., 2023; Smith et al., 2023).

Viena iš galimų prieštaringų rezultatų priežasčių – didelė HK rūšių įvairovė ir jų skirtingas poveikis pogumburio-hipofizės-gonadų (PHG) ašiai. Kombinuota geriamoji HK (angl. *oral contraceptives*, OC) ir hormoninės vidugimdinės spiralės (angl. *hormonal intrauterine devices*, IUD), plačiausiai naudojamos HK priemonės Europoje ir Šiaurės Amerikoje (United Nations, 2022). Šios priemonės veikia per skirtingus biologinius kelius (Bürger et al., 2021), o jų sudėtyje esantys sintetiniai steroidai pasižymi skirtingomis farmakologinėmis savybėmis (Beltz, Loviska, et al., 2022; Griksiene et al., 2018; Gurvich et al., 2020; Hampson et al., 2022). Tokie skirtumai gali turėti reikšmės CNS bei kognityvinių funkcijų moduliacijai. Vis dėlto, iki šiol beveik nėra tyrimų, kuriuose IUD vartotojos būtų nagrinėjamos kaip atskira HK grupė.

Atsižvelgiant į tai, kad erdviųjų užduočių atlikimas reikalauja išlaikyti ir manipuluoti vizualiniais objektais mintyse, jis neatsiejamas nuo darbinės atminties (DA) efektyvumo (Miyake et al., 2001; Wang et al., 2018). Literatūroje keliama hipotezė, kad lytiniai steroidiniai hormonai gali moduluoti ne tik pačius erdvinius gebėjimus tiesiogiai, bet ir regimosios darbinės atminties (RDA) procesus (Kaufman, 2007). Šie procesai gali būti

vertinami pagal užduočių atlikimą ir su tuo susijusį smegenų aktyvumą. Vienas iš smegenų elektrinio aktyvumo vertinimo metodų yra elektroencefalografija (EEG). Su RDA siejamas specifinis EEG parametras – kontralateralinis atidėto aktyvumo komponentas (angl. *Contralateral Delay Activity*, CDA). Tai su įvykiu susijęs potencialas (SISP), kurio amplitudė atspindi DA išlaikomą informaciją (Luck & Vogel, 2013). Nors tyrimų, nagrinėjančių lytinių hormonų sąsajas su RDA, yra mažiau nei tyrimų vertinančių erdvinius gebėjimus, tam tikros tendencijos ryškėja. Aukštesnis estrogenų lygis, nepriklausomai nuo jų endogeninės ar egzogeninės kilmės, siejamas su geresniais DA rodikliais (pvz., Hampson & Morley, 2013; Rosenberg & Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008). Taip pat tyrimai rodo, kad menstruacinio ciklo metu vykstantys hormonų svyravimai gali moduluoti smegenų aktyvumą DA užduočių metu (Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021; Rosenberg & Park, 2002). Tai leidžia manyti, kad RDA efektyvumas gali būti vienas iš tarpininkaujančių mechanizmų, aiškinančių lytinių hormonų sąsajas su erdviniais gebėjimais.

Kita grandis, į kurią verta atsižvelgti nagrinėjant lyčių ar moterų hormoninio statuso skirtumus erdvinų gebėjimų srityje, yra neurofiziologiniai smegenų veiklos rodikliai, vertinami EEG metodu. EEG leidžia jautriai ir neinvaziniu būdu matuoti smegenų žievės elektrinį aktyvumą bei vertinti smegenų funkcinę būklę. Šiame tyrime nagrinėtas alfa ritmas (7–13 Hz dažnio ritmiški smegenų elektrinio aktyvumo svyravimai) ir aperiodinis aktyvumas (galios spektro 1/f nuolydis). Šie parametrai buvo vertinti ramybės būsenoje ir interpretuojami kaip rodikliai, atspindintys bazinius žievės žadinimo, slopinimo procesus ir jų pusiausvyrą, svarbius efektyviam informacijos apdorojimui (Donoghue et al., 2020; Voytek et al., 2015). Kadangi alfa ritmas yra vienas iš rodiklių, kuriame nuosekliai stebėti pokyčiai per menstruacinį ciklą (pvz., Baker & Colrain, 2010; Bazanova et al., 2014), galima manyti, kad lytiniai hormonai gali daryti įtaką ir kitiems, su smegenų aktyvumo pusiausvyra susijusiems rodikliams, t. y., aperiodiniam aktyvumui. Hormoninis poveikis smegenų žadinimo–slopinimo procesų pusiausvyrai gali lemti informacijos apdorojimo ir kognityvinių funkcijų skirtumus.

Galiausiai, nors biologiniai veiksniai, tokie kaip lytis, lytiniai hormonai, gali reikšmingai prisidėti prie kognityvinių gebėjimų skirtumų – tiek moduluodami trumpalaikius neuroninių tinklų veiklos aspektus, tiek inicijuodami struktūrinius CNS pokyčius vystymosi metu – jie negali paaiškinti visos stebimos variacijos. Tyrimai rodo, kad erdvinų gebėjimų skirtumus tarp lyčių gali lemti socialiniai, emociniai veiksniai bei užduoties atlikimo strategijos. Pavyzdžiui, MRT užduotyje stebimi lyčių skirtumai gali atspindėti ne tiek gebėjimų lygį, kiek pasirenkamas sprendimo strategijas – ar

efektyvias, kaip sukimas mintyse, ar alternatyvias, labiau susijusias su individualia patirtimi ar pažintiniu stiliumi (Boone & Hegarty, 2017; Griksiene et al., 2018). Taip pat profesijos gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos (STEM) srityse ne tik reikalauja aukšto lygio erdvinių gebėjimų, bet ir prisideda prie jų lavinimo (Berkowitz et al., 2021; Maeda & Yoon, 2013). Be to, vis daugiau dėmesio skiriama emocinio konteksto įtakai kognityvinėms funkcijoms – kadangi moterys dažnai stipriau reaguoja į neigiamus emocinius dirgiklius (Lungu et al., 2015; Stevens & Hamann, 2012), tai taip pat gali prisidėti prie lyčių skirtumų kognityvinių gebėjimų srityje.

Apibendrinant, nors lytinių hormonų poveikis kognityvinėms funkcijoms seniai tyrinėjamas, o erdviniai gebėjimai – viena dažniausiai analizuojamų sričių, tyrimų rezultatai išlieka prieštaringi. Kadangi erdviniai gebėjimai nėra izoliuoti – jų atlikimui įtakos turi ir kiti kognityviniai, neurofiziologiniai, socialiniai bei emociniai veiksniai – šiame darbe jie nagrinėjami platesniame kontekste. Greta erdvinių gebėjimų analizuojama regimoji darbinė atmintis, neurofiziologiniai parametrai bei socialiniai ir emociniai veiksniai. Toks kompleksinis požiūris leidžia giliau suprasti galimus lytinių hormonų poveikio mechanizmus ir lyčių skirtumų priežastis. Tyrimo rezultatai reikšmingi tiek fundamentaliam, tiek taikomajam mokslui – planuojant tyrimus psichologijos ir neuromokslų srityse bei sveikatos priežiūroje, informuojant apie HK poveikį CNS ar kuriant individualias hormoninių preparatų vartojimo rekomendacijas. Be to, erdvinių gebėjimų biologinių pagrindų supratimas gali padėti mažinti lyčių stereotipus STEM srityse bei stiprinti moterų pasitikėjimą savo gebėjimais veiklose, kuriose erdviniai gebėjimai svarbūs.

1.1. Tikslas ir uždaviniai

Tyrimo tikslas – įvertinti lyties, moterų hormoninio statuso ir lytinių hormonų sąsajas su erdviniais gebėjimais bei juos veikiančiais kognityviniais, neurofiziologiniais, emociniais bei socialiniais veiksniais.

Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti lyties ir moterų hormoninio statuso sąsajas su regimąja darbine atmintimi vertinant atlikimo ir EEG rodiklius.
2. Nustatyti, kaip lytis ir moterų hormoninis statusas susiję su ramybės būsenos galios spektro EEG parametrais: periodiniu (alfa) ir aperiodiniu aktyvumu.
3. Palyginti erdvinių gebėjimų (MRT ir skerspjuvio testo (CST)) užduočių atlikimą tarp vyrų ir skirtingo hormoninio statuso moterų grupių.

- Papildomai MRT užduotyje įvertinti naudojamų strategijų svarbą, tarpgrupinius skirtumus bei ryšius su užduoties atlikimo parametrais.
- 4. Įvertinti regimosios darbinės atminties rodiklių ir ramybės būsenos EEG parametrų sąsajas su erdviniais gebėjimais.
- 5. Išnagrinėti endogeninių lytinių hormonų koncentracijų sąsajas su kognityvinių užduočių atlikimo rodikliais ir neurofiziologiniais parametrais.
- 6. Įvertinti individualių veiksnių (amžiaus, profesijos, rankiškumo, bendros emocinės būsenos, emocinio sujaudinimo ir nuovargio) ryšius su kognityviniais ir neurofiziologiniais parametrais.

1.2. Naujumas

- Pirmą kartą moterys, naudojančios hormoninę vidugimdinę spiralę (IUD), buvo įtrauktos kaip atskira hormoninės kontracepcijos vartotojų grupė, siekiant įvertinti jų kognityvinių funkcijų sąsajas su hormoniniu profilium.
- Tai vienas pirmųjų tyrimų, kuriame ramybės būsenos EEG aperiodinio komponento analizė buvo taikyta lytinių hormonų kontekste.
- Tai pirmas darbas, kuriame sistemingai analizuotos lytinių hormonų, lyties ir moterų hormoninio statuso sąsajos su regimosios darbinės atminties (RDA) funkcijomis, taikant kryptinę pokyčio aptikimo paradigmą ir vertinant tiek atlikimo (tikslumą, greitį, talpą), tiek neurofiziologinius (su atmintimi susijusio potencialo amplitudę) rodiklius.

1.3. Ginamieji teiginiai

1. Tyrimo duomenys nepateikė statistiškai pagrįstų įrodymų, kad lytis, moterų hormoninis statusas ar lytinių hormonų koncentracijos būtų susijusios su regimosios darbinės atminties, MRT užduoties atlikimo rodikliais ar ramybės būsenos EEG parametrais.
2. Erdvinių gebėjimų skirtumai tarp lyčių pasireiškė tik skerspjūvio (CST) užduotyje.
3. IUD vartojimas gali būti susijęs su sumažėjusiais lyčių skirtumais erdvinuose gebėjimuose.
4. Prie erdvinių gebėjimų variacijos reikšmingai prisidėjo socialiniai, individualūs ir emociniai veiksniai, o ne neurofiziologiniai ar kognityviniai rodikliai.
5. Informacijos apdorojimo lėtėjimas jau ankstyvoje suaugystėje gali būti susijęs su amžiui būdingais neurofiziologiniais pokyčiais.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Lytiniai steroidiniai hormonai, jų sintezė ir poveikis smegenims

Lytiniai steroidiniai hormonai – tai specifinė lytinių hormonų rūšis, sintetinama iš cholesterolio. Išskiriamos trys pagrindinės lytinių steroidų grupės: progestagenai, androgenai ir estrogenai. Visi šie hormonai sintetinami tiek moterų, tiek vyrų organizmuose, tačiau jų koncentracijos skiriasi tarp lyčių: androgenų (biologiškai aktyviausias – testosteronas) paprastai būna daugiau vyrų organizme, o estrogenų (aktyviausias – estradiolis) ir progestagenų (aktyviausias – progesteronas) – moterų (Dagklis et al., 2015; McEwen & Milner, 2017; Meethal & Atwood, 2005).

Šių hormonų biosintezė prasideda nuo cholesterolio, kuris verčiamas į progestageną – androgenų pirmtaką. Androgenai, savo ruožtu, gali būti konvertuojami į estrogenus. Pagrindinė lytinių steroidų sintezė vyksta gonadose (t. y., kiaušidėse ir sėklidėse), tačiau žinoma, kad šiuos steroidinius junginius gali sintetinti ir kiti organai, įskaitant smegenis (Ciocca et al., 2016; Guennoun, 2020; McEwen & Milner, 2017).

CNS nedidelius steroidinių junginių kiekius sintetina neuronai, oligodendrocitai ir astrocitai. Šie lokaliai smegenyse sintetinami junginiai, vadinami neurosteroidais, chemine sandara atitinka lytinius hormonus, tačiau veikia kaip vietiniai neuromodulatoriai, o ne klasikiniai hormonai. Tyrimuose pastebima, kad smegenų ląstelės, turinčios fermentus, reikalingus steroidogenezei (tokius kaip p450scc, aromatazė), lokalizuotos specifinėse smegenų srityse, tokiose kaip migdoliniai kūnai, hipokampus ir žievė (Guennoun, 2020; Stoffel-Wagner, 2003). Dėl šios priežasties steroidinių junginių koncentraciją smegenyse lemia tiek vietinė sintezė, tiek sintezė periferijoje – lytinėse liaukose. Lipofilinė gonadose susintetintų hormonų prigimtis leidžia jiems lengvai patekti į kraujotaką, pereiti kraujo-smegenų barjerą ir jungtis prie estrogenų, progesterono ir androgenų receptorių.

Reprodukcinėje funkcijoje pagrindinis lytinių hormonų taikinyš yra pogumburis, per kurį reguliuojama visa pogumburio-hipofizės-gonadų (PHG) ašis. Tačiau steroidų receptoriai plačiai pasiskirstę ir kitose smegenų struktūrose, kurios svarbios ne tik reprodukcijai, bet ir kognityvinėms bei emocinėms funkcijoms. Pavyzdžiui, hipokampus, migdoliniai kūnai ir priešaktinė žievė tiesiogiai susiję su atminties procesais, emocijų reguliavimu bei erdviniais gebėjimais, o užtvara (angl. *Claustrium*) ir smegenėlės dalyvauja dėmesio ir sensorinės integracijos procesuose (Barth et al., 2015; Beltz & Moser, 2020; Mhaouty-Kodja, 2018; Nguyen et al., 2017; Rehbein et al., 2021)

Smegenyse tiek iš periferijos patenkantys lytiniai steroidiniai hormonai, tiek lokaliai sintetinami neurosteroidai gali sąveikauti su keliais estrogenų, progesterono, androgenų receptorių tipais (Hausmann, 2017; Höfer et al., 2013; McEwen & Milner, 2017). Pirmasis tipas yra klasikiniai (genominiai) receptoriai, esantys ląstelių citoplazmoje ir ant branduolio membranos. Hormonui prisijungus prie šių receptorių, susidaręs kompleksas jungiasi prie DNR ir veikia kaip transkripcijos faktorius, aktyvuojantis specifinių genų raišką. Šis atsakas yra lėtas ir gali trukti nuo kelių valandų iki kelių parų, todėl jis siejamas su struktūriniais bei funkciniais nervų sistemos pokyčiais, tokiais kaip sinapsinio plastiškumo reguliavimas (McEwen & Milner, 2017). Antrasis tipas – membraniniai receptoriai, kurie, veikdami per G baltymus ir antrinių pernešėjų kaskadas, gali inicijuoti tiek greitus fiziologinius atsakus, tiek netiesioginį genominių poveikį, aktyvuojant specifinius genus ir baltymų sintezę (McEwen & Milner, 2017).

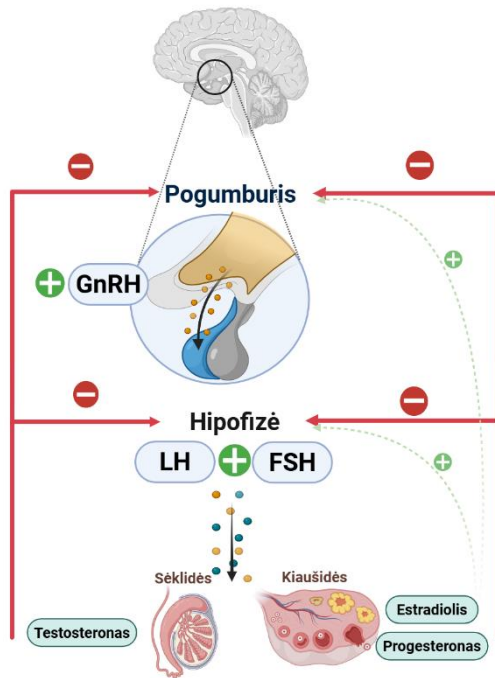
Taip pat žinoma, kad šie steroidai, veikdami receptorių, gali moduluoti įvairių neurotransmiterių sistemų – tokių kaip glutamato, GABA, acetilcholino, noradrenalino, dopamino ir serotonino – veiklą (Barth et al., 2015; Bernal & Paolieri, 2022; Concas et al., 2022; Höfer et al., 2013). Nors progestagenai, androgenai ir estrogenai paprastai nesijungia tiesiogiai prie neurotransmiterių receptorių, jų poveikis gali būti realizuojamas per genomino ar negenomino reguliavimo kelius, keičiančius receptorių ekspresiją, funkciją ar neurotransmiterių išsiskyrimą (Barth et al., 2015; McEwen & Milner, 2017). Viena iš išimčių – neuroaktyvus progesterono metabolitas alopregnanolonas, tiesiogiai veikiantis GABA-A receptorių kaip teigiamas alosterinis modulatorius (Wang, 2011). Šios neurotransmiterių sistemos atlieka itin svarbų vaidmenį ne tik kognityviniuose (dėmesio, atminties, informacijos apdorojimo), bet ir emocijų reguliavimo procesuose.

Apibendrinant, lytiniai steroidiniai hormonai veikia ne tik klasikinius receptorių ir genų raišką, bet ir per greitus negenominius mechanizmus, reguliuodami įvairias neurotransmiterių sistemas, svarbias kognityvinėms ir emocinėms funkcijoms. Dėl gebėjimo veikti skirtingais smegenų lygmenimis – nuo genų ekspresijos iki sinapsinio perdavimo – šie hormonai laikomi svarbiais neuromodulatoriais, galinčiais reikšmingai formuoti žmogaus elgesį, kognityvines ir emocines funkcijas viso gyvenimo eigoje.

2.1.1. Lytinių steroidinių hormonų sintezė gonadose

Pagrindinis lytinių steroidinių hormonų šaltinis yra gonados. Vyrų organizme androgenai sintetinami sėklidėse, o moterų – estrogenai ir progestagenai – kiaušidėse. Šių hormonų sekreciją reguliuoja PHG ašis, kurios pagrindiniai veikimo principai ir žingsniai yra panašūs tiek vyrų, tiek moterų organizmuose. Vis dėlto moterų atveju reguliavimo mechanizmas yra kur kas sudėtingesnis dėl ciklinių hormonų koncentracijų svyravimų, todėl šiame skyriuje jis aptariamas tik bendrais bruožais, o išsamiau bus analizuojamas **2.1.3.** skyriuje.

Procesas prasideda CNS – pogumburyje, kur išskiriamas gonadotropinus atpalaiduojantis hormonas (GnRH). GnRH aktyvuoja priekinės hipofizės ląsteles, kurios pradeda sintetinti liuteinizuojantį hormoną (LH) ir folikulus stimuliuojantį hormoną (FSH). Šie hormonai per kraujotaką pasiekia lytines liaukas, kur inicijuoja oogenezę arba spermatogenezę bei lytinių steroidų sintezę. Išsiskyrę lytiniai hormonai grįžtamoju ryšiu slopina GnRH, LH ir FSH sekreciją, taip palaikydami hormonų pusiausvyrą organizme (**2.1. pav.**) (Dagklis et al., 2015; Meethal & Atwood, 2005).



2.1. pav. Pogumburio – hipofizės – gonadų (HPG) ašies veikimo principas, pagrindiniai hormonų sekrecijos ir grįžtamojo ryšio mechanizmai.

Sukurta: <https://BioRender.com>

2.1.2. Testosteronas ir smegenys

Analizuojant testosterono vaidmenį smegenų veikloje ir jo sąsajas su kognityvinėmis funkcijomis, svarbu atsižvelgti ne tik į suaugusiųjų tarpsnį, kai lytiniai hormonai organizme cirkuliuoja stabiliai, bet ir į ankstyvuosius prenatalinės bei postnatalinės raidos etapus. Prenataliniu laikotarpiu, maždaug nuo 8-osios nėštumo savaitės, vaisiaus sėklidės pradeda sintetinti testosteroną,

kuris yra būtinas vyriškos reprodukcinės sistemos vystymuisi (Filová et al., 2013; Negri-Cesi et al., 2004). Tačiau šis prenatalinio testosterono išsiskyrimas, kartu su testosterono koncentracijos padidėjimu perinataliniu laikotarpiu (maždaug 1–3 mėnesius po gimimo), taip pat atlieka svarbų organizacinį vaidmenį smegenų vystymesi. Šie hormoniniai pokyčiai sukelia ilgalaikius struktūrinius ir funkcinis smegenų pokyčius, kurie gali paaiškinti lyčių skirtumus, stebimus tiek vaikystėje, tiek suaugus (Filová et al., 2013; Levine et al., 2016; Negri-Cesi et al., 2004; Puts et al., 2006). Tyrimuose su gyvūnais nustatyta, kad prenatalinis testosteronas susijęs su neuronų diferenciacija ir sinapsių formavimusi srityse, kuriose stebimi lyčių skirtumai – pavyzdžiui, migdoliniuose kūnuose ir pogumburyje (Gruene et al., 2015; Levine et al., 2016; McEwen & Milner, 2017; Puts et al., 2006). Žmonių tyrimai rodo, kad prenatalinis ir perinatalinis testosteronas yra susijęs su struktūriniais pokyčiais didžiojoje smegenų jungtyje (Chura et al., 2010) taip pat su tam tikrais elgesio ypatumais, pavyzdžiui, didesniu berniukų polinkiu į erdvinis žaidimus ir ryškesniais autizmo spektro bruožais (Auyeung et al., 2013; Levine et al., 2016; Puts et al., 2006). Šie duomenys leidžia kelti prielaidą, kad testosteronas gali būti susijęs su tam tikrų vyriškam elgesiui būdingų bruožų formavimusi ir ankstyvaisiais smegenų „maskulinizacijos“ procesais.

Lytinis brendimas yra antrasis smegenų organizavimosi ir lytinės diferenciacijos periodas, kuriam būdingi dramatiški hormonų gamybos, psichologiniai ir elgesio pokyčiai (Vigil et al., 2016). Nors dauguma elgesio ir smegenų brendimo požymių yra bendri tiek vaikinams, tiek merginoms (Gogtay et al., 2004; Vigil et al., 2016) ir yra susiję tiek su androgenais, tiek su estrogenais (Herting et al., 2014), manoma, kad testosteronas šiuo laikotarpiu gali turėti specifinį vaidmenį toliau „maskulinizuojant“ smegenų procesus (Levine et al., 2016; Puts et al., 2006). Nepaisant to, kad struktūrinio magnetinio rezonanso tomografijos (angl. *Magnetic resonance imaging*, MRI) tyrimai dėl mažų imčių ir metodinių skirtumų pasižymi ribotu rezultatų atkartojamumu (Eliot et al., 2021), juose atsiskleidžia lyčiai būdingų ryšių tarp testosterono lygio ir smegenų struktūrų. Pavyzdžiui, yra parodyta, kad tiek berniukams, tiek mergaitėms aukštesnė testosterono koncentracija buvo susijusi su didesniu migdolinio kūno, bet mažesniu hipokampo tūriu. Be to, berniukams (bet ne mergaitėms) nustatyta teigiama koreliacija tarp testosterono ir pilkosios medžiagos tūrio pogumburyje, speniniuose kūnuose (angl. *mammillary bodies*) bei gumbure, tačiau neigiama – parietalinėje žievėje (Herting & Sowell, 2017). Taigi, lytinio brendimo laikotarpiu stebimos sąsajos tarp testosterono koncentracijos ir smegenų struktūrinių pokyčių leidžia kelti prielaidas apie galimą šio hormono vaidmenį vėlesniuose

kognityvinių funkcijų, tokių kaip erdviniai gebėjimai ir atmintis, skirtumuose tarp lyčių.

Suaugusio žmogaus organizme testosteronas pasižymi aktyvaciniu poveikiu, kuris tiesiogiai reguliuoja trumpalaikius smegenų funkcijų ir elgesio pokyčius. Tyrimuose su laboratoriniais gyvūnais parodyta, kad testosteronas skatina neurogenezę, sinapsių formavimąsi ir jaunų neuronų išgyvenamumą patinų hipokampe (Blankers & Galea, 2021; Spritzer & Galea, 2007). Žmonių tyrimuose taip pat nustatyta, kad testosterono papildų vartojimas gali pagerinti atmintį, erdvinius gebėjimus ir verbalinių užduočių atlikimą, vyresniame amžiuje (Janowsky, 2006; Janowsky et al., 2000; Pintzka et al., 2016). Šias galimus funkcines sąsajas papildė ir struktūriniai MRI tyrimai, kuriuose nustatyta, kad didesnė testosterono koncentracija siejasi su didesniu pilkosios medžiagos tūriu hipokampe, priešaktinėje žievėje ir migdoliniuose kūnuose (Ciocca et al., 2016; Mhaouty-Kodja, 2018). Vis dėlto šių rezultatų nuoseklumas yra ribotas ir priklauso nuo amžiaus, lyties, hormoninės būklės bei naudojamų tyrimų metodų (Eliot et al., 2021), todėl testosterono poveikio mechanizmai vis dar nėra visiškai aiškūs ir reikalauja papildomų tyrimų.

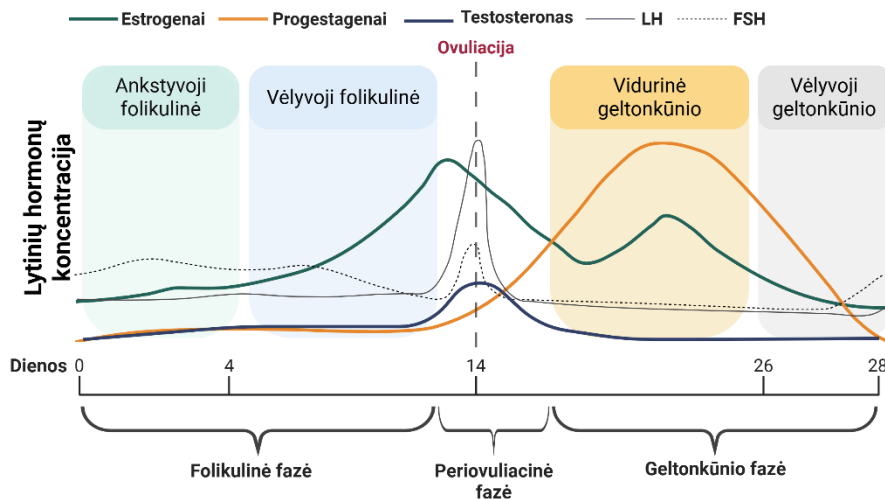
Apibendrinant galima teigti, kad testosterono poveikis smegenims yra kompleksiškas ir apima visus gyvenimo laikotarpius, pradedant ankstyvu organizaciniu poveikiu prenataliniame laikotarpyje, tęsiantis per lytinį brendimą ir baigiant aktyvaciniu poveikiu suaugus. Nors testosteronas siejamas su struktūriniais ir funkciniais smegenų procesais, galinčiais turėti įtakos lyčių skirtumams kognityvinėse ir emocinėse funkcijose, šių ryšių pobūdis išlieka neaiškus ir reikalauja tolimesnių tyrimų.

2.1.3. Menstruacinis ciklas: estradiolis, progesteronas ir smegenys

Lytinio brendimo metu moterų organizme reikšmingai padidėja estradiolio ir progesterono koncentracijos, o prasidėjus menstruaciniam ciklui, šių hormonų koncentracija, kartu ir poveikis smegenims ima kisti cikliškai. Skirtingai nei vyrų, moterų reprodukcinė sistema veikia ciklais – keičiasi kiaušidžių struktūra, cirkuliuojančių hormonų lygis ir gimdos gleivinė. Dėl šių reguliarių, bet dinamiškų pokyčių, menstruacinis ciklas tampa puikiu modeliu tirti endogeninių lytinių steroidų poveikį žmogaus organizmui (Pletzer et al., 2025; Schmalenberger et al., 2021).

Menstruacijų ciklo fazėms būdingi nuspėjami kiaušidėse sintetinamų estradiolio, progesterono ir testosterono svyravimai (**2.2. pav.**). Menstruacinis ciklas, trunkantis įprastai 28–37 dienas, reguliuoja kiaušinėlio brendimą ir paruošia gimdos gleivinę galimai implantacijai. Šis ciklas prasideda folikuline faze, kurios pradžią žymi menstruacinis kraujavimas – tuomet pasišalina

išviesėjęs endometriumas. Ši fazė tęsiasi iki ovuliacijos, kai plyšta folikulas ir subrendęs kiaušinėlis patenka į kiaušintakį. Folikulinė fazė mokslinėje literatūroje dažnai skirstoma į ankstyvąją ir vėlyvąją: ankstyvojoje estradiolio, progesterono ir testosterono koncentracijos yra žemos, o vėlyvojoje estradiolio lygis pradeda laipsniškai kilti, pasiekdamas piką prieš pat ovuliaciją, kartu su testosterono koncentracijomis, kurios taip pat aukščiausias vertes pasiekia ovuliacijos metu. Geltonkūnio fazė prasideda dieną po ovuliacijos ir tęsiasi iki menstruacinio kraujavimo pradžios. Šios fazės metu folikulas virsta geltonkūniu, kuris sintetina estradiolį ir progesteroną, todėl šių hormonų koncentracijos didėja. Vidurinėje geltonkūnio fazės dalyje pasiekiamas progesterono pikas ir šiek tiek mažesnis antrasis estradiolio pikas; dėl šių hormonų koncentracijų padidėjimo ši ciklo fazė dažnai analizuojama moksliniuose tyrimuose. Jei apvaisinimas neįvyksta, geltonkūnis pradeda irti, dėl to mažėja estradiolio ir progesterono lygiai, o endometriumas nebepalaikomas ir prasideda menstruacijos, žyminčios naujo ciklo pradžią (Hampson, 2020; Schmalenberger et al., 2021).



2.2. pav. Schematiškai pavaizduoti hormonų koncentracijos pokyčiai menstruacinio ciklo metu, pažymint dažniausiai tyrimuose analizuojamas specifines ciklo fazes.

Pastaba: LH – liuteinizuojantis hormonas; FSH – folikulus stimuliuojantis hormonas.
Sukurta: <https://BioRender.com>

Šie hormoniniai svyravimai daro įtaką ne tik reprodukcinei sistemai, bet ir CNS. Smegenys – kaip vienas pagrindinių endokrinių taikinių – jautriai reaguoja į hormonų pokyčius, sukeldamos greitus plastiškumo pokyčius (McEwen et al., 2012). Viena iš labiausiai tirtų sričių šiuo aspektu – hipokampus, atsakingas už atmintį, mokymąsi ir emocijų reguliaciją

(McEwen & Milner, 2017). Tyrimai su žiurkėmis atskleidė, kad dendritinių spyglių tankis CA1 srities hipokampo neuronuose kinta viso estrus ciklo metu (sulyginama su moterų menstruaciniu ciklu), didžiausią tankį pasiekdamas proestrus fazėje, kai estradiolio lygis yra aukščiausias (Woolley et al., 1990; Woolley & McEwen, 1993). Be to, estradiolio eksperimentinis skyrimas graužikams ir primatams skatina sinaptogenezę bei neurogenezę hipokampe (Hillerer et al., 2019). Įdomu tai, kad panašūs rezultatai atsiskleidžia MRI tyrimuose su moterimis, kurie rodo, kad hipokampo tūris padidėja prieš ovuliaciją, kai cirkuliuojantis estradiolio kiekis būna didžiausias (Barth et al., 2016; Lisofsky et al., 2015; Pletzer et al., 2018; Protopopescu et al., 2008; Zsido et al., 2023).

Tuo tarpu progesterono poveikis smegenų struktūroms išlieka mažiau aiškus. Nors tyrimuose su gyvūnais progesteronas siejamas su dendritinių spyglių mažėjimu hipokampe (Woolley & McEwen, 1993), žmonių tyrimai tokio ryšio nepatvirtina. Galima priežastis – moterų organizme progesterono koncentracija kyla kartu su estradiolio, todėl jų poveikiai gali vienas kitą slopinti. Nepaisant to, MRI tyrimai geltonkūnio fazėje rodo tam tikrus smegenų tūrio pokyčius: padidėjusį kairiojo migdolinio kūno (Ossewaarde et al., 2013), dryžuotojo kūno (angl. *Striatum*) (Pletzer et al., 2018; Protopopescu et al., 2008), hipokampo CA2/3 srities, parahipokampo žievės tūrį (Taylor et al., 2020). Tačiau šie rezultatai nėra nuoseklūs – pavyzdžiui, Taylor et al. (2020) tyrime buvo stebimas perirhinalinės žievės (angl. *Perirhinal cortex*) tūrio sumažėjimas geltonkūnio fazėje, o Zsido et al. (2023) atvirkščiai – padidėjimas.

Apibendrinant, menstruacinis ciklas gali turėti reikšmingos įtakos smegenų struktūrai ir plastiškumui. Estradiolio teigiamas ryšys su hipokampo tūriu pastebimas tiek gyvūnų, tiek žmonių tyrimuose. Tuo tarpu progesterono poveikio rezultatai išlieka nevienareikšmiai. Nepaisant tam tikrų prieštaravimų, šie duomenys suteikia vertingų įžvalgų apie moters smegenų dinamiškumą ir galimą hormonų vaidmenį kognityvinėse bei emocinėse funkcijose.

2.1.4. Apibendrinimas

Apibendrinant, lytiniai steroidiniai hormonai, tokie kaip testosteronas, estradiolis ir progesteronas, yra ne tik esminiai reprodukcinės sistemos reguliatoriai, bet ir potencialūs neuromodulatoriai, galintys daryti poveikį žmogaus smegenų struktūrai ir funkcijai. Per šiame skyriuje aptartus mechanizmus – hormonų sintezę, sąveiką su receptoriais bei įvairiomis neurotransmiterių sistemomis – galima kelti pagrįstą prielaidą, kad lytiniai

steroidiniai hormonai prisideda prie žmogaus elgsenos, kognityvinių bei emocinių procesų formavimosi. Tai atspindi ir struktūrinių MRI tyrimų duomenys, rodantys ryšius tarp lytinių hormonų koncentracijų ir specifinių smegenų sričių – tokių kaip hipokampus, migdoliniai kūnai ar parietalinė žievė – tūrio pokyčių. Šie poveikiai gali reikšti tiek organizaciniais efektais smegenų vystymosi laikotarpiu, tiek aktyvaciniais efektais suaugus. Vis dėlto, nepaisant augančio įrodymų skaičiaus, tyrimų rezultatai neretai yra prieštaringi ar neatsikartoja tarp tyrimų, todėl būtina toliau nuosekliai tirti šių hormonų įtaką žmogaus nervų sistemai ir kognityvinėms funkcijoms.

2.2. Hormoninė kontracepcija

Hormoninė kontracepcija yra svarbi moterų reprodukcinės autonomijos ir sveikatos užtikrinimo priemonė, padedanti išvengti neplanuoto nėštumo (Beltz, 2022, 2024). Šios priemonės, įskaitant geriamąsias kontraceptines tabletes (OC), pleistrus, injekcijas bei hormonines vidugimines spirales (IUD), savo sudėtyje turi sintetinius lytinių hormonų pakaitalus (Concas et al., 2022; Griksiene et al., 2022a). Nors visų hormoninės kontracepcijos rūšių pagrindinis tikslas yra vienodas – apsauga nuo neplanuoto nėštumo, jų veikimo mechanizmai, sintetiniai komponentai ir hormonų dozės gali ženkliai skirtis (Beltz, 2022; Concas et al., 2022; Song et al., 2023).

Šiame darbe dėmesys sutelkiamas į dvi dažniausiai naudojamas hormoninės kontracepcijos formas – OC ir hormonines IUD. Šios rūšys buvo pasirinktos dėl didelio jų populiarumo globaliu mastu (United Nations, 2022) bei skirtingų biologinių veikimo principų, kurie gali skirtingai veikti ne tik moters reprodukcinę sistemą, bet ir CNS. Toliau bus aptarti šių kontraceptinių priemonių veikimo principai atskirai ir mokslinėje literatūroje aprašyti ryšiai su smegenų struktūra ir funkcija.

2.2.1. Geriamoji hormoninė kontracepcija (OC): sudėtis, veikimo mechanizmai ir galimas poveikis smegenims

OC yra viena populiariausių hormoninės kontracepcijos formų, ypač Vakarų šalyse (United Nations, 2022). Nors OC taip pat taikoma medicininiams tikslais – pavyzdžiui, aknės, endometriozės ar policistinių kiaušidžių sindromo gydymui – jos pagrindinė funkcija išlieka apsauga nuo neplanuoto nėštumo. Šis efektas yra pasiekiamas vartojant sintetinius lytinių hormonų analogus, kurie slopina natūralius reprodukcinis procesus (Beltz, 2022; Concas et al., 2022; Song et al., 2023).

OC sudėtis gali būti kombinuota – sujungiant sintetinį estrogeną (dažniausiai etinilestradiolį) ir progestiną. Taip pat OC tabletės gali būti

sudarytos tik iš progestino, tokiu atveju ji vadinama mini tablete. Šių sintetinių steroidinių hormonų veikimas pirmiausia nukreiptas į PHG ašį – jie slopina GnRH sekreciją pogumburyje, dėl ko sumažėja FSH ir LH koncentracijos. Dėl to kiaušidėse neprasideda folikulo brendimas, ovuliacija neįvyksta, o natūralūs lytinių hormonų svyravimai yra sustabdomi. Be to, progestinai plonina gimdos gleivinę, tirština gimdos kaklelio gleives ir taip trukdo spermatozoidų patekimui į gimdą bei apsunkina kiaušinėlio apvaisinimą (Hampson, 2020; Song et al., 2023). Vartojant hormoninę kontracepciją, natūralūs kasmėnesiniai endogeninių lytinių hormonų svyravimai nebevyksta – juos pakeičia sintetiniai hormonai, kurių koncentracija organizme priklauso ne tik nuo veikliosios medžiagos, bet ir nuo OC vartojimo režimo: vienfazėse tabletėse hormonų lygis išlieka pastovus, o dvifazėse ir trifazėse – kinta ciklo metu, imituodamas natūralius hormonų pokyčius (Diliberti et al., 2011; Beltz, 2024; Gogos, 2013; Pletzer & Kerschbaum, 2014).

Svarbu paminėti, kad OC sudėtyje esantis etinilestradiolis yra sintetinė estradiolio forma, pasižyminti stipresniu poveikiu nei natūralus estradiolis, nes organizme nėra greitai metabolizuojama į silpnesnes estrogeno formas ir pasižymi stipresniu prisijungimu prie estrogenų receptorių (Gogos, 2013). Etinilestradiolis dažniausiai derinamas su vienu iš daugybės skirtingų progestinių, kurie skiriasi savo farmakologinėmis savybėmis, ir be sąveikos su progesterono receptoriais, gali veikti ir kitus steroidų receptorių, sukeldami estrogeninį, antiestrogeninį, androgeninį arba antiandrogeninį poveikį (Beltz, 2022; Beltz, Loviska, et al., 2022; Dickey & Seymour, 2019.; Song et al., 2023). Atsižvelgiant į jų farmakologines savybes, OC progestinai paprastai skirstomi į keturias ar penkias kartas, kurios atspindi jų sąveiką su androgeno receptoriais (Hampson, 2020; Pletzer & Kerschbaum, 2014). Senesnės kartos progestinai (pvz., levonorgestrelis, desogestrelis), sintetinami iš 19-nortestosterono, pasižymi androgeniniu poveikiu – aktyvuoja androgenų receptorių ir imituoja jų poveikį. Naujesnės kartos progestinai (pvz., drospirenonas, dienogestas) pasižymi antiandrogeniniu poveikiu – jie blokuoja androgenų receptorių ir slopina jų sukeltą reakciją (Hampson, 2020; Pletzer & Kerschbaum, 2014). Nors moksliniai tyrimai rodo, kad progestinių sąveikos stiprumas su progesterono ir estrogenų receptoriais gali turėti įtakos smegenų veiklai ir kognityvinėms funkcijoms (Beltz, Loviska, et al., 2022; Hampson et al., 2022), tačiau dėl duomenų trūkumo apie Europos rinkoje esančių OC formuluočių poveikį, šiame darbe daugiausia dėmesio skiriama androgeniniam aspektui (Dickey & Seymour, 2019).

Kadangi natūralūs lytinių hormonų svyravimai gali daryti įtaką smegenų struktūrai ir funkcijai, kyla klausimas, kaip šiuos procesus veikia OC, kurie palaiko pastovų egzogeninių hormonų lygį. Pastaraisiais metais paskelbta ne

viena sisteminė apžvalga, siekianti susisteminti smegenų struktūrinius skirtumus tarp OC vartojančių ir nevartojančių moterų (Brønneck et al., 2020; Song et al., 2023; Taylor et al., 2021). Šiose apžvalgose aiškiai matyti, kad OC vartojančių moterų smegenų tūris kai kuriose srityse skiriasi nuo nevartojančiųjų. Tačiau dėl skirtingų tyrimų metodų ir mažų imčių šie rezultatai nėra nuoseklūs. Dažniausiai struktūriniai pokyčiai pastebimi limbinėje sistemoje, ypač migdoliniuose kūnuose, hipokampe ir gretimose srityse, tokiose kaip parahipokampo vingis bei ventralinė temporalinė žievė (Taylor et al., 2021). Vis dėlto, šiose srityse fiksuojami tiek tūrio padidėjimai, tiek sumažėjimai (Brønneck et al., 2020; Taylor et al., 2021), todėl aiški OC poveikio kryptis išlieka neapibrėžta.

Viena iš priežasčių, kodėl šie rezultatai neatsikartoja, gali būti ta, kad daugelyje tyrimų neatsižvelgiama į OC sudėtį – ypač į progestinų androgeniškumą. Pletzer et al. (2015) tyrime nustatyta, kad moterų, vartojančių OC su antiandrogeniniais progestiniais, pilkosios medžiagos abipusis šoninio pakaušinio smilkinio vingio (angl. *Fusiform gyrus*), parahipokampo srities bei smegenėlių žievės tūris buvo didesnis nei NC moterų. Tuo tarpu OC su androgeniniais progestiniais vartojusių moterų vidurinio ir viršutinio kaktinio vingio tūris buvo mažesnis nei NC moterų. Šie duomenys leidžia manyti, kad hormoninės kontracepcijos poveikis smegenų struktūrai gali priklausyti nuo OC sudėties.

Individualūs skirtumai taip pat daro didelę įtaką rezultatams, todėl pakartotiniai tyrimai prieš pradedant ir pradėjus vartoti OC galėtų suteikti aiškesnių įžvalgų, tačiau jų yra labai mažai. Taylor et al. (2020) pateikė įdomų atvejo tyrimą, kuriame viena moteris buvo tiriama prieš ir po OC vartojimo pradžios. Šio tyrimo rezultatai parodė, kad menstruacinio ciklo eigoje vykstantys endogeninio progesterono svyravimai buvo susiję su hipokampo (CA2/3) ir parahipokampo sričių apimties pokyčiais. Tačiau pradėjus vartoti OC (su antiandrogeniniais progestiniais) šie svyravimai išnyko.

Atsižvelgiant į tai, kad OC poveikis gali keisti ne tik smegenų struktūrą, bet ir jų funkciją – ypač limbinėje sistemoje, atsakingoje už emocijų reguliaciją ir kognityvinius procesus – būtina giliau analizuoti šiuos mechanizmus. Skirtingų OC formuluočių (ypač skirtingo androgeniškumo) poveikis kognityviniams procesams išlieka svarbia ir aktualia tyrimų kryptimi.

2.2.2. Hormoninės vidugimdinės spiralės (IUD): sudėtis, veikimo mechanizmai ir galimas poveikis smegenims

Hormoninė IUD – tai ilgalaikė, grįžtamojo poveikio kontracepcijos priemonė, kurios pagrindinis veikimo mechanizmas lokalizuotas gimdoje. Skirtingai nei kombinuotuose geriamuosiuose kontraceptikuose (OC), hormoninėse IUD yra tik vienas hormonas – levonorgestrelis, priklausantis androgeninių progestinų grupei. Jo poveikis aktyvuojamas prisijungus prie progesterono receptorių gimdos audiniuose. Levonorgestrelis sutirština gimdos kaklelio gleives, trukdydamas spermatozoidams pasiekti gimdą ir taip mažindamas apvaisinimo tikimybę. Be to, jis slopina endometriumo išvešėjimą, todėl gimdos gleivinė tampa mažiau tinkama implantacijai (Ewies, 2009; Rivera et al., 1999).

Dėl šio lokalizuoto veikimo dažnai teigiama, kad hormoninės IUD nedaro reikšmingos įtakos moterų menstruaciniam ciklui – išlieka ovuliacija, o endogeninių hormonų lygiai yra panašūs į tuos, kurie būdingi natūralų ciklą turinčioms moterims (Bürger et al., 2021). Vis dėlto kai kuriuose tyrimuose pastebima, kad pirmaisiais IUD vartojimo metais dažniau pasitaiko anovuliacinių ciklų ar amenorėjos atvejų (Apter et al., 2014; Xiao et al., 1995), tai gali rodyti laikinus reprodukcinės ašies funkcijos pokyčius.

Visos šiuo metu rinkoje esančios hormoninės IUD nuolat išskiria levonorgestrelį – progestiną, pasižymintį vidutiniu ar stipriu androgeniniu poveikiu. Pradinė levonorgestrelio dozė yra pastovi, tačiau bėgant metams ji palaipsniui mažėja, išlikdama pakankama kontraceptiniam poveikiui 3–5 metų laikotarpiu (priklausomai nuo gamintojo) (Beltz, 2024). Nors dažnai teigiama, kad hormoninės IUD veikia tik lokaliai, daugėja įrodymų, jog jų poveikis gali būti ir sisteminis (Aleknavičiute et al., 2017; Bürger et al., 2021; Zelionkaitė et al., 2024). Kaip ir kiti steroidiniai hormonai, levonorgestrelis yra lipofilinis, todėl gali prasiskverbti per gimdos gleivinę į kraujotaką, kirsti kraujo-smegenų barjerą ir veikti CNS – įskaitant pogumburį, kuriame gali slopinti GnRH sekreciją, bei veikti kitas smegenų sritis (apžvelgta Bürger et al., 2021).

Iki šiol nėra atlikta išsamių darbų, vertinančių hormoninės IUD poveikį smegenų struktūrai (apžvelgta Bürger et al., 2021), tačiau kai kurie tyrimai rodo galimą ryšį tarp IUD vartojimo ir sustiprėjusios streso reakcijos bei didesnės depresijos diagnozių paplitimo tarp naudotojų (Aleknavičiute et al., 2017; Skovlund et al., 2016). Taip pat mūsų laboratorijoje atlikto tyrimo rezultatai parodė pakitusį smegenų atsaką į neigiamus emocinius paveikslėlius (Zelionkaitė et al., 2024), lyginant IUD vartotojas su OC ir NC grupių moterimis. Šie rezultatai sustiprina prielaidą, kad IUD gali turėti sisteminį

poveikį, todėl būtini tolimesni tyrimai, siekiant įvertinti jų galimą įtaką ir kognityviniams procesams.

2.2.3. Apibendrinimas

Apibendrinant, hormoninė kontracepcija – ypač OC ir hormoninės IUD – yra plačiai naudojamos HK priemonės, kurios gali keisti natūralią hormonų reguliaciją: OC slopina endogeninius hormonų svyravimus, o IUD, nors ir veikia lokaliai, taip pat gali turėti sisteminį poveikį. Šie pokyčiai gali paveikti ne tik reprodukcinę sistemą, bet ir smegenų struktūrą bei funkciją. Nors OC vartojimas siejamas su limbinės sistemos pokyčiais, šių pokyčių kryptis išlieka nevienareikšmė; kai kurie tyrimai rodo, kad ji gali priklausyti nuo OC sudėtyje esančių progestinų savybių. Tuo tarpu hormoninių IUD poveikis CNS vis dar menkai ištirtas, nors jau dabar egzistuoja duomenų apie galimą jų sisteminį veikimą ir sąsajas su psichikos sveikatos rodikliais. Atsižvelgiant į vis didėjančią HK vartojimą pasaulyje, būtini išsamesni tyrimai, kurie leistų tiksliau įvertinti jos poveikį kognityviniams procesams ir moterų psichologinei gerovei.

2.3. Erdviniai gebėjimai

Šiame skyriuje analizuojami erdviniai gebėjimai – viena iš kognityvinių funkcijų, kurioje dažniausiai stebimi lyčių skirtumai (Voyer, 2011; Voyer et al., 2007). Nors šie skirtumai yra gerai dokumentuoti, jų pobūdis nėra visiškai pastovus, todėl vis daugiau dėmesio skiriama veiksniams, galintiems juos moduluoti. Šiame kontekste bus nagrinėjamos galimos sąsajos su lytinių hormonų koncentracija, menstruacinio ciklo fazėmis ir hormoninės kontracepcijos vartojimu, taip pat su individualiais bei emociniais veiksniais – pavyzdžiui, pasirenkamomis strategijomis erdvinių užduočių atlikimui ar emociniu bei socialiniu kontekstu. Atsižvelgiant į tai, pirmiausia pristatoma, kaip apibrėžiami erdviniai gebėjimai ir kodėl jie svarbūs tiek kasdienėje veikloje, tiek kognityvinių funkcijų tyrimuose.

Erdviniai gebėjimai apima kognityvinius procesus, būtinus erdvei aplinkai ir struktūroms atpažinti, integruoti, analizuoti ir vizualizuoti. Šie gebėjimai yra itin svarbūs kasdieniui veiklai bei profesijose, kuriose reikalingas objektų manipuliavimas, rankų ir akių koordinacija, navigacija, geometrinių uždavinių sprendimas ar techninis braižymas (Koutsimani & Montgomery, 2022; Malanchini et al., 2020). Tarp įvairių kognityvinių funkcijų erdviniai gebėjimai yra vieni labiausiai tirtų lyčių skirtumų kontekste – daugelis tyrimų rodo, kad vidutiniškai vyrai šiose užduotyse lenkia moteris (Voyer, 2011; Voyer et al., 2007; tačiau žr. kritinę apžvalgą Bartlett & Camba,

2023). Be to, yra įrodymų, kad lytiniai steroidiniai hormonai (estrogenai, progesteronas ir testosteronas) gali turėti įtakos šiems skirtumams, veikdami smegenis organizaciniu ir aktyvaciniu lygmeniu (Griksiene et al., 2022; Hampson et al., 2014; Hausmann, 2017; Levine et al., 2016; Puts et al., 2006; Shirazi et al., 2021).

Nors didžioji dalis duomenų apie lyčių skirtumus erdviniuose gebėjimuose ir jų ryšį su lytiniais hormonais buvo gauta taikant sukimo mintyse užduotį (angl. *Mental Rotation Task*, MRT) (Courvoisier et al., 2013; Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011; Hampson et al., 2014; Noreika et al., 2014; Peragine et al., 2019; Puts et al., 2010; Sankar & Hampson, 2021; Zhu et al., 2015), naujausi tyrimai rodo, kad skirtingi erdviniai gebėjimai remiasi bendrais pažintiniais mechanizmais (Malanchini et al., 2020). Todėl lyčių skirtumai pasireiškia ne tik MRT, bet ir navigacijos (Bernal et al., 2020; Driscoll et al., 2005), linijų vertinimo (Cherney & Collaer, 2005) bei kitose erdvinio apdorojimo užduotyse.

Šiame tyrime buvo naudojamos dvi skirtingos užduotys, vertinančios persidengiančius erdvinio apdorojimo aspektus: kompiuterizuota MRT užduotis, sukurta remiantis Shepard ir Metzler (1971) paradigma, ir popieriaus-pieštuko skerspjūvio užduotis (angl. *Cross Section task*, CST) (Cohen & Hegarty, 2012). MRT užduotis vertina gebėjimą mintyse manipuluoti trimatėmis reprezentacijomis, įsivaizduojant objektų sukimą erdvėje. Tuo tarpu CST užduotis naudojama gebėjimui mintyse transformuoti objektus įvertinti, siekiant numatyti, kaip atrodytų 3D objekto skerspjūvis perpjovus jį pjovimo plokštuma. Abiejose užduotyse pagrindinį vaidmenį atlieka gebėjimas mintyse keisti vizualines reprezentacijas. Taip pat ankstesni tyrimai rodo, kad tiek MRT, tiek CST užduotyse vyrai dažniausiai pasiekia geresnius rezultatus nei moterys (Cohen & Hegarty, 2012; Voyer, 2011). Atsižvelgiant į šiuos užduočių ypatumus ir pastebimus lyčių skirtumus, toliau bus nagrinėjama, kokią reikšmę erdvinių gebėjimų variacijai gali turėti testosterono koncentracija, menstruacinio ciklo fazės ir hormoninės kontracepcijos vartojimas.

2.3.1. Lyčių skirtumai erdviniuose gebėjimuose: testosterono ir menstruacinio ciklo reikšmė

Nors lyčių skirtumai tam tikruose erdvinių gebėjimų aspektuose pastebimi jau kūdikystėje (Levine et al., 2016) ir dar labiau išryškėja vaikystėje bei brendimo metu (Beking et al., 2018; Puts et al., 2006; Shirazi, Self, et al., 2020), itin ryškūs jie tampa suaugusiųjų amžiuje (Voyer, 2011; Voyer et al., 2007). Siekiant paaiškinti šiuos skirtumus, ypač ieškant biologinių

mechanizmų, dažnai išskiriamas testosterono vaidmuo. Dalis studijų rodo, kad aukštesnė endogeninio testosterono koncentracija siejasi tiek su geresniu navigacijos užduočių atlikimu (Bernal et al., 2020; Driscoll et al., 2005), tiek su tikslesniais MRT rezultatais (Courvoisier et al., 2013; Hausmann et al., 2009; Pletzer et al., 2019). Šią tendenciją patvirtina ir tyrimai, kuriuose dalyviams papildomai buvo skiriami egzogeniniai androgenai. Pavyzdžiui, tyrimas su translyčiais vyrais (priskirtais moterų lyčiai gimimo metu), kuriems buvo taikyta androgenų terapija, nustatyta, kad jų MRT užduoties atlikimo tikslumas nesiskiria nuo cispopuliacijos vyrų, o rezultatai rodo panašią skirtumų kryptį – atlikimas buvo geresnis nei natūralaus ciklo moterų periovuliacinėje ar vidurinėje geltonkūnio fazėse bei OC vartojančių moterų (Peragine et al., 2019). Be to, tyrimai, atlikti tik su moterų imtimi, naudojant atsitiktinių imčių, placebo kontroliuojamą metodą, parodė, kad MRT užduoties atlikimo rezultatai buvo geresni tų dalyvių, kurios gavo vienkartinę 0,5 mg testosterono dozę, palyginti su placebo gavusia grupe (Aleman et al., 2004; Pintzka et al., 2016).

Nors dalyje tyrimų nustatyta teigiama sąsaja tarp testosterono lygio ir erdviųjų gebėjimų, kiti rezultatai rodo, kad šis ryšys nėra vienakryptis (Courvoisier et al., 2013; Moffat & Hampson, 1996; O'Connor et al., 2001). Pavyzdžiui, Courvoisier ir kt. (2013) tyrime nustatyta apverstos U formos priklausomybė tarp cirkuliuojančio testosterono lygio ir MRT užduoties atlikimo – geriausi rezultatai buvo stebimi esant vidutinei koncentracijai, o tiek žemesni, tiek aukštesni lygiai siejosi su prastesniu atlikimu. Vis dėlto kai kuriuose tyrimuose nenustatyta jokio ryšio tarp testosterono koncentracijos ir erdviųjų gebėjimų nei vyrų, nei moterų imtyse (Bersier et al., 2024; Kubranská et al., 2014; Puts et al., 2010), o kai kur netgi stebimos neigiamos koreliacijos moterų grupėje (Hausmann et al., 2000). Galimai šie prieštaringi rezultatai gaunami dėl sudėtingos organizacinio ir aktyvacinio lytinių hormonų poveikio sąveikos, t. y., hormonų aktyvacinis veikimas gali skirtis priklausomai nuo to, kaip yra organizuotos nervinės struktūros. Šią prielaidą iliustruoja tyrimai, kuriuose nustatyta, kad vyrų imtyje endogeninio testosterono koncentracija teigiamai siejasi su MRT atlikimu, tuo tarpu moterų imtyje šios sąsajos nenustatomos (Driscoll et al., 2005; Hausmann et al., 2009).

Literatūroje, nagrinėjančioje lyčių skirtumų biologinius mechanizmus, dažnai keliama hipotezė, kad moterų prastesnis erdviųjų gebėjimų užduočių atlikimas gali būti susijęs su estradiolio ir progesterono koncentracijų svyravimais menstruacinio ciklo metu. Manoma, kad atlikimas suprastėja periovuliacinėje (kai estradiolio lygis yra aukštas) ir vidurinėje geltonkūnio (kai aukštos estradiolio ir progesterono koncentracijos) fazėse (Poromaa & Gingnell, 2014). Dalis tyrimų šią prielaidą patvirtina (Hausmann et al., 2000;

Peragine et al., 2019). Pavyzdžiui, jau anksčiau aptartame Peragine ir kt. (2019) tarpgrupinių palyginimų (angl. *between-subject*) tyrime nustatyta, kad vyrų (tiek cispopuliacijos, tiek translyčių) MRT tikslumas nesiskyrė nuo moterų, esančių ankstyvojoje folikulinėje fazėje (kai abiejų lytinių hormonų koncentracijos yra žemos), o šios moterų grupės rezultatai buvo geresni nei moterų, esančių periovuliacinėje ciklo fazėje. Panašios sąsajos nustatytos ir koreliaciniuose tyimuose: aukštesnės estradiolio ir/ar progesterono koncentracijos koreliavo su prastesniu MRT atlikimu (Griksiene et al., 2018, 2019; Hampson et al., 2014; Noreika et al., 2014).

Tačiau šios lytinių hormonų koncentracijų sąsajos su erdviniais gebėjimais nėra nei universalios, nei vienakryptės. Pavyzdžiui, Bernal ir Paolieri (2022) sisteminėje literatūros apžvalgoje padarė išvadą, kad aukštas estradiolio lygis periovuliacinėje fazėje gali neigiamai veikti MRT užduoties atlikimą, o progesterono poveikis vidurinėje geltonkūnio fazėje išlieka neaiškus. Vis dėlto visai neseniai paskelbtoje meta-analizėje buvo pateikti priešingi duomenys – joje nustatyta, kad MRT atlikimas ovuliacinėje fazėje, palyginti su folikuline, gali būti geresnis. Tačiau šis efektas nebuvo patvirtintas, kai analizė buvo apribota tik tais tyrimais, kuriuose ciklo fazės buvo patvirtintos objektyviais matavimais (Jang et al., 2025). Dar kitokią perspektyvą siūlo Shirazi et al. (2021) tyrimas, kuriame dalyvavo 528 natūralaus ciklo moterys. Naudojant tiek pakartotinių matavimų (angl. *within-subject*), tiek tarpgrupinį dizainą, buvo nustatytas nedidelis, tačiau statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys tarp progesterono koncentracijos didėjimo ir geresnio MRT atlikimo ciklo eigoje. Tuo tarpu estradiolio lygis neturėjo reikšmingos įtakos – nei vertinant tarpgrupinius skirtumus, nei nagrinėjant pokyčius per menstruacinį ciklą. Galiausiai, Pletzer et al. (2024) pakartotinių matavimų tyrimas kelia abejonių dėl bet kokių dėsningų sąsajų egzistavimo. Jų duomenimis, MRT užduoties rezultatai išlieka stabilūs viso ciklo metu, o lytinių hormonų koncentracijos reikšmingai nesusiję su užduoties atlikimu. Remiantis šiais rezultatais, autoriai daro išvadą, kad hormonų svyravimai turi tik minimalią reikšmę erdviniams gebėjimams.

