



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Donata Bagdonavičiūtė

**Periodinių ir neperiodinių ramybės būsenos EEG parametrų stabilumo
vertinimas emocinio jaudinimo ir moterų hormoninio statuso kontekste**

Magistrantūros baigiamasis darbas

Biofizikos studijų programa

Darbo vadovė
Doc. dr. Ramunė Grikšienė

Darbo konsultantė
dakt. Rimantė Gaižauskaitė

Vilnius 2025

Turinys	
IVADAS	3
1. LITERATŪROS APŽVALGA	6
1.1. Elektroencefalogramos periodinis ir neperiodinis aktyvumas	6
1.1.1. Periodinis aktyvumas	6
1.1.2. Neperiodinis aktyvumas	8
1.2. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo sąryšis su emociniu jaudinimu ir moters hormoniniu statusu	10
1.2.1. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų pokyčiai emocinio jaudinimo kontekste ...	10
1.2.2. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų pokyčiai moters hormoninio statuso kontekste	12
2. METODIKA	15
2.1. Tiriamieji	15
2.2. Tyrimo eiga	16
2.3. EEG registracija	17
2.4. EEG duomenų pirminis apdorojimas	17
2.5. Emocinio jaudinimo ir emocinės būklės vertinimas	18
2.6. EEG duomenų analizė ir statistinė analizė	19
3. REZULTATAI	21
4. REZULTATŲ APTARIMAS	32
IŠVADOS	35
Autoriaus asmeninis indėlis	36
Padėka	37
SANTRAUKA	38
ABSTRACT	39
Literatūros sąrašas	40

IVADAS

Neuromokslo pasaulyje žinomas ir plačiai naudojamas elektroencefalografijos (EEG) metodas – elektrodų ant galvos odos pagalba leidžia registruoti smegenų žievės siunčiamus signalus (Binnie & Prior, 1994). Šie signalai atvaizduojami periodiniu ir neperiodiniu aktyvumu gali padėti išaiškinti svarbius smegenų veikimo ir slopinimo mechanizmus: kognityvinių, suvokimo ir elgesio funkcijų kontekste (Donoghue et al., 2020).

Periodinis aktyvumas apibūdinamas kaip tam tikro dažnio ritmingos smegenų aktyvumo osciliacijos. Periodinis aktyvumas yra skirstomas į banginius periodus: delta bangas svyruojančias nuo 1-4 Hz, teta – 4-8 Hz, alfa bangas – 8-12 Hz, beta – 12-30 Hz ir gama – 30-60 Hz. Šio periodinio aktyvumo parametrų, pavyzdžiui, tokių kaip galia (sumažėjimas, padidėjimas) ir dažnis (padažnėjimas ir sulėtėjimas) bei bendro spektro pasikeitimai dažnai yra siejami su neurologiniais susirgimais ar pakitusią žmogaus psichologinę ar kognityvinę būseną (Voytek & Knight, 2015). Išskirtinai alfa osciliacijos plačiai nagrinėjamos moksliniuose straipsniuose dėl savo dalyvavimo kognityviniuose, sensorimotorikos, psicho-emociniuose aspektuose. Alfa bangos lengvai gali būti matuojamos esant ramiai, būdravimo būsenai ir dažniausiai pastebimos užpakalinėje smegenų dalyje. Todėl alfa dažnis siejamas su atsipalaidavusia psichologine ir fizine būsena (Niedermeyer, 1997).

Neperiodinis aktyvumas išsidėstęs po periodinio aktyvumo spektru ir pasižymintis 1/f funkcijos charakteristikomis taip pat papildo periodinio aktyvumo nešama informaciją – atspindi sužadinamumo ir slopinimo pusiausvyrą smegenyse (Donoghue et al., 2020). Neperiodinis aktyvumas seniau buvo laikomas triukšmu ir filtravimo pagalba šalinamas, kaip ir kiti dažniau pasitaikantys artefaktai. Tačiau visai neseniai mokslininkai suprato šio aktyvumo nešama informaciją ir įtaką periodiniam aktyvumui. Neperiodinis aktyvumas taip pat kaip ir periodinis turi fiziologinės reikšmės, tačiau svarbiausia, kad jie abu susiję vienas su kitu: neperiodinio fono šalinimas gali turėti įtakos periodinio aktyvumo parametrams – galiai ir dažniui, todėl į abu aktyvumus turi būti atsižvelgta vienodai (Donoghue et al., 2020).

Pastebima, kad alfa osciliacijos pasižymi su įvykiu susijusiu sinchronizavimusi ir desinchronizavimusi. Šis terminas apibūdina nagrinėjamos osciliacijos amplitudės reakciją į vykdomą užduotį ar stimulą. Desinchronizavimas rodo amplitudės mažėjimą, kai

sinchronizavimas – rodo jos padidėjimą (Klimesch, 2012). Kaip nagrinėjama Schubring ir Schupp (2021) atliktame tyrime, alfa desinchronizavimasis pastebėtas ir sukeliant stiprų emocinį jaudinimą. Kim ir kitų (2021) atliktame tyrime taip pat buvo pastebėta, kad stipresnė desinchronizacija pasireiškia esant didesniai emociniam jaudinimui vizualinės informacijos apdorojimo smegenų srityse ir yra siejama su stipresniu sensorinės informacijos apdorojimu, demonstruojant stiprų emocinį jaudinimą sukeliančius vaizdus. Tačiau neperiodinio aktyvumo tyrimų emocinio jaudinimo kontekste trūksta. Frelih ir kiti (2024) akcentuoja, kad svarbu neatskirti neperiodinės aktyvumo dalies iš analizuojamų duomenų, nes būtent neperiodinių parametrų pokytis gali turėti įtakos analizuojamai periodiniai daliai. Periodinis aktyvumas taip pat yra susijęs su moters hormoniniu statusu, o apie neperiodinį aktyvumą, kol kas būtų galima pasakyti priešingai. Moterų nevartojančių kontraceptinių priemonių ir esančių vėlyvoje folikulinėje fazėje individualus alfa dažnis buvo mažiausias lyginant su geltonkūnio faze ir taip pat buvo pastebėta, kad individualus alfa dažnis neigiamai koreliuoja su estrogeno lygiais organizme. Moterų vartojančių kontraceptines priemones analizuojami alfa osciliacijų parametrai buvo panašūs kaip folikulinės fazės moterų (Brötzner et al., 2014). O platesnės informacijos apie šių veiksmų sąsają periodiniam ir neperiodiniam aktyvumui trūksta.

Atsižvelgiant į emocinio jaudinimo ir hormoninės būsenos sukeltus alfa osciliacijų svyravimus ir informacijos apie neperiodinį aktyvumą trūkumą bei šių dviejų parametrų neatsiejamą ryšį, nagrinėjant EEG duomenis, buvo išsikeltas šio **darbo tikslas** – įvertinti periodinių ir neperiodinių parametrų stabilumą emocinio jaudinimo ir moters hormoninės būsenos kontekste. Šio tyrimo rezultatai gali prisidėti prie platesnio supratimo apie periodinių ir neperiodinių parametrų stabilumo sąsajas esant emociniam jaudinimui bei skirtingam moters hormoniniam statusui ir įgalinti naujų tyrimų perspektyvas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti ar neperiodinio aktyvumo nuolydžio parametras, alfa galia ir individualus alfa dažnis išlieka stabilūs lyginant prieš ir po emocijų reguliavimo užduoties.
2. Palyginti neperiodinio aktyvumo nuolydį, alfa galią ir individualų alfa dažnį tarp skirtingą hormoninį statusą (natūralaus ciklo vėlyvos folikulinės, ankstyvos geltonkūnio fazių, vartojančios geriamąją kontracepciją ir naudojančios hormoninę spiralę) turinčių moterų grupių.

3. Įvertinti periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų sąsajas su asmenybės savybėmis (amžiumi, nuotaika, nerimastingumu, aleksitimijos ir emocijų reguliacijos duomenimis) bei emociniu jaudinimu ir nuovargiu tyrimo metu.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Elektroencefalogramos periodinis ir neperiodinis aktyvumas

1.1.1. Periodinis aktyvumas

Plačiai pasaulyje naudojamas elektroencefalografijos (EEG) metodas įgalina mokslininkus, medicinos sektoriaus darbuotojus stebėti smegenų veiklą realiuoju laiku ir suteikia įžvalgų padedančių atsakyti į klausimus kognityvinių, elgesio ir suvokimo kontekste (Donoghue et al., 2020). EEG įrašai suteikia informacijos apie smegenų žievės neuronų siunčiamus signalus. Įrašuose periodinis aktyvumas atvaizduojamas kaip ritmingos osciliacijos pasireiškiančios tam tikrais dažnių periodais ir pasižyminčios neuroninių tinklų desinchronizacija ir sinchronizacija (Buzsáki & Draguhn, 2004). Neuroninių tinklų osciliacijos skirstomos į skirtingus banginius periodus svyruojančius nuo 0,05 Hz iki 500 Hz dažniu – išskiriamos pagrindinės bangos: delta (1 iki 4 Hz), teta (4 – 8 Hz), alfa (8 – 12 Hz), beta (12 – 30 Hz), gama (30 – 60 Hz) (Buzsáki & Draguhn, 2004; Donoghue et al., 2020). Pirmosios Hanso Bergerio atrastos osciliacijos žmogaus elektroencefalogramos istorijoje buvo alfa bangos, pastebėtos esant būdravimo, atsipalaidavimo būsenoje (Vergani, 2024). Tačiau pasikeitus būsenai iš ramios į sąmoningą/veikimo būseną šios bangos desinchronizuojasi – jų amplitudė sumažėja. Smegenų osciliacijų ir žmogaus sąmoningumo, kognityvinės funkcijos sąryšis davė pagrindo toliau nagrinėti šias sąsajas pasitelkiant elektroencefalografijos metodą (Buzsáki & Draguhn, 2004; Vergani, 2024).

Alfa osciliacijos geriausiai matomos, registruojant jas būdravimo, nusiramavimo būsenoje, kai žmogus yra užmerktomis akimis. Alfa bangų dažnis skiriasi tarp individų ir gali būti aprašomas individualiu alfa dažniu, amplitude ir galia (Bazanov & Vernon, 2014). Alfa osciliacijos pastebimos užpakalinėje smegenų dalyje (okcipitalinėje smegenų dalyje) (Niedermeyer, 1997). Tačiau dar iki šiol nėra tiksliai žinoma su kuo yra susijusios alfa osciliacijos. Bergerio efektas, kurio metu žmogui užmerkiant akis alfa bangos desinchronizuojasi, rodo, kad šios osciliacijos gali būti siejamos su vizualiniais stimulais ir jų desinchronizacija būtent tai ir atvaizduoja. Negaunant vizualinio stimulo alfa bangų amplitudė sumažėja (Kirschfeld, 2005). Taip pat alfa bangos siejamos ir su vizualinės informacijos apdorojimu ir manoma, kad šios osciliacijos, kaip ir beta bangos, yra orientuotos į užduotis ir suteikiamus stimulus (Klimesch, 2012). Galima manyti, kad dėl šios priežasties, alfa osciliacijų parametrų pokyčiams stebėti yra naudojamos vizualinės

užduotys. Tą pagrindžia Kim ir kitų (2021) atliktas tyrimas, kurio metu buvo stebima kaip keičiasi alfa ir beta bangų parametrai, esant stiprų emocinį jaudinimą keliančiam stimuliui/vaizdo įrašui ir ar šios osciliacijos gali būti siejamos su sensorinės informacijos apdorojimu. Tyrimo metu buvo pastebėta, kad alfa osciliacijos pasižymėjo didesniu desinchronizavimusi nei beta bangos su vizualine informacija susijusiose srityse. Šis pokytis gali būti siejamas su didesniu sensorinės informacijos apdorojimu. Centrinėse ir viršutinėse parietalinėse srityse stipresnė alfa ir žemųjų beta juostų desinchronizacija buvo taip pat pastebėta. Mokslininkai mano, kad tai atspindi sustiprėjusią veidrodinių neuronų sistemos veiklą, kuri padeda suprasti kito žmogaus veiksmų ketinimus. Tai leidžia daryti prielaidą, kad alfa bangų aktyvumas taip pat gali būti siejamas ir su emocinio jaudinimu ir sensorinės informacijos apdorojimu. Klimesch (2012) taip pat iškelia artimą, prieš tai paminėtai, alfa osciliacijų funkciją smegenyse. Šis autorius teigia, kad alfa osciliacijos pasižymi dvejopu mechanizmu smegenyse – blaškančios, nereikalingos informacijos slopinančiuoju ir atminties prieigos reguliaciniu, leidžiančiu greičiau orientuotis, atliekant kognityvines užduotis, mechanizmu. Padidėjęs alfa aktyvumas koreliuoja su blaškančios informacijos slopinimu, o tai rodo mechanizmą, padedantį sutelkti dėmesį į svarbius dirgiklius. Pavyzdžiui, kai padidėja alfa galia, ypač su dėmesiu susijusiose žievės srityse, ji slopina užduočiai nereikšmingos informacijos apdorojimą ir taip pagerina pažintinę veiklą. Alfa osciliacijų dinamika pasižymi erdvinio ir laikinio specifiškumu ir daro poveikį įvairiems pažintiniams procesams, priklausomai nuo dėmesio reikalingo užduočiai atlikti (Klimesch, 2012; Payne et al., 2013). Šios išvados apie dėmesio moduluojamą alfa osciliacijų veikimą leidžia daryti prielaidą, kad alfa osciliacijos gali būti siejamos ir su pagerėjusią trumpalaikę atmintimi ir kognityvinėmis funkcijomis. Autoriai taip pat pabrėžia, kad alfa osciliacijų sąsaja su kognityvinėmis funkcijomis yra ryšyje su kitomis osciliacijomis pavyzdžiui, gama bangomis), todėl svarbu atkreipti dėmesį ir į kitų osciliacijų aktyvumą, analizuojant rezultatus šioje tyrimų temoje (Alamia et al., 2022; Klimesch, 2012; Payne et al., 2013). Tačiau galima manyti, kad periodinis smegenų aktyvumas atspindi kognityvinius procesus, ir atveria kelią tolesniems tyrimams, siekiant išsiaiškinti jų reikšmę dėmesio, atminties kontekste.

