VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
BIOMECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Kotryna Šileikytė

SKAUSMO OBJEKTYVIZAVIMO TYRIMAS

REASEARCH OF PAIN OBJECTYVISATION

Baigiamasis magistro darbas

Biomedicininės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX032
Bioinžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2022

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
BIOMECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
_____
(Parašas)
Julius Griškevičius
(Vardas, pavardė)
_____
(Data)

Kotryna Šileikytė

SKAUSMO OBJEKTYVIZAVIMO TYRIMAS

REASEARCH OF PAIN OBJECTYVISATION

Baigiamasis magistro darbas

Biomedicininės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX032
Bioinžinerijos studijų kryptis

Vadovas prof. dr. Julius Griškevičius _____ _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantė lekt. Angelika Petrėtienė _____ _____
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

.

Vilnius, 2022

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS FAKULTETAS
BIOMECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

Bioinžinerijos studijų kryptis

Biomedicininės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX032

.....
(parašas)

Julius Griškevičius
(vardas, pavardė)

.....
(data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

2022-04-06 Nr. 10
Vilnius

Studentui (ei) ***Kotrynai Šileikytei***
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: ***Skausmo objektyvizavimo tyrimas***

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išanalizuoti mokslo darbus, tiriančius skausmo, skausmo vertinimo metodus. Išnagrinėti priemonių ir įrenginių, naudojamų valdomam skausmui sukelti, valdymo principus, duomenų apdorojimo algoritmus ir jų taikymą. Sudaryti skausmo objektyvizavimo eksperimentinio ir analitinio tyrimo metodiką. Pritaikyti multikontaktinį taktilinio skausmo dirgiklio įrenginį skausmo objektyvizavimo tyrimui: atlikti dirgiklio įrenginio kalibravimo ir validavimo tyrimus taikant laboratorinę įrangą, mechaninio stimulo atkartojamumo tyrimai. Parinkti skausmo vertinimo skalę bei sutapdinti su dirgiklio valdomais parametrais. Susieti skausmo pojūčio rodiklius su kalibruoto įrenginio parametrais. Pateikti gautų parametrų pokyčių priklausomybes grafiškai. Rezultatus apdoroti taikant statistinius metodus, aptarti gautus rezultatus palyginant juos su apžvelgtais mokslinėje literatūroje. Pateikti išvadas bei rekomendacijas. Baigiamojo darbo tikslas – sukurti skausmo vertinimo objektyvizavimo sistemą, kuri leistų valdomai sukelti skausmą skausmo tyrimams atlikti. Funkcionavimo demonstracija.

Baigiamojo magistro darbo konsultantė: lekt. Angelika Petrėtienė
(moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas ..... *prof. dr. Julius Griškevičius*
(parašas) (moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(parašas)

Kotryna Šileikytė
(vardas, pavardė)

2022-04-06
(data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Mechanikos fakultetas
Biomechanikos inžinerijos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Biomedicininės inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas	**Skausmo objektyvizavimo tyrimas.**
Autorius	**Kotryna Šileikytė**
Vadovas	**Julius Griškevičius**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe aprašomas skausmo objektyvizavimo tyrimas ir gauti rezultatai. Teorinėje dalyje atliekama mokslinių straipsnių nagrinėjama tematika analizė. Apžvelgiamos skausmo atsiradimo priežastys, kaip vertinamas skausmas klinikiniu ir biomechaniniu požiūriu, aptariama, kokius metodus taikant yra diagnozuojamas skausmas ir registruojamas skausmo pojūtis. Aprašomas pasirinktas ir suprojektuotas mechaninis skausmo dirgiklis, jo veikimo principas ir validavimas. Tiriamojoje dalyje aprašomas tiriamųjų pasirinkimas tyrimui, pateikiamas tyrimo protokolas, „Biopac“ sistemos veikimas ir elektrodų išdėstymas bei analitinių duomenų apdorojimo algoritmai. Atlikta gautų rezultatų analizė, išskiriant statistiškai reikšmingus parametrus, pagal kuriuos galima įvertinti tiriamojo skausmą pagal fiziologinius signalų elementų pasikeitimus.

Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, literatūros analizė, tyrimo metodika, rezultatai, išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 49 p. teksto be priedų, 19 iliustr., 7 lent., 68 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: skausmo objektyvizavimas, skausmo dirgiklis, širdies EKG variabilumas, skausmo skalės, elektrodai

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Mechanics
Department of Biomechanical Engineering

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Biomedical Engineering** study programme Master Graduation Thesis

Title	**Research of Pain Objectyvisation.**
Author	**Kotryna Šileikytė**
Academic supervisor	**Julius Griškevičius**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

The final master's thesis describes the research of pain objectification and the obtained results. In the theoretical part, the analysis of scientific articles is performed. The causes of pain are reviewed, the pain is assessed from a clinical and biomechanical point of view, and the methods used to diagnose pain and record the sensation of pain are discussed. The selected and designed mechanical pain stimulus is described, the principle of operation and validation are described. The study section describes the selection of subjects for the study, the study protocol, the operation of the Biopac system, arrangement of its electrodes and analytical data algorithms. The analysis of the obtained results was performed, distinguishing statistically significant gait parameters, according to which the subject's pain can be assessed according to the physiological changes of the signal elements. The conclusions and references are presented

Structure: introduction, theoretical part, reserch methodology, research results, conclusions, references.

Thesis consist of: 49 p. text without appendixes, 19 pictures, 7 tables, 68 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: pain objectivization, pain stimulus, heart ECG variability, pain scales, electrodes

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS 7
LENTELIŲ SĄRAŠAS 8
SANTRUMPOS 9
ĮVADAS 10
1. LITERATŪROS ANALIZĖ 12
1.1. Skausmo vertinimas medicinoje 13
1.2. Fiziologiniais signalais pagrįsti skausmo intensyvumo matavimo metodai 15
1.3. Širdies ritmo kintamumo matavimai vertinant skirtingus skausmo dirgiklius 16
1.4. Odos aktyvumo matavimai vertinant skirtingus skausmo dirgiklius 19
1.5. Apibendrinimas 20
2. TYRIMO METODIKA 22
2.1. Įrenginio veikimo ir valdymo principas 22
2.2. Reikiamos jėgos generavimas 25
2.3. Prietaiso kalibravimas 25
2.5. Eksperimentinio tyrimo metodika 29
2.6. Analitinio tyrimo metodika 33
2.7. Statistiniai išmatuotų ir apskaičiuotų parametrų lyginimo būdai 35
3. REZULTATAI 36
3.1. Rezultatų apibendrinimas 41
3.2. Diskusija 42
IŠVADOS 44
LITERATŪROS SĄRAŠAS 45
PRIEDAI 50

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Tyrimo metodikos schema 22
2.2 pav. Mechaninis skausmo dirgiklis 23
2.3 pav. Prietaiso valdymo algoritmas 24
2.4 pav. Kalibravimo schema 26
2.5 pav. Kalibravimo duomenys slėgio nuo apkrovos priklausomybė 27
2.6 pav. Slėgio ir laiko priklausomybės grafikas 28
2.7 pav. Tiriamojo įvertinimas prieš tyrimą 29
2.8 pav. Tiriamojo ir dirgiklio padėtis tyrimo metu 30
2.9 pav. Elektrodų išdėstymas matuojant EKG 31
2.10 pav. Elektrodų išdėstymas matuojant EDA 32
2.11 pav. Duomenų analizės algoritmas 33
2.12 pav. Apkarpytas signalas 34
2.13 pav. Nufiltruotas EKG signalas 34
3.1 pav. R-R intervalo pokytis 37
3.2 pav. HF pokytis 38
3.3 pav. LF pokytis 38
3.4 pav. SDNN pokytis 39
3.5 pav. SCL pokytis 39
3.6 pav. SCR pokytis 40

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Nociceptinio skausmo mechanizmo bendrieji požymiai 13
2.1 lentelė. Kalibravimo duomenys 26
2.2 lentelė. Matavimo rezultatai 28
3.1 lentelė. Pagrindiniai tiriamųjų vertinimo parametrai 36
3.2 lentelė. Sukuriamo skausmo pojūčio vertinimas..... 37
3.3 lentelė. Korealiacijos koeficientai 41
3.4 lentelė. Apibendrinamoji lentelė 42