Šių prieštaringų rezultatų kontekste vis dažniau atkreipiamas dėmesys į metodinius skirtumus, galinčius turėti lemiamą įtaką išvadų patikimumui. Vienas svarbiausių aspektų – nenuoseklus menstruacinio ciklo fazių apibrėžimas apsunkina duomenų apibendrinimą (Jang et al., 2025). Kitas svarbus aspektas – menstruacinio ciklo fazės turėtų būti nustatomos ne vien remiantis savistaba ar kalendoriniu skaičiavimu, bet ir naudojant objektyvius metodus, pavyzdžiui, hormonų koncentracijos matavimus (Hampson, 2020). Tik tokiu būdu galima užtikrinti tikslesnį tiriamųjų klasifikavimą ir patikimesnį duomenų interpretavimą. Galiausiai, svarbus ir pats tyrimo

dizainas. Nors tarpgrupiniai tyrimai suteikia vertingos informacijos, pakartotinių matavimų dizainas leidžia atsižvelgti į kiekvienos dalyvės individualius hormonų koncentracijos pokyčius ir gali būti jautresnis menstruacinio ciklo poveikiui (Schmalenberger et al., 2021).

2.3.2. Hormoninės kontracepcijos vartojimo reikšmė erdviniais gebėjimams

Šalia natūralių endogeninių hormonų svyravimų menstruacinio ciklo metu, moterų hormoninį foną gali moduluoti HK vartojimas, keliantis svarbius klausimus apie sintetinių steroidų ryšius su smegenų funkcijomis ir kognityviniais gebėjimais. Nors tyrimai nuosekliai atkreipia dėmesį į galimus OC vartojimo sąlygotus skirtumus tarp vyrų ir NC moterų (Bernal et al., 2020; Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011; Peragine et al., 2019), šių ryšių pobūdis vis dar yra nepakankamai aiškus ir kelia daug diskusijų.

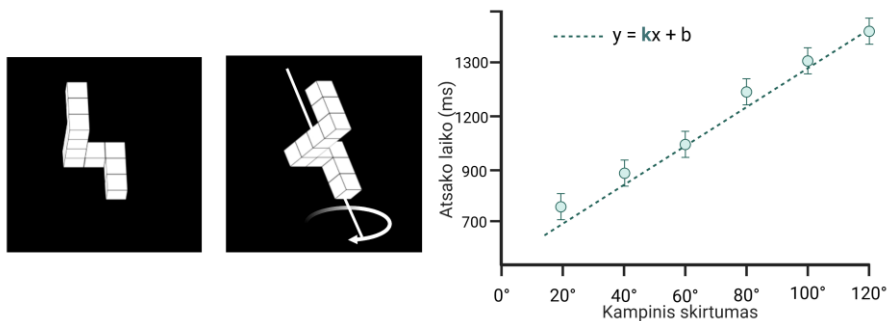
Išskiriami keli svarbūs aspektai, galintys paaiškinti OC vartojimo sąsajas su erdviniais gebėjimais. Pirmiausia, reikšmingu veiksniu laikomos progestinų farmakologinės savybės, ypač jų androgeninis ar antiandrogeninis poveikis. Kai kurie tyrimai rodo, kad androgeninės progestinų savybės gali būti susijusios su geresniais erdviniais gebėjimais – pastebėti geresni navigacijos bei MRT rezultatai androgeninius OC vartojančių moterų grupėse, palyginti su antiandrogeninius OC vartojančiomis moterimis (Gurvich et al., 2020; Wharton et al., 2008). Tuo tarpu antiandrogeninių OC vartotojų grupėse stebėti prastesni rezultatai tiek lyginant su NC moterimis, tiek su vyrais (Griksiene et al., 2018; Wharton et al., 2008). Vis dėlto ši tendencija nėra atkartojama nuosekliai: Davignon et al. (2024) tyrime MRT užduoties atlikimas nesiskyrė tarp OC moterų, vartojančių androgeninius progestinus, ir NC moterų. Tačiau vyrų atlikimas buvo statistiškai reikšmingai geresnis nei NC moterų, o nuo OC vartotojų reikšmingai nesiskyrė. Tai leidžia manyti, kad OC vartojimas gali sumažinti lyčių skirtumus, nors skirtumas tarp OC ir NC grupių nebuvo statistiškai patvirtintas.

Kita vertus, tyrimai taip pat rodo, kad ne tik androgeninės, bet ir estrogeninės OC savybės gali būti susijusios su erdviniais gebėjimais (Beltz, 2022; Hampson et al., 2022). Pavyzdžiui, Hampson et al., (2022) tyrime buvo vertintos skirtingų OC generacijų (nuo pirmos iki ketvirtos) sąsajos su erdviniais gebėjimais. Tyrimo rezultatai parodė neigiamą ryšį tarp estrogeninio aktyvumo ir MRT atlikimo tikslumo. Šis ryšys buvo ryškiausias pirmos ir antros generacijos OC vartotojų grupėse, kuriose estrogeninis aktyvumas ir etinilestradiolio koncentracijos yra didžiausios. Tai atitinka ir kitų tyrimų duomenis, rodančius, kad didėjant etinilestradiolio kiekiui, MRT užduoties atlikimas prastėja (Beltz et al., 2015; Hampson et al., 2022).

Vis dėlto Hampson et al. (2022) tyrime neigiamas ryšys tarp estrogeninio aktyvumo ir MRT atlikimo buvo pastebėtas pirmos ir antros kartos OC vartotojų grupėse. Tai kelia klausimų dėl androgeninių progestinų savybių reikšmės, nes šių kartų OC progestinai taip pat pasižymi stipriu androgeniniu aktyvumu. Siekiant aiškiau suprasti šių dviejų sintetinių steroidų savybių – estrogeniškumo ir androgeniškumo – veikimo sąveiką, gali būti naudinga į tyrimus įtraukti hormoninę IUD vartojančias moteris kaip atskirą HK grupę. Skirtingai nei OC, IUD išskiria tik androgeninį progestiną levonorgestrelį ir neturi sintetinių estrogenų (Griksiene et al., 2022). Dar vienas reikšmingas skirtumas – OC sistemiškai sumažina endogeninių lytinių steroidinių hormonų, įskaitant testosterono koncentraciją – hormono, kuris, kaip manoma, gali būti susijęs su geresniais erdvinų užduočių rezultatais (Pletzer & Kerschbaum, 2014). Tuo tarpu IUD, veikdama lokaliai, daro gerokai mažesnę poveikį bendram lytinių hormonų kiekiui organizme. Todėl IUD grupės įtraukimas į palyginamuosius tyrimus gali padėti tiksliau išskirti specifinį hormoninių komponentų poveikį erdviniams gebėjimams ir atskleisti galimus veikimo mechanizmus. Vis dėlto, mūsų žiniomis, kol kas nėra atlikta nei viena palyginamoji studija, kurioje IUD vartotojos būtų vertinamos kaip atskira HK grupė.

2.3.3. Sukimo mintyse užduoties (MRT) atlikimo strategijos

Mokslinėje literatūroje keliama prielaida, kad MRT atlikimo skirtumai tarp lyčių bei sąsajos su lytiniais hormonais ir moterų hormoniniu statusu gali būti moduluojami per strategijas, naudojamas šiai užduočiai atlikti (Bersier et al., 2024; Doyle et al., 2016; Jordan, 2002; Mochizuki et al., 2019; Roberts & Ann Bell, 2003). Manoma, kad atliekant šią užduotį dažniausiai taikoma holistinė strategija, kai tiriamieji susikuria vidinį figūros vaizdinį ir jį mintyse suka tol, kol jis atitinka pateiktą stimulą (nepasuktą figūrą). Klasikinėje Shepard ir Metzler (1971) studijoje šis procesas atsispindi per tiesinį ryšį tarp figūros pasukimo kampo ir atsako laiko: kuo didesnis kampinis skirtumas tarp figūrų, tuo daugiau laiko reikia jų sukimui mintyse (**2.3. pav.**). Šio ryšio stiprumas kiekybiškai išreiškiamas polinkio koeficientu, kuris parodo, kiek vidutiniškai padidėja atsako laikas, kai kampinis skirtumas tarp figūrų padidėja vienu laipsniu.



2.3. pav. Atsako laiko priklausomybė nuo kampinio skirtumo tarp figūrų MRT užduotyje. Atsako laikas (ms) ilgėja proporcingai didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų, kas atspindi sukimo (holistinės) strategijos taikymą. Taip pat pateikta tiesės lygtis ir polinkio koeficientas (k), rodantis, kiek vidutiniškai atsako laikas pailgėja, kai kampinis skirtumas tarp figūrų padidėja vienu laipsniu.

Pastaba: Pateikti duomenys yra reprezentaciniai – iliustravimo tikslais, ne realaus eksperimento rezultatai. Sukurta: <https://BioRender.com>

Vis dėlto tyrimai rodo, kad holistinė strategija nėra vienintelė, šiai užduočiai atlikti, gali būti taikomos ir alternatyvios strategijos (Bilge & Taylor, 2017; Boone & Hegarty, 2017; Hegarty, 2018; Mochizuki et al., 2019; ter Horst et al., 2012). Viena iš jų – analitinė strategija, kai figūros sukimas vyksta dalimis, lyginant atskirus segmentus, užuot sukant visą objektą kaip vienetą. Ši strategija siejama su lėtesniu atsako laiku ir didesniu klaidų skaičiumi (Linn & Petersen, 1985). Įdomu tai, kad kai kurie tyrimai rodo lyčių skirtumus naudojant šias strategijas: vyrai dažniau, spontaniškai pasitelkia holistinę figūrų sukimą, o moterys – analitinę, kuris gali būti mažiau efektyvus atliekant šią užduotį (Heil & Jansen-Osmann, 2008; Linn & Petersen, 1985).

Smegenų vaizdinimo tyrimai (pvz., EEG, fMRI) rodo, kad vyrų ir moterų smegenų aktyvumas, atliekant MRT užduotis, skiriasi, o šie skirtumai gali būti susiję su skirtingomis naudojamomis strategijomis. Nors daugelis studijų identifikuoja lyčių skirtumus smegenų aktyvume (Gizewski et al., 2006; Griksiene et al., 2019; Hattemer et al., 2011; Hoppe et al., 2012; Hugdahl et al., 2006; Schöning et al., 2007; Semrud-Clikeman et al., 2012; Weiss et al., 2003), rezultatai nėra visiškai nuoseklūs. Tomasino ir Gremese (2016) metaanalizė parodė, kad nepriklausomai nuo stimulo tipo (pvz., kūno dalys, objektai), MRT aktyvuoja šias smegenų sritis: abipus apatinę ir viršutinę parietalinę skiltį, kairįjį priešcentrinį vingį, abipus apatinį ir vidurinį kaktinius vingius, papildomąją motorinę sritį (angl. *Supplementary motor area*, SMA), kairiąją salą, abipus apatinį ir vidurinį pakaušio vingį bei smegenėles.

Atliekant nekūniškų objektų sukimo užduotis, ypač stipri aktyvacija stebima dešiniojo pusrutulio srityse – viduriniame pakaušio vingyje, pleište (angl. *Cuneus*) ir viršutinėje parietalinėje žievėje – kurios siejamos su erdvinės informacijos apdorojimu ir integracija. Kai kuriuose tyrimuose ši dešinė lateralizuota aktyvacija buvo ryškesnė vyrams, o tai gali būti susiję su dažnesniu holistinės strategijos taikymu (Hattemer et al., 2011; Semrud-Clikeman et al., 2012).

Kitas dažnai minimas lyčių skirtumas MRT atlikimo metu susijęs su skirtinga parietalinių ir kaktinių sričių aktyvacija: vyrams dažniau stebimas didesnis abipusis parietalinis aktyvumas, o moterims – kaktinių sričių (Hoppe et al., 2012; Hugdahl et al., 2006; Schöning et al., 2007; Weiss et al., 2003). Autoriai tai interpretuojama kaip vyrų polinkį taikyti erdvines, holistines strategijas, o moterų – analitines ar verbalinio pobūdžio. Visgi, kai kurie tyrimai rodo priešingą tendenciją – didesnę kaktinių sričių aktyvumą vyrams ir parietalinę – moterims, nors elgseniniu lygmeniu išlieka vyrų pranašumas užduotyje (Gizewski et al., 2006; Griksienė et al., 2019). Šių prieštarų rezultatų kontekste neseniai publikuotoje sisteminėje apžvalgoje, kurioje buvo analizuojami MRI metodu tirti lyčių struktūriniai ir funkciniai aspektai, Eliot ir kt. (2021) pabrėžia, kad aiškesni lyčių skirtumai galėtų išryškėti tik su didesnėmis imtimis, o šiuo metu jų nepastovumas greičiausiai kyla dėl nepakankamos statistinės galios ir klaidingai teigiamų rezultatų (pirmo tipo klaidų).

Vis dėlto kita iš galimų prieštarų rezultatų priežasčių – neatsižvelgimas į moterų hormoninį statusą. Tik nedaugelis smegenų vaizdinimo tyrimų įtraukė šį veiksnių arba aiškiai nurodė, kurioje menstruacinio ciklo fazėje tirtos dalyvės (Dietrich et al., 2001; Gizewski et al., 2006; Schöning et al., 2007; Zhu et al., 2015). Tiriant pagrindinę su sukimu mintyse siejamą smegenų sritį – parietalinę skiltį – nustatyta, kad jos abipusė aktyvacija didžiausia periovuliacinėje fazėje (Schöning et al., 2007; Zhu et al., 2015). Tuo tarpu vidurinėje geltonkūnio fazėje dešinėje pusėje ši aktyvacija mažėja (Pletzer et al., 2025; Schöning et al., 2007). O lyginant moteris, esančias geltonkūnio fazėje, su vyrais, pastebimas didesnis aktyvumas kaktinėse srityse bei šoniniame pakaušiniame smilkininiame vingyje (angl. *fusiform gyrus*) (Dietrich et al., 2001). Šie aktyvumo pokyčiai menstruacinio ciklo metu gali būti susiję su pasirenkamų strategijų kaita atliekant užduotį. Keletas navigacijos tyrimų rodo, kad moterų pasirodymas skiriasi šioje užduotyje priklausomai nuo ciklo fazės ir yra moduluojamas būtent strategijų (Brown et al., 2020; Hussain et al., 2016; Scheuringer & Pletzer, 2017). Vis dėlto, MRT tyrimų, nagrinėjančių šiuos aspektus sukimo mintyse užduotyje, kol kas nėra.

Be to, mūsų žiniomis, nė viena studija nevertino HK poveikio smegenų aktyvumui atliekant MRT užduotis. Tačiau elgseniniai tyrimai leidžia daryti prielaidas apie galimus strategijų ar aktyvumo pokyčius. Pavyzdžiui, Griksiene et al. (2018) nustatė, kad antiandrogeninę OC vartojančios moterys užduotį atliko greičiau nei NC grupės moterys, tačiau jų tikslumas buvo mažesnis nei vyrų ir NC moterų. Be to, šiame tyrime HK grupėje nebuvo stebimas ryšys tarp figūrų kampinių skirtumų ir atsako laiko, o žemos polinkio koeficiento reikšmės rodė, kad šios moterys galėjo naudoti kitokią nei sukimo mintyse strategiją.

Taigi, visi šie tyrimai rodo, kad pasirinkta strategija atlikti užduotį gali moduluoti tiek elgseninių, tiek smegenų aktyvumo rodiklius atliekant MRT užduotį. Nors MRT užduoties atlikimo strategijos dažniausiai klasifikuojamos dichotomiškai – į holistines ir analitines – ir holistinė strategija paprastai laikoma efektyvesne (Bilge & Taylor, 2017; Griksiene et al., 2018; Hoppe et al., 2012; Hugdahl et al., 2006; Mochizuki et al., 2019; ter Horst et al., 2012; Weiss et al., 2003), šis skirstymas ne visada atspindi realią strategijų įvairovę. Hegarty (2018) atliktas tyrimas, taikant tiek kokybinius, tiek kiekybinius metodus, parodė, kad tiriamieji naudojami bent septyniomis skirtingomis strategijomis, o analitinės strategijos naudojimas gali būti susijęs su didesniu užduoties tikslumu. Tai leidžia manyti, kad strategijų pasirinkimas yra lankstesnis nei manyta anksčiau ir gali priklausyti ne tik nuo lyties, bet ir nuo individualių kognityvinių gebėjimų, patirties ar konteksto. Atsižvelgdami į tai, šiame tyrime sąmoningai nesuteikėme tiriamiesiems konkrečių nurodymų, kaip atlikti MRT užduotį (t. y., neminėjome, kad figūras reikia „sukti mintyse“), siekdami įvertinti spontaniškai pasirenkamas strategijas. Taip pat siekėme išsiaiškinti, ar strategijų pasirinkimas skiriasi tarp vyrų ir moterų, ypač atsižvelgiant į moterų hormoninį statusą (t.y., menstruacinio ciklo fazę bei HK vartojimą).

2.3.4. STEM, emociniai veiksniai ir erdviųjų gebėjimų variacija

Biologiniai veiksniai negali paaiškinti visos erdviųjų gebėjimų variacijos, todėl tyrimuose atsižvelgiama tiek į socialinius, tiek į emocinius aspektus. Vienas iš socialinių veiksnių stipriai susijęs su erdviniais gebėjimais – išsilavinimas/darbas gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos srityse (angl. *Science, technology, engineering, mathematics*, STEM). STEM ir erdviųjų gebėjimų ryšys yra abipusis: viena vertus, aukštesni erdviniai gebėjimai prisideda prie geresnių pasiekimų šiose srityse (Lubinski, 2010; Wai et al., 2009), kita vertus – profesija STEM srityje gali padėti šiuos gebėjimus lavinti (Berkowitz et al., 2021; Maeda & Yoon, 2013). Tai

nestebina, nes ne vienas tyrimas yra parodęs, kad erdviniai gebėjimai yra lavinami (Berneiser et al., 2018; Uttal et al., 2013). Nepaisant to, moterys STEM srityse vis dar išlieka nepakankamai atstovaujamos (Ceci et al., 2009; Stieff et al., 2018), o šis neproporcingumas gali prisidėti prie dar labiau išryškėjančių lyčių skirtumų erdviniuose gebėjimuose.

Emocinis sujaudinimas – tiek teigiamas, tiek neigiamas – taip pat turi reikšmingą poveikį pažinimo procesams ir elgesiui (Bradley et al., 2008; Lu et al., 2017; Zsidó, 2024) ir gali daryti įtaką užduočių atlikimui (Bloise & Johnson, 2007; Shafritz et al., 2006). Streso poveikis vizualinės-erdvinės informacijos apdorojimui jau yra sulaukęs tam tikro mokslinio dėmesio (Brown et al., 2020; Cohen et al., 2020; Richardson & vanderkaay Tomasulo, 2022), tačiau emocinio konteksto vaidmuo šiuo požiūriu išlieka nepakankamai ištirtas (Palmiero et al., 2015, 2016). Palmiero ir kolegų (2016) tyrimas parodė, kad emocinis fonas, manipuluotas per foninę muziką, gali paveikti regimosios darbinės atminties užduočių atlikimą. Dalyviai, klausęsi pozityvios muzikos, Corsi blokų ir vaikščiojimo užduotis atliko geriau nei tie, kurie klausėsi negatyvios ir neutralios muzikos. Įdomu tai, kad lyčių skirtumai pasireiškė tik neigiamos muzikos sąlygoje – moterų rezultatai Corsi užduotyje buvo prastesni nei vyrų. Šie duomenys dera su ankstesniais rezultatais besiremiančiais tiek objektyviais, tiek subjektyviais vertinimais ir rodančiais, jog moterys dažnai stipriau reaguoja į neigiamus emocinius dirgiklius nei vyrai (Bradley et al., 2008; Felmingham et al., 2012; Lungu et al., 2015; Stevens & Hamann, 2012).

2.3.5. Apibendrinimas

Erdviniai gebėjimai yra viena iš kognityvinių funkcijų, kurioje lyčių skirtumai stebimi nuosekliausiai, tačiau jų kilmė vis dar sukelia daug diskusijų mokslinėje bendruomenėje. Nors biologiniai veiksniai, ypač lytinių hormonų koncentracijos, menstruacinio ciklo fazės ir hormoninės kontracepcijos vartojimas, sulaukia nemažai dėmesio, tyrimų rezultatai dažnai yra prieštaringi, o interpretaciją apsunkina metodiniai skirtumai. Tuo tarpu socialiniai ir emociniai veiksniai, tokie kaip profesija STEM srityse bei emocinis sujaudinimas, dažnai lieka periferijoje, nors jie taip pat gali turėti reikšmingos įtakos erdvinių gebėjimų variacijai.

Ypač mažai dėmesio skiriama MRT atlikimo strategijoms, kurios daugelyje tyrimų vertinamos paviršutiniškai, dažniausiai taikant dichotominį – holistinę arba analitinę – požiūrį. Tokia supaprastinta strategijų analizė riboja supratimą apie galimus individualius skirtumus ir jų sąsajas su hormoniniu statusu.

Atsižvelgiant į tai, tarp šio tyrimo uždavinių buvo išsamiau įvertinti, kaip profesija (STEM/ne STEM), emocinis sujaudinimas bei MRT atlikimo strategijų pasirinkimas gali būti susijęs su lytimi ir moterų hormoniniu statusu, bei kaip šie veiksniai atliepia užduoties atlikimą.

2.4. Regimoji darbinė atmintis (RDA)

Regimoji darbinė atmintis (RDA) yra viena iš kertinių kognityvinių funkcijų, leidžianti trumpam išlaikyti ir apdoroti regimąją informaciją užduoties vykdymo metu (Luck & Vogel, 2013). RDA yra būtina tiek kasdienėje veikloje, tiek sprendžiant sudėtingas kognityvines užduotis. Ribota jos talpa tiesiogiai veikia daugelį pažintinių procesų, tokių kaip problemų sprendimas ar planavimas, ir glaudžiai susijusi su bendru intelektu (Johnson et al., 2013; Luck & Vogel, 2013). Dėl šių priežasčių RDA vertinimas yra svarbus norint giliau suprasti kognityvinius procesus.

Šiame darbe RDA buvo vertinama dėl jos glaudaus ryšio su erdvinėmis užduotimis (MRT ir CST), kurios reikalauja laikino regimųjų vaizdinių išlaikymo ir manipuliavimo jais mintyse. Užduotis buvo įtraukta ne tik siekiant įvertinti lyties ir moterų hormoninio statuso sąsajas su RDA rodikliais – tiek užduoties atlikimo, tiek neurofiziologiniais – bet ir remiantis prielaida, jog skirtumai RDA užduotyje gali būti vienas iš mechanizmų, prisidedančių prie lyčių skirtumų erdvinuose gebėjimuose.

2.4.1. Lyties ir lytinių steroidinių hormonų sąsajos su darbine atmintimi

Nors tyrimų, nagrinėjančių lyties ir lytinių hormonų svyravimų poveikį RDA, vis dar yra palyginti nedaug, siekiant išsamiau suprasti hormoninių veiksnių įtaką šiai kognityvinei funkcijai, skyriuje analizuojami ir kitų DA tipų tyrimai. Bus aptarti DA tyrimai, kuriuose naudoti verbaliniai ar emociniai stimulai, taip pat užduotys, susijusios ne tik tiesiogiai su DA, bet ir su platesniais atminties procesais, tokiais kaip epizodinė ir trumpalaikė atmintis.

Vienas iš dažniausiai stebimų lyčių skirtumų pasireiškia objektų ir jų vietos įsiminimo užduotyse. Nors šios užduotys paprastai siejamos su erdvine ar epizodine atmintimi, jos taip pat apima darbinės atminties komponentus. Tokias užduotis moterys dažnai atlieka geriau nei vyrai (Lejbak et al., 2009; Levy et al., 2005; Saucier et al., 2007; Voyer et al., 2007). Manoma, kad bent iš dalies šie skirtumai gali būti siejami su lytinių steroidinių hormonų, ypač estradiolio, poveikiu atminčiai. Tiriant moterų DA užduočių atlikimą skirtingose menstruacinio ciklo fazėse, pastebėta, kad rezultatai kinta priklausomai nuo ciklo fazės. Pavyzdžiui, tiek verbalinių DA užduočių, tiek n-atgal (angl. *N-back*) užduočių (pvz., 0-atgal ar 1-atgal), kurių metu reikia

įsiminti ir palyginti dabartinį stimulą su neseniai pateiktu, rezultatai buvo geresni priešovuliacinėje fazėje, kai estradiolio lygis yra aukštas, nei folikulinėje fazėje, kai estradiolis žemas (Joseph et al., 2012; Rosenberg & Park, 2002). Panašius rezultatus rodo ir tyrimai, kuriuose moterys buvo retrospektyviai suskirstytos į žemo ir aukšto estradiolio lygio grupes. Aukštesnio estradiolio lygio grupės dalyvės pasiekė geresnius DA užduočių rezultatus (Hampson & Morley, 2013; Vranić & Hromatko, 2008). Galiausiai, koreliacinės analizės gana nuosekliai atskleidžia teigiamą ryšį tarp estradiolio koncentracijos ir įvairių DA užduočių atlikimo aspektų (Hampson, 2018; Hampson & Morley, 2013; Joseph et al., 2012; Rosenberg & Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008).

Nors šių tyrimų rezultatai rodo galimą teigiamą sąsają tarp estradiolio koncentracijos ir atminties procesų, tam tikri metodiniai sprendimai aptartuose tyrimuose neleidžia daryti tvirtų išvadų. Taip yra todėl, kad kai kuriose anksčiau minėtose studijose aukšto estradiolio lygio grupės sutapo su vidurine geltonkūnio ciklo faze, kuriai būdingas ne tik estradiolio pikas, bet ir reikšmingas progesterono koncentracijos padidėjimas. Šių dviejų hormonų sąveika apsunkina rezultatų interpretavimą ir individualių hormonų poveikio atribojimą.

Kadangi natūralaus menstruacinio ciklo metu progesterono koncentracija visuomet kyla kartu su estradioliu, apie specifinį jo poveikį atminčiai žinoma nedaug (Griksiene et al., 2022; Pletzer et al., 2023). Nepaisant to, esami duomenys leidžia manyti, kad šis hormonas gali turėti priešingą – neigiamą – poveikį atminčiai. Pavyzdžiui, prastesni erdvinės DA (Man et al., 1999) ir verbalinės trumpalaikės atminties (Schmitt et al., 2005) rezultatai buvo stebėti vidurinėje geltonkūnio fazėje, kai progesterono lygis yra aukštas, palyginti su folikuline faze, kai jo lygis žemas. Papildomų įžvalgų apie galimą progesterono poveikį darbinei atminčiai pateikiama pakartotinio dizaino fMRI tyrime, kurį atliko Hidalgo-Lopez & Pletzer (2021). Jame buvo analizuotas N-atgal (angl. *N-back*) užduoties atlikimas bei su šia užduotimi susijusio kaktinės–dryžuotojo kūno (angl. *Fronto-striatal*) sistemos aktyvumo ir funkcinių ryšių kaita menstruacinio ciklo metu. Nors tarp ciklo fazių nebuvo nustatyta reikšmingų užduoties atlikimo tikslumo ar atsako laiko skirtumų, geltonkūnio fazėje pastebėti keli reikšmingi smegenų aktyvumo pokyčiai. Tyrimo metu stebėta sumažėjusi tarp-pusrutulinė sąveika, padidėjęs kaktinių smegenų sričių aktyvumas ir silpnėjęs slopinimas reikšmingumo atpažinimo tinkle (*salience network*), kurio pagrindinės sritys yra priekinė sala (*anterior insula*) ir nugarinė priekinė juostinė žievė (*dorsal anterior cingulate cortex*, DACC), taip pat dryžuotasis kūnas (*striatum*). Autorių teigimu, šie smegenų aktyvacijos pokyčiai gali rodyti, kad geltonkūnio fazėje užduoties atlikimui

reikia daugiau kognityvinių pastangų, o fiksuoti aktyvaciniai skirtumai gali veikti kaip kompensacinis mechanizmas, padedantis išlaikyti panašius užduoties rezultatus nepaisant hormoninių pokyčių.

Nors testosteronui DA tyrimuose skiriama dar mažiau dėmesio nei kitiems lytiniais hormonams, jo potencialas moduluoti atminties procesus taip pat svarbus. Tyrimas su 6–14 metų vaikais parodė, kad didėjantis testosterono kiekis pereinamuoju laikotarpiu tarp vaikystės ir paauglystės siejosi su pagerėjusia verbaline DA tiek berniukams, tiek mergaitėms (Killanin et al., 2024). Vyresniame amžiuje nustatyta, kad testosterono papildų vartojimas pagerino DA užduočių rezultatus vyrams (Janowsky et al., 2000).

Tuo tarpu tyrime, atliktame su suaugusiomis moterimis, vertinusiame lytinių hormonų sąsajas su įvairiomis kognityvinėmis funkcijomis dviejų menstruacinių ciklų laikotarpiu, testosterono koncentracija nebuvo susijusi su DA rodikliais (Leeners et al., 2017). Kita vertus, galima manyti, kad testosterono ir DA sąsajos gali išryškėti tik esant tam tikroms sąlygoms. Pavyzdžiui, tyrime, kuriame dalyvavo moterys, sergančios policistinių kiaušidžių sindromu – būkle, kuriai būdingas padidėjęs testosterono lygis – šios dalyvės prasčiau atliko erdvinės DA užduotį nei sveikos moterys. Tačiau tiesioginių sąsajų tarp testosterono koncentracijos ar laisvų androgenų indekso ir užduoties atlikimo nebuvo nustatyta (Schattmann & Sherwin, 2007).

Apibendrinant galima teigti, kad lytiniai hormonai, ypač estradiolis ir progesteronas, yra susiję su tam tikrais DA aspektų pokyčiais, ypač moterų imtyse. Nors estradiolio koncentracija siejama su geresniais DA rezultatais, progesteronas gali turėti priešingą – neigiamą – poveikį, o jų sąveika menstruacinio ciklo metu apsunkina šių ryšių interpretavimą. Testosteronas taip pat rodo potencialą moduluoti DA, tačiau tyrimų vis dar trūksta. Atsižvelgiant į tai, būtini tolesni tyrimai, padedantys tiksliau įvertinti lytinių hormonų vaidmenį tiek vyrų, tiek moterų imtyse.

2.4.2. Hormoninės kontracepcijos sąsajos su darbine atmintimi

Nors atminties tyrimuose daugiausia dėmesio skiriama natūraliems lytinių hormonų svyravimams, sintetiniai steroidiniai hormonai taip pat gali moduluoti DA procesus. Vienas iš jų – etinilestradiolis, sintetinis estrogenas, naudojamas kombinuotose OC tabletėse. Jis laikomas stipresne estradiolio forma, nes ilgiau išlieka organizme ir stipriau jungiasi prie estrogenų receptorių (Gogos et al., 2014). Kadangi tyrimai rodo, kad endogeninis estradiolis yra svarbus įvairiems atminties procesams, o teigiamos sąsajos tarp jo koncentracijos ir DA užduočių atlikimo buvo stebėtos ne viename tyrime (Hampson, 2018; Hampson & Morley, 2013; Joseph et al., 2012; Rosenberg

& Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008), kai kurie autoriai kelia prielaidą, kad moterys vartojančios OC, kurių sudėtyje yra etinilestradiolio, gali geriau pasirodyti DA užduotyse (Gogos et al., 2014).

Keli tyrimai yra analizavę OC vartojimo ryšį su DA. Pavyzdžiui, Gogos (2013) nustatė, kad kombinuotą OC vartojančios ir NC moterys su aukštu estradiolio lygiu, kai kurias kognityvines užduotis – įskaitant momentinės ir uždelstos atminties užduotis – atliko geriau nei vyrai. Tačiau reikšmingų skirtumų tarp moterų grupių nebuvo pastebėta. Gravelsins ir kt. (2021) tyrime buvo vertintas dviejų skirtingų užduočių atlikimas OC vartojančių ir NC moterų grupėse. N-atgal užduotyje reikšmingų skirtumų tarp grupių nenustatyta. Tačiau atliekant užduotį, vertinančią tikslinės informacijos išlaikymą ir inhibiciją (*angl. Ax-Continuous Performance Task*), OC vartotojos pasižymėjo aukštesniu proaktyvaus elgesio indeksu – rodikliu, kuris svarbus DA (Luck & Vogel, 2013). Vis dėlto dauguma tyrimų nerado reikšmingų atlikimo skirtumų tarp OC vartotojų ir NC moterų DA užduotyse (Gogos, 2013; Komnenich et al., 1978; Kuhlmann & Wolf, 2005; Kuhn & Martini, 2022; Rosenberg & Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008).

Svarbu pažymėti, kad dauguma šių tyrimų neatsižvelgė į OC progestinų androgeniškumo savybes. Kuhn & Martini (2022) pabrėžė, kad reikšmingi skirtumai tarp OC vartotojų ir NC moterų išryškėjo tik tuomet, kai buvo įvertinta vartojamų progestinų androgeniškumo kryptis: moterys, vartojusios OC su androgeniniais progestiniais, erdvines DA užduotis atliko greičiau nei tos, kurios naudojo tabletes su antiandrogeniniais progestiniais. Šie rezultatai leidžia manyti, kad HK sudėtis, ypač jų androgeniškumas, gali būti svarbus DA moduliuojantis veiksnys.

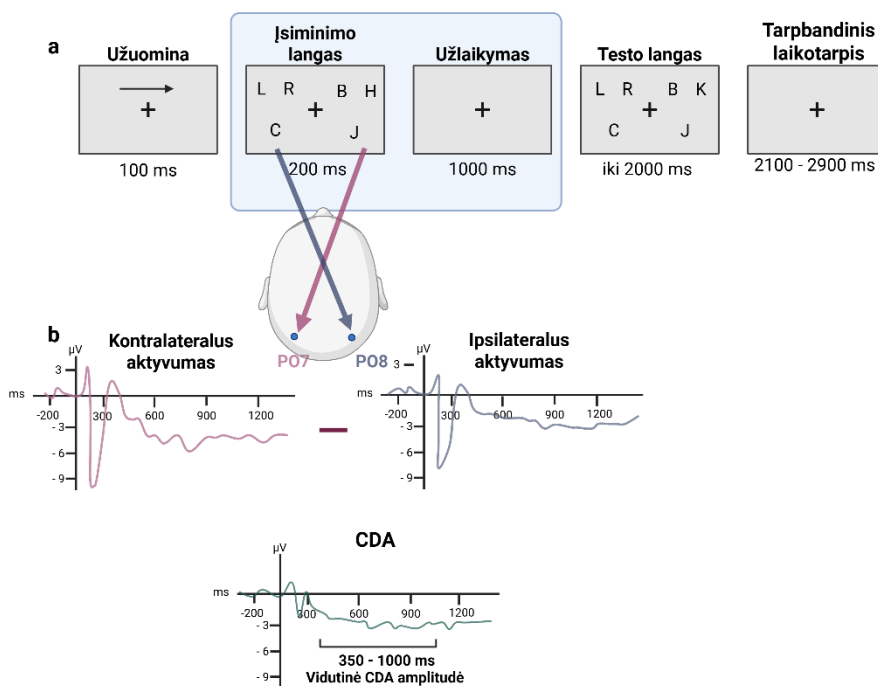
Ši išvada ypač aktuali atsižvelgiant į tai, kad kitas hormoninės kontracepcijos tipas, analizuojamas šiame tyrime – hormoninė IUD – taip pat veikia per androgeninį progestiną levonorgestrelį. Vis dėlto, šios kontracepcijos formos poveikis smegenų veiklai ir DA kol kas netirtas (Beltz, 2022; Beltz, Demidenko, et al., 2022; Bürger et al., 2021), todėl būtina skirti daugiau dėmesio šiai sričiai.

Apibendrinant galima teigti, kad HK vartojimo sąsajos su DA kol kas nėra pakankamai aiškos. Nors kai kurie duomenys leidžia kelti prielaidą apie galimą teigiamą poveikį, dauguma tyrimų reikšmingų skirtumų neranda. Tyrimuose atkreipiamas dėmesys į tai, kad kontraceptikų sudėtis – progestinų androgeniškumo kryptis – gali būti svarbus veiksnys, lemiantis kognityvinių skirtumų atsiradimą. Atsižvelgiant į tai, būtini tolimesni tyrimai, kurie įvertintų tiek hormoninių komponentų savybes, tiek skirtingų kontracepcijos formų poveikį DA.

2.4.3. Regimosios darbinės atminties užduotis ir su ja susijęs potencialas

Pokyčių aptikimo užduotis (angl. *Change detection paradigm*) yra viena dažniausiai naudojamų užduočių RDA tyrimuose (Luck & Vogel, 2013; Luria et al., 2016; Rouder et al., 2011). Šios užduoties metu tiriamiesiems ekrane trumpam (100–500 ms) pateikiamas įsiminimo langas, kuriame rodomi stimulai (pvz., įvairiomis kryptimis orientuotos skirtingų spalvų stačiakampiai, kvadratai, raidės ar kitos formos). Po to seka išlaikymo periodas (900–1000 ms), kurio metu ekranas būna tuščias arba jame lieka tik fiksacijos kryželis. Galiausiai pateikiamas testo langas, kurio rodymo metu tiriamasis turi nurodyti, ar jame esantys stimulai (spalva, orientacija, lokacija, raidė) sutampa su įsiminimo lange matytais stimulais, ar įvyko pokytis (**pav. 2.4. a**).

Viena iš šios užduoties modifikacijų – dvipusė (arba kryptinė) versija (Vogel & Machizawa, 2004). Joje, siekiant kontroliuoti dėmesio paskirstymą tarp regimųjų laukų, prieš įsiminimo lango pateikimą trumpai parodoma rodyklė, nurodanti, kuriai ekrano pusei (dešinei ar kairei) tiriamasis turi skirti dėmesį ir įsiminti ten pateiktus stimulus, ignoruodamas kitus. Šis dėmesio sutelkimas į vieną regimojo lauko pusę leidžia registruoti specifinį su įvykiu susijusį potencialą (SISP) – kontralateralų atidėto aktyvumo komponentą (angl. *Contralateral delay activity*, CDA). Šis komponentas atspindi elektrinio aktyvumo skirtumą tarp smegenų pusrutulio, esančio priešingoje pusėje nei rodomi stimulai (kontralateralinio), ir toje pačioje pusėje (ipsilateralinio), oksipitalinėse–parietalinėse srityse (**pav. 2.4. b**).



2.4. pav. a. Regimosios darbinės atminties užduoties eiga. Tiriamieji, vadovaudamiesi rodyklės užuomina, įsimena vienoje pusėje pateiktas raides ir po išlaikymo periodo nurodo, ar testiniame lange buvo pokytis. b. CDA apskaičiuojamas kaip skirtumas tarp kontralateralinio ir ipsilateralinio aktyvumo parietalinėse–okspitalinėse srityse (PO7/PO8)

Sukurta: <https://BioRender.com>

CDA pasireiškia kaip neigiama banga, prasidedanti maždaug 300 ms po stimulų pateikimo ir trunkanti visą RDA išlaikymo intervalą. Šio komponento amplitudė didėja didėjant objektų, kuriuos reikia įsiminti, skaičiui, iki kol pasiekama DA talpos riba (Vogel & Machizawa, 2004). Dėl šių savybių CDA laikomas patikimu neurofiziologiniu RDA talpos rodikliu (apžvelgta Luria et al., 2016).

Nors dvipusė vizualinio pokyčių aptikimo užduotis plačiai taikoma tiek elgseniniuose, tiek EEG tyrimuose, iki šiol nebuvo atlikta tyrimų, kuriuose šis metodas būtų naudotas tiriant lytinių hormonų, menstruacinio ciklo ar hormoninės kontracepcijos poveikį RDA talpai ir CDA amplitudei. Ši užduotis buvo pasirinkta kaip metodiškai patikimas ir jautrus būdas vertinti RDA ne tik pagal užduoties atlikimo rodiklius, bet ir pagal objektyvius neurofiziologinius duomenis. Tai ypač svarbu tiriant subtilius individualius

skirtumus, susijusius su lytimi ar moterų hormoniniu statusu, ir siekiant tiksliau interpretuoti erdvinį gebėjimų atlikimo rezultatus.

2.4.4. Apibendrinimas

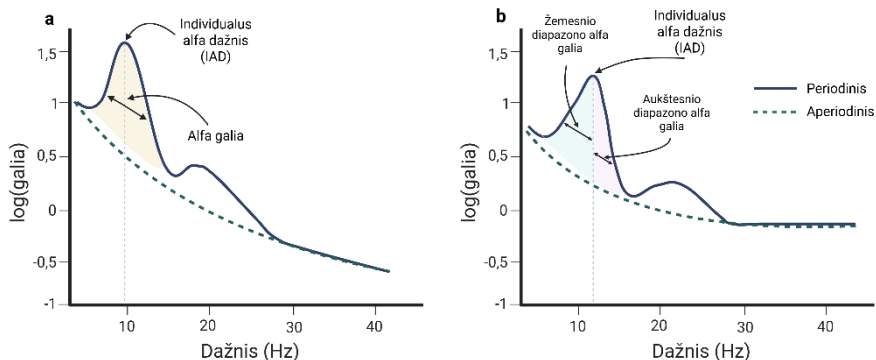
Apibendrinant galima teigti, kad esami duomenys rodo galimas lytinių hormonų sąsajas su DA, ypač moterų menstruacinio ciklo ar hormoninės kontracepcijos kontekste. Tačiau tyrimų rezultatai dažnai nevienareikšmiai, o dauguma jų remiasi vien tik atlikimo rodikliais, kurie gali būti nepakankamai jautrūs subtiliems hormoniniams poveikiams. Atsižvelgiant į tai, kyla poreikis taikyti metodus, leidžiančius vienu metu vertinti tiek atlikimo, tiek neurofiziologinius DA parametrus. Vienas tokių metodų – vizualinio pokyčio aptikimo užduotis ir jos metu registruojamas CDA komponentas – suteikia galimybę detaliau tirti hormonų ir DA sąsajas.

2.5. Ramybės būsenos elektroencefalografija (rsEEG)

EEG – tai neinvazinis metodas, leidžiantis registruoti smegenų žievės elektrinį aktyvumą, kylantį iš sinchronizuotų postsinapsinių potencialų, kuriuos generuoja didelės vienodai orientuotų piramidinių neuronų populiacijos. Šie potencialai susidaro, kai neurotransmiterių sukelta jonų tėkmė formuoja dipolius ir sukelia didelio masto įtampos svyravimus, kurie registruojami elektrodais, pritvirtintais prie galvos paviršiuje. EEG gali būti naudojama tiek momentiniams su įvykiu susijusiems smegenų atsakams registruoti (pvz., CDA), tiek vertinant bendrą ritminę smegenų veiklą, kurių dažnis ir galia siejami su įvairiais kognityviniais, suvokimo ir sužadinimo procesais (Ahmad et al., 2022; Klimesch, 1999).

Vertinant smegenų žievės sužadinamumą bei žadinančios ir slopinančios veiklos pusiausvyrą (angl. *excitatory/inhibitory balance*, E/I balansas), taikoma EEG pagrįsta galios spektro tankio (angl. *Power spectral density*, PSD) analizė, leidžianti tirti tiek periodinius, tiek aperiodinius smegenų aktyvumo komponentus (**pav. 2.5.**) (Ahmad et al., 2022; Donoghue et al., 2020). Tradiciškai daugiausia dėmesio buvo skiriama periodiniam aktyvumui – ritminėms neuronų osciliacijoms (pvz., teta, alfa, beta), kurios siejamos su įvairiais kognityviniais, suvokimo ir elgesio procesais (Grandy et al., 2013; Klimesch, 2012; Klimesch et al., 2007; Samaha et al., 2020). Šių osciliacijų kontekste dažniausiai analizuojami tokie rodikliai kaip individualus osciliacijų dažnis (t. y., dažnis, kuriame pasireiškia didžiausias konkretaus ritmo aktyvumas) bei jų galia, atspindintys atitinkamų smegenų ritmų stiprumą ir funkcinius ypatumus. Vis dėlto pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama ir aperiodinio EEG aktyvumo analizei, PSD 1/f nuolydžiui,

kuris laikomas jautriu E/I balanso rodikliu ir gali netiesiogiai atspindėti neurocheminių procesų dinamiką (Donoghue et al., 2020, 2022; Gerster et al., 2022; Lendner et al., 2020). Šis nuolydis apibūdina galios mažėjimo trajektoriją dažnių spektre: statesnis nuolydis siejamas su žemo dažnio bangų dominavimu EEG signale ir aktyvesniu slopinimu (2.5 pav. a), o plokštesnis – su padidėjusiu sužadinamuoju aktyvumu (2.5 pav. b).



2.5. pav. Pavyzdiniai galios spektro (PSD) grafikai, atvaizduojantys periodinę (nenutrūkstama linija) ir aperiodinę (punktyrinė linija) EEG signalo komponentes. a. Statesnis 1/f nuolydis, siejamas su žemų dažnių dominavimu ir aktyvesniu slopinimu. b. Plokštesnis 1/f nuolydis, siejamas su didesniu sužadinamuoju aktyvumu. Abiejuose grafikuose pažymėtas individualus alfa dažnis (IAD), t. y. dažnis, ties kuriuo alfa dažnių ruože fiksuojamas galios pikas, bei atitinkama alfa ritmo galia.

Sukurta: <https://BioRender.com>

Estrogenai, progesteronas ir androgenai veikia smegenis jungdamiesi prie specifinių receptorių ir moduliudami neurotransmiterių sistemas, tokias kaip GABA, dopamino ar serotonino (plačiau aptarta 2.1 skyriuje). Pavyzdžiui, estradiolis dažniausiai siejamas su žadinančių sistemų, tokių kaip serotonerginė, dopaminerginė ar glutamaterginė, aktyvacija (Amin et al., 2005; Barth et al., 2015; Cyr et al., 2001), o progesteronas ir jo metabolitai sąveikauja su slopinančiąja GABAergine sistema (Bäckström et al., 2011; Griksiene et al., 2022; Pletzer et al., 2023). Androgenai gali veikti tiek tiesiogiai androgenų receptorių, tiek netiesiogiai, kai smegenyse jie konvertuojami į estradiolį ir veikia estrogenų receptorių, taip moduliudami įvairias neurotransmiterių sistemas: glutamaterginę, GABAerginę, dopaminerginę, cholinerginę ir serotonerginę (Nguyen et al., 2017; Nguyen et al., 2017). Dėl šių sąveikų tarp lytinių hormonų ir neurotransmiterių sistemų keliama prielaida, kad hormonų koncentracijų skirtumai tarp lyčių, taip pat jų

variacija menstruacinio ciklo metu ar dėl HK vartojimo gali būti susiję su smegenų elektrinio aktyvumo pokyčiais (matuojamais EEG metodu).

Nors EEG signalas nėra tiesioginis žadinimo ar slopinimo matas ir nei signalų amplitudės, nei dažnis konkrečiu momentu negali patikimai parodyti, kuris iš šių procesų vyksta konkrečioje smegenų srityje, vis dėlto tam tikrų EEG parametrų – tiek periodinių (pvz., alfa aktyvumo), tiek aperiodinių (pvz., 1/f nuolydžio) – visuma tam tikrame laiko intervale gali atspindėti apibendrintą žadinimo ir slopinimo balansą. Tokie rodikliai laikomi netiesioginiais, tačiau vertingais smegenų sužadynamumo lygio ir su tuo susijusių neurocheminių procesų žymenimis. Todėl ramybės būsenos EEG (rsEEG), leidžianti vertinti tiek ritminį neuroninį aktyvumą, tiek bendresnę spektrinę struktūrą, tampa tinkamu metodu analizuoti, kaip hormonų moduluojami neurocheminiai pokyčiai gali būti susiję su kognityvinėmis funkcijomis.

2.5.1. Periodinis ir aperiodinis smegenų aktyvumas: ryšys su moterų hormoniniu statusu bei lytimi

Ryšys tarp periodinio EEG aktyvumo ir moterų menstruacinio ciklo buvo išsamiai nagrinėtas keliuose rsEEG (Baker & Colrain, 2010; Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982; Brötzner et al., 2014; Creutzfeldt et al., 1976; Krug et al., 1999; Solis-Ortiz et al., 1994; Wuttke et al., 1975) bei viename magnetoencefalografijos (rsMEG) tyrime (Haraguchi et al., 2021). Nuosekliausi rezultatai gauti analizuojant alfa ritmą – ritmišką žievės elektrinę veiklą 8–13 Hz dažniu, kuri labiausiai išryškėja pakaušio srityse ramybės ar užmerktų akių būsenoje ir atspindi žievės sinchronizacijos bei slopinimo procesus, svarbius efektyviam informacijos apdorojimui ir dėmesio valdymui (Klimesch, 2012; Klimesch et al., 2007). Tyrimų duomenys rodo, kad individualus alfa dažnis (IAD) yra žemesnis pirmoje ciklo dalyje (ankstyvojoje ar vėlyvojoje folikulinėje fazėje) ir aukštesnis antroje – geltonkūnio – fazėje (Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982; Brötzner et al., 2014; Ehlers et al., 1996; Haraguchi et al., 2021). Be to, Brötzner ir kt. (2014) nustatė neigiamą koreliaciją tarp IAD ir estradiolio koncentracijos, tačiau ryšio su progesteronu neaptiko.

Alfa galios pokyčiai menstruacinio ciklo metu taip pat rodo galimą lytinių hormonų įtaką: didesnė galia stebėta ankstyvojoje folikulinėje fazėje (kai abu hormonai žemi) ir vėlyvojoje folikulinėje fazėje (kai estradiolio lygis aukštas, bet progesteronas – žemas), palyginti su vidurine ar vėlyvąja geltonkūnio faze (Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982; Krug et al., 1999; Vasil'eva, 2005). Taip pat nustatyta, kad progesterono koncentracija teigiamai siejosi su

aukštesniojo alfa diapazono (10–13 Hz) galia ir neigiamai – su žemesniojo (7–10 Hz) diapazono galia (Bazanova et al., 2014). Šiuos duomenis papildė Baker ir Colrain (2010) tyrimas, kuriame stipresnė aukšto dažnio alfa galia buvo stebėta vėlyvojoje geltonkūnio fazėje, kai progesterono lygis aukštesnis nei folikulinėje fazėje.

Aperiodinis komponentas – galios spektro $1/f$ nuolydis, atspindintis E/I balanso dinamiką – iki šiol nebuvo analizuotas lytinių hormonų kontekste. Aukščiau aptartuose tyrimuose, vertinusiuose menstruacinio ciklo ar hormoninės kontracepcijos sąsajas su EEG signalu, dažniausiai buvo analizuojamas tik periodinis aktyvumas, neatsižvelgiant į aperiodinio komponento – $1/f$ nuolydžio – įtaką. Naujausi tyrimų duomenys rodo, kad toks vertinimo būdas gali iškraipyti osciliacinių rodiklių interpretaciją, nes ignoruojamas galimas aperiodinio aktyvumo indėlis į galios pokyčius (Donoghue et al., 2020, 2022; Gerster et al., 2022). Todėl kai kurie iš anksčiau stebėtų galios pokyčių menstruacinio ciklo metu gali būti labiau susiję ne su osciliacijų, o būtent su $1/f$ nuolydžio svyravimais.

Nors žinoma, kad testosteronas smegenyse gali jungtis prie androgenų receptorių ar būti konvertuojamas į estradiolį ir moduluoti įvairių neurotransmiterių sistemų aktyvumą (Nguyen et al., 2017), nei vienas iš anksčiau aptartų tyrimų netyrė testosterono koncentracijos ryšio su rsEEG parametrais moterų ar vyrų imtyse. Viename iš nedaugelio tyrimų, kuriame buvo vertintos hormonų (testosterono ir progesterono) ir periodinio aktyvumo sąsajos, Riddle ir kt., (2020) nustatė, kad progesterono koncentracija teigiamai koreliavo su teta osciliacijomis kaktiniame-parietaliniame tinkle, tačiau ryšio su testosteronu nebuvo aptikta. O keli tyrimai, vertinantys dažnių galias, rodo, kad moterų grupėje stebima didesnė bendra smegenų osciliacijų galia (Volf et al., 2015; Wada et al., 1994), taip pat ir specifinių dažnių – delta, alfa ir beta – bangų galios padidėjimas (Cave & Barry, 2021). Šie rezultatai rodo, kad lytis gali būti svarbus veiksnys aiškinant rsEEG parametrų variacijas, tačiau tyrimų su sveikais, suaugusiais tiriamaisiais šia tema vis dar labai mažai.

2.5.2. Apibendrinimas

Apibendrinant galima teigti, kad nors rsEEG tyrimų, vertinančių lytinių hormonų poveikį periodiniam ir ypač aperiodiniam smegenų aktyvumui sveikų suaugusiųjų imtyse vis dar labai mažai, esami duomenys leidžia manyti, kad hormonų sukelti žievės sužadinamumo ar žadinimo/slopinimo (E/I) balanso pokyčiai gali būti vienas iš mechanizmų, paaiškinančių menstruacinio ciklo metu, hormoninės kontracepcijos vartojimo ar lyčių lygmeniu stebimus elgesio, kognityvinių funkcijų ar emocijų reguliacijos

skirtumus. Kadangi tiek periodinis, tiek aperiodinis smegenų aktyvumas (galios spektro $1/f$ nuolydis) netiesiogiai atspindi neurocheminių sistemų veiklos balansą, jų analizė gali suteikti papildomos informacijos apie hormonų poveikio smegenims pobūdį.

3. METODAI

3.1. Tyrimo dalyviai

Tyrimė dalyvavo 184 tiriamieji: 145 moterys ir 39 vyrai, kurių amžius svyravo nuo 18 iki 35 metų. Visi dalyviai turėjo normalią ar koreguotą regą, neturėjo diagnozuotų psichikos, neurologinių ar endokrininių sutrikimų. Dalyvių paieška vyko tarp Vilniaus universiteto studentų ir socialiniuose tinkluose. Tyrimą patvirtino Vilniaus regioninis biomedicininis tyrimų etikos komitetas (Nr. 2020/4-1223-708), visi tiriamieji pasirašė informuotą sutikimą ir gavo finansinę kompensaciją už sugaištą laiką.

Moterys buvo suskirstytos į keturias grupes pagal jų hormoninį statusą (t.y., menstruacinio ciklo fazes bei pagal vartojamos HK tipą):

- NCF (ankstyvoji folikulinė fazė, $n = 37$): tyrime dalyvavo 1–7 ciklo dieną (vid. $3,2 \pm 1,9$).
- NCG (vidurinė geltonkūnio fazė, $n = 37$): tyrime dalyvavo intervale nuo 4 d. po prognozuotos ovuliacijos iki 4 d. prieš kitas menstruacijas (vid. $21,3 \pm 4,9$ ciklo diena). Ovuliacija buvo apskaičiuojama atimant 14 dienų nuo tikėtinės artėjančių menstruacijų pradžios (Schmalenberger et al., 2021).

NC moterų menstruacinio ciklo reguliarumas ir trukmė buvo patikslintas naudojant savistabos klausimus, kurie buvo paremti trimis paskutiniais menstruaciniais ciklais. Visos NC grupės moterys nevartojo HK bent 3 mėnesius iki tyrimo.

- OC (geriamąją kontracepciją vartojančios moterys, $n = 38$): tyrime dalyvavo aktyvioje OC tabletės fazėje t.y., 4 – 20 dieną nuo naujos tablečių pakuotės pradžios. OC vartojimo trukmė tyrimo imtyje variavo nuo 3 iki 144 mėn. Visos moterys naudojo kombinuotą geriamąją kontracepciją, kurios sudėtyje buvo etinilestradiolis ar estradiolio valeratas kombinuotas su progestiniais. Pastarieji buvo skirstomi į androgeniškus ($n = 10$) ir antiandrogeniškus ($n = 28$).
- IUD (hormoninę vidugimdinę spiralę turinčios moterys, $n = 33$): Visos naudojo levonorgestrelį išskiriančią hormoninę IUD ne trumpiau nei 3 mėnesius (naudojimo trukmė 4 – 96 mėn.). Kadangi, vartojant IUD, sintetinių hormonų išsiskyrimas yra pastovus, o menstruacinio ciklo fazė neretai sunkiai identifikuojama, šios grupės moterys į tyrimą buvo kviečiamos joms patogiu metu, neprisirišant prie specifinių dienų. Tik 13 moterų (~40 %) galėjo tiksliai nurodyti ciklo trukmę (vid. $29,4 \pm 2,9$ d.) ir menstruacinio ciklo dieną, kurioje buvo eksperimento metu (vid. $12,4 \pm 9,5$ d.); likusios (~60 %) patyrė amenorėją.

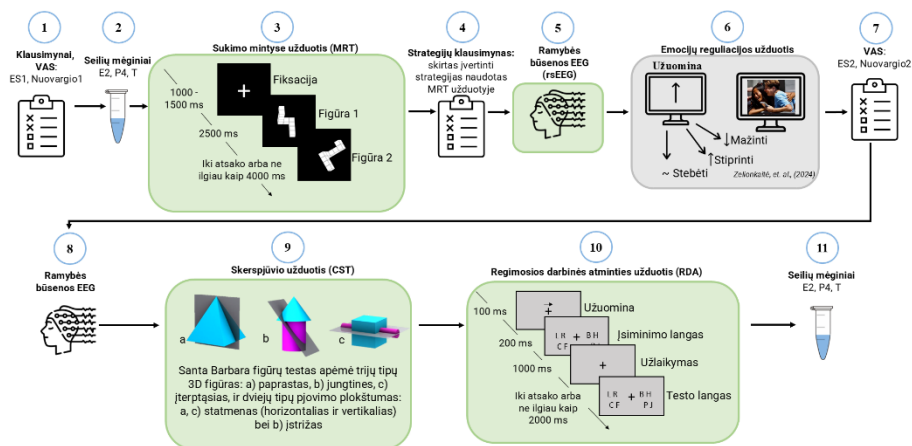
Tyrimo dalyvių vartotų OC ir IUD sudėtis (hormonų tipai bei koncentracijos) pateikta šio darbo priede A.

3.2. Tyrimo eiga

Visą tyrimą sudarė trys kognityvinės užduotys (CST, MRT ir RDA), emocijų reguliacijos užduotis bei ramybės būsenos EEG registracija (3.1. pav.).

Eksperimentai buvo atliekami nuo elektrinio ir garsinio triukšmo izoliuotoje, kontroliuojamo apšvietimo patalpoje. Siekiant kontroliuoti cirkadinio ritmo įtaką, specifiskai išvengti rytinių testosterono ir kortizolio koncentracijos pikų, visi tyrimai buvo atliekami nuo 11 val. ryto

Tyrimo pradžioje dalyviai pildė klausimynus: demografinius ir bendros informacijos klausimyną, rankiškumo klausimyną (Oldfield, 1971), emocinės būsenos vertinimo klausimynus (teigiamo, neigiamo emocijų skalę (angl. *Positive, negative affect scale*, PANAS, Šilinskas & Žukauskienė, 2004; Watson et al., 1988) ir generalizuoto nerimo klausimyną (angl. *Generalized anxiety disorder*, GAD-7, Butkutė-Šliuozienė, 2019; Spitzer et al., 2006) bei vizualines analogines skales (VAS) emocijiniam sujaudinimui ir nuovargiui vertinti.



3.1. pav. Tyrimo eiga: (1) Klausimynai, VAS; (2) Seilių mėginiai; (3) Sukimo mintyse užduotis (MRT); (4) MRT užduoties strategijų klausimynas; (5) Ramybės būsenos EEG (rsEEG); (6) Emocijų reguliacijos užduotis; (7) VAS; (8) Ramybės būsenos EEG; (9) Skerspjuvio užduotis (CST); (10) Regimosios darbinės atminties užduotis (RDA); (11) Seilių mėginiai (E2, P4, T).

Pastaba: ES – emocinis sujaudinimas; E2 – 17β-estradiolis, P4 – progesteronas, T – testosteronas.

3.3. Klausimynai, VAS skalės

3.3.1. Demografiniai ir bendri klausimai

Pirmiausia tiriamųjų buvo prašoma atsakyti į klausimus apie amžių, išsilavinimą, profesiją/užimtumą (siekiant nustatyti, ar asmuo studijuoja ar dirba STEM srityje), bendrą sveikatos būklę ir miego kokybę. Moterims taip pat buvo pateikti papildomi klausimai apie menstruacinio ciklo reguliarumą, trukmę ir hormoninės kontracepcijos vartojimą.

3.3.2. Rankiškumas

Tiriamųjų polinkis į dešiniarankiškumą ar kairiarankiškumą buvo vertintas naudojant lietuvišką Edinburgo rankos dominavimo klausimyno versiją (Oldfield, 1971), sudarytą iš 10 kasdinių veiklų. Dalyviai turėjo nurodyti, kuriai rankai teikia pirmenybę atliekant kiekvieną išvardytą veiklą, pažymėdami kryželį atitinkamame stulpelyje – kairiajame arba dešiniajame. Remiantis atsakymais buvo apskaičiuotas rankiškumo indeksas (RI), taikant formulę:

$$RI = ((\text{deš.} - \text{kair.}) / \text{viso}) \times 100$$
, kur rezultatas svyruoja nuo –100 (stipri kairiarankystė) iki +100 (stipri dešiniarankystė).