Apibendrinant, alfa osciliacijos – kompleksiškas ir dažnai daugiau klausimų nei atsakymų keliantis smegenų ritmiškos veiklos įrodymas. Šis periodinis aktyvumas, matuojamas individualiu alfa dažniu, galia ir amplitude, leidžia stebėti žmogaus smegenų veiklą esant būdravimo būsenai

ir stebėti pokyčius siejamus su kognityviniais, psicho-emociniais, sensorimotorikos bei psichologijos aspektais.

1.1.2. Neperiodinis aktyvumas

EEG aprašoma ne tik periodiniu aktyvumu. Su periodinės veiklos įrašu persidengia kitas labai svarbus ir daug dėmesio sulaukęs smegenų neritmiškas aktyvumas. EEG galios spektras atvaizduoja ir neperiodinio aktyvumo rodmenis, kurie išskirtinai pasižymi $1/f$ funkcijos pasiskirstymu (Sacks et al., 2024). Šis reiškinys aprašomas matematine funkcija $1/f^\chi$, kur χ parametras (vadinamas neperiodine eksponente) parodo, kaip keičiasi galia skirtinguose dažniuose. Ši eksponentė atitinka neigiamą galios spektro nuolydį (angl. *slope*), kai duomenys pateikiami logaritminėje skalėje (Donoghue et al., 2020). Neperiodinis aktyvumas taip pat aprašoma poslinkio (angl. *offset*) parametru, kuris atspindi vienodą galios pokytį per visus dažnius. Seniau šis smegenų aktyvumas buvo laikomas triukšmu ir filtravimo pagalba išfiltruojamas, kaip bet koks kitas artefaktas. Tačiau neperiodinis aktyvumas neša su savimi svarbią fiziologinę informaciją. Kaip Donoghue ir kiti (2020) savo apžvalginiame straipsnyje aprašo, kad neperiodinio aktyvumo šalinimas veda prie netikslaus periodinės EEG dalies interpretavimo. Neperiodinė eksponentė yra susijusi su sinaptinių srovių integracija, procesu, kurio metu neuronų siunčiami signalai sumuojasi iš daugiau nei vienos sinapsės prieš neuronams sugeneruojant išėjimo atsaką į siunčiamus signalus. Sinapsinė integracija laiko skalėje pasižymi būdinga dviguba eksponentės forma, todėl galios tankio spektro (angl. *PSD-power spectral density*) pasiskirstymui būdingas $1/f$ charakteristikos. Sinapsinės srovės pasižyminčios greitesnėmis laiko konstantomis, pavyzdžiui, AMPA receptorių valdomos jaudinamosios srovės – išlaiko pastovią galią žemuose dažniuose ir tada greitai sumažėja. Kai tuo tarpu GABA receptorių valdomos slopinamosios srovės mažėja lėtai ir priklausomai nuo periodinio aktyvumo dažnio. Dėl šios priežasties, neperiodinis aktyvumas atspindi sužadinamumo ir slopinimo pusiausvyrą smegenyse, nes kai sužadinamumo veikla yra daug stipresnė už slopinamąją (AMPA receptorių siunčiami signalai dominuoja), neperiodinė eksponentė mažėja, todėl visas bendras galios tankio spektras tampa nuolydus, plokštesnis, o kai slopinimas yra stipresnis nei sužadinamumas (dominuoja GABA siunčiami signalai), eksponentė tampa statesnė ir tuo pačiu PSD tampa statesnis (Donoghue et al., 2020, 2024).

Neperiodinis aktyvumas yra neatskiriama periodinio aktyvumo dalis, todėl galima pastebėti kaip mokslininkai į savo periodinio aktyvumo analizes įtraukia ir neperiodinį aktyvumą. Tačiau nėra tiksliai aišku ar šis parametras gali būti siejamas su kognityvinėmis funkcijomis ir emociniu apdorojimu. Frelih ir kiti (2024) pastebi, kad neperiodinio aktyvumo eksponentės pokyčiai po pateikto stimulo siejami su proporcingu sužadinamumo sklidimu smegenyse, kurio reikalauja kognityviniai ištekliai ir informacijos apdorojimas. Šiame tyrime mokslininkai pastebėjo, kad eksponentės kylimas pasireiškia skirtingose: priekinėje ir užpakalinėje smegenų dalyse. Šis staigus kylimas keičia savo buvimo vietą priklausomai nuo laiko po stimulo pateikimo ir pasireiškia stipriau vietose, kuriose yra stipriai išreikštas ir periodinis aktyvumas. Tai leidžia prieiti prie sužadinamumo pokyčių smegenyse išvados ir įrodo, kad periodinis ir neperiodinis aktyvumas yra svarbus, nagrinėjant kognityvines funkcijas. Krystecka ir kiti (2024) rodo, kad plokščias neperiodinio aktyvumo nuolydis, arba kitaip didesnis slopinimas smegenyse, gali būti siejamas su lėtesniu ir prastesniu nerviniu apdorojimu. Straipsnyje nagrinėjamas laikinis informacijos apdorojimas (nervinis apdorojimas) siejamas su daugybe kognityvinių ir suvokimo funkcijų: atminties, kalbos, dėmesio, sprendimų priėmimo ir daug kitų bei taip pat koreliuoja su neperiodiniu aktyvumu. Mokslininkai padarė išvada, kad didesnis neperiodinis aktyvumas (plokštesnis PSD) yra susijęs su prastesniu laikiniu informacijos apdorojimu, kai mažesniu neperiodiniu aktyvumu pasižymėję žmonės turėjo geresnius laikinio informacijos apdorojimo rezultatus. Atsižvelgiant į išvadas, galima daryti prielaidą, kad neperiodinis aktyvumas neatsiejamas nuo periodinio aktyvumo ir gali būti analizuojamas pateikiant stimulą ar užduotį ir gali būti susijęs su kognityvinėmis funkcijomis. Neperiodinio aktyvumo sąsaja su emociniu jaudinimu nėra plačiai nagrinėjama, tačiau vis dažniau matoma straipsniuose kaip atsižvelgiama į neperiodinio aktyvumo svarbą šios krypties tyrimams. Borah ir kiti (2024) savo tyrime pastebėjo, kad neperiodinio aktyvumo parametrai tokie kaip neperiodinio aktyvumo eksponentė (bendras PSD nuolydis) ir „offset“ – poslinkio parametras yra susijęs labiau su emociniu jaudinimu nei su emociniu valentingumu. Išvados parodė, kad esant stipraus emocinio jaudinimo stimului – vaizdo įrašui, neperiodinio aktyvumo parametrai pasižymėjo statistiškai reikšmingomis aukštesnėmis reikšmėmis: neperiodinio aktyvumo eksponentė ir poslinkis padidėjo. Šie pokyčiai reiškia, kad didelio emocinio jaudinimo stimulai yra susiję su statesniu nuolydžiu ir pakilusiu spektro atskaitos tašku. Interpretuojant šiuos pokyčius galima teigti, kad dėl emocinio jaudinimo padidėjęs nervinis jaudrumas ir sukelia šiuo neperiodinio aktyvumo pokyčius. Priešingai, valentingumo (ar stimulus

buvo malonus, ar nemalonus) pokyčiai nesukėlė reikšmingų neperiodinių EEG rodiklių pokyčių. Šių autorių pateiktos išvados leidžia suprasti, kad neperiodinis smegenų aktyvumas gali būti moduluojamas vizualinės užduoties ir emocinio jaudinimo būdais. Taip pat neperiodinis aktyvumas gali atspindėti emocinio jaudinimo sąveiką su smegenų centrais apdorojančiais emocinę informaciją.

Apibendrinant, svarbu pabrėžti, kad neperiodinis aktyvumas – neritminga smegenų veikla, yra neatsiejama periodinio aktyvumo dalis. Todėl, atsakant į kognityvinių funkcijų ar emocinio jaudinimo klausimus, svarbu atsižvelgti ir į neperiodinį smegenų aktyvumą, kurio pokyčiai gali turėti reikšmingos įtakos nagrinėjamiems rezultatams.

1.2. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo sąryšis su emociniu jaudinimu ir moters hormoniniu statusu

1.2.1. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų pokyčiai emocinio jaudinimo kontekste

Emocinis jaudinimas aprašomas dviejų dalių teorija: psichologinis jaudinimas ir kognityvinis suvokimas. Sukeliant žmogui emocinį (psichologinį) jaudinimą, pavyzdžiui, pademonstruojant vaizdo įrašą, kuriame vaizduojamas apiplėšimas, emocinį jaudinimą žmogus patirs tik tada, kai įvertins matomą situaciją ir jai pritaikys savo patirtį ir supratimą (Schachter et al., 1962). Dėl šios priežasties emocinis jaudinimas gali būti sukeliamas, panaudojus užduotyje ar stimulo metu pritaikius abi šio reiškinių dalis: pademonstravus psichologiškai paveikų paveikslėlį ar nuotrauką ir paprašius tiriamajam įvertinti šį stimulą savo nuožiūra ar pagal norimas užuominas. Ši teorija ir bendras emocinis jaudinimas apipintas daugybės interpretacijų, tačiau labai aiškiai leidžia daryti vieningą išvadą, kad pats psichologinis jaudinimas žymimas intensyvumu, o emocijos atpažinimas jam suteikia reikšmę, leidžia interpretuoti su kokia emocija žmogus susiduria (Reisenzein, 2017).

Emocijų reguliavimo ir emocinio jaudinimo tyrimų kontekste neuromokslininkai dažnai pasirenka nagrinėti periodinį smegenų aktyvumą naudojant EEG metodą, todėl informacijos apie emocinio jaudinimo įtaką periodiniam aktyvumui yra neaprepiamai daug. Tačiau su visai kitokia situacija susiduriama, kai kalbama apie neperiodinį aktyvumą, kadangi šis parametras visai

neseniai pradėtas nagrinėti, kaip turintis reikšmingos fiziologinės informacijos smegenų veiklos tyrimams (Donoghue et al., 2020). Emocinio jaudinimo tyrimai dažniausiai koncentruojasi į alfa osciliacijų pokyčius, kadangi jie ryškiausiai atspindi kintančią smegenų veiklą emocinės informacijos apdorojimo metu. Luft ir Bhattacharya (2015) tyrime nagrinėjamos skirtingos emocinio jaudinimo būsenos ir užfiksuoti širdies plakimo sukelti potencialai (angl. *HEP-heart evoked potentials*) bei tuo pat metu EEG alfa osciliacijos. Širdies plakimo sukelti potencialai aprašomi, kaip turintys sąsają su motyvacija, dėmesio sutelkimu ir skausmu, o šie yra įvardijami kaip didelį jaudinimą sukeliantys veiksniai. Didelio emocinio jaudinimo sąlygos buvo susijusios su statistiškai reikšmingu alfa galios sumažėjimu (desinchronizacija) palyginti su mažu emociniu jaudinimu. O širdies plakimo sukelti potencialai pasižymėjo teigiama koreliacija su alfa galios rodikliais. Paprasčiau koreliacija aiškinama: kai sutelkiami smegenų resursai į širdies ritmo informacijos apdorojimą, įprasta alfa desinchronizacija sumažėja. Šie rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad alfos sumažėjimui įtakos turi ne tik didelis emocinis jaudinimas, tačiau ir dėmesio sutelkimas ar nukreipimas į atitinkamos informacijos apdorojimą. Kiti tyrimai pateikia panašius rezultatus. Sukeliant emocinį jaudinimą emociškai paveikių paveikslėlių pagalba matoma alfa ir beta desinchronizacija lyginant su mažo jaudinimo nuotraukų sukeltu stimulu (Schubring & Schupp, 2019, 2021). Taip pat pastebima, kad alfa ir žemųjų beta osciliacijų pokyčiai atitinkamai gali būti siejami su emocinio jaudinimo stiprumu. Tai parodo, kad priklausomai nuo stimulo stiprumo gali keistis ir alfa parametrai, kas suteikia galimybę naudoti alfa osciliacijas kaip žymeklį emocinio jaudinimo stiprumui identifikuoti. Borah ir kiti (2024) taip pat pagrindžia alfa galios sumažėjimo hipotezę emocinio jaudinimo metu. Esant dideliame emociniame sužadanimui alfa galia sumažėja, palyginti su mažo jaudinimo sąlygomis. Autoriai teigia, kad pastebėtas alfa galios sumažėjimas atitinka ankstesnę literatūrą, kurioje teigiama, kad osciliacinė dinamika, ypač alfa juostoje, yra jautri emocinio jaudinimo pokyčiams. Ši išvada grindžia, kad individualūs alfa dažniai ir jų galios pasiskirstymas yra susiję su emociškai jaudinančių stimulų nerviniu kodavimu. Kaip pagrindinę savo išvadą, autoriai iškelia neperiodinio aktyvumo pokyčius esant stipriam emociniam jaudinimui. Neperiodinio aktyvumo eksponentė ir poslinkio parametrai statistiškai reikšmingai padidėja esant stipriam emociniam jaudinimui, tačiau neperiodiniam aktyvumui emocinis valentingumas (teigiamų ir neigiamų emocijų vertinimas) įtakos neturėjo. Nors platesnės sąsajos su emociniu jaudinimu ir neperiodiniu smegenų aktyvumu trūksta, straipsniuose vis dažniau užsimenama, kad neperiodinis aktyvumas gali būti siejamas su emociniu jaudinimu ir

pasižymėti kintamumu esant elgesio, emocinio reguliavimo ir kognityvinėms užduotims (Donoghue et al., 2020; Waschke et al., 2021)

Apibendrinus, periodinio aktyvumo pokyčiai po emocinio jaudinimo yra plačiai aprašyti ir žinomi, tačiau apie neperiodinį aktyvumą emocinio jaudinimo kontekste informacijos trūksta. Nepaisant to, tyrimai teigia apie galima šių parametrų sąsaja su emociniu jaudinimu ir emocinės informacijos apdorojimu.