SANTRUMPOS

ANS – autonominė nervų sistema (angl. *Autonomic nervous system*);

CNS – centrinė nervų sistema (angl. *Central nerve system*);

CVI – širdies susitraukimų dažnio matavimas pagal sinusoidinį gilų kvėpavimą (angl. *Cardiac vagal index*);

EDA – odos laidumas (angl. Electrodermal activity);

EEG – elektroencefalografija (angl. *Electroencephalography*);

EMG – elektromiografija (angl. *Electromyography*);

EKG – elektrokardiograma (angl. *Electrocardiogram*);

fMRT – funkcinio magnetinio rezonanso tyrimas (angl. *Functional magnetic resonance imaging*);

GSR – galvaninis odos atsakas (angl. *Galvanic skin response*);

HF – aukšto dažnio galia (angl. *High frequency*);

HRV – širdies ritmo kintamumas (angl. *Heart rate variability*);

IBI – laikas tarp širdies dūžių (angl. *Interbeat interval*);

LF – žemo dažnio galia (angl. *Low frequency*);

NRS – skaitmeninė vertinimo skalė (angl. *Numeral rating scale*);

PNS – periferinė nervų sistema (angl. *Peripheral nervous system*);

RMSSD – HRV dispersija nuo širdies dūžio iki kito širdies dūžio (angl. *The root mean sqruare of successive differences between normal heartbeats*);

R-R – laikas, praėjęs tarp dviejų nuoseklių QRS signalo R bangų elektrokardiogramoje (angl. *Rural route*);

SCL – odos laidumo lygis (angl. *Skin conduction level*);

SCR – odos laidumo reakcija (angl. *Skin conduction reaction*);

SDNN – NN intervalų standartinis nuokrypis (angl. *The standard deviation of NN intervals*);

VAS – vizualinė analoginė skausmo vertinimo skalė (angl. *Visual analog scale*).

ĮVADAS

Temos aktualumas. Dažniausiai vartojamas ir visuomenėje priimtas skausmo apibrėžimas yra šis: skausmas – tai nemalonus jutiminis ir emocinis potyris, susijęs su esamu ar galimu audinių pažeidimu arba panašaus į tą, kuris yra susijęs su esamu ar galimu audinių pažeidimu (Raja, 2020). Nors fiziologiniam skausmui paaiškinti buvo siūlomos kelios teorijos, tačiau nė viena teorija neįtraukia visų skausmo suvokimo aspektų, kaip visumos. Skausmo suvokimui apibūdinti užtenka keturių aspektų: specifiškumo, intensyvumo, šablono ir skausmo teorijos. Tačiau dar 1968 m. Melzackas ir Casey skausmą apibūdino kaip daugiamatį, kai kintamieji nepriklauso vieni nuo kitų, o greičiau veikia interaktyviai. Kintamuosius sudaro jutiminiai – diskriminaciniai, afektiniai – motyvaciniai ir pažinimo – įvertinimo komponentai.

Tačiau pastebima, kad siekiant įvertinti paciento patiriamą skausmą gydytojui ar tyrėjui reikia vadovautis savo turimomis žiniomis bei įvairiomis skalėmis, kurias taikant skausmą galima įvertinti tik subjektyviai. Pastebėta, kad nėra priimta vieno sprendimo, kaip vertinti skausmą, dėl to atsiranda poreikis atlikti tyrimą, naudojant mechaninį skausmo dirgiklio įrenginį, kuris leistų gydytojui ar tyrėjui valdomai sukelti skausmą tiriamam žmogui, bei pasitelkiant laboratorinę įrangą išmatuoti fiziologinius žmogaus signalus, iš kurių, atitinkamai apdorojus, būtų galima apskaičiuoti skausmo fiziologinius žymenis.

Darbo objektas – skausmo objektyvizavimas, matuojant fiziologinių signalų pokyčius.

Temos naujumas. Naudojamas taktilinis mechaninis skausmo dirgiklis, kuris nebuvo naudojamas Lietuvoje vykdytiems skausmo sukėlimo tyrimams. Šis dirgiklis leidžia suspaustu oru valdomam stūmokliui sukelti skausmo pojūtį tiriamiesiems. Skausmu objektyvizuoti matuojami fiziologiniai signalai ir analizuojami jų pokyčiai, gautus parametrus sutapdinant su tiriamojo skausmo vertinimu pagal VAS skalę.

Darbo tikslas – sukurti skausmo vertinimo objektyvizavimo sistemą, kuri leistų sukelti skausmo dirgiklio atkartojamu ir valdomu būdu, būtų skirta skausmo tyrimams atlikti. Tikslui pasiekti buvo atliktas kiekybinis ir kokybinis skausmo vertinimas taikant fiziologinių signalų pokyčių ir variabilumo analizę.

Pagrindiniai darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti mokslinius straipsnius, nagrinėjančius skausmo objektyvizavimo būdus medicininiu ir biomechaniniu požiūriu, vertinant fiziologinius signalus.
2. Sudaryti skausmo objektyvizavimo eksperimentinio ir analitinio tyrimo metodiką.
3. Atlikti skausmo dirgiklio įrenginio kalibravimo ir validavimo tyrimus, taikant laboratorinę įrangą, įvertinti stimulo atkartojamumą.
4. Pasirinkus skausmo vertinimo skalę sutapdinti su dirgiklio valdomais parametrais.

5. Rasti statistiškai reikšmingus skausmo apibūdinimo parametrus, suteikiančius galimybę objektyvizuoti skausmą.

Darbo metodai. Darbe atliekama mokslinės literatūros analizė, prietaiso validavimas bei signalų registravimas naudojant „Biopac“ sistemą, skaitinis duomenų apdorojimas atliekamas „Matlab“ programine įranga, taikomi statistiniai rezultatų analizės metodai.

Darbo mokslinė vertė. Šis tyrimas leido įvertinti ir sukurti tyrimo metodiką, naudojant taktilinį skausmo dirgiklį. Fiziologinių signalų elementų pokyčiai tarp skausmo sukėlimo fazės ir ramybės yra pagrindiniai rodikliai siekiant objektyvizavimo.

Darbo praktinė vertė. Žinomi pokyčiai fiziologiniuose signaluose, tai leidžia įvertinti kliniškai žmogaus patiriamą skausmą, dėl to gali būti pritaikomas geresnis gydymas.

Darbo aprobacija. Baigiamojo darbo rezultatai pristatyti „Jaunųjų mokslininkų konferencijoje“ 2022 metų balandžio mėnesio 29 dieną, taip pat, buvo paskelbti 2021 metų liepos mėnesio 19 dieną „Europos biomechanikų sąjungos“ kongrese.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

Klinikinio vertinimo metu labai svarbu yra nustatyti labiausiai tikėtiną skausmo mechanizmą neatmetant galimybės, kad yra galimi keli skausmo mechanizmai. Laiku nustačius mechanizmus galima greičiau nustatyti tinkamą paciento gydymą. Kriterijai, kuriais remdamiesi gydytojai gali pagrįsti savo sprendimus dėl atitintamų klasifikacijų, buvo nustatyti remiantis ekspertų sutarimu sudarytu klinikinių rodiklių sąrašu. Vienas iš siūlomų klasifikavimų yra skirstant skausmo mechanizmus į „nociceptinius“, „periferinius neuropatinius“ ir „centrinius“ (Smart, 2020). Nociceptorinis skausmo mechanizmas yra susijęs su pirminių aferentinių neuronų periferinių receptorių aktyvavimu, reaguojant į kenksmingus cheminius (uždegiminius), mechaninius ar išeminius dirgiklius (Baron, 2020). Periferinis neuropatinis skausmas prasideda arba yra sukeliamas PNS pažeidimo arba disfunkcijos ir apima daugybę patofiziologinių mechanizmų susijusių su pakitusia nervų funkcionavimu ir reagavimu (Baron, 2020). Centrinis skausmas, yra patiriamas, kai yra pažeidžiama pirminė CNS (Smart, 2020).