3.3.3. Emocinės būsenos vertinimas

Emocinė būsena buvo vertinama dviem klausimynais:

- Teigiamo ir neigiamo emocingumo skale (PANAS) (Šilinskas & Žukauskienė, 2004; Watson et al., 1988), kurią apima 10 teigiamo (PA) ir 10 neigiamo (NA) emocingumo bruožų (pvz., laimingas, besidomintis, nervingas, prislėgtas). Kiekvienas teiginys vertinamas 5 balų skale nuo „visiškai nesutinku“ (1) iki „visiškai sutinku“ (5). Bendri PA ir NA įverčiai svyravo nuo 10 iki 50 taškų, aukštesnis balas nurodė stipriau išreikšta PA ar NA.
- Generalizuoto nerimo skale (GAD-7) (Butkutė-Šliuozienė, 2019; Spitzer et al., 2006), kuri sudaryta iš 7 teiginių apie nerimo simptomus (pvz., nervingumas, nerimastingumas, įtampa). Dalyviai vertino, kaip dažnai šie simptomai juos kamavo per paskutines dvi savaites, naudodami 4 balų skalę nuo 0 („visai nekamavo“) iki 3 („beveik kasdien“). Gautų balų skaičius yra sumuojamas, o didesnis balas nurodo stipriau jaučiamą nerimą.

3.3.4. VAS skalės: Tiriamųjų emocinio sujaudinimo ir nuovargio vertinimas

Tiriamųjų emocinis sujaudinimas (ES) ir nuovargis buvo vertinami naudojant 10 cm vizualinę analoginę skalę (VAS). Dalyviai turėjo pažymėti savo būseną skalėje: ES atveju – nuo „*visiškai ramus(-i)*“ iki „*stipriai sujaudintas(-ta)*“, o nuovargio atveju – nuo „*visiškai nepavargęs(-usi)*“ iki „*stipriai pavargęs(-usi)*“. Balai galėjo svyruoti nuo 0 iki 10, kur aukštesnė reikšmė reiškė didesnę subjektyvų ES ar nuovargį.

Per visą eksperimentą tiriamieji savo ES ir nuovargį vertino šešis kartus, tačiau šio darbo kontekste į analizę buvo įtraukti du kartai: pirmasis (ES1 ir Nuovargis1) – eksperimento pradžioje (žr. **3.1 pav., 1 punktas**), prieš atliekant užduotis; antrasis (ES2 ir Nuovargis2) – po emocijų reguliacijos užduoties (žr. **3.1. pav., 7 punktas**), prieš atliekant CST ir RDA užduotis. ES1 rodė bendrą emocinę būseną tyrimo pradžioje, o ES2 turėjo atspindėti neigiamą sujaudinimą, kurį sukėlė emocijų reguliavimo užduotis. Nuovargio vertinimas buvo įtrauktas norint atsižvelgti į galimą eksperimento metu didėjantį nuovargį.

3.4. Užduotys

3.4.1. Sukimo mintyse užduotis (angl. *Mental rotation task*, MRT)

Tiriamųjų gebėjimas sukti trimates figūras mintyse buvo vertintas naudojant modifikuotą Shepard ir Metzler (1971) sukimo mintyse užduoties paradigmą, kurios stimulams buvo parinktos trimatės figūros iš „Shepard and Metzler“ tipo stimulų bibliotekos (angl. *Shepard and Metzler type Mental rotation stimuli*, Peters & Battista, 2008).

Kiekviename bandinyje tiriamajam buvo nuosekliai rodomos dvi figūros: pirmoji – pradinė, o antroji – pasukta aplink savo ašį prieš laikrodžio rodyklę, pirmosios atžvilgiu (žr. **3.1. pav., 3 punktas**). Dalyvių buvo prašoma įsiminti pirmąją figūrą ir, pamačius antrąją, įvertinti, ar jos yra identiškos, ar viena – kitos veidrodinis atspindys. Tikslios instrukcijos, kaip atlikti sukimą mintyse, nebuvo pateikiamos – tiriamieji spontaniškai rinkosi jiems priimtinausią strategiją (žr. **3.4.1 skyrelį**).

Iš viso buvo pateikta 240 bandinių: 160 identiškų porų ir 80 veidrodinių atspindžių. Naudoti aštuoni skirtingi kampiniai skirtumai tarp figūrų: 15°, 35°, 55°, 75°, 95°, 115°, 135° ir 155°. Visi bandiniai buvo pateikiami atsitiktine tvarka.

Kiekvienas bandinys prasidėdavo fiksacijos kryželiu, rodomu 1000–1500 ms, po kurio sekdamo pirmosios figūros pateikimas (2500 ms), o tada – antroji, pasukta figūra, rodama iki 4000 ms arba tol, kol dalyvis pateikdavo atsakymą

(**žr. 3.1. pav., 3 punktas**). Dalyviai žvilgsnį viso bandinio metu turėjo fokusuoti į ekrano centrą, o atsakymą pateikdavo naudodamiesi atsako pulteliu (PST Serial Response Box): žaliu mygtuku nurodė, kad figūros yra identiškos, raudonu – kad tai veidrodiniai atspindžiai.

Prieš pagrindinę užduotį visi tiriamieji atliko 20 mokomųjų bandinių su grįžtamuju ryšiu: žalias fiksacijos kryželis reiškė teisingą atsakymą, raudonas – neteisingą. Pagrindinės užduoties metu grįžtamasis ryšys nebuvo teikiamas. Užduotis truko apie 30 minučių ir turėjo dvi pertraukas, kurių trukmę galėjo pasirinkti patys dalyviai. Stimulai buvo pateikiami ir duomenys renkami naudojant E-PRIME 2.0 Professional programinę įrangą (Psychology Software Tools, JAV).

Į analizę buvo atrinkti tik bandiniai su identiškomis figūromis, o siekiant pašalinti galimus atsitiktinius atsakymus – atmesti tie, kurių atsako laikas buvo trumpesnis nei 150 ms. Atlikimas vertintas pagal teisingų atsakymų procentą (tikslumą) ir atsako laiką, skaičiuojamą nuo antrosios figūros pateikimo iki mygtuko paspaudimo. Taip pat buvo apskaičiuotas atsako laiko tiesinės funkcijos polinkio koeficientas (angl. *Slope*, ms/laipsn.), kuris rodo, kaip kinta atsako laikas didėjant kampiniui skirtumui tarp figūrų, ir yra laikomas sukimo mintyse rodikliu (Shepard & Metzler, 1971).

3.4.1.1. Sukimo mintyse užduoties strategijų klausimynas

Iškart po sukimo mintyse užduoties tiriamieji pildė strategijų klausimyną, kuriuo buvo siekiama įvertinti, kokiomis strategijomis jie rėmėsi sprendami užduotį ir kiek svarbios šios strategijos jiems buvo (**žr. 3.1. pav., 4 punktas**). Kiekviena strategija buvo vertinama 5 balų Likerto skalėje nuo 1 („*visiškai nesvarbi*“) iki 5 („*labai svarbi*“).

Klausimynas buvo sudarytas remiantis Hegarty (2018) tyrimu, kuriame, pasitelkus mišrų – kokybinį ir kiekybinį – tyrimų dizainą, buvo nustatytos dažniausiai pasitaikančios strategijos atliekant sukimo mintyse užduotis. Klausimyną sudarė 7 teiginiai, atspindintys skirtingas MRT strategijas:

- Holistinė strategija: „Aš įsivaizdavau, kad stoviu vietoje, o figūra sukasi mano atžvilgiu.“
- Analitinė strategija: „Pirmiausia įsivaizdavau, kaip pasukti dalį objekto, tada patikrinau, ar likusią dalį galima pasukti tokiu pačiu būdu taip, kad abi figūros būtų vienodos.“
- Perspektyvos keitimo strategija: „Aš įsivaizdavau, kad figūra stovi vietoje, o aš vaikštau aplink ir apžiūriu ją iš skirtingų perspektyvų.“
- Įsikūnijimo strategija: „Aš įsivaizdavau, kad figūra yra gyvūnas (pvz., gyvatė) ir įsivaizdavau, kur būtų jo galva, rankos ar uodega.“

- Kubelių skaičiavimo (viduriniai segmentai): „Skaičiavau kubų skaičių viduriuose figūros segmentuose.“
- Kubelių skaičiavimo (galiniai segmentai): „Skaičiavau kubų skaičių galiniuose figūros segmentuose.“
- Globalios formos analizės strategija: „Aš analizavau figūros segmentų kryptis.“

Be šių teiginių, dalyviams buvo suteikta galimybė papildomai aprašyti savo strategijas atviro klausimo forma, jei jie taikė kitokį sprendimo būdą, nenumatytą klausimyne. Nors šie atsakymai nebuvo įtraukti į kiekybinę analizę, jie suteikė papildomos informacijos apie galimus alternatyvius sprendimo būdus, taikytus atliekant užduotį.

3.4.2. Emocijų reguliacijos užduotis

Nors ši disertacija orientuota į kognityvinius gebėjimus, tyrime taip pat buvo siekiama įvertinti, kaip emocinis sujaudinimas, susijęs su emocijų reguliacijos užduotimi, gali paveikti kognityvinių užduočių atlikimą. Šiame skyriuje trumpai aprašoma naudota eksperimentinė metodika emocijų reguliacijos užduotyje. Šios dalies rezultatai įtraukti į kolegės dr. Ingridos Zelionkaitės disertaciją ir publikuoti straipsnyje (Zelionkaitė et al., 2024), kuriuose nagrinėjami ryšiai tarp socioemocinių funkcijų ir moterų hormoninio statuso.

Užduotyje naudotos skirtingo sužadinamumo emocinės nuotraukos: neutralios ($n = 24$), silpnai neigiamos ($n = 72$) ir stipriai neigiamos ($n = 72$). Stimulai buvo atrinkti iš trijų validuotų emocijų paveikslėlių bazių: Tarptautinės afektinių paveikslėlių sistemos (angl. *International Affective Picture System*, Lang et al., 1997), Nencki afektinių paveikslėlių sistemos (angl. *Nencki Affective Picture System*, Marchewka et al., 2014) ir Emocinių paveikslėlių rinkinio (angl. *Emotional Picture Set*, Wessa et al., 2010).

Užduoties metu tiriamųjų buvo prašoma reguliuoti kylančias emocijas naudojant pakartotinio vertinimo emocijų reguliacijos strategiją (McRae et al., 2012) remiantis užuomina rodoma prieš stimulą. Prieš kiekvieną nuotrauką buvo rodoma užuomina, nurodanti taikyti vieną iš trijų instrukcijų: sustiprinti ($\uparrow$), susilpninti ($\downarrow$) ar tiesiog stebėti ($\sim$) savo emocinę reakciją (**3.1. pav., 6 punktas**).

Užduotis truko apie 45 minutes ir buvo suskirstyta į tris blokus po 56 bandinius, tarp jų buvo pertraukos, kurių trukmę galėjo pasirinkti patys dalyviai.

3.4.3. Skerspjūvio užduotis (angl. *Cross-Section Task*, CST)

Tiriamųjų gebėjimas mintyse vizualizuoti trimačių objektų skerspjūvius buvo vertintas naudojant Santa Barbaros figūrų testą (angl. *Santa Barbara Solid test*). Tai popieriaus – pieštuko testas, kurį sudaro 30 klausimų su keturiais galimais atsakymų variantais (Cohen & Hegarty, 2012).

Testo metu tiriamiesiems yra rodomos paprastos ir sudėtingos geometrinės, trimatės figūros, kurias kerta „pjovimo“ plokštuma. Dalyviams reikia pasirinkti, kuri iš keturių pateiktų dvimačių figūrų atitinka trimačio objekto skerspjūvį, žiūrint į pjūvio plokštumą statmenai (t. y., įsivaizduojant pjūvio plokštumą tiesiai priešais akis).

Testą sudarė skirtingo sudėtingumo figūros: paprastos (pvz., kūgiai, cilindrai, piramidės ar kubai), jungtinės (dvi paprastos figūros, sujungtos kraštais) ir įterptosios (kai viena figūra įterpta į kitos vidų). Be to, varijavo ir pjovimo plokštumų kryptys – pusėje užduočių jos kirta figūras statmenai (horizontaliai ar vertikaliai), o likusiose – įstrižai (**žr. 3.1. pav., 8 punktas**).

Duomenų analizėje atlikimas buvo vertintas pagal bendrą tikslumą (%). Detalesnius atlikimo analizės rezultatus galima rasti publikuoto straipsnio prieduose (Gaižauskaitė et al., 2025).

3.4.4. Regimosios darbinės atminties (RDA) užduotis

Tiriamųjų RDA buvo vertinama naudojant kryptinę pokyčių aptikimo užduotį, paremtą klasikine Luck ir Vogel (1997) paradigma. Užduotyje vietoje klasikinio stimulo, spalvotų kvadratėlių, buvo naudotos raidės (Rajsic et al., 2019). Rajsic et al. (2019) tyrimas atskleidė, kad raidiniai stimulai yra koduojami ir išlaikomi RDA naudojant tuos pačius nervinius mechanizmus kaip ir spalvoti kvadratai. Raidės buvo pasirinktos todėl, kad jos tinka vertinimui tarp daltonizmą turinčių dalyvių ir, kaip parodė mūsų laboratorijoje atliktas tyrimas, jų apdorojimas nepriklauso nuo verbalinių gebėjimų (Grikšienė et al., 2022).

Užduoties bandinius sudarė keturi vienas po kito einantys langai: užuominos, įsiminimo, užlaikymo ir testo. Pirmiausia 100 ms buvo rodoma užuomina – rodyklė virš fiksacijos kryželio, kuri nurodydavo, kurioje ekrano pusėje (kairėje ar dešinėje) esančias raides reikia įsiminti. Po to sekė 200 ms trukmės įsiminimo langas, kuriame abiejose ekrano pusėse buvo pateikiamos po 3 arba 4 didžiosios raidės (C, F, K, M, P, S, T ir V). Tačiau dalyviai turėjo įsiminti tik tas raides, kurios buvo rodomos užuominoje nurodytoje ekrano pusėje. Toliau sekė užlaikymo periodas, kurio metu buvo rodomas tik fiksacijos kryželis. Po 1000 ms trukusio užlaikymo periodo pasirodydavo

testo langas, kuris būdavo rodomas iki 2000 ms arba tol, kol dalyvis pateikdavo atsakymą. Testo lango metu vienoje iš ekrano pusių (toje, kurią reikėjo įsiminti) raidžių rinkinys galėjo būti toks pat kaip įsiminimo lange, arba viena raidė būdavo pakeista. Pokytis pasitaikydavo 50 % visų bandinių – t. y., pusėje atvejų raidės išlikdavo nepakitusios, o kitose – viena iš jų keisdavosi (žr. 3.1. pav., 9 punktas).

Tiriamųjų buvo prašoma visos užduoties metu fiksuoti žvilgsnį ties ekrano centru ir atsakyti naudodamiesi atsako pulteliu (*PST Serial Response Box*), spausi žalią mygtuką, jei pastebėjo raidžių pasikeitimą, ir raudoną – jei raidės liko tos pačios. Intervalas tarp bandinių varijavo nuo 2100 ms iki 2900 ms, siekiant išvengti automatinio tiriamojo pasiruošimo sekančiam bandiniui.

Visa užduotis buvo sudaryta iš 240 bandinių, suskirstytų į keturias sąlygas, priklausomai nuo raidžių skaičiaus (3 arba 4) ir jų pateikimo regos lauke – kairiajame (KRL) arba dešiniajame (DRL). Taigi buvo formuojamos šios sąlygos: 3 DRL, 3 KRL, 4 DRL ir 4 KRL, kiekvienai jų skiriant po 30 bandinių.

Prieš pagrindinę užduotį dalyviai atliko 10 mokomųjų bandinių, kurių metu buvo teikiamas grįžtamasis ryšys: teisingą atsakymą žymėjo žalias kryželis, o klaidingą – raudonas. Pati užduotis truko apie 15 minučių su dviem pertraukomis, kurių trukmę reguliavo patys tiriamieji. Visa procedūra buvo vykdoma naudojant *E-Prime 2.0 Professional* programinę įrangą (Psychology Software Tools, JAV).

Į užduoties atlikimo analizę buvo įtraukti tik tie bandiniai, kuriuose atsako laikas viršijo 150 ms, taip atmetant galimus atsitiktinius mygtuko paspaudimus. Kiekvienai sąlygai (3 DRL, 3 KRL, 4 DRL, 4 KRL) buvo apskaičiuotos šios baigtys (B):

- Pataikymas (angl. *hit*), kai įvykus pokyčiui jis buvo teisingai atpažintas.
- Nepataikymas (angl. *miss*), kai įvykęs pokytis nebuvo atpažintas.
- Teisingas atmetimas (angl. *correct rejection*), kai pokytis neįvyko ir dalyvis to nepastebėjo.
- Netikras pavojus (angl. *false alarm*), kai pokytis neįvyko, bet buvo užfiksuotas kaip įvykęs.

Šių įvykių tikimybės buvo įvertintos pagal formulę $[p(B) = B / \text{bandymų skaičius}]$. Tuomet atlikimo tikslumas nustatytas kaip $((p(\text{pataikymas}) + p(\text{teisingas atmetimas})) / 2) - p(\text{netikras pavojus}) \times 100 \%$. Atminties talpa t. y., objektų (šiuo atveju raidžių) skaičius, kurį tiriamasis galėjo išlaikyti atmintyje, apskaičiuota pagal formulę: $[(p(\text{pataikymas}) - p(\text{netikras pavojus})) / (1 - p(\text{netikras pavojus})) \times \text{rinkinio dydis}]$ (Rouder et al., 2011).

3.5. Ramybės būsenos EEG (angl. *Resting state EEG*, rsEEG)

Šalia kognityvinių ir emocijų reguliacijos užduoties tyrimo metu buvo įrašomi du rsEEG įrašai: pirmasis – po MRT užduoties ir prieš emocijų reguliacijos užduotį (**3.1. pav., 5 punktas**), antrasis – po emocijų reguliacijos užduoties (**3.1. pav., 8 punktas**). Šiame darbe pateikiami pirmojo rsEEG duomenų surinkimo ir analizės rezultatai.

rsEEG įrašymo metu tiriamųjų buvo prašoma ramiai sėdėti, stengtis negalvoti apie nieką konkrečiau, leisti mintims laisvai klajoti ir fokusuoti žvilgsnį į fiksacijos kryželį. Įrašas truko apie 3 minutes.

3.6. Seilių mėginių ėmimas ir hormonų analizė

Endogeninių lytinių steroidinių hormonų – progesterono, 17 β -estradiolio ir testosterono – koncentracija buvo nustatyta iš tiriamųjų seilių mėginių. Estradiolio ir progesterono lygiai buvo vertinami tik moterims, o testosterono – tiek moterims, tiek vyrams.

Prieš mėginių ėmimą dalyvių buvo prašoma bent valandą nevalgyti, negerti (išskyrus vandenį), nerūkyti ir nevalyti dantų. Atvykus į eksperimentą, tiriamųjų buvo paprašyta prisiskalauti burną šaltu vandeniu, o seilių mėginiai buvo imti praėjus maždaug 30 minučių po skalavimo.

Iš kiekvieno dalyvio buvo paimti du mėginiai: vienas tyrimo pradžioje, kitas – pabaigoje (**žr. 3.1. pav., 2 ir 11 punktus**). Mėginiai buvo surinkti į specialius mėgintuvėlius (*IBL salicap*, Germany), iš karto užšaldyti ir laikomi –80 °C temperatūroje iki analizės. Prieš analizę abu mėginiai buvo atšildomi ir sumaišomi – taip siekta sumažinti cirkadinio hormonų svyravimo poveikį.

Hormonų koncentracija buvo nustatyta naudojant standartizuotus komercinius imunofermentinės analizės rinkinius (ELISA, Salimetrics, LLC). Rinkinių jautrumas buvo: 0,1 pg/ml estradioliui, 5 pg/ml progesteronui ir 1 pg/ml testosteronui. Tarp rinkinių variabilumo koeficientai siekė atitinkamai 5 %, 8,3 % ir 5,6 %, o vidinis variabilumas – 7,5 %, 8,5 % ir 9,3 %

3.7. EEG registracija ir pirminis apdorojimas

EEG duomenys buvo registruojami naudojant ASA-Lab sistemą (*ANT NEURO*) ir 64 Ag/AgCl elektrodų kepurę, kurios elektrodai buvo išdėstyti pagal tarptautinę 10–20 sistemą. AFz elektrodas buvo naudojamas kaip įžeminimo taškas, o kairysis mastoidas – kaip referencinis elektrodas. Akių judesiams ir mirksniams fiksuoti naudoti keturi papildomi elektrodai, pritvirtinti virš ir po dešiniąją akimi bei prie abiejų smilkinių.

Duomenys buvo įrašinėjami 1024 Hz diskretizavimo dažniu, o kiekvieno elektrodo impedansas buvo mažesnis nei 25 k Ω – pagal gamintojo rekomendacijas.

Pirminis EEG duomenų apdorojimas buvo atliktas MATLAB R2022.b (mathworks, Inc.) aplinkoje, naudojant EEGLAB v2020.1 įskiepi (Delorme & Makeig, 2004). Kadangi su darbine atmintimi susijusio CDA potencialo ir rsEEG analizėms buvo taikytos skirtingos duomenų apdorojimo ir analizės procedūros jos pateikiamos atskiruose poskyriuose.

3.7.1. Su darbine atmintimi susijusio CDA potencialo apdorojimas ir duomenų analizė

RDA užduoties metu įrašyti EEG duomenys buvo apdorojami keliais etapais. Visų pirma, signalo atskaitai buvo naudojamas visų elektrodų signalų vidurkis, o duomenų diskretizavimo dažnis sumažintas iki 512 Hz. Toliau signalas buvo filtruojamas juostiniu filtru (0,3–40 Hz) bei papildomai pašalintas tinklo triukšmas (50 Hz).

Po šių žingsnių atliktas vizualinis įrašų įvertinimas – iš duomenų pašalinti netipiniai artefaktai ir labai triukšmingi ar neveikiantys elektrodai. Tada buvo atlikta nepriklausomų komponentų analizė (*angl. Independent Component Analysis*, ICA, Delorme et al., 2007), skirta identifikuoti artefaktus (pvz., akių judesius, mirksnius, raumenų ar širdies aktyvumą). Komponentai buvo peržiūrėti ir pašalinti naudojant ICLabel klasifikatorių (Pion-Tonachini et al., 2019).

Pašalinus komponentus, duomenų apdorojimo pradžioje išimtų elektrodų signalai buvo atkurti interpoliuojant t.y., panaudojant gretimų elektrodų duomenis. Vėliau įrašai buvo segmentuojami į epochas, kurios buvo papildomai peržiūrimos ir eliminuojamos, jei jose buvo likę ryškių artefaktų.

CDA potencialo, siejamo su darbine atmintimi, analizė buvo atlikta naudojant epochas, apibrėžtas nuo –200 ms iki 1400 ms nuo įsiminimo lango pradžios (**žr. 2.5. pav. 2.4.3. skyriuje**). 200 ms prieš stimulą buvo naudojamos atskaitos lygiui koreguoti. Analizuotos tik teisingų atsakymų epochos, kurios suskirstytos į keturias sąlygas pagal stimulų skaičių (3 arba 4 raidės) ir pateikimo pusę (dešinysis arba kairysis regos laukas): 3 DRL, 3 KRL, 4 DRL, 4 KRL.

Žinoma, kad CDA komponentas pasireiškia parietalinėje – oksipitalinėje skiltyse uždelsimo periodu po įsiminimo lango ir atspindi informacijos išlaikymą RDA. Jis apskaičiuojamas kaip skirtumas tarp elektrinio aktyvumo smegenų pusrutulyje, priešingame (kontralateraliame) nei pateiktas stimulus, ir toje pačioje pusėje (ipsilateraliniame) esančiame pusrutulyje. Specifiškai šioje analizėje aktyvumų skirtumams skaičiuoti buvo naudojami du parietalinei – oksipitalinei elektrodai esantys priešinguose pusrutuliuose: PO7 ir PO8 (**žr. 2.5. pav. 2.4.3. skyriuje**). Vidutinė CDA amplitudė buvo skaičiuojama 350–

1000 ms intervale nuo įsiminimo lango pradžios. Šis intervalas buvo pasirinktas remiantis literatūra (Luck & Vogel, 2013; Luria et al., 2016) ir vizualine inspekcija.

3.7.2. rsEEG duomenų apdorojimas ir analizė

Pirmiausia rsEEG signalo diskretizavimo dažnis buvo sumažintas iki 256 Hz, o duomenys filtruoti 1–45 Hz dažnių juostoje. Taip pat pašalintas 50 Hz tinklo triukšmas.

Po filtravimo įrašai buvo vizualiai peržiūrėti ir pašalinti segmentai, užteršti artefaktais. Prieš taikant ICA buvo atlikta pagrindinių komponentų analizė (PCA), siekiant sumažinti duomenų dimensiškumą. 30 gautų ICA komponentų buvo įvertinti vizualiai naudojant IClab klasifikatorių (Pion-Tonachini ir kt., 2019). Buvo pašalinti komponentai, atitinkantys mirksnių, akių judesių, raumenų, širdies ar elektrodo triukšmą.

Tuomet signalo atskaitos tašku buvo pasirenkamas dviejų mastoidų vidurkis. Galiausiai triukšmingi kanalai buvo vertinami vizualiai naudojant galios spektrinį tankį (PSD). Išskirtinai triukšmingi kanalai buvo šalinami ir interpoliuojami.

Ramybės būsenos EEG duomenų analizė buvo atlikta atskirai periodiniam (individualiam alfa dažnis, galia) ir aperiodiniam (1/f nuolydis) aktyvumui įvertinti (**žr. 2.5. pav. 2.5.1. skyrius**).

Pirmiausia kiekvienam dalyviui, kiekviename kanale buvo apskaičiuotas PSD naudojant Welch metodą, o tuomet 1/f nuolydžio (angl. *Slope*) ir pradžios taškai (angl. *Offset*) įvertinti su FOOOF algoritmu (Donoghue et al., 2020) 3–40 Hz dažnių diapazone. Siekiant užtikrinti patikimą modelio pritaikymą, PSD kreivės buvo vizualiai peržiūrėtos, ypatingą dėmesį skiriant artefaktams ir kraštiniais dažniams.

Iš pradžių individualiam alfa dažniui (IAD) ir alfa galiai nustatyti naudojome FOOOF algoritmą. Tačiau dėl Gauso formos neatitinkančių viršūnių algoritmas modeliavo dvigubus pikus. Siekdami išvengti viršūnių įvertinimo iš sumodeliuotų duomenų, FOOOF algoritmą naudojome tik 1/f nuolydžio koeficientui įvertinimui, o periodinius parametrus išskyrėme iš originalių PSD duomenų, atėmę 1/f nuolydį. Viršūnėms aptikti pasitelkėme pikų detekcijos algoritmą MATLAB programoje.

Siekiant užtikrinti FOOOF algoritmo patikimumą, kanalai, kurių $R^2 < 0,70$, buvo pašalinti. Iš 11 įrašų buvo pašalinti elektrodai, vidutiniškai po 2 elektrodus kiekviename. Po elektrodų pašalinimo vidutinis spektrinės galios algoritmo atitikimas (R^2) buvo lygus 0,98 ($\pm 0,027$).

Alfa dažnio parametrai (IAD ir alfa galia) buvo įvertinti iš originalių PSD duomenų atėmus $1/f$ nuolydį kiekviename kanale. IAD buvo apibrėžiamas kaip pikas esantis 8 – 13 Hz diapazone ir viršijantis $0,05 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ slenkstį. Jei buvo aptiktos kelios viršūnės, tolimesnei analizei pasirinkta ta, kuri turėjo didžiausią galią. IAD buvo naudotas kaip atskaitos taškas, viršūnės plotui nustatyti. Tais atvejais, kai pločio reikšmė viršydavo 5 Hz aplink viršūnę, dažnių diapazonas buvo koreguojamas iki $\pm 2,5$ Hz nuo IAD. Alfa galia buvo skaičiuojama kaip bendras plotas po nelogarithmuota spektrine kreive.

Viršūnės ties 8 Hz buvo papildomai vizualiai patikrintos, kad būtų atmesta galimybė jas supainioti su teta dažniu. Kanalai, kuriuose nepavyko identifikuoti alfa viršūnės, nebuvo analizuojami toliau.

Galiausiai, statistinei analizei naudotos kiekvieno dalyvio $1/f$ nuolydžio, IAD ir alfa galios medianos, apskaičiuotos iš visų elektrodų.

3.8. Statistinė duomenų analizė

3.8.1. Bendra statistinės analizės informacija

Duomenų apdorojimas ir statistinė analizė buvo atlikti naudojant R (v. 4.3.2) programinę įrangą. Statistinio reikšmingumo lygmuo nustatytas $\alpha = 0,05$.

Kiekybinių duomenų normalumo prielaida tikrinta Shapiro-Wilk testu ir QQ diagramomis, o variacijų homogeniškumas – Levene testu. Pakartotinių matavimų atveju sferiškumo prielaida tikrinta Mauchly testu; esant jos pažeidimui, taikyta Greenhouse-Geisser korekcija.

Post hoc analizei naudotos šios korekcijos:

- Tukey – ANOVA, ANCOVA, mišraus dizaino ANOVA ir robustinio mišraus linijinio dizaino modelio atvejais;
- Games-Howell – Welch ANOVA atvejais;
- Dunn – Kruskal–Wallis atvejais.

Efekto dydis:

- Generalizuotas eta kvadratas (η_g^2) – visiems ANOVA testams;
- H eta kvadratas ($\eta^2[H]$) - Kruskal–Wallis atvejais;
- Cramer V (v_{cramer}) – Chi-kvadrato atveju.

Koreliaciniams ryšiams nustatyti buvo taikomi Pearson arba Spearman koreliacijos koeficientai, priklausomai nuo duomenų pasiskirstymo. Tam tikrais atvejais papildomai buvo skaičiuojami daliniai koreliacijos koeficientai, siekiant kontroliuoti lyties, moterų hormoninio statuso, amžiaus ar STEM profesijos įtaką. Vertinant lytinių hormonų koncentracijos sąsajas su kognityviniais ir neurofiziologiniais rodikliais, koreliacijos analizės buvo atliekamos atskirai vyrų ir moterų imtyse – atsižvelgiant į tai, kad

progesterono ir estradiolio koncentracijos vyrų grupėje nebuvo matuotos, o hormoninis profilis tarp lyčių reikšmingai skiriasi. Koreliacinėse analizėse gautų *p* reikšmių korekcijai buvo naudojamas *FDR* (angl. *False Discovery Rate*) metodas.

Siekiant nustatyti galimus nelineinius ryšius tarp testosterono koncentracijos ir erdvinų užduočių atlikimo (CST užduoties tikslumo, MRT tikslumo ir atsako laiko), buvo atliktos atskiros polinominės regresijos analizės vyrams ir moterims.

3.8.2. Demografinių duomenų, emocinės būsenos, rankiškumo, nuovargio, emocinio sujaudinimo ir hormonų analizė

Tarpgrupiniai kiekybinių kintamųjų (amžiaus, emocinės būsenos (PANAS, GAD-7), rankiškumo, hormonų koncentracijų) palyginimai atlikti naudojant vienfaktorinę ANOVA arba, jei prielaidos buvo pažeistos, Kruskal–Wallis testą.

Kokybinių kintamųjų (STEM profesija) palyginimui naudotas Chi kvadrato (χ^2) testas.

Emocinio sujaudinimo ir nuovargio pokyčiai tarp dviejų laiko momentų (prieš užduotį ir tarp užduočių) vertinti mišraus dizaino ANOVA. Laiko taškai – pakartotinis matavimas, grupė (lytis ir moterų hormoninis statusas) – tarp tiriamųjų veiksnys.

3.8.3. Užduočių atlikimo, MRT strategijų, neurofiziologinių parametru palyginimas tarp grupių

Kognityvinių užduočių atlikimo ir neurofiziologinių (CDA ir rsEEG) parametru palyginimui tarp grupių naudota vienfaktorinė arba mišraus dizaino ANCOVA, įtraukiant amžių ir (ar) STEM profesiją kaip kovariantes (**žr. 4.1. skyrių**).

Vienfaktorinė ANCOVA buvo naudojama lyginant tarp grupių:

- Darbinės atminties talpą,
- Ramybės būsenos periodinius ir aperiodinius EEG parametrus,
- Bei CST užduoties tikslumą.

Mišraus dizaino ANCOVA taikyta šiais atvejais:

- Vertinant RDA užduoties tikslumą ir atsako laiką (pakartotinis veiksnys – rinkinio dydis: 3 ar 4 raidės),
- Vertinant CDA amplitudes (pakartotiniai veiksniai – pusrutulis: kairysis, dešinysis; rinkinio dydis: 3 ar 4 raidės),

- MRT tikslumo ir atsako laiko analizėse (pakartotinis veiksnys – kampinis skirtumas tarp trimačių figūrų),
- MRT atsako laiko polinkio koeficiento analizėje (atskirai analizuojant mažesnių ir didesnių kampinių polinkio koeficientus, **žr. 4.4.1.3. skyrelį**).

Siekiant įvertinti MRT strategijų svarbą ir skirtumus tarp grupių, buvo atliktas mišraus dizaino linijinis modelis, kuriame pakartotinis veiksnys buvo strategijų tipas. Modelyje taip pat buvo įtrauktos kovariantės: amžius ir STEM profesija. Šis modelis buvo pasirinktas vietoje mišraus dizaino ANCOVA, nes prielaidos buvo pažeistos.

3.8.4. CST užduotis: regresinės ir mediacijos analizės

Kadangi reikšmingi grupiniai skirtumai pasireiškė tik CST užduotyje (žr. **4.5.2. skyrelį**), šios užduoties tikslumo variacija buvo analizuojama detaliau – įtraukiant įvairius individualius veiksnus, galinčius paaiškinti stebėtus rezultatus. Prieš atliekant daugialypę regresinę analizę, buvo identifikuota, kad duomenyse yra praleistų stebėjimų. Trūkstami kiekybiniai duomenys buvo užpildyti naudojant MICE paketą (Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011), taikant prognozuojamos vidutinės atitikties (angl. *Predictive Mean Matching*) metodą.

Trūkstamų reikšmių imputacija buvo atlikta progesterono, estradiolio, testosterono, emocinio sujaudinimo (ES1, ES2) ir nuovargio (nuovargis1, nuovargis2) duomenims. Progesterono, estradiolio ir testosterono atveju trūkstamų reikšmių dalis sudarė 1,2 % ir buvo susijusi su techniniais nesklandumais atliekant hormonų analizę. ES1, ES2, nuovargis1 ir nuovargis2 atveju trūkstamų reikšmių dalis svyravo nuo 1,2 % iki 2,4 %, daugiausia dėl dalyvių praleistų klausimų ar tyrėjų nepaduočių anketų. Imputacija leido išlaikyti pilną imties dydį ir užtikrinti pakankamą statistinę galią regresinėje ir mediacinėje analizėse.

Siekiant įvertinti įvairių veiksnių (amžiaus, STEM, emocinės būsenos (PANAS, GAD-7) **žr. lentelę 4.1.** ir lytinių hormonų koncentracijos **žr. lentelę 4.2.**) ryšį su CST užduoties tikslumu, buvo atlikta atskira daugialypė regresinė analizė vyrų ir moterų imtims. Prieš atliekant regresines analizes, visi skaitiniai kintamieji buvo standartizuoti (konvertuoti į z reikšmes), todėl rezultatuose pateikiami standartizuoti β koeficientai. Taip pat siekiant optimizuoti modelio tinkamumo ir sudėtingumo balansą, galutinių modelių prognostinių kintamųjų atrankai buvo naudotas Akaike informacijos kriterijus (AIC).

Kadangi vyrų imtis (specifiškai šios užduoties analizėje buvo įtraukti 35 vyrų duomenys, daugiau informacijos: **4.4.2. skyrių** arba **priede F**) buvo per maža patikimai daugialypei regresinei analizei atlikti, regresija šioje grupėje buvo vykdyta žvalgomaisiais tikslais, siekiant išlaikyti analizės nuoseklumą su moterų duomenimis. Rezultatų patikimumas buvo įvertintas taikant savirankos (angl. *bootstrapping*) metodą ($n = 10\,000$), apskaičiuojant koreliacijos koeficientus su 95 % pasikliautinais intervalais (PI).

Galiausiai buvo atlikta mediacinė analizė, kuria siekta įvertinti, ar emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties (ES2) galėjo paaiškinti lyčių skirtumus CST užduoties tikslume. Analizė buvo atlikta naudojant PROCESS įrankį (4 modelis, Hayes, 2022), kontroliuojant moterų hormoninio statuso grupę, STEM profesiją ir amžių. Mediacinis (tarpininkaujantis) poveikis buvo vertintas taikant savirankos metodą ($n = 10\,000$) ir apskaičiuojant 95 % PI. Rezultatuose pateikiami standartizuoti β koeficientai.

4. REZULTATAI

4.1. Tiriamieji ir demografiniai duomenys

Prieš pradėdant duomenų analizę, iš imties buvo pašalinti dviejų dalyvių duomenys: vienos iš IUD grupės dėl nutraukto tyrimo, kitos – iš NCF grupės dėl aukštų estradiolio, progesterono ir testosterono koncentracijų, galimai rodančių vėlyvą folikulinę (priešovuliacinę) ciklo fazę. Apibendrinti demografiniai duomenys pateikti **4.1 lentelėje**.

Demografinių duomenų analizė atskleidė, kad tiriamųjų amžius statistiškai reikšmingai skyrėsi tarp grupių ($\chi^2(2) = 10,06, p = 0,039, n = 182, \eta^2[H] = 0,034$). IUD grupės moterys buvo reikšmingai vyresnės už OC grupės moteris ($z = 2,83, p = 0,046$). Taip pat nustatytas ryšys tarp tiriamųjų grupės ir profesijos (STEM vs. ne STEM) ($\chi^2(4) = 22,23, p < 0,001, n = 182, v_{cramer} = 0.32$), vyrai dažniau dirbo ar studijavo STEM srityje nei moterys ($p = 0.003$) (lentelė 4.1).

Kadangi amžius siejamas su bendra kognityvinių gebėjimų, ypač darbinės atminties, kaita (Brockmole & Logie, 2013), o profesija STEM srityje – su geresniais erdvinių gebėjimų rezultatais (Lubinski, 2010; Neigel et al., 2017; Wai et al., 2009), šie veiksniai buvo įtraukti kaip kovariantės į statistinius modelius. Erdvinių užduočių analizėse buvo atsižvelgta tiek į amžių, tiek į STEM profesiją, tuo tarpu RDA ir rsEEG analizėse – tik į amžių.

Vertinant rankiškumą statistiškai reikšmingų skirtumų nebuvo nustatyta ($\chi^2(4) = 9,29, p = 0,056, n = 182$). Taip pat emocinės ir psichologinės būsenos rodikliai (t.y., nerimas, PA, NA) nesiskyrė tarp grupių (visos $p > 0.088$).

Atsižvelgiant į ilgą eksperimento trukmę ir neigiamą turinį emocijų reguliacijos užduotyje, buvo analizuoti tiriamųjų emocinio sujaudinimo (ES) ir nuovargio pokyčiai, vertinti du kartus: tyrimo pradžioje ir po emocijų reguliacijos užduoties. Nustatyta, kad tiek ES, tiek nuovargis reikšmingai padidėjo (ES: $F(1, 171) = 38,6, p < 0,001, \eta_g^2 = 0,099$, Nuovargis: $F(1, 171) = 106,7, p < 0,001, \eta_g^2 = 0,224$), tačiau ES ar nuovargio skirtumų tarp grupių ar sąveikų tarp veiksmų nebuvo nustatyta (visi $F < 1,712, p > 0.150$).

Lentelė 4.1. Tyrimo dalyvių demografiniai duomenys, rankiškumo įverčiai, emocinės ir psichologinės būklės rodikliai, emocinio sujaudinimo ir nuovargio vertinimai pagal grupes, taip pat tarpgrupiniai skirtumai.

		Vyrai N = 39	NCF N = 36	NCG N = 37	OC N = 38	IUD N = 32	p- reikšmės
Amžius (metais) ^b		26,0 (7,0)	27,5 (10,25)	26,0 (7,0)	24,5 (5,75)	27,0 (6,50)	0,043
STEM (n, %) ^c	Taip	28 (72%)	8 (22%)	12 (32%)	16 (42%)	12 (38%)	$p <$ 0,001
	Ne	11 (28%)	29 (78%)	25 (68%)	22 (58%)	20 (62%)	
Rankiškumas (balai)*, ^b		85,7 (32,1)	100 (23,5)	87,5 (30,0)	80,0 (36,4)	77,8 (25,6)	0,056
Nerimas (balai) ^b		4,00 (4,50)	6,00 (5,00)	7,00 (6,00)	5,00 (4,75)	5,50 (3,75)	0,283
PA (balai) ^a		35,6 (4,8)	38,0 (5,6)	36,7 (6,1)	34,5 (5,8)	37,2 (6,4)	0,088
NA (balai) ^a		23,0 (7,5)	25,9 (7,1)	25,1 (8,2)	23,0 (6,7)	25,5 (5,8)	0,233
ES1 (cm) ^d		2,92 (2,11)	2,69 (2,24)	3,31 (2,27)	3,08 (2,31)	3,11 (2,42)	0,264
ES2 (cm) ^d		3,52 (2,23)	4,77 (2,45)	4,76 (2,33)	4,68 (2,20)	4,78 (2,63)	
Nuovargis1 (cm) ^d		2,58 (1,98)	3,54 (2,14)	2,85 (2,34)	3,21 (2,42)	3,61 (2,31)	0,480
Nuovargis2 (cm) ^d		5,30 (2,27)	5,02 (2,23)	6,09 (1,99)	5,55 (2,00)	5,48 (2,51)	

Pastaba: ES1 – emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 – emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emocingumas; NA – negatyvus emocingumas; NCF - natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG - natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC - geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

* - Rankiškumo balas žymi lateralizacijos laipsnį: nuo –100 (stipri kairiarankystė) iki +100 (stipri dešiniarankystė), apskaičiuotas pagal Edinburgo klausimyno duomenis.

^a – ANOVA testas, pateikiami: vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai;

^b - Kruskal-Wallis testas, pateikiamos medianos ir tarpkvartiliniai intervalai;

^c - Chi kvadrato testas; pateikiami dažniai ir procentai;

^d – Miksuoto dizaino ANOVA testas, pateikiami: vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai.

4.2. Lytiniai steroidiniai hormonai

Dėl techninių problemų progesterono koncentracijos nepavyko nustatyti dviejuose mėginiuose – po vieną iš NCG ir IUD grupių. Testosterono koncentracija taip pat nebuvo nustatyta dviejuose mėginiuose, abu iš IUD grupės. Viena išskirtinė estradiolio reikšmė iš NCF grupės buvo pašalinta, nes viršijo nustatytą išmetimo ribą, apskaičiuotą pagal taisyklę *mediana* + 3 tarpkvartilinis intervalas (angl. *Interquartile range*, IQR).

Lytinių steroidinių hormonų analizė neparodė estradiolio koncentracijos skirtumų tarp moterų grupių ($F(3, 138) = 1,66, p = 0,178, \eta_g^2 = 0,035$). Tuo tarpu progesterono koncentracija, kaip ir buvo tikėtasi, statistiškai reikšmingai skyrėsi ($F(3, 137) = 18,7, p < 0,0001, \eta_g^2 = 0,285$). Aukščiausia koncentracija nustatyta NCG grupėje – ji reikšmingai skyrėsi nuo visų kitų moterų grupių (visos $p < 0,001$). Testosterono lygis taip pat skyrėsi tarp grupių ($F(4, 56,6) = 84,60, p < 0,001, \eta_g^2 = 0,710$). Vyrų koncentracija buvo žymiai didesnė nei moterų (visos $p < 0,001$). Tuo tarpu OC grupėje ji buvo reikšmingai sumažėjusi, palyginti su visomis kitomis moterų grupėmis (visos $p < 0,01$) (**Lentelė 4.2.**).

Lentelė 4.2. Vidutinės lytinių steroidinių hormonų koncentracijos grupėse bei palyginimai tarp jų.

	Vyrai	NCF	NCG	OC	IUD	p-reikšmės
E2 (pg/ml) ^a	NA	1,38 (0,494)	1,48 (0,540)	1,22 (0,639)	1,48 (0,622)	0,178
P4 (pg/ml) (log) ^a	NA	4,10 (0,616)	5,15 (0,680)	4,52 (0,640)	4,28 (0,814)	$p < 0,001$, NCG > NCF, OC, IUD
T (pg/ml) ^a	242,4 (75,3)	74,7 (25,5)	78,3 (23,1)	56,5 (18,8)	81,7 (27,2)	$p < 0,001$, Vyrai > NCF, NCG, OC, IUD; OC < NCF, NCG, IUD

Pastaba: E2 - 17β-estradiolis; P4- progesteronas; T – testosteronas; NCF - natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG - natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC - geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

^a – ANOVA testas, pateikiami: vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai;

4.3. Kognityvinių užduočių (RDA, MRT, CST) ir neurofiziologinių rodiklių (CDA, rsEEG) sąsajos

Paveikslėlyje (4.1 pav.) glaustai pristatomos eksperimentinės užduotys ir pagrindiniai analizuoti rodikliai.

	Užduotis	Trumpas aprašas	Ką darė tiriamieji?	Kintamieji
Tarpininkaujantys kognityviniai ir neurofiziologiniai parametrai	RDA	Pokyčio detekcijos užduotis, adaptuota pagal Luck & Vogel paradigmą.	Įsiminė 3–4 raides viename regos lauke ir sprendė, ar testinis rinkinys sutampa ar skiriasi.	Atlikimo tikslumas (%), atminties talpa, atsako laikas (ms), CDA amplitudė
	rsEEG	EEG registruotas atmerkтомis akimis.	Sėdėjo ramiai, fiksavo žvilgsnį į tašką, leido mintims laisvai klajoti (3 min).	Individualus alfa dažnis (IAD), alfa galia, 1/f nuolydis
Erdvinių gebėjimų rodikliai	MRT	3D figūrų sukinio mintyse užduotis, paremta Shepard & Metzler paradigma.	Vertino, ar dvi iš eilės pateiktos figūros yra tokios pačios ar veidrodiniai atspindžiai.	Tikslumas (%), atsako laikas (ms), polinkio koeficientas (ms/laipsnį)
	CST	Popieriaus-pieštuko užduotis su 3D figūromis, kertamomis pjūvio plokštumų.	Pasirinko teisingą 2D pjūvio vaizdą iš keturių variantų.	Tikslumas (%)

4.1. pav. Naudotos užduotys ir analizuoti užduočių atlikimo bei neurofiziologiniai rodikliai.

Prieš atliekant tarpgrupinius užduočių atlikimo (RDA, MRT, CST) ir neurofiziologinių (CDA, rsEEG) rodiklių palyginimus, buvo atlikta koreliacinė analizė siekiant įvertinti šių kintamųjų tarpusavio ryšius. Aiškumo dėlei pirmiausia aprašomos sąsajos tarp to paties tipo atlikimo ar neurofiziologinių rodiklių (pvz., RDA užduoties tikslumo ir atsako laiko, CDA amplitudės ir talpos), o vėliau – koreliacijos tarp skirtingų užduočių elgseninių ir neurofiziologinių parametrų. Visi koreliacijos koeficientai ir statistškai reikšmingi ryšiai (*p-reikšmės* koreguotos taikant *FDR* korekciją) pateikti **4.2. pav.**

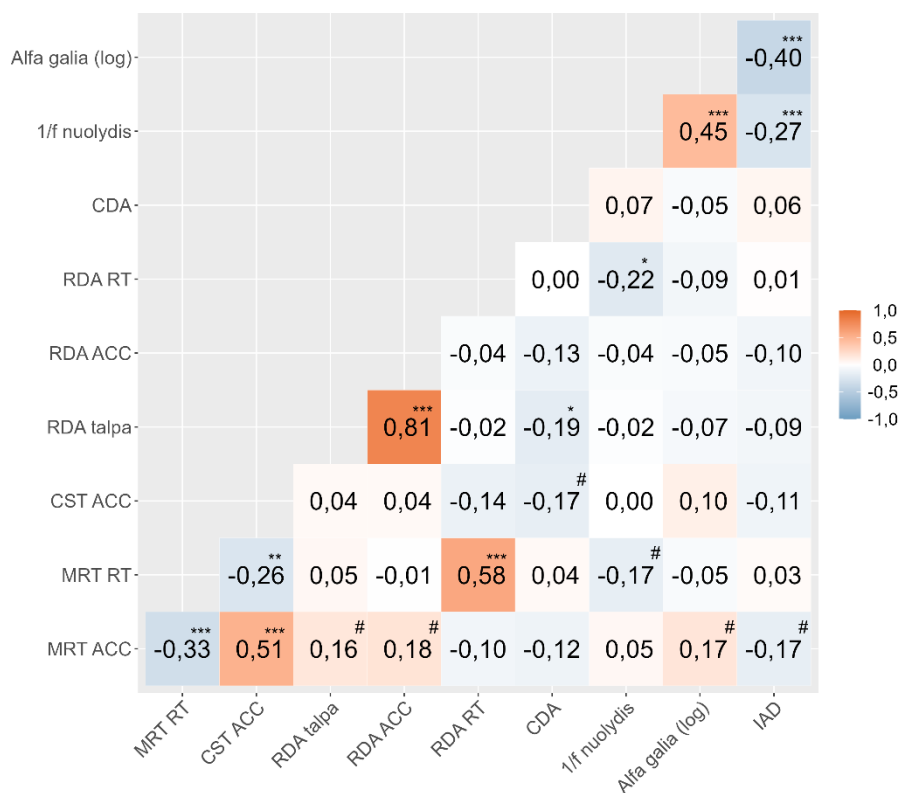
MRT užduotyje nustatyta neigiama koreliacija tarp tikslumo ir atsako greičio ($r = -0,326$, $p < 0,001$), rodanti, kad tikslesni atsakymai dažniausiai buvo pateikiami lėčiau. Šis rezultatas atitinka vadinamąjį greičio ir tikslumo kompromisą (angl. *Speed–accuracy trade-off*), kai siekiant didesnio tikslumo atsakymui skiriama daugiau laiko, o greitesni atsakymai gali būti mažiau tikslūs (Jang et al., 2025). Nors šis principas RDA užduotyje nepasireiškė, čia stebėtos kitos tikėtos sąsajos – RDA talpa stipriai koreliavo su atlikimo tikslumu ($r = 0,812$, $p < 0,001$), o didėjant talpai, stiprėjo CDA amplitudė ($r = -0,193$, $p = 0,043$), atspindinti didesnę RDA apkrovą.

Vertinant rsEEG parametrus, pastebėta nuosekli sąsaja tarp periodinių ir aperiodinių komponentų. Didėjant alfa galios vertei, 1/f nuolydis statėjo ($r = 0,447$, $p < 0,001$), o tai gali rodyti bendrą mažesnio smegenų sužadavimo būseną, nes abu šie rodikliai siejami su sumažėjusiu smegenų aktyvumu. Tuo

tarpu IAD buvo neigiamai susijęs tiek su $1/f$ nuolydžiu ($r = -0,270, p < 0,001$), tiek su alfa galia ($r = -0,395, p < 0,001$). Tikėtina, kad didesnis IAD, kaip ir mažesnis $1/f$ nuolydis būdingas aktyvesnei smegenų būsenai.

Tarp skirtingų užduočių atlikimo rodiklių reikšminga koreliacija nustatyta tarp MRT ir CST tikslumo ($r = 0,506, p < 0,001$) bei trumpesnis MRT atsako laikas taip pat siejosi su mažesniu CST tikslumu ($r = -0,263, p = 0,002$). MRT ir RDA atsako laikai teigiamai koreliavo tarpusavyje ($r = 0,576, p < 0,001$) – tai rodo bendrą reagavimo stilių skirtingose užduotyse. Taip pat stebėta neigiamo ryšio tendencija tarp MRT atsako laiko ir $1/f$ nuolydžio ($r = -0,172, p = 0,072$), o analogiškas, tačiau statistiškai reikšmingas ryšys nustatytas ir RDA užduotyje ($r = -0,223, p = 0,013$), leidžiantis manyti, kad plokštėjant $1/f$ nuolydžiui atsako laikas ilgėja, nepriklausomai nuo užduoties pobūdžio. Vis dėlto kiti ryšiai tarp erdvinių užduočių bei kognityvinių ir neurofiziologinių parametrų buvo nereikšmingi arba siekė tik tendencijų lygį (**4.2. pav.**).

Apibendrinant, koreliacinė analizė atskleidė keletą tikėtų ryšių. Erdvinių gebėjimų užduočių rezultatai (MRT ir CST tikslumas) buvo reikšmingai susiję, o taip pat stebėtas bendras reagavimo greičio stilius – greitesni atsakai MRT užduotyje siejosi su greitesniais atsakymais RDA užduotyje. Vis dėlto MRT, CST ir RDA tikslumo rodikliai tarpusavyje reikšmingai nekoregavo. Tai leidžia manyti, kad šios užduotys nėra tiesiogiai priklausomos ir greičiausiai vertina skirtingus pažinimo aspektus. Dauguma neurofiziologinių rodiklių neturėjo reikšmingų sąsajų su užduočių atlikimo rezultatais, nors pasikartojanti tendencija rodo, kad plokštėjant $1/f$ nuolydžiui atsako laikas ilgėja, nepriklausomai nuo užduoties pobūdžio.



4.2. pav. Ryšiai tarp kognityvinių užduočių atlikimo parametrų bei neurofiziologinių rodiklių.

Pastaba: MRT ACC – sukimo mintyse užduoties tikslumas; MRT RT – sukimo mintyse užduoties atsako laikas; CST ACC – skerspjūvio testo tikslumas; RDA ACC – regimosios darbinės atminties atlikimo tikslumas; RDA RT – regimosios darbinės atminties atsako laikas; CDA – su darbine atmintimi susijęs potencialas; IAD – individualus alfa dažnis. # $p < 0,1$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

4.4. Kognityvinių ir neurofiziologinių rodiklių įvertinimas tiriamųjų grupėse

Prieš pereinant prie pagrindinio šio tyrimo objekto – erdviųjų gebėjimų – buvo analizuojami RDA ir rsEEG rodikliai. Šie rodikliai buvo pasirinkti remiantis ankstesniais tyrimais, rodančiais, kad DA glaudžiai susijusi su dauguma kognityvinių gebėjimų (žr. 2.4. skyrių), o baziniai smegenų aktyvumo parametrai – tokie kaip 1/f nuolydis, individualus alfa dažnis (IAD) ir alfa galia – gali atspindėti smegenų sužadynamumo ir slopinimo balansą, svarbų efektyviam informacijos apdorojimui (žr. 2.5. skyrių). Kadangi

tyrimai rodo, jog lytiniai hormonai gali būti susiję tiek su DA, tiek su smegenų sužadinamumo pokyčiais, šių rodiklių analizė gali padėti geriau suprasti galimus hormonų poveikio mechanizmus, susijusius su erdvinį gebėjimų skirtumais tarp lyčių ar skirtingo hormoninio statuso moterų.

4.4.1. RDA: užduoties atlikimo, neurofiziologiniai rodikliai

Nors į pirminę analizę buvo įtraukti 182 tiriamieji, RDA analizė atlikta su 165 tiriamųjų duomenimis. Duomenų atmetimo priežastys buvo kelios: i) dvi dalyvės iš IUD, po vieną iš NCF ir NCG grupių neatliko užduoties; ii) dviejų dalyvių iš IUD grupės, ir po vieną iš NCF ir NCG grupių duomenys buvo pašalinti dėl atlikimo tikslumo, neviršijančio atsitiktinio atsakymo tikimybės (remiantis binominiu testu (Hollander et al., 2013)); iii) dešimties tiriamųjų duomenys buvo pašalinti dėl neištaisomų artefaktų EEG įrašuose – po vieną iš OC ir NCG, dvi iš NCF ir šeši iš vyrų grupės. Galutiniai imčių dydžiai pagal grupes buvo šie: vyrai – 32, NCF – 33, NCG – 35, OC – 37, IUD – 28 (galutiniai imčių dydžiai pagal grupes, kartu su visų analizės etapų atmetimo priežastimis, apibendrinti priede F).

4.4.1.1. RDA sąsajos su dalyvių charakteristikomis

Pirmiausia buvo įvertintos sąsajos tarp tiriamųjų individualių charakteristikų (aprašytų **4.1. skyriuje 4.1. lentelėje**) ir RDA parametrų: atsako laiko, atlikimo tikslumo, atminties talpos bei CDA amplitudės. Koreliacinė analizė atskleidė vieną statistškai reikšmingą veiksnių – amžių, kuris koreliavo su atminties talpa ($r = -0,21$, $p = 0,03$). Šis rezultatas papildomai pagrindžia sprendimą amžių įtraukti kaip kovariantę į tolimesnius analizės modelius. Kitų statistškai reikšmingų ryšių nenustatyta (visi $-0,15 > r < 0,18$, $p > 0,08$, daugiau informacijos priede B).

4.4.1.2. RDA: atlikimo rodiklių tarpgrupiniai palyginimai

RDA tikslumo (ACC) ir atsako laiko (RT) analizės buvo atliktos naudojant mišraus dizaino ANCOVA modelius ($ACC/RT \sim \text{stimulų skaičius} \times \text{Grupė} \times \text{Amžius}$), atskirai kiekvienam priklausomajam kintamajam. Modelyje pakartotinio matavimo veiksnys buvo stimulų skaičius (3 arba 4 raidės), tarpgrupinis veiksnys – lyties ir moterų hormoninio statuso grupės, o kovariantė – amžius. Atminties talpos analizėje buvo taikytas ANCOVA modelis be pakartotinių matavimų ($\text{Atminties talpa} \sim \text{Grupė} \times \text{Amžius}$).

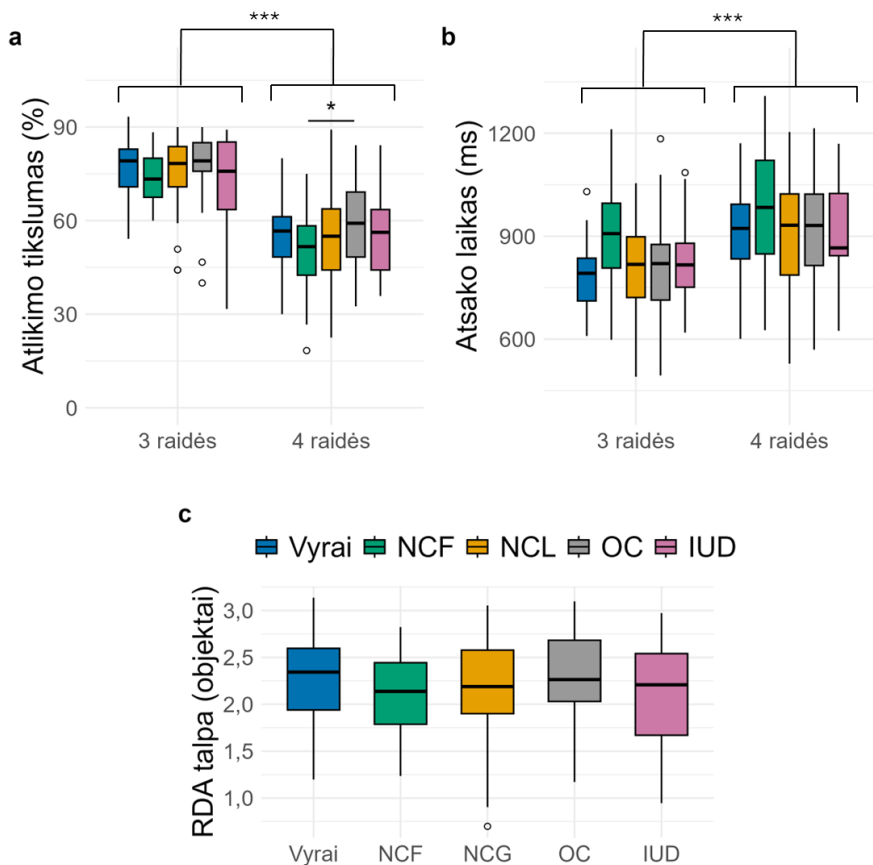
Kaip ir tikėtasi, RDA rezultatų analizė atskleidė reikšmingą stimulų skaičiaus poveikį: didėjant stimulų rinkinio dydžiui, mažėjo atlikimo tikslumas ($F(1, 158) = 20,72$, $p < 0,001$, $\eta_g^2 = 0,026$) ir pailgėjo atsako laikas

($F(1, 158) = 23,98, p < 0,001, \eta_g^2 = 0,008$) visose tiriamųjų grupėse (**4.3. pav. a, b**).