1.2.2. Periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų pokyčiai moters hormoninio statuso kontekste

Estrogenas ir progesteronas – pagrindiniai moters hormoninę būseną nusakantys ir mokslininkų dėmesio susilaukę lytiniai (steroidiniai) hormonai. Moters lytiniai hormonai turi jiems specifinius receptorius, kurie yra plačiai išsidėstę migdolinėje liaukoje ir pagumburyje, smegenų srityse atsakingose už emocinį reguliavimą ir informacijos apdorojimą (Herzog, 2007). Dėl šios priežasties steroidiniai hormonai pasižymi daugybe funkcijų: neuronų jaudrumu, prisideda prie neuromediatorių sintezės, išskyrimo ir transportavimo bei reguliuoja morfologines neuronų funkcijas (neuronų vystymąsi ir plastiškumą) (Finocchi & Ferrari, 2011; Herzog, 2007). Lytiniai hormonai pasižymi skirtinga įtaka moters emocinei sveikatai: yra pastebėta, kad estrogenas pasižymi jaudrumo savybėmis, kai progesteronas – slopinamosiomis (Finocchi & Ferrari, 2011). Moters hormoninę būseną aprašo menstruacinis ciklas, vartojamos kontraceptinės priemonės ar hormoninis gydymas – visais atvejais organizmo lytinių hormonų sistema reaguoja skirtingai priklausomai nuo ciklo metu dominuojančių hormonų ar kokios sudėties kontraceptines priemones moteris vartoja (Brötzner et al., 2014). Dėl skirtingos hormonų funkcijos ir įtakos įvardintoms smegenų sritims pastebimas taip pat pakitęs ir periodinis smegenų aktyvumas skirtingų menstruacinio ciklo etapų metu bei vartojant kontraceptines priemones. Brötzner ir kiti (2014) savo atliktame tyrime pagrindžia šią hipotezę: kintant estradiolio kiekiui mėnesinių ciklo fazėse, atitinkamai kinta ir individualus alfa dažnis. Folikulinės fazės metu – kai paprastai pastebimas estradiolio (estrogenų grupės hormono) koncentracijos padidėjimas – alfa dažnis taip pat padidėja. Šis pokytis aiškinamas, kaip greitesnis smegenų žievės pasirengimas ir nervinis jaudrumas. Atvirkščiai, fazėse, kuriose vyrauja santykinai mažesnė estradiolio koncentracija (ir

palyginti didesnė progesterono koncentracija), pavyzdžiui, geltonkūnio fazėje, IAF sumažėja. Šis pokytis galimai atspindi sustiprintus slopinimo mechanizmus smegenų žievėje. Šių autorių atliktas tyrimas tai pat apima ir kontraceptinių priemonių vartojimą. Kadangi kontraceptikai užtikrina pastovią egzogeniniu būdu aprūpinama hormoninę aplinką, kuri veiksmingai slopina ciklinius endogeninių hormonų svyravimus, šiuos kontraceptikus vartojančios moterys, palyginti su natūralų ciklą turinčiomis moterimis, yra linkusios į stabilesnį alfa dažnį. Šie rezultatai pabrėžia, kad periodinis aktyvumas, išskirtinai alfa osciliacijos, yra jautrus tiek endogeninių hormonų pokyčiams, tiek egzogeninių hormonų vartojimui. Tokie pokyčiai gali turėti tolesnį poveikį kognityviniam informacijos apdorojimui ir emociniam reguliavimui, nes kaip minėta anksčiau, žinoma, kad smegenų žievės alfa osciliacijos yra nervinio sužadynamumo ir informacijos apdorojimo efektyvumo rodiklis. Petersen ir Cahill (2015) straipsnis suteikia platesnį supratimą. Straipsnyje minima, kad geriamąsias hormoninės kontracepcijos priemones vartojančios moterys pasižymi mažesniu abipusiu migdolinės liaukos reaktyvumu nei natūralų menstruacinį ciklą turinčios moterys, kas leidžia daryti prielaidą, kad hormoninis moters statusas ne tik veikia alfa osciliacijų parametrus, tačiau bendrai smegenų veiklą ir, šiuo atveju, su emociniu apdorojimu susijusias smegenų sritis. Dėl šios priežasties yra svarbu atsižvelgti ne į pavienį hormoninės būsenos poveikį periodiniam aktyvumui, tačiau į bendrą veiksnių visumą, atliekant tokio tipo tyrimus. Nors Donoghue ir kiti (2020) savo apžvalginiame straipsnyje aprašo, kad periodinis aktyvumas yra neatskiriama neperiodinio aktyvumo dalis, tačiau informacijos apie moters hormoninio statuso poveikį neperiodiniam aktyvumui trūksta. Todėl galima būtų tik daryti prielaidas, kad neperiodinio aktyvumo pokyčiai taip pat egzistuoja dėl pakitusios alfa osciliacijų veiklos, esant skirtingai moters hormoniniai būsenai. Tačiau Gaižauskaitė ir kitų (2024) atliktas tyrimas, kurio dalis duomenų bus naudojama ir šio darbo metu, parodė, kad neperiodinio aktyvumo parametras (nuolydžio mediana) skirtingą hormoninį statusą turinčių moterų grupėse statistiškai reikšmingai nesiskyrė. Šios išvados verčia kritiškai žiūrėti į šių dviejų veiksnių: neperiodinio aktyvumo ir moters hormoninio statuso sąsają ir reikalauja tolesnio ištyrimo.

Apibendrinant, aptartuose moksliniuose straipsniuose minimas reikšmingas alfa parametru ir bendros smegenų veiklos pokytis, esant skirtingai moters hormoniniai būsenai: natūralaus ciklo ir kontraceptinių priemonių naudojimo atvejais. Tačiau nors ir neperiodinis aktyvumas yra neatskiriama periodinio aktyvumo dalis, kuri gali moduluoti nagrinėjamus rezultatus,

informacijos apie neperiodinio aktyvumo parametrų pokyčius trūksta, todėl į šių dviejų veiksmų sąsają turi būti atsižvelgiama kritiškai ir skiriama daugiau dėmesio.

2. METODIKA

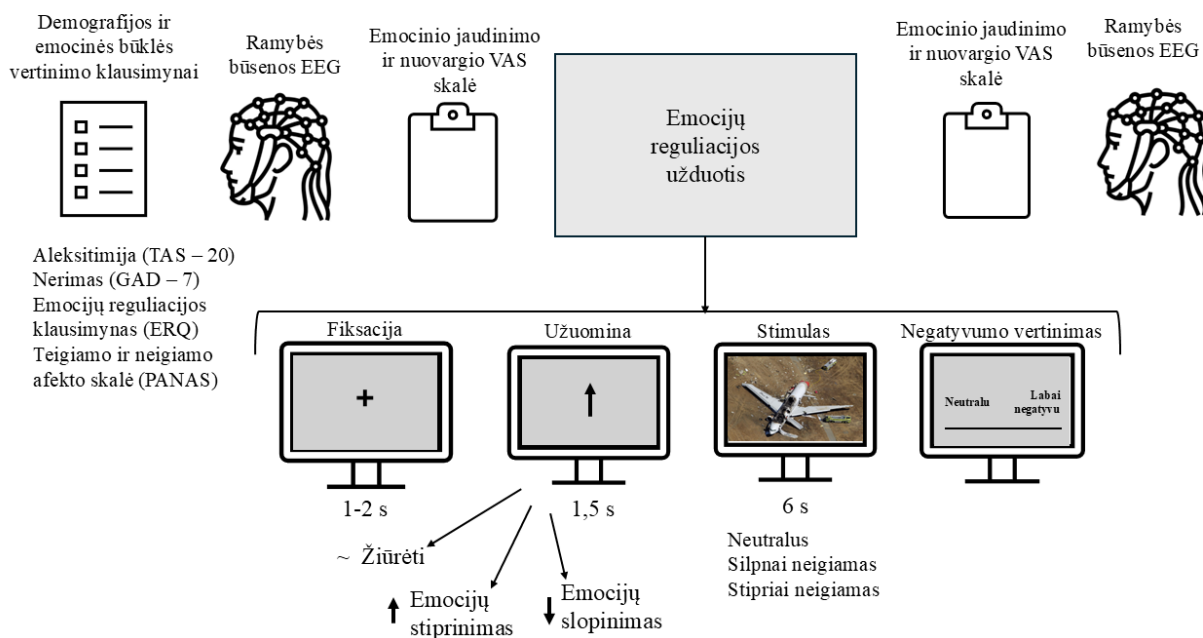
Šiame darbe yra analizuojami duomenys surinkti kaip didesnio tyrimo dalis, kurį atliko dokt. Rimantė Gaižauskaitė ir dokt. Ingrida Zelionkaitė Vilniaus universitete, Gyvybės mokslų centre. Tyrimui buvo suteiktas Vilniaus regiono biomedicinos tyrimų etikos leidimas (Nr. 2020/ 4 – 1223 – 708). Dalis šio tyrimo duomenų buvo publikuota Gaižauskaitės ir kitų (2024) straipsnyje. Šiame darbe bus naudojama: tiriamųjų charakteristikos, metodai ir duomenys aptarti publikacijoje (Gaižauskaitė et al., 2024). Be ramybės būsenos EEG įrašų, tyrimas taip pat apėmė kelias kognityvines užduotis, įskaitant mentalinės rotacijos, vizualinės darbinės atminties ir emocijų reguliacijos užduotis. Emocinio reguliavimo užduoties metodika plačiau aprašoma Zelionkaitės ir kitų (2024) straipsnyje.

2.1. Tiriamieji

Tyrimė dalyvavo 144 skirtingą hormoninį statusą turinčios moterys. Tiriamosios buvo suskirstytos į grupes pagal hormoninį statusą: NCF (angl. *Natural cycling follicular*), $n = 37$ – natūralų ciklą turinčios moterys esančios ankstyvoje folikulinėje fazėje, NCL (angl. *Natural cycling luteal*), $n = 37$ – natūralus ciklas, vėlyvojoje geltonkūnio fazėje, OC (angl. *Oral contraceptive*), $n = 37$ – moterys vartojančios geriamąsias kontraceptines priemones, IUD (angl. *Intrauterine device users*), $n = 33$ – moterys turinčios hormoninę spiralę. Tiriamųjų amžius svyravo nuo 19 iki 35 metų amžiaus: NCF grupės amžiaus vidurkis 27 (SN = 4.99) metai, NCL – 26 (SN = 4.45), OC grupės amžiaus vidurkis 25 metai (SN = 3.79), IUD – 27 metai (SN = 4.45). Visas tyrimas buvo atliekamas lietuvių kalba. Prieš tyrimą tiriamosios turėjo užpildyti klausimynus demografinės informacijos surinkimo tikslais. Tiriamosios nepasižymėjo regos, psichikos sutrikimais ar traumomis, lėtinėmis ligomis. Visos tiriamosios, kurios turėjo reguliarius menstruacinius ciklus (trukmė nuo 26 iki 35 dienų, vidutinė trukmė 28,9 dienos (SN = 1,95 dienos) ir bent tris mėnesius prieš eksperimentą nenaudojo hormoninės kontracepcijos buvo įtrauktos į natūralaus ciklo grupes priklausomai nuo ciklo fazės. Moterys, kurios bent tris mėnesius prieš eksperimentą vartojo hormoninę kontracepciją (ne terapiniais tikslais), buvo įtrauktos į OC ir IUD grupes.

2.2. Tyrimo eiga

Prieš tyrimą tiriamųjų buvo prašoma užpildyti demografijos ir emocinės būklės vertinimo klausimynus. Ramybės EEG įrašai buvo atliekami prieš ir po emocinio jaudinimo užduoties. Emocijų reguliacijos užduoties metu tiriamosioms buvo demonstruojamos emociškai paveiktos nuotraukos, siekiant sukelti neigiamą emociją (emocinį jaudinimą). Tiriamųjų buvo prašoma reaguoti į emociškai paveiktas nuotraukas pagal pateiktą užuominą. Užuominomis buvo skatinama taikyti pakartotinio vertinimo strategiją ir atitinkamai reaguoti pagal pateiktus simbolius: sustiprinti emocinę reakciją į pateiktą paveikslėlį ($\uparrow$), slopinti ($\downarrow$) arba reaguoti neutraliai ($\sim$) – peržiūrėti paveikslėlį (Zelionkaitė, 2024) (2.1 pav.). Prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties tiriamųjų buvo prašoma įvertinti jaučiamą nuovargį ir emocinį sužadynamumą (jaudinimą) nuo 1 – 10, pasinaudojant VAS (angl. *Visual Analogue Scale*) skale.