Siekiant sukelti skausmą naudojant mechaninį skausmo dirgiklį yra sukeliamas nociceptinis skausmo mechanizmas. Stimuliuojami nociceptiniai neuronai perduoda aukšto slenksčio kenksmingus dirgiklius centrinei nervų sistemai. Nocicepcinis signalas gali būti nedelsiant nukreiptas į stuburo reflekso kilpą, sukeldamas greitą ir refleksinį atitraukimą, arba pernešamas į smegenų sritis, atsakingas už informacijos integravimą su aukštesnio laipsnio pojūčiais, tokiais kaip skausmas (Ang, 2017). Vertinant nociceptinio skausmo mechanizmą, svarbu atsižvelgti į subjektyvius ir objektyvius jo požymius (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Nociceptinio skausmo mechanizmo bendrieji požymiai (Smart, 2020)

Subjektyvūs	Objektyvūs
Aiškus, proporcingas mechaninis / anatominis pobūdis sunkinantiems ir lengvinantiems veiksniams.	Aiškus, nuoseklus ir proporcingas mechaninis / anatominis skausmo atkūrimo modelis judesio / mechaninio tikslinių audinių tyrimo metu.
Skausmas, susijęs su trauma arba patologiniu procesu (uždegiminis nocicepcinis) arba judėjimo / laikysenos disfunkcija (išeminis nocicepcinis) ir jai proporcingas.	Lokalus skausmas palpuojant (pirminės ir (arba) antrinės) hiperalgezijos ir (arba) alodinijos nebuvimas arba numatomi / proporcingi radiniai.
Skausmas, lokalizuotas sužalojimo / disfunkcijos srityje (su arba be somatinio siuntimo).	Antalgiškos (t. y. skausmą malšinančios) pozos / judesių modeliai.
Paprastai greitai išnyksta arba išsprendžiama atsižvelgiant į numatomą audinių gijimo / patologijos atsigavimo laiką.	Kitų pagrindinių uždegimo požymių (patinimas, paraudimas, karštis) buvimas.
Reaguoja į analgetikus.	Būdingas tipinis skausmo elgesys.
Paprastai su pertrūkiais ir aštriais judesiais / mechanine provokacija, gali būti nuolatinis ne aštrus skausmas ar pulsavimas ramybės būsenos.	Neurologinių požymių nebuvimas – neigiami neurodinaminiai testai.
Skausmas, susijęs su kitais uždegimo simptomais (pvz., patinimu, paraudimu, karščiu) (uždegiminis nociceptinis).	
Neurologinių simptomų nebuvimas.	
Neseniai atsiradęs skausmas.	
Aiškus paros arba 24 valandų požymis iki simptomų (t. y. rytinio sustingimo).	
Netinkamų psichosocialinių veiksnių (t. y. neigiamų emocijų, savęs menkinimo) nebuvimas arba nežymiai susijęs su jais.	

1.1. Skausmo vertinimas medicinoje

Siekiant užtikrinti geresnį sveikatos priežiūros paslaugų personalo ir paciento bendravimą, kad būtų galima nustatyti tinkamą diagnozę ir sudaryti gydymo planą, skausmo skalių naudojimas yra privalomas. Yra keletas skausmo vertinimo skalių rūšių. Kai kurios gydymo paslaugas teikiančios įstaigos gali naudoti paveikslėlius ar spalvas, o kitos skaičius ar žodžius. Sveikatos priežiūros paslaugų tiekėjas pasirenka vertinimo skalę atsižvelgdamas į tai, kokius gebėjimus turi pacientas, ar jis moka skaityti, ar supranta savo būklę ir gali ją įvardinti ir panašiai. Toliau aptariamos dažniausiai naudojamos skausmo vertinimo skalės: NRS, VAS, kategorinės vertinimo skalės.

NRS skalės dažniausiai sudaro skaičių seriją su žodinėmis reikšmėmis skalės galuose, atspindint visą galimą skausmo intensyvumo diapazoną. Dažnai pacientai savo skausmą vertina nuo 0 iki 10, nuo 0 iki 20 arba nuo 0 iki 100, kai nulis reiškia „nėra skausmo“, 10, 20 arba 100 reiškia priešingai – skausmo kontinuumo reikšmę (pavyzdžiui: „intensyviausiais skausmas“, „toks stiprus

skausmas, koks tik gali būti“, „didžiausias skausmas“). Skaitmeninės vertinimo skalės teigiamai koreliuoja su kitomis skausmo gydymo priemonėmis ir yra tinkamos vertinant gydymo plano efektyvumą. NRS gali būti fiksuojamos žodžiu arba raštu, yra paprastai ir lengvai suprantamos, lengva įvertinti patiriama skausmą naudojant šias skales. Pagrindinis šio vertinimo trūkumas yra tas, kad statistiškai ji neturi santykinių savybių. Tai reiškia, kad skalėje esantys skaitiniai lygūs intervalai (pavyzdžiui skirtumas tarp 1 ir 3 ir skirtumas tarp 7 ir 9) gali neatspindėti lygiaverčių intervalų pagal skausmo intensyvumo skalę. Kitas daugumos šių skalių apribojimas yra tas, kad asmenų įvertinimai apie tam tikrą skausmą gali būti ne taip suprantami, keičiant skalių galuose esančius skausmo įvertinimo pavadinimus. Pavyzdžiui, moterys ir vyrai naudoja sistemingai skirtingus įvykius, siekdami suprasti ir įvardinti „intensyviausio įsivaizduojamo skausmo“ reikšmę, ir tai gali reikšmingai paveikti skausmo vertinimą ir jo gydymą (Lazaridou, 2018).

VAS yra matavimo priemonė, kuria bandoma išmatuoti charakteristiką, kuri svyruoja tarp verčių kontinuumo ir negali būti lengvai išmatuota tiesiogiai. Pavyzdžiui, skausmas, kurį jaučia pacientas, svyruoja nuo skausmo nebuvimo iki labai didelio skausmo. Vertinimo skalė gali būti pateikta keliais būdais (Scott, 1976):

- Skalė sugraduota padalomis ar skaičiais (skaitinės vertinimo skalės).
- Metro formos skalė (kreivinė analoginė skalė).
- „Dėžės skalė“, sudarytos iš vienodu atstumu vienas nuo kito nutolusių apskritimų (vieną iš kurių tiriamasis turi pažymėti) ir skalės su aprašomaisiais terminais intervalais išilgai linijos (grafinės vertinimo skalės).

Paprasčiausia VAS yra tiesi horizontali fiksuoto ilgio linija, dažniausiai 100 mm. Galai apibrėžiami kaip kraštutinės matuojamo parametro ribos, orientuotos iš kairės (didžiausias) į dešinę (mažiausias). Pacientui pažymėjus savo vertinimas, tyrėjas arba gydymo paslaugas teikiantis asmuo naudojant liniuotę, nustato balą. Balas nustatomas išmatuojant atstumą milimetrais, 10 cm linijoje tarp „neskausmingo“ taško ir paciento žymės, suteikiant balų diapazoną nuo 0 iki 100. Didesnis balas rodo didesnį skausmo intensyvumą. Rekomenduojamas vertinimas: neskausminga (0−4 mm), nestiprus (5−44 mm), vidutinio sunkumo (45−74 mm) ir stiprus skausmas (75−100 mm) (Hayakawa, 2022).

Įrodyta, kad VAS ant popieriaus formato yra tiksli, tinkama, patikima ir atkuriama. Tačiau, nepaisant plačiai paplitusios popierinės VAS versijos, reikėtų atsižvelgti į tokius apribojimus, kaip sveikatos priežiūros specialisto būtinybė matuoti skausmo duomenis naudojant liniuotę ir rankiniu būdu perrašyti jų reikšmes į elektroninius užrašus. Gauti duomenys apie skausmą gali turėti galimų transkripcijos klaidų, spausdinimo klaidų ir klaidų susijusių su įrašų pildymų popieriniuose skausmo dienoraščiuose (Escalona - Marfil, 2020).