Tuo tarpu pagrindinis grupės efektas nebuvo reikšmingas – nei tikslumo, nei atsako laiko atžvilgiu (visi $F < 1,16, p > 0,329$). Tačiau buvo nustatyta reikšminga stimulų skaičiaus ir grupės sąveika vertinant tikslumą ($F(4, 158) = 2,53, p = 0,042, \eta_g^2 = 0,013$): su trijų stimulų rinkiniu grupių skirtumų nenustatyta (visos $p > 0,772$), tačiau atliekant užduotį su keturiais objektais, NCF grupės moterų tikslumas buvo reikšmingai žemesnis nei OC grupės ($p = 0,032$) (**4.3. pav. a**).

Amžius buvo reikšminga kovariantė tiek atlikimo tikslumo ($F(1, 158) = 7,07, p = 0,009, \eta_g^2 = 0,034$), tiek atsako laiko ($F(1, 158) = 4,35, p = 0,039, \eta_g^2 = 0,025$) analizėse. Nustatyta, kad didėjant amžiui, atlikimo tikslumas mažėjo ($r = -0,17, p = 0,002$), o atsako laikas ilgėjo ($r = 0,16, p = 0,003$) (vizualizacija pateikta priede B). Vis dėlto amžiaus poveikis grupėms nesiskyrė – amžiaus ir grupės sąveika nei tikslumo, nei atsako laiko analizėse nepasiekė statistinio reikšmingumo ($F < 1,99, p > 0,094$). Taip pat kitos sąveikos (amžius $\times$ stimulų skaičiaus) nepasiekė reikšmingumo ribos ($F < 3,00, p > 0,088$).

Analizuojant RDA talpą, nebuvo nustatyta statistiškai reikšmingų skirtumų tarp grupių ($F(4, 154) = 0,705, p = 0,590, \eta_g^2 = 0,018$) (**4.3. pav. c**). Tačiau amžius vėlgi pasirodė reikšminga kovariantė ($F(1, 154) = 7,28, p = 0,008, \eta_g^2 = 0,045$), o analizėje atskleidė amžiaus bei grupės sąveiką ($F(4, 154) = 2,89, p = 0,024, \eta_g^2 = 0,070$).

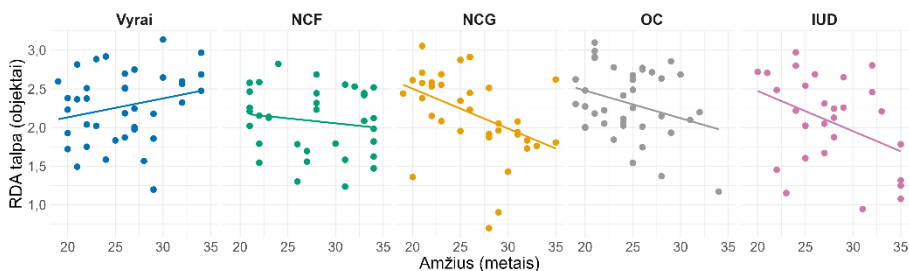


4.3. pav. RDA užduoties atlikimo rodikliai dalyvių grupėse: a. atlikimo tikslumas, b. atsako laikas, c. atminties talpa. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio, o taškai rodo įverčius, esančius už šių ribų.

Pastaba: NCF – natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCL – natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC – geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

* $p < 0,05$, *** $p < 0,001$.

Papildoma koreliacijos analizė atskleidė, kad amžius neigiamai koreliavo su atminties talpa visose moterų grupėse, tačiau reikšmingi ryšiai nustatyti tik NCG ($r = -0,42, p = 0,012$) ir IUD ($r = -0,40, p = 0,040$) grupėse. NCF ($r = -0,17, p = 0,350$) ir OC ($r = -0,27, p = 0,102$) grupėse šis ryšys reikšmingumo nepasiekė. Tuo tarpu vyrų grupėje pastebėta priešinga tendencija – teigiamas, tačiau statistiškai nereikšmingas ryšys ($r = 0,22, p = 0,217$) (**4.4. pav.**).



4.4. pav. Amžiaus ir atminties talpos ryšys grupėse.

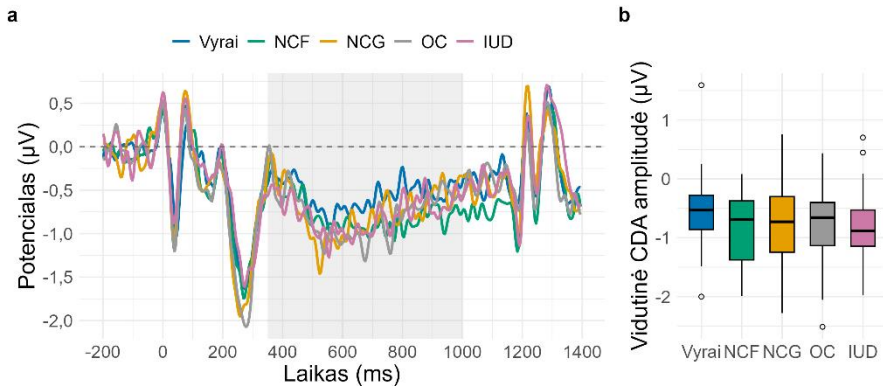
Pastaba: NCF – natūralaus ciklo moterų ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG – natūralaus ciklo moterų vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC – geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

4.4.1.3. CDA amplitudė: sąsajos su RDA talpa ir tarpgrupiniai palyginimai

Kaip ir buvo tikėtasi, stipresnė (t. y., labiau neigiama) CDA amplitudė reikšmingai koreliavo su didesne atminties talpa ($r = -0,19, p = 0,013$; vizualizacija pateikta priede B), patvirtindama šio neurofiziologinio rodiklio jautrumą RDA talpai.

CDA amplitudės analizei buvo taikytas mišraus dizaino ANCOVA modelis ($CDA \sim \text{stimulų skaičius} \times \text{pusrutulis} \times \text{Grupė} + \text{Amžius}$). Modelyje buvo įtraukti du pakartotinių matavimų veiksniai – stimulų skaičius (3 arba 4 raidės) ir smegenų pusrutulis, tarpgrupinis veiksnys – lyties ir moterų hormoninio statuso grupės, o amžius įtrauktas kaip kovariantė.

Vis dėlto ši analizė neatskleidė reikšmingų pagrindinių efektų ar sąveikų: CDA amplitudė nesiskyrė tarp grupių, nepriklausė nuo stimulų skaičiaus ar smegenų pusrutulio, taip pat nebuvo nustatyta reikšmingo ryšio su amžiumi (visi $F < 2,12, p > 0,081$) (**4.5. pav.**).

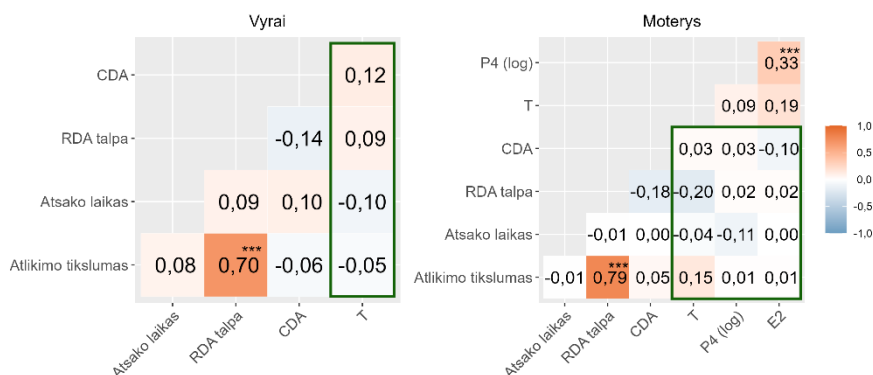


4.5. pav. a. CDA bangos skirtingose dalyvių grupėse. Pilku šešėliu pažymėtas 350–1000 ms laiko intervalas. b. Šis intervalas buvo naudojamas vidutinei CDA amplitudei apskaičiuoti. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio, o taškai rodo įverčius, esančius už šių ribų.

Pastaba: NCF - natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG - natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC - geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

4.4.1.4. Lytinių hormonų koncentracijų ryšiai su RDA rodikliais.

Moterų grupėje buvo skaičiuoti daliniai koreliacijos koeficientai, kontroliuojant hormoninio statuso grupę. Nei moterų, nei vyrų imtyse statistškai reikšmingų ryšių tarp lytinių hormonų koncentracijų ir RDA užduoties atlikimo rodiklių ar CDA amplitudės nenustatyta (visi $-0,20 < r < 0,15$, $p > 0,104$) (4.6. pav.).



4.6. pav. Koreliacijos koeficientai buvo apskaičiuoti siekiant įvertinti ryšius tarp RDA užduoties atlikimo rodiklių, CDA amplitudės ir lytinių hormonų koncentracijų vyrų imtyje. Moterų grupėje buvo naudojami daliniai koreliacijos koeficientai, įtraukiant moterų hormoninio statuso grupę kaip kovariantę.

Pastaba: CDA – kontralateralus atidėto aktyvumo komponentas (angl. *contralateral delay activity*); T – testosteronas, E2 – 17β-estradiolis, P4 – progesteronas. Aktualūs koreliacijos koeficientai pažymėti žaliu apvedimu, *** $p < 0,001$.

4.4.1.5. Žvalgomieji palyginimai OC vartojančių moterų grupėje

Ankstesni tyrimai parodė, kad OC sudėtis (progestinų androgeniškumas ar antiandrogeniškumas bei etinilestradiolio koncentracija) gali būti reikšmingas moduliuojantis veiksnys DA ir vizualinių-erdvinių užduočių atlikimui tarp OC vartotojų (Beltz et al., 2015; Kuhn & Martini, 2022; Vranić & Hromatko, 2008). Todėl atlikome papildomas žvalgomasias analizes, siekdami įvertinti, ar RDA užduoties atlikimo tikslumas, atminties talpa bei CDA amplitudė skiriasi tarp moterų, vartojančių OC su skirtingo tipo progestiniais – androgeniniais ($n = 9$) ir antiandrogeniniais ($n = 28$), taip pat tarp vartojančių OC su skirtingomis etinilestradiolio koncentracijomis – 30 μg ($n = 19$) ir 20 μg ($n = 15$); likusios trys tiriamosios, vartojusios OC su estradiolio valeratu, nebuvo įtrauktos į šią analizę.

Nė viename iš šių palyginimų statistiškai reikšmingų skirtumų nenustatyta (visi $t < 1,41$, $p > 0,168$).

Apibendrinant, RDA užduotyje reikšmingų skirtumų tarp grupių nenustatyta nei užduoties atlikimo rodikliuose, nei CDA amplitudėje, išskyrus vieną atvejį – keturių stimulų sąlygoje OC grupės moterų tikslumas buvo aukštesnis nei NCF grupės. Be to, nebuvo nustatyta statistiškai reikšmingų

ryšių tarp lytinių hormonų koncentracijų ir RDA atlikimo ar neurofiziologinių rodiklių.

Amžius buvo nuosekliai susijęs su RDA atlikimo rodikliais: vyresni dalyviai užduotį atliko lėčiau ir mažiau tiksliai, o jų atminties talpa buvo mažesnė. Įdomu tai, kad amžiaus ir talpos sąsajos stiprumas skyrėsi tarp grupių: reikšmingi ryšiai nustatyti NCG ir IUD grupėse, o kitose – ryšiai nebuvo statistiškai reikšmingi. Šie rezultatai rodo, jog net esant palyginti siauram amžiaus intervalui, amžius yra svarbus veiksnys tiriant RDA.

4.4.2. rsEEG: alfa ritmas, aperiodinis aktyvumas

Šios dalies analizė buvo atliekama su 168 tiriamųjų įrašais. EEG duomenų atmetimo priežastys buvo šios: i) iš pradžių šešių dalyvių įrašai buvo pašalinti dėl sugadintų failų – po du iš NCF ir NCG grupių, po vieną iš OC ir IUD grupių; ii) dar keturių dalyvių įrašai (po vieną iš NCF ir OC grupių bei du iš IUD grupės) buvo atmesti dėl ryškių artefaktų ar nekokybiško EEG signalo; iii) galiausiai dar keturių dalyvių duomenys buvo pašalinti dėl aiškiai neišreikštų alfa pikų (≥ 31 kanale alfa pikas neaptiktas), rodančių per silpną arba neaiškų alfa aktyvumą – po vieną iš NCF ir OC grupių bei du iš IUD grupės. Galutiniai imčių dydžiai pagal grupes buvo šie: vyrai – 39, NCF – 32, NCG – 35; OC – 35 ir IUD – 27.

4.4.2.1. rsEEG parametrų sąsajos su dalyvių charakteristikomis

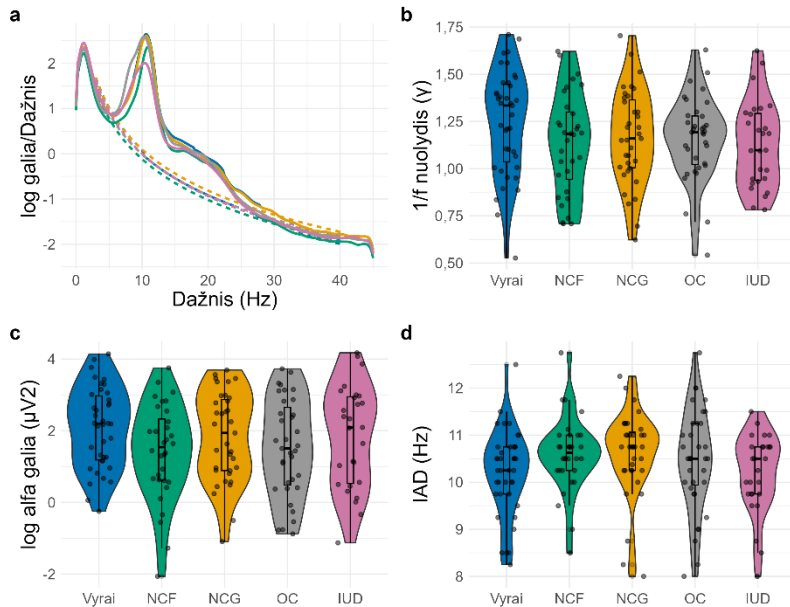
Prieš atliekant rsEEG parametrų palyginimus tarp grupių, buvo įvertinti ryšiai tarp tiriamųjų individualių charakteristikų (aprašytų **4.1 skyriuje, 4.1 lentelėje**) bei trijų rsEEG parametrų: IAD, alfa galios ir $1/f$ nuolydžio.

Po *FDR* korekcijos statistiškai reikšmingas ryšys buvo nustatytas tik tarp amžiaus ir $1/f$ nuolydžio ($r = -0,23$, $p = 0,010$), rodantis, kad su amžiumi aperiodinis komponentas tampa plokštesnis. Šis rezultatas papildomai pagrindžia sprendimą amžių įtraukti kaip kovariantę į visus tolimesnius modelius.

Kitų reikšmingų ryšių tarp dalyvių charakteristikų ir EEG parametrų nustatyta nebuvo (visi $-0,15 < r < 0,19$, $p > 0,20$, daugiau informacijos priede C).

4.4.2.2. Periodinių ir aperiodinių rsEEG parametrų tarpgrupiniai palyginimai

Siekiant vizualiai pavaizduoti periodinius (apie 10 Hz pikas, pažymėtas ištisine linija) ir aperiodinius (punktyrine linija pažymėtus) galios spektro tankio (PSD) komponentus, **4.7. pav. a** dalyje pateiktos vidutinės PSD reikšmės Pz elektrode, atskirai kiekvienai tiriamųjų grupei. Tuo tarpu **4.7. pav. b–d** dalyse pateikiamos rsEEG parametrų verčių medianos, apskaičiuotos iš visų elektrodų kiekvienai grupei atskirai.



4.7. pav. Periodinio ir aperiodinio rsEEG parametrai tiriamųjų grupėse. a. PSD (ištisinė linija) ir aperiodinis komponentas (1/ f nuolydis, punktyrinė linija) Pz elektrode tiriamųjų grupėse. b. 1/f nuolydis, c. logaritmuota alfa galia ir d. individualus alfa dažnis (IAD). b–d dalyse atvaizduotos kombinuotos skirstinių ir dėžutės diagramos: fonas rodo duomenų pasiskirstymo tankį, o taškai – individualius dalyvių įverčius. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, o ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio.

Pastaba: NCF – natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCL – natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC – geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

rsEEG parametrų vertinimams buvo naudotas ANCOVA modelis (1/f, alfa galia arba IAD ~ Grupė × Amžius) atskirai kiekvienam priklausomajam kintamajam. Modelyje tarpgrupinis veiksnys buvo lyties ir moterų hormoninio statuso grupės, o amžius – kovariantė.

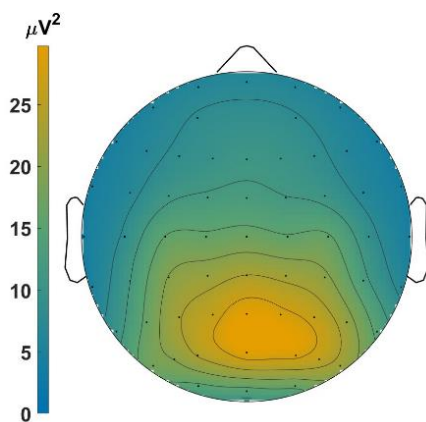
Analizėje statistiškai reikšmingų skirtumų tarp grupių nei 1/f nuolydyje, nei IAD ar logaritmuotoje alfa galioje nenustatyta (**žr. 4.3. lentelę**). Tuo tarpu amžius buvo reikšminga kovariantė 1/f nuolydžio atžvilgiu ($F(1, 158) = 8,48$, $p = 0,004$, $\eta_g^2 = 0,051$), atskleidžianti, kad su amžiumi nuolydis reikšmingai plokštėjo. Amžiaus ir grupės sąveika nei 1/f nuolydžio, nei IAD ar alfa galios analizėse nebuvo statistiškai reikšminga (visi $p > 0,17$), kas rodo, kad amžiaus poveikis šiems parametrams buvo panašus visose grupėse.

4.3. lentelė. ANCOVA rezultatų apibendrinimas 1/f nuolydžiui, IAD ir logaritminės alfa galios vertei, naudojant amžių kaip kovariantę. Statistiškai reikšmingas efektas paryškintas.

Parametrai	Efektas	df	F	p reikšmė	η_g^2
1/f nuolydis	Grupė	4; 158	1,10	0,357	0,027
	Amžius	1; 158	8,48	0,004	0,051
	Sąveika	4; 158	0,815	0,518	0,020
IAD	Grupė	4; 158	1,58	0,183	0,039
	Amžius	1; 158	0,21	0,649	0,001
	Sąveika	4; 158	0,996	0,411	0,025
Alfa galia (log)	Grupė	4; 158	1,47	0,218	0,015
	Amžius	1; 158	2,33	0,129	0,036
	Sąveika	4; 158	1,608	0,175	0,040

Pastaba: IAD – individualus alfa dažnis

Papildomai, siekiant įsitikinti, kad periodinių ir aperiodinių rodiklių reikšmės nėra iškreiptos dėl agregavimo per visus elektrodus, buvo atlikta analizė tik parietalinėse–okcipitalinėse srityse (Pz, P2, POz, PO4), kuriose, remiantis visų dalyvių vidutine topografinė alfa galios sklaida (**4.8. pav.**), alfa aktyvumas buvo ryškiausias. Šių sričių pasirinkimą taip pat pagrindžia jų svarba atliekant erdvines užduotis, tokias kaip MRT, kurios stipriai aktyvuoja parietalines–okcipitalines

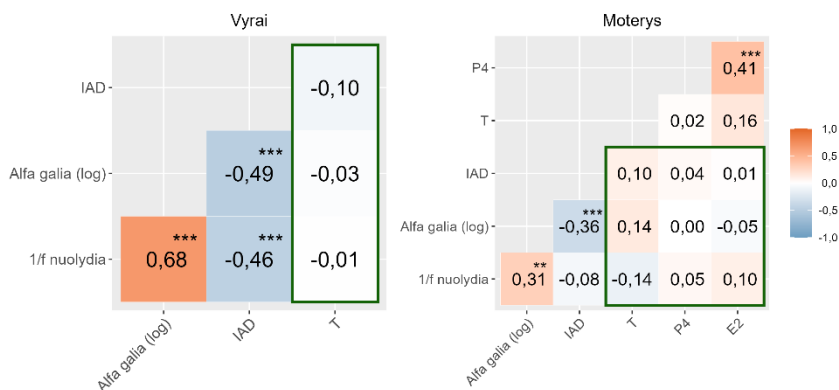


4.8. pav. Visų dalyvių bendras alfa galios topografinis žemėlapis.

smegenų sritis (apžvelgta Tomasino & Gremese, 2016). Be to, ši sritis yra pagrindinis elektroфизиologinio darbinės atminties rodiklio (CDA) šaltinis, susijusio su informacijos išlaikymu regimojoje darbinėje atmintyje (apžvelgta Luria et al., 2016). Vis dėlto, šioje analizėje tarp grupių taip pat nebuvo nustatyta reikšmingų skirtumų nei viename iš rodiklių (visi $F < 1,56$, $p > 0,177$).

4.4.2.3. Periodinių ir aperiodinių rsEEG parametrų sąsajos su lytinių hormonų koncentracijomis

Moterų grupėje buvo skaičiuoti daliniai koreliacijos koeficientai, kontroliuojant hormoninio statuso grupę. Nei moterų, nei vyrų imtyse statistškai reikšmingų ryšių tarp lytinių hormonų koncentracijų ir rsEEG periodinių ar aperiodinių parametrų nenustatyta (visos $p > 0,264$) (**4.9. pav.**).



4.9. pav. Koreliacijos koeficientai buvo apskaičiuoti siekiant įvertinti ryšius tarp rsEEG aperiodinių ir periodinių rodiklių bei lytinių hormonų lygių vyrų ir moterų imtyse. Moterų grupėje buvo naudojami daliniai koreliacijos koeficientai, įtraukiant moterų hormoninio statuso grupę kaip kovariantę. Pastaba: T – testosteronas, P4 – progesteronas, E2 – 17β – estradiolis, IAD – individualus alfa dažnis, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Šioje dalyje analizuoti ramybės būsenos EEG periodiniai (alfa ritmas, IAD) ir aperiodinis (1/f nuolydis) rodikliai bei jų sąsajos su tiriamųjų charakteristikomis ir lytinių hormonų koncentracijomis. Nors amžius reikšmingai siejosi su 1/f nuolydžiu (plokštėjantis su amžiumi), grupių skirtumai nenustatyti nei šiame, nei kituose rsEEG rodikliuose. Taip pat nebuvo rasta reikšmingų sąsajų tarp hormonų koncentracijų ir rsEEG parametrų nei vyrų, nei moterų imtyse.

4.5. Erdvinių gebėjimų palyginimas tarp tiriamųjų grupių

Erdviniai gebėjimai – viena iš kognityvinių funkcijų, kurioje dažniausiai stebimi lyčių skirtumai bei sąsajos su lytiniais steroidiniais hormonais. Ankstesni tyrimai rodo, kad lytiniai hormonai, estrogenai, progesteronas ir testosteronas, gali būti susiję su įvairiais erdvinų užduočių atlikimo aspektais (Courvoisier et al., 2013; Driscoll et al., 2005; Hausmann et al., 2009; Moffat & Hampson, 1996; O'Connor et al., 2001; Pintzka et al., 2016; Pletzer et al., 2019). Taip pat nuosekliai stebimas vyrų pranašumas atliekant kai kurias erdvines užduotis (Voyer, 2011; Voyer et al., 2007), tačiau šio skirtumo priežastys vis dar išlieka diskusijų objektu. Atsižvelgiant į tai, šioje tyrimo dalyje siekta įvertinti, kaip lytis, moterų hormoninis statusas ir lytinių steroidinių hormonų koncentracija gali būti susiję su tiriamųjų erdvinų gebėjimų skirtumais. Be to, analizuojami ir socialiniai veiksniai, tokie kaip profesija STEM srityje, bei emocinis kontekstas, galintys suteikti papildomų įžvalgų aiškinant erdvinų užduočių atlikimo variaciją.

Tiriamųjų erdviniai gebėjimai buvo vertinami atliekant dvi užduotis – sukimo mintyse (MRT) ir skerspjuvio testą (CST). Šių užduočių analizėje nebuvo įtraukti tų OC grupės dalyvių duomenys, kurios vartojo OC su androgeniškais progestiniais ($N = 10$). Toks sprendimas priimtas remiantis ankstesniais mūsų tyrimų grupės (Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011) ir kitų autorių (Gurvich et al., 2020; Wharton et al., 2008) tyrimais, kurie rodo, kad progestinų androgeniškumas gali būti svarbus veiksnys, moduliuojantis erdvinių užduočių atlikimą. Šioje analizėje siekėme aiškiai atskirti skirtingas progestinų grupes – IUD grupėje buvo vartojami androgeniški progestinai (levonorgestrelis), o OC grupėje – antiandrogeniški.

4.5.1. MRT: atlikimas ir strategijos

Šios dalies analizė buvo atlikta su 167 tiriamųjų duomenimis. Dalyvių atmetimo priežastys buvo šios: i) penki dalyviai nedalyvavo MRT užduotyje – keturi vyrai ir viena moteris iš OC grupės – nes jau buvo atlikę šią užduotį kitame eksperimente; ii) vienos dalyvės duomenys iš OC grupės buvo pašalinti, nes jos atsakymų tikslumas esant 135° ir 155° kampiniams skirtumams tarp figūrų buvo lygus nuliui, kas rodo galimą užduoties nesupratimą. Galutiniai grupių dydžiai analizėje buvo tokie: 35 – vyrai, 36 – NCF, 37 – NCG; 27 – OC ir 32 – IUD.

4.5.1.1. MRT atlikimo sąsajos su dalyvių charakteristikomis

Pirmiausia buvo įvertintos sąsajos tarp tiriamųjų individualių charakteristikų (aprašytų **4.1. skyriuje 4.1. lentelėje**) bei MRT atlikimo tikslumo ir atsako laiko. Koreliacinė analizė atskleidė tris statistiškai reikšmingas sąsajas: profesija STEM srityje buvo susijusi su tikslesniu užduoties atlikimu ($r = 0,26$, $p = 0,005$), o atsako laikas teigiamai koreliavo su amžiumi ($r = 0,24$, $p = 0,008$), kas rodo, kad vyresni tiriamieji užduotį atliko lėčiau. Abu šie kintamieji buvo įtraukti kaip kovariantės į tolimesnes analizes.

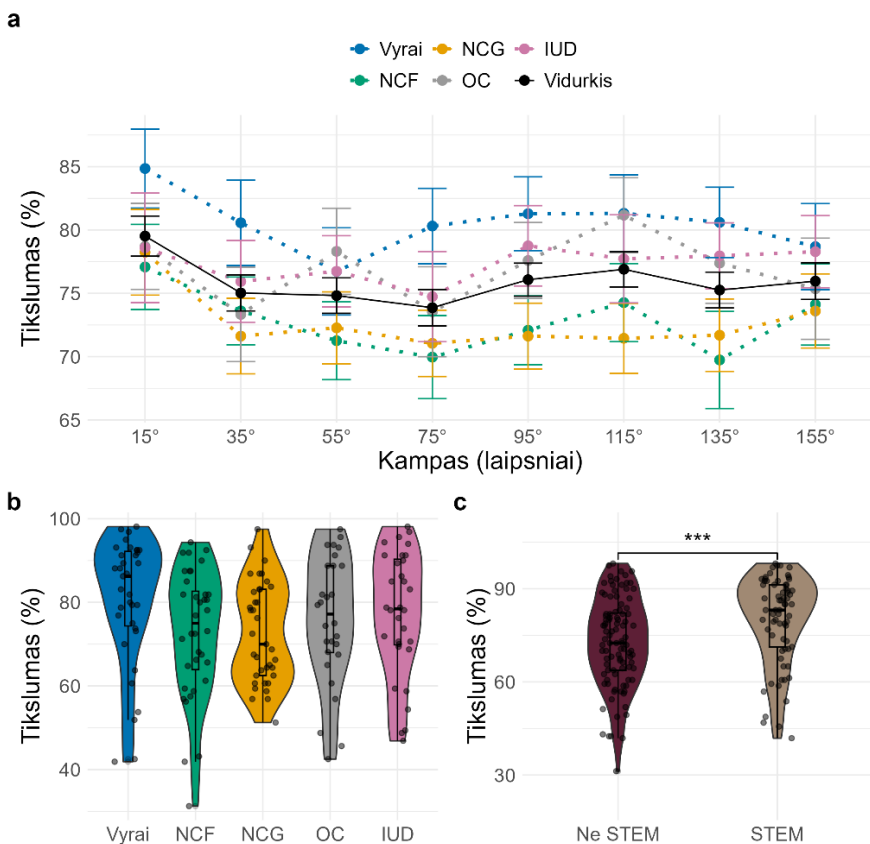
Be to, nustatyta reikšminga neigiama koreliacija tarp rankiškumo ir atsako laiko ($r = -0,24$, $p = 0,038$) rodanti, kad kairiarankiai užduotį atliko lėčiau. Vis dėlto, kadangi rankiškumo pasiskirstymas tarp tiriamųjų grupių buvo panašus (**žr. lentelę 4.1.**), šis kintamasis nebuvo įtrauktas į analizę.

Kitų statistiškai reikšmingų ryšių nenustatyta (visi $-0,16 < r < 0,16$, $p > 0,18$, daugiau informacijos priede D).

4.5.1.2. MRT užduoties atlikimo rodiklių tarpgrupiniai palyginimai

Vertinant MRT atlikimą, buvo atlikta mišraus dizaino ANCOVA analizė ($ACC/RT \sim \text{Kampinių skirtumų sąlygos} \times \text{Grupė} + \text{Amžius} + \text{STEM}$) atskirai dviem priklausomiems kintamiesiems: tikslumui (ACC) ir atsako laikui (RT). Analizėje pakartotinio matavimo veiksnys buvo kampinių skirtumų sąlygos, tarpgrupinis veiksnys – lyties ir moterų hormoninio statuso grupės, o kovariantės – amžius ir STEM profesija.

MRT užduoties tikslumo analizė neatskleidė statistiškai reikšmingų pagrindinių efektų nei tiriamųjų grupės ($F(4, 160) = 1,04, p = 0,389$), nei kampinių skirtumų sąlygų atžvilgiu ($F(4,46, 713,3) = 0,806, p = 0,533$) (**4.10. pav. a, b**). Vienintelis reikšmingas veiksnys, susijęs su didesniu tikslumu, buvo profesija STEM srityje ($F(1, 160) = 5,35, p = 0,022, \eta_s^2 = 0,021$): STEM sritis atstovaujantys dalyviai užduotį atliko tiksliau (**4.10. pav. c**). Kiti pagrindiniai efektai bei sąveikos reikšmingumo ribos nepasiekė (visi $F < 2,32, p > 0,130$).

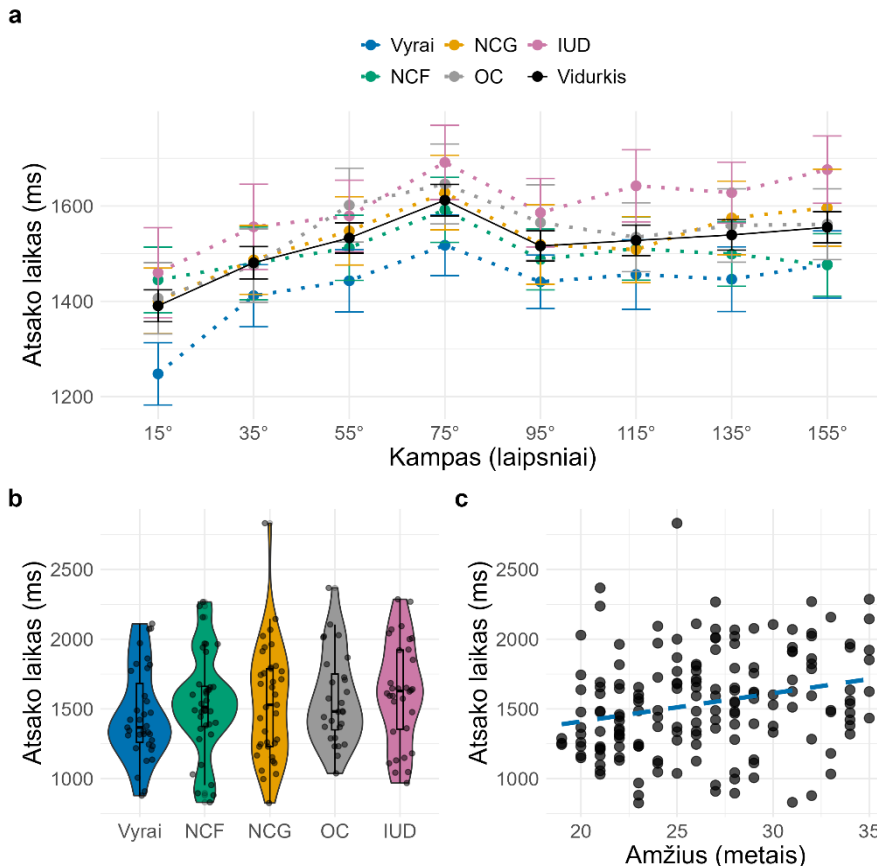


4.10. pav. a. tikslumas, įvertintas per aštuonis pasukimo kampus kiekvienoje grupėje, su bendru grupių vidurkiu (pažymėtas juodai); taškas žymi vidurkį, o ūsai rodo standartinę paklaidą (SE); **b.** Bendras užduoties atlikimo tikslumas grupėse; **c.** Bendras užduoties atlikimo tikslumas STEM ir ne STEM grupėse. **b – c** dalyse atvaizduotos kombinuotos skirstinių ir dėžutės diagramos: fonas rodo duomenų pasiskirstymo tankį, o taškai – individualius dalyvių įverčius. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, o ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio.

Pastaba: NCF – natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG – natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC – geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys. *** $p < 0,001$

Atliekant MRT užduoties atsako laiko analizę, nustatyta, kad nors atsako laikas kito priklausomai nuo figūros pasukimo kampo, šis efektas nepasiekė statistinio reikšmingumo ($F(4,15, 664,7) = 1,81, p = 0,123$). Vizualiai (**4.11. pav. a**) stebėta, kad visose grupėse ilgiausiai tiriamieji užtruko pateikti atsakymą, kai antroji figūra buvo pasukta 75° kampu.

Atsako laikas tarp grupių nesiskyrė ($F(4, 160) = 1,02, p = 0,401$). Vienintelis statistiškai reikšmingas veiksnys buvo amžius – su amžiumi atsako laikas reikšmingai lėtėjo ($F(1, 160) = 10,61, p = 0,001, \eta_g^2 = 0,050$; **4.11. pav. c**). Visi kiti pagrindiniai efektai ir sąveikos buvo nereikšmingi (visi $F < 1,7, p > 0,150$).



4.11. pav. a. atsako laikas, įvertintas per aštuonis pasukimo kampus kiekvienoje grupėje, su bendru grupių vidurkiu (pažymėtas juodai); taškas žymi vidurkį, o ūsai rodo standartinę paklaidą (SE); b. bendras užduoties atsako laikas grupėse pavaizduotas kombinuotomis skirstinio ir dėžutės diagramomis: fonas rodo duomenų pasiskirstymo tankį, taškai – individualius dalyvių įverčius. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio; c. ryšys tarp atsako laiko ir amžiaus.

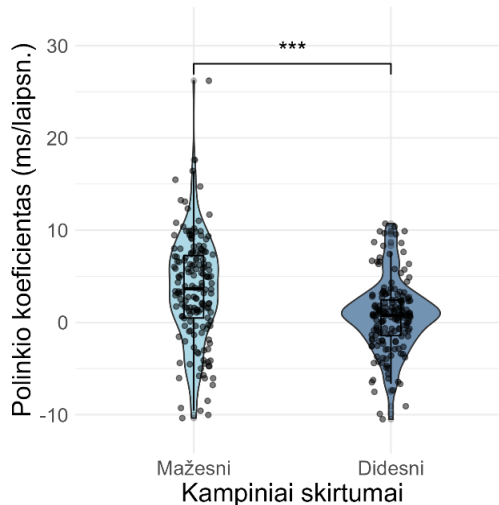
Pastaba: NCF – natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG – natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC – geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

4.4.1.3. Atsako laiko polinkio koeficientas

Atsako laiko pokytis priklausomai nuo kampinio skirtumo tarp figūrų yra vienas iš esminių MRT parametru, leidžiančių kelti prielaidas apie strategijas naudotas užduočiai atlikti (Shepard & Metzler, 1971). Tyrimai rodo, kad naudojant sukimo mintyse strategiją, atsako laikas ilgėja proporcingai kampiniui skirtumui tarp figūrų, o taikant alternatyvias strategijas – kreivė išsilygina (Boone & Hegarty, 2017). Todėl atsako laiko priklausomybės nuo kampinio skirtumo tarp figūrų kreivės forma gali netiesiogiai atskleisti skirtingų strategijų taikymą ir jų pokyčius, priklausomai nuo užduoties sudėtingumo.

Šio tyrimo duomenų vizualinė analizė parodė „lanksto“ reiškinį (angl. *Knee effect*, žr. 4. 11. pav. a) – atsako laikas didėjo iki 75° kampinio skirtumo tarp figūrų ir vėliau sumažėjo, nepasiekdamas ankstesnio maksimumo. Ši kreivės forma buvo stebima visose tiriamųjų grupėse ir, tikėtina, atspindi strategijų perėjimą nuo sukimo prie alternatyvių sprendimo būdų didesnių kampų atveju.

Atsižvelgiant į šį efektą, buvo apskaičiuoti du atskiri atsako laiko polinkio koeficientai: vienas – 15–75° kampiniams skirtumams (mažesni kampai), kitas – 95–155° kampams (didesni kampai). Šie polinkio koeficientai buvo palyginti taikant mišraus dizaino ANOVA (nuolydis ~ mažesni, didesni kampai × Grupė), kurioje atsako laiko polinkio koeficientas buvo



4.12. pav. Atsako laiko polinkio koeficiento palyginimas tarp mažesnių (15–75°) ir didesnių (95–155°) kampinių skirtumų. Rezultatai pavaizduoti kombinuota skirstinio ir dėžutės diagrama: fonas rodo duomenų pasiskirstymo tankį, taškai – individualius dalyvių įverčius. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio. *** $p < 0,001$

priklausomas kintamasis, mažesni ir didesni kampai– pakartotinio matavimo veiksnys, o lyties ir moterų hormoninio statuso grupės – tarpgrupinis veiksnys. Kaip ir tikėtasi, analizė parodė, kad mažesnių kampų nuolydis buvo

reikšmingai didesnis (t. y., statesnis), palyginti su didesnių kampų ($F(1, 162) = 30,5, p < 0,001, \eta_g^2=0,087$) (**4.12. pav.**).

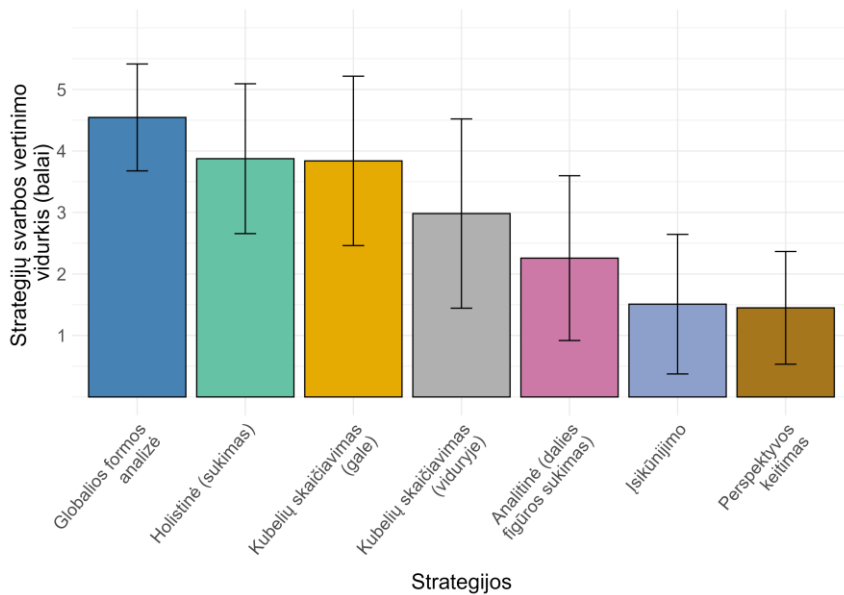
Tuo tarpu nei grupės efektas, nei grupės ir kampų sąveika nebuvo statistiškai reikšmingi (visi $F < 1,14, p > 0,340$), kas rodo, kad atsako laiko kreivės forma grupėse buvo panaši.

4.5.1.3. Strategijos

Po MRT užduoties tiriamieji pildė strategijų klausimyną, kuriame vertino, kiek jiems buvo svarbios Hegarty (2018) tyrime išskirtos strategijos. Šiai analizei buvo naudotas mišraus dizaino linijinis modelis (Vertinimas $\sim$ strategija $\times$ Grupė + Amžius + STEM), kuriame strategijos svarbos vertinimas buvo priklausomas kintamasis, strategija – pakartotinio matavimo veiksnys, lyties ir moterų hormoninio statuso grupės – tarpgrupinis veiksnys, o amžius ir STEM įtraukti kaip kovariantės.

Strategijų klausimyno analizė parodė, kad strategijų svarbos vertinimai reikšmingai skyrėsi tarp strategijų ($\chi^2(6) = 233,51, p < 0,001$). Kaip svarbiausias strategijas tiriamieji įvardijo globalios figūros formos analizę, holistinę (sukimo mintyse) strategiją bei kubelių skaičiavimą galiniuose figūros segmentuose. Bendras strategijų išsidėstymas – nuo svarbiausios iki mažiausiai svarbios – pavaizduotas **4.13. pav.**

Porinių palyginimų analizė atskleidė, kad vidutinė strategijų svarba statistiškai reikšmingai skyrėsi tarp visų strategijų porų ($p < 0,001$), išskyrus dvi išimtis. Nebuvo nustatyta reikšmingų skirtumų tarp holistinės strategijos (figūros sukimo) ir kubelių skaičiavimo galiniuose segmentuose, taip pat tarp dviejų žemiausiai įvertintų pagal svarbą strategijų: įsikūnijimo strategijos, kai figūra įsivaizduojama kaip gyvūnas (pvz., jos linkiai suvokiami kaip galva, uodega ar kitos kūno dalys), ir perspektyvos keitimo, kai tiriamieji įsivaizduodavo save judančius aplink figūrą.

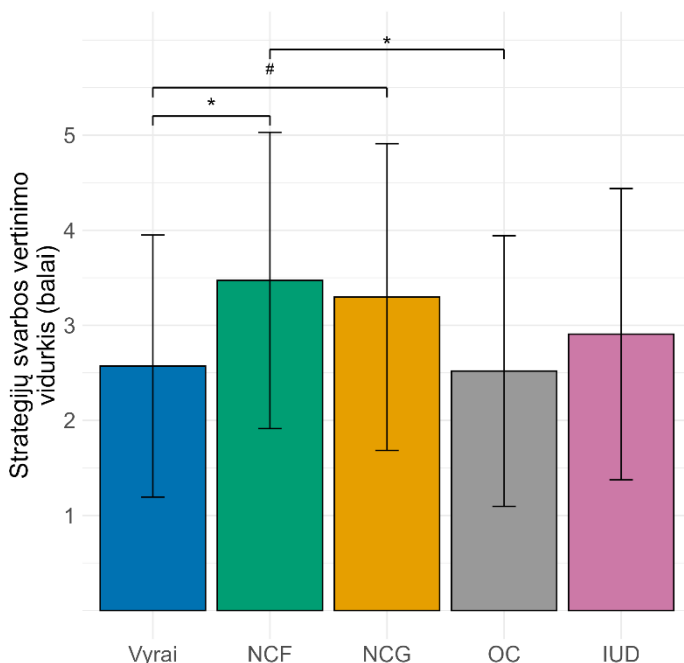


4.13. pav. Vidutiniai subjektyvūs strategijų svarbos įvertinimai, pateikti mažėjimo tvarka – nuo svarbiausios iki mažiausiai svarbios. Stulpelių aukštis žymi vidurkį, o ūsai – standartinę paklaidą (SE).

Pastaba: $p < 0,001$ – reikšmingi skirtumai tarp strategijų, išskyrus holistinės ir kubelių skaičiavimo (gale) bei įsikūnijimo ir perspektyvos keitimo strategijų porų. Siekiant užtikrinti grafiko aiškumą, poriniai skirtumai grafike nėra atvaizduoti

Tolesnė analizė atskleidė reikšmingą strategijos ir grupės sąveiką ($\chi^2(24) = 45,10$, $p = 0,006$), rodančią, kad kai kurių strategijų svarbos vertinimai skyrėsi tarp tiriamųjų grupių. Statistiškai reikšmingi grupiniai skirtumai buvo nustatyti kubelių skaičiavimo figūros viduriniuose segmentuose strategijoje. Šią strategiją NCF grupės moterys vertino kaip svarbesnę palyginti su vyrais ($p = 0,022$) ir OC grupės tiriamosiomis ($p = 0,034$). Panaši tendencija išryškėjo ir NCG grupės moterų bei vyrų palyginime, nors statistinio reikšmingo riba nebuvo pasiekta ($p = 0,088$) (**4.14. pav.**).

Kitų pagrindinių efektų ar sąveikų nenustatyta ($\chi^2 < 4,53$, $p > 0,052$).



4.14. pav. Kubelių skaičiavimo viduriniuose figūros segmentuose strategijos svarbos vertinimo vidurkiai pagal tiriamųjų grupes; ūsai rodo standartinę paklaidą (SE).

Pastaba: NCF - natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCG - natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC - geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

$p < 0,10$; * $p < 0,05$

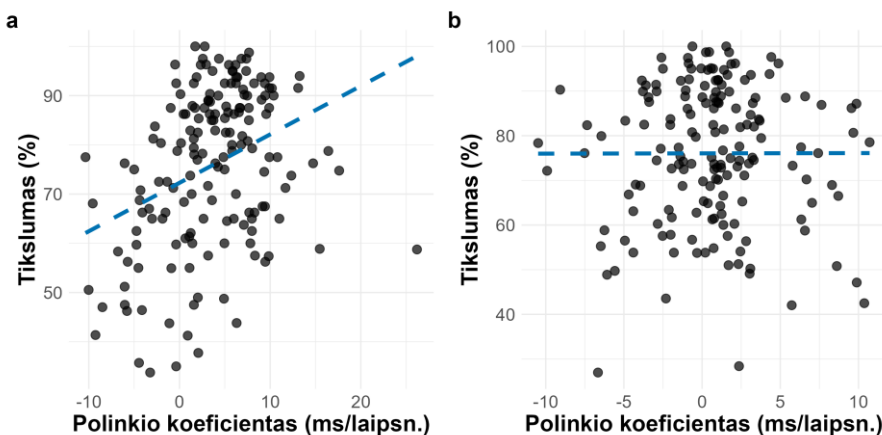
4.5.1.4. MRT užduoties atlikimo rodiklių ir strategijų ryšiai

Siekiant nustatyti ryšį tarp tiriamųjų subjektyviai įvertintos strategijų svarbos ir MRT užduoties atlikimo rodiklių (atsako laiko polinkio koeficiento ir tikslumo), buvo atlikta koreliacinė (*Spearmano*) analizė, kontroliuojant amžių bei STEM profesiją ir taikant *FDR* metodą *p-reikšmių* korekcijai. Atlikimo rodikliai (atsako laiko polinkio koeficientas ir tikslumas) buvo apskaičiuoti atskirai dviem kampinių skirtumų diapazonams: mažesniems (15° – 75°) ir didesniems (95° – 155°). Toks sprendimas buvo grindžiamas atsako laiko priklausomybės nuo kampo kreivės forma (**4.11 pav. a**), kurioje visose tiriamųjų grupėse buvo pastebėtas „lanksto“ (angl. *Knee effect*) reiškinys ties 75° kampu. Šis sistemingas kreivės lūžis, remiantis tiek šio tyrimo duomenimis, tiek ankstesniais darbais (Boone & Hegarty, 2017), interpretuojamas kaip galimas strategijų pasikeitimo taškas. Todėl strategijų

svarbos ir atlikimo rodiklių sąsajos buvo vertinamos atskirai kiekviename kampinių skirtumų intervale.

Vis dėlto rezultatai parodė, kad nė vienas iš strategijų svarbos vertinimų nebuvo statistiškai reikšmingai susijusi su atsako laiko polinkio koeficientais ar vidutiniu tikslumu, tiek mažesnių, tiek didesnių kampinių skirtumų sąlygomis (visos koreliacijos: $-0,13 < \rho < 0,009$, $p > 0,478$, daugiau informacijos priede D).

Tačiau pastebėta reikšminga teigiama koreliacija tarp mažesnių kampų atsako laiko polinkio koeficiento ir tikslumo ($r = 0,40$, $p < 0,001$, **4.15. pav. a**), rodanti, kad kuo statesnė atsako laiko kreivė (t. y., kuo stipriau atsako laikas ilgėjo didėjant kampui), tuo tikslesnis buvo užduoties atlikimas. Toks ryšys su didesnių kampų tikslumu ir polinkio koeficientu nenustatytas ($p = 0,722$) (**4.15. pav. b**). Šie rezultatai leidžia manyti, kad mažesnių kampinių skirtumų atveju tiriamieji galimai iš tiesų naudojo holistinę, sukimo mintyse, strategiją, kurios efektyvumas atsispindėjo tikslesniame atlikime. Tuo tarpu didesnių kampinių skirtumų intervale strategijų pobūdis galėjo keistis, tačiau klausimynas, tikėtina, nebuvo pakankamai jautrus šiems skirtumams identifikuoti. Taip pat neatmetama galimybė, kad tiriamiesiems buvo sudėtinga retrospektyviai įvertinti taikytas strategijas, ypač kai jos galėjo kisti užduoties eigoje.

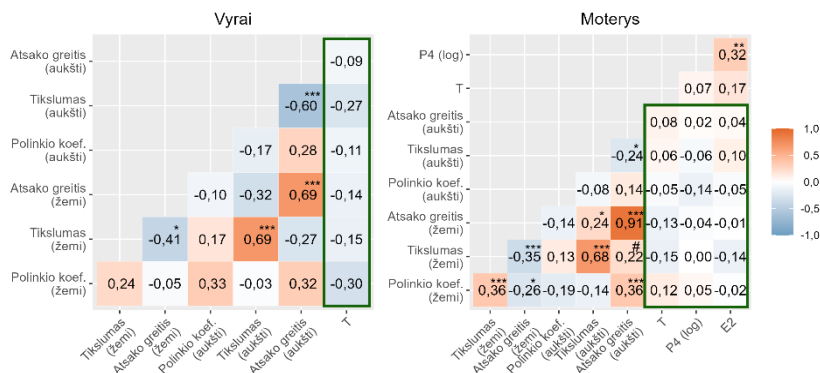


4.15. pav. Ryšiai tarp žemesnių ir aukštesnių kampinių skirtumų polinkio koeficiento bei vidutinio tikslumo. a) Mažesnių kampinių skirtumų (15° – 75°); b) Didesnių kampinių skirtumų (95° – 155°).

4.5.1.5. MRT užduoties atlikimo rodiklių ryšys su lytinių hormonų koncentracijomis

Buvo įvertintos MRT užduoties atlikimo rodiklių – atsako laiko polinkio koeficiento ir tikslumo – sąsajos su lytinių hormonų koncentracijomis atskirai

vyrų ir moterų imtyse. Šie rodikliai buvo apskaičiuoti atskirai dviem kampinių skirtumų intervalams: mažesniems (15° – 75°) ir didesniems (95° – 155°), remiantis ankstesne analizės logika. Moterų grupėje buvo skaičiuoti daliniai koreliacijos koeficientai, kontroliuojant hormoninio statuso grupę. Nei vyrų, nei moterų grupėse nenustatyta statistiškai reikšmingų sąsajų tarp MRT užduoties atlikimo parametų ir lytinių hormonų koncentracijų ($-0,30 > r < 0,12, p > 0,167$) (žr. 4.16. pav.).



4.16. pav. Koreliacijos koeficientai buvo apskaičiuoti siekiant įvertinti ryšius tarp MRT atlikimo rodiklių ir lytinių hormonų lygių vyrų imtyje. Moterų grupėje buvo naudojami daliniai koreliacijos koeficientai, įtraukiant moterų hormoninio statuso grupę kaip kovariantę.

Pastaba: T – testosteronas, E2 – 17β-estradiolis, P4 – progesteronas. Aktualūs koreliacijos koeficientai pažymėti žaliu apvedimu, # $p < 0,1$, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$

Papildomai, atsižvelgiant į ankstesnius tyrimus, kurie rodo galimą nelineinį testosterono ir erdvinį gebėjimų ryšį (Courvoisier et al., 2013; O'Connor et al., 2001), buvo atlikta polinominė regresijos analizė atskirai vyrams ir moterims. Analizė neatskleidė reikšmingo nelineinio ryšio tarp testosterono ir MRT atlikimo parametų nei vyrų, nei moterų imtyse (visi $F < 2,26, p > 0,109$).

Taip pat, ankstesni tyrimai rodo, kad MRT užduoties atlikimo tikslumas OC grupėje gali būti susijęs su etinilestradiolio koncentracija – mažesnė šio sintetinio hormono dozė gali būti siejama su geresniu atlikimu (Beltz et al., 2015; Hampson et al., 2022). Atsižvelgiant į tai, OC grupę suskirstėme į du pogrupius: moteris, vartojančias kontraceptikus su mažesne ($20 \mu\text{g}$, $n = 9$) ir su didesne ($30 \mu\text{g}$, $n = 14$) etinilestradiolio doze, ir palyginome jų MRT bendrą atlikimo tikslumą, tačiau skirtumų nebuvo nustatyta ($t = 0,616, p = 0,545$).

MRT užduoties rezultatai parodė, kad nei tikslumas, nei atsako laikas, nei atsako laiko polinkio koeficientas reikšmingai nesiskyrė tarp lyčių ar skirtingo

hormoninio statuso moterų. Taip pat neatskleista statistiškai reikšmingų sąsajų tarp MRT atlikimo rodiklių ir lytinių hormonų koncentracijų nei vyrų, nei moterų imtyse. Su atlikimu stipriausiai siejosi amžius ir STEM profesija – vyresni dalyviai reagavo lėčiau, o STEM srities atstovai užduotį atliko tiksliau. Atsako laiko priklausomybėje nuo kampinio skirtumo stebėtas „lanksto“ efektas, rodantis galimą strategijų pasikeitimą. Reikšminga teigiama koreliacija tarp mažesnių kampų atsako laiko polinkio koeficiento ir tikslumo leidžia manyti, kad šiose sąlygose buvo efektyviai taikoma sukimo mintyse strategija. Tuo tarpu didesnių kampų intervale šis ryšys nepasireiškė, kas gali atspindėti strategijos pokytį. Klausimynas, naudotas strategijų svarbos vertinimui, pasirodė nepakankamai jautrus, kad atskleistų ryšius tarp subjektyvių vertinimų ir MRT atlikimo parametrų.

4.5.2. CST užduoties atlikimas

Šios dalies analizė buvo atlikta su 165 tiriamųjų duomenimis. Iš šios analizės buvo pašalinti šių dalyvių duomenys dėl nurodytų priežasčių: i) Keturi vyrai ir viena moteris iš OC grupės – nebuvo įtraukti, nes jau buvo atlikę šią užduotį kitame eksperimente; ii) viena tiriamoji iš NCG grupės ir viena iš OC – nedalyvavo užduotyje dėl laiko stokos; iii) vienos moters duomenys iš IUD grupės buvo pašalinti iš analizės dėl itin žemo tikslumo (6 %), kas leidžia manyti, jog užduoties instrukcijos galėjo būti nesuprastos ar netinkamai įgyvendintos. Galutiniai grupių dydžiai analizėje buvo tokie: 35 – vyrai, 36 – NCF, 36 – NCG; 27 – OC ir 31 – IUD.

4.5.2.1. CST tikslumo sąsajos su dalyvių charakteristikomis

Pirmiausia buvo įvertintos sąsajos tarp tiriamųjų individualių charakteristikų (aprašytų **4.1. skyriuje 4.1. lentelėje**) bei skerspjuvio užduoties atlikimo tikslumo. Koreliacinė analizė atskleidė dvi statistiškai reikšmingas koreliacijas. Profesija STEM srityje buvo susijusi su tikslesniu užduoties atlikimu ($r = 0,23$, $p = 0,02$), be to, mažesnis CST užduoties tikslumas buvo susijęs su didesniu emociniu sujaudinimu, vertintu po emocijų reguliacijos užduoties ir prieš CST pradžią (ES2) ($r = -0,34$, $p < 0,001$). Kitų statistiškai reikšmingų ryšių nenustatyta (visi $-0,15 < r < 0,13$, $p > 0,22$, daugiau informacijos priede E).

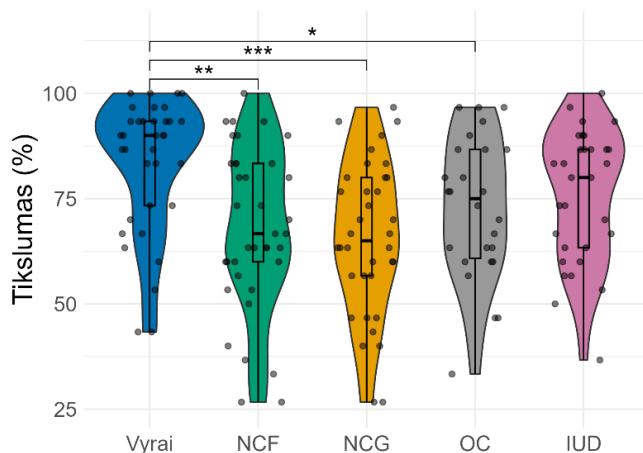
Remiantis šiais rezultatais bei ankstesnių analizių duomenimis, į tolimesnę ANCOVA analizę buvo įtrauktos dvi kovariantės – STEM profesija ir amžius. Nors šioje užduotyje amžiaus ir tikslumo ryšys nebuvo statistiškai reikšmingas ($r = -0,11$, $p = 0,38$), jo įtraukimas buvo pagrįstas ankstesniais

rezultatais, rodančiais sistemines sąsajas su amžiumi, taip pat dėl pastebėtų amžiaus skirtumų tarp grupių.

Tuo tarpu ES2 rodiklis, nors ir susijęs su tikslumu koreliaciniame lygmenyje, nebuvo įtrauktas į ANCOVA modelį, nes tarp grupių reikšmingų ES2 skirtumų nenustatyta (žr. 4.1. lentelė). Vis dėlto, siekiant įvertinti šio veiksnio galimą specifinį poveikį vyrams ir moterims, ES2 buvo analizuojamas vėliau daugialypėje regresijos analizėje.

4.5.2.2. CST tikslumo tarpgrupiniai palyginimai

Įvertinti grupių skirtumus CST užduoties atlikime buvo taikytas ANCOVA modelis (Tikslumas ~ Grupė + Amžius + STEM), kur priklausomas kintamasis buvo tikslumas, tarpgrupinis veiksnys – lyties ir moterų hormoninio statuso grupės, o kovariantės – amžius ir STEM profesija. Analizė atskleidė reikšmingą grupės efektą ($F(4, 159) = 4,20, p = 0,003, \eta_g^2 = 0,096$). *Post hoc* palyginimai parodė, kad vyrai ($M = 83,3, SE = 2,69$) užduotį atliko tiksliau už OC ($M = 70,74, SE = 3,67, p = 0,047$), NCF ($M = 65,6, SE = 3,03, p = 0,004$) ir NCG ($M = 65,6, SE = 3,03, p < 0,001$) grupių moteris. Tačiau vyrų atlikimas statistiškai reikšmingai nesiskyrė nuo IUD ($M = 75,7, SE = 2,84, p = 0,839$) grupės moterų (4.17. pav.).