2.1 pav. Tyrimo eigos schema

2.3. EEG registracija

EEG buvo registruojama ASA-Lab sistema (ANT NEURO). Buvo naudojama 64 kanalų sidabro/sidabro chlorido elektrodų kepurė su 10 – 20 tarptautine išdėstymo sistema. Įžeminimui ir referencijai atitinkamai buvo naudojami AFz elektrodas ir elektrodas ant kairiojo mastoido. Akių judesiai ir mirksniai buvo registruojami naudojant keturis elektrodus, išdėstytus virš ir po dešine akimi bei ant tiriamųjų smilkinių. Diskretizavimo dažnis buvo 1024 Hz. Kiekvienam elektrodui impedansas buvo mažiau nei 25 k Ω , kaip rekomanduoja gamintojas. Įrašas truko tris minutes atmerkтомis akimis, prašant tiriamųjų sutelkti dėmesį į demonstruojama kryžių kompiuterio ekrane.

2.4. EEG duomenų pirminis apdorojimas

Ramybės būsenos EEG duomenys buvo apdorojami naudojant EEGLAB v2020.1 įrankių rinkinį MATLAB R2024.a aplinkoje. Pradėjus nagrinėjimą, duomenims buvo pakeistas diskretizavimo dažnis į 256 Hz, stengiantis padidinti įrašų apdorojimo efektyvumą. Vėliau duomenys buvo filtruojami dviejų tipų filtrais: naudojant juostos pralaidumo filtrą (angl. *bandpass*) buvo išskiriamas analizuojamas dažnių diapazonas nuo 1 iki 45 Hz ir naudojant taikinio (angl. *notch*) filtrą buvo išfiltruojamas elektros tinklo triukšmas (50 Hz). Po šios procedūros buvo vykdoma vizuali įrašų peržiūra, siekiant pašalinti ypač didelius artefaktus. Atlikus įrašų peržiūrą, duomenims buvo taikyta nepriklausomų komponentų analizė (angl. *ICA – independent component analysis*), kurios metu buvo siekiama atskirti širdies, raumenų, akių judesių, kanalų sukeliamus artefaktus nuo smegenų siunčiamų ir vėliau analizei naudojamų signalų. Vizualiai buvo peržiūrėta 30 ICA komponentų ir pritaikyta IClab metodika (Pion-Tonachini et al., 2019). Po šios analizės EEG įrašams buvo nustatyti referenciniai elektrodai, taikant dviejų elektrodų (A1 ir A2 elektrodai – ausies spenelių pozicijoje) vidurkinimą. Pabaigoje duomenų pirminio apdorojimo elektrodų siunčiami signalai pasižymėję dideliu triukšmu (vizualiai vertinant galios tankio spektrą) buvo šalinami ir interpoliuojami.

2.5. Emocinio jaudinimo ir emocinės būklės vertinimas

Tyrime buvo nagrinėjami keturių klausimynų ir dviejų VAS skalių rezultatai. Klausimynai buvo orientuoti į emocijų reguliavimą, atpažinimą bei nerimo apraiškas. Emocinio jaudinimo ir nuovargio VAS skalių rezultatai buvo vertinami dvejomis sąlygomis: prieš ir po emocijų reguliavimo užduoties. Tyrime buvo naudojamas PANAS (angl. *Positive and Negative Affect Schedule*) – 20 klausimų klausimynas leidžiantis įvertinti neigiamo ir teigiamo emocinio afekto įtaką tiriamajam (Crawford & Henry, 2004). Klausimyno rezultatai pateikiami kaip neigiamas afektas (angl. *NA – negative affect*) ir atvaizduoja neigiamų emocijų, kaip nerimo ar nepasitenkinimo buvimą. Atvirkščiai teigiamas afektas (angl. *PA – positive affect*) atvaizduoja pozityvių emocijų vyravimą tiriamojo kasdienybėje. Taip pat buvo analizuojami GAD – 7 (angl. *Generalized Anxiety Disorder*) gauti klausimyno rezultatai. GAD – 7 apibūdinamas kaip 7 klausimų emocinės būklės klausimynas, leidžiantis identifikuoti galimą centralizuoto nerimo sindromą. Tiriamųjų buvo prašoma atsakyti į klausimus apie savo būklę susijusią su nerimo apraiškomis skalės principu (nuo 0 iki 3, kai 0 – visai nepatiriu, o 3 – patiriu beveik kiekvieną dieną) (Spitzer et al., 2006). Šis klausimynas leidžia įvertinti tiriamųjų nerimo kiekį/apraiškas. Į tai svarbu atsižvelgti, nenorint klaidingai įvertinti emocinio reguliavimo užduoties efekto analizuojamiems parametrams. Tyrime buvo analizuojamas ir TAS – 20 (angl. *The 20 – item Toronto Alexithymia Scale*) klausimynas. Klausimynas apėmė 20 savianalizės klausimų, kurie leidžia įvertinti aleksitimiją – sunkumą identifikuoti ar reikšti emocijas. Klausimyne tiriamųjų atsakymai pateikiami skalės principu: nuo 1 iki 5, kai 1 – visiškai nepritariu, o 5 – visiškai pritariu. Klausimyno rezultatai gali svyruoti nuo 20 iki 100 balų, atitinkamai aukštesnis rezultatas yra vertinamas kaip stipriai išreikšta aleksitimija (Chen et al., 2011). Taip pat emocinio reguliavimo vertinimui buvo pasirinkta nagrinėti emocinio reguliavimo klausimyną. Emocinio reguliavimo klausimyną sudaro 10 punktų anketa, kurios metu buvo siekiama įvertinti tiriamųjų taikomas emocijų reguliavimo strategijas: pakartotinį situacijos vertinimą ir emocijų slopinimą (Chen et al., 2011; John & Gross, 2004). Pakartotinis vertinimas pasireiškia, kai žmogus susidurdamas su emocine situacija sąmoningai keičia savo mąstymą apie emocionaliai paveikų įvykį. Slopinimas pasireiškia, kai žmogus susidūręs su ypač paveikia situacija slepia savo emocijas ir jų nedemonstruoja. Tiriamųjų atsakymai vertinami skale nuo 1 iki 7, kai 1 reiškia visišką nesutikimą su pateiktu teiginiu, o 7 - visišką sutikimą (Chen et al., 2011). Šie keturi įvardinti klausimynų

rezultatai naudojami analizuojant periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų sąsaja su emocine tiriamųjų būkle: nerimu, emocijų reguliavimo strategijomis ir aleksitimija. Emocinis jaudinimas ir nuovargis tyrimo metu buvo vertinamas VAS skalės principu. VAS skalė pateikiama kaip linija, kurioje tiriamosios turėjo identifikuoti jaučiamą emocinį sužadšinimą ir nuovargį prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties. VAS skalių rezultatai pateikiami kaip tęstiniai skaičiai nuo 1 – visiškai nesijaučiu sujaudintas/a, pavargęs/usi iki 10 – jaučiuosi stipriai sujaudintas/a, pavargęs/usi.

2.6. EEG duomenų analizė ir statistinė analizė

Duomenys buvo analizuojami naudojant Python (v3.12) ir MATLAB R2024.a. programas. Kiekvienos tiriamosios EEG įrašas buvo padalintas į 4 s ilgio atkarpas (su 50 % persidengimu) ir iš kiekvieno lango apskaičiuota spektrinė galia, naudojant Welch'o metodą. Šis metodas buvo naudotas, norint atskirti periodinį aktyvumą nuo foninio – neperiodinio aktyvumo. Kiekviename kanale 1/f nuolydis buvo apskaičiuoti, naudojant FOOOF algoritimą (Donoghue et al., 2020). 1/f nuolydis buvo pritaikytas dažnių diapazone nuo 3 iki 40 Hz be kelio parametro, kaip nurodoma vadove ([05: Aperiodic Component Fitting — fooof 1.1.0 documentation](#)). Taikant FOOOF algoritimą be kelio parametro, neperiodinis aktyvumas yra matuojamas siaurame dažnių diapazone ir pasižymi viena neperiodinio aktyvumo eksponente. Kadangi duomenys buvo peržiūrėti vizualiai, galima patvirtinti, kad duomenyse nebuvo neaiškių artefaktų ar papildomų viršūnių (pikų), todėl buvo galima taikyti jau minėtą algoritimą. Gautam 1/f nuolydžio parametrai buvo pasirinkta skaičiuoti medianą dėl plačiai išplitusių tiriamųjų EEG duomenų, kurie gali suteikti netikslų parametro vidurkį. Naudojant MATLAB R2024.a programa parašyta kodą, iš periodinio aktyvumo dalies buvo apskaičiuojami individualūs alfa dažniai ir alfa galia. Šių parametrų apskaičiavimui buvo pasirinktas 8 – 13 Hz diapazonas didesnių negu 0.05 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ alfa viršūnių (pikų) aptikimui. Jei programa rasdavo kelias alfa viršūnes, buvo išskiriamas didžiausia amplitudė pasižymintis pikas. Nepavykus aptikti alfa aktyvumo, tiriamųjų duomenys buvo eliminuojami iš tolimesnės analizės. Individualiam alfa dažniui ir galiai taip pat buvo apskaičiuota mediana ir naudojama analizės metu. Nuolydžio parametro nagrinėjimui buvo naudojami 127 tiriamųjų duomenys ir 120 alfa aktyvumo analizei. Atitinkamai 17 ir 24 tiriamųjų įrašai buvo atmesti dėl prastos kokybės ir dėl neatitikimo tolimesnei analizei.

Periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų stabilumo statistinei analizei atlikti buvo pasirinkta R programavimo kalba su Rstudio (v.2024.12.1 + 563) integruotą programavimo aplinką. Normalaus duomenų pasiskirstymo patikrinimui buvo taikytas Shapiro – Wilk testas. Duomenys tenkino normalumo sąlygą. Duomenų homogeniškumui patikrinti buvo pasirinkta atlikti Levene testą. Homogeniškumo sąlyga buvo tenkinama. Alfa galios mediana buvo logaritmuota, siekiant gauti normaliai pasiskirsčiusius duomenis. Parametrų stabilumas buvo interpretuojamas kaip statistiškai reikšmingo skirtumo nebuvimas tarp tyrimo sąlygų (emocinio jaudinimo kontekstas) ir tiriamųjų grupių (hormoninės būsenos kontekstas) arba statistiškai reikšminga stipri arba vidutinė teigiama koreliacija tarp tyrimo sąlygų. Nuolydžio, individualaus dažnio ir alfa galios tiriamųjų medianos buvo analizuojamos mišrios ANOVOS metodu su amžiaus kovariante, siekiant įvertinti parametro stabilumą. Plačiau parametrų stabilumas tarp tyrimo sąlygų buvo nagrinėjamas naudojant koreliacinę analizę Pearson metodu. Stipri ar vidutinė teigiama koreliacija tarp parametro ir sąlygų buvo interpretuojama kaip parametro stabilumas (stiprus arba pakankamai stabilus), nes keičiantis sąlygoms parametras išlieka pastovus, pavyzdžiui, parametrai esant aukštam prieš emocijų reguliacijos užduotį, jis išlieka aukštas ir po užduoties. Emocinio jaudinimo kontekste parametrams buvo atlikta koreliacinė Pearson analizė su Bonferroni – Holm. Taip pat buvo vertinama emocinės būklės sąsaja su analizuojamais parametrais, pasinaudojant tuo pačiu Pearson metodu su Bonferroni – Holm korekcija.

3. REZULTATAI

Buvo nagrinėjama keturios skirtingą hormoninį statusą turinčios tiriamųjų grupės: natūralaus ciklo skirtingų fazių – NCF, NCL ir vartojančios ar naudojančios hormoninę kontracepciją – OC ir IUD, esant dviem skirtingoms tyrimo sąlygoms: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties.