Kategorinėje skausmo skalėje naudojami žodiniai arba vaizdiniai aprašai, skirti asmenims pranešti apie savo skausmo lygį (Safikhani, 2018):

- Verbalinėje skausmo intensyvumo skalėje skausmo lygiui apibūdinti naudojami būdvardžiai, tokie kaip „lengvas“, „vidutinio stiprumo“, „stiprus“, „keliantis nepatogumą“, „varginantis ar nepakeliamas“. Asmenys pasirenka būdvardį, kuris geriausiai atitinka jų skausmo intensyvumą.
- Vizualinė skausmo intensyvumo skalė rodo veidus su įvairiomis išraiškomis – nuo veido su plačia šypsena iki ašarų pilno veido. Šios skausmo svarstyklės ypač naudingos vaikams.

Ir vis dėlto, ne visada žmonės gali įvardinti ar parodyti skalėje savo skausmą, todėl gydymo paslaugas teikiantis personalas gali skausmą įvertinti fiziologiniais signalais.

1.2. Fiziologiniais signalais pagrįsti skausmo intensyvumo matavimo metodai

Naujausi objektyvaus skausmo vertinimo tyrimai buvo atliekami vertinant žmogaus elgesio pasikeitimą ir jo nuspėjamumą, pavyzdžiui vertinant vokalizaciją (Helmer, 2020), kūno judesius (Kerbage, 2021) ir veido išraiškas (Xu, 2021). Klinikinėje praktikoje taikomas elgesio vertinimas žmogui kenčiančiam skausmą, negali būti taikomas asmenims, kuriems yra paralyžius ar kiti motoriniai sutrikimai, turintys įtakos elgesio pasikeitimams. Stebint žmogaus veidą, galima išgauti daugybę su emocine būsena susijusių bruožų, įskaitant skausmo būseną. Tačiau norint įvertinti paciento ar tiriamojo skausmą veide, reikia sekti specialias veido sritis, o tai gali būti labai sudėtinga klinikinėje praktikoje. Nemažiau svarbi nagrinėjama skausmo sritis, nepriklausomai nuo žmogaus veido išraiškų ar valingo elgesio yra skausmo pojūčio perteikimas fiziologiniais signalais (Chu, 2017).

Pagrindiniai fiziologiniai signalų tyrimai:

- HRV kaip autonominės nervų sistemos indeksas, yra susijęs su reaktyvumu į eksperimentinius skausmo dirgiklius. HRV indeksas gali geriau paaiškinti simpatinės ir parasimpatinės veiklos atsako į nociceptinę stimuliaciją indėlį (Forte, 2022), (Karri, 2017);
- EDA gali būti naudojamas nustatant streso ir nerimo požymius, kuriuos sukelia įvairūs skausmo lygiai. Tačiau pastebima, kad gaunamo EDA signalo specifiškumo įvertinimas labai skiriasi (Susam, 2019), (Bari, 2018);
- EMG dažnai naudojama diagnozuoti skausmus ir įvairius jutimo simptomus stuburo ir galūnių srityje bei paaiškinti skausmo židinį ar difuzinį raumenų silpnumą. Šis tyrimas ne retai yra atliekamas kartu su periferinių nervų laidumo tyrimais, siekiant diagnozuoti neuropatijas ar polineuropatijas (Lazaro, 2018), (Zhemchuzhkina, 2021);

- EEG tai populiarus neinvazinis neurovizualinis metodas, naudojamas elektros įtampos pokyčiams galvos odoje matuoti, susidariusiems dėl žievės aktyvumo pokyčių. Tai yra veiksminga priemonė matuoti skausmą, nes jis yra fiziologinis signalas, kuris perduodamas iš skausmo šaltinio į nervų sistemą, kartu sukeldamas EEG modelio pokyčius (Wu, 2022);
- fMRT tai vienas pažangiausių ir saugiausių tyrimo metodų. Tyrimo metu naudojamas stiprus magnetinis laukas ir radijo dažnių bangos, kurias naudojant išgaunamas detalus vidaus organų ir minkštųjų audinių vaizdas. Atlikti tyrimai nustatė, kad nociceptiniai ir ne nociceptiniai somatosensoriniai dirgikliai suaktyvina persidengiančius smegenų regionus, tačiau, kai kurie iš šių regionų, pavyzdžiui, operkulinės žievės ir motorinė smegenų sritys, yra aktyvesnės apdorojant nociceptinį skausmą (Mao, 2022), (Li, 2021).

Vis dažniau yra patvirtinama, kad skausmo vertinimui reikia pasitelkti daugiarūšius signalus, neapsiriboti vieno pobūdžio signalais. Standartinis ANS aktyvumo funkcinis širdies ir kraujagyslių įvertinimas atliekamas vertinant HRV eilutę spektrine analize. Tačiau vis dar sunku įvertinti simpatinės ir parasimpatinės nervų sistemos gaunamų impulsų dinamiškumą, matuojant vien tik HRV dydį, bet buvo įrodyta, kad EDA matavimai yra patikimas simpatinės ir parasimpatinės dinamikos kiekybinis rodiklis (Ghiasi, 2020).

1.3. Širdies ritmo kintamumo matavimai vertinant skirtingus skausmo dirgiklius

Vienas iš būdų įvertinti centrinės nervų sistemos ir širdies ryšį yra HRV naudojimas neinvazinio metodo tyrime, naudojamas širdies sinusinio mazgo ir ANS moduliacijai įvertinti, kuriame aprašomi svyravimai tarp nuoseklių elektrokardiogramos R-R intervalų (Forte, 2019). Neurovisceralinės integracijos modelis gali būti laikomas lanksčia, susijusia su savireguliacija ir prisitaikymu sistema. Nepaisant šios nervų sistemos sudėtingumo, gali būti, kad fiziologinės priemonės, tokios kaip HRV, gali būti rodikliai, nurodantys, kiek ši sistema užtikrina lankstų, prisitaikantį reguliavimą esant iššūkiams (tai yra skausmui). Buvo pasiūlyta, kad didesnis HRV lygis ramybėje rodo labai adaptyvių emocinių reakcijų kontekstą, o žemas HRV yra susijęs su sveikatos sutrikimais, įskaitant širdies ir kraujagyslių ligas, nuotaikos sutrikimus ir padidėjusį sergamumą. HRV sumažėjimas dažnai yra siejamas su lėtinėmis skausminėmis ligomis, tokiomis, kaip nugaros skausmas (Hallman, 2012), kaklo skausmas (Bakken, 2021), fibromialgija (Martins, 2021), fantominiais galūnių skausmais (Pacheco-Barrios, 2021).

Visuose tyrimuose HRV buvo matuojamas nepertraukiamu EKG įrašymu, kuris truko mažiausiai 3 minutes, kaip rekomenduoja Europos kardiologų draugijos ir Šiaurės Amerikos draugijos gairės (Malik, 1996). Širdies susitraukimų dažnio kintamumas buvo įvertintas atsižvelgiant

į laiko srities analizę, dažnio srities analizę arba abu. Žemiau pateikiami tyrimai vertinant HRV įvairiai sukeliant skausmą.

1.3.1. Šiluminiai dirgikliai

Šiluminiams dirgikliams priskiriami šalčiu ir karščiu sukeliamas skausmas. Šio tipo dirgikliai yra dažniausiai naudojami ir aprašomi skausmo objektyvizavimo tyrimuose. Dažniausiai šalčiu sukeliamas skausmas atliekant „Šalto spaudimo“ užduotį, kuri yra atliekama kai tiriamasis 5 minutes galūnę laiko kambario temperatūroje, tada 3 minutes laiko šaltoje, ledo pilnoje vonelėje ir 5 minutes vėl kambario temperatūroje. Viso bandymo metu yra fiksuojama tiriamojo EKG (Piovesan, 2019). Tačiau skausmas gali būti sukeliamas ir naudojant šalčio plokštelę (Streff, 2010), terminės simuliacijos prietaisus (Ye, 2017), „Šalto puodelio“ testą (De Pascalis, 2018) ar naudojant plastikinį butelį su lediniu vandeniu (Tian, 2020). Pastebėta, kad šalčio dirgiklis padidino parasimpatinius HRV komponentus, tokius kaip RMSSD, SDNN (Shaffer, 2017), CVI (Cheshire, 2021)), HF ir vidutinį R-R (Poulsen, 2019) bei IBI (Iorfino, 2016). Atlikti kitų mokslininkų tyrimai nustatė neigiamą korealiaciją tarp skausmo ir laiko srities, bet pastebėjo teigiamą tarp skausmo ir dažnio srities (De Pascalis, 2018).