4.17. pav. CST atlikimo tikslumas grupėse. Rezultatai pavaizduoti kombinuota skirstinio ir dėžutės diagrama: fonas rodo duomenų pasiskirstymo tankį, taškai – individualius dalyvių įverčius. Dėžutėse vidurio linija žymi medianą, kraštinės – pirmąjį ir trečiąjį kvartilius, ūsai tęsiasi iki 1,5 interkvartilinio nuotolio.

Pastaba: NCF - natūralaus ciklo moterys ankstyvojoje folikulinėje fazėje; NCL - natūralaus ciklo moterys vidurinėje geltonkūnio fazėje; OC - geriamąją kontracepciją vartojančios moterys; IUD – hormoninę vidugimdinę spiralę naudojančios moterys.

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Analizė neparodė reikšmingų skirtumų tarp moterų hormoninio statuso grupių (išsamesni rezultatai pateikiami **4.4.2.3 skyriuje**). Taip pat amžiaus ir STEM profesijos pagrindiniai efektai buvo nereikšmingi (visi $F < 2,62$, $p > 0,108$).

Ankstesni tyrimai rodo, kad moterys, vartojančios OC su mažesne etinilestradiolio doze, erdvines užduotis atlieka geriau (Beltz et al., 2015; Hampson et al., 2022). Todėl papildomai atlikome analizę, kuria siekėme palyginti CST tikslumą tarp moterų, vartojančių OC su mažesne (20 μg , $n = 9$) ir didesne (30 μg , $n = 15$) etinilestradiolio doze. Analizė neatskleidė statistiškai reikšmingo skirtumo tarp OC pogrupių ($t(24) = 1,22$, $p = 0,235$).

4.5.2.3. Lyčiai specifinių faktorių ir CST tikslumo sąsajų analizė: atskirų regresijos modelių rezultatai vyrams ir moterims

Kadangi MRT užduotyje reikšmingų lyčių ar hormoninio statuso grupių skirtumų užduoties atlikimo rodikliuose nenustatyta, o rezultatai buvo paaiškinami STEM profesija ir amžiumi, CST užduotyje išryškėję lyčių ir grupių skirtumai paskatino detaliau analizuoti individualius veiksnus. Šioje analizės dalyje buvo nagrinėjama, ar tokie veiksniai kaip emocinis sujaudinimas, hormoninis statusas ir lytinių hormonų koncentracijos galėtų prisidėti prie CST užduoties tikslumo variacijos. Analizė apėmė visus svarbiausius individualius charakteristikų rodiklius, aprašytus **4.1.** ir **4.2. lentelėse**. Dėl esminių skirtumų tarp lyčių hormoniniuose profiliuose, nevienodų imčių dydžių bei progesterono ir estradiolio matavimų nebuvimo vyrų grupėje, analizė buvo atlikta atskirai vyrams ir moterims. Toks požiūris leido tiksliau identifikuoti skirtingų kintamųjų indėlį kiekvienai lyčiai, pasitelkiant daugialypės linijinės regresijos modelius.

Prieš taikant Akaike informacijos kriterijų (AIC) modelio pasirinkimui, buvo įvertinta galimo multikolinearumo tarp prognozuojamųjų kintamųjų problema, naudojant dispersijos didinimo faktorių (VIF). Diagnostinė analizė parodė, kad visos VIF reikšmės buvo žemiau paprastai priimtose ribose (visos $VIF < 2,8$) (Frost, 2019), nurodant, kad multikolinearumo nebuvo ir aiškinamieji kintamieji nebuvo stipriai koreliuoti, taip suteikiant patikimą pagrindą vėlesniam modelio pasirinkimo procesui naudojant AIC (pradinio daugialypio linijinio regresijos modelio rezultatus galima rasti priede E).

Moterys. AIC procedūra moterų daugialypio linijinio regresijos modeliui, pasiūlė keturis aiškinamuosius kintamuosius: IUD grupę, amžių, ES2, ir testosteroną. Kadangi IUD grupė buvo pasirinkta kaip prognozuojamasis kintamasis, nusprendėme šią grupę laikyti atskaitos kategorija. Todėl galutinis moterų modelis susidėjo iš šešių prognozuojamųjų kintamųjų (**4.4. lentelė**).

Galutinis modelis buvo statistiškai reikšmingas ($F(6, 124) = 4,73, p < 0,001, R^2_{adj} = 0,146$), ir paaiškino apie 15 % CST tikslumo variacijos moterų imtyje. Trijų aiškinamųjų kintamųjų efektai buvo statistiškai reikšmingi. Stipriausias neigiamas ryšys buvo nustatytas tarp CST tikslumo ir ES2 ($\beta = -0,352, SE = 0,083, p < 0,001$) rodantis, kad didesnis emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties buvo susijęs su prastesniu atlikimu. Taip pat nustatyta, kad IUD grupės dalyvės užduotį atliko tiksliau nei OC ($\beta = -0,558, SE = 0,267, p = 0,038$), NCG ($\beta = -0,577, SE = 0,228, p = 0,012$) grupių moterys, o palyginimas su NCF grupe parodė skirtumą tendencijos ribose ($\beta = -0,407, SE = 0,226, p = 0,074$).

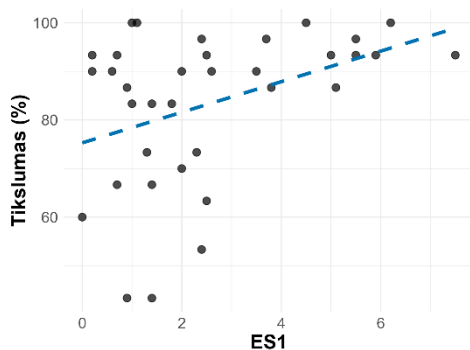
Amžiaus ir testosterono efektas buvo neigiamas, tačiau nesiekė reikšmingumo slenksčio ($p < 0,1$).

Modelio prielaidų (liekanų normalumo, multikolinearumo nebuvimo, klaidų nepriklausomumo ir homoskedastiškumo) pažeidimų nenustatyta.

4.4. lentelė. Moterų daugialypės linijinės regresijos modelio apibendrinimas: CST tikslumo ir aiškinamųjų kintamųjų sąsajos, kontroliuojant moterų hormoninio statuso grupes (IUD grupė pasirinkta kaip atskaitos kategorija). Prognozuojamieji kintamieji buvo pasirinkti naudojant AIC procedūrą.

	β	t	p	F	df	p	$Adj.$ R^2
Moterų CST tikslumo modelis				4,45	6 124	< 0,001	0,146
OC	-0,558	-2,09	0,038				
NCF	0,407	-1,80	0,074				
NCG	-0,577	-2,54	0,012				
Amžius	-0,149	-1,76	0,080				
ES2	-0,350	-4,26	< 0,001				
T	-0,151	-1,72	0,089				

Pastaba: ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; NCF – natūralaus ciklo folikulinės fazės moterys; NCG – natūralaus ciklo vidurinės geltonkūnio fazės moterys; OC – moterys, vartojančios geriamuosius kontraceptikus; IUD – moterys, naudojančios gimdos spiralę. T – testosteronas. $p < 0,05$ – paryškinta; $p < 0,10$ – pasviręs šriftas.



4.18. pav. Emocinio sujaudinimo vertinimas eksperimento pradžioje (ES1) ir CST tikslumo ryšys vyrų imtyje.

didesnis emocinis sujaudinimas eksperimento pradžioje buvo susijęs su tikslesniu vyrų CST užduoties atlikimu (**4.18. pav.**). Siekiant patikrinti gautų regresijos rezultatų patikimumą, buvo atlikta papildoma savirankos (angl. *bootstrap*) koreliacijos analizė ($n = 10\,000$, 95 % PI), apimanti tuos pačius kintamuosius kaip ir pirminiame modelyje. Rezultatai patvirtino regresinės analizės išvadas – tik ES1 kintamojo 95 % PI nekirto nulio: $r = 0,39$, savirankos 95 % PI $[0,181; 0,585]$, $p = 0,02$.

Modelio prielaidų – liekanų normalumo ir klaidų nepriklausomumo – pažeidimų nenustatyta, tačiau homoskedastiškumo prielaida buvo pažeista, todėl rezultatus reikėtų vertinti atsargiai.

Papildomai atsižvelgiant į ankstesnius tyrimus, kurie rodo galimą nelinijinį testosterono ir erdvinį gebėjimų ryšį (Courvoisier et al., 2013; O'Connor et al., 2001), taip pat į moterų imtyje pastebėtą šio ryšio tendenciją, buvo atlikta polinominė regresijos analizė atskirai vyrams ir moterims. Vis dėlto analizė neatskleidė reikšmingo nelinijinio ryšio tarp testosterono ir CST tikslumo nei vyrų, nei moterų imtyse (visi $F < 0,801$, $p > 0,452$).

Emocinis sujaudinimas kaip mediatorius. Atsižvelgiant į tai, kad regresijos analizėse emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties (ES2) išryškėjo kaip stipriausias neigiamas aiškinamasis kintamasis moterų CST tikslumui, buvo nuspręsta išsamiau įvertinti jo galimą tarpininkaujantį (mediatoriaus) vaidmenį aiškinant lyčių skirtumus CST atlikime.

Pirmiausia, buvo patvirtintas tiesioginis ryšys tarp prognozuojamojo kintamojo (lyties) ir rezultato (CST tikslumo, **4.19. pav.**, kelias c), rodantis reikšmingą tikslumo skirtumą tarp vyrų ir moterų ($\beta = 0,963$, $p < 0,001$). Toliau nustatytas reikšmingas ryšys tarp prognozuojamojo kintamojo (lyties) ir tarpininko (mediatoriaus) ES2 ($\beta = -0,594$, $p = 0,033$, **4.19. pav.**, kelias a)

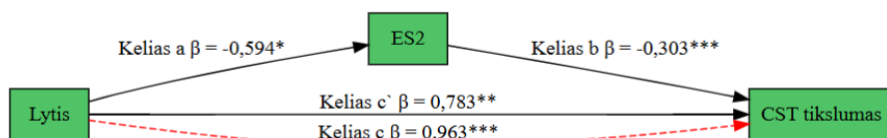
Vyrai. AIC procedūra vyrų daugialypės linijinės regresijos modeliui atrinko tik vieną prognozuojamąjį kintamąjį – emocinį sujaudinimą eksperimento pradžioje (ES1). Modelis su šiuo vieninteliu kintamuoju buvo statistiškai reikšmingas ($F(1, 33) = 6,03$, $p = 0,019$, $R^2 = 0,129$), paaiškindamas apie 13 % CST tikslumo variacijos vyrų imtyje.

ES1 buvo teigiamai susijęs su CST tikslumu ($\beta = 0,393$, $SE = 0,160$, $p = 0,019$), nurodant, kad

taip pat buvo reikšmingas ($\beta = -0,594$, $p = 0,033$), rodantis, kad moterys po emocijų reguliacijos užduoties patyrė didesnę emocinį sujaudinimą nei vyrai. Galiausiai, ES2 taip pat reikšmingai prognozavo CST tikslumą (kelias b , $\beta = -0,303$, $p < 0,001$), patvirtinant, kad didesnis emocinis sujaudinimas buvo susijęs su mažesniu tikslumu.

Visos šios sąsajos rodo dalinį ES2 tarpininkaujantį poveikį (**4.19. pav.**). Įtraukus ES2 į modelį, tiesioginis lyties poveikis CST tikslumui sumažėjo (kelias c' , $\beta = 0,783$, $p = 0,002$). Netiesioginio poveikio dydis buvo 0,180, su 95 % savirankos PI [0,016, 0,376], leidžiančiu teigti, kad apie 19 % lyčių skirtumo CST užduoties tikslume gali būti paaiškinama didesniu neigiamu ES2 efektu moterims.

Šiame modelyje nei amžius, nei STEM profesija, nei moterų hormoninis statusas nebuvo reikšmingai susijęs nei su CST tikslumu (visi $p > 0,096$), nei su ES2 ($p > 0,507$).



4.19. pav. Mediacinės analizės kelių diagrama.

Pastaba: ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties, CST - skerspjūvio testas. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

CST užduotyje buvo stebimas statistiškai reikšmingas vyrų pranašumas – jie buvo tikslesni nei NC ir OC grupių moterys, tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo IUD vartotojų. Daugialypės regresijos analizė moterų imtyje atskleidė reikšmingus skirtumus tarp hormoninio statuso grupių – OC ir NCG grupių dalyvės pasirodė prasčiau nei IUD vartotojos, kontroliuojant amžių, ES2 ir testosterono lygį. Taip pat nustatyta, kad didesnis ES2 buvo susijęs su mažesniu tikslumu moterų, bet ne vyrų grupėje. Galiausiai mediacinė analizė parodė, kad lyčių skirtumai CST tikslume buvo iš dalies paaiškinami ES2, leidžiančiu manyti, kad padidėjęs emocinis sujaudinimas gali prisidėti prie ryškesnių lyčių skirtumų erdvinių gebėjimų užduotyje.

5. DISKUSIJA

Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti lyties, moterų hormoninio statuso ir lytinių hormonų sąsajas su erdviniais gebėjimais bei juos veikiančiais kognityviniais, neurofiziologiniais, emociniais bei socialiniais veiksniais. Tyrime dalyvavo vyrai, natūralaus ciklo (NC) moterys ir hormoninę kontracepciją (HK) vartojančios moterys. NC moterys buvo tiriamos ankstyvojoje folikulinėje fazėje (NCF) ar vidurinėje geltonkūnio fazėje (NCG), o HK grupę sudarė moterys, vartojančios geriamąją hormoninę kontracepciją (OC) arba turinčios hormoninę vidugimdinę spiralę (IUD).

Nors ankstesniuose tyrimuose dažnai buvo stebėti reikšmingi lyčių ir hormoninių pokyčių sąlygoti skirtumai erdviniuose gebėjimuose bei juos veikiančiuose kognityviniuose ir neurofiziologiniuose rodikliuose, šio tyrimo rezultatai atskleidė subtilesnes ir labiau kontekstines sąsajas, kurios ne visada atitiko ankstesnių studijų išvadas.

Diskusijoje gautus rezultatus pirmiausia aptarsiu atskirai pagal vertintų parametrų tipus: tarpininkaujančius kognityvinius ir neurofiziologinius rodiklius, t. y., regimosios darbinės atminties (RDA) užduoties rezultatus ir ramybės būsenos EEG (rsEEG) parametrus (1/f nuolydis, individualus alfa dažnis (IAD) ir alfa galia), o vėliau – erdviųjų gebėjimų užduočių (MRT ir CST) rezultatus bei MRT atlikimo strategijų ypatumus.

Po šių atskirų rezultatų aptarimo pateikiama bendresnė visų vertintų rodiklių sąsajų apžvalga, diskutuojami galimi mechanizmai, paaiškinantys išryškėjusias tendencijas, ir aptariami tyrimo ribotumai bei rekomendacijos tolimesniems tyrimams.

5.1. Kognityviniai ir neurofiziologiniai rodikliai

Pradedant rezultatų aptarimą, pirmiausia analizuojami tarpininkaujantys kognityviniai ir neurofiziologiniai rodikliai – RDA užduoties rezultatai bei rsEEG parametrai. Šie rodikliai buvo vertinti kaip potencialūs faktoriai, galintys prisidėti prie erdviųjų gebėjimų skirtumų tarp lyčių ar moterų hormoninio statuso grupių.

Darbinė atmintis yra glaudžiai susijusi su bendru kognityvinių gebėjimų efektyvumu (Luck & Vogel, 2013), o tokie rsEEG parametrai kaip individualus alfa dažnis (IAD), alfa galia ir 1/f nuolydis – su smegenų sužadavimo ir slopinimo balansu (Donoghue et al., 2020; Klimesch et al., 2007). Kadangi ankstesni tyrimai rodė, jog šie rodikliai gali būti jautrūs hormoniniams pokyčiams, jų įvertinimas yra svarbus siekiant plačiau pažvelgti į galimus hormonų ir kognityvinių/neurofiziologinių funkcijų sąryšius.

Nors mūsų tyrime statistiškai reikšmingų RDA ar rsEEG rodiklių skirtumų nenustatyta, šių parametų analizė išlieka svarbi teoriniu požiūriu. Todėl toliau atskirai aptariami RDA užduoties atlikimo ir neurofiziologiniai rezultatai bei rsEEG duomenys, lyginant juos su ankstesnių tyrimų išvadomis ir aptariant galimas interpretacijas.

5.1.1. RDA užduoties atlikimo ir neurofiziologiniai rodikliai

Kaip ir tikėtasi, RDA užduoties rezultatai atkartojo kai kurias anksčiau stebėtas tendencijas – užduoties atlikimas prastėjo didėjant darbinės atminties (DA) apkrovai (Luck & Vogel, 1997), o didesnė CDA amplitudė buvo būdinga dalyviams, turintiems didesnę DA talpą (Vogel & Machizawa, 2004).

Reikšmingų skirtumų nebuvimas RDA užduotyje atitinka ankstesnių tyrimų rezultatus, kuriuose taip pat nebuvo nustatyta atlikimo skirtumų nei tarp lyčių (Goldstein et al., 2005; Kaufman, 2007) nei tarp skirtingų menstruacinio ciklo fazių (Brownrigg, 2023; Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021; Jacobs & D'Esposito, 2011) nei tarp OC vartojančių ir NC moterų (Gogos, 2013; Komnenich et al., 1978; Kuhlmann & Wolf, 2005; Kuhn & Martini, 2022; Rosenberg & Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008). Tačiau tyrimai rodo, kad skirtumų pasireiškimas DA užduotyse priklausyti nuo naudojamų stimulų tipo. Kai kurie tyrimai rodo, kad DA atlikimas gali būti jautresnis hormoniniams pokyčiams tada, kai naudojami emocinio, socialinio ar verbalinio tipo stimulai. Pavyzdžiui, viename pakartotinių matavimų dizaino (angl. *within-subject*) tyrime nustatyta, kad moterys užduotį su vyrų veidų stimulais atliko tiksliau tomis ciklo fazės dienomis, kurioms būdinga aukšta estradiolio koncentracija (Vranić & Hromatko, 2008). Kitame tyrime, vertinant erdvinį ir verbalinių DA užduočių sąsajas su menstruaciniu ciklu, pastebėta, kad tik verbalinės DA užduoties atlikimas pagerėja vėlyvojoje folikulinėje ir periovuliacinėse fazėse (Rosenberg & Park, 2002). Šie rezultatai leidžia manyti, kad verbaliniu arba lytiškai reikšmingu turiniu pasižyminčių stimulų naudojimas gali padidinti skirtumų išryškėjimo tikimybę DA užduotyse. Mūsų tyrime taikyta kryptinė pokyčio aptikimo užduotis su neutraliais stimulais sudarė sąlygas įvertinti RDA procesus lyties ir moterų hormoninio statuso kontekste, sumažinant stimulo pobūdžio įtaką atlikimo rezultatų variacijai

Kita vertus, kai kurie neurovaizdinimo tyrimai parodė smegenų aktyvumo skirtumus, kurie neatsispindėjo atlikime (Craig et al., 2008; Goldstein et al., 2005; Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021). Pavyzdžiui, pakartotinio dizaino fMRI tyrime Hidalgo-Lopez ir Pletzer (2021) nustatė, kad moterų smegenų aktyvumas ir ryšiai tarp smegenų sričių bei pusrutulių skyrėsi geltonkūnio

fazės metu, palyginti su menstruacine ir priešovuliacine fazėmis, nors DA užduoties (N-atgal) atlikimas išliko stabilus. Šis rezultatas leidžia manyti, kad atlikimo rodikliai gali išlikti nepakitę, net jei su jais susiję neuroniniai mechanizmai kinta priklausomai nuo hormonų dinamikos.

Vis dėlto mūsų tyrime nebuvo nenustatyta CDA amplitudės skirtumų tarp grupių – šis elektrofiziologinis DA talpos rodiklis nesiskyrė nei tarp lyčių, nei tarp skirtingo hormoninio statuso moterų grupių. Kadangi tai pirmasis tyrimas, kuriame CDA amplitudės vertintos lytinių hormonų kontekste, kol kas sunku spręsti, ar rezultatų išsiskyrimas nuo fMRI studijų atspindi realų skirtumų nebuvimą, ar jis galėjo būti „užmaskuotas“ individualių hormoninių svyravimų ar neurofiziologinių skirtumų. Nors menstruacinio ciklo fazės buvo nustatytos remiantis patikima metodika (Schmalenberger et al., 2021) ir patvirtintos hormonų koncentracijų matavimais. Vis dėlto hormonų sintezė ir išsiskyrimas pasižymi tiek tarpindividualiu, tiek intraindividuali variabilumu (Hampson, 2020; Leinen et al., 2016), kuris tampa ypač aktualus tarpgrupinių palyginimų (angl. *between-subject*) tyrimų dizainuose, kaip šiame tyrime, nes gali sumažinti jautrumą aptikti subtilius hormonų poveikio efektus skirtingose menstruacinio ciklo fazėse. Tuo tarpu dauguma tyrimų, kuriuose buvo nustatytos DA ir lytinių hormonų sąsajos ar skirtumai tarp skirtingų menstruacinio ciklo fazių, rėmėsi pakartotinių matavimų dizainu (Gogos, 2013; Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021; Joseph et al., 2012; Vranić & Hromatko, 2008). Ateities tyrimai, taikantys pakartotinio dizaino metodus ir apimantys didesnes imtis, galėtų tiksliau atskleisti CDA amplitudžių ir hormonų sąsajas. Vis dėlto net ir tokie tyrimai nėra apsaugoti nuo metodinių iššūkių: Leeners ir kolegų (2017) tyrime buvo vertinamos tos pačios dalyvės pakartotinai per du iš eilės einančius menstruacinius ciklus. Rezultatai parodė, kad hormoniniai pokyčiai buvo susiję su DA ir dėmesio skirtumais pirmojo ciklo metu, tačiau antrame šie efektai nepasikartojo. Tai išryškina, jog net ir taikant pakartotinių matavimų dizainą, hormoninių svyravimų tyrimai išlieka metodiškai sudėtingi

Grupės ir stimulų kiekio, kurį tiriamiesiems reikėjo įsiminti, sąveika parodė, kad didėjant DA apkrovai, OC grupės moterys užduotį atliko tiksliau nei NCF grupės moterys. Be to, NCF grupės tiriamosios buvo lėčiausios reaguodamos, nors šis skirtumas nepasiekė statistinio reikšmingumo (**3.4. pav. b**). Šie rezultatai leidžia įžvelgti paraleles su literatūroje egzistuojančia prielaida, jog DA atlikimas gali būti teigiamai susijęs su estrogenų koncentracija – nepriklausomai nuo to, ar estrogenai yra endogeninės, ar egzogeninės kilmės (Gogos et al., 2014; Vranić & Hromatko, 2008). Nors šiame tyrime nenustatėme sąsajų tarp DA rodiklių (tikslumo, talpos ar CDA amplitudės) ir 17β-estradiolio koncentracijos, darėme

prielaidą, kad galbūt geresnis OC atlikimas didesnės apkrovos sąlygoje gali būti susijęs su jų vartojama kontracepcija. Dauguma OC vartojusių tyrimo dalyvių vartojo kontraceptikus, kurių sudėtyje buvo etinilestradiolis – sintetinė 17 β -estradiolio forma, pasižyminti didesniu biologiniu aktyvumu. Skirtingai nei endogeninis estradiolis, etinilestradiolis nėra lengvai metabolizuojamas į silpnėsnes formas, todėl organizme išlieka ilgiau ir pasižymi stipresniu poveikiu (Prokai-Tatrai & Prokai, 2005). Todėl buvo iškelta hipotezė, kad didesnės etinilestradiolio dozės gali būti susijusios su geresniu DA užduoties atlikimu. Norėdami tai patikrinti, atlikome papildomą analizę ir palyginome užduoties atlikimo rodiklius, atminties talpą ir CDA amplitudę tarp OC vartotojų, vartojančių didesnę (30 μ g) ir mažesnę (20 μ g) etinilestradiolio dozę. Tačiau mūsų hipotezė nepasitvirtino, reikšmingų skirtumų tarp šių pogrupių nenustatyta.

Be to, ankstesni tyrimai parodė, kad moterys, vartojančios OC su androgeniniais progestiniais, erdvines DA užduotis atlikdavo greičiau nei tos, kurios vartojo OC su antiandrogeniniais progestiniais ar NC moterys (Kuhn & Martini, 2022). Atsižvelgiant į tai, kad minėtame tyrime išryškėjo būtent androgeninių progestinų poveikis, buvo galima tikėtis greitesnio atsako laiko mūsų tyrimo IUD grupėje, kadangi vidugimdinėse spiralėse naudojamas androgeninis progestinas – levonorgestrelis – išsiskiria nuolat. Vis dėlto mūsų tyrime atsako laiko skirtumų tarp IUD grupės ir kitų grupių nenustatyta. Papildomai siekiant įvertinti progestinų poveikį, OC grupės dalyvės buvo suskirstytos į du pogrupius: vienos vartojo OC su antiandrogeniniais, kitos – su androgeniniais progestiniais. Tačiau ir ši analizė neatskleidė statistiškai reikšmingų skirtumų. Apibendrinant, mūsų analizė neatskleidė jokių reikšmingų sąsajų tarp užduoties atlikimo rezultatų ir HK sudėties – etinilestradiolio kiekio ar progestinų androgeniškumo.

Nepaisant siauro amžiaus intervalo (18–35 m.), šiame tyrime stebėtas su amžiumi susijęs DA funkcijų silpnėjimas. Vyresni tiriamieji užduotis atliko lėčiau, o tikslumas statistiškai reikšmingai mažėjo didėjant amžiui, kas dera su ankstesnių tyrimų išvadomis (Brockmole & Logie, 2013; Jost et al., 2011; Tröndle & Langer, 2024). Vertinant DA talpą, nustatyta sąveika tarp amžiaus ir tiriamųjų grupės – visose moterų grupėse talpa mažėjo su amžiumi, reikšmingai – NCG ir IUD grupėse, o vyrų grupėje amžiaus poveikis nebuvo statistiškai reikšmingas. Šie rezultatai leidžia manyti, kad amžiaus poveikis DA talpai gali skirtis tarp lyčių, o ryškiausiai pasireiškia tam tikrose moterų hormoninio statuso grupėse. Visgi CDA amplitudė – kaip objektyvus RDA talpos neurofiziologinis rodiklis – su amžiumi nekoreliavo. Panašūs rezultatai buvo gauti ir kitose studijose, apimančiose platesnį amžiaus intervalą (Tröndle & Langer, 2024). Tai leidžia daryti prielaidą, kad amžius gali veikti kitus DA

aspektus, kurių CDA neatskleidžia. Minėto tyrimo autoriai teigia, kad CDA daugiausia atspindi ankstyvuosius DA procesus – informacijos kodavimą ir pradinį išlaikymą, o vėlesnės fazės, tokios kaip išlaikymo stabilumas ar informacijos atnaujinimas, yra jautresnės amžiaus poveikiui.

5.1.2. rsEEG periodiniai ir aperiodiniai parametrai

Neišryškėję alfa galios ir individualaus alfa dažnio (IAD) skirtumai tarp moterų hormoninio statuso grupių buvo kiek netikėti, žinant ankstesnius tyrimus, kuriuose nuosekliai buvo nustatomi menstruacinio ciklo fazei ar OC vartojimui jautrūs pokyčiai alfa ritme. Pavyzdžiui, ankstesni tyrimai parodė, kad IAD padidėja antrojoje ciklo pusėje, ypač vidurinėje geltonkūnio fazėje, kai progesterono koncentracija yra aukšta (Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982). Tuo tarpu alfa galios padidėjimas buvo stebėtas folikulinėje ciklo fazėje, kai progesterono lygis dar žemas, bet estradiolio koncentracija jau pakilusi (Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982; Krug et al., 1999). Be to, kai kurie tyrimai parodė, kad OC vartojančių moterų IAD reikšmės vidutiniškai yra mažesnės nei natūralaus ciklo moterų (Becker et al., 1982) ir kad ši reikšmė lieka gana stabili viso OC ciklo metu (Becker et al., 1982; Creutzfeldt et al., 1976). Tai, kad mūsų tyrime nenustatyta reikšmingų alfa galios ir IAD skirtumų tarp moterų hormoninio statuso grupių, gali būti paaiškinta keliais metodiniais ir konceptualiais skirtumais tarp mūsų ir ankstesnių tyrimų.

Pirma, dauguma tyrimų, kuriuose buvo nustatyti reikšmingi menstruacinio ciklo fazių ar OC efektai, taikė pakartotinio matavimo dizainą ir tą pačią dalyvių imtį vertino kelis kartus skirtinguose menstruacinio arba OC ciklo fazės (aktyvios, neaktyvios) etapuose (Bazanova et al., 2014; Becker et al., 1982; Brötzner et al., 2014; Creutzfeldt et al., 1976; Ehlers et al., 1996; Krug et al., 1999; Solis-Ortiz et al., 1994; Wuttke et al., 1975). Ankstesni tyrimai rodo, kad alfa parametrams – tiek IAD, tiek galiai – būdingas didelis tarpindividualus ir intraindividualus variabilumas (Creutzfeldt et al., 1976; Wuttke et al., 1975). Šis biologinis kintamumas ypač aktualus tarpgrupinių palyginimų dizaino tyrimuose, kaip ir mūsų tyrime, nes gali sumažinti analizės jautrumą aptikti subtilius hormonų poveikio skirtumus tarp grupių. Pavyzdžiui, ramybės būsenos magnetoencefalografijos (rsMEG) tyrime (Haraguchi et al., 2021), kuriame buvo taikomi abu – pakartotinio ir tarpgrupinių palyginimų – dizainai, žemesnės IAD reikšmės buvo stebėtos folikulinėje fazėje tik tada, kai taikytas pakartotinių matavimų dizainas. Tuo tarpu tarpgrupiniuose palyginimuose reikšmingų skirtumų tarp menstruacinio ciklo fazių nustatyta nebuvo. Šie rezultatai leidžia manyti, kad IAD ir alfa

galios rodikliai gali kisti menstruacinio ciklo metu, tačiau tokie pokyčiai sunkiai identifikuojami tarpgrupiniuose dizainuose, nes juos gali užgožti didelis individualus neurofiziologinių rodiklių variabilumas.

Antra, šiame tyrime rsEEG buvo registruojamas dalyviams esant atmerktomis akimis, tuo tarpu dauguma ankstesnių tyrimų duomenis rinko užmerktomis akimis (Brötzner et al., 2014; Ehlers et al., 1996; Haraguchi et al., 2021) arba derino abi būsenas (Bazanov et al., 2014; Creutzfeldt et al., 1976; Solis-Ortiz et al., 1994; Wuttke et al., 1975). Mūsų pasirinkimas registruoti EEG atmerktomis akimis buvo pagrįstas tuo, kad tokia ramybės būsena geriau atitinka smegenų aktyvumą registruojamą užduočių metu (Barry et al., 2007; Boytsova & Danko, 2010), nes būtent sąsajas tarp rsEEG ir kognityvinių užduočių atlikimo siekėme vertinti. Tačiau toks metodinis sprendimas galėjo turėti įtakos alfa galios įvertinimui, kadangi žinoma, jog alfa ritmas yra ryškesnis esant užmerktomis akimis ir susilpnėja atsimerkus (Wan et al., 2019). Pavyzdžiui, Baker ir Colrain (2010) naudodami rsEEG registraciją atmerktomis akimis nustatė, kad aukštesnio diapazono alfa (11–12 Hz) galia buvo didesnė vėlyvosios geltonkūnio fazės metu, palyginti su vidurine folikuline faze – toks efektas nebuvo stebėtas tyrimuose su užmerktomis akimis (Becker et al., 1982; Krug et al., 1999).

Trečia, visi trys anksčiau minėti tyrimai, kuriuose OC vartojančių moterų IAD buvo žemesnis nei NC moterų (Becker et al., 1982; Creutzfeldt et al., 1976; Wuttke et al., 1975), buvo atlikti prieš daugiau nei 40 metų. Per šį laikotarpį OC sudėtis reikšmingai pasikeitė – sumažintos sintetinių hormonų dozės ir sukurti nauji veikliųjų medžiagų deriniai (Burkman et al., 2011; Hill & Mengelkoch, 2023). Todėl galima manyti, kad šiuolaikiniai kontraceptikai gali turėti kitokią poveikį rsEEG parametrų nei anksčiau naudotos OC formos. Vis dėlto, tyrimų rezultatų nevienareikšmiškumą gali lemti ir kiti individualūs veiksniai, tokie kaip fizinė ar psichologinė sveikatos būklė, sveikatos istorija, amžius, OC vartojimo pradžios laikas, patiriamas stresas ar kiti biologiniai ir psichosocialiniai aspektai (Hill & Mengelkoch, 2023).

Ketvirta, mūsų tyrime NC moterys dalyvavo dviejose menstruacinio ciklo fazėse – ankstyvojoje folikulinėje (kai estradiolio ir progesterono koncentracijos žemos) ir vidurinėje geltonkūnio fazėje (kai progesterono lygis aukštas). Ankstesni tyrimai parodė, kad būtent progesterono padidėjimas gali būti susijęs su IAD padidėjimu (Bazanov et al., 2014; Creutzfeldt et al., 1976; Wuttke et al., 1975). Todėl buvo tikėtasi nustatyti teigiamą sąsają tarp progesterono koncentracijos ir IAD, tačiau šiame tyrime tokio ryšio neaptikta. Visgi du ankstesni tyrimai (Creutzfeldt et al., 1976; Wuttke et al., 1975) siūlo galimą šio rezultato paaiškinimą. Nors juose taip pat nebuvo rasta statistškai reikšmingos tiesioginės sąsajos tarp progesterono ir alfa aktyvumo, autorių

atlikta vizualinė duomenų analizė atskleidė, kad progesterono koncentracijos pokyčiai glaudžiai priminė IAD kitimą, nors šie pokyčiai vėlavo maždaug 1–2 dienomis. Šis galimas vėlavimas gali bent iš dalies paaiškinti, kodėl tik nedaugelyje ankstesnių tyrimų stebėtas tiesioginis ryšys tarp IAD ir momentinių (seilių ar kraujo) progesterono koncentracijų (Bazanova et al., 2014), taip pat – kodėl tokio ryšio neaptikome ir šiame darbe. Tačiau ši aiškinimą reikėtų vertinti atsargiai, nes kol kas jis grindžiamas tik vizualine interpretacija, o ne statistiniu patvirtinimu.

Galiausiai, nė viename iš minėtų ankstesnių tyrimų, vertinant periodinius rsEEG parametrus, nebuvo atsižvelgta į aperiodinį aktyvumą. Vis dėlto, remiantis naujesnėmis įžvalgomis (Donoghue et al., 2022), analizuojant hormonų sąsajas su periodiniais rsEEG rodikliais, svarbu atsižvelgti ir į aperiodinį aktyvumą, nes jis gali paveikti bendrą periodinių signalų galią.

5.2. Erdviniai gebėjimai

Šiame tyrime atlikta dviejų skirtingų erdvinų gebėjimų užduočių – sukimo mintyse (angl. *Mental rotation task*, MRT) ir skerspjūvio testo (angl. *Cross-section task*, CST) – analizė, siekiant įvertinti lyčių, moterų hormoninio statuso bei lytinių hormonų koncentracijų sąsajas su šių užduočių atlikimu. Nors abi užduotys skiriasi savo struktūra ir reikalaujamais pažintiniais procesais, jų tikslumas reikšmingai koreliavo. Šis rezultatas patvirtina ankstesnes išvadas apie bendrą erdvinų gebėjimų prigimtį, kuri vienija atlikimą skirtingose erdvinėse užduotyse (Malanchini et al., 2020).

Nepaisant reikšmingo ryšio tarp MRT ir CST atlikimo tikslumo, šios užduotys skirtingai atskleidė lyties ir moterų hormoninio statuso sąsajas su erdvinų užduočių atlikimu. MRT užduotyje statistiškai reikšmingų skirtumų tarp lyčių nenustatyta, tuo tarpu CST užduotis išryškino reikšmingą vyrų pranašumą bei daugialypės regresijos analizė, atlikta tik moterų imtyje, parodė, jog OC ir NCG grupių dalyvės CST užduotį atliko reikšmingai prasčiau, o NCF grupės moterys – tendencingai prasčiau nei IUD vartotojos.

Toliau šiame skyriuje pirmiausia bus aptariami rezultatai, kurie buvo bendri abiem užduotims. Vėliau kiekvienos užduoties rezultatai bus analizuojami atskirai, siekiant detaliau atskleisti jų specifiką. Galiausiai bus nagrinėjami galimi mechanizmai bei veiksniai, galėję lemti rezultatų išsiskyrimą tarp MRT ir CST užduočių.

5.2.1. Bendrosios tendencijos

MRT ir CST rezultatai atskleidė kelias bendras tendencijas, kurios suteikia aiškesnį supratimą apie hormoninio statuso reikšmę vertinant erdvinis gebėjimus.

Pirmiausia verta aptarti menstruacinio ciklo sąsajas su erdviniais gebėjimais. Nors ankstesniuose tyrimuose nustatyta, kad šie gebėjimai gali kisti ciklo eigoje – moterys dažniausiai geriau pasirodo ankstyvojoje folikulinėje fazėje (kai estradiolio ir progesterono lygiai yra žemi), o vidurinėje geltonkūnio fazėje, kai abiejų hormonų koncentracijos padidėja, atlikimas suprastėja (Halari et al., 2005; Hampson et al., 2014, 2014; Hausmann et al., 2000; Peragine et al., 2019) – mūsų tyrimo duomenys šios tendencijos nepatvirtino. Vis dėlto toks rezultatas dera su vis gausėjančiomis išvadomis, kad erdviniai gebėjimai reikšmingai nekinta skirtingose ciklo fazėse (Jang et al., 2025; Pletzer et al., 2024). Pavyzdžiui, neseniai atliktame reprezentatyvios imties Pletzer et al. (2024) MRT tyrime, nebuvo rasta atlikimo skirtumų tarp menstruacinio ciklo fazių (ankstyvosios folikulinės, periovuliacinės ar vidurinės geltonkūnio) nei tarpgrupiniuose, nei pakartotinių matavimų dizainuose. Panašias išvadas pateikia ir neseniai publikuota Jang et al. (2025) metaanalizė, kurioje nenustatyta patikimų skirtumų erdvinių bei kitų kognityvinių užduočių atlikime tarp skirtingų menstruacinio ciklo fazių.

Be to, remiantis ankstesniais tyrimais (Griksiene et al., 2018; Gurvich et al., 2020; Wharton et al., 2008), kėlėme hipotezę, kad OC su antiandrogeniniais progestiniais vartojančios moterys, kurių testosterono koncentracija taip pat buvo sumažėjusi (žr. 4.2 lentelę), erdvines užduotis atliks prasčiau nei NC moterys. Vis dėlto ši prielaida mūsų tyrime nepasitvirtino – skirtumų tarp grupių nebuvo nei MRT tikslumo ar atsako laiko, nei CST tikslumo rodikliuose.

Tyrimai taip pat rodo, kad erdvinių užduočių atlikimą gali lemti ne tik progestinų androgeniškumas, bet ir kitos OC tablečių savybės. Pavyzdžiui, buvo nustatyta, kad mažesnė etinilestradiolio dozė gali būti susijusi su tikslesniu MRT atlikimu (Beltz et al., 2015; Hampson et al., 2022). Atsižvelgiant į tai, papildomai atlikome analizę, vertinančią užduočių atlikimą tarp moterų, vartojančių OC su mažesne (20 µg) ir didesne (30 µg) etinilestradiolio koncentracija, tačiau statistiškai reikšmingų skirtumų tarp šių grupių nenustatėme. Be to, kai kurie tyrimai rodo, kad svarbesnį poveikį erdvinių užduočių atlikimui gali turėti OC tablečių estrogeninės ir (ar) progestogeninės savybės, o ne jų androgeniškumas ar antiandrogeniškumas (Beltz, Loviska, et al., 2022; Hampson et al., 2022). Deja, mūsų tyrime nebuvo galimybės detaliau įvertinti šių savybių ryšio su MRT ar CST atlikimu, nes

literatūroje trūksta informacijos apie kai kurių dažnai Europoje naudojamų OC prekių ženklų (pvz., *Ammily*, *Belara* ir kt.) farmakologines savybes (Dickey & Seymour, 2021). Norint geriau suprasti, kaip skirtingų tipų OC gali paveikti erdvinis gebėjimas, būtini išsamesni tyrimai, apimantys detalesnę OC farmakologinių savybių analizę bei didesnes, labiau subalansuotas imtis.

Galiausiai, abiejose užduotyse buvo įvertinti tiesioginiai ir netiesioginiai ryšiai su testosterono koncentracijomis, tačiau nei tiesinės, nei nelineinės sąsajos (U-formos ryšys su testosteronu) nebuvo statistiškai reikšmingos nei vyrų, nei moterų imtyse. Šie rezultatai prieštarauja rezultatams rodantiems reikšmingas tiesines (Hooven et al., 2004; Pintzka et al., 2016; Pletzer et al., 2019) ar U-formos (Courvoisier et al., 2013) sąsajas tarp testosterono koncentracijų ir geresnio erdvinio užduočių atlikimo. Vis dėlto pabrėžiama, kad testosterono įtaka erdviniam gebėjimams gali būti labiau susijusi su jo organizaciniu poveikiu ankstyvuojų vystymosi laikotarpiu, o ne su aktyvaciniu poveikiu suaugus (Kubranská et al., 2014; Puts et al., 2010). Manoma, kad testosteronas daro stipresnį ilgalaikį poveikį smegenų struktūrai ir funkcijoms tam tikrais jautriais vystymosi laikotarpiais – prenataliniu, postnataliniu ir paauglystėje (Beking et al., 2018; Levine et al., 2016; Puts et al., 2006; Shirazi, Self, et al., 2020). Tuo tarpu aktyvacinis efektas suaugus gali būti subtilus ar per silpnas, kad būtų stebimas elgseniniam lygmenyje.

Be to, nors kai kurie tyrimai su moterų imtimis yra parodę neigiamas sąsajas tarp estradiolio ar progesterono koncentracijos ir erdvinio gebėjimų (Courvoisier et al., 2013; Griksiene et al., 2018, 2019; Hampson et al., 2014; Noreika et al., 2014; Zhu et al., 2015), šiame tyrime tokių sąsajų neradome. Tai sutampa su kelių reprezentatyvios imties, pakartotinio dizaino tyrimų rezultatais taip pat neparodžiusiais ryšių tarp lytinių hormonų koncentracijų ir erdvinio ar kitų kognityvinių užduočių atlikimo moterų imtyje (Leeners et al., 2017; Pletzer et al., 2024). Šie duomenys leidžia manyti, kad jei hormonų ir kognityvinių funkcijų sąsajos ir egzistuoja, jos veikiausiai yra labai subtilios, nestabilios ir sunkiai atkartojamos.

5.2.2. MRT atlikimas

Šiame tyrime, MRT užduoties atlikimas (tikslumas, atsako laikas ar polinkio koeficientas) nesiskyrė nei tarp lyčių, nei tarp skirtingo hormoninio statuso moterų grupių. Šis rezultatas iš dalies prieštarauja literatūrai, kurioje vyrų pranašumas MRT užduotyse nuosekliai aprašomas ir laikomas vienu stabiliausių lyčių skirtumų kognityvinėje psichologijoje (apžvelgta Voyer, 2011). Profesija STEM srityje šiame tyrime išryškėjo kaip pagrindinis veiksnys, susijęs su geresniu MRT atlikimu. Ši sąsaja buvo nepriklausoma

nuo lyties ar moterų hormoninio statuso, t. y., tiek vyrai, tiek moterys, turintys STEM patirties, užduotį atliko tiksliau. Tai dera su ankstesniais tyrimais, rodančiais, kad erdviniai gebėjimai glaudžiai siejasi su patirtimi šiose srityse, kuriose dažnai reikalingas sudėtingos regimosios ir erdvinės informacijos apdorojimas (Lubinski, 2010; Wai et al., 2009).

Kitas veiksnys, kuris nuosekliai stebėtas ir analizuojant kitus šio tyrimo rodiklius, buvo atsako laiko priklausomybė nuo amžiaus. Stebėta, kad didėjant amžiui, dalyviai MRT užduotyje reagavo lėčiau, nepriklausomai nuo lyties ar hormoninio statuso. Šis rezultatas atitinka ankstesnius tyrimus, rodančius, kad su amžiumi atsako laikas ilgėja net ir jauno suaugusio amžiaus asmenų grupėje, o tai gali būti siejama su natūraliu informacijos apdorojimo greičio lėtėjimu (Cohen et al., 2019; Salthouse, 2000).

5.2.2.1. Polinkio koeficientas ir MRT atlikimo strategijos

Vertinant MRT užduoties atlikimą, vienas iš pagrindinių analizės tikslų buvo suprasti, kokios strategijos buvo taikomos sprendžiant užduotį ir ar jos susijusios su lytimi ar moterų hormoniniu statusu. Tam buvo skaičiuotas polinkio koeficientas, nusakantis, kaip kinta atsako laikas priklausomai nuo kampinio skirtumo tarp figūrų. Tyrimai rodo, kad taikant sukimo mintyse strategiją, atsako laikas proporcingai ilgėja didėjant kampiniam skirtumui tarp figūrų – kuo kampas didesnis, tuo daugiau laiko reikia sukimui mintyse atlikti ir atsakymui pateikti, todėl polinkio koeficientas būna didesnis (Boone & Hegarty, 2017; Hooven et al., 2004; Shepard & Metzler, 1971). Naudojant alternatyvias, nuo kampinio skirtumo nepriklausomas strategijas, atsako laiko kreivė išsilygina, o polinkio koeficientas sumažėja.

Šis rodiklis mums buvo ypač svarbus, nes ankstesni mūsų tyrimų grupės duomenys parodė, kad moterys, vartojančios antiandrogeninius OC, turėjo reikšmingai suploktėjusį polinkio koeficientą, lyginant su vyrais ir natūralų ciklą turinčiomis moterimis (Griksiene et al., 2018). Kadangi tuo pačiu buvo nustatytas ir prastesnis MRT atlikimas šioje grupėje, buvo iškelta prielaida, kad OC vartotojos pasirinko alternatyvią, tačiau mažiau efektyvią strategiją, kuri lėmė prastesnį pasirodymą.

Siekdami giliau ištirti galimus strategijų taikymo skirtumus tarp lyčių ir skirtingo hormoninio statuso moterų, šiame tyrime sąmoningai pasirinkome metodinį sprendimą neduoti dalyviams konkrečių instrukcijų, kaip atlikti užduotį – taip buvo sudaryta galimybė spontaniškai rinktis sau priimtinausią sprendimo strategiją. Strategijos buvo vertintos netiesiogiai – per atsako laiko ir kampinio skirtumo ryšį (polinkio koeficientą), taip pat naudojant strategijų klausimyną po užduoties atlikimo.

Vis dėlto minėtas rezultatas šiame tyrime nebuvo atkartotas – atsako laiko priklausomybė nuo kampinio skirtumo buvo labai panaši visose tiriamųjų grupėse, nepriklausomai nuo lyties ar moterų hormoninio statuso. Be to, visose grupėse pasireiškė vadinamasis „lanksto“ efektas (angl. *Knee effect*, žr. **4.11. pav. a**): atsako laikas nuosekliai didėjo iki 75° kampinio skirtumo, o ties 95° sumažėjo ir vėl šiek tiek (nedideliu kampu) kilo, nepasiekdamas ankstesnio maksimumo. Panašus efektas buvo aprašytas ir ankstesniuose tyrimuose, taikant Shepard ir Metzler MRT paradigmą, kuri buvo naudota ir šiame darbe (Boone & Hegarty, 2017).

Boone ir Hegarty (2017) siūlo aiškinamąjį modelį, pagal kurį kampinio skirtumo poveikis MRT užduotyje atspindi strategijų kaitą: esant mažesniems nei 90° kampams, dažniausiai taikoma sukimo mintyse strategija, o didesni kampai skatina pereiti prie nuo kampo nepriklausomų sprendimų būdų. Anot autorių, ši perėjimą lemia didėjantis kognityvinis krūvis – ypač darbinės atminties apkrova, kuri gali viršyti talpos ribą, kai figūros sukamos didesniais kampais. Kadangi sukimas mintyse reikalauja nuoseklaus pozicijų sekimo ir vizualizacijos, informacijos perteklius paskatina dalyvius rinktis alternatyvias, mažiau resursų reikalaujančias strategijas.

Šio modelio pagrįstumą iš dalies patvirtina ir mūsų tyrimo rezultatai. Koreliacinė analizė parodė, kad mažesnių kampinių skirtumų intervale (15° – 75°) MRT tikslumas vidutiniškai teigiamai koreliavo su polinkio koeficientu – tai leidžia kelti prielaidą, kad tiriamieji, nuosekliau taikę sukimo mintyse strategiją, užduotį atliko tiksliau (žr. **4.15. pav. a**). Tuo tarpu didesnių kampų (95° – 155°) polinkio koeficientas neatskleidė sąsajų su tikslumu (žr. **4.15. pav. b**), kas atitinka Boone ir Hegarty (2017) siūlomą modelį – didėjant kognityviniam krūviui, dalyviai galimai pereina prie alternatyvių strategijų, mažiau priklausomų nuo kampinio skirtumo.

Norint geriau suprasti tiriamųjų taikytas strategijas MRT užduotyje, buvo pasitelkti ne tik atlikimo rodikliai, bet ir klausimynas, sukurtas remiantis Hegarty (2018) tyrimu. Klausimyno duomenys atskleidė tendencijas, panašias į tas, kurias stebėjo Hegarty: kaip svarbiausios buvo įvardintos sukimo mintyse bei globalios formos analizės strategijos, o įsikūnijimo ir perspektyvos keitimo strategijos – rečiausiai taikytos.

Šios klausimyno išvados iš dalies dera su atsako laiko duomenų analize. Dvi dažniausiai įvardytos strategijos – sukimo mintyse ir globalios formos analizė – atitinka atsako laiko priklausomybę nuo kampinio skirtumo: tikėtina, kad mažesnių kampų intervale taikyta sukimo strategija, o didesnių kampų intervale – globalios analizės būdai. Kadangi globalios formos analizė nėra susijusi su kampiniu skirtumu (Hegarty, 2018), jos taikymas galėjo prisidėti prie polinkio koeficiento suploksėjimo.

Vis dėlto šios interpretacijos išlieka hipotetinės. Koreliacinė analizė neatskleidė reikšmingų ryšių tarp subjektyviai įvertintų strategijų svarbos ir MRT atlikimo rodiklių (tikslumo ar polinkio koeficiento). Tai gali reikšti, kad klausimynas nebuvo pakankamai jautrus šiems ryšiams identifikuoti. Taip pat neatmetama galimybė, kad tiriamiesiems buvo sudėtinga retrospektyviai įvertinti naudotas strategijas – ypač jei jos kito užduoties metu. Šios įžvalgos pabrėžia klausimyno ribotumus ir išryškina poreikį ateityje taikyti tikslesnius strategijų vertinimo metodus. Viena iš galimų alternatyvų – naudoti eksperimentinį dizainą, kuriame dalyviai būtų iš anksto apmokomi skirtingų strategijų taikymo (pvz., sukimo mintyse, globalios formos analizės), o vėliau vertinamas jų gebėjimas ne tik atlikti užduotį, bet ir taikyti nurodytą strategiją. Toks požiūris leistų tiksliau įvertinti, kaip konkrečios strategijos paveikia MRT užduočių atlikimą bei kiek efektyviai tiriamieji jas pritaiko realiuoju metu.

Vertinant tarpgrupinius skirtumus strategijų svarbos vertinime, išryškėjo viena strategija – kubelių skaičiavimas viduriniuose segmentuose. Šią strategiją NCF grupės moterys įvertino kaip reikšmingesnę nei vyrai ir OC grupės dalyvės. Panaši tendencija stebėta ir NCG grupėje, palyginti su OC vartotojomis. Kadangi ši strategija laikoma mažiau efektyvia (Hegarty, 2018), todėl jos taikymas galėjo prisidėti prie prastesnio užduoties atlikimo, net jei tarpgrupiniai skirtumai ir nebuvo statistiškai reikšmingi. Įdomu tai, kad šis rezultatas atliepia ankstesniuose tyrimuose stebėtus rezultatus – jog NC moterys, ypač geltonkūnio fazėje, labiau susitelkia į lokalias detales (Hegarty, 2018, Pletzer et al., 2014) o OC vartotojos pasižymi geresne globalios formos analize (Pletzer et al., 2014), kas leidžia manyti, kad hormoninis statusas gali būti susijęs su dėmesio paskirstymo ypatumais, o ne tiesiogiai su erdviniais gebėjimais.

5.2.3. CST atlikimas

CST užduotyje buvo stebimas statistiškai reikšmingas vyrų pranašumas – jie atliko užduotį tiksliau nei NC ir OC grupių moterys, tačiau jų tikslumas reikšmingai nesiskyrė nuo IUD vartojančių moterų. Šie rezultatai yra svarbūs dėl kelių priežasčių. Pirma, jie parodo, kad skirtingos erdviųjų gebėjimų užduotys gali nevienodai išryškinti lyčių skirtumus. Antra, šie skirtumai negali būti paaiškinti STEM profesija kuri, priešingai nei MRT užduotyje, CST užduoties analizės modeliuose (ANCOVA ir daugialypės regresijos) reikšminga nebuvo.

Vertinant įvairius veiksnius, kurie galėjo lemti skirtumus tarp lyčių, daugialypė regresinė analizė atskleidė reikšmingą emocinio sujaudinimo (ES)

vaidmenį. Vis dėlto šio veiksnio sąsajų kryptis skyrėsi priklausomai nuo lyties ir nuo to, kuriuo eksperimento etapu buvo vertintas ES. Konkrečiai, eksperimento pradžioje tiriamųjų vertintas subjektyvus emocinis sujaudinimas (ES1) teigiamai koreliavo su vyrų CST atlikimu, tačiau neturėjo reikšmingo efekto moterų rezultatams. Tuo tarpu emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties (ES2) buvo reikšmingai neigiamai susijęs su moterų tikslumu, tačiau neveikė vyrų pasirodymo užduotyje.

Tikėtina, kad ES1 reikšmės daugiausia atspindėjo subjektyviai suvokiamus emocinius komponentus, apimančius tiek teigiamus, tiek neigiamus elementus (pvz., susidomėjimą, motyvaciją, jaudulį, stresą ar nerimą) (Pekrun et al., 2023) ir atspindėjo bendrą požiūrį į dalyvavimą eksperimente. Galima kelti prielaidą, kad didesni ES1 balai vyrų grupėje rodė didesnę susidomėjimą ir motyvaciją, o tai galėjo būti susiję su tikslesniu užduoties atlikimu kylant sujaudinimo lygiui. Tuo tarpu ES2, vertintas po emocijų reguliacijos užduoties, veikiausiai atspindėjo užduoties sukeltą aktyvuojančią, neigiamą emocinę būseną – nerimą, stresą ar pyktį (Pekrun et al., 2023). Svarbu tai, kad nors emocinis sujaudinimas po užduoties padidėjo tiek vyrams, tiek moterims, neigiama ES2 sąsaja su atlikimu buvo stebima tik moterų grupėje. Mediacinė analizė parodė, kad šis veiksnys galėjo paaiškinti apie 19 % CST atlikimo skirtumo tarp lyčių.

Šie rezultatai dera su ankstesniais tyrimais, rodančiais, kad moterys stipriau reaguoja į neigiamus dirgiklius nei vyrai (Felmingham et al., 2012; Lungu et al., 2015; Stevens & Hamann, 2012), ir kad neigiamas emocinis kontekstas labiau paveikia moterų nei vyrų kognityvinių užduočių atlikimą (Palmiero et al., 2016). Vienas galimų šio reiškinio aiškinimų pateikiamas Zsidó (2024) pasiūlytame modelyje – jame teigiama, kad emocinis sujaudinimas gali varžytis su kognityviniais procesais dėl ribotų darbinės atminties išteklių. Moterų patiriamas subjektyvus emocinis sujaudinimas gali dominuoti šioje „kognityvinėje konkurencijoje“ ir taip prastinti užduočių atlikimą.

Papildomai, daugialypės regresijos analizė parodė reikšmingus CST atlikimo skirtumus tarp moterų hormoninio statuso grupių – kontroliuojant amžių, ES2 ir testosterono lygį, pastebėjome, kad OC ir NCG grupių dalyvės užduotį atliko prasčiau nei IUD vartotojos. Šie rezultatai atitinka ankstesnius tyrimus su moterimis, vartojusiomis androgeniškas OC, kuriuose nustatyta, kad androgeniniai progestinai gali būti susiję su geresniais erdviniais gebėjimais (Gurvich et al., 2020; Wharton et al., 2008). Manoma, kad ši poveikį lemia androgenų receptorių aktyvacija smegenyse, kurią skatina tokie progestinai kaip levonorgestrelis – vienas iš IUD sudėtyje esančių komponentų (Pletzer & Kerschbaum, 2014). Vis dėlto, jei šis mechanizmas

būtų esminis, būtų pagrįsta tikėtis, kad ir testosterono koncentracija sietųsi su geresniu erdvinių užduočių atlikimu, tačiau mūsų tyrimo duomenys tokio ryšio neatskleidė. Todėl toks aiškinimas kol kas išlieka hipotetinis. Nepaisant to, gauti rezultatai leidžia manyti, kad hormoninės IUD gali turėti platesnį sisteminį poveikį, apimančią ir kognityvines funkcijas. Dėl šios priežasties būsimuose tyrimuose tikslinga hormonines IUD vartojančias moteris vertinti kaip atskirą HK grupę.

5.2.4. Galimos priežastys, paaiškinančios skirtumus tarp MRT ir CST užduočių rezultatų

Vyrų pranašumo pasireiškimas CST, bet ne MRT užduotyje kelia klausimų, kuriuos gali padėti paaiškinti keli metodiniai ir turinio skirtumai. Pirmiausia verta paminėti jau ankstesniame skyriuje aptartą emocinio konteksto svarbą – būtent neigiamas emocinis sujaudinimas, pasireiškęs po emocijų reguliacijos užduoties, buvo reikšmingai susijęs su prastesniu CST atlikimu moterų imtyje. Ši sąsaja iš dalies gali paaiškinti, kodėl lyčių skirtumai išryškėjo CST, bet ne MRT užduotyje. Vis dėlto mediacinės analizės rezultatai parodė, kad emocinis sujaudinimas galėjo paaiškinti tik apie 19 % skirtumo tarp lyčių, o tai rodo, kad šį efektą lėmė ir kiti, papildomi veiksniai.

MRT užduotis buvo kompiuterizuota ir atliekama naudojant atsakymų pultelį – kiekviename bandyme nuosekliai buvo pateikiamos dvi trimatės figūros, o dalyviai turėjo kuo greičiau ir tiksliau nuspręsti, ar figūros yra identiškos, ar viena – kitos veidrodinis atspindys. Tuo tarpu CST užduotis buvo vykdoma popieriaus ir pieštuko principu – dalyviai turėjo pasirinkti vieną iš keturių skerspjūvio variantų, atitinkančių pjūvį, gaunamą trimatę figūrą kirtus pavaizduota pjovimo plokštuma. Šie skirtumai apima ne tik užduoties pateikimo/atlikimo būdą (ekranas vs. popierius), bet ir atsakymų formatą, užduoties struktūrą, o tai galėjo turėti įtakos tiek dalyvių įsitraukimui, tiek taikytoms strategijoms ar patiriamam kognityviniam krūviui. Pavyzdžiui yra ankstesnių tyrimų, rodančių, kad MRT tyrimuose naudojant Shepard ir Metzler paradigimą (taip pat taikytą ir šiame darbe), kai rodomos dvi figūros ir vertinamas jų atitikimas, lyčių skirtumai yra mažesni nei naudojant Vandenberg ir Kuse (1978) MRT paradigimą, kur tiriamieji iš keturių variantų turi pasirinkti du, atitinkančius tikslinio objekto pasukimus (Bartlett & Camba, 2023; Boone & Hegarty, 2017). Ši tendencija iš dalies sutampa ir su mūsų rezultatais, kai MRT, paremta paprastesne porinio palyginimo paradigma, nesukėlė reikšmingų lyčių skirtumų, o CST, struktūriškai artimesnė Vandenberg ir Kuse versijai, šiuos skirtumus atskleidė. Kadangi CST sprendimui reikia atlikti kelis tarpusavio palyginimus tarp pateikto

objekto ir keturių atsakymų variantų, tai gali kelti didesnę informacijos apdorojimo krūvį, kuris, kaip rodo literatūra, gali sustiprinti lyčių skirtumus erdvinuose gebėjimuose.