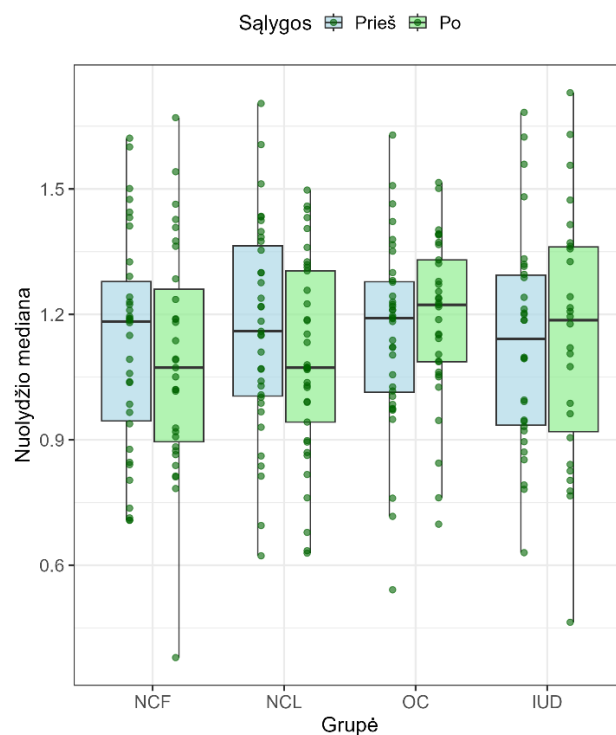
3.1. Neperiodinio aktyvumo nuolydžio stabilumo vertinimas tarp grupių ir sąlygų

Normaliai pasiskirsčiusiems spektrinio nuolydžio (angl. *slope*) duomenims buvo atlikta mišri dispersinė (ANOVA) analizė su amžiaus kovariante. Vertinant grupių (NCF, NCL, OC, IUD) ir tyrimo sąlygų (prieš emocijų reguliacijos užduotį ir po emocijų reguliacijos užduoties) bei tarpusavio sąveikos įtaką nuolydžio medianai, nustatyta, kad nei grupės ($F(3, 115) = 0,236$, $p = 0,871$), nei sąlygos ($F(1, 115) = 2,579$, $p = 0,111$), nei šių faktorių sąveika ($F(3, 115) = 2,430$, $p = 0,069$) reikšmingos įtakos šiam parametrai neturėjo (3.1 lentelė, 3.1 pav.). Taip pat nebuvo rasta ir reikšmingos sąsajos tarp parametro ir amžiaus kovariantės ($F(1, 115) = 1,245$, $p = 0,267$). Tačiau matoma sąveikos tarp grupių ir sąlygų tendencija ($p = 0,069$), kas leistų daryti prielaidą, kad parametro skirtumo reikšmingumas keistųsi, jei analizė būtų atliekama su daugiau duomenų. Dėl šios priežasties atlikome papildoma mišrios ANOVA analizę. Jos metu grupes suskirstėme į dvi skirtingas grupes: natūralaus ciklo (NC) ir vartojančių hormoninę kontracepciją (HK). Tokiu būdu sujungus grupes, sumažėjo tiriamųjų grupių skaičius ir padidėjo lyginamų tiriamųjų grupėse, kurie lyginti tarp tyrimo sąlygų (3.2 pav.). Šiuo atveju vertinant grupių (NC ir HK) ir sąlygų (prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties) bei šių faktorių sąveikos nuolydžio medianai, nustatyta, kad grupių ir sąlygų sąsajos ($F(1,119) = 5,28$; $p = 0,023$, $\eta^2 = 0,007$) turėjo reikšmingos įtakos parametro stabilumui. Kai tuo tarpu grupės (NC ir HK) ($F(1,119) = 0,925$; $p = 0,338$) ir tyrimo sąlygos ($F(1,119) = 0,838$; $p = 0,363$) atskirai reikšmingos įtakos parametro skirtumui neturėjo. Nors sumažinus grupių skaičių ir padidinus tiriamųjų skaičių grupėse matomas reikšmingas skirtumas grupės ir tyrimo sąlygų sąveikoje, atlikus koreliacinę analizę bendrai parametras išlieka stabilus (3.3 pav.).

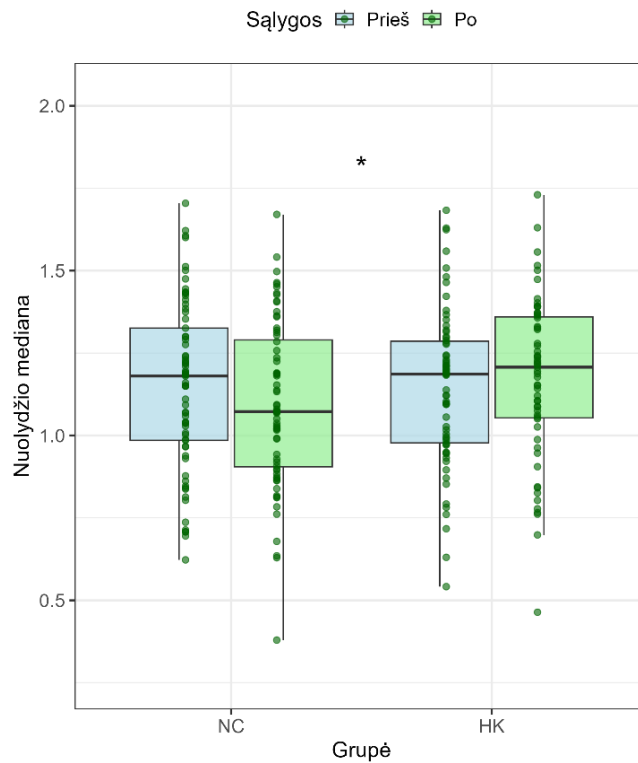
3.1 lentelė Periodinių ir neperiodinių parametų mišrios ANOVA tarp tiriamųjų grupių ir sąlygų su amžiaus kovariante rezultatai

Parametras	Veiksny	Laisvės laipsnis (df)	F	P reikšmė
Nuolydis	Grupės	3, 115	0,236	0,871
	Sąlygos	1, 115	2,579	0,111
	Amžius	1, 115	1,245	0,267
	Grupių ir sąlygų sąsaja	3, 115	2,430	0,069
Individualus alfa dažnis (IAF)	Grupės	3, 115	1,130	0,340
	Sąlygos	1, 115	<0,000	0,992
	Amžius	1, 115	1,130	0,618
	Grupių ir amžiaus sąsaja	3, 115	1,376	0,254
Alfa galia	Grupės	3, 115	0,778	0,509
	Sąlygos	1, 115	4,961	*0,028
	Amžius	1, 115	0,174	0,677
	Grupių ir amžiaus sąsaja	3, 115	1,441	0,234

Pastaba: statistiškai reikšmingas pokytis lyginant tyrimo sąlygas*

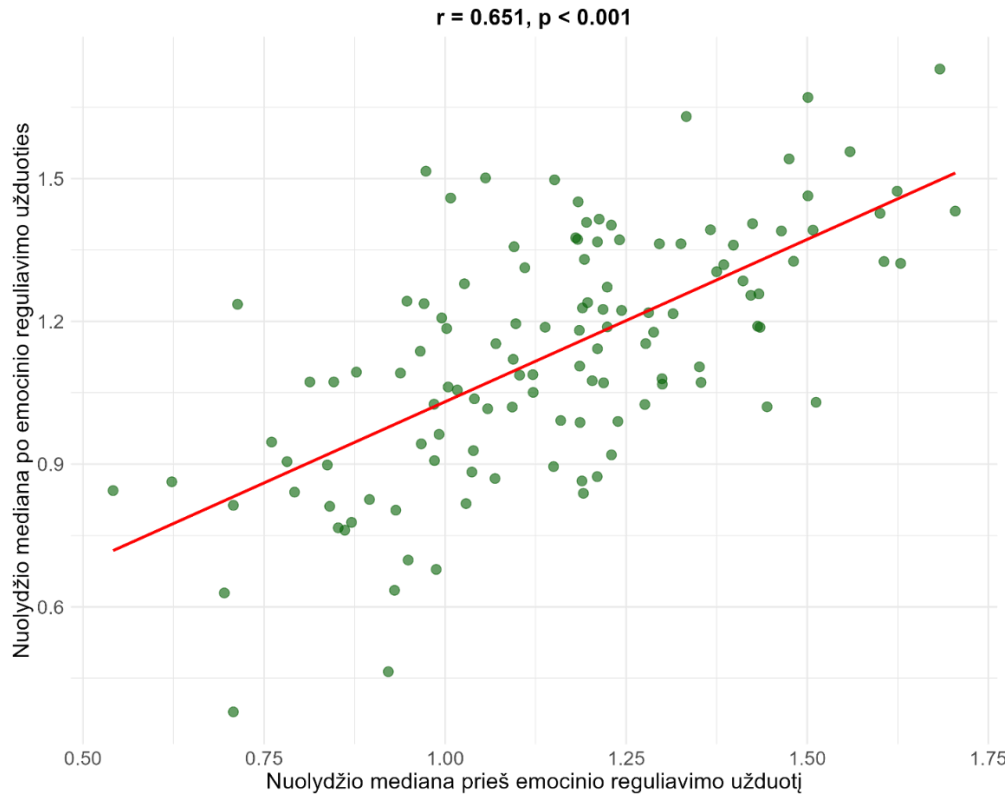


3.1 pav. Neperiodinio aktyvumo spektrinio nuolydžio medianos pasiskirstymas tarp tyrimo dalyvių grupių ir sąlygų. Prieš (mėlyna) - prieš emocinio reguliavimo užduotį; Po (žalia) - po emocinio reguliavimo užduoties.



3.2 pav. Neperiodinio aktyvumo spektrinio nuolydžio medianos pasiskirstymas tarp tyrimo dalyvių grupių ir sąlygų. Prieš (mėlyna) - prieš emocinio reguliavimo užduotį; Po (žalia) - po emocinio reguliavimo užduoties. **Pastaba: statistiškai reikšmingas skirtumas lyginant grupių ir tyrimo sąlygų sąveikos įtaką: * $p < 0,05$**

Stabilumo tolimesniam nagrinėjimui buvo pasirinkta atlikti koreliacinę Pearson analizę. Kaip matoma 3.3 pav. koreliacinė analizė parodė, kad nuolydžio parametras pasižymėjo teigiama vidutinio stiprumo koreliacija ($r = 0,651$, $p < 0,001$) tarp sąlygų: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties. Kas rodo, kad parametras išlieka stabilus keičiantis tyrimo sąlygoms.

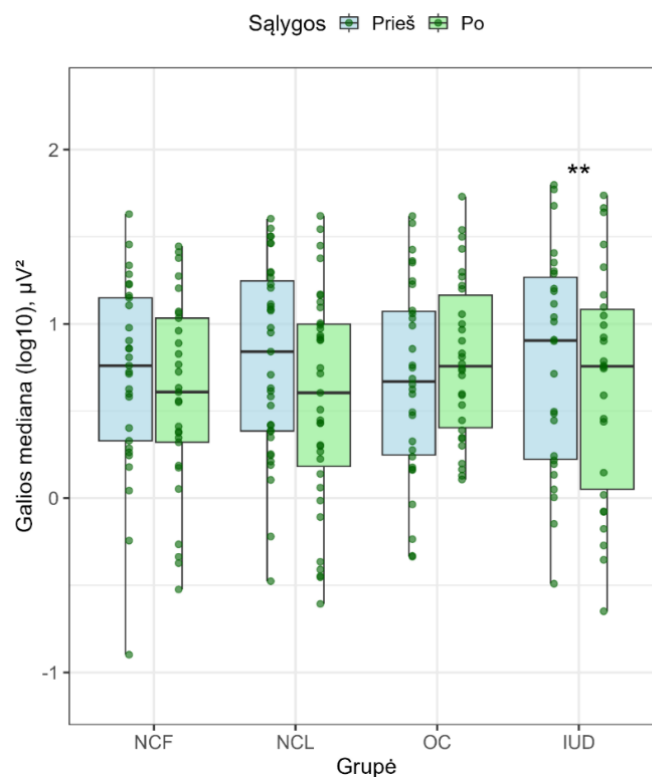


3.3 pav. Pearson koreliacija tarp nuolydžio medianos ir tyrimo sąlygų

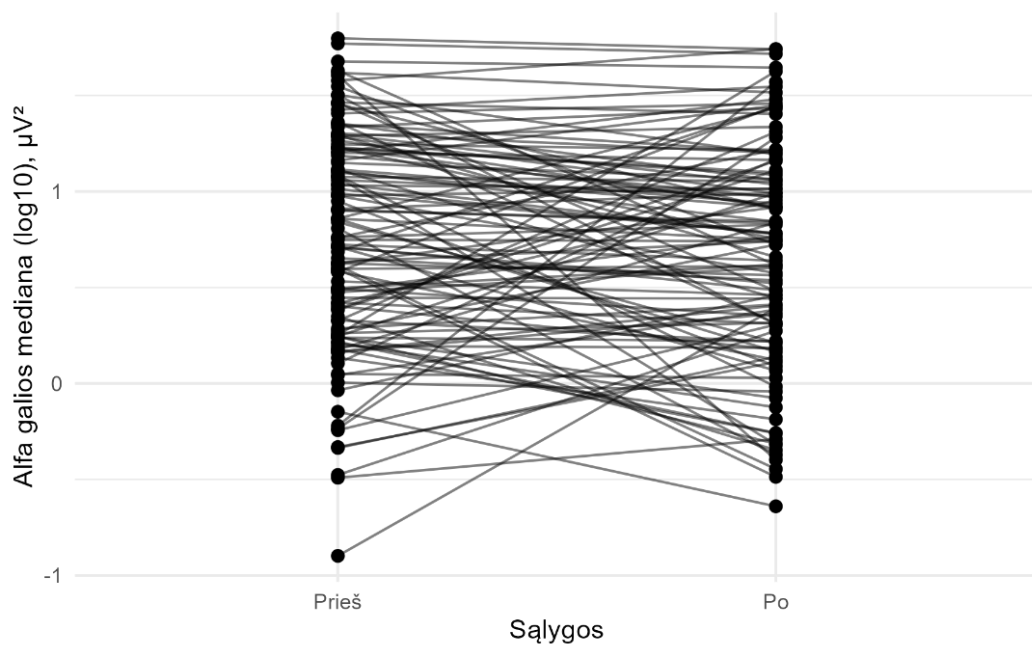
3.2. Alfa galios ir individualaus alfa dažnio stabilumo vertinimas tarp grupių ir sąlygų