Skausmo sukėlimui karščiu dažniausia naudojami tokie dirgikliai, kaip lazeris (Chouchou, 2011), IC termostatas (Ye, 2017) ir rankos panardinimas į karštą vonelę (Streff, 2010). Nagrinėtuose straipsniuose pabrėžiami simpatinės ir parasimpatinės sistemų pokyčiai esant karščio dirgikliui. Simpatinės sistemos aktyvumo pokyčiai buvo išreikšti LF/HF santykio (Fauchon, 2017) ir LF rodiklio padidėjimu, o R-R (Chouchou, 2011), SDNN (Meeuse, 2013) ir HF rodiklių sumažėjimu (Treister, 2007). Tačiau parasimpatinės sistemos aktyvumo padidėjimas buvo išreikštas HF (Adler-Neal, 2020) ir RMSSD (Schneider, 2020) rodiklių padidėjimu, bei išreikštas sumažėjusiu LF rodikliu (Meeuse, 2013). Taip pat, nagrinėjamoje literatūroje, pastebėta, kad supažindinus tiriamuosius su skausmo dirgikliu, tiriamieji įvardina skausmą, kaip mažesnį, nei tie, kurie nebuvo supažindinti (Aslaksen, 2008).

1.3.2. Mechaniniai dirgikliai

Mechaniniams dirgikliams priskiriami dirgikliai, kuriuos naudojant nervinės galūnėlės, esančios odos paviršiuje, receptoriai išsitempia sąveikaujant su specifiniais receptoriais (Swift, 2015). Skausmo sukėlimui slėgiu, ne retai naudojami skaitmeniniai slėgio algometrai (Adler-Neal, 2020), prototipai, kuriems suteikus reikiama slėgį į odą suleidžiamas atitinkamo smailumo dirgiklis (Paine, 2009) ir pripučiant spaudimo manžetę ją pozicionuojant ant norimos tirti kūno vietos (Sclocco, 2016).

Nagrinėtoje literatūroje nustatytas didesnis simpatinės sistemos aktyvumas sukeliant skausmą mechaniniu dirgikliu. Didesnį aktyvumą nurodo SDNN ir HF sumažėjimas, bei LF ir LF/HF santykio padidėjimas (Santarcangelo, 2008). Tačiau, keli autoriai išskyrė priešingą nuomonę ir nustatė parasimpatinės sistemos aktyvumą reaguojant į skausmingą slėgio dirgiklį (Courtois, 2020). Naudojant prototipus, buvo įrodytas ryšys tarp parasimpatinės sistemos veiklos ir skausmo suvokimo (Poulsen, 2019).

1.3.3. Elektriniai dirgikliai

Skausmas yra sukeliamas elektriniais dirgikliais naudojant elektrinius stimuliatorius (Cho, 2019), paviršinius elektrodus (Terkelsen, 2004) ar sukeltais elektromagnetiniais laukais (Ghione, 2004). Atliktuose tyrimuose naudojant kietus paviršinius elektrodus, buvo nustatytas RMSSD rodiklio padidėjimas skausmo metu (Courtois, 2020). Sukeliant skausmą elektromagnetiniais laukais, pastebėtas LF komponento padidėjimas, o HF komponentas išliko pastovus (Ghione, 2004), tačiau naudojant šio pobūdžio dirgiklį buvo taip pat pastebimas ir HRV sumažėjimas (Jess, 2016). Nagrinėjant literatūrą, pastebėta, kad naudojant elektrinius stimuliatorius simpatinės sistemos aktyvumas sustiprėja, tai pažymi padidėjęs HF komponentas (Piovesan, 2019).

1.3.4. Hipertoninio fiziologinio tirpalo injekcija

Atliekant eksperimentus siekiant sukelti skausmą paviršiniuose bei giliuose raumenyje naudojamas sterilus hipertoninis fiziologinis tirpalas (5 %) ir hipertoninis druskos tirpalas (7 %) (Bedixen, 2013). Nustatyta, kad infuzijos metu padidėja simpatinės sistemos aktyvumas (A. Fazalbhoy, 2012), veikiant tiek giliuosius, tiek paviršinius raumenis, taip pat parasimpatinės sistemos parametrai, tokie kaip RMSSD ir HF (Bedixen, 2013).

Aptarti skausmo dirgikliai buvo naudojami, siekiant suvokti skausmo intensyvumą, skausmo nemalonumą, skausmo slenksčius ir skausmo toleranciją.

Skausmo slenksčiai buvo vertinami taikant skirtingus metodus. Naudojant karščio dirgiklius, buvo vertinami didinant prietaiso temperatūrą, kol tiriamasis dirgiklį suvokia kaip skausmingą (Tracy, 2018) arba laikoma, kad temperatūra tam tikrame VAS taške yra skausminga. Tada rezultatų vidurkis buvo apskaičiuotas pagal bandymų skaičių, o apskaičiuotos slenkstinės vertės buvo vidutinė temperatūra (°C), kuriai esant kiekvienas tiriamasis nurodė, kad per kiekvieną iš trijų ekspozicijų jaučia stiprų ir vidutinio stiprumo skausmą (Craig, 2003). Šalto skausmo slenksčiai buvo nustatyti kaip šalta temperatūra, kuriai esant tiriamasis nurodė, kad dirgiklis yra skausmingas (Sharma, 2017), arba visas laikas nuo panardinimo iki tiriamasis žodžiu praneša apie skausmą. Slėgio skausmo

slenksčiai buvo pasiekti, kai tiriamojo pojūtis pasikeitė dėl slėgio (sukeliamas naudojant slėgio algometrą) į skausmą, kuris buvo apskaičiuotas tam tikram bandymų skaičiui (Acevedo, 2020). Elektrinės stimuliacijos skausmo slenksčiai buvo gauti, kai tiriamasis pranešė apie skausmo pojūtį, kurį sukelia srovė (Arsenault, 2013). Skausmo tolerancija buvo vertinama atsižvelgiant į tai, kada karščio (Chalaye, 2009), šalčio (Sharma, 2017), slėgio (Paine, 2009) lygis tapo nepakeliamas.

1.4. Odos aktyvumo matavimai vertinant skirtingus skausmo dirgiklius

Kitas neinvazinis būdas naudojamas įvertinti centrinės nervų sistemos ir širdies ryšį yra EDA. EDA – tai žmogaus kūno savybė, sukelianti nuolatinį odos elektrinių savybių kitimą, signalas laikomas naudingu biomedicinos duomenų tašku, kuris yra tinkamas vertinant skausmo suvokimą (Grimnes, 2015). Žmogaus oda išskiria prakaitą naudojant daugiau nei 3 milijonus prakaito liaukų. Prakaito liaukos yra paskirstytos visame kūne, tačiau didžiausias jų tankis yra pėdose, delnuose, pirštuose, kaktoje ir skruostuose. Jei tiriamasis yra veikiamas tam tikra dirgikliu grupe, galimai jis išskirs prakaitą, kitaip vadinama emociniu prakaitu. Dėl to sumažėja odos atsparumas arba kitaip, padidėja odos laidumas, kuris vadinamas EDA arba GSR (2017).

EDA matavimą sudaro odos elektros laidumo, varžos, impedanso (priklausomai nuo įrašymo metodo) matavimai. Dažniausiai odos laidumas matuojamas ir išreiškiamas mikrosimensais (µS) (Caruelle, 2019). Toliau pateikiami tyrimai vertinant EDA įvairiai sukeliant skausmą.

1.4.1. Šiluminiai dirgikliai

Kaip jau buvo minėta 1.3.1. poskyryje, šiluminiams dirgikliams yra priskiriami dviejų tipų skausmo sukėlimo dirgikliai, tai yra skausmą galima sukelti šiluma ir šalčiu. Aptariami atvejai literatūroje, kai naudojami arba vieno arba kito tipo dirgikliai, tačiau bandant objektyvizuoti skausmą vertinant EDA, dažnu atveju šie du tipai yra imami, kaip vienas, tai yra naudojamos šiluminės grotelės. Šiluminės grotelės susideda iš persipynusių vamzdelių, kuriuos nustatant, šalti ir šilti dirgikliai pasikeisdami sukuria skausmo pojūtį (Jiang, 2019). Atliekant šio pobūdžio tyrimus, pastebima, kad padidėja SCR, kuris nurodo greita simpatinės sistemos reakcija į dirgiklį (Dwson, 2007).