Apibendrinant, MRT ir CST rezultatų skirtumų negalima paaiškinti vienu veiksnio – greičiausiai jie atspindi kelių tarpusavyje susijusių aplinkybių derinį: nuo emocinio konteksto iki užduočių struktūros. Šie duomenys rodo, kad vertinant lyčių skirtumus erdvinuose gebėjimuose, svarbu atsižvelgti ne tik į užduoties pobūdį, bet ir į platesnį eksperimentinį kontekstą.

5.3. Sąsajos tarp užduočių atlikimo ir neurofiziologinių rodiklių

Nors tyrimo imtis apėmė gana siaurą amžiaus intervalą (20–35 m.), vis dėlto nuosekliai išryškėjo neigiamos amžiaus sąsajos su kognityvinių užduočių rodikliais bei rsEEG aperiodiniu parametru – $1/f$ nuolydžiu. RDA užduotyje, didėjant amžiui mažėjo atlikimo tikslumas, ilgėjo atsako laikas ir mažėjo atminties talpa. MRT užduotyje taip pat stebėtas ilgesnis atsako laikas vyresnių tiriamųjų tarpe. rsEEG analizė parodė, kad didėjant amžiui, $1/f$ nuolydis tapo plokštesnis, o $1/f$ nuolydis buvo susijęs su lėtesniu atsaku tiek MRT (nors ir tendencijos lygmenyje), tiek RDA užduotyje. Šie rezultatai dera su Voytek et al. (2015) atliktu tyrimu, kuriame buvo parodyta, kad $1/f$ nuolydžio plokštėjimas yra susijęs su smegenų neurofiziologiniais pokyčiais susijusiais su amžiumi – konkrečiai, su padidėjusiu „neuroniniu triukšmu“. Anot autorių, plokštesnis $1/f$ nuolydis atspindi mažesnę neuroninių signalų sinchroniškumą ir pakitusį žadinimo–slopinimo balansą. Šie pokyčiai gali lemti mažesnę informacijos apdorojimo efektyvumą. Ši teorinė perspektyva padeda paaiškinti ir mūsų tyrime stebėtas asociacijas tarp plokštėjančio $1/f$ nuolydžio ir lėtesnio kognityvinių užduočių atlikimo.

Nors darbinės atminties talpa dažnai laikoma svarbia sudedamąja dalimi erdvinų užduočių atlikime, mūsų tyrimo duomenys šį ryšį patvirtino tik iš dalies. Nustatyti ryšiai tarp MRT atlikimo tikslumo ir RDA užduoties darbinės atminties talpos, taip pat tarp RDA atlikimo tikslumo bei CST užduoties tikslumo ir CDA amplitudės siekė tik tendencijų lygmenį. Tai leidžia manyti, kad šios kognityvinės funkcijos, nors ir turinčios tam tikrų sąsajų, nėra glaudžiai tarpusavyje integruotos, arba jų ryšiai gali būti moduluojami kitų veiksnių, tokių kaip užduoties specifika ar individualūs informacijos apdorojimo skirtumai. Iš kitos pusės galima svarstyti, kad sąsajų stiprumui įtakos galėjo turėti ir ribotas stimulų spektras RDA užduotyje – naudotos tik trys–keturios raidės, o tai galėjo apriboti užduoties jautrumą darbinės atminties talpos vertinimui.

Tendencijų lygmenyje taip pat stebėti ryšiai tarp tikslesnio MRT užduoties atlikimo ir rsEEG parametrų – žemesnio IAD bei didesnės alfa galios. Šie

rezultatai gali būti interpretuojami dvejopai. Viena vertus, didesnė alfa galia ir žemesnis IAD gali atspindėti „palankesnę“ neurofiziologinį foną, susijusį su efektyvesniu informacijos apdorojimu erdvinėse užduotyse (Klimesch, 2012). Kita vertus, žinoma, kad alfa ritmas yra jautrus kognityvinei apkrovai ir moduluojamas užduoties metu (Klimesch, 1999, 2012). Atsižvelgiant į tai, kad rsEEG duomenys buvo registruoti jau po MRT atlikimo, neatmetama galimybė, jog šie parametrai iš dalies atspindi užduoties metu patirtą kognityvinį krūvį: tiriamieji, kuriems užduotis buvo lengvesnė, galėjo pasižymėti „ramesniu“ smegenų fonu, o tie, kuriems užduotis kėlė daugiau sunkumų, galimai patyrė didesnę stresą ar įtampą, kas galėjo paveikti jų neurofiziologinius rodiklius – pasireikšdama žemesne alfa galia ir aukštesniu IAD (Silva et al., 2022).

Galiausiai, nė viename iš tirtų rodiklių nebuvo nustatyta reikšmingų sąsajų su lytinių hormonų koncentracijomis. Nors šie nuliniai rezultatai gali būti susiję su tyrimo dizainu (tarpgrupiniu palyginimu) ar hormonų vertinimo metodu (ELISA), jie neprieštarauja ankstesniems didesnės imties ir metodiškai tikslesniems tyrimams, kuriuose, taikant pakartotinius matavimus per kelis menstruacinius ciklus, taip pat nebuvo nustatyta ryšių tarp hormonų lygio ir kognityvinių rodiklių (Leeners et al., 2017; Pletzer et al., 2024). Tai leidžia manyti, kad jei tokių sąsajų ir esama, jos, tikėtina, yra subtilios. Todėl tolesni tyrimai, taikantys pakartotinių matavimų dizainus, apimančius kelis menstruacinius ciklus, galbūt leistų tiksliau įvertinti tiek individualią rodiklių (tame tarpe ir hormonų) variaciją, tiek šių variacijų galimą įtaką rezultatams.

5.4. Tyrimo ribotumai ir rekomendacijos tolimesniems tyrimams

Šis tyrimas turi kelis svarbius ribotumus. Pirma, nors imunofermentinis metodas (ELISA), naudotas šiame tyrime lytinių hormonų koncentracijoms nustatyti, yra plačiai taikomas ir ekonomiškai efektyvus, vis daugiau tyrėjų atkreipia dėmesį į jo ribotą patikimumą, ypač vertinant hormonus, kurių koncentracijos yra žemos – pavyzdžiui, estradiolį (Arslan et al., 2023; Ney et al., 2020; Welker et al., 2016). Šiame tyrime estradiolio koncentracijos reikšmingai nesiskyrė tarp grupių, nors, atsižvelgiant į menstruacinio ciklo fazes ir HK vartojimą, tokie skirtumai buvo prognozuojami. Progesterono ir testosterono koncentracijos skyrėsi tikėta kryptimi, tačiau jų vertės galėjo iškreipti kryžminės reakcijos su struktūriškai panašiomis medžiagomis – lytinių hormonų metabolitais, kitais endogeniniais steroidais ar sintetiniais junginiais, esančiais HK (Arslan et al., 2023; Ney et al., 2020; Welker et al., 2016). Tai galėjo paveikti rezultatų tikslumą ir apsunkinti jų interpretavimą. Atsižvelgiant į šiuos metodologinius apribojimus, ateities tyrimuose rekomenduojama, jei tik įmanoma, rinkti kraujo mėginius ir naudoti didesnio

tikslumo metodus, tokius kaip skysčių chromatografijos ir tandeminės masių spektrometrijos (LC-MS/MS) metodą (Arslan et al., 2023; Ney et al., 2020; Schultheiss et al., 2018; Welker et al., 2016). Šis metodas leistų tiksliau įvertinti lytinių hormonų koncentracijas bei patikimiau analizuoti jų sąsajas su kognityviniais užduoties atlikimo ir neurofiziologiniais parametrais. Kita vertus, ne visais atvejais kraujo tyrimai yra įmanomi, tad vertinimo seilių mėginiuose neturėtų būti visiškai atsisakoma.

Antra, šiame tyrime buvo taikytas tarpgrupinių palyginimų dizainas, kuris neleidžia daryti išvadų apie priežastinius ryšius. Norint giliau suprasti hormoninės kontracepcijos ar menstruacinio ciklo poveikį moterų kognityvinėms funkcijoms, reikalingi atsitiktinių imčių kontroliuojamo dizaino tyrimai (angl. *Randomized controlled trials*) bei tyrimai, taikantys pakartotinius matavimus. Tokie metodai padėtų geriau atsižvelgti į individualius lytinių hormonų koncentracijų, kognityvinių funkcijų ir EEG rodiklių svyravimus. Vis dėlto svarbu atkreipti dėmesį, kad pakartotinių matavimų dizainas gali sukelti mokymosi (praktikos) efektus, kurie ypač aktualūs, kai tiriamos kognityvinės funkcijos ir gali apsunkinti rezultatų interpretavimą.

Trečia, MRT užduotyje naudotų strategijų vertinimui pasitelktas klausimynas galėjo būti nepakankamai jautrus subtiliems individualių skirtumų aspektams atskleisti. Taip pat neatmetama galimybė, kad tiriamiesiems buvo sudėtinga retrospektyviai įvertinti, kokias strategijas jie taikė, ypač jei strategijos keitėsi užduoties metu. Tokie retrospektyvūs vertinimai gali būti paveikti atminties netikslumų ar interpretacinių šališkumų, o tai riboja šių duomenų tikslumą ir interpretacinę vertę.

Galiausiai, vienas iš šio tyrimo ribotumų buvo gana ilga eksperimentinė procedūra, kuri, tikėtina, lėmė tiriamųjų nuovargį ir galėjo turėti įtakos dėmesingumui bei užduočių atlikimui vėlesnėse tyrimo dalyse. Nors koreliacinės analizės neatskleidė reikšmingų ryšių tarp subjektyvių nuovargio įvertinimų ir kognityvinių ar neurofiziologinių parametrų, galimos jo įtakos visiškai atmesti negalima. Ateities tyrimuose rekomenduojama labiau kontroliuoti užduočių pateikimo eiliškumą, taikant užduočių maišymą ar atsitiktinį pateikimą, siekiant sumažinti nuovargio ir atlikimo sekos poveikį konkrečių užduočių atlikimui.

6. IŠVADOS

1. Pagrindiniai regimosios darbinės atminties (RDA) rodikliai – atsako laikas, tikslumas, talpa ir CDA amplitudė – nesiskyrė tarp lyties ir moterų hormoninio statuso grupių, tačiau esant didesnei atminties apkrovai, geriamąją hormoninę kontracepciją (OC) vartojančios moterys užduotį atliko reikšmingai tiksliau nei natūralaus ciklo moterys folikulinėje fazėje (NCF).
2. Ramybės būsenos EEG parametrai (alfa galia, individualus alfa dažnis, 1/f nuolydis) tarp tiriamųjų grupių reikšmingai nesiskyrė.
3. Figūrų sukimo mintyse (MRT) užduotyje skirtumų tarp lyties ir moterų hormoninio statuso grupių nenustatyta, tačiau skerspjuvio (CST) užduotyje vyrai pasirodė tiksliau nei moterys, išskyrus hormoninę vidugimdinę spiralę (IUD) naudojančias moteris, kurių rezultatai buvo panašūs į vyrų.
4. Socialiniai ir individualūs veiksniai siejosi su erdviųjų gebėjimų variacija: aukštesnis tikslumas buvo susijęs su profesija STEM srityje, o lėtesnis atsako laikas – su vyresniu amžiumi. Moterų grupėje taip pat nustatyta, kad emocinis sujaudinimas buvo neigiamai susijęs su užduočių atlikimu, iš dalies paaiškindamas stebėtus lyčių skirtumus CST užduotyje.
5. MRT užduotyje atsako laiko priklausomybėje nuo kampinio skirtumo tarp figūrų stebėtas „lanksto“ efektas – polinkio koeficientas buvo statesnis mažesnių kampinių skirtumų atveju nei didesnių – kas gali rodyti strategijų pokytį didėjant užduoties sudėtingumui. Šis efektas pasireiškė visose tiriamųjų grupėse.
6. Lytinių hormonų koncentracijos nebuvo reikšmingai susijusios su erdviųjų gebėjimų, RDA ar neurofiziologiniais rodikliais nei vyrų, nei moterų imtyse.
7. MRT ir RDA užduočių tikslumas reikšmingai nekoreliavo, tačiau užduočių atsako laikas buvo susijęs: greičiau atlikę RDA užduotį, buvo greitesni ir MRT užduotyje.
8. Ilgėjantis atsako laikas buvo susijęs su plokštėjančiu 1/f nuolydžiu, o šie rodikliai taip pat koreliavo su amžiumi, kas gali rodyti, kad informacijos apdorojimas ima lėtėti jau ankstyvoje suaugystėje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Ahmad, J., Ellis, C., Leech, R., Voytek, B., Garces, P., Jones, E., Buitelaar, J., Loth, E., dos Santos, F. P., Amil, A. F., Verschure, P. F. M. J., Murphy, D., & McAlonan, G. (2022). From mechanisms to markers: Novel noninvasive EEG proxy markers of the neural excitation and inhibition system in humans. *Translational Psychiatry*, 12, 467. <https://doi.org/10.1038/s41398-022-02218-z>
2. Aleknaviciute, J., Tulen, J. H. M., De Rijke, Y. B., Bouwkamp, C. G., Van Der Kroeg, M., Timmermans, M., Wester, V. L., Bergink, V., Hoogendijk, W. J. G., Tiemeier, H., Van Rossum, E. F. C., Kooiman, C. G., & Kushner, S. A. (2017). The levonorgestrel-releasing intrauterine device potentiates stress reactivity. *Psychoneuroendocrinology*, 80, 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.02.025>
3. Aleman, A., Bronk, E., Kessels, R. P. C., Koppeschaar, H. P. F., & Van Honk, J. (2004). A single administration of testosterone improves visuospatial ability in young women. *Psychoneuroendocrinology*, 29(5), 612–617. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(03\)00089-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(03)00089-1)
4. Amin, Z., Canli, T., & Epperson, C. N. (2005). Effect of estrogen-serotonin interactions on mood and cognition. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 4(1), 43–58. <https://doi.org/10.1177/1534582305277152>
5. Apter, D., Gemzell-Danielsson, K., Hauck, B., Rosen, K., & Zurth, C. (2014). Pharmacokinetics of two low-dose levonorgestrel-releasing intrauterine systems and effects on ovulation rate and cervical function: Pooled analyses of phase II and III studies. *Fertility and Sterility*, 101(6), 1656–1662.e4. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2014.03.004>
6. Arslan, R. C., Blake, K., Botzet, L. J., Bürkner, P.-C., deBruine, L., Fiers, T., Grebe, N., Hahn, A., Jones, B. C., Marcinkowska, U. M., Mumford, S. L., Penke, L., Roney, J. R., Schisterman, E. F., & Stern, J. (2023). Not within spitting distance: Salivary immunoassays of estradiol have subpar validity for predicting cycle phase. *Psychoneuroendocrinology*, 149, 105994. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105994>
7. Auyeung, B., Lombardo, M. V., & Baron-Cohen, S. (2013). Prenatal and postnatal hormone effects on the human brain and cognition. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 465(5), 557–571. <https://doi.org/10.1007/s00424-013-1268-2>
8. Bäckström, T., Haage, D., Löfgren, M., Johansson, I. M., Strömberg, J., Nyberg, S., Andréén, L., Ossewaarde, L., van Wingen, G. A., Turkmen, S., & Bengtsson, S. K. (2011). Paradoxical effects of GABA-A modulators may explain sex steroid induced negative mood

- symptoms in some persons. *Neuroscience*, 191, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2011.03.061>
9. Baker, F. C., & Colrain, I. M. (2010). Daytime sleepiness, psychomotor performance, waking EEG spectra and evoked potentials in women with severe premenstrual syndrome. *Journal of Sleep Research*, 19(1p2), 214–227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2009.00782.x>
 10. Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., Magee, C. A., & Rushby, J. A. (2007). EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology*, 118(12), 2765–2773. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.07.028>
 11. Barth, C., Steele, C. J., Mueller, K., Rekkas, V. P., Arélin, K., Pampel, A., Burmann, I., Kratzsch, J., Villringer, A., & Sacher, J. (2016). In-vivo Dynamics of the Human Hippocampus across the Menstrual Cycle. *Scientific Reports*, 6(1), 32833. <https://doi.org/10.1038/srep32833>
 12. Barth, C., Villringer, A., & Sacher, J. (2015). Sex hormones affect neurotransmitters and shape the adult female brain during hormonal transition periods. *Frontiers in Neuroscience*, 9(FEB). <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00037>
 13. Bartlett, K. A., & Camba, J. D. (2023). Gender Differences in Spatial Ability: A Critical Review. *Educational Psychology Review*, 35(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09728-2>
 14. Bazanova, O. M., Kondratenko, A. V., Kuzminova, O. I., Muravlyova, K. B., & Petrova, S. E. (2014). EEG alpha indices depending on the menstrual cycle phase and salivary progesterone level. *Human Physiology*, 40(2), 140–148. <https://doi.org/10.1134/S0362119714020030>
 15. Becker, D., Creutzfeldt, O. D., Schwibbe, M., & Wuttke, W. (1982). Changes in physiological, and psychological parameters in women during the spontaneous menstrual cycle and following oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology*, 7(1), 75–90. [https://doi.org/10.1016/0306-4530\(82\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0306-4530(82)90057-9)
 16. Beking, T., Geuze, R. H., Faassen, M. V., Kema, I. P., Kreukels, B. P. C., & Groothuis, T. G. G. (2018). Psychoneuroendocrinology Prenatal and pubertal testosterone affect brain lateralization. *Psychoneuroendocrinology*, 88(July 2017), 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.10.027>
 17. Beltz, A. M. (2022). Hormonal contraceptive influences on cognition and psychopathology: Past methods, present inferences, and future directions. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 67, 101037. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101037>
 18. Beltz, A. M. (2024). Hormonal contraceptives and behavior: Updating the potent state of the nascent science. *Hormones and Behavior*, 164, 105574. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2024.105574>

19. 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. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.853714>
20. Beltz, A. M., Hampson, E., & Berenbaum, S. A. (2015). Oral contraceptives and cognition: A role for ethinyl estradiol. *Hormones and Behavior*, 74, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2015.06.012>
21. Beltz, A. M., Loviska, A. M., Kelly, D. P., & Nielson, M. G. (2022). The Link Between Masculinity and Spatial Skills Is Moderated by the Estrogenic and Progestational Activity of Oral Contraceptives. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.777911>
22. Beltz, A. M., & Moser, J. S. (2020). Ovarian hormones: A long overlooked but critical contributor to cognitive brain structures and function. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 156–180. <https://doi.org/10.1111/nyas.14255>
23. Bencker, C., Gschwandtner, L., Nayman, S., Grikšienė, R., Nguyen, B., Nater, U. M., Guennoun, R., Sundström-Poromaa, I., Pletzer, B., Bixo, M., & Comasco, E. (2025). Progestagens and progesterone receptor modulation: Effects on the brain, mood, stress, and cognition in females. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 76, 101160. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2024.101160>
24. Berkowitz, M., Gerber, A., Thurn, C. M., Emo, B., Hoelscher, C., & Stern, E. (2021). Spatial Abilities for Architecture: Cross Sectional and Longitudinal Assessment With Novel and Existing Spatial Ability Tests. *Frontiers in Psychology*, 11, 609363. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.609363>
25. Bernal, A., Mateo-Martínez, R., & Paolieri, D. (2020). Influence of sex, menstrual cycle, and hormonal contraceptives on egocentric navigation with or without landmarks. *Psychoneuroendocrinology*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104768>
26. Bernal, A., & Paolieri, D. (2022). The influence of estradiol and progesterone on neurocognition during three phases of the menstrual cycle: Modulating factors. *Behavioural Brain Research*, 417. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113593>
27. Berneiser, J., Jahn, G., Grothe, M., & Lotze, M. (2018). From visual to motor strategies: Training in mental rotation of hands. *Neuroimage*, 167, 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.06.014>
28. Bersier, N. M., Arbula, S., Ionta, S., & Rumiati, R. I. (2024). Mental rotation-related neural interactions between gender and cognitive strategy. *Imaging Neuroscience*, 2, 1–18. https://doi.org/10.1162/imag_a_00310

29. 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>
30. Blankers, S. A., & Galea, L. A. M. (2021). Androgens and Adult Neurogenesis in the Hippocampus. *Androgens: Clinical Research and Therapeutics*, 2(1), 203–215. <https://doi.org/10.1089/andro.2021.0016>
31. Bloise, S. M., & Johnson, M. K. (2007). Memory for emotional and neutral information: Gender and individual differences in emotional sensitivity. *Memory*, 15(2), 192–204. <https://doi.org/10.1080/09658210701204456>
32. Boone, A. P., & Hegarty, M. (2017). Sex differences in mental rotation tasks: Not just in the mental rotation process! *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 43(7), 1005–1019. <https://doi.org/10.1037/xlm0000370>
33. Boytsova, Yu. A., & Danko, S. G. (2010). EEG differences between resting states with eyes open and closed in darkness. *Human Physiology*, 36(3), 367–369. <https://doi.org/10.1134/S0362119710030199>
34. Bradley, M. M., Miccoli, L., Escrig, M. A., & Lang, P. J. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology*, 45(4), 602–607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x>
35. Brockmole, J. R., & Logie, R. H. (2013). Age-Related Change in Visual Working Memory: A Study of 55,753 Participants Aged 8–75. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00012>
36. Brønnick, M. K., Økland, I., Graugaard, C., & Brønnick, K. K. (2020). The Effects of Hormonal Contraceptives on the Brain: A Systematic Review of Neuroimaging Studies. *Frontiers in Psychology*, 11, 556577. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.556577>
37. Brötzner, C. P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Zauner, A., & Kerschbaum, H. H. (2014). Resting state alpha frequency is associated with menstrual cycle phase, estradiol and use of oral contraceptives. *Brain Research*, 1577, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.06.034>
38. Brown, T. I., Gagnon, S. A., & Wagner, A. D. (2020). Stress Disrupts Human Hippocampal-Prefrontal Function during Prospective Spatial Navigation and Hinders Flexible Behavior. *Current Biology*, 30(10), 1821–1833.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.006>
39. Brownrigg, D. (n.d.). *Working Memory during the Menstrual Cycle: A study of the role of the different phases of the menstrual cycle on working memory*.
40. Bürger, Z., Bucher, A. M., Comasco, E., Henes, M., Hübner, S., Kogler, L., & Derntl, B. (2021). Association of levonorgestrel intrauterine devices with stress reactivity, mental health, quality of life

- and sexual functioning: A systematic review. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2021.100943>
41. Burkman, R., Bell, C., & Serfaty, D. (2011). The evolution of combined oral contraception: Improving the risk-to-benefit ratio. *Contraception*, 84(1), 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2010.11.004>
 42. Butkutė-Šliuožienė, K. (2019). Generalizuoto nerimo sutrikimo skalė-7. *Biological psychiatry and psychopharmacology*, 21(1), 21–22.
 43. Buuren, S. V., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). Mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3). <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>
 44. Cave, A. E., & Barry, R. J. (2021). Sex differences in resting EEG in healthy young adults. *International Journal of Psychophysiology*, 161, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.01.008>
 45. Ceci, S. J., Williams, W. M., & Barnett, S. M. (2009). Women's underrepresentation in science: Sociocultural and biological considerations. *Psychological Bulletin*, 135(2), 218–261. <https://doi.org/10.1037/a0014412>
 46. Cherney, I. D., & Collaer, M. L. (2005). Sex Differences In Line Judgment: Relation T O Mathematics Preparation And Strategy Use. In *O Perceptual and Motor Skills* (Vol. 100, pp. 615–627).
 47. Chura, L. R., Lombardo, M. V., Ashwin, E., Auyeung, B., Chakrabarti, B., Bullmore, E. T., & Baron-Cohen, S. (2010). Organizational effects of fetal testosterone on human corpus callosum size and asymmetry. *Psychoneuroendocrinology*, 35(1), 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.09.009>
 48. Ciocca, G., Limoncin, E., Carosa, E., Di Sante, S., Gravina, G. L., Mollaioli, D., Gianfrilli, D., Lenzi, A., & Jannini, E. A. (2016). Is Testosterone a Food for the Brain? *Sexual Medicine Reviews*, 4(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2015.10.007>
 49. Cohen, A., Zemel, O. C., Colodner, R., Abu-Shkara, R., Masalha, R., Mahagna, L., & Barel, E. (2020). The role of endocrine stress systems and sex hormones in the enhancing effects of stress on mental rotation capabilities. *Brain Sciences*, 10(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/brainsci10110791>
 50. Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2012). Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 868–874. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.007>
 51. Cohen, R. A., Marsiske, M. M., & Smith, G. E. (2019). Neuropsychology of aging. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 167, pp. 149–180). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804766-8.00010-8>
 52. Concas, A., Serra, M., & Porcu, P. (2022). How hormonal contraceptives shape brain and behavior: A review of preclinical

- studies. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66, 101017. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101017>
53. Courvoisier, D. S., Renaud, O., Geiser, C., Paschke, K., Gaudy, K., & Jordan, K. (2013). Sex hormones and mental rotation: An intensive longitudinal investigation. *Hormones and Behavior*, 63(2), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.12.007>
 54. Craig, M. C., Fletcher, P. C., Daly, E. M., Rymer, J., Brammer, M., Giampietro, V., & Murphy, D. G. M. (2008). Physiological variation in estradiol and brain function: A functional magnetic resonance imaging study of verbal memory across the follicular phase of the menstrual cycle. *Hormones and Behavior*.
 55. Creutzfeldt, O. D., Arnold, P.-M., Becker, D., Langenstein, S., Tirsch, W., Wilhelm, H., & Wuttke, W. (1976). EEG changes during spontaneous and controlled menstrual cycles and their correlation with psychological performance. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 40(2), 113–131. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(76\)90157-7](https://doi.org/10.1016/0013-4694(76)90157-7)
 56. Cyr, M., Ghribi, O., Thibault, C., Morissette, M., Landry, M., & Di Paolo, T. (2001). Ovarian steroids and selective estrogen receptor modulators activity on rat brain NMDA and AMPA receptors. *Brain Research Reviews*, 37(1), 153–161. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(01\)00115-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(01)00115-1)
 57. Dagklis, T., Ravanos, K., Makedou, K., Kourtis, A., & Rousso, D. (2015). Common features and differences of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis in male and female. *Gynecological Endocrinology*, 31(1), 14–17. <https://doi.org/10.3109/09513590.2014.959917>
 58. Davignon, L.-M., Brouillard, A., Juster, R.-P., & Marin, M.-F. (2024). The role of sex hormones, oral contraceptive use, and its parameters on visuospatial abilities, verbal fluency, and verbal memory. *Hormones and Behavior*, 157, 105454. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2023.105454>
 59. Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
 60. Delorme, A., Sejnowski, T., & Makeig, S. (2007). Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. *Neuroimage*, 34(4), 1443–1449. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.004>
 61. Dickey, R. P., & Seymour, M. L. (n.d.). *Managing contraceptive pill patients and other hormonal contraceptives*.
 62. Dietrich, T., Krings, T., Neulen, J., Willmes, K., Erberich, S., Thron, A., & Sturm, W. (2001). Effects of Blood Estrogen Level on Cortical Activation Patterns during Cognitive Activation as Measured by

- Functional MRI. *Neuroimage*, 13(3), 425–432. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0703>
63. Diliberti, C. E., O’Leary, C. M., Hendy, C. H., Waters, D. H., & Margolis, M. B. (2011). Steady-state pharmacokinetics of an extended-regimen oral contraceptive with continuous estrogen. *Contraception*, 83(1), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2010.06.015>
 64. Donoghue, T., Haller, M., Peterson, E. J., Varma, P., Sebastian, P., Gao, R., Noto, T., Lara, A. H., Wallis, J. D., Knight, R. T., Shestyuk, A., & Voytek, B. (2020). Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*, 23(12), 1655–1665. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
 65. Donoghue, T., Schaworonkow, N., & Voytek, B. (2022). Methodological considerations for studying neural oscillations. *The European Journal of Neuroscience*, 55(11–12), 3502–3527. <https://doi.org/10.1111/ejn.15361>
 66. Doyle, R. A., Voyer, D., & Lesmana, M. (2016). Item type, occlusion, and gender differences in mental rotation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(8), 1530–1544. <https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1086807>
 67. Driscoll, I., Hamilton, D. A., Yeo, R. A., Brooks, W. M., & Sutherland, R. J. (2005). Virtual navigation in humans: The impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior*, 47(3), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2004.11.013>
 68. Ehlers, C. L., Phillips, E., & Parry, B. L. (1996). Electrophysiological findings during the menstrual cycle in women with and without late luteal phase dysphoric disorder: Relationship to risk for alcoholism? *Biological Psychiatry*, 39(8), 720–732. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(95\)00183-2](https://doi.org/10.1016/0006-3223(95)00183-2)
 69. Eikelboom, W. S., Pan, M., Ossenkoppele, R., Coesmans, M., Gatchel, J. R., Ismail, Z., Lanctôt, K. L., Fischer, C. E., Mortby, M. E., Van Den Berg, E., & Papma, J. M. (2022). Sex differences in neuropsychiatric symptoms in Alzheimer’s disease dementia: A meta-analysis. *Alzheimer’s Research & Therapy*, 14(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s13195-022-00991-z>
 70. Eliot, L., Ahmed, A., Khan, H., & Patel, J. (2021). Dump the “dimorphism”: Comprehensive synthesis of human brain studies reveals few male-female differences beyond size. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 125, 667–697. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.02.026>
 71. Ewies, A. A. A. (2009). Levonorgestrel-releasing Intrauterine System – The discontinuing story. *Gynecological Endocrinology*, 25(10), 668–673. <https://doi.org/10.1080/09513590903159656>
 72. Felmingham, K. L., Tran, T. P., Fong, W. C., & Bryant, R. A. (2012). Sex differences in emotional memory consolidation: The effect of stress-induced salivary alpha-amylase and cortisol. *Biological*

- Psychology*, 89(3), 539–544.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.12.006>
73. Filová, B., Ostatníková, D., Celec, P., & Hodosy, J. (2013). The effect of testosterone on the formation of brain structures. *Cells Tissues Organs*, 197(3), 169–177. <https://doi.org/10.1159/000345567>
 74. Frost, J. (2019). *Regression Analysis: An Intuitive Guide for Using and Interpreting Linear Models*. Jim Publishing.
 75. Gaižauskaitė, R., Zelionkaitė, I., & Griškeienė, R. (2025). Study of spatial abilities: The role of sex, female hormonal status and emotional context in visualizing 2D cross sections of 3D objects. *Behavioural Brain Research*, 485, 115520. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2025.115520>
 76. Gerster, M., Waterstraat, G., Litvak, V., Lehnertz, K., Schnitzler, A., Florin, E., Curio, G., & Nikulin, V. (2022). Separating Neural Oscillations from Aperiodic 1/f Activity: Challenges and Recommendations. *Neuroinformatics*, 20(4), 991–1012. <https://doi.org/10.1007/s12021-022-09581-8>
 77. Gizewski, E. R., Krause, E., Wanke, I., Forsting, M., & Senf, W. (2006). Gender-specific cerebral activation during cognitive tasks using functional MRI: Comparison of women in mid-luteal phase and men. *Neuroradiology*, 48(1), 14–20. <https://doi.org/10.1007/s00234-005-0004-9>
 78. Gogos, A. (2013). Natural and synthetic sex hormones: Effects on higher-order cognitive function and prepulse inhibition. *Biological Psychology*, 93(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.02.001>
 79. Gogos, A., Wu, Y. W. C., Williams, A. S., & Byrne, L. K. (2014). The Effects of Ethinylestradiol and Progestins (“the pill”) on Cognitive Function in Pre-menopausal Women. *Neurochemical Research*, 39(12), 2288–2300. <https://doi.org/10.1007/s11064-014-1444-6>
 80. Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent Iii, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). *Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood* (Vol. 101, pp. 8174–8179). PNAS. <https://www.pnas.org>
 81. Goldstein, J. M., Jerram, M., Poldrack, R., Anagnoson, R., Breiter, H. C., Makris, N., Goodman, J. M., Tsuang, M. T., & Seidman, L. J. (2005). Sex differences in prefrontal cortical brain activity during of auditory verbal working memory. *Neuropsychology*, 19(4), 509–519. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.19.4.509>
 82. Grandy, T. H., Werkle-Bergner, M., Chicherio, C., Schmiedek, F., Lövdén, M., & Lindenberger, U. (2013). Peak individual alpha frequency qualifies as a stable neurophysiological trait marker in healthy younger and older adults: Alpha stability. *Psychophysiology*, 50(6), 570–582. <https://doi.org/10.1111/psyp.12043>

83. Gravelins, L., Duncan, K., & Einstein, G. (2021). Do oral contraceptives affect young women's memory? Dopamine-dependent working memory is influenced by COMT genotype, but not time of pill ingestion. *PLOS ONE*, 16(6), e0252807. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252807>
84. 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), 18843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55433-y>
85. Griksienė, R., Gaizauskaitė, R., Pretkelyte, I., & Hausmann, M. (2022). Lateral Bias in Visual Working Memory. *Symmetry*, 14(12), 2509. <https://doi.org/10.3390/sym14122509>
86. Griksiene, R., Monciunskaitė, R., Arnatkeviciute, A., & Ruksenas, O. (2018). Does the use of hormonal contraceptives affect the mental rotation performance? *Hormones and Behavior*, 100(August 2017), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.03.004>
87. Griksiene, R., Monciunskaitė, R., & Ruksenas, O. (2022). What is there to know about the effects of progestins on the human brain and cognition? *Frontiers in Neuroendocrinology*, 67, 101032. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101032>
88. 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>
89. Gruene, T. M., Roberts, E., Thomas, V., Ronzio, A., & Shansky, R. M. (2015). Sex-Specific Neuroanatomical Correlates of Fear Expression in Prefrontal-Amygdala Circuits. *Biological Psychiatry*, 78(3), 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2014.11.014>
90. Guennoun, R. (2020). Progesterone in the brain: Hormone, neurosteroid and neuroprotectant. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijms21155271>
91. 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). <https://doi.org/10.3390/brainsci10040194>
92. Halari, R., Mines, M., Kumari, V., Mehrotra, R., Wheeler, M., Ng, V., & Sharma, T. (2005). Sex differences and individual differences in cognitive performance and their relationship to endogenous gonadal hormones and gonadotropins. *Behavioral Neuroscience*, 119(1), 104–117. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.119.1.104>
93. Hampson, E. (2018). Estrogens, Aging, and Working Memory. *Current Psychiatry Reports*, 20(12), 109. <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0972-1>

94. Hampson, E. (2020). A brief guide to the menstrual cycle and oral contraceptive use for researchers in behavioral endocrinology. *Hormones and Behavior*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2019.104655>
95. 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>
96. Hampson, E., & Morley, E. E. (2013). Estradiol concentrations and working memory performance in women of reproductive age. *Psychoneuroendocrinology*, 38(12), 2897–2904. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.07.020>
97. Hampson, E., Morley, E. E., Evans, K. L., & Fleury, C. (2022). Effects of oral contraceptives on spatial cognition depend on pharmacological properties and phase of the contraceptive cycle. *Frontiers in Endocrinology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.888510>
98. Haraguchi, R., Hoshi, H., Ichikawa, S., Hanyu, M., Nakamura, K., Fukasawa, K., Poza, J., Rodríguez-González, V., Gómez, C., & Shigihara, Y. (2021). The Menstrual Cycle Alters Resting-State Cortical Activity: A Magnetoencephalography Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2021.652789>
99. Hattemer, K., Plate, A., Heverhagen, J. T., Haag, A., Keil, B., Klein, K. M., Hermsen, A., Oertel, W. H., Hamer, H. M., Rosenow, F., & Knake, S. (2011). Determination of Hemispheric Dominance with Mental Rotation Using Functional Transcranial Doppler Sonography and *Journal of Neuroimaging*, 21(1), 16–23. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6569.2009.00402.x>
100. Hausmann, M. (2017). Why sex hormones matter for neuroscience: A very short review on sex, sex hormones, and functional brain asymmetries. *Journal of Neuroscience Research*, 95(1–2), 40–49. <https://doi.org/10.1002/jnr.23857>
101. Hausmann, M., Schoofs, D., Rosenthal, H. E. S., & Jordan, K. (2009). Interactive effects of sex hormones and gender stereotypes on cognitive sex differences-A psychobiosocial approach. *Psychoneuroendocrinology*, 34(3), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.09.019>
102. Hausmann, M., Slabbekoorn, D., Goozen, S. H. M. V., Cohen-Kettenis, P. T., & Gunttiirkun, O. (2000). BRIEF COMMUNICATIONS Sex Hormones Affect Spatial Abilities During the Menstrual Cycle. *Behavioral Neuroscience*, 114(6), 1245–1250. <https://doi.org/10.1037/0735-7Q44.114.6.1245>
103. Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure? *Psychonomic*

- Bulletin and Review*, 25(3), 1212–1219.
<https://doi.org/10.3758/s13423-017-1347-z>
104. 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>
 105. Herting, M. M., Gautam, P., Spielberg, J. M., Kan, E., Dahl, R. E., & Sowell, E. R. (2014). The role of testosterone and estradiol in brain volume changes across adolescence: A longitudinal structural MRI study. *Human Brain Mapping*, 35(11), 5633–5645.
<https://doi.org/10.1002/hbm.22575>
 106. Herting, M. M., & Sowell, E. R. (2017). Puberty and structural brain development in humans. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 44, 122–137. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2016.12.003>
 107. Hidalgo-Lopez, E., & Pletzer, B. (2021a). Fronto-striatal changes along the menstrual cycle during working memory: Effect of sex hormones on activation and connectivity patterns. *Psychoneuroendocrinology*, 125.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.105108>
 108. Hill, S. E., & Mengelkoch, S. (2023). Moving beyond the mean: Promising research pathways to support a precision medicine approach to hormonal contraception. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 68, 101042. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101042>
 109. Hiller, K. M., Slattery, D. A., & Pletzer, B. (2019). Neurobiological mechanisms underlying sex-related differences in stress-related disorders: Effects of neuroactive steroids on the hippocampus. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 55, 100796.
<https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2019.100796>
 110. Höfer, P., Lanzenberger, R., & Kasper, S. (2013). Testosterone in the brain: Neuroimaging findings and the potential role for neuropsychopharmacology. *European Neuropsychopharmacology*, 23(2), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2012.04.013>
 111. Hollander, M., Wolfe, D. A., & Chicken, E. (2013). *Nonparametric statistical methods* (Vol. 751). John Wiley & Sons.
 112. 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>
 113. Hoppe, C., Fliessbach, K., Stausberg, S., Stojanovic, J., Trautner, P., Elger, C. E., & Weber, B. (2012). A key role for experimental task performance: Effects of math talent, gender and performance on the neural correlates of mental rotation. *Brain and Cognition*, 78(1), 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.10.008>

114. Hugdahl, K., Thomsen, T., & Ersland, L. (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: An study of mental rotation. *Neuropsychologia*, 44(9), 1575–1583. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.026>
115. Hussain, D., Hanafi, S., Konishi, K., Brake, W. G., & Bohbot, V. D. (2016). Modulation of spatial and response strategies by phase of the menstrual cycle in women tested in a virtual navigation task. *Psychoneuroendocrinology*, 70, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.05.008>
116. Jacobs, E., & D’Esposito, M. (2011). Estrogen Shapes Dopamine-Dependent Cognitive Processes: Implications for Women’s Health. *The Journal of Neuroscience*, 31(14), 5286–5293. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6394-10.2011>
117. Jang, D., Zhang, J., & Elfenbein, H. A. (2025). Menstrual cycle effects on cognitive performance: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 20(3), e0318576. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318576>
118. Janowsky, J. S. (2006). Thinking with your gonads: Testosterone and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.12.010>
119. Janowsky, J. S., Chavez, B., & Orwoll, E. (2000). Sex Steroids Modify Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 407–414. <https://doi.org/10.1162/089892900562228>
120. Jensen, A., Thériault, K., Yilmaz, E., Pon, E., & Davidson, P. S. R. (2023). Mental rotation, episodic memory, and executive control: Possible effects of biological sex and oral contraceptive use. *Neurobiology of Learning and Memory*, 198, 107720. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2023.107720>
121. Johnson, M. K., mcmahon, R. P., Robinson, B. M., Harvey, A. N., Hahn, B., Leonard, C. J., Luck, S. J., & Gold, J. M. (2013). The relationship between working memory capacity and broad measures of cognitive ability in healthy adults and people with schizophrenia. *Neuropsychology*, 27(2), 220–229. <https://doi.org/10.1037/a0032060>
122. Jordan, K. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40(13), 2397–2408. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00076-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00076-3)
123. Joseph, J. E., Swearingen, J., Corbly, C. R., Curry, T. E., & Kelly, T. H. (2012). Influence of estradiol on functional brain organization for working memory. *Neuroimage*, 59(3), 2923–2931. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.09.067>
124. Jost, K., Bryck, R. L., Vogel, E. K., & Mayr, U. (2011). Are Old Adults Just Like Low Working Memory Young Adults? Filtering Efficiency and Age Differences in Visual Working Memory. *Cerebral Cortex*, 21(5), 1147–1154. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq185>
125. Kaufman, S. B. (2007). Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability: Can they be accounted for by differences in

- working memory capacity? *Intelligence*, 35(3), 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.07.009>
126. Killanin, A. D., Ward, T. W., Embury, C. M., Calhoun, V. D., Wang, Y., Stephen, J. M., Picci, G., Heinrichs-Graham, E., & Wilson, T. W. (2024). Effects of endogenous testosterone on oscillatory activity during verbal working memory in youth. *Human Brain Mapping*, 45(10), e26774. <https://doi.org/10.1002/hbm.26774>
 127. Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2–3), 169–195. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
 128. Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(12), 606–617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
 129. Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 53(1), 63–88. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>
 130. Komnenich, P., Lane, D. M., Dickey, R. P., & Stone, S. C. (1978). Gonadal hormones and cognitive performance. *Physiological Psychology*, 6(1), 115–120. <https://doi.org/10.3758/BF03326704>
 131. Koutsimani, P., & Montgomery, A. (2022). Burnout and Cognitive Functioning: Are We Underestimating the Role of Visuospatial Functions? *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.775606>
 132. Krug, R., Mölle, M., Fehm, H. L., & Born, J. (1999). Variations across the menstrual cycle in EEG activity during thinking and mental relaxation. *Journal of Psychophysiology*, 13(3), 163–172. <https://doi.org/10.1027/0269-8803.13.3.163>
 133. Kubranská, A., Lakatošová, S., Schmidtová, E., Durdiaková, J., Celec, P., & Ostatníková, D. (2014). Spatial abilities are not related to testosterone levels and variation in the androgen receptor in healthy young men. *General Physiology and Biophysics*, 33(3), 311–319. https://doi.org/10.4149/gpb_2014005
 134. Kuhlmann, S., & Wolf, O. T. (2005). Cortisol and memory retrieval in women: Influence of menstrual cycle and oral contraceptives. *Psychopharmacology*, 183(1), 65–71. <https://doi.org/10.1007/s00213-005-0143-z>
 135. Kuhn, H., & Martini, M. (2022). Oral contraceptive androgenicity affects symmetry processing speed in a visuospatial working memory task. *Learning and Motivation*, 79, 101821. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2022.101821>
 136. Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, & Greenwald, M., Dhman, A., Vaid, D., Hamm, A., Cook, E., Bertron, A., Petry, M., Bruner, R., Mcmanis, M., Zabaldo, D., Martinet, S., Cuthbert, S., Ray, D., Koller,

- K., Kolchakian, M., & Hayden, S. (1997). International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings. In *International Affective Picture System (IAPS)*.
137. Leeners, B., Kruger, T. H. C., Geraedts, K., Tronci, E., Mancini, T., Ille, F., Egli, M., Röblitz, S., Saleh, L., Spanaus, K., Schippert, C., Zhang, Y., & Hengartner, M. P. (2017). Lack of Associations between Female Hormone Levels and Visuospatial Working Memory, Divided Attention and Cognitive Bias across Two Consecutive Menstrual Cycles. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *11*, 120. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00120>
138. Leinen, P., Panzer, S., & Shea, C. H. (2016). Hemispheric asymmetries of a motor memory in a recognition test after learning a movement sequence. *Acta Psychologica*, *171*, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.09.007>
139. Lejbak, L., Vrbancic, M., & Crossley, M. (2009). The female advantage in object location memory is robust to verbalizability and mode of presentation of test stimuli. *Brain and Cognition*, *69*(1), 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.06.006>
140. Lendner, J. D., Helfrich, R. F., Mander, B. A., Romundstad, L., Lin, J. J., Walker, M. P., Larsson, P. G., & Knight, R. T. (2020). An electrophysiological marker of arousal level in humans. *Elife*, *9*, e55092. <https://doi.org/10.7554/elife.55092>
141. Levine, S. C., Foley, A., Lourenco, S., Ehrlich, S., & Ratliff, K. (2016). Sex differences in spatial cognition: Advancing the conversation. *Wires Cognitive Science*, *7*(2), 127–155. <https://doi.org/10.1002/wcs.1380>
142. Levy, L. J., Astur, R. S., & Frick, K. M. (2005). Men and Women Differ in Object Memory but Not Performance of a Virtual Radial Maze. *Behavioral Neuroscience*, *119*(4), 853–862. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.119.4.853>
143. Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, *56*(6), 1479–1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
144. Lisofsky, N., Mårtensson, J., Eckert, A., Lindenberger, U., Gallinat, J., & Kühn, S. (2015). Hippocampal volume and functional connectivity changes during the female menstrual cycle. *Neuroimage*, *118*, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.012>
145. Lu, Y., Jaquess, K. J., Hatfield, B. D., Zhou, C., & Li, H. (2017). Valence and arousal of emotional stimuli impact cognitive-motor performance in an oddball task. *Biological Psychology*, *125*, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.02.010>
146. Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual*

- Differences*, 49(4), 344–351.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.03.022>
147. Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279–281.
<https://doi.org/10.1038/36846>
 148. Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391–400.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006>
 149. Lungu, O., Potvin, S., Tikász, A., & Mendrek, A. (2015). Sex differences in effective fronto-limbic connectivity during negative emotion processing. *Psychoneuroendocrinology*, 62, 180–188.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2015.08.012>
 150. Luria, R., Balaban, H., Awh, E., & Vogel, E. K. (2016). The contralateral delay activity as a neural measure of visual working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 62, 100–108.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.01.003>
 151. Maeda, Y., & Yoon, S. Y. (2013). A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R). *Educational Psychology Review*, 25(1), 69–94. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9215-x>
 152. Malanchini, M., Rimfeld, K., Shakeshaft, N. G., mcmillan, A., Schofield, K. L., Rodic, M., Rossi, V., Kovas, Y., Dale, P. S., Tucker-Drob, E. M., & Plomin, R. (2020). Evidence for a unitary structure of spatial cognition beyond general intelligence. *Npj Science of Learning*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-020-0067-8>
 153. Man, M. S., macmillan, I., Scott, J., & Young, A. H. (1999). Mood, neuropsychological function and cognitions in premenstrual dysphoric disorder. *Psychological Medicine*, 29(3), 727–733.
<https://doi.org/10.1017/S0033291798007715>
 154. Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, 46(2), 596–610.
<https://doi.org/10.3758/s13428-013-0379-1>
 155. Mcewen, B. S., Akama, K. T., Spencer-Segal, J. L., Milner, T. A., & Waters, E. M. (2012). Estrogen effects on the brain: Actions beyond the hypothalamus via novel mechanisms. *Behavioral Neuroscience*, 126(1), 4–16. <https://doi.org/10.1037/a0026708>
 156. Mcewen, B. S., & Milner, T. A. (2017). Understanding the broad influence of sex hormones and sex differences in the brain. *Journal of Neuroscience Research*, 95(1–2), 24–39.
<https://doi.org/10.1002/jnr.23809>

157. Mcrae, K., Ciesielski, B., & Gross, J. J. (2012). Unpacking cognitive reappraisal: Goals, tactics, and outcomes. *Emotion (Washington, D.C.)*, 12(2), 250–255. <https://doi.org/10.1037/a0026351>
158. Meethal, S. V., & Atwood, C. S. (2005). The role of hypothalamic-pituitary-gonadal hormones in the normal structure and functioning of the brain. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 62(3), 257–270. <https://doi.org/10.1007/s00018-004-4381-3>
159. Mhaouty-Kodja, S. (2018). Role of the androgen receptor in the central nervous system. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 465, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2017.08.001>
160. Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621–640. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.621>
161. Mochizuki, H., Takeda, K., Sato, Y., Nagashima, I., Harada, Y., & Shimoda, N. (2019). Response time differences between men and women during hand mental rotation. *PLOS ONE*, 14(7), e0220414. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220414>
162. Moffat, S., & Hampson, E. (1996). A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: Possible influence of hand preference. *Psychoneuroendocrinology*, 21(3), 323–337. [https://doi.org/10.1016/0306-4530\(95\)00051-8](https://doi.org/10.1016/0306-4530(95)00051-8)
163. Negri-Cesi, P., Celotti, F., Motta, M., Negri-Cesi, P., Coleiogo, A., Celotti, F., & Motta, M. (2004). Sexual differentiation of the brain: Role of testosterone and its active metabolites. In *Article in Journal of Endocrinological Investigation* (Vol. 27, Issue 6, pp. 120–127). <https://www.researchgate.net/publication/8234137>
164. Neigel, A. R., Bailey, S. K. T., Szalma, J. L., & Sims, V. K. (2017). Age, sex, and STEM education influence spatial processing performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2017-October, 1224–1228. <https://doi.org/10.1177/1541931213601788>
165. Ney, L. J., Felmingham, K. L., & Nichols, D. (2020). Reproducibility of saliva progesterone measured by immunoassay compared to liquid chromatography mass spectrometry. *Analytical Biochemistry*, 610, 113984. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2020.113984>
166. Nguyen, T. V., Lew, J., Albaugh, M. D., Botteron, K. N., Hudziak, J. J., Fonov, V. S., Collins, D. L., Ducharme, S., & mccracken, J. T. (2017). Sex-specific associations of testosterone with prefrontal-hippocampal development and executive function. *Psychoneuroendocrinology*, 76, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.12.005>

167. Nguyen, T.-V., Ducharme, S., & Karama, S. (2017). Effects of Sex Steroids in the Human Brain. *Molecular Neurobiology*, 54(9), 7507–7519. <https://doi.org/10.1007/s12035-016-0198-3>
168. Noreika, D., Griškova-Bulanova, I., Alaburda, A., Baranauskas, M., & Grikšienė, R. (2014). Progesterone and mental rotation task: Is there any effect? *Biomed Research International*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/741758>
169. O'Connor, D. B., Archer, J., Hair, W. M., & Wu, F. C. W. (2001). Activational effects of testosterone on cognitive function in men. *Neuropsychologia*, 39(13), 1385–1394. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00067-7)
170. 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)
171. Ossewaarde, L., Van Wingen, G. A., Rijpkema, M., Bäckström, T., Hermans, E. J., & Fernández, G. (2013). Menstrual cycle-related changes in amygdala morphology are associated with changes in stress sensitivity. *Human Brain Mapping*, 34(5), 1187–1193. <https://doi.org/10.1002/hbm.21502>
172. Palmiero, M., Nori, R., Rogolino, C., D'Amico, S., & Piccardi, L. (2015). Situated navigational working memory: The role of positive mood. *Cognitive Processing*, 16, 327–330. <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0670-4>
173. Palmiero, M., Nori, R., Rogolino, C., d'amico, S., & Piccardi, L. (2016). Sex differences in visuospatial and navigational working memory: The role of mood induced by background music. *Experimental Brain Research*, 234(8), 2381–2389. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4643-3>
174. Pekrun, R., Marsh, H. W., Elliot, A. J., Strockinger, K., Perry, R. P., Vogl, E., Goetz, T., Tilburg, W. A. P. Van, Lüdtke, O., & Vispoel, W. P. (2023). A Three-Dimensional Taxonomy of Achievement Emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 124(1), 145–178. <https://doi.org/10.1037/pspp0000448.suppl>
175. Peragine, D., Simeon-Spezzaferro, C., Brown, A., Gervais, N. J., Hampson, E., & Einstein, G. (2019). Sex difference or hormonal difference in mental rotation? The influence of ovarian milieu. *Psychoneuroendocrinology*, March, 104488. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.104488>
176. Peters, M., & Battista, C. (2008). Applications of mental rotation figures of the Shepard and Metzler type and description of a mental rotation stimulus library. *Brain and Cognition*, 66(3), 260–264. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.09.003>
177. Pintzka, C. W. S., Evensmoen, H. R., Lehn, H., & Håberg, A. K. (2016). Changes in spatial cognition and brain activity after a single

- dose of testosterone in healthy women. *Behavioural Brain Research*, 298, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.10.056>
178. Pion-Tonachini, L., Kreutz-Delgado, K., & Makeig, S. (2019). The iclabel dataset of electroencephalographic (EEG) independent component (IC) features. *Data in Brief*, 25, 104101. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104101>
 179. Pletzer, B. A., & Kerschbaum, H. H. (2014). 50 years of hormonal contraception—Time to find out, what it does to our brain. *Frontiers in Neuroscience*, 8 JUL. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00256>
 180. Pletzer, B., Bodenbach, H., Hoehn, M., Hajdari, L., Hausinger, T., Noachtar, I., & Beltz, A. M. (2024). Reproducible stability of verbal and spatial functions along the menstrual cycle. *Neuropsychopharmacology*. <https://doi.org/10.1038/s41386-023-01789-9>
 181. Pletzer, B., Comasco, E., Hidalgo-Lopez, E., Kimmig, A.-C. S., Sundström-Poromaa, I., & Derntl, B. (2025). Menstrual cycle-related changes in the human brain. In *Encyclopedia of the Human Brain* (pp. 604–623). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820480-1.00151-0>
 182. Pletzer, B., Harris, T. A., & Hidalgo-Lopez, E. (2018). Subcortical structural changes along the menstrual cycle: Beyond the hippocampus. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34247-4>
 183. Pletzer, B., Kronbichler, M., & Kerschbaum, H. (2015). Differential effects of androgenic and anti-androgenic progestins on fusiform and frontal gray matter volume and face recognition performance. *Brain Research*, 1596, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.11.025>
 184. Pletzer, B., Petasis, O., & Cahill, L. (2014). Switching between forest and trees: Opposite relationship of progesterone and testosterone to global–local processing. *Hormones and Behavior*, 66(2), 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.05.004>
 185. Pletzer, B., Steinbeisser, J., Van Laak, L., & Harris, T. A. (2019). Beyond biological sex: Interactive effects of gender role and sex hormones on spatial abilities. *Frontiers in Neuroscience*, 13(JUL). <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00675>
 186. Pletzer, B., Winkler-Crepaz, K., & Maria Hillerer, K. (2023). Progesterone and contraceptive progestin actions on the brain: A systematic review of animal studies and comparison to human neuroimaging studies. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 69, 101060. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2023.101060>
 187. Poromaa, I. S., & Gingnell, M. (2014). Menstrual cycle influence on cognitive function and emotion processing from a reproductive perspective. *Frontiers in Neuroscience*, 8(Nov). <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00380>

188. Prokai-Tatrai, K., & Prokai, L. (2005). Impact of Metabolism on the Safety of Estrogen Therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1052(1), 243–257. <https://doi.org/10.1196/annals.1347.018>
189. Protopopescu, X., Butler, T., Pan, H., Root, J., Altemus, M., Polancskey, M., mcEwen, B., Silbersweig, D., & Stern, E. (2008). Hippocampal structural changes across the menstrual cycle. *Hippocampus*, 18(10), 985–988. <https://doi.org/10.1002/hipo.20468>
190. Puts, D. A., Cárdenas, R. A., Bailey, D. H., Burriss, R. P., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2010). Salivary testosterone does not predict mental rotation performance in men or women. *Hormones and Behavior*, 58(2), 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.03.005>
191. Puts, D. A., Gaulin, S. J. C., & Breedlove, S. M. (2006). Sex Differences in Spatial Ability: Evolution, Hormones, and the Brain. In S. Platek, T. Shackelford, & J. Keenan (Eds.), *Evolutionary Cognitive Neuroscience* (pp. 329–380). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2882.003.0018>
192. Rajsic, J., Burton, J. A., & Woodman, G. F. (2019). Contralateral delay activity tracks the storage of visually presented letters and words. *Psychophysiology*, 56(1), e13282. <https://doi.org/10.1111/psyp.13282>
193. Rehbein, E., Hornung, J., Sundström Poromaa, I., & Derntl, B. (2021). Shaping of the Female Human Brain by Sex Hormones: A Review. *Neuroendocrinology*, 111(3), 183–206. <https://doi.org/10.1159/000507083>
194. Richardson, A. E., & vanderkaay Tomasulo, M. M. (2022). Stress-induced HPA activation in virtual navigation and spatial attention performance. *BMC Neuroscience*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12868-022-00722-y>
195. Riddle, J., Ahn, S., mcpherson, T., Girdler, S., & Frohlich, F. (2020). Progesterone modulates theta oscillations in the frontal-parietal network. *Psychophysiology*, 57(10), e13632. <https://doi.org/10.1111/psyp.13632>
196. Rivera, R., Yacobson, I., & Grimes, D. (1999). The mechanism of action of hormonal contraceptives and intrauterine contraceptive devices. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 181(5 I), 1263–1269. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(99\)70120-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(99)70120-1)
197. Roberts, J. E., & Ann Bell, M. (2003). Two- and three-dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 50(3), 235–246. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00195-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00195-8)
198. Rosenberg, L., & Park, S. (2002). Verbal and spatial functions across the menstrual cycle in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 27(7), 835–841. [https://doi.org/10.1016/S0306-4530\(01\)00083-X](https://doi.org/10.1016/S0306-4530(01)00083-X)

199. Rouder, J. N., Morey, R. D., Morey, C. C., & Cowan, N. (2011). How to measure working memory capacity in the change detection paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 324–330. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0055-3>
200. Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54(1–3), 35–54. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00052-1)
201. Samaha, J., Iemi, L., Haegens, S., & Busch, N. A. (2020). Spontaneous Brain Oscillations and Perceptual Decision-Making. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(8), 639–653. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.05.004>
202. Sankar, J. S., & Hampson, E. (2021). Androgen receptor polymorphism, mental rotation, and spatial visualization in men. *Psychoneuroendocrinology*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105239>
203. Saucier, D., Lisoway, A., Green, S., & Elias, L. (2007). Female Advantage for Object Location Memory in Peripersonal but not Extrapersonal Space. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(04). <https://doi.org/10.1017/S1355617707070865>
204. Schattmann, L., & Sherwin, B. B. (2007). Testosterone levels and cognitive functioning in women with polycystic ovary syndrome and in healthy young women. *Hormones and Behavior*, 51(5), 587–596. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.02.007>
205. Scheuringer, A., & Pletzer, B. (2017). Sex Differences and Menstrual Cycle Dependent Changes in Cognitive Strategies during Spatial Navigation and Verbal Fluency. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00381>
206. Schmalenberger, K. M., Tauseef, H. A., Barone, J. C., Owens, S. A., Lieberman, L., Jarczok, M. N., Girdler, S. S., Kiesner, J., Ditzen, B., & Eisenlohr-Moul, T. A. (2021). How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*, 123(September 2020), 104895. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104895>
207. Schmitt, J. A. J., Jorissen, B. L., Dye, L., Markus, C. R., Deutz, N. E. P., & Riedel, W. J. (2005). Memory function in women with premenstrual complaints and the effect of serotonergic stimulation by acute administration of an alpha-lactalbumin protein. *Journal of Psychopharmacology*, 19(4), 375–384. <https://doi.org/10.1177/0269881105053288>
208. Schöning, S., Engelen, A., Kugel, H., Schäfer, S., Schiffbauer, H., Zwitterlood, P., Pletziger, E., Beizai, P., Kersting, A., Ohrmann, P., Greb, R. R., Lehmann, W., Heindel, W., Arolt, V., & Konrad, C. (2007). Functional anatomy of visuo-spatial working memory during mental rotation is influenced by sex, menstrual cycle, and sex steroid