Alfa galios ir individualaus alfa dažnio medianos stabilumo vertinimui buvo atlikta mišri ANOVA analizė su amžiaus kovariante (3.1 lentelė). Vertinant grupių (NCF, NCL, OC ir IUD) ($F(3, 115) = 0,778$; $p = 0,509$) bei tyrimo sąlygų ir grupių sąveikos ($F(1, 115) = 1,441$; $p = 0,234$) įtaką alfa galios medianai, nustatyta, kad šie faktoriai statistiškai reikšmingos įtakos neturėjo. Tačiau matomas statistiškai reikšmingas skirtumas esant skirtingoms tyrimo sąlygoms ($F(1, 115) = 4,961$; $p = 0,028$; $\eta^2 = 0,009$) (3.4 pav.). Šiam atvejui buvo atlikta *post-hoc* analizė su Bonferroni korekcija, siekiant išsiaiškinti skirtumus tarp grupių esant skirtingoms tyrimo sąlygoms. Analizė parodė, kad IUD grupėje matomas statistiškai reikšmingas pokytis tarp tyrimo sąlygų: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties ($df = 25$, $t = -3,425$, $p = 0,002$). Kai kitose grupėse tyrimo sąlygų: NCF ($df = 28$; $t = 1,17$; $p = 0,251$), NCL ($df = 34$; $t = 1,63$; $p = 0,112$), OC ($df = 29$; $t = -1,35$; $p = 0,186$) įtaka nebuvo reikšminga parametro stabilumui. Alfa galios skirtumų pasiskirstymo grafike galima pastebėti, kad kai kurioms tiriamosioms alfa galia mažėjo, o kai kurioms didėjo po tyrimo sąlygų (3.5; 3.6 pav.) Dėl šios priežasties, buvo atlikta koreliacinė analizė, siekiant nustatyti

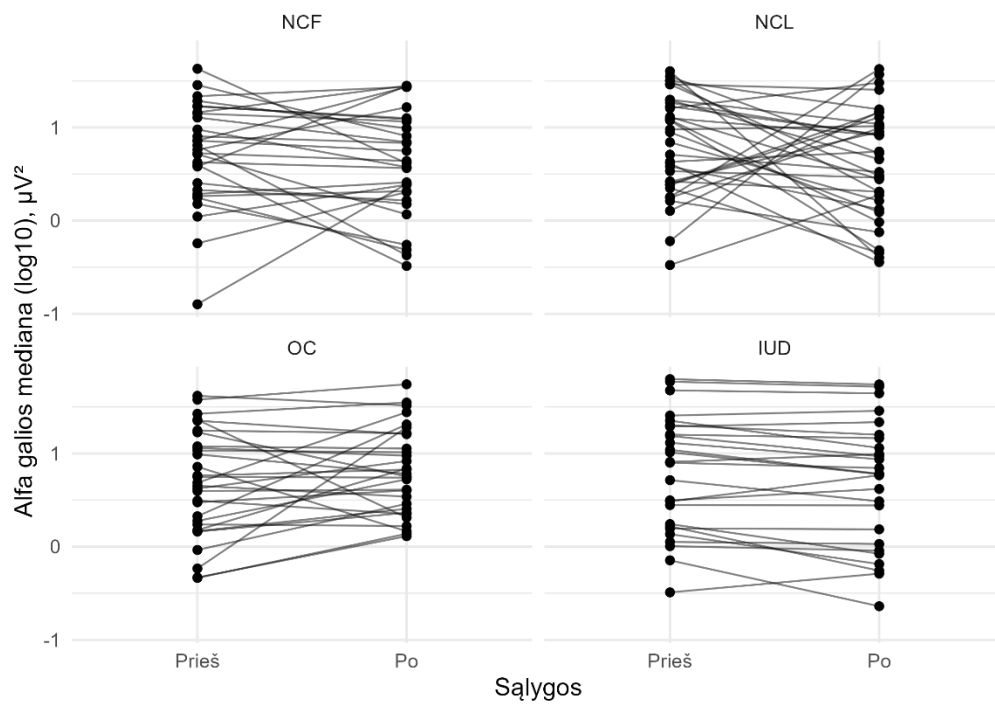
alfa galios skirtumo ir emocinio jaudinimo sąsajas. Vertinant alfa galios skirtumą prieš ir po emocijų reguliavimo užduoties, nustatyta, kad emocinio jaudinimo lygis prieš emocijų reguliavimo užduotį silpnai teigiamai koreliavo su alfa galios skirtumu lyginant dvi tyrimo sąlygas ($r = 0.241$; $p = 0.009$; $p.koreguota = 0,034$). Kai tuo tarpu, emocinis jaudinimas po emocijų reguliacijos užduoties neturėjo jokių sąsajų su alfa galios skirtumu lyginant dvi tyrimo sąlygas ($r = 0,164$; $p = 0,077$; $p.koreguota = 0,230$). Tačiau nors egzistuoja matomi skirtumai tarp tyrimo sąlygų, atlikus koreliacinę analizę, galime sakyti, kad parametras bendrai išlieka stabilus. Tokią tendenciją galime matyti duomenų pasiskirstymo grafike – parametras išliko stabilus keičiantis tyrimo sąlygoms. Alfa galios mediana pasižymi statistiškai reikšminga vidutine teigiama koreliacija tarp tyrimo sąlygų: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties ($r = 0,477$; $p < 0,001$) (3.7 pav.).



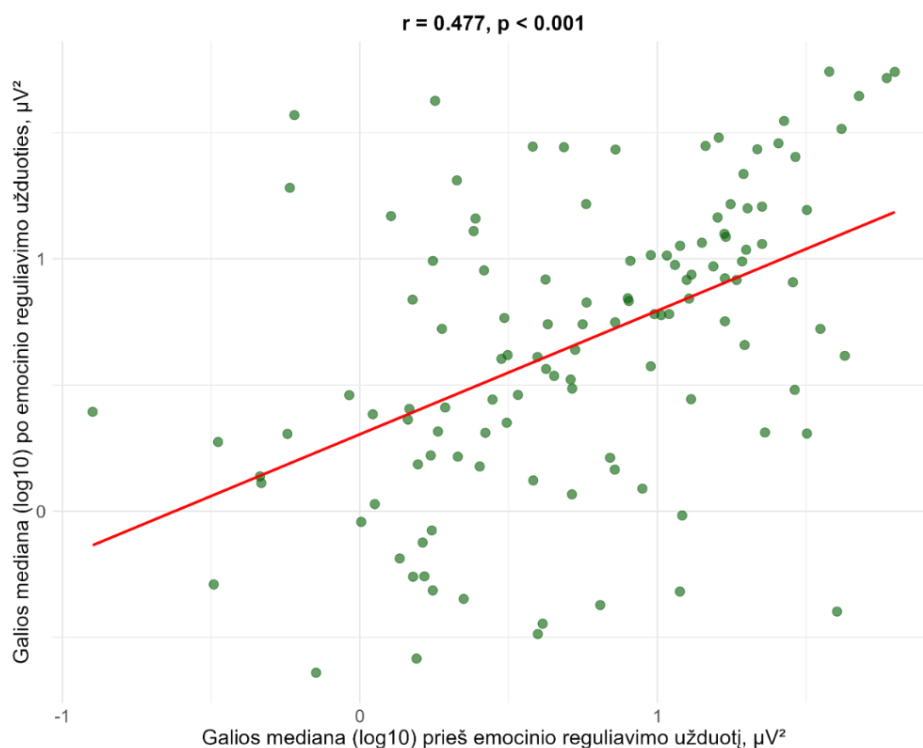
3.4 pav. Alfa galios medianos pasiskirstymas tarp moterų hormoninio statuso grupių ir sąlygų: šviesiai mėlyna (prieš emocinio reguliavimo užduotį) ir šviesiai žalia (po emocinio reguliavimo užduoties). **Pastaba: lyginant tyrimo sąlygas grupėse: ** $p < 0,01$**



3.5 pav. Bendras alfa galios medianos skirtumų pasiskirstymas prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties

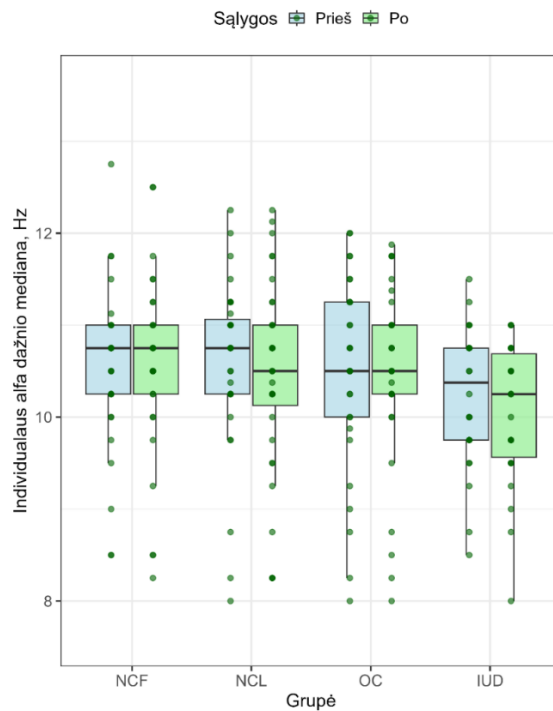


3.6 pav. Alfa galios medianos skirtumų pasiskirstymas tiriamųjų grupėse bei prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties

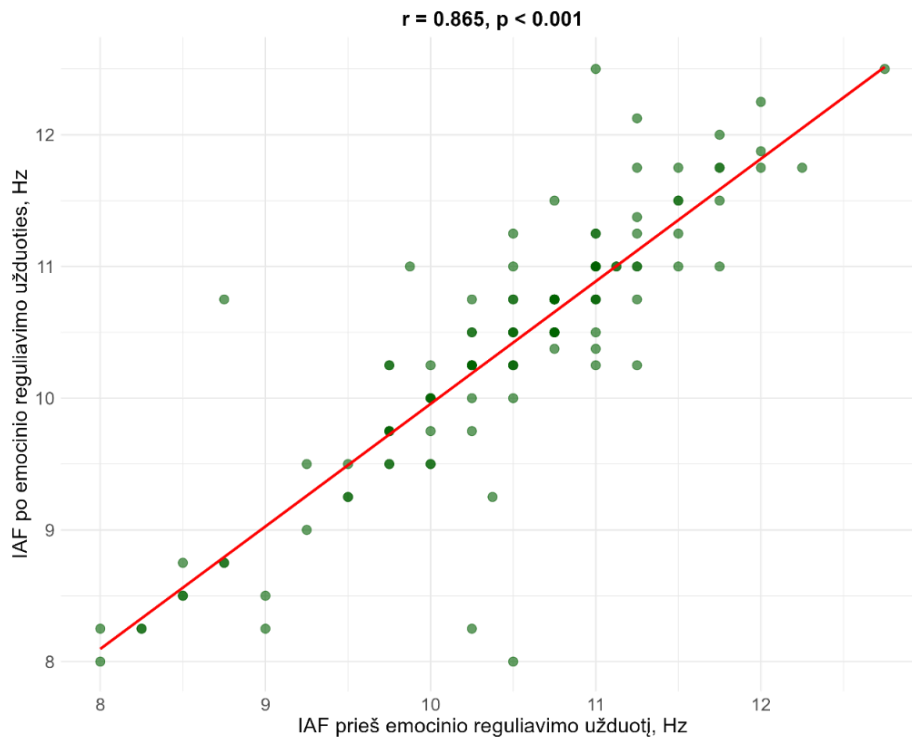


3.7 pav. Pearson koreliacija tarp galios medianos ir tyrimo sąlygų

Vertinant mišrios ANOVA su amžiaus kovariante rezultatus tarp grupių (NCF, NCL, OC ir IUD) ($F(3, 115) = 1,130$; $p = 0,340$), tyrimo sąlygų (prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties) ($F(1, 115) = <0,00$; $p = 0,992$) bei tyrimo sąlygų ir grupių sąveikos ($F(3, 115) = 1,376$; $p = 0,254$), nustatyta, kad individualaus alfa dažnio medianai šie faktoriai įtakos neturėjo (3.1 lentelė, 3.8 pav.). Amžius analizuojamam stabilumui taip pat neturėjo įtakos ($F(1, 115) = 1,130$; $p = 0,618$). Dėl šios priežasties buvo atlikta Pearson koreliacinė analizė bendram parametro stabilumo įvertinimui (3.9 pav.). Koreliacinė analizė atskleidė, kad parametras linkęs išlikti stabilus keičiantis tyrimo sąlygoms (pasižymėjo vidutine teigiama koreliacija – $r = 0,477$; $p < 0,001$).



3.8 pav. Individualaus alfa dažnio medianos pasiskirstymas tarp moterų hormoninio statuso grupių ir sąlygų: šviesiai mėlyna (prieš emocinio reguliavimo užduotį) ir šviesiai žalia (po emocinio reguliavimo užduoties).



3.9 pav. Pearson koreliacija tarp individualaus alfa dažnio (angl. IAF – individual alpha frequency) medianos ir tyrimo sąlygų

3.3. Nuolydžio, alfa galios ir individualaus alfa dažnio stabilumo sąsaja su emociniu jaudinimu ir emocinės būklės vertinimu

Emocinio jaudinimo ir emocinės būklės sąsajos su nagrinėjamais parametrais radimui buvo taip pat pasirinkta atlikti Pearson koreliacinę analizę su Bonferroni – Holm korekcija. Analizėje buvo ieškoma sąsajos tarp emocijų reguliavimo, emocinės būklės vertinimo klausimynų, emocinio jaudinimo, nuovargio rezultatų ir tyrimo sąlygų. Vertinant emocijų reguliavimo strategijų sąsaja su analizuojamų parametrų (1/f nuolydžio, alfa galios ir individualaus alfa dažnio) rezultatais tarp tyrimo sąlygų, nustatyta, kad emocinis pervertinimas ir slopinimas, neturėjo statistiškai reikšmingos sąsajos su šiais nagrinėjamais parametrais (3.2 lentelė).