1.4.2. Elektriniai dirgikliai

Elektriniai dirgikliai siunčia švelnius elektros impulsus per odą, kad pradėtų stimuliuoti raumenis arba manipuliuoti nervais (Kong, 2021). Neseniai buvo nustatyta, kad EDA spektrinė

analizė yra jautresnė ir simpatinės nervų sistemos sudirginimo įvertinimui nei tradiciniai rodikliai (pvz., toniniai ir faziniai komponentai) (Thong, 2018). Tačiau nė viena iš pirmiau minėtų analizių neapima skirtingų EDA charakteristikų, kurios galėtų būti jautresnės greitai kintančios dinamikos, susijusios su skausmo atsakais, fiksavimui. Siekiant tai nustatyti buvo atliekami skausmo matavimai naudojant elektrinius dirgiklius (Posada-Quintero, 2020). Atlikti tyrimai su tiriamaisiais atliekant keturių lygių skausmo stimuliaciją naudojant elektrinį dirgiklį (Hernando-Gallego, 2018) aprašo skirtingas EDA charakteristikas labai prisidėjo prie klasifikatorių skausmo stimuliavimo lygio nustatymo tikslumo. Pastebėta, kad dauguma stimuliacijų impulsų sukėlė vieną ar daugiau SCR. Visos stimuliacijos metu galima stebėti skirtingas amplitudes (Kong, 2021).

1.4.3. Emocinės būsenos dirgikliai

Skausmui įtakos turi emocijos, o skausmo ir emocijų ciklas yra tarpusavyje susiję. Emocijos taip pat gali tiesiogiai paveikti fizinius pokyčius. Pavyzdžiui, jei tiriamasis yra sunerimęs ar piktas, jo raumenys gali būti įsitempia, o fiziniai pasikeitimai, taip pat gali padidinti skausmą (Pasquale, 2008). Nagrinėjamoje literatūroje buvo bandoma klasifikuoti emocines būsenas naudojant elektroderminio aktyvumo (EDA) signalus ir daugialypius neuroninius tinklus (Ganapathy, 2021). Šie signalai yra suskaidomi į kelias skales, naudojant klasifikavimą, kad būtų galima naudoti automatiniam mokymuisi siekiant išgauti aiškias savybes tiesiai iš neapdorotų signalų (Fu, 2021). Pastebėta, kad sluoksnių skaičius ir signalo ilgis lemia klasifikatoriaus veikimą. Siūlomo metodo našumas lenkia vieno sluoksnio konvulsinį neuroninį tinklą. Šis metodas suteikia galimybę nuodugniai ištirti EDA signalą nuo pradžių iki galo įvertinant ir emocinių būsenų klasifikavimą be papildomo signalo apdorojimo. Taigi siūlomas metodas galėtų būti naudinga priemonė emocinių būsenų skirtumams įvertinti (Zhao, 2015).

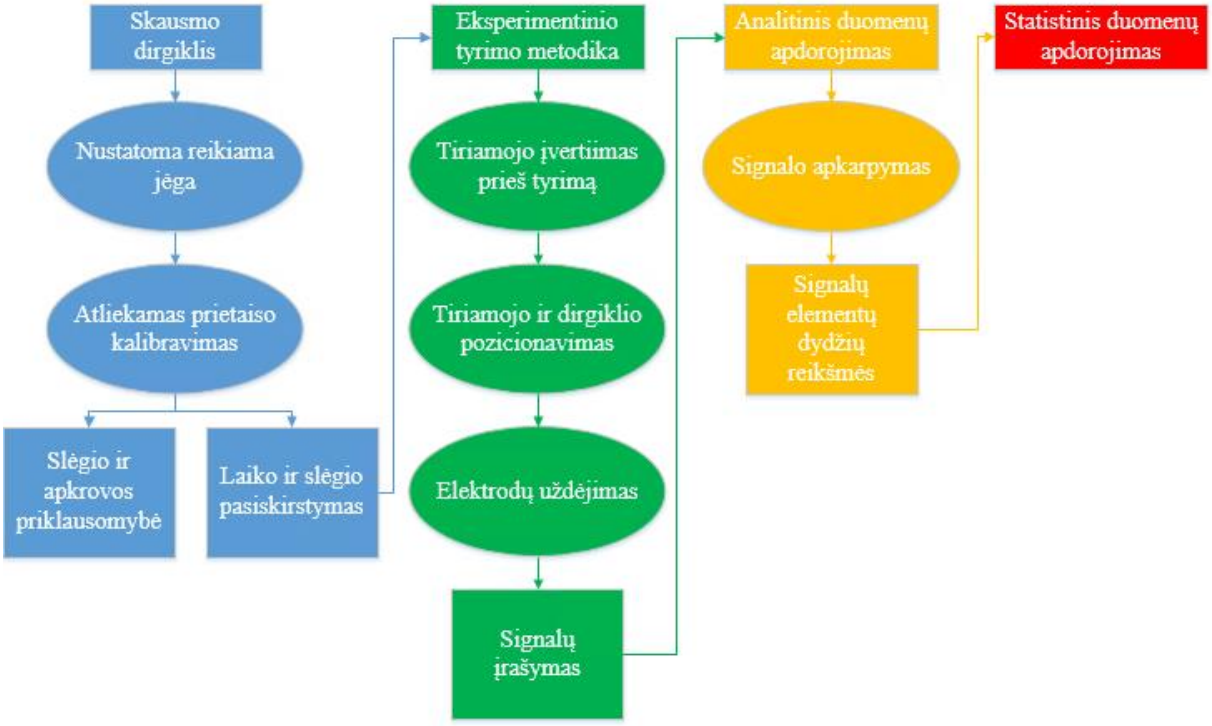
1.5. Apibendrinimas

Apibendrinant išnagrinėtus straipsnius, galima teigti, kad skausmo suvokimas yra labai subjektyvus dalykas. Taikant skausmo dirgiklius ir fiziologinius signalus, galima bandyti objektyvizuoti skausmo suvokimą. Tokie tyrimai papildytų skausmo vertinimo skales, kuriomis remiantis yra vertinamas pacientų patiriamas skausmas ar reakcija po operacijos ir ligos. Tačiau vis dar išlieka tendencija, kad fiziologija pagrįsti skausmo tyrimai tik pateikia statistiškai reikšmingą koreliaciją tarp kelių skirtingų fiziologinių signalų ir skausmo buvimo. Tokio pobūdžio duomenys suteikia informaciją apie skausmo buvimo ar nebuvo įvertinimą, taip pat keletas matavimų gali

apibrėžti tiriamajam juntamą skausmo intensyvumą. Todėl, kaip alternatyva, pasirenkama matuoti HRV parametrus ir EDA vienu metu, kai yra sukeliamas skausmo pojūtis mechaniniu dirgikliu.

2. TYRIMO METODIKA

Atlikto tyrimo metodiką geriausiai atspindi 2.1 pav. pavaizduota schema. Metodika pradedama atliekant mechaninio skausmo dirgiklio kalibravimą, paskui atliekamas šio įrenginio validavimas. Paruošus įrenginį ir įvertinus, kad jis yra saugus ir kontroliuojamas, pradedamas atlikti tyrimas su tiriamaisiais. Pirmiausia yra paruošiamas tiriamasis, tai yra pritvirtinami elektrodai, bei įvertinama jo būsena, kaip jis tą dieną jaučiasi bei ar nejaučia skausmo. Paruošus tiriamąjį pagal jį yra nustatoma skausmo dirgiklio vieta, pradedamas tyrimas. Atlikus matavimus atliekamas gautų duomenų analitinis ir statistinis apdorojimas.