- hormones. *Neuropsychologia*, 45(14), 3203–3214. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.011>
209. Semrud-Clikeman, M., Fine, J. G., Bledsoe, J., & Zhu, D. C. (2012). Gender Differences in Brain Activation on a Mental Rotation Task. *International Journal of Neuroscience*, 122(10), 590–597. <https://doi.org/10.3109/00207454.2012.693999>
 210. Shafritz, K. M., Collins, S. H., & Blumberg, H. P. (2006). The interaction of emotional and cognitive neural systems in emotionally guided response inhibition. *Neuroimage*, 31(1), 468–475. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.053>
 211. Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). *Mental Rotation of Three-Dimensional Objects*. 171(3972), 701–703. <https://doi.org/DOI:10.1126/science.171.3972.701>
 212. 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. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104886>
 213. Shirazi, T. N., Rosenfield, K. A., Cárdenas, R. A., Breedlove, S. M., & Puts, D. A. (2020). No evidence that hormonal contraceptive use or circulating sex steroids predict complex emotion recognition. *Hormones and Behavior*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2019.104647>
 214. Shirazi, T. N., Self, H., Cantor, J., Dawood, K., Cárdenas, R., Rosenfield, K., Ortiz, T., Carré, J., mcdaniel, M. A., Blanchard, R., Balasubramanian, R., Delaney, A., Crowley, W., Breedlove, S. M., & Puts, D. (2020). Timing of peripubertal steroid exposure predicts visuospatial cognition in men: Evidence from three samples. *Hormones and Behavior*, 121, 104712. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2020.104712>
 215. Šilinskas, G., & Žukauskienė, R. (2004). Subjektyvios gerovės išgyvenimas ir su juo susiję veiksniai vyrų imtyje. *Psichologija*, 30, 1–12.
 216. Silva, L. D. G., Aprigio, D., Marinho, V., Teixeira, S., Di Giacomo, J., Gongora, M., Budde, H., Nardi, A. E., Bittencourt, J., Cagy, M., Basile, L. F., Orsini, M., Ribeiro, P., & Velasques, B. (2022). The Computer Simulation for Triggering Anxiety in Panic Disorder Patients Modulates the EEG Alpha Power during an Oddball Task. *Neurosci*, 3(2), 332–346. <https://doi.org/10.3390/neurosci3020024>
 217. Skovlund, C. W., Mørch, L. S., Kessing, L. V., & Lidegaard, Ø. (2016). Association of Hormonal Contraception With Depression. *JAMA Psychiatry*, 73(11), 1154. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2016.2387>
 218. Smith, A. C., Marty-Dugas, J., & Smilek, D. (2023). Examining the relation between oral contraceptive use and attentional engagement in

- everyday life. *Frontiers in Human Neuroscience*, 17, 1147515. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1147515>
219. Solis-Ortiz, S., Ramos, J., Arce, C., Guevara, M. A., & Corsi-cabrera, M. (1994). Oscillations During Menstrual Cycle. *International Journal of Neuroscience*, 76(3–4), 279–292. <https://doi.org/10.3109/00207459408986010>
 220. Song, J. Y., Patton, C. D., Friedman, R., Mahajan, L. S., Nordlicht, R., Sayed, R., & Lipton, M. L. (2023). Hormonal contraceptives and the brain: A systematic review on 60 years of neuroimaging, EEG, and biochemical studies in humans and animals. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 68, 101051. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.101051>
 221. 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. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.10.1092>
 222. Spritzer, M. D., & Galea, L. A. M. (2007). Testosterone and dihydrotestosterone, but not estradiol, enhance survival of new hippocampal neurons in adult male rats. *Developmental Neurobiology*, 67(10), 1321–1333. <https://doi.org/10.1002/dneu.20457>
 223. Stevens, J. S., & Hamann, S. (2012). Sex differences in brain activation to emotional stimuli: A meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 50(7), 1578–1593. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.03.011>
 224. Stieff, M., Origenes, A., desutter, D., Lira, M., Banevicius, L., Tabang, D., & Cabel, G. (2018). Operational constraints on the mental rotation of STEM representations. *Journal of Educational Psychology*, 110(8), 1160–1174. <https://doi.org/10.1037/edu0000258>
 225. Stoffel-Wagner, B. (2003). Neurosteroid Biosynthesis in the Human Brain and Its Clinical Implications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1007(1), 64–78. <https://doi.org/10.1196/annals.1286.007>
 226. Taylor, C. M., Pritschet, L., & Jacobs, E. G. (2021). The scientific body of knowledge – Whose body does it serve? A spotlight on oral contraceptives and women’s health factors in neuroimaging. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 60, 100874. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100874>
 227. Taylor, C. M., Pritschet, L., Olsen, R. K., Layher, E., Santander, T., Grafton, S. T., & Jacobs, E. G. (2020). Progesterone shapes medial temporal lobe volume across the human menstrual cycle. *Neuroimage*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117125>
 228. Ter Horst, A. C., Jongsma, M. L. A., Janssen, L. K., Van Lier, R., & Steenbergen, B. (2012). Different mental rotation strategies reflected in the rotation related negativity. *Psychophysiology*, 49(4), 566–573. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01322.x>

229. Tomasino, B., & Gremese, M. (2016). Effects of Stimulus Type and Strategy on Mental Rotation Network: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 693. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00693>
230. Tröndle, M., & Langer, N. (2024). Decomposing neurophysiological underpinnings of age-related decline in visual working memory. *Neurobiology of Aging*, 139, 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2024.03.004>
231. United Nations. (2022). *World family planning 2022: Meeting the changing needs for family planning: contraceptive use by age and method*. United Nations.
232. Uttal, D. H., Miller, D. I., & Newcombe, N. S. (2013). Exploring and Enhancing Spatial Thinking: Links to Achievement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics? *Current Directions in Psychological Science*, 22(5), 367–373. <https://doi.org/10.1177/0963721413484756>
233. Vasil'eva, V. V. (2005). Spectral and Coherent Characteristics of EEG in Women during Various Phases of Menstrual Cycle. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 140(4), 383–384. <https://doi.org/10.1007/s10517-005-0496-7>
234. Vigil, P., del Río, J. P., Carrera, B., Ara'nguiz, F. C., Rioseco, H., & Cortés, M. E. (2016). Influence of sex steroid hormones on the adolescent brain and behavior: An update. *Linacre Quarterly*, 83(3), 308–329. <https://doi.org/10.1080/00243639.2016.1211863>
235. Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 428(6984), 748–751. <https://doi.org/10.1038/nature02447>
236. Volf, N. V., Belousova, L. V., Knyazev, G. G., & Kulikov, A. V. (2015). Gender differences in association between serotonin transporter gene polymorphism and resting-state EEG activity. *Neuroscience*, 284, 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.10.030>
237. Voyer, D. (2011). Time limits and gender differences on paper-and-pencil tests of mental rotation: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(2), 267–277. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0042-0>
238. Voyer, D., Postma, A., Brake, B., & Imperato-mcginley, J. (2007). Gender differences in object location memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), 23–38. <https://doi.org/10.3758/BF03194024>
239. Voytek, B., Kramer, M. A., Case, J., Lepage, K. Q., Tempesta, Z. R., Knight, R. T., & Gazzaley, A. (2015). Age-Related Changes in 1/f Neural Electrophysiological Noise. *The Journal of Neuroscience*, 35(38), 13257–13265. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2332-14.2015>

240. Vranić, A., & Hromatko, I. (2008). Content-Specific Activational Effects of Estrogen on Working Memory Performance. *The Journal of General Psychology*, 135(3), 323–336. <https://doi.org/10.3200/GENP.135.3.323-336>
241. Wada, Y., Takizawa, Y., Zheng-Yan, J., & Yamaguchi, N. (1994). Gender Differences in Quantitative EEG at Rest and during Photic Stimulation in Normal Young Adults. *Clinical Electroencephalography*, 25(2), 81–85. <https://doi.org/10.1177/155005949402500209>
242. Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
243. Wan, L., Huang, H., Schwab, N., Tanner, J., Rajan, A., Lam, N. B., Zaborszky, L., Li, C. R., Price, C. C., & Ding, M. (2019). From eyes-closed to eyes-open: Role of cholinergic projections in EC-to-EO alpha reactivity revealed by combining EEG and MRI. *Human Brain Mapping*, 40(2), 566–577. <https://doi.org/10.1002/hbm.24395>
244. Wang, L., Bolin, J., Lu, Z., & Carr, M. (2018). Visuospatial Working Memory Mediates the Relationship Between Executive Functioning and Spatial Ability. *Frontiers in Psychology*, 9, 2302. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02302>
245. Wang, M. (2011). Neurosteroids and GABA-A Receptor Function. *Frontiers in Endocrinology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fendo.2011.00044>
246. Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales. *Public Health Research Methods*, 54(6), 379–409. <https://doi.org/10.4135/9781483398839.n13>
247. Weiss, E., Siedentopf, C. M., Hofer, A., Deisenhammer, E. A., Hoptman, M. J., Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W. W., & Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: A functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience Letters*, 344(3), 169–172. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00406-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00406-3)
248. Welker, K. M., Lassetter, B., Brandes, C. M., Prasad, S., Koop, D. R., & Mehta, P. H. (2016). A comparison of salivary testosterone measurement using immunoassays and tandem mass spectrometry. *Psychoneuroendocrinology*, 71, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.05.022>
249. Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Doyle, L., Paris, S., & Gleason, C. (2008). Oral Contraceptives and Androgenicity: Influences on Visuospatial Task Performance in Younger Individuals.

- Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 16(2), 156–164.
<https://doi.org/10.1037/1064-1297.16.2.156>
250. Woolley, C. S., Gould, E., Frankfurt, M., & McEwen, B. S. (1990). Naturally Occurring Fluctuation in Dendritic Spine Density on Adult Hippocampal Pyramidal Neurons. In *The Journal of Neuroscience* (Issue 12, p. 40354039).
 251. Woolley, C. S., & McEwen, B. S. (1993). Roles of Estradiol and Progesterone in Regulation of Hippocampal Dendritic Spine Density During the Estrous Cycle in the Rat. In *The Journal Of Comparative Neurology* (Vol. 336, pp. 293–306).
 252. Wuttke, W., Arnold, P., Becker, D., Creutzfeldt, O., Langenstein, S., & Tirsch, W. (1975). Circulating hormones, EEG, and performance in psychological tests of women with and without oral contraceptives. *Psychoneuroendocrinology*, 1(2), 141–152.
[https://doi.org/10.1016/0306-4530\(75\)90006-2](https://doi.org/10.1016/0306-4530(75)90006-2)
 253. Xiao, B., Zeng, T., Wu, S., Sun, H., & Xiao, N. (1995). Effect of levonorgestrel-releasing intrauterine device on hormonal profile and menstrual pattern after long-term use. *Contraception*, 51(6), 359–365.
[https://doi.org/10.1016/0010-7824\(95\)00102-G](https://doi.org/10.1016/0010-7824(95)00102-G)
 254. Zelionkaitė, I., Gaižauskaitė, R., Uusberg, H., Uusberg, A., Ambrasė, A., Derntl, B., & Griksienė, R. (2024). The levonorgestrel-releasing intrauterine device is related to early emotional reactivity: An ERP study. *Psychoneuroendocrinology*, 162, 106954.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106954>
 255. Zhu, X., Kelly, T. H., Curry, T. E., Lal, C., & Joseph, J. E. (2015). Altered functional brain asymmetry for mental rotation: Effect of estradiol changes across the menstrual cycle. *Neuroreport*, 26(14), 814–819. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000429>
 256. Zsidó, A. N. (2024). The effect of emotional arousal on visual attentional performance: A systematic review. *Psychological Research*, 88(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00426-023-01852-6>
 257. Zsido, R. G., Williams, A. N., Barth, C., Serio, B., Kurth, L., Mildner, T., Trampel, R., Beyer, F., Witte, A. V., Villringer, A., & Sacher, J. (2023). Ultra-high-field 7T MRI reveals changes in human medial temporal lobe volume in female adults during menstrual cycle. *Nature Mental Health*, 1(10), 761–771.
<https://doi.org/10.1038/s44220-023-00125-w>

PRIEDAI

Priedas A

Lentelė A1. Moterų skaičius (N) vartojančių OC su specifinėmis veikliosiomis medžiagomis.

Veiklioji medžiaga	Koncentracija μg/μg	N
<i>Mono fazės</i>		
Etinilestradiolis/Chlormadinono acetatas	30/2000	5
Etinilestradiolis/Dienogestas	30/2000	7
Etinilestradiolis/Drospirononas	30/3000	2
Etinilestradiolis/Drospirononas	20/3000	11
Etinilestradiolis/Desogestrelis	20/150	2
Etinilestradiolis/Gestodenas	20/75	3
Etinilestradiolis/Gestodenas	30/75	2
Etinilestradiolis/Levonorgestrelis	30/150	2
<i>Keturfazės</i>		
Estradiolio valeratas/Dienogestas		3
2 tabletės	30/0	
5 tabletės	20/20	
17 tablečių	20/30	
2 tabletės	1/0	
<i>Dvi-fazės</i>		
Etinilestradiolis/Dienogestas		1
7 tabletės	40/25	
15 tablečių	30/125	

Lentelė A 2. Moterų skaičius (N) IUD grupėje, kartu su jų naudojamų IUD prekės ženklais ir charakteristikomis.

Prekės Ženklas	Levonorgestrelio Kiekis	Levonorgestrelio Paros dozė	N
Mirena	52 mg	20 μg/d	5
Fleree	13,5 mg	14 μg/d	16
Kyleena	19,5 mg	17.5 μg/d	3
Levosert	52 mg	20 μg/d	2
Liletta	52 mg	19,5 μg/d	1
N/A	N/A	N/A	6

Pastaba: N/A – tiriamosios negalėjo įvardinti naudojamos IUD prekės ženklo.

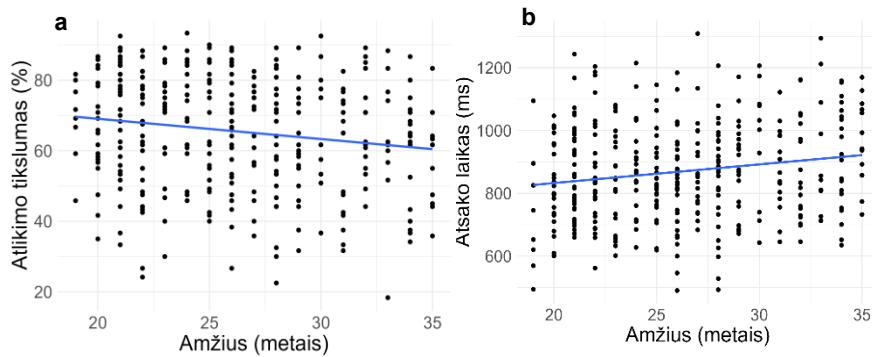
Priedas B.

Lentelė B1. Koreliacijos tarp regimosios darbinės atminties talpos, atlikimo tikslumo, atsako laiko, CDA ir demografinių/psichologinių kintamųjų.

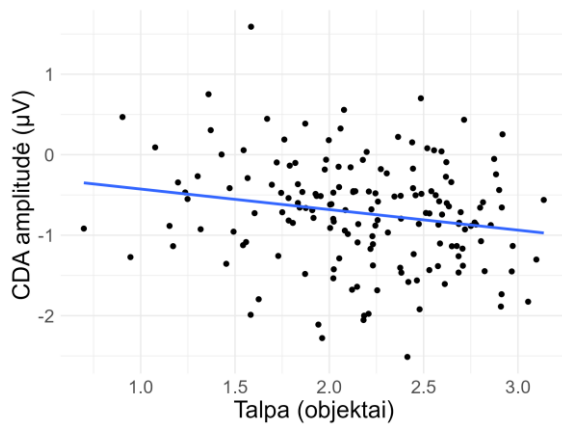
Priklausomas kintamasis	Nepriklausomas kintamasis	Koreliacijos koeficientas	p-reikšmė (FDR koreguota)
Atminties talpa	ES1	0,018	0,930
Atminties talpa	ES2	-0,095	0,444
Atminties talpa	Nuovargis1	-0,149	0,187
Atminties talpa	Nuovargis2	0,092	0,457
Atminties talpa	Amžius	-0,21	0,031
Atminties talpa	STEM	0,174	0,098
Atminties talpa	Rankiškumas	-0,117	0,318
Atminties talpa	PA	-0,163	0,136
Atminties talpa	NA	0,046	0,804
Atminties talpa	Nerimas	0,04	0,829
Atlikimo tikslumas	ES1	0,117	0,320
Atlikimo tikslumas	ES2	-0,085	0,490
Atlikimo tikslumas	Nuovargis1	-0,106	0,374
Atlikimo tikslumas	Nuovargis2	0,08	0,530
Atlikimo tikslumas	Amžius	-0,146	0,194
Atlikimo tikslumas	STEM	0,142	0,206
Atlikimo tikslumas	Rankiškumas	-0,145	0,201
Atlikimo tikslumas	PA	-0,134	0,247
Atlikimo tikslumas	Nerimas	0,058	0,712
Atlikimo tikslumas	NA	0,063	0,671
Atsako laikas	ES1	-0,02	0,915
Atsako laikas	ES2	0,073	0,593
Atsako laikas	Nuovargis1	0,107	0,374
Atsako laikas	Nuovargis2	-0,004	0,986
Atsako laikas	Amžius	0,181	0,081
Atsako laikas	STEM	-0,122	0,297
Atsako laikas	Rankiškumas	-0,008	0,970
Atsako laikas	PA	0,091	0,457
Atsako laikas	NA	0,019	0,915
Atsako laikas	Nerimas	-0,037	0,843
CDA	ES1	0,017	0,930
CDA	ES2	0,071	0,626
CDA	Nuovargis1	0,099	0,444

Priklausomas kintamasis	Nepriklausomas kintamasis	Koreliacijos koeficientas	p-reikšmė (FDR koreguota)
CDA	Nuovargis2	0,028	0,876
CDA	Amžius	-0,009	0,970
CDA	STEM	0,002	0,986
CDA	Rankiškumas	0,165	0,156
CDA	PA	-0,135	0,261
CDA	NA	0,159	0,167
CDA	Nerimas	-0,003	0,986

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emociingumas; NA – negatyvus emociingumas;



Pav. B. 1. Ryšys tarp amžiaus ir a. regimosios darbinės atminties užduoties atlikimo tikslumo, b. atsako laiko visiems dalyviams.



Pav. B. 2. Talpos ir CDA amplitudės ryšys.

Priedas C.

Lentelė C1. Koreliacijos tarp 1/f nuolydžio, alfa galios, individualaus alfa dažnio ir demografinių/psichologinių kintamųjų.

Priklausomas kintamasis	Nepriklausomas kintamasis	Koreliacijos koeficientas	p-reikšmė (FDR koreguota)
1/f nuolydis	ES1	-0,023	0,902
1/f nuolydis	ES2	0,056	0,738
1/f nuolydis	Nuovargis1	0,015	0,932
1/f nuolydis	Nuovargis2	0,194	0,060
1/f nuolydis	Amžius	-0,227	0,020
1/f nuolydis	STEM	0,117	0,325
1/f nuolydis	Rankiškumas	-0,101	0,413
1/f nuolydis	PA	-0,089	0,488
1/f nuolydis	NA	0,035	0,843
1/f nuolydis	Nerimas	0,108	0,374
Alfa galia	ES1	-0,116	0,351
Alfa galia	ES2	-0,088	0,490
Alfa galia	Nuovargis1	0,015	0,932
Alfa galia	Nuovargis2	-0,02	0,915
Alfa galia	Amžius	-0,112	0,367
Alfa galia	STEM	-0,001	0,995
Alfa galia	Rankiškumas	-0,112	0,367
Alfa galia	PA	-0,047	0,804
Alfa galia	NA	0,03	0,855
Alfa galia	Nerimas	0,121	0,317
IAD	ES1	-0,053	0,769
IAD	ES2	0,031	0,855
IAD	Nuovargis1	-0,063	0,697
IAD	Nuovargis2	-0,149	0,204
IAD	Amžius	0,035	0,843
IAD	STEM	-0,077	0,573
IAD	Rankiškumas	0,062	0,698
IAD	PA	-0,048	0,804
IAD	NA	0,108	0,374
IAD	Nerimas	-0,003	0,986

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emocingumas; NA – negatyvus emocingumas;

Priedas D.

Lentelė D1. Koreliacijos tarp MRT tikslumo, atsako laikas ir demografinių/psichologinių kintamųjų.

Priklausomas kintamasis	Nepriklausomas kintamasis	Koreliacijos koeficientas	p-reikšmė (FDR koreguota)
Tikslumas	ES1	0,03	0,855
Tikslumas	ES2	-0,127	0,280
Tikslumas	Nuovargis1	-0,033	0,848
Tikslumas	Nuovargis2	-0,123	0,297
Tikslumas	Amžius	-0,193	0,055
Tikslumas	STEM	0,256	0,005
Tikslumas	Rankiškumas	-0,008	0,970
Tikslumas	PA	-0,009	0,970
Tikslumas	NA	0,125	0,280
Tikslumas	Nerimas	0,025	0,888
Atsako laikas	ES1	0,071	0,605
Atsako laikas	ES2	0,085	0,490
Atsako laikas	Nuovargis1	0,071	0,605
Atsako laikas	Nuovargis2	0,12	0,308
Atsako laikas	Amžius	0,244	0,008
Atsako laikas	STEM	-0,158	0,156
Atsako laikas	Rankiškumas	-0,205	0,038
Atsako laikas	PA	0,041	0,822
Atsako laikas	NA	-0,033	0,843
Atsako laikas	Nerimas	-0,1	0,413

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emociingumas; NA – negatyvus emociingumas;



Pav. D. 1. Siekiant įvertinti ryšį tarp subjektyviai vertintos strategijų svarbos ir MRT atlikimo parametrų (tikslumo ir polinkio koeficiento), buvo apskaičiuoti daliniai koreliacijos koeficientai, kontroliuojant STEM profesiją, amžių ir moterų hormoninio statuso grupes. Atlikimo rodikliai buvo analizuojami atskirai dviem kampinių skirtumų intervalams: mažesniems (15° – 75°) ir didesniems (95° – 155°).

Lentelė E1. Koreliacijos tarp CST tikslumo ir demografinių/psichologinių kintamųjų.

Priklausomas kintamasis	Nepriklausomas kintamasis	Koreliacijos koeficientas	p-reikšmė (FDR koreguota)
Tikslumas	ES1	-0,091	0,488
Tikslumas	ES2	-0,314	0,000
Tikslumas	Nuovargis1	0,008	0,970
Tikslumas	Nuovargis2	-0,145	0,220
Tikslumas	Amžius	-0,03	0,855
Tikslumas	STEM	0,225	0,024
Tikslumas	Rankiškumas	-0,04	0,838
Tikslumas	PA	-0,134	0,261
Tikslumas	NA	0,127	0,297
Tikslumas	Nerimas	-0,056	0,738

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emociingumas; NA – negatyvus emociingumas;

Lentelė E2. Pradinis moterų daugialypė linijinės regresijos modelis, naudotas Akaikės informacijos kriterijaus (AIC) analizei (NCF grupė prikišta kaip referencinė kategorija). Papildomai pateikti visų kintamųjų dispersijos didinimo koeficientai (VIF).

	β	p	F	df	p	$Adj. R^2$	VIF
			3,10	14, 120	0,002	0,139	
OC	-0,199	0,830					1,64
IUD	0,347	0,133					1,46
NCG	-0,257	0,318					1,99
Amžius	-0,139	0,149					1,39
STEM	0,192	0,312					1,24
PA	-0, 040	0,708					1,72
NA	-0,055	0,590					1,28
ES1	0,071	0,438					1,27
ES2	-0,376	< 0,001					1,23
Nuovargis1	-0,050	0,501					1,23
Nuovargis2	-0,020	0,763					1,42

	β	p	F	df	p	Adj. R^2	VIF
Progesteronas	0,049	0,649					1,75
Estradiolis	0,057	0,544					1,32
Testosteronas	-0,158	0,094					1,33

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emocingumas; NA – negatyvus emocingumas; NCF – natūralaus ciklo folikulinės fazės moterys; NCG – natūralaus ciklo vidurinės geltonkūnio fazės moterys; OC – moterys, vartojančios geriamuosius kontraceptikus; IUD – moterys, naudojančios gimdos spiralę. $p < 0,05$ – paryškinta; $p < 0,10$ – pasviręs šriftas.

Lentelė E2. Pradinis daugialypė linijinės regresijos modelis vyrams, naudotas

	β	p	F	df	p	Adj. R^2	VIF
			1,60	9, 29	0,177	0,110	
Amžius	0,033	0,858					1,26
STEM	0,316	0,377					1,11
PA	-0,266	0,377					1,74
NA	-0,118	0,612					1,79
ES1	0,441	0,028					1,28
ES2	-0,163	0,377					1,64
Nuovargis1	-0,396	0,105					1,61
Nuovargis2	0,088	0,693					1,47
T	-0,298	0,181					1,42

Akaikės informacijos kriterijaus (AIC) analizei. Papildomai pateikti visų prediktorių dispersijos didinimo koeficientai (VIF).

Pastaba: ES1 - emocinis sujaudinimas prieš eksperimentą; ES2 - emocinis sujaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties; PA – pozityvus emocingumas; NA – negatyvus emocingumas.

Analizė	Vyrai	NCF	NCG	OC	IUD	Pašalinimo priežastys (sutrumpintos)
Iš viso tyrime dalyvavo	39	37	37	38	33	–
Pirminė analizė (demografija, hormonai)	39	36	37	38	32	i) IUD (1) – tyrimas nutrauktas; ii) NCF (1) – nustatytos hormonų koncentracijos (estradiolio, progesterono ir testosterono) rodo galimai vėlyvą folikulinę ciklo fazę, neatitinkančią tyrimo kriterijų.
RDA analizė (N = 165)	32	33	35	37	28	i) IUD (2), NCF (1), NCG (1) – neatliko užduoties; ii) IUD (2), NCF (1), NCG (1) – žemas tikslumas; iii) Vyrai (6), NCF (2), OC (1), NCG (1) – nepašalinami EEG artefaktai.
rsEEG analizė (N = 168)	39	32	35	35	27	i) NCF (2), NCG (2), OC (1), IUD (1) – sugadinti failai; ii) NCF (1), OC (1), IUD (2) – nepašalinami EEG artefaktai; iii) NCF (1), OC (1), IUD (2) – neaptiktas alfa aktyvumas.
MRT analizė (N = 167)	35	36	37	27	32	i) OC (9) – nebuvo įtrauktos vartojančios androgenišką OC; ii) Vyrai (4), OC (1) – užduoties neatliko; iii) OC (1) – tikslumas 0 % ties 135° ir 155° kampiniais skirtumais.
Skerspjūvio analizė (N = 165)	35	36	36	27	31	i) OC (9) – nebuvo įtrauktos vartojančios androgenišką OC; ii) Vyrai (4), OC (2), NCG (1) – užduoties neatliko; iii) IUD (1) – žemas tikslumas

Pastaba: lentelėje pateikti imties dydžiai kiekvienai analizei yra apskaičiuoti nuo tų dalyvių, kurie buvo įtraukti į pirminę analizę (demografiniai ir hormoniniai

duomenys), atimant tiriamuosius, kurių duomenys neatitiko užduočių atlikimo ar kokybės kriterijų (pvz., nebaigta užduotis, žemas tikslumas, nekokybiški EEG įrašai).

SUMMARY

ABBREVIATIONS

CDA – Contralateral Delay Activity
CST – Cross Section Task
EA1 – Emotional Arousal at the beginning of the experiment
ES2 – Emotional Arousal after emotional regulation task, before CST
EEG – Electroencephalography
HC – Hormonal Contraception
IUD – Hormonal Intrauterine Device or IUD using females
MRT – Mental Rotation Task
NC – Naturally Cycling females
NCF – Naturally Cycling females in early Follicular phase
NCL – Naturally cycling females in mid-Luteal phase
OC – Oral Contraceptives or OC users
PSD – Power Spectral Density
rsEEG – resting state EEG
VWM – Visual Working Memory
WM – Working Memory

1. INTRODUCTION

Although neuroscience has made significant advances in recent decades in exploring the structure and function of the human brain, there is increasing emphasis on the notion that the brain is not an isolated system but rather an integral component of a broader biological network, profoundly influenced by hormonal signals. Sex steroid hormones – estrogens, progestogens, and androgens – play a crucial role in brain functioning. Due to their lipophilic properties, these hormones cross the blood–brain barrier and access the central nervous system (CNS), where they act on specific (estrogen, progesterone, and androgen) receptors (Bencker et al., 2025; Nguyen et al., 2017). These receptors are not only located in brain areas related to reproduction but are also found in regions associated with cognition, including the hippocampus, claustrum, amygdala, cerebellum, hypothalamus, and prefrontal cortex (Barth et al., 2015; Mhaouty-Kodja, 2018; Rehbein et al., 2021). Also, through receptor-mediated pathways, sex steroid hormones influence multiple neurotransmitter systems, such as glutamate, gamma-aminobutyric acid (GABA), acetylcholine, noradrenaline, dopamine, and serotonin (Amin et al., 2005; Barth et al., 2015; Nguyen et al., 2017). These processes suggest that sex hormones may significantly contribute to the modulation of cognitive functions. Alzheimer’s disease represents one of the most well-documented examples underscoring the importance of understanding the relationship between hormonal factors and cognitive function, as it is characterized by impairments in memory and other cognitive domains. The condition is diagnosed up to three times more frequently in women than in men, with evidence suggesting a faster progression in the female population (Eikelboom et al., 2022). These sex differences are thought to be partly influenced by hormonal mechanisms, thus reinforcing the relevance of investigating the effects of sex hormones on cognitive functioning in healthy adult populations.

One cognitive domain extensively studied in relation to sex and hormonal influences is spatial ability. Among spatial tasks, the Mental Rotation Task (MRT) has consistently shown sex differences, with men typically outperforming women (Voyer, 2011). Spatial abilities are essential for everyday functioning and are critical in professions requiring object manipulation, spatial orientation, or coordination. These sex differences are hypothesized to be shaped by both sex-based differences in androgen levels and cyclical fluctuations in estradiol and progesterone during the menstrual cycle (Levine et al., 2016).

Although findings are mixed (Jang et al., 2025; Poromaa & Gingnell, 2014), a substantial body of research suggests that elevated levels of estradiol

and/or progesterone may be associated with reduced performance on spatial tasks (e.g., Griksiene et al., 2018; Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2009). The influence of androgens on spatial abilities is understood through both organizational and activational effects. Organizational effects refer to hormone-driven structural and functional changes in the brain that occur during critical developmental periods, such as the prenatal, perinatal, and adolescent stages (Levine et al., 2016; Puts et al., 2006; Shirazi et al., 2020). In contrast, activational effects describe the impact of circulating testosterone on cognitive performance in adulthood, observed in both males and females (e.g., Driscoll et al., 2005; Hausmann et al., 2009; Pintzka et al., 2016).

Considering evidence linking sex hormones to cognitive processes, identifying factors that may disrupt or modulate hormonal homeostasis is essential. Hormonal contraception (HC) is among the most common and potentially impactful of these factors. Yet, despite its widespread and long-term use, the cognitive effects of HC remain poorly understood. Some researchers regard HC as a large-scale natural experiment, with millions of users exposed to synthetic hormones for extended periods without comprehensive knowledge of the implications for CNS functioning (Beltz & Moser, 2020; Taylor et al., 2021). Although some evidence links HC use to changes in spatial cognition (Bernal et al., 2020; Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011; Peragine et al., 2019), other studies report no significant effects (Davignon et al., 2024; Jensen et al., 2023; Smith et al., 2023).

A potential source of inconsistency is the diversity in HC types and their mechanisms of action (Beltz, 2022). Combined oral contraceptives (OC) and hormonal intrauterine devices (IUD) – the most widely used HC forms in Europe and North America (United Nations, 2022) – differ in their systemic impact. OC suppress ovulation and replace endogenous hormones with synthetic analogs, whereas IUDs primarily act locally, producing less systemic hormonal disruption (Hampson, 2020; Bürger et al., 2021).

The hormonal composition of these contraceptive methods also differs. IUDs generally contain a single progestin (levonorgestrel), while OCs typically combine synthetic estradiol (ethinylestradiol) with various progestins. These synthetic steroids differ in their pharmacokinetic properties, including half-life, bioavailability, and receptor binding profiles, and may exhibit progestogenic, estrogenic, antiestrogenic, androgenic, or antiandrogenic activity. These properties may significantly affect cognitive functioning (Beltz et al., 2022; Gurvich et al., 2020; Hampson et al., 2022). In contrast, due to their localized mechanism of action and simpler hormonal profile, IUDs may provide a more stable and less variable model for studying

hormone–brain interactions. Nevertheless, IUD users have rarely been examined as a distinct group in cognitive research.

Spatial tasks rely strongly on visual working memory (VWM), the ability to maintain and manipulate visual information (Miyake et al., 2001; Wang et al., 2018). There is growing evidence that sex hormones may modulate not only spatial abilities directly but also VWM performance (Kaufman, 2007). These processes are assessed both through task performance parameters and through cortical electrical activity measured using electroencephalography (EEG). Specifically, this study analyzes a memory-related electrical potential – the amplitude of the Contralateral Delay Activity (CDA) component – which reflects information maintenance in VWM (Luck & Vogel, 2013). Although less extensively studied than spatial cognition, research suggests that higher estrogen levels are associated with improved VWM (e.g., Hampson & Morley, 2013; Rosenberg & Park, 2002; Vranić & Hromatko, 2008). Furthermore, menstrual cycle-related hormonal fluctuations have been linked to changes in brain activity during VWM tasks (Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021; Rosenberg & Park, 2002), indicating that VWM could mediate the link between hormones and spatial performance.

Another possible link that may help explain sex differences or variations related to women’s hormonal status in the domain of spatial abilities is neurophysiological markers of brain activity assessed using EEG. EEG is a sensitive and non-invasive method for measuring cortical electrical activity and assessing its functional state. In this study, the alpha rhythm (7–13 Hz rhythmic fluctuations of cortical electrical activity) and aperiodic activity (power spectral 1/f slope) were examined at rest as measures reflecting baseline cortical excitation, inhibition processes, and their balance, which are essential for effective information processing (Donoghue et al., 2020; Voytek et al., 2015). Alpha activity is considered important for cognitive processing as it reflects cortical inhibition. Additional insight into cortical dynamics is provided by the aperiodic EEG component, quantified by the 1/f slope of the power spectrum, which describes the trajectory of power decline across frequencies. A flatter 1/f slope is associated with reduced neural synchrony and altered excitation–inhibition dynamics, which may lead to less efficient information processing (Donoghue et al., 2020; Voytek et al., 2015). Since the alpha rhythm is one of the most sensitive measures consistently showing changes across the menstrual cycle (Baker & Colrain, 2010; Bazanova et al., 2014), it is reasonable to assume that sex hormones may also influence other markers related to the cortical excitation–inhibition balance, for example, aperiodic activity. This kind of hormonal modulation of the balance between

excitation and inhibition in the cortex may underlie differences in information processing and cognitive functioning.

Finally, although biological factors such as sex and sex hormones can significantly contribute to differences in cognitive abilities – by modulating short-term neural network dynamics as well as initiating structural changes in the central nervous system during development – they cannot fully account for the entire observed variability. Research suggests that sex differences in spatial abilities may also be shaped by a combination of social influences, emotional factors, and the cognitive strategies individuals adopt when performing spatial tasks. For example, in MRT tasks, observed differences may reflect not only ability level but also preferred problem-solving strategies – such as mental rotation versus alternative approaches influenced by personal experience or cognitive style (Boone & Hegarty, 2017; Griksiene et al., 2018). One such influencing factor may be professional experience: engagement in STEM fields (science, technology, engineering, and mathematics) both require and strengthen spatial skills (Berkowitz et al., 2021; Maeda & Yoon, 2013). In addition to experience and strategy use, growing attention is being paid to the emotional context of cognitive performance (Bloise & Johnson, 2007; Brown et al., 2020; Palmiero et al., 2016). Since women are often more responsive to negative emotional stimuli (Lungu et al., 2015; Stevens & Hamann, 2012), this heightened emotional reactivity may contribute to observed sex differences in cognitive performance.

In summary, although the relationship between sex hormones and cognition – particularly spatial ability – has been widely investigated, the findings remain inconsistent. Recognizing that spatial abilities are not isolated but are shaped by a range of cognitive, neurophysiological, social, and emotional factors, this study adopts a broader perspective. Alongside spatial skills, it examines visual working memory, neurophysiological parameters, and social-emotional variables to gain a more comprehensive understanding of the mechanisms by which sex hormones influence cognition and contribute to sex-related difference.

The findings of this study may have both fundamental and applied relevance – contributing to more precise planning of psychological and neuroscientific research, as well as offering potential benefits in the healthcare domain by informing about the effects of hormonal contraceptives on the CNS and supporting the development of individualized hormonal treatment recommendations. Moreover, considering that spatial abilities are crucial in STEM professions – fields in which women remain underrepresented – advancing our understanding of how these abilities relate to biological factors

may help challenge gender-based stereotypes and strengthen women's confidence in their cognitive capacities.

1.1. Aim and Objectives

Aim – to evaluate the associations between sex, female hormonal status, and sex hormones with spatial abilities, as well as with cognitive, neurophysiological, emotional, and social factors influencing these abilities.

Objectives

1. To examine the associations between sex, female hormonal status and visual working memory, assessing both performance and EEG measures.
2. To determine how sex and female hormonal status are related to resting-state EEG power spectrum parameters, including both periodic (alpha) and aperiodic activity.
3. To compare spatial task performance (Mental Rotation Task (MRT) and Cross-Section Task (CST)) among males and females with different hormonal statuses.
 - Additionally, to examine the importance of strategy use in MRT, group differences, and associations with task performance.
4. To assess relationships between visual working memory measures and resting-state EEG parameters with spatial abilities.
5. To analyze the associations between endogenous sex hormone concentrations and both cognitive tasks performances and neurophysiological measures.
6. To evaluate the associations between individual factors (age, occupation, handedness, general emotional state, emotional arousal, and fatigue) and cognitive as well as neurophysiological measures.

2. METHODS

2.1. Participants

The study included 184 participants (145 women, 39 men), aged 18–35. All participants had normal or corrected-to-normal vision and no history of neurological or psychiatric disorders. The study received approval from the Vilnius Regional Biomedical Research Ethics Committee (Vilnius, No. 2020/4-1223-708). Participants provided informed consent and received compensation for participation.

Women were assigned to four groups based on hormonal status:

- NCF (early follicular phase, $n = 37$).
- NCL (mid-luteal phase, $n = 37$).
- OC (oral contraceptive users, $n = 38$).
- IUD (hormonal intrauterine device users, $n = 33$).

2.2. Study Design

The experiment was conducted in a soundproof and lightproof room. At the start, participants completed questionnaires on demographics, handedness (Oldfield, 1971), emotional state (PANAS; Šilinskas & Žukauskienė, 2004; Watson et al., 1988) and generalized anxiety (GAD-7; Butkutė-Šliuožienė, 2019; Spitzer et al., 2006). Emotional arousal (EA) and fatigue were assessed using 10 cm visual analogue scales (VAS), ranging from “completely calm” to “highly aroused” and “not tired at all” to “extremely tired.” Although EA and fatigue were measured six times during the experiment, two time points were analyzed: at the beginning of the experiment (EA1, Fatigue1) and between the emotion regulation task and CST (EA2, Fatigue2). EA1 captured an initial emotional state, while EA2 reflected task-induced arousal; fatigue ratings accounted for changes in tiredness during the experiment.

The study included three cognitive tasks (MRT, CST, VWM), an emotion regulation task, and resting-state EEG recording (**Fig. 2.1.**).

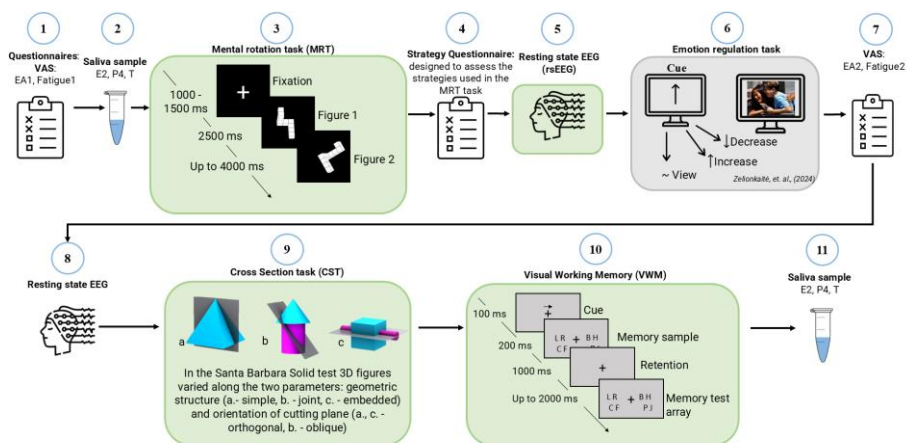


Figure 2.1. Study procedure: (1) Questionnaires, VAS; (2) Saliva samples; (3) Mental Rotation Task (MRT); (4) MRT strategy questionnaire; (5) Resting-state EEG (rsEEG); (6) Emotion regulation task; (7) VAS; (8) Resting-state EEG; (9) Cross-Section Task (CST); (10) Visual working memory task (VWM); (11) Saliva samples (E2, P4, T).

Note: EA – emotional arousal; E2 – 17 β -estradiol; P4 – progesterone; T – testosterone.

2.4. Cognitive Tasks and Associated EEG Measures

MRT (Mental Rotation Task): participants' ability to mentally rotate three-dimensional figures were assessed using a modified version of the Shepard and Metzler (1971) mental rotation task. The stimuli consisted of 3D figures selected from a standardized Shepard and Metzler-type stimulus library (Peters & Battista, 2008). In each trial, two figures were presented sequentially: the first as the reference and the second rotated counterclockwise around vertical axis (**Fig. 2.1. Step 3**). Participants were asked to determine whether the figures were identical or mirror images. A total of 240 randomized trials were presented (160 identical pairs, 80 mirrored), using eight angular disparities (15°, 35°, 55°, 75°, 95°, 115°, 135°, 155°). Responses were recorded using a PST Serial Response Box.

Only trials with identical figure pairs were included in the analysis, excluding responses faster than 150 ms. Performance was evaluated by *accuracy* (percentage of correct responses) and *response time* (measured from second stimulus onset to button press). A *slope coefficient* (ms/degree) was also calculated to reflect how response time increased with angular disparity – a key index of mental rotation.

Emotion Regulation Task: Although this dissertation focuses on cognitive abilities, the study also aimed to assess whether emotional arousal induced by the emotion regulation task could influence cognitive performance. This

section briefly outlines the experimental methodology of the emotion regulation task; the results are published separately (Zelionkaitė et al., 2024).

Participants viewed emotionally arousing images (neutral, mildly negative, strongly negative) selected from validated databases and were instructed – via cues preceding each image – to either intensify (↑), suppress (↓), or simply observe (∼) their emotional response using a reappraisal strategy (**Fig. 2.1. Step 6**) (McRae et al., 2012).

rsEEG (Resting state EEG): rsEEG was recorded twice – once after the MRT task and once after the emotion regulation task – but only the first recording was analyzed in this study (**Fig. 2.1. Step 5 and 8**). During the 3-minute recording, participants were instructed to remain still, let their thoughts wander, and fixate on a cross. Data was preprocessed using standard filtering, ICA artifact removal, and re-referencing to the mastoid average. For spectral analysis, power spectral density (PSD) was computed using Welch’s method, and the aperiodic 1/f slope was estimated using the FOOOF algorithm (Donoghue et al., 2020). Alpha frequency parameters – individual alpha frequency (IAF) and alpha power – were extracted by subtracting the aperiodic component from the original PSD. IAF was defined as the most prominent peak within the 8–13 Hz range, and alpha power was calculated as the area under the curve around this peak. Median values of 1/f slope, IAF, and alpha power across all valid channels were used for statistical analysis.

CST (Cross-Section Task): participants’ ability to mentally visualize cross-sections of three-dimensional objects was assessed using the Santa Barbara Solids Test (Cohen & Hegarty, 2012), a paper-and-pencil test consisting of 30 multiple-choice items. Each item presented a 3D geometric shape intersected by a cutting plane, and participants selected the correct 2D cross-section from four options (**Fig. 2.1. Step 9**). The test included varying levels of difficulty: simple shapes (e.g., cones, cubes), joint shapes, and embedded figures, with cutting planes oriented either orthogonally or diagonally.

Performance was evaluated by overall accuracy (%).

VWM (Visual Working Memory Task): participants’ visual working memory capacity was assessed using a change detection task based on the classical Luck and Vogel (1997) paradigm, modified to use letters instead of colored squares (Rajšić et al., 2019). Each trial consisted of a cue, memory array, retention interval, and test display. Participants viewed 3 or 4 letters in one visual field (left or right) and indicated whether the test array matched the original or had one letter changed (**Fig. 2.1. Step 10**). A total of 240 trials were distributed across four conditions: 3LVF, 3RVF, 4LVF, and 4RVF.

Only trials with response times over 150 ms were included to exclude random button presses. For each condition, behavioral outcomes (hits, misses,

correct rejections, false alarms) were calculated and their probabilities estimated. Accuracy was computed using a standard corrected formula (using hits, correct rejections, false alarms rates), and working memory capacity was estimated based on hit and false alarm rates following Rouder et al. (2011).

During VWM task, EEG was recorded to extract the event-related potential (ERP) component known as contralateral delay activity (CDA). CDA reflects the maintenance of information in VWM and persists throughout the retention interval. Its amplitude increases with the number of items held in memory and plateaus as working memory capacity is reached. CDA amplitude was calculated as the difference in electrical activity between the hemisphere contralateral to the stimulus location and the ipsilateral hemisphere, using PO7 and PO8 electrodes, averaged within the 350–1000 ms time window after memory array onset.

2.1. Table. Summary of tasks, participant instructions, and outcome measures

Task	Brief description	What participants did	Dependent variables
MRT	Mental rotation of 3D figures based on Shepard & Metzler paradigm	Judged whether two sequentially presented figures were identical or mirror images	Accuracy (%), response time (ms), slope (ms/degree)
rsEEG	EEG recorded with eyes open to assess spontaneous brain activity	Sat still, fixated on a cross, let thoughts wander for 3 minutes	1/f slope, individual alpha frequency (IAF), alpha power
CST	Paper-and-pencil test using 3D shapes intersected by cutting planes	Selected correct 2D cross-section from four options	Accuracy (%)
VWM	Change detection task adapted from Luck & Vogel paradigm	Memorized 3–4 letters on one visual field and judged whether a test array matched or differed	Accuracy (%), memory capacity, response time (ms), CDA amplitude

Note: MRT – Mental Rotation Task; rsEEG – Resting state EEG; CST – Cross-Section Task; VWM – Visual Working Memory Task.

2.5. Saliva sampling and hormonal analysis

Salivary concentrations of endogenous sex steroids were assessed: progesterone, 17 β -estradiol, and testosterone in females, and testosterone in males. Participants abstained from eating, drinking (except water), smoking, or brushing teeth for at least one hour before the experiment. Two saliva samples (≥ 1 ml each) were collected – at the beginning and end of the experiment – using IBL salicap tubes and stored at -80°C ; samples were later

pooled to minimize hormonal fluctuation. Hormone levels were measured using commercial ELISA kits (Salimetrics, LLC) with detection sensitivities of 0.1 pg/ml (estradiol), 5 pg/ml (progesterone), and 1 pg/ml (testosterone). Intra-assay variability was 5.0% for estradiol, 8.3% for progesterone, and 5.6% for testosterone; inter-assay variability was 7.5%, 8.5%, and 9.3%, respectively.

2.6. Statistical analysis

Data was analyzed using R software. The following analyses were conducted: ANOVA, ANCOVA, Mixed design ANCOVA, linear mixed-effects model (LMM), Kruskal–Wallis, correlations (Spearman and Pearson), regression, and mediation. Depending on assumption checks, appropriate corrections were applied (Tukey, Games-Howell, Dunn, *FDR*). Details of specific statistical models are provided in the Results section with each corresponding analysis.

3. RESULTS

3.1. Participants and Demographic Data

Before conducting data analysis, data from two participants were excluded from the sample: one from the IUD group due to discontinuation of the experiment and one from the NCF group due to elevated estradiol, progesterone, and testosterone levels, suggesting a late follicular (or pre-ovulatory) cycle phase. Summarized demographic data are presented in **Table 3.1**.

Demographic data analysis revealed significant differences in participants' age across groups ($\chi^2(2) = 10.06, p = 0.039, n = 182, \eta^2[H] = 0.034$). Females in the IUD group were significantly older than those in the OC group ($z = 2.83, p = 0.046$). Additionally, there was an association between group and STEM occupation ($\chi^2(4) = 22.23, p < 0.001, n = 182, v_{cramer} = 0.32$), with males being more likely to study or work in STEM fields than females ($p = 0.003$) (see **Table 3.1**).

Since age is associated with general cognitive ability, especially WM (Brockmole & Logie, 2013), and occupation in STEM fields correlates with improved spatial abilities (Lubinski, 2010; Neigel et al., 2017; Wai et al., 2009), both factors were included as covariates in statistical models. Age and STEM occupation were considered in spatial task analyses, while only age was controlled in VWM and rsEEG analyses.

No statistically significant differences were found regarding handedness ($\chi^2(4) = 9.29, p = 0.056, n = 182$). Emotional and psychological indicators (anxiety, PA, NA) also did not differ significantly between groups (all $p > 0.088$).

Considering the extended duration of the experiment procedure and negative emotional content during the emotional regulation task, changes in emotional arousal (EA) and fatigue were analyzed at two time points: at the beginning of the study and after the emotional regulation task. Both EA and fatigue significantly increased (EA: $F(1, 171) = 38.6, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.099$; fatigue: $F(1, 171) = 106.7, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.224$). However, no differences between groups or interactions between time points were found for either EA or fatigue (all $F < 1.712, p > 0.150$).

Table 3.1. Demographic data, handedness scores, emotional and psychological state indicators, emotional arousal, and fatigue ratings by group, along with between-group comparisons.

	Males N = 39	NCF N = 37	NCL N = 37	OC N = 38	IUD N = 32	p- value
Age (years) ^b	26.0 (7.0)	26.0 (7.0)	26.0 (7.0)	26.0 (7.0)	26.0 (7.0)	0.043
STEM (n, Yes %) ^c	28 (72%)	8 (22%)	12 (32%)	16 (42%)	12 (38%)	$p <$ 0.001
No	11 (28%)	29 (78%)	25 (68%)	22 (58%)	20 (62%)	
Handedness (scores) ^{*, b}	85.7 (32.1)	100 (23.5)	87.5 (30.0)	80.0 (36.4)	77.8 (25.6)	0.056
Anxiety (scores) ^b	4.00 (4.50)	6.00 (5.00)	7.00 (6.00)	5.00 (4.75)	5.50 (3.75)	0.283
PA (scores) ^a	35.6 (4.8)	38.0 (5.6)	36.7 (6.1)	34.5 (5.8)	37.2 (6.4)	0.088
NA (scores) ^a	23.0 (7.5)	25.9 (7.1)	25.1 (8.2)	23.0 (6.7)	25.5 (5.8)	0.233
ES1(cm) ^d	2.92 (2.11)	2.69 (2.24)	3.31 (2.27)	3.08 (2.31)	3.11 (2.42)	0.264
ES2 (cm) ^d	3.52 (2.23)	4.77 (2.45)	4.76 (2.33)	4.68 (2.20)	4.78 (2.63)	
Fatigue1(cm) ^d	2.58 (1.98)	3.54 (2.14)	2.85 (2.34)	3.21 (2.42)	3.61 (2.31)	0.480
Fatigue2 (cm) ^d	5.30 (2.27)	5.02 (2.23)	6.09 (1.99)	5.55 (2.00)	5.48 (2.51)	

Note: ES1 – emotional arousal at the beginning of the experiment; ES2 – emotional arousal after the emotion regulation task; PA – positive affect; NA – negative affect; NCF – naturally cycling women in the early follicular phase; NCL – naturally cycling women in the mid-luteal phase; OC – oral contraceptive users; IUD – intrauterine device users.

*Handedness ranges from -100 (strongly left-handed) to +100 (strongly right-handed), calculated using the Edinburgh Handedness Inventory.

^a – ANOVA test (means and standard deviations).

^b – Kruskal-Wallis's test (medians and interquartile ranges).

^c – Chi-square test (frequencies and percentages).

^d – Mixed-design ANOVA (means and standard deviations).

3.2. Sex steroid hormones

Due to technical issues, progesterone levels in two saliva samples (one from the OC group and one from the NCL group) and testosterone levels in

two samples (both from the IUD group) could not be determined. One estradiol value from the NCF group was excluded as it exceeded the outlier cutoff calculated by the rule median + 3 IQR.

Analysis of sex steroid hormones revealed no significant differences in estradiol concentrations among female groups ($F(3, 138) = 1.66, p = 0.178, \eta_g^2 = 0.224$). In contrast, progesterone concentrations differed significantly as expected ($F(3, 137) = 18.17, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.285$), with the highest levels observed in the NCL group, significantly exceeding those in all other female groups (all $p < 0.001$). Testosterone concentrations also varied significantly across groups ($F(4, 56.6) = 84.60, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.710$). Males had significantly higher concentrations compared to all female groups (all $p < 0.001$). Conversely, testosterone levels were significantly reduced in the OC group compared to all other female groups (all $p < 0.01$) (**Table 3.2.**).

Table 3.2. Mean concentrations of sex steroid hormones by group and between-group comparisons.

	Males	NCF	NCL	OC	IUD	Comparisons
E2 (pg/ml) ^a	NA	1.38 (0.494)	1.48 (0.540)	1.22 (0.639)	1.48 (0.622)	$p = 0.178$
P4 (log) (pg/ml) ^a	NA	4.10 (0.616)	5.15 (0.680)	4.52 (0.640)	4.28 (0.814)	$p < 0.001$, NCL > NCF, OC, IUD
T (pg/ml) ^a	242.4 (75.3)	74.7 (25.5)	78.3 (23.1)	56.5 (18.8)	81.7 (27.2)	$p < 0.001$, Men > NCF, NCL, OC, IUD; OC < NCF, NCL, IUD

Note: E2 - 17 β -estradiol; P4 - progesterone; T - testosterone; NCF - naturally cycling females in the early follicular phase; NCL - naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC - oral contraceptive users; IUD - intrauterine device users. ^a – ANOVA test (means and standard deviations).

3.3. Associations Between Cognitive Tasks (VWM, MRT, CST) and Neurophysiological (CDA, rsEEG) Measures

Before conducting between-group comparisons of cognitive task performance (VWM, MRT, CST) and neurophysiological measures (CDA, rsEEG), a correlational analysis (using Pearson correlations with *FDR* correction) was performed to assess the relationships among these variables. For clarity, associations between measures of the same type (e.g., accuracy and response time in the VWM task, CDA amplitude and capacity) are described first, followed by correlations between behavioral and

neurophysiological measures across tasks. All correlation coefficients and significant associations are presented in **Fig. 3.1**.

In the MRT task, a negative correlation was found between accuracy and response time ($r = -0.326, p < 0.001$), indicating that more accurate responses were typically slower. This result aligns with the speed-accuracy trade-off principle, where increased accuracy often comes at the cost of longer response times, while faster responses may be less accurate (Jang et al., 2025). Although this principle did not emerge in the VWM task, other expected associations were observed – VWM capacity strongly correlated with task accuracy ($r = 0.812, p < 0.001$), and higher capacity was associated with larger CDA amplitude ($r = -0.193, p = 0.043$), reflecting greater working memory load.

Regarding rsEEG parameters, a consistent relationship was observed between periodic and aperiodic components. As alpha power increased, the 1/f slope became steeper ($r = 0.447, p < 0.001$), which may indicate a generally lower cortical excitability state, as both measures are associated with reduced neural activation. In contrast, the IAF was negatively correlated with both the 1/f slope ($r = -0.270, p < 0.001$) and alpha power ($r = -0.395, p < 0.001$), suggesting that higher IAF values, like a flatter 1/f slope, may reflect a more active neural state.

Among the different task performance parameters, a significant positive correlation was found between MRT and CST accuracy ($r = 0.506, p < 0.001$). Additionally, shorter MRT response times were associated with lower CST accuracy ($r = -0.263, p = 0.002$). MRT and RDA response times were positively correlated ($r = 0.576, p < 0.001$), suggesting a consistent response style across tasks. A negative association trend was also observed between MRT response time and the 1/f slope ($r = -0.172, p = 0.072$), while a similar but statistically significant correlation was found for the RDA task ($r = -0.223, p = 0.013$). This suggests that a flatter 1/f slope may be linked to longer response times regardless of task type. Nevertheless, other associations between spatial tasks and cognitive as well as neurophysiological parameters were non-significant or reached only a trend level (see **Fig. 3.1**).

In summary, the correlational analysis revealed several expected relationships. Performance on spatial tasks (MRT and CST accuracy) was significantly linked, and a general response speed style was observed – faster responses in the MRT task corresponded with faster responses in the VWM task. However, accuracy measures between spatial tasks and VWM were not strongly interrelated, suggesting these tasks are likely to assess different cognitive components. Most neurophysiological measures did not show strong

associations with behavioral performance, though a recurring trend suggests that a flatter 1/f slope is associated with slower response times across tasks.

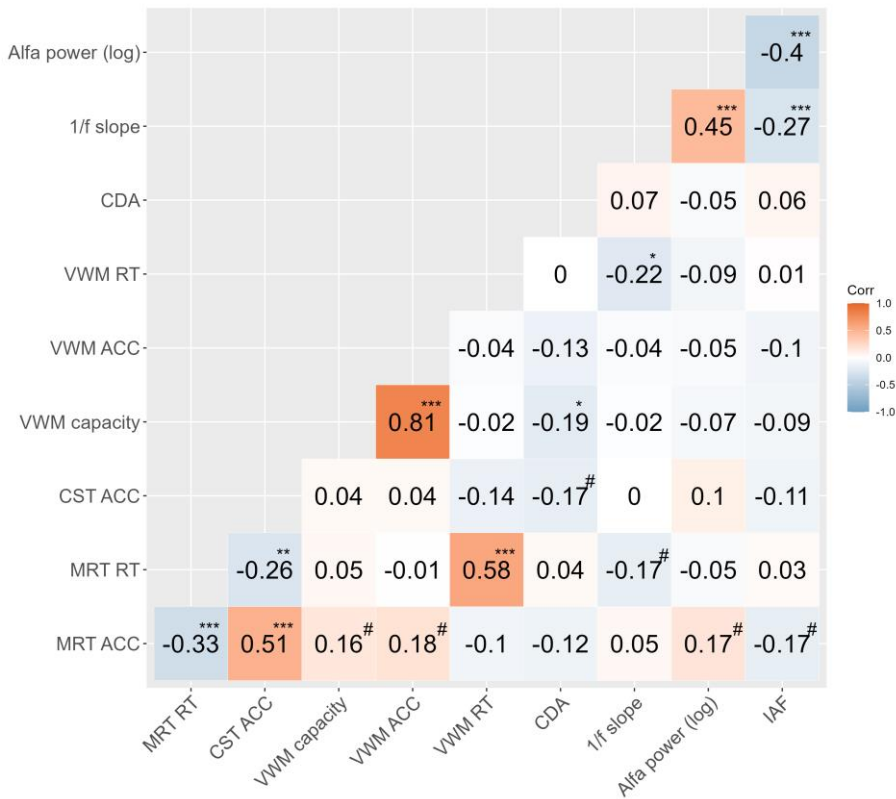


Fig. 3.1. Associations Between Cognitive Task Performance Measures and Neurophysiological Measures. Note: MRT ACC – Mental Rotation Task accuracy; MRT RT – Mental Rotation Task response time; CST ACC – Cross Section Task accuracy; VWM ACC – Visual Working Memory task accuracy; VWM RT – Visual Working Memory response time; CDA – Contralateral Delay Activity; IAF – Individual Alpha Frequency.
$p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

3.4. Assessment of Cognitive and Neurophysiological Measures in Participant Groups

Before addressing the main focus of this study – spatial abilities – VWM and rsEEG measures were analyzed. These measures were selected based on previous research. WM is closely linked to general cognitive functioning (Luck & Vogel, 2013) and is thought to be influenced by sex hormones levels

(Hampson & Morley, 2013; Rosenberg & Park, 2002). Additionally, parameters of baseline brain activity, such as the 1/f slope, individual alpha frequency (IAF), and alpha power, appear to be sensitive to hormonal fluctuations (Becker et al., 1982; Brötzner et al., 2014; Creutzfeldt et al., 1976). Given that sex hormones may affect working memory and brain excitability, analyzing these markers could help clarify the mechanisms by which hormones contribute to differences in spatial abilities between sexes or among female hormonal status groups.