3.2 lentelė Pearson koreliacijos tarp emocinio vertinimo strategijų ir periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų po emocinio reguliavimo užduoties

Parametras	Emocijų reguliavimo strategija	r	p
Nuolydis	Pervertinimas	-0,114	0,215
	Slopinimas	-0,065	0,479
Alfa galia	Pervertinimas	0,078	0,396
	Slopinimas	-0,081	0,377
Individualus alfa dažnis (IAF)	Pervertinimas	0,076	0,410
	Slopinimas	0,138	0,133

Statistiškai reikšmingos koreliacijos tarp gebėjimo identifikuoti emocijas (aleksitimijos), generalizuoto nerimo ir nagrinėjamų parametrų: 1/f nuolydžio, alfa galios ir individualaus alfa dažnio nebuvo taip pat pastebėta (3.3 lentelė).

3.3 lentelė Pearson koreliacijos rezultatai tarp emocinės būklės vertinimo ir periodinio bei neperiodinio aktyvumo parametrų

Parametras	Emocinės būklės vertinimas	r	p
Nuolydis	Aleksitimija	0,125	0,174
	Nerimas	0,047	0,631
Alfa galia	Aleksitimija	-0,009	0,923
	Nerimas	0,071	0,470
Individualus alfa dažnis (IAF)	Aleksitimija	-0,069	0,457
	Nerimas	-0,011	0,912

Statistiškai reikšmingos sąsajos tarp PANAS klausimyno rezultatų – pozityvaus (PA) ir negatyvaus (NA) afekto rodiklių ir nagrinėjamų parametrų: 1/f nuolydžio, alfa galios ir individualaus alfa dažnio nebuvo pastebėta (3.4 lentelė).

3.4 lentelė Pearson koreliacinės analizės rezultatai tarp emocinio afekto vertinimo ir periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų

Parametras	Emocinio afekto vertinimas	r	p	p.koreguota
Nuolydis	PA	-0,151	0,097	0,582
	NA	-0,102	0,264	1
Alfa galia	PA	0,065	0,483	1
	NA	0,056	0,545	1
Individualus alfa dažnis (IAF)	PA	0,049	0,595	1
	NA	0,002	0,982	1

Vertinant emocinio jaudinimo ir nuovargio sąsajas su nagrinėjamų parametrų stabilumu, nustatyta, kad alfa galios ir individualaus alfa dažnio medianų stabilumas nekoreliuoja su emociniu jaudinimu ir nuovargiu prieš ir po emocinio jaudinimo užduoties (3.5 lentelė). Tačiau pastebima nuolydžio parametro stabilumo sąsaja su nuovargiu po emocinio jaudinimo užduoties. Nuovargio ir nuolydžio sąsaja pasižymėjo silpna teigiama koreliacija ($r = 0,321$; $p < 0,001$; $p.koreguota = 0,003$). Nuovargio lygis prieš emocijų reguliavimo užduotį teigiamai koreliavo su neperiodinio aktyvumo nuolydžiu ($r = 0,206$, $p = 0,023$), tačiau šis ryšys nebuvo reikšmingas po Bonferroni – Holm korekcijos dėl daugybinių palyginimų ($p.koreguota = 0,235$).

3.5 lentelė Pearson koreliacinės analizės rezultatai tarp emocinio jaudinimo ir nuovargio vertinimo ir periodinio ir neperiodinio aktyvumo parametrų

Parametras	Emocinis jaudinimas ir nuovargis	r	p	p.koreguota
Nuolydis	Emocinis jaudinimas prieš	-0,005	0,957	1
	Emocinis jaudinimas po	0,003	0,976	1
	Nuovargis prieš	0,206	0,023	0,258
	Nuovargis po	0,321	<0,001	0,003
Galia	Emocinis jaudinimas prieš	0,128	0,167	1
	Emocinis jaudinimas po	-0,025	0,786	1
	Nuovargis prieš	0,037	0,693	1
	Nuovargis po	0,072	0,435	1
Individualus alfa dažnis	Emocinis jaudinimas prieš	0,159	0,086	1
	Emocinis jaudinimas po	0,107	0,250	1
	Nuovargis prieš	-0,051	0,585	1
	Nuovargis po	-0,135	0,145	1

4. REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu buvo bandoma atskleisti neperiodinio ir periodinio ramybės elektroencefalogramos aktyvumo parametrų: 1/f spektrinio nuolydžio, alfa osciliacijų galios ir individualaus alfa dažnio stabilumą emocinio jaudinimo ir moterų hormoninės būsenos kontekste. Gauti tyrimo rezultatai ir išvados gali prisidėti prie aiškesnio periodinio ir neperiodinio aktyvumų ryšio supratimo ir įprasminti naujas tyrimų perspektyvas.

Tyrimo metu gauti rezultatai parodė, kad 1/f spektrinis nuolydis pasižymėjo stabilumu lyginant dvi tyrimo sąlygas: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties. Šio parametro stabilumas buvo nusakytas koreliacija tarp sąlygų ir nagrinėjamo parametro. Esant teigiamai vidutinio stiprumo koreliacijai galima teigti, kad parametras išliko stabilus net keičiantis tyrimo sąlygoms. Prieštaringus rezultatus pateikia Borah ir kiti (2024) savo atliktame tyrime, kuriame teigia, emocinio jaudinimo sąsaja su padidėjusią neperiodinio aktyvumo eksponente ir poslinkiu po emocinio jaudinimo lyginant su mažesnio jaudinimo tiriamųjų duomenimis. Šiame darbe nei mišrios ANOVA analizė nei koreliacinė analizė su emociniu jaudinimo rezultatais neparodė statistiškai reikšmingų skirtumų. Šių rezultatų skirtingumą gali įtakoti skirtinga tyrimų metodika: skirtinga emocinio jaudinimo užduotis, tiriamųjų kiekis bei tyrimo trukmė. Hormoninio statuso skirtumas tarp grupių neperiodinio aktyvumo 1/f nuolydžio stabilumui įtakos taip pat neturėjo. Statistiškai reikšmingų skirtumų tarp grupių šio parametro atžvilgiu nebuvo rasta. Gauti nuolydžio rezultatai taip pat buvo siejami ir emocinės būklės klausimynų rezultatais. Analizė parodė, kad nuolydžio parametras statistiškai reikšmingai nekoreliuoja su emocijų reguliavimo strategijomis: situacijos pervertinimu ir emocijų slopinimu, emocinio afekto (PANAS) skalės atsakymais, gebėjimu identifikuoti emocijas ar galimomis nerimo apraiškomis. Šios sąsajos nebuvimą dalinai pagrindžia ir Borah ir kiti (2024) atliktame tyrime suformuluota išvada, kad neperiodinis aktyvumas neturėjo sąsajos su emociniu valentingumu (teigiamų ar neigiamų emocijų vertinimu). Tačiau įvertinus neperiodinio aktyvumo nuolydžio medianos sąsajas su emociniu jaudinimu ir nuovargiu, pastebėta, kad emocinis jaudinimas neturi sąsajos su šiuo parametru, kai nuovargis prieš emocijų reguliavimo užduotį teigiamai koreliavo su nuolydžio parametru. Kaip Craig ir kiti (2012) teigia, kad neperiodinio aktyvumo eksponentė nuovargio metu padidėjo, palyginti su pradiniu lygiu. Galios tankio spektro (PSD) nuolydis buvo statesnis, o tai rodo padidėjusį neperiodinį triukšmą, atspindintį neurofiziologinius pokyčius, susijusius su nuovargiu. Taip pat šis

autorius pabrėžia, kad keičiasi ir alfa bei beta bangų parametrai esant nuovargiui, tačiau šiame darbe tokia sąsaja nebuvo pastebėta. Tačiau siekiant pilnai pagrįsti nuolydžio parametro sąsaja su emociniu jaudinimu ir nuovargiu, platesnės informacijos literatūroje trūksta.

Tyrime buvo analizuojamas periodinio aktyvumo parametras – alfa galios ir individualaus alfa dažnio stabilumas emocinio jaudinimo ir moterų hormoninio statuso kontekste. Rezultatai atskleidė, kad alfa galia esant skirtingoms tyrimo sąlygoms: prieš ir po emocinio reguliavimo užduoties statistiškai reikšmingai keitėsi tik IUD tiriamųjų grupėje, o visų kitų grupių atžvilgiu išlieka stabili. Taip pat bendras grupių alfa galios stabilumas skirtingų sąlygų metu išlieka nepakitęs, kas leidžia daryti išvadą, kad tik vienoje IUD grupėje matoma sąlygų daroma įtaka parametro stabilumui. Tačiau atlikus koreliacinę analizę matome, kad emocijų reguliavimo strategijos ir emocinės būklės klausimynų atsakymai nekoreliuoja su parametro pasikeitimu. Kai tuo tarpu, alfa galios skirtumas esant skirtingoms tyrimo sąlygoms koreliavo su emocinio jaudinimo rezultatais prieš emocijų reguliavo užduotį nors bendrai parametras neturėjo sąsajos su emociniu jaudinimu. Autoriai teigia, kad alfa galios mažėjimas yra siejamas su emociniu jaudinimu ir rodo pagrindžiančius rezultatus: alfa galia mažėja lyginant didelio ir mažo emocinio jaudinimo grupes (Bazanova & Vernon, 2014; Kirschfeld, 2005; Schubring & Schupp, 2019, 2021). Šio tyrimo analizėje matome vizualų bei statistiškai reikšmingą alfa galios mažėjimą, kas sutampa su minėtų autorių išvadomis. Manome, kad padidinus tiriamųjų imtį gautume dar ryškesnį skirtumą bei stipresnį sąsają tarp emocinio jaudinimo ir parametro pokyčio. Šio tyrimo rezultatuose matome, kad alfa galia statistiškai reikšmingai nekinta ir tarp skirtingų hormoninio statuso grupių ir prieštarauja kitų autorių teigiamoms išvadoms. Brötzner ir kitų (2014) pateikiamos išvados teigia, kad keičiantis natūraliam menstruacijų ciklui kinta ir hormoninė moters aplinka, kuri gali turėti įtakos alfa galios ir dažnio pokyčiams skirtingais ciklo etapais. Individualaus alfa dažnio rezultatai taip pat parodo kitokias išvadas nei buvo tikėtasi. Individualus alfa dažnis išliko stabilus keičiantis tyrimo sąlygoms ir esant skirtingoms hormoninio statuso grupėms. Koreliacinė analizė tarp nagrinėjamo alfa dažnio ir tyrimo sąlygų pasižymėjo vidutinę teigiamą koreliaciją, kas rodo, kad parametras išliko stabilus. Tai gali būti taip pat ir susiję su atmerktų akių Bergerio efektu, kadangi šio tyrimo metu įrašai buvo atliekami atmerkтомis tiriamųjų akimis nei kiti tokio tipo aprašyti atvejai (Bazanova & Vernon, 2014; Brötzner et al., 2014; Gaižauskaitė et al., 2024; Niedermeyer, 1997; Schubring & Schupp, 2019). Taip pat skirtumų nebuvimas tarp hormoninio statuso grupių gali būti siejamas su mažu estrogeno

variabilumu tarp tiriamųjų kaip aprašoma Gaižauskaitė ir kitų (2024) atliktame tyrime, kurio dalis duomenų nagrinėjami ir šiame darbe. Šiame darbe parametrai buvo nagrinėjami su amžiaus kovariante, kuri šiuo atveju neturėjo jokios įtakos. Pagal Montemurro ir kitų (2024) publikacija, vyresni asmenys (60 – 77 metų amžiaus) pasižymi mažesne neperiodinio aktyvumo eksponente ir poslinkiu bei mažesne IAF amplitude, lyginant su jaunesniais suaugusiais (20 – 35 metų amžiaus). Tačiau šiame darbe metų tarpas tarp tiriamųjų galėjo būti per mažas, norint pastebėti amžiaus įtaką nagrinėjamiems parametrams.

Išnagrinėjus tyrimo rezultatus, galima teigti, kad emocinio jaudinimo ir moterų hormoninės būsenos kontekste periodinio ir neperiodinio ramybės EEG aktyvumo parametrai išlieka stabilūs ir jų skirtumus keičiantis tyrimo sąlygoms gali lemti tiriamųjų imtis, emocinio jaudinimo ir nuovargio stiprumas ir hormoninės būsenos variabilumas. Tikimės, kad šie tyrimo rezultatai suteiks naujų įžvalgų šioje srityje ir prisidės prie tolimesnių tyrimų, siekiant gilinti žinias periodinio ir neperiodinio aktyvumo analizavime.