2.1 pav. Tyrimo metodikos schema

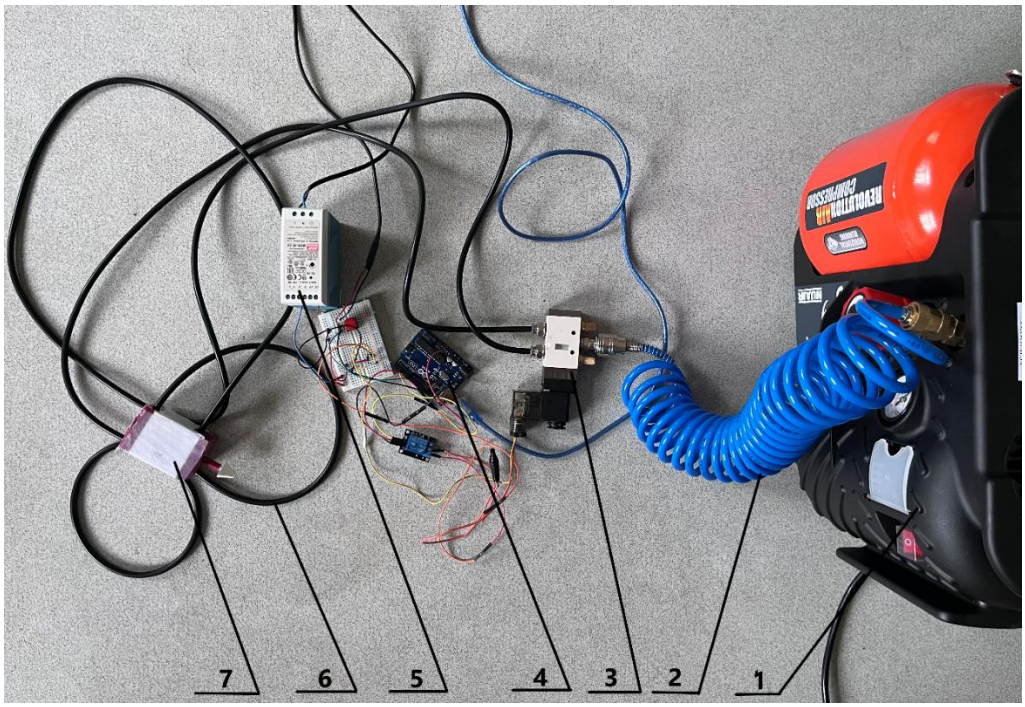
Šaltinis: sudaryta autorės

Tolesniuose poskyriuose kiekvienas schemos žingsnis aprašomas plačiau.

2.1. Įrenginio veikimo ir valdymo principas

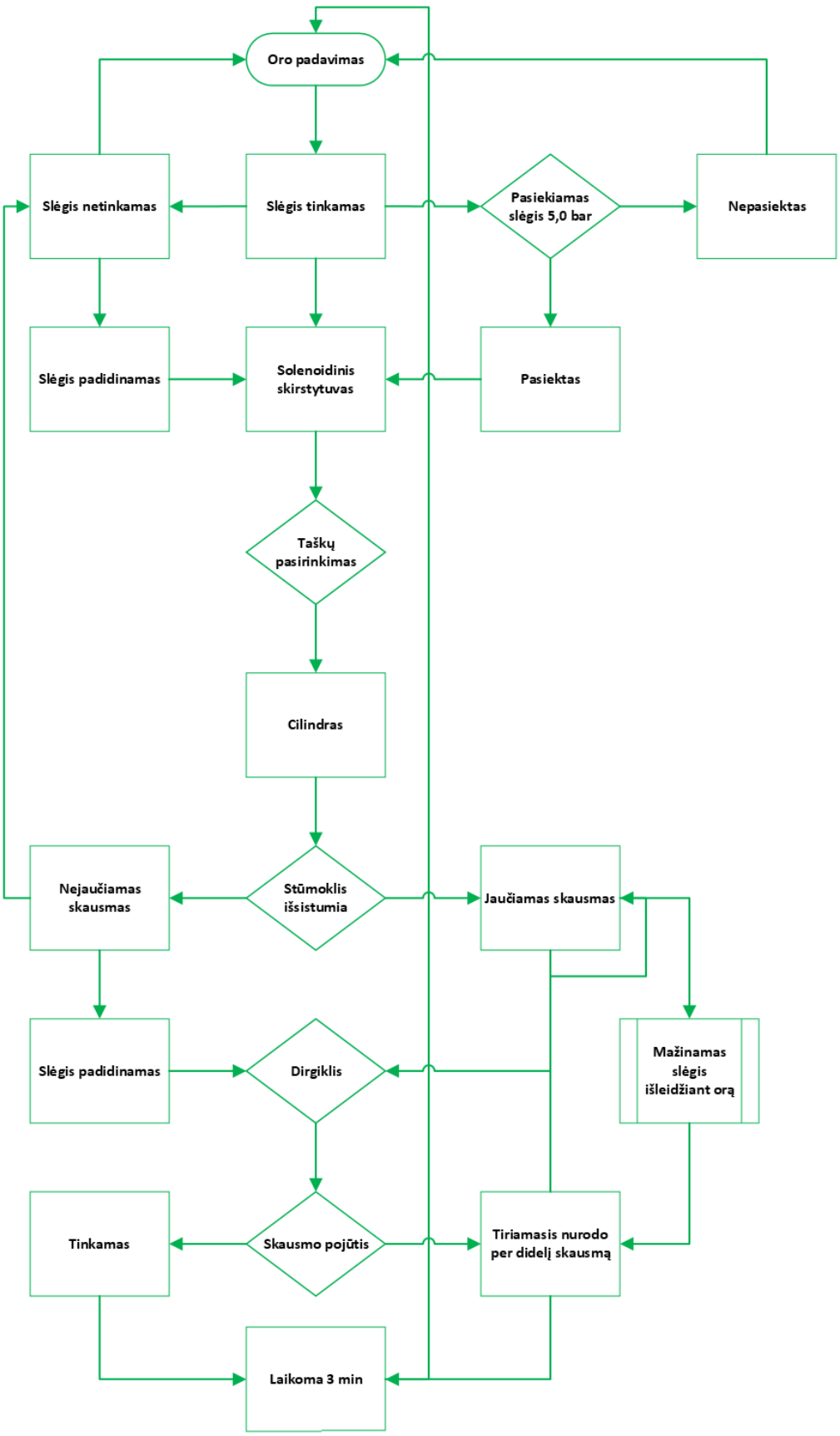
Išnagrinėjus atliekamus tyrimus skausmui sukelti, buvo suprojektuotas ir pagamintas mechaninis skausmo dirgiklis. Įrenginys gali sukelti taškinį skausmą bet kurioje plaštakos vietoje, sukuriama skausmo jėga galima iki 1 kilogramo.

Įrenginys buvo projektuotas ir pagamintas, taip, kad būtų suderinamas su fMRT tyrimu, tai yra pneumatika valdomas mechaninis dirgiklis gaminamas iš neferomagnetinių medžiagų, o jo valdymo mechanizmas talpinami kitoje patalpoje, kad metalinės detalės esančios kompresoriuje ir solenoidiniame skirstytuve nebūtų paveikiami magnetinio lauko. Įrenginio (2.2 pav.) veikimas prasideda paduodant suspaustą orą (1), kuris yra perduodamas oro žarna (2) į skirstytuvą (3). Skirstytuvas (3) 5/2 leidžia gauti tik dvi stabilias pneumatinio cilindro būsenas: stūmoklis iki galo išstumtas arba visiškai įtrauktas (Elektropneumatika, 2016), tai užtikrina „Arduino UNO“ valdymo plokštė (4), kuri turi atskirą maitinimo šaltinį (5). Iš skirstytuvo (3) oras pro pneumatinę žarnelę (6) patenka į cilindrą (7).



2.2 pav. Mechaninis skausmo dirgiklis: 1 – kompresorius, 2 – oro žarna, 3 – solenoidinis skirstytuvas, 4 – „Arduino UNO“ valdymo plokštė, 5 – maitinimo šaltinis, 6 – pneumatinė žarnelė, 7 – cilindras
Šaltinis: sudaryta autorės

Cilindro stūmoklyje yra pritvirtintas antgalis, kuris išsistumiamas ir sukuria skausmo pojūtį. Skausmo pojūtis gali būti per stiprus ir tiriamasis jaus didelį diskomfortą, apie tai informavus tyrėją, slėgis yra mažinamas, jei skausmo pojūtis nekelia didelio diskomforto, suslėgtas oras yra laikomas 3 min ir paskui grąžinamas į aplinką. Atitinkamai yra elgiamasi, jei žmogus nejaučia skausmo pojūčio, nustačius bazinį slėgį. Sistemos valdymo algoritmas pateikiamas 2.3 pav.