3.4.1. VWM: Performance and Neurophysiological Measures

Although the initial analysis included 182 participants, VWM data analysis was conducted using data from 165 participants. Several reasons accounted for data exclusion: (i) two participants from the IUD group and one each from the NCF and NCL groups did not complete the task; (ii) we excluded those with task performance accuracy below the chance level threshold of 134 correct answers, based on a binomial test (Hollander et al., 2013). This led to the exclusion of data from four participants (two from the IUD group, one from the NCF group, and one from the NCL group); (iii) EEG recordings from nine participants were excluded due to uncorrectable artifacts – one from the OC group, two from the NCF group, and six from the male group. Final sample sizes per group were as follows: males – 32, NCF – 33, NCL – 35, OC – 37, IUD – 28.

3.4.1.1. Performance VWM Measures

Accuracy (ACC) and response time (RT) in the VWM task were analyzed using mixed-design ANCOVA models ($ACC/RT \sim \text{set size} \times \text{Group} \times \text{Age}$), conducted separately for each dependent variable. In the model, the within-subject factor was the number of stimuli (3 or 4 letters), the between-subject factor was group (sex and female hormonal status), and age was included as a covariate. For the analysis of working memory capacity, an ANCOVA model without repeated measures was applied ($\text{Capacity} \sim \text{Group} \times \text{Age}$).

As expected, the analysis of VWM performance revealed a significant impact of set size. With an increasing number of stimuli, the performance accuracy decreased ($F(1, 158) = 20.72, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.026$) and response time increased ($F(1, 158) = 23.98, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.008$) across all groups (**Fig. 3.2. a, b**). Furthermore, an interaction effect between set size and group was observed for performance accuracy ($F(4, 158) = 2.53, p = 0.042, \eta_g^2 = 0.013$). There were no significant differences in performance accuracy between groups when the set size was three letters (all $p > 0.772$). However,

when participants had to recall four objects, females in the NCF group exhibited poorer performance accuracy than females in the OC group ($p = 0.032$) (**Fig. 3.2. a**). Age appeared to be a significant covariate for performance accuracy ($F(1, 158) = 7.07, p = 0.009, \eta_g^2 = 0.034$) and response time ($F(1, 158) = 4.35, p = 0.039, \eta_g^2 = 0.025$). With increasing age, performance accuracy decreased ($r(160) = 0.17, p = 0.002$) and response time increased ($r(160) = 0.16, p = 0.003$) (visual representation in supplement B). Insignificant age vs group interaction on performance ($F(4, 318) = 1.194, p = 0.313, \eta_g^2 = 0.015$) and response time ($F(4, 318) = 1.999, p = 0.094, \eta_g^2 = 0.025$) suggests similar age effect across all groups. Additionally, no other interaction (age $\times$ set size) reached significance (all $F < 3.00, p > 0.088$).

There were no differences in memory capacity between groups ($F(4, 154) = 0.705, p = 0.590, \eta_g^2 = 0.018$) (**Fig. 3.2. c**). However, age emerged as a significant covariate of memory capacity ($F(1, 154) = 7.28, p = 0.008, \eta_g^2 = 0.045$) with a significant interaction between age and group ($F(4, 154) = 2.89, p = 0.024, \eta_g^2 = 0.070$). Subsequent correlation analysis revealed the same direction (negative) relationship between age and memory capacity in all female groups. However, significance was reached in the NCL and IUD (NCL: $r = 0.42, p = 0.012$; IUD: $r = 0.40, p = 0.040$) but not in NCF and OC (NCF: $r = 0.17, p = 0.350$; OC: $r = 0.27, p = 0.102$) groups. Among male participants, the correlation analysis revealed a positive, though statistically non-significant, association ($r = 0.22, p = 0.217$).

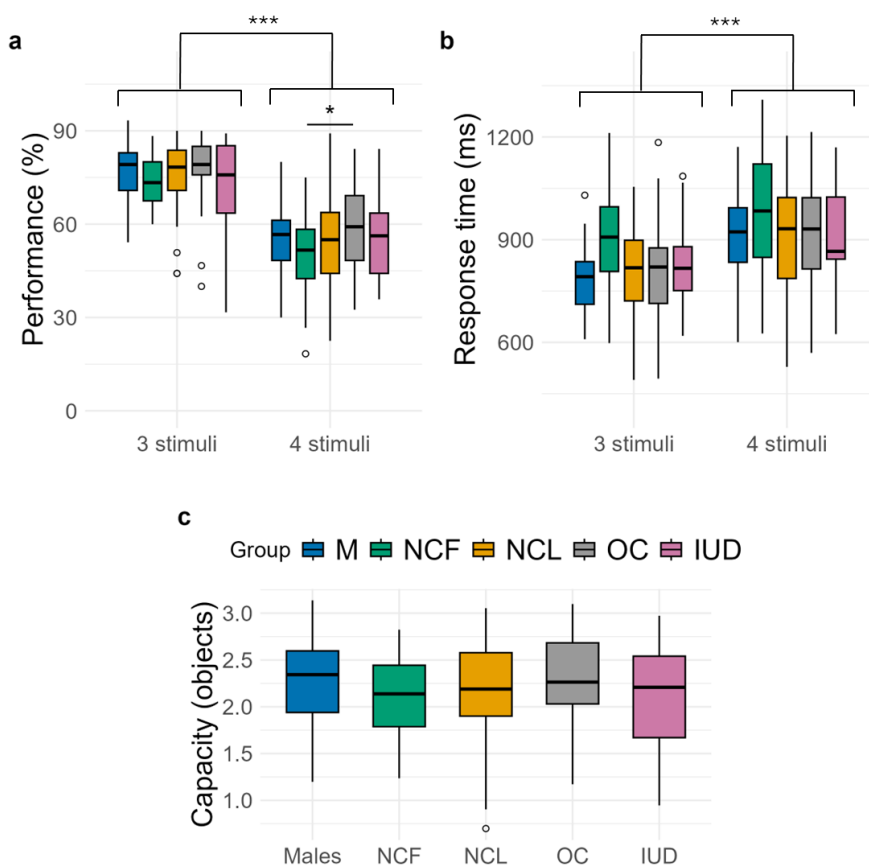


Fig. 3.2. VWM task performance parameters across participant groups: a. Performance, b. Response time, c. Memory capacity.

Note: NCF – naturally cycling females in follicular phase; NCL – naturally cycling females in mid-luteal phase; OC – oral contraception users; IUD – intrauterine device users. * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

3.4.1.2. VWM: Contralateral Delay Activity

As expected, a more pronounced (i.e., more negative) CDA amplitude was related to higher memory capacity scores ($r = -0.19$, $p = 0.013$, visual representation in Supplement B), confirming the sensitivity of this neurophysiological marker to VWM capacity.

CDA amplitude was analyzed using a mixed-design ANCOVA model (CDA ~ number of stimuli $\times$ hemisphere $\times$ Group $\times$ Age). The model included two within-subject factors – number of stimuli (3 or 4 letters) and hemisphere

– and one between-subject factor, which was group (sex and female hormonal status). Age was included as a covariate.

However, mixed-design ANCOVA of CDA amplitudes did not reveal any significant main effects or interactions (all $F < 2.119$, $p > 0.081$). There were no differences in CDA amplitudes between groups (**Fig. 3.3.**), set sizes or hemispheres.

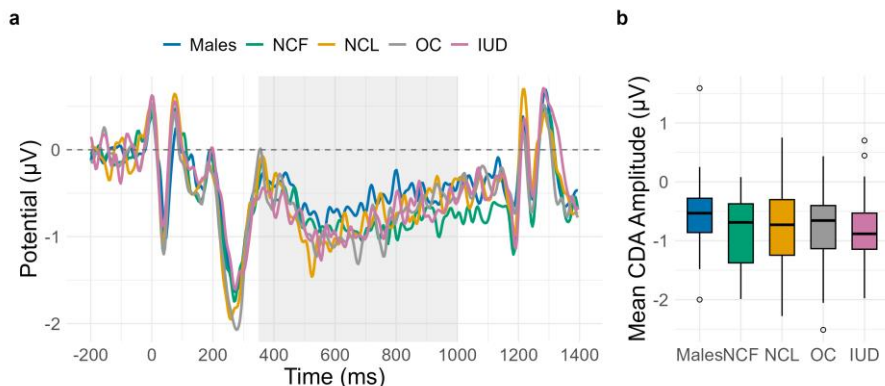


Fig. 3.3. a. CDA waves across participant groups. The shaded gray area (350–1000 ms) represents the time window used to calculate the mean CDA amplitude. b. Mean CDA amplitude across participants' groups.

Note: NCF – naturally cycling females in the follicular phase; NCL - naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC – oral contraception users; IUD – intrauterine device users.

3.4.1.3. Associations Between Sex Hormone Concentrations and VWM Measures

In the female group, partial correlation coefficients were calculated while controlling for hormonal status group. In both females and males, no statistically significant associations were found between sex hormone concentrations and visual working memory task performance measures or CDA amplitude ($0.20 < r < 0.15$, $p > 0.263$, p -values correct using *FDR* method).

3.4.1.4. Exploratory Comparisons within a Group of OC Users

Previous studies have shown that the pill composition may be a modulating factor for cognitive (WM and visuospatial) task performance metrics in OC users (Beltz et al., 2015; Kuhn and Martini, 2022; Vranic' and Hromatko, 2008). Therefore, we conducted additional exploratory analyses to test for differences in WM task performance metrics, capacity, and CDA amplitude between females using OCs containing androgenic ($n = 9$) and anti-androgenic ($n = 28$) progestins and using OCs with higher ($30 \mu\text{g}$, $n = 19$) and lower (20

µg, $n = 15$) dosages of ethinyl estradiol. However, no significant differences were observed in these analyses (all $t < 1.41$, $p > 0.168$).

3.4.2. rsEEG: Alpha Rhythm and Aperiodic Activity

This analysis was conducted using EEG recordings from 168 participants. The reasons for EEG data exclusion were as follows: (i) initially, recordings from six participants were excluded due to corrupted files – two from the NCF group, two from the NCL group, and one each from the OC and IUD groups; (ii) recordings from four participants (one each from the NCF and OC groups and two from the IUD group) were excluded due to prominent artifacts or poor EEG signal quality; (iii) Finally, data from four more participants were excluded due to a lack of clearly defined alpha peaks (not detected in ≥ 31 channels), indicating weak or ambiguous alpha activity – one each from the NCF and OC groups, and two from the IUD group. The final sample sizes per group were as follows: males – 39, NCF – 32, NCL – 35, OC – 35, and IUD – 27.

3.4.2.1. Comparison of periodic and aperiodic rsEEG measures between groups

The mean PSD at the Pz electrode for the study groups is shown in **Fig. 3.4. a.** for visualization purposes to depict periodic (peaks approximately 10 Hz in solid line) and aperiodic (1/f slope, dashed line) components of the PSD. A visual representation of the median values of rsEEG parameters across all channels in each group is shown on **Fig. 3.4. (b–d).**

For the assessment of rsEEG parameters, separate ANCOVA models were used for each dependent variable (1/f slope / alpha power / IAF ~ Group $\times$ Age). The between-subject factor in the model was group (sex and female hormonal status), and age was included as a covariate. No significant differences were observed between the groups for the median 1/f slope, IAF, or log alpha power (**Table 3.3.**). However, age emerged as a significant covariate for the median slope, indicating a negative relationship between the median slope and age (**Table 3.3.**).

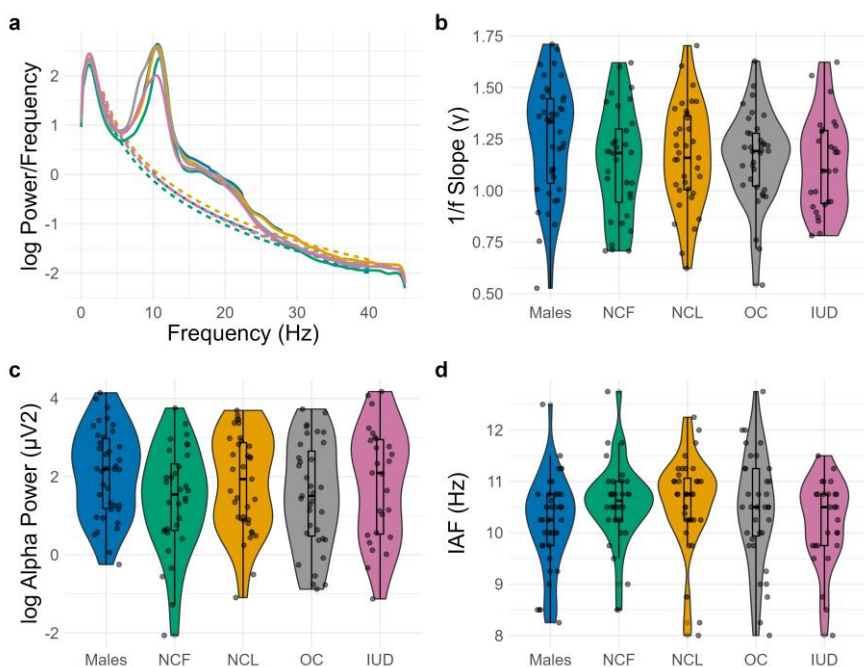


Fig. 3.4. Periodic and aperiodic rsEEG parameters across participant groups; a. PSD (solid line) and its aperiodic component (1/f slope, dashed line) plotted for the Pz electrode in separate groups. Median values across all electrodes between groups are shown for: b. 1/f slope, c. log alpha power, and d. individual alpha peak frequency (IAF).

Note: NCF – naturally cycling females in the follicular phase; NCL – the naturally cycling females in mid-luteal phase; OC – oral contraception users; IUD – intrauterine device users.

Table 3.3. Summary of ANCOVA results for 1/f slope, IAF, and log-transformed alpha power, with age as a covariate. Statistically significant effects are highlighted.

Parameter	Effect	df	F	p-value	η_g^2
1/f Slope	Group	4; 158	1.10	0.357	0.027
	Age	1; 158	8.48	0.004	0.051
	Interaction	4; 158	0.815	0.518	0.020
IAF	Group	4; 158	1.58	0.183	0.039
	Age	1; 158	0.21	0.649	0.001
	Interaction	4; 158	0.996	0.411	0.025
Alpha Power (log)	Group	4; 158	1.47	0.218	0.015
	Age	1; 158	2.33	0.129	0.036
	Interaction	4; 158	1.61	0.175	0.040

Note: IAF – individual alpha frequency.

3.4.2.1. Relationships between sex steroids and rsEEG measures

Partial correlations controlling for hormonal status were computed within the female sample, with *FDR* correction applied to *p-values* for multiple comparisons. No statistically significant associations were found between sex hormone concentrations and either periodic or aperiodic rsEEG parameters in either the female or male samples ($-0.1 > r < 0.14$, $p > 0.264$).

3.5. Comparison of Spatial Abilities Across Participant Groups

Spatial abilities are among the cognitive domains where sex differences and links to sex steroid hormones – estrogens, progesterone, and testosterone – are most frequently observed (e.g., Courvoisier et al., 2013; Peragine et al., 2019; Pintzka et al., 2016; Pletzer et al., 2019). While a consistent male advantage has been reported (Voyer et al., 2007), the underlying causes remain a topic of debate. This section aimed to examine how sex, female hormonal status, and hormone concentrations relate to individual differences in spatial performance, while also considering social (e.g., STEM occupation) and emotional factors. Spatial abilities were assessed using MRT and CST. Data of OC users taking androgenic progestins ($n = 9$) were excluded based on prior evidence that progestin type may modulate spatial performance (Griksiene et al., 2018; Griksiene & Ruksenas, 2011; Gurvich et al., 2020;

Wharton et al., 2008) To better isolate hormonal influences, the IUD group included users of androgenic progestins (levonorgestrel), whereas the OC group comprised users of anti-androgenic progestins.

3.5.1. MRT: Performance and Slope Coefficient

This part of the analysis was conducted using data from 167 participants. The reasons for participant exclusion were as follows: (i) five participants did not complete the MRT task – four men and one woman from the OC group. They did not participate because they had already completed an analogous task in a separate experiment; (ii) data from one participant in the OC group was excluded due to an accuracy score of zero at rotation angles of 135° and 155°, indicating a likely misunderstanding of the task. The final group sizes included in the analysis were: 35 – males, 36 – NCF, 37 – NCL, 27 – OC, and 32 – IUD.

3.5.1.1. Comparison of MRT Task Performance Between Groups

To assess MRT performance, a mixed-design ANCOVA was conducted ($ACC/RT \sim \text{Angular disparity conditions} \times \text{Group} + \text{Age} + \text{STEM}$), separately for the two dependent variables: accuracy (ACC) and response time (RT). In the analysis, the within-subject factor were the angular disparity conditions, the between-subject factor was group (sex and female hormonal status), age and STEM occupation were included as covariates.

The analysis of MRT task accuracy revealed no statistically significant main effects for either participant group ($F(4, 160) = 1.04, p = 0.389$) or angular disparity conditions ($F(4.46, 713.3) = 0.806, p = 0.533$) (**Fig. 3.5. a, b**). The only significant factor associated with greater accuracy was occupation in STEM field ($F(1, 160) = 5.35, p = 0.022, \eta_g^2 = 0.021$): participants from STEM backgrounds performed the task more accurately (**Fig. 3.5. c**). All other main effects and interactions did not reach statistical significance (all $F < 2.32, p > 0.130$).

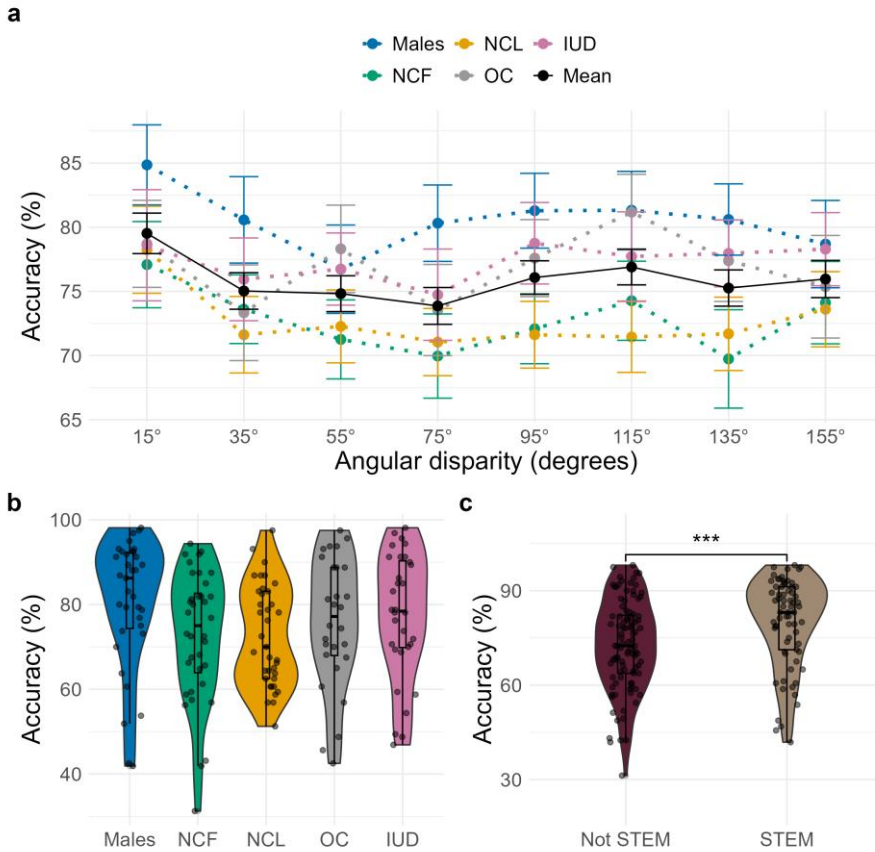


Fig. 3.5. a. Accuracy across eight angular disparities within each group, with the overall group mean indicated in black; dots represent means, and whiskers indicate standard error (SE); b. overall task accuracy by group; c. overall task accuracy in participants with and without a STEM background.

Note: NCF – naturally cycling females in the early follicular phase; NCL – naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC – oral contraceptive users; IUD – intrauterine device users.

In the analysis of response time, it was found that although response time varied depending on the angular disparity between figures, this effect did not reach statistical significance ($F(4.15, 664.7) = 1.81, p = 0.123$). However, visual inspection (**Fig. 3.6. a**) indicated that across all groups, participants took the longest to respond when the second figure was rotated at a 75° angle.

Response times did not differ significantly between groups ($F(4, 160) = 1.02, p = 0.401$). The only statistically significant factor was age – response time significantly slowed with increasing age ($F(1, 160) = 10.61, p = 0.001, \eta_s^2 = 0.050$; see **Fig. 3.6. c**). All other main effects and interactions were non-significant (all $F < 1.7, p > 0.150$).

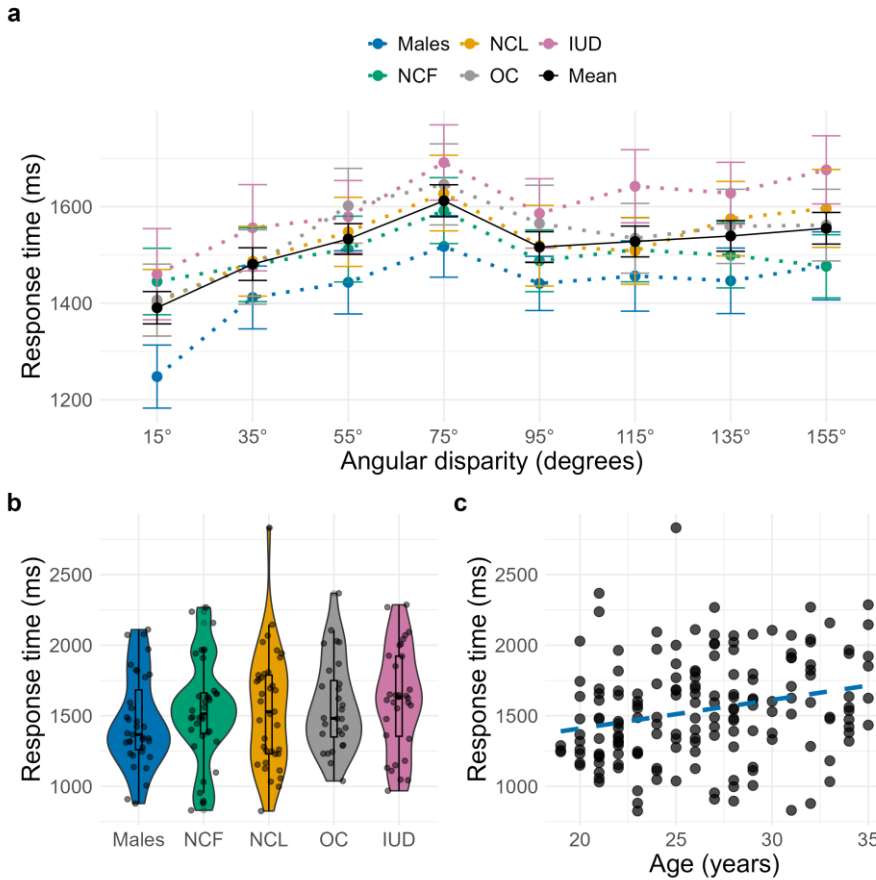


Fig. 3.6. a. Response time across eight angular disparities within each group, with the overall group mean indicated in black; dots represent means, and whiskers indicate standard error (SE); b. overall task response time by group; c. association between response time and age.

Note: NCF – naturally cycling females in the early follicular phase; NCL – naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC – oral contraceptive users; IUD – intrauterine device users.

3.5.1.2. Response Time Slope Coefficient

Changes in response time depending on the angular disparities between figures is a key parameter of the mental rotation, allowing researchers to gain insights into the strategies used to complete the task (Shepard & Metzler, 1971). Studies have shown that when using a mental rotation strategy, response time increases proportionally with the angular disparity, whereas the curve flattens when alternative strategies are applied (Boone & Hegarty, 2017). Therefore, the shape of the response time curve in relation to angular

disparities can indirectly reveal the use of different cognitive strategies and their shift depending on task complexity.

Visual inspection of the present data revealed a “knee effect” (see **Fig. 3.6. a**), where response time increased up to an angular disparity of 75° and then decreased, without returning to the previous maximum. This curve pattern was observed across all participant groups and likely reflects a shift in strategy from mental rotation to alternative solutions at greater disparities.

Considering this effect, two separate response time slope coefficients were calculated: one for angular disparities between 15–75° (smaller disparities), and another for 95–155° (larger disparities). These slope coefficients were compared using a mixed-design ANOVA (slope ~ smaller vs. larger disparities × Group), where the response time slope was the dependent variable, disparity conditions were the within-subject factor, and sex/female hormonal status group served as the between-subject factor.

As expected, the slope for smaller disparities was significantly greater (i.e., steeper) compared to the slope for larger disparities ($F(1, 162) = 30.5, p < 0.001, \eta_g^2 = 0.087$) (**Fig. 3.7.**).

In contrast, neither the main effect of group nor the interaction between group and disparity condition were statistically significant (all $F < 1.14, p > 0.340$), indicating that the overall shape of the response time curve was similar across groups.

To further explore the relationship between response time slope and task performance, partial

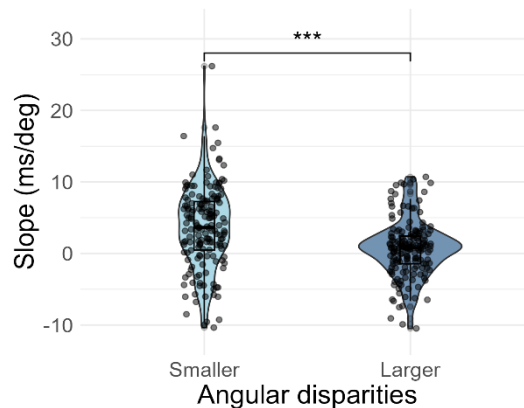


Fig. 3.7. Comparison of response time slope coefficients between smaller (15–75°) and larger (95–155°) angular disparities. *** $p < 0.001$

correlation coefficients were calculated while controlling for sex, female hormonal status group, STEM occupation, and age. A significant positive correlation was found between the response time slope coefficient for smaller angular disparities and accuracy ($r = 0.40, p < 0.001$; **Fig. 3.8. a**), indicating that the steeper the response time curve (i.e., the more response time increased with angular disparity), the higher task accuracy was. No such association was observed for larger angular disparities ($p = 0.722$; **Fig. 3.8. b**).

These results suggest that, in the case of smaller angular disparities, participants may have employed a holistic mental rotation strategy, the effectiveness of which was reflected in higher accuracy. In contrast, in the range of larger disparities, the nature of the strategies used may have shifted.

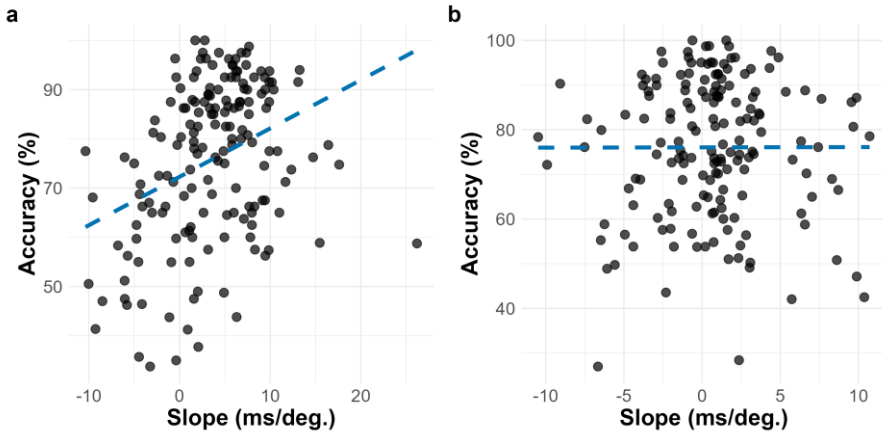


Fig. 3.8. Associations between response time slope coefficients and mean accuracy for lower and higher angular disparities. a. Smaller angular disparities (15°–75°); b. Larger angular disparities (95°–155°).

3.5.1.3. Relationship Between Task Performance Parameters and Sex Hormone Levels

Associations between performance parameters of the MRT task – response time slope coefficient, and accuracy – and sex hormone concentrations were assessed separately in male and female samples. These behavioral measures were calculated separately for two angular disparity intervals: smaller (15°–75°) and larger (95°–155°). This distinction was based on prior analysis, which indicated that participants may employ different cognitive strategies depending on the difficulty level, with smaller and larger angular disparities possibly engaging distinct processing approaches.

In the female group, partial correlation coefficients were calculated while controlling for hormonal status group. No statistically significant associations were found between MRT performance measures and sex hormone concentrations in either the male or female groups ($-0.30 > r < 0.12$, $p > 0.167$).

3.5.2. CST Performance Analysis

This part of the analysis was conducted using data from 165 participants. Data from the following individuals were excluded for the reasons specified:

(i) five participants did not complete the CST task – four men and one woman from the OC group. They did not participate because they had already completed an analogous task in a separate experiment; (ii) one participant from the NCL and one from OC group – data were not included due to non-participation in the task caused by time constraints; (iii) one woman's data from the IUD group was excluded due to extremely low accuracy (6%), which suggests that the task instructions may have been misunderstood or incorrectly applied. The final group sizes included in the analysis were: 35 – males, 36 – NCF, 36 – NCL, 27 – OC, and 31 – IUD.

3.5.2.1 Accuracy of the CST Across Sex and Female Hormonal Status Groups

To assess group differences in CST task performance, an ANCOVA model was applied ($\text{Accuracy} \sim \text{Group} + \text{Age} + \text{STEM}$), where accuracy was the dependent variable, group (sex and female hormonal status) was the between-subject factor, and age and STEM occupation were included as covariates. The analysis revealed a significant group effect ($F(4, 159) = 4.20, p = 0.003, \eta_s^2 = 0.096$).

Post hoc comparisons showed that males ($M = 83.3, SE = 2.69$) performed the task more accurately than females in the OC ($M = 70.74, SE = 3.67, p = 0.047$), NCF ($M = 65.6, SE = 3.03, p = 0.004$), and NCL ($M = 65.6, SE = 3.03, p < 0.001$) groups. However, male performance did not differ significantly from that of the IUD group ($M = 75.7, SE = 2.84, p = 0.839$) (**Fig. 3.9**). The analysis did not reveal significant differences between female hormonal status groups (however, see Section 4.4.2.3 for detailed results). Additionally, the main effects of age and STEM occupation were not significant (all $F < 2.62, p > 0.108$).

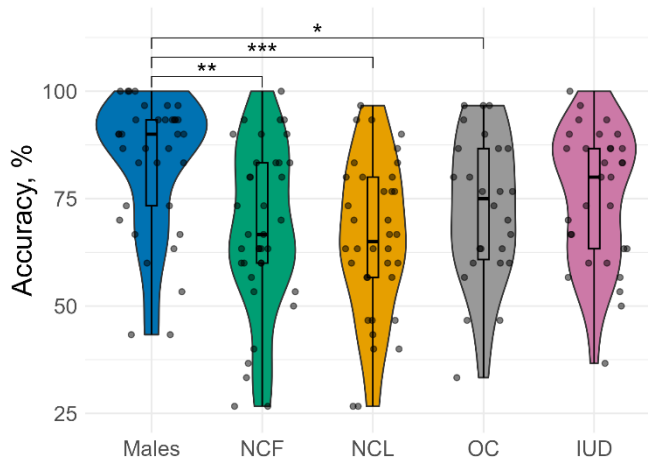


Fig. 3.9. Accuracy of CST across groups.

Note: NCF – naturally cycling females in the early follicular phase; NCL - naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC – oral contraception users; IUD – intrauterine device user. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

3.5.2.2. Analysis of the Associations Between Sex-specific Factors and CST Accuracy: Results from Separate Regression Models for Females and Males

Since no significant sex or hormonal status group differences were observed in behavioral measures in the MRT task analysis – and the results were primarily explained by STEM occupation and age – the sex and group differences that emerged in the CST task prompted a more detailed investigation of individual factors. This part of the analysis examined whether variables such as emotional arousal, hormonal status, and concentrations of sex hormones – which may have sex-specific effects – could contribute to variability in CST accuracy.

We employed a multiple linear regression model to examine the relationship between CST accuracy and the set of predictor variables described in **Table 3.1**. And **Table 3.2**. This analysis was conducted separately for males and females. The decision to separate was made because of unequal sample sizes between sexes, the sex-specific levels of testosterone, and the absence of progesterone and estradiol concentration measurements in males. This approach enables a more accurate consideration of the distinct characteristics and relationships between predictor variables and CST accuracy in each sex.

Prior to applying the Akaike Information Criterion (AIC) for model selection, the potential issue of multicollinearity among the predictors was assessed using the Variance Inflation Factor (VIF). The diagnostic analysis revealed that all VIF values were below the commonly accepted threshold (all $VIF < 2.8$) (Frost, 2019), indicating that multicollinearity was not a concern. This ensured that the explanatory variables were not highly correlated, thereby providing a reliable foundation for the subsequent model selection process using AIC (results of the initial multiple linear regression model can be found in Supplement E).

Females. The AIC procedure for the female multiple linear regression model suggested four predictors: IUD group, age, EA2, and testosterone. Since the IUD group was selected as a predictor, we decided to designate this group as the reference category. Therefore, the final model for females consisted of six predictors (**Table 3.4**).

The female model was significant ($F(6, 124) = 4.73, p < 0.001, R^2_{adj} = 0.146$), explaining approximately 15% of the variability in CST accuracy. The effects of the four predictors were significant. The strongest negative association with CST performance was observed for EA2 ($\beta = -0.352, SE = 0.083, p < 0.001$), suggesting that increasing EA after the emotion regulation task led to decreased accuracy in CST performance. In addition, this analysis indicated significantly better performance in the IUD group than in OC ($\beta = -0.558, SE = 0.267, p = 0.038$), NCL ($\beta = -0.577, SE = 0.228, p = 0.012$), and, a trend, in NCF group ($\beta = -0.407, SE = 0.226, p = 0.074$).

The effects of age and testosterone were negative but did not reach the threshold for statistical significance.

All model assumptions, including normality of residuals, absence of multicollinearity, independence of errors, and homoscedasticity, were met.

Table 3.4. Summary of multiple linear regression models for females: exploring the relationship between CST accuracy and predictors, controlling for female hormonal status groups (with the IUD group as the reference category). Predictors were selected using the AIC procedure.

	β	t	p	F	df	p	Adj. R^2
CST accuracy				4.45	6, 124	< 0.001	0.146
OC	-0.558	-2.09	0.038				
<i>NCF</i>	<i>0.407</i>	<i>-1.80</i>	<i>0.074</i>				
NCL	-0.577	-2.54	0.012				
<i>Age</i>	<i>-0.149</i>	<i>-1.76</i>	<i>0.080</i>				
EA2	-0.350	-4.26	< 0.001				
<i>T</i>	<i>-0.151</i>	<i>-1.72</i>	<i>0.089</i>				

Note: NCF – naturally cycling females in the early follicular phase; NCL – naturally cycling females in the mid-luteal phase; OC – oral contraception users; IUD – intrauterine device users; EA2 – emotional arousal after emotion regulation task; T – testosterone Significant findings in bold; $p < 0.10$ in italic.

Males. The AIC procedure for the male model suggested only one predictor: EA1. The model with this single predictor was significant ($F(1, 33) = 6.03$, $p = 0.019$, $R^2 = 0.129$) and explained approximately 13% of the variability in CST accuracy. EA1 was positively associated with CST accuracy ($\beta = 0.393$, $SE = 0.160$, $p = 0.019$), indicating that higher males' EA at the beginning of the experiment was associated with greater CST accuracy. These results were further validated by bootstrapping correlation analysis ($n = 10,000$, 95% CI) on the variables from the initial regression model, supporting regression findings. EA1 was the only variable for which the 95% confidence interval did not cross zero: $r(35) = 0.39$, *bootstrap 95% CI* [0.181, 0.585], $p = 0.02$.

Emotional arousal as a mediator. We established that EA2 was the strongest negative contributor to the females' but not males' CST performance. This prompted us to evaluate the role of EA2 as a mediator of sex differences in CST accuracy. First, the association between the predictor variable (sex) and outcome (CST accuracy, Path c) indicated a significant CST performance difference between males and females ($\beta = 0.963$, $p < 0.001$). Second, the relationship between the predictor and the mediator (EA2, Path a) was also significant ($\beta = -0.594$, $p = 0.033$), indicating greater emotional arousal after the emotion regulation task in females. Finally, there was a

significant association between the mediator and the outcome (Path b, $\beta = -0.303$, $p < 0.001$). **Fig. 3.10.** summarizes the results of the mediation analysis, indicating partial mediation of EA2. The direct effect of sex on CST performance decreased (Path c', $\beta = 0.783$, $p = 0.002$) when EA2 was added as a mediator. Overall, the indirect pathway effect was 0.180, with a 95% *bootstrap CI* [0.016, 0.376]. This suggests that approximately 19% of the difference in CST accuracy between the sexes can be explained by higher EA2 in females.

In this model, neither age, STEM background, nor females' hormonal status group as covariates were significant predictors of CST accuracy (all $p > 0.096$) or EA2 ($p > 0.507$).

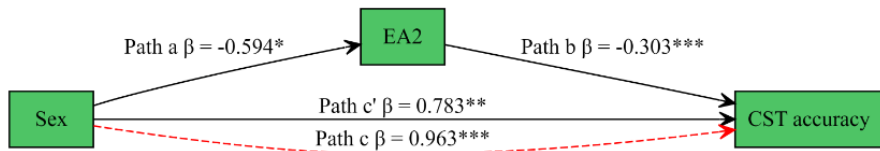


Fig.3.10. Mediation analysis path diagram. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. EA2 – emotional arousal after the emotion regulation task, CST – Cross Section Task.

4. DISCUSSION

This study aimed to evaluate the associations between sex, female hormonal status, and sex hormones with spatial abilities, as well as with cognitive, neurophysiological, emotional, and social factors influencing these abilities. Participants included males, naturally cycling (NC) females, and females using hormonal contraception (HC). NC females were assessed during either the early follicular phase (NCF) or the mid-luteal phase (NCL), while the HC group included users of oral contraceptives (OC) or hormonal intrauterine devices (IUD).

Although previous studies have often hypothesized robust sex- and hormone-related differences in spatial abilities and their cognitive and neurophysiological modulators, the present study revealed more nuanced and context-dependent associations that only partially align with earlier research.

As expected, visual working memory (VWM) performance declined with increasing memory load (Luck & Vogel, 1997), and greater contralateral delay activity (CDA) amplitude was associated with higher working memory capacity (Vogel & Machizawa, 2004). Contrary to some earlier findings reporting sex- or hormone-related differences in VWM performance or brain activity (Hidalgo-Lopez & Pletzer, 2021; Joseph et al., 2012; Rosenberg & Park, 2002; Schmitt et al., 2005), no significant group differences were observed in task accuracy, response times, or CDA amplitudes. One possible explanation is the use of neutral stimuli in present study, as prior research has shown that sex and hormonal effects on memory may be more pronounced with emotional or verbal material (Rosenberg & Park, 2002; van Wingen et al., 2007; Vranić & Hromatko, 2008). A single significant difference emerged at higher memory loads, where OC users outperformed females in the NCF group. While previous studies have suggested a positive relationship between estrogen and working memory (Gogos et al., 2014; Vranić & Hromatko, 2008), further analysis comparing estrogen dose levels in OC users revealed no significant effects, making it difficult to attribute the observed advantage solely to synthetic estrogen.

Resting-state EEG (rsEEG) parameters were analyzed to assess whether sex and females' hormonal status were associated with periodic (individual alpha frequency (IAF), alpha power) and aperiodic (1/f slope) components of the EEG signal. Unlike previous studies that reported sex or menstrual cycle differences in alpha oscillations (Bazanov et al., 2014; Brötzner et al., 2014; Krug et al., 1999; Wuttke et al., 1975), we found no significant group differences. Several methodological factors may explain these discrepancies. Earlier studies often used within-subject designs, which are more sensitive to

subtle hormonal effects, while our between-subjects design may have introduced greater inter-individual variability, reducing sensitivity (Haraguchi et al., 2021). Additionally, prior studies frequently recorded EEG with eyes closed, which enhances alpha activity (Wan et al., 2019), whereas our EEG recordings were done with eyes open to align with task-related brain states. Furthermore, some past studies reporting lower IAF among OC users were conducted decades ago and given substantial changes in OC formulations over time, such findings may not generalize to current users (Hill & Mengelkoch, 2023). These considerations highlight the importance of consistent EEG methodology and well-controlled designs for future studies.

The results from the MRT and CST revealed both overlapping and task-specific patterns: no significant performance differences were observed between menstrual cycle phases or between NC and OC-using females in either task. However, a sex difference emerged in the CST, with males outperforming most female groups, whereas MRT performance did not differ by sex but was influenced by factors such as STEM experience and age.

While previous research often reported menstrual cycle-related differences in spatial abilities – particularly enhanced performance during the early follicular phase when hormone levels are low (Halari et al., 2005; Hampson et al., 2014; Peragine et al., 2019) – our findings did not support this pattern. No significant performance differences were observed between the NCF and NCL phases, in line with more recent and methodologically rigorous studies reporting stable spatial performance across the menstrual cycle (Pletzer et al., 2024; Jang et al., 2025).

Females using OCs containing antiandrogenic progestins and exhibiting reduced testosterone levels also did not show significant differences in spatial task performance compared to NC females. This finding contrasts with some earlier studies that suggested antiandrogenic progestins may impair spatial abilities by diminishing androgenic activity (Griksiene et al., 2018; Gurvich et al., 2020; Wharton et al., 2008; Beltz et al., 2015).

In the MRT, no significant differences in accuracy or response time were found between males and females or across hormonal status groups. However, participants with experience in STEM fields performed significantly better, emphasizing the impact of cognitive training and domain-specific expertise. Age was also associated with slower response times, even within the young adult sample, consistent with previous findings on processing speed (Cohen et al., 2019; Salthouse, 2000).

In the CST, males outperformed all female groups except IUD users. This finding raises the possibility that androgenic progestins, such as levonorgestrel used in hormonal IUDs, may support spatial performance.

However, no direct relationship was observed between testosterone levels and CST performance (Pletzer & Kerschbaum, 2014; Gurvich et al., 2020), indicating that further research is needed to clarify this potential link.

Emotional arousal also emerged as a relevant factor influencing spatial task performance. Among females, higher emotional arousal – measured after the emotion regulation task – was associated with reduced accuracy in the CST. No such relationship was observed in males. A mediation analysis indicated that differences in emotional arousal (EA2) statistically accounted for approximately 19% of the observed sex difference in CST accuracy. This pattern is consistent with theoretical models suggesting that emotionally arousing states may impair cognitive performance by placing additional demands on working memory resources (Zsidó, 2024; Palmiero et al., 2016). Building on Zsidó’s framework, we propose that higher levels of subjectively perceived arousal in females may disproportionately impact their performance on demanding spatial tasks like the CST, by limiting the cognitive resources available for task execution.

Although the study focused on young adults (20–35 years), consistent associations were found between age and several cognitive and neurophysiological measures. In the VWM task, increased age was linked to lower accuracy, slower responses, and reduced capacity. In the MRT, older participants also showed slower response times. Furthermore, rsEEG analysis revealed that older age was associated with a flatter $1/f$ slope – an aperiodic EEG feature – which itself was related to slower responses in both the VWM and MRT tasks. These results align with prior findings suggesting that age-related flattening of the $1/f$ slope reflects increased neural noise, which contributes to less efficient information processing (Voytek et al., 2015).

Finally, no significant associations were found between circulating sex hormones concentrations and performance on cognitive tasks or EEG measures. These null findings may reflect the limitations of our between-subject design or the sensitivity of the ELISA-based hormone assays. Nonetheless, our results are consistent with recent repeated-measures studies that also failed to find robust links between hormone levels and cognitive performance (Leeners et al., 2017; Pletzer et al., 2024). If such associations exist, they are likely subtle and dependent on more sensitive designs to detect.

In summary, our findings suggest that spatial abilities are shaped more consistently by individual experience, task characteristics, and emotional context than by circulating sex hormone levels alone. While subtle hormonal influences may still be present, their detection likely requires more targeted methodologies and greater sensitivity to individual variability.

4.1. Limitations

This study faced several limitations. First, while immunoassays – the method employed for measuring sex hormone levels in this study – are a widely used and cost-effective approach for large-scale research, they have certain drawbacks. One major issue is cross-reactivity with structurally similar compounds such as sex hormone metabolites, other endogenous steroid hormones, and synthetic steroid hormones found in hormonal contraceptives (Arslan et al., 2023; Ney et al., 2020; Welker et al., 2016). This cross-reactivity typically leads to overestimated values, particularly at low concentrations, which can be observed in various biological samples, including saliva and urine (Arslan et al., 2023; Rincon et al., 2019). In our study, estradiol levels were low and did not exhibit the expected group differences. While progesterone and testosterone levels differed as expected, cross-reactivity may still have affected concentrations, complicating the interpretation of hormone-related findings. Given these limitations, it is recommended to use blood samples and Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS), when possible, for more precise measurements of sex steroids and easier interpretation of their relationships (Arslan et al., 2023; Ney et al., 2020; Schultheiss et al., 2018; Welker et al., 2016).

Second, the study applied a between-subjects design, which limits the ability to make causal inferences about hormonal effects. Unlike within-subject or longitudinal designs, between-subjects comparisons are more vulnerable to inter-individual variability in both hormonal profiles and cognitive traits. This variability may mask subtle hormonal influences that fluctuate over time. Repeated measures design or randomized controlled trials are better suited to capture such effects by allowing comparisons within the same individuals across different hormonal states. However, these designs must also address potential learning effects across sessions, which could confound cognitive performance measures.

Lastly, the length of the experimental session may have induced fatigue, possibly influencing performance in later tasks. Although no direct associations were found with subjective fatigue ratings, future protocols should randomize task order to minimize sequence and fatigue effects.

5. CONCLUSIONS

1. Although key visual working memory (VWM) measures – response time, accuracy, capacity, and CDA amplitude – did not differ between sexes or across female hormonal status groups, under higher memory load conditions, females using oral contraceptives (OC) performed significantly more accurately than naturally cycling females in the follicular phase (NCF).
2. Resting-state EEG measures (alpha power, individual alpha frequency, and 1/f slope) were similar across all participant groups.
3. While no significant differences were found between sexes or female hormonal status groups in the Mental Rotation Task (MRT), males outperformed females in the Cross-Section Task (CST), except for intrauterine device (IUD) users, whose performance was comparable to males.
4. Social and individual factors were associated with variation in spatial abilities: higher accuracy was linked to occupation in STEM fields, and slower response time were related to older age. Among females, emotional arousal was also negatively associated with task performance, partly explaining the observed sex differences in the CST.
5. In the MRT, response times across angular disparities showed a 'knee effect,' with steeper slopes observed at smaller angular differences – suggesting a shift in strategy depending on task difficulty. This effect was present across all participant groups.
6. Individual fluctuations in sex hormone concentrations were not significantly related to spatial ability, visual working memory, or neurophysiological measures in either males or females.
7. MRT and VWM task accuracy did not significantly correlate; however, response times were related: participants who responded faster in the VWM task also responded faster in the MRT.
8. Longer response times were associated with a flatter 1/f slope, and these measures correlated with age, suggesting that information processing may begin to slow down already in early adulthood.

PADĖKA

Galvodama apie save prieš doktorantūrą ir dabar, suprantu, kiek daug per šiuos metus užaugau – kaip mokslininkė ir kaip žmogus. Už tai esu be galo dėkinga visiems, kurie vienaip ar kitaip prisidėjo prie šios kelionės.

Pirmiausia – savo tyrimų grupei: Ramunei, Ingridai ir Erikui. Tai, kad šiandien rašau padėką disertacijos pabaigoje, yra ir jūsų nuopelnas. Ramunei Griškienei – už tai, kad buvai ramstis, kelrodė žvaigždė, žmogus, kuris moka pagirti, pakritikuoti, bet visada palaiko. Ačiū Ingridai Zelionkaitei – kad visada buvai šalia. Ne visiems pasiseka turėti draugę, kuri kartu eina visą doktorantūrą, supranta iš pusės žodžio, išklauso, palaiko ir padeda išlipti iš duobės (arba kartu ten pabūna).

Didelis ačiū recenzentams Rokui Buišiui ir Valentinai Vengelienei – už įžvalgas, kantrybę ir pastabas, padėjusias šiam darbui tapti geresniam. Dėkoju visiems gynimo tarybos nariams, kurie su noru ir palaikymu sutiko būti šio svarbaus etapo dalimi.

Džiaugiuosi, kad šiame kelyje sutikau smalsius studentus – jūs buvote ne tik pagalba, bet ir įkvėpimas. Ypač dėkoju Linai Gladutytei, Mildai Brokevičiūtei ir Indrei Pretkelytei – dirbom ir augom kartu.

Be galo dėkinga Elenai Čėsnaitei – kad pastebėjai mus konferencijoje, pasiūlei naują požiūrį į tyrimus ir pakvietei į savo universitetą. Taip pat dėkoju jos vadovui Niko A. Busch – už galimybę padirbėti laboratorijoje Miunsteryje – tai buvo labai vertinga.

Ačiū Neurobiologijos ir biofizikos katedrai – už tai, kad čia visada jaučiuosi kaip namie. Čia – nuostabūs žmonės, gebantys padrąsinti net sunkiausią dieną. Jūsų dėka ši aplinka ne tik motyvuoja, bet ir augina.

Ir galiausiai – šeimai ir draugams. Vyriui Rokui – kad pirmasis patikėjo manyje slypinčia mokslininke ir visada pasirūpindavo, jog būčiau pavalgiusi ir išsimiegojusi (net jei pati to nesuprasdavau). Tėveliams – už meilę mokslui, kurią išugdė dar vaikystėje. Sesėms – už nuolatinį palaikymą, padrąsinimus ir tikėjimą manimi net tada, kai pati tuo abejočiau. O draugams – už tai, kad ištvėrė mano amžinus pasakojimus apie nesibaigiančius *peer review* procesus, pikta antrą *reviewer*’į ir visus kitus dalykus, kurių galbūt ne iki galo suprato, bet jie vis tiek išlausė.

Galiausiai nuoširdžiai AČIŲ visiems tyrimo dalyviams – kad nepatingėjot atvažiuoti, skyrėt kelias brangias valandas (dažnai po darbo ar net savaitgalį!) ir dar išlikt kantrūs, smalsūs bei draugiški. Be jūsų šis darbas būtų likęs tik graži idėja stalčiuje.

PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

Publikacijos disertacijos tema:

- **Gaižauskaitė, R.**, Gladutyte, R., Zelionkaitė, I., Čėsnaite, E., Busch, N. A., Griksienė, R. (2024). The search for the relationship between female hormonal status, alpha oscillations, and aperiodic features of resting state EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 198, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112312>.
- **Gaižauskaitė, R.**, Gladutyte, L., Zelionkaitė, I., Griksienė, R., (2025). Exploring the role of sex, sex steroids, menstrual cycle, and hormonal contraception use in visual working memory: Insights from behavioral and EEG analyses, *International Journal of Psychophysiology*, 209, <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2025.112520>
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., Griksienė, R. (2025). Study of spatial abilities: the role of sex, female hormonal status and emotional context in visualizing 2D cross sections of 3D objects. *Behavioural Brain Research*, 485, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2025.115520>

Kitos publikacijos:

- Griksiene, R., **Gaižauskaite, R.**, Pretkelytė, I., Hausmann, M., (2022) Lateral bias in visual working memory. *Symmetry*, 14(12), 2509; <https://doi.org/10.3390/sym14122509>.
- Zelionkaitė, I., **Gaižauskaitė, R.**, Uusberg, H., Uusberg, A., Ambrasė, A., Derntl, B., & Griksienė, R. (2024). The levonorgestrel-releasing intrauterine device is related to early emotional reactivity: An ERP study. *Psychoneuroendocrinology*, 162, 106954. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106954>
- Zelionkaitė I., Ilkevič E., Briazkalaitė J., Usonytė M., **Gaižauskaitė R.**, Griksienė R. (2025) Attention to affective pictures and emotional arousal between naturally cycling women, oral contraceptive users and men: Evidence from eye tracking and pupillometry. *Biological Psychology*. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2025.109031>.

- **Gaižauskaitė, R.**, Pretkelytė, I., Zelionkaitė, I., Mončiunskaitė, R., Hausmann, M., & Grikšienė, R. (2020). What visual half-field paradigm can say about processing of foreign language and visual working memory? *COINS 2020: International Conference of Life Sciences*, Vilnius.
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., Brokevičiūtė, M., & Grikšienė, R. (2021). Mental rotation task. What factors influence women's performance? *46th Annual Conference Psychology and the Brain*, Tübingen (online).
- **Gaižauskaitė, R.**, Pretkelytė, I., & Grikšienė, R. (2021). Evaluation of visual working memory hemispheric laterality: psychophysical study. *Virtual FENS Regional Meeting*.
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., Brokevičiūtė, M., & Grikšienė, R. (2022). Mental rotation of sequentially presented 3D figures: influence of sex, hormonal status and strategy on task performance and ERP parameters. *The 33rd EEGLAB Workshop*, Liublinas.
- Brokevičiūtė, M. (Co), **Gaižauskaitė, R.** (Co), Gladutyte, L., Zelionkaitė, I., & Grikšienė, R. (2022). Perception of cross-sectioned 3D objects: what factors can influence our performance? *COINS 2022: International Conference of Life Sciences*, Vilnius (virtual).
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., Brokevičiūtė, M., & Grikšienė, R. (2022). Women's but not men's ability to identify the two-dimensional cross section of a 3D object is related to social and emotional factors. *12th International Scientific Conference NEURONUS 2022 Neuroscience Forum*, Krakow, Poland.
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., & Grikšienė, R. (2023). Do not upset me: The impact of negative emotional context on visuospatial performance depends on sex and women's hormonal status. *27th Annual Meeting of the Society for Behavioral Neuroendocrinology*, Tours, France.
- **Gaižauskaitė, R.**, Zelionkaitė, I., & Grikšienė, R. (2023). Influence of hormonal status and strategy on mental rotation task performance and ERP parameters. *ENCODS*, Algarve, Portugal.
- **Gaižauskaitė, R.**, Gladutyte, L., Zelionkaitė, I., Čėsnaite, E., Busch, N. A., & Grikšienė, R. (2024). The search for relationships between brain oscillations and fluctuations of sex steroid hormones. *15th*

International Conference of the Lithuanian Neuroscience Association, Kaunas.

- Griksiene R., **Gaizauskaite R.**, Zelionkaite I. (2025) Exploring the role of hormonal contraception in emotion and cognition. 22nd World Congress of Psychophysiology (IOP 2025), Krakow, Poland.

APIE AUTORE

Rimantė Gaižauskaitė

Curriculum Vitae

Jaunesnioji asistentė
Biomokslų institutas
Gyvybės mokslų centras
Vilniaus universitetas
Saulėtekio al. 7
LT-10257
Vilnius, Lietuva

+37062845992
Rimante.gaizauskaite@gmc.vu.lt

IŠSILAVINIMAS:

Doktorantūros studijos	Biofizika (2019-2025) Disertacijos tema: „ <i>Lyties ir moterų hormoninio statuso sąsajos su erdviniais gebėjimais: kognityvinių, neurofiziologinių, socialinių ir emocinių veiksnių sąveika</i> “ Vadovė: prof. Dr. R. Grikšienė Vilniaus universitetas
Magistro studijos	Neurobiologija (2017-2019) Magistro darbo tema: „ <i>Vaikų sergančių epilepsija EEG dažninių charakteristikų tyrimas: standartinių diagnostinių ir Mocarto simfonijos klausymu papildytų EEG įrašų analizė</i> “ Vadovė: prof. Dr. R. Grikšienė Vilniaus universitetas
Bakalauro	Psichologija (2012-2016) Bakalauro darbo tema: „ <i>Lietuvos sveikatos mokslų universiteto studentų pozityvaus ir neigatyvaus emocingumo sąsajos su sveikatos elgsena</i> “ Vadovė: Dr. G. Širvinskienė Vilniaus universitetas

DĖSTOMI DALYKAI:

- Įvadas į duomenų analizę su R (visas kursas)
- Neurobiologija (laboratoriniai darbai ir seminarai)

PROJEKTAI:

- „Interdisciplinary assessment of adolescents' mentalizing skills in the context of chronic pain (No. MSF-JM-19/2024)“,

Finansavimas: VU Mokslo skatinimo fondas (2024-2025), pareigos: Jaunes. Mokslo darbuotoja. Vadovė: dokt. Dovilė Mikučionytė

- „Rhythms in human body: the search for relationships between brain oscillations and fluctuations of sex hormones (No. 2023/7)“, Finansavimas: Baltic-German University Liaison Office is supported by the German Academic Exchange Service (DAAD) with funds from the Foreign Office of the Federal Republic of Germany (2023 06-11), pareigos: Dalyvė. Vadovė: dr. Ramunė Grikšienė
- „The processing of highly salient and biologically relevant emotional stimuli: gender differences and relationship to sex steroids (No. 2020/7.)“, Finansavimas: Baltic-German University Liaison Office is supported by the German Academic Exchange Service (DAAD) with funds from the Foreign Office of the Federal Republic of Germany (2020 06-12), pareigos: Dalyvė. Vadovė: dr. Ramunė Grikšienė

MOKSLO POPULIARINIMAS:

- Projekto komandos narė „*Mokslininkas tavo kambaryje*“ – nuotolinių paskaitų ciklas plačiai visuomenei. Projektas laimėjo II vietą Lietuvos mokslų akademijos organizuotame mokslo populiarinimo projektų konkurse (2021 m.). Daugiau informacijos: mokslastau.lt, [Facebook puslapis](#)
- Interviu kartu su kolege Ingrida Zelionkaite portale delfi: <https://www.delfi.lt/moterys/moters-sveikata/lietuves-bandys-issiaiskinti-kaip-hormonine-kontracepcija-veikia-moteru-smegenis-pastebeti-skirtumai-kelia-daugybe-klausimu-89310485>

VIZITAI Į KITAS INSTITUCIJAS:

- Miunsterio universitetas (Vokietija) – EEG duomenų analizė (2023 07 04 – 2023 07 18)

MOKYMAI, SEMINARAI, VASAROS MOKYKLOS:

- „Basics of the Methodology of Research Work: How to Successfully Sell the Research Idea? Key Recommendations for Acceptance of Research Projects and Scientific Publication“ – Vilniaus universitetas | 2022 m. gegužės 9 d.
- „33rd EEGLAB Workshop“ – Katolicki Uniwersytet Lubelski, Liublinas, Lenkija | 2022 m. rugsėjo 12–16 d.
- „1st Online Cognitive and Affective Neurophysiology Summer School: Acquisition, processing and analysis of EEG signal“ – Porto universitetas, Portugalija (nuotolinis) | 2020 m. rugsėjo 7–10 d.

-
- „Academic Writing“ – Vilniaus universitetas | 2019 m. gruodžio 9–12 d.

KALBOS:

- Gimtoji kalba: lietuvių
- Užsienio kalba: anglų (C1)

PROGRAMOS, TECHNINIAI ĮGŪDŽIAI:

- **Duomenų analizė ir statistika:**
R / RStudio, SPSS, JASP, MATLAB
- **Eksperimentų kūrimas ir valdymas:**
E-Prime, ASA-Lab, PowerLab
- **EEG duomenų apdorojimas:**
EEGLAB, Ragu

UŽRAŠAMS

Vilniaus universiteto leidykla
Saulėtekio al. 9, III rūmai, LT-10222 Vilnius
El. P. Info@leidykla.vu.lt, www.leidykla.vu.lt
bookshop.vu.lt, journals.vu.lt
Tiražas 15 egz.