IŠVADOS

1. Neperiodinio aktyvumo $1/f$ nuolydžio parametras, alfa galia ir individualus alfa dažnis nesiskyrė tarp natūralaus ciklo folikulinės fazės, natūralaus ciklo geltonkūnio fazės, geriamąją kontracepciją (OC) vartojančių ir hormoninę spiralę (IUD) turinčių moterų.
2. Lyginant sąlygas prieš ir po emocijų reguliavimo užduoties:
 - a. neperiodinio aktyvumo $1/f$ nuolydžio parametras išliko stabilus;
 - b. alfa galia išliko stabili visose grupėse išskyrus IUD turinčias moteris, kurių alfa galia po emocijų reguliacijos užduoties sumažėjo.
 - c. individualus alfa dažnis išliko stabilus.
3. Neperiodinio aktyvumo nuolydžio parametras, alfa galia ir individualus alfa dažnis nebuvo susiję su emocinės būklės vertinimo rezultatais.
4. Neperiodinio aktyvumo $1/f$ nuolydžio parametras silpnai teigiamai vidutiniškai koreliavo su nuovargio vertinimu po emocinio reguliavimo užduoties, t.y. didėjant nuovargiui, $1/f$ nuolydis taip pat didėjo.

Autoriaus asmeninis indėlis

Rengdama magistrinį baigiamąjį darbą aktyviai prisidėjau prie temos idėjos formavimo, tyrimo tikslo ir uždavinių formulavimo. Savarankiškai atlikau pirminį duomenų apdorojimą, išsamiai išanalizavau duomenis pagal išsikeltą tikslą ir parengiau rašto darbą.

Padėka

Nuoširdžiai dėkoju magistrinio baigiamojo darbo vadovei doc. dr. Ramunei Grikšienei už suteiktą galimybę naudotis jos doktorančių atlikto tyrimo duomenimis, vertingas įžvalgas ir profesionalų vadovavimą rengiant baigiamąjį darbą. Taip pat reiškiu padėką doktorantei Rimantei Gaižauskaitei už konsultacijas atliekant pirminį duomenų apdorojimą.

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Donata Bagdonavičiūtė

Magistrantūros baigiamasis darbas

Periodinių ir neperiodinių ramybės būsenos EEG parametrų stabilumo vertinimas emocinio jaudinimo ir moterų hormoninio statuso kontekste

SANTRAUKA

Naujausi EEG tyrimai rodo, kad smegenų neperiodinis aktyvumas, anksčiau laikytas triukšmu, turi svarbią reikšmę ir yra glaudžiai susijęs su periodiniu aktyvumu. Atsižvelgiant į nepakankamą žinių kiekį apie neperiodinio aktyvumo pokyčius ir ištirtus alfa osciliacijų svyravimus, šio tyrimo tikslas buvo įvertinti periodinių ir neperiodinių ramybės būsenos EEG parametrų stabilumą emocinio jaudinimo ir moterų hormoninio statuso kontekste.

Kiekybiniame tyrime dalyvavo 144 moterys, turinčios skirtingą hormoninį statusą: natūralaus ciklo vėlyvos folikulinės (NCF) ir ankstyvos geltonkūnio (NCL) fazių, vartojančios geriamąją kontracepciją (OC) ar naudojančios hormoninę spiralę (IUD). Ramybės būsenos EEG duomenys buvo įrašomi prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties. Duomenys analizuoti, naudojant mišriąją dispersinę (ANOVA) ir Pearson koreliacinę analizę su Holm–Bonferroni korekcija. Emocinio jaudinimo ir emocinės būklės vertinimui buvo analizuojami nuotaikos, nerimastingumo, aleksitimijos ir emocijų reguliacijos duomenys, bei emocinis sužadindamumas ir nuovargis prieš ir po emocinio reguliacijos užduoties.

Rezultatai parodė, kad $1/f$ nuolydis ir individualus alfa dažnis išliko stabilūs tiek tarp skirtingų hormoninių grupių, tiek keičiantis emocinio jaudinimo sąlygoms. Alfa galia išliko stabili visose grupėse, išskyrus IUD tiriamųjų grupę, kurioje buvo pastebėtas reikšmingas pokytis tarp tyrimo sąlygų. Nepastebėta sąsajų tarp EEG parametrų ir asmenybės bruožų (nuotaikos, nerimastingumo, aleksitimijos, emocijų reguliacijos strategijų). Nustatyta silpna teigiama koreliacija tarp nuovargio prieš emocijų reguliacijos užduotį ir $1/f$ nuolydžio bei tarp emocinio jaudinimo stiprumo ir alfa galios skirtumo prieš ir po emocijų reguliacijos užduoties. Periodiniai ir neperiodiniai EEG parametrai pasižymi stabilumu emocinio jaudinimo ir hormoninių pokyčių kontekste, todėl gali būti patikimi neurofiziologiniai rodikliai, tiriant emocinį ir hormoninį poveikį smegenų veiklai bei suteikti naujų perspektyvų tolimesniems tyrimams.

VILNIUS UNIVERSITY
LIFE SCIENCES CENTER

Donata Bagdonavičiūtė

Master's Thesis

Assessment of the Stability of Periodic and Aperiodic Resting-State EEG Parameters in the Context of Emotional Arousal and Female Hormonal Status

ABSTRACT

Recent EEG research suggests that aperiodic brain activity, previously considered to be mere noise, holds significant relevance and is closely associated with periodic activity. The limited knowledge regarding changes in aperiodic activity and fluctuations in alpha oscillations, the aim of this study was to assess the stability of periodic and aperiodic resting-state EEG parameters in the context of emotional arousal and female hormonal status.

This quantitative study involved 144 women with varying hormonal statuses: those in the late follicular (NCF) and early luteal (NCL) phases of the natural menstrual cycle, users of oral contraceptives (OC), and users of hormonal intrauterine devices (IUD). Resting-state EEG data were recorded before and after an emotion regulation task. The data were analyzed using mixed-design ANOVA and Pearson correlation analysis with Holm–Bonferroni correction. To evaluate emotional arousal and emotional state, measures of mood, anxiety, alexithymia, emotion regulation strategies, as well as emotional arousal and fatigue before and after the emotion regulation task, were analyzed.

The results showed that the 1/f slope and individual alpha frequency remained stable across different hormonal groups and under varying emotional arousal conditions. Alpha power remained stable in all groups except for the IUD group, in which a significant change was observed between the experimental conditions. No associations were found between EEG parameters and personality traits (mood, anxiety, alexithymia, emotion regulation strategies). A weak positive correlation was identified between pre-task fatigue and the 1/f slope, as well as between the intensity of emotional arousal and the difference in alpha power before and after the emotion regulation task. Both periodic and aperiodic EEG parameters demonstrated stability in the context of emotional arousal and hormonal changes, suggesting their potential as reliable neurophysiological indicators in studies of emotional and hormonal effects on brain function. These findings also offer promising directions for future research.

Literatūros sąrašas

1. Alamia, A., Terral, L., D'ambra, M. R., & VanRullen, R. (n.d.). *Distinct roles of forward and backward alpha-band waves in spatial visual attention*.
2. Bazanova, O. M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.05.007>
3. Binnie, C. D., & Prior, P. F. (1994). Electroencephalography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 57(11), 1308–1319. <https://doi.org/10.1136/jnnp.57.11.1308>
4. Borah, R. M., Pathak, A., & Banerjee, A. (2024). *Emotion arousal but not valence is strongly represented in aperiodic EEG activity stemming from thalamocortical interactions*. Cold Spring Harbor Laboratory. <https://doi.org/10.1101/2024.03.11.584477>
5. Brötzner, C. P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Zauner, A., & Kerschbaum, H. H. (2014a). 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>
6. Brötzner, C. P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Zauner, A., & Kerschbaum, H. H. (2014b). 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>
7. Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal Oscillations in Cortical Networks. *Science*, 304(5679), 1926–1929. <https://doi.org/10.1126/science.1099745>
8. Chen, J., Xu, T., Jing, J., & Chan, R. C. (2011). Alexithymia and emotional regulation: A cluster analytical approach. *BMC Psychiatry*, 11(1), 33. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-11-33>

9. Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., & Nguyen, H. (2012). Regional brain wave activity changes associated with fatigue. *Psychophysiology*, 49(4), 574–582. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01329.x>
10. Crawford, J. R., & Henry, J. D. (2004). The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *British Journal of Clinical Psychology*, 43(3), 245–265. <https://doi.org/10.1348/0144665031752934>
11. 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. (2020a). Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*, 23(12), 1655–1665. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
12. 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. (2020b). Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*, 23(12), 1655–1665. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
13. 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. (2020c). Parameterizing neural power spectra into periodic and aperiodic components. *Nature Neuroscience*, 23(12), 1655–1665. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00744-x>
14. Donoghue, T., Hammonds, R., Lybrand, E., Washcke, L., Gao, R., & Voytek, B. (2024). *Evaluating and Comparing Measures of Aperiodic Neural Activity*. <https://doi.org/10.1101/2024.09.15.613114>

15. Finocchi, C., & Ferrari, M. (2011). Female reproductive steroids and neuronal excitability. *Neurol Sci.*
16. Frelih, T., Matković, A., Mlinarić, T., Bon, J., & Repovš, G. (n.d.). *Modulation of aperiodic EEG activity provides sensitive index of cognitive state changes during working memory task.*
17. Gaižauskaitė, R., Gladutytė, L., Zelionkaitė, I., Čėsnaite, E., Busch, N. A., & Griksienė, R. (2024a). The search for the relationship between female hormonal status, alpha oscillations, and aperiodic features of resting state EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 198, 112312. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112312>
18. Gaižauskaitė, R., Gladutytė, L., Zelionkaitė, I., Čėsnaite, E., Busch, N. A., & Griksienė, R. (2024b). The search for the relationship between female hormonal status, alpha oscillations, and aperiodic features of resting state EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 198, 112312. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112312>
19. Herzog, A. G. (2007). Neuroactive Properties of Reproductive Steroids. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 47(s2). <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2007.00817.x>
20. John, O. P., & Gross, J. J. (2004). Healthy and Unhealthy Emotion Regulation: Personality Processes, Individual Differences, and Life Span Development. *Journal of Personality*, 72(6), 1301–1334. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2004.00298.x>
21. Kim, H., Seo, P., Choi, J. W., & Kim, K. H. (2021). Emotional arousal due to video stimuli reduces local and inter-regional synchronization of oscillatory cortical activities in alpha- and beta-bands. *PLOS ONE*, 16(7), e0255032. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255032>

22. Kirschfeld, K. (2005). The physical basis of alpha waves in the electroencephalogram and the origin of the 'Berger effect'. *Biological Cybernetics*, 92(3), 177–185.
<https://doi.org/10.1007/s00422-005-0547-1>
23. 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>
24. Krystecka, K., Stanczyk, M., Magnuski, M., Szelag, E., & Szymaszek, A. (2024). Aperiodic activity differences in individuals with high and low temporal processing efficiency. *Brain Research Bulletin*, 215, 111010.
<https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2024.111010>
25. Luft, C. D. B., & Bhattacharya, J. (2015). Aroused with heart: Modulation of heartbeat evoked potential by arousal induction and its oscillatory correlates. *Scientific Reports*, 5(1), 15717. <https://doi.org/10.1038/srep15717>
26. Montemurro, S., Borek, D., Marinazzo, D., Zago, S., Masina, F., Napoli, E., Filippini, N., & Arcara, G. (2024). Aperiodic component of EEG power spectrum and cognitive performance are modulated by education in aging. *Scientific Reports*, 14(1), 15111. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66049-2>
27. Niedermeyer, E. (1997). Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1–3), 31–49.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00754-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00754-X)
28. Payne, L., Guillory, S., & Sekuler, R. (2013). Attention-modulated Alpha-band Oscillations Protect against Intrusion of Irrelevant Information. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(9), 1463–1476. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00395

29. Petersen, N., & Cahill, L. (2015). Amygdala reactivity to negative stimuli is influenced by oral contraceptive use. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(9), 1266–1272. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv010>
30. 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>
31. Reisenzein, R. (2017). The Legacy of Cognition-Arousal Theory: Introduction to a Special Section of *Emotion Review*. *Emotion Review*, 9(1), 3–6. <https://doi.org/10.1177/1754073916662551>
32. Sacks, D. D., Valdes, V., Wilkinson, C. L., Levin, A. R., Nelson, C. A., & Enlow, M. B. (2024). *Longitudinal trajectories of aperiodic EEG activity in early to middle childhood*. <https://doi.org/10.1101/2024.09.10.612049>
33. Schachter, S., Fd, A., & Singer, J. E. (n.d.). *COGNITIVE, SOCIAL, AND PHYSIOLOGICAL DETERMINANTS OF EMOTIONAL STATE*.
34. Schubring, D., & Schupp, H. T. (2019). Affective picture processing: Alpha- and lower beta-band desynchronization reflects emotional arousal. *Psychophysiology*, 56(8), e13386. <https://doi.org/10.1111/psyp.13386>
35. Schubring, D., & Schupp, H. T. (2021). Emotion and Brain Oscillations: High Arousal is Associated with Decreases in Alpha- and Lower Beta-Band Power. *Cerebral Cortex*, 31(3), 1597–1608. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa312>
36. 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>

37. Vergani, A. A. (2024). Hans Berger (1873–1941): The German psychiatrist who recorded the first electrical brain signal in humans 100 years ago. *Advances in Physiology Education*, 48(4), 878–881. <https://doi.org/10.1152/advan.00119.2024>
38. Voytek, B., & Knight, R. T. (2015). Dynamic Network Communication as a Unifying Neural Basis for Cognition, Development, Aging, and Disease. *Biological Psychiatry*, 77(12), 1089–1097. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.04.016>
39. Waschke, L., Kloosterman, N. A., Obleser, J., & Garrett, D. D. (2021). Behavior needs neural variability. *Neuron*, 109(5), 751–766. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.01.023>
40. 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>