2.3 pav. Prietaiso valdymo algoritmas

Šaltinis: sudaryta autorės

2.2. Reikiamos jėgos generavimas

Vadovaujantis literatūra, kurioje aptariami anksčiau minėti pneumatiniai skausmo dirgikliai norimam sukurti skausmo pojūčiui reikia sudaryti 1 kg apkrovą vienam cilindrui. Numatytas atstumas tarp dirgiklio ir slėgio generavimo sistemos yra 4 metrai. Jei cilindro korpuso skersmuo yra 7 mm, tai jo tūris yra apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \tag{2.1}$$

čia: V – cilindro tūris dirgikliui (m^3); r – vamzdelio spindulys (m); h – vamzdelių aukštis (m) (Fizika, 2021).

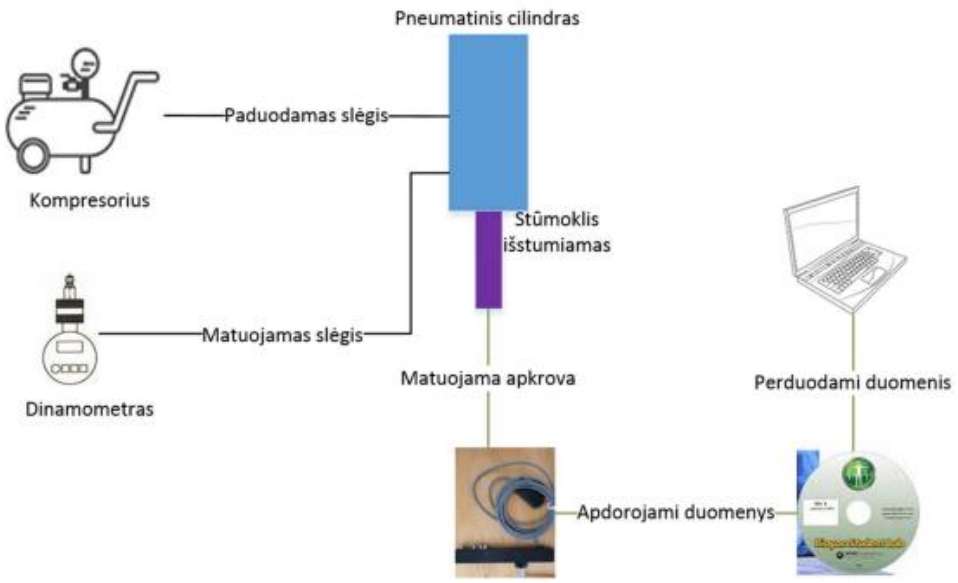
Pagal 2.1 formule randamas cilindro tūris vienam dirgikliui:

$$V = 3{,}14 \cdot 0{,}004^2 \cdot 3{,}5 = 0{,}00001256\ \mathrm{m}^3 = 0{,}01256\ \mathrm{l}$$

Pneumatinis cilindras turi užpildyti sistemą apie 0,013 l oro, bei išstumti dirgiklį naudojant suslėgtą orą, pastovia 1 kg jėga. Todėl yra reikalingas kompresorius, kuris sukuria 5 bar slėgį arba daugiau ir užpildo 0,013 l tūrį, bei gali paduoti ir ištraukti orą. Taip pat, parinktas kompresorius turi būti lengvas, bei patogus perkelti, kad skausmo dirgiklis būtų mobilus arba jeigu gydymo paslaugas teikianti įstaiga turi suspausto oro sistemą, prijungimą prie jo.

2.3. Prietaiso kalibravimas

Atliktas prietaiso kalibravimas padeda sugraduoti prietaiso sukuriamą slėgį ir sužinoti, kiek tai bus kilogramų atitinkamai barais. Prietaiso kalibravimas buvo atliktas naudojant „Biopac Student Lab“ modulį „SS12LA Variable Force Transducer“. Modulis rodo apkrovą kilogramais, todėl stūmoklio galas buvo pritvirtintas prie modulio kabliuko, cilindro apatinė jungtis buvo pritvirtinta prie dinamometro ir viršutinė prie kompresoriaus. Įjungus kompresorių, suspaustas oro slėgis yra rodomas dinamometre ir tuo pačiu stūmoklis yra išstumiamas ir modulis rodo gaunamas svorio reikšmes. Reikšmės pateiktos 2.1 lentelėje. Išjungus kompresorių slėgis staigiai krenta žemyn ir masės rodiklis nukrenta iki 0 kg (2.4 pav.).



2.4 pav. Kalibravimo schema

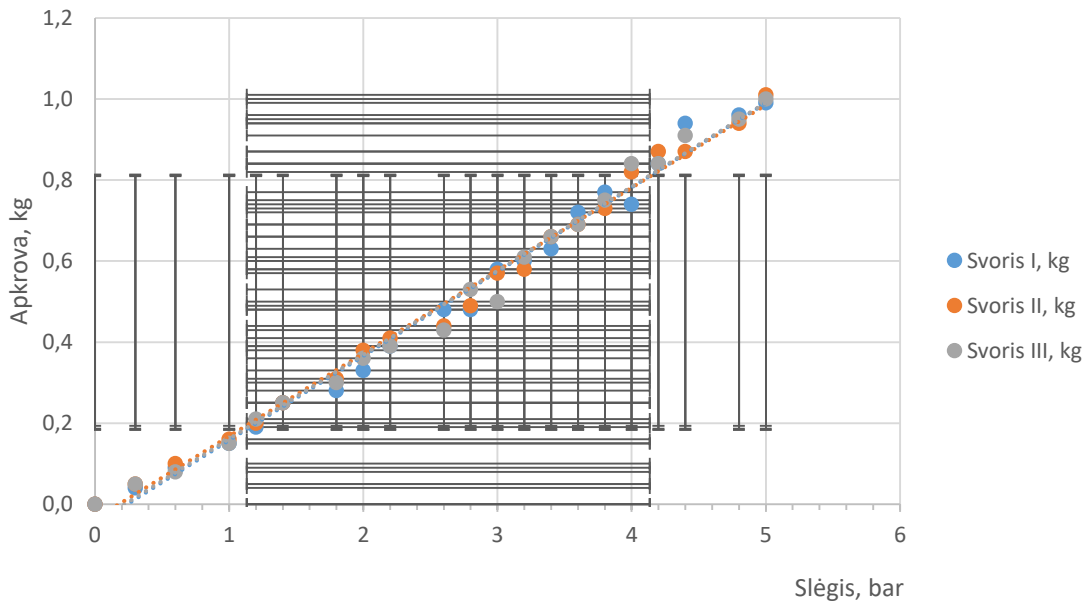
Šaltinis: sudaryta autorės

2.1 lentelė. Kalibravimo duomenys (Sudaryta autorės)

Slėgis, bar	Svoris I, kg	Svoris II, kg	Svoris III, kg	Vidurkis, kg	Standartinis nuokrypis	Santykinė paklaida
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
0,30	0,04	0,05	0,05	0,05	0,01	-0,07
0,60	0,09	0,10	0,08	0,09	0,01	-0,10
1,00	0,15	0,16	0,15	0,15	0,01	0,02
1,20	0,19	0,20	0,21	0,20	0,01	0,00
1,40	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00
1,80	0,28	0,31	0,30	0,30	0,02	-0,01
2,00	0,33	0,38	0,36	0,36	0,03	0,02
2,20	0,39	0,41	0,39	0,40	0,01	-0,01
2,60	0,48	0,44	0,43	0,45	0,03	0,00
2,80	0,48	0,49	0,53	0,50	0,03	0,00
3,00	0,58	0,57	0,50	0,55	0,04	0,00
3,20	0,60	0,58	0,61	0,60	0,02	-0,01
3,40	0,63	0,66	0,66	0,65	0,02	0,00
3,60	0,72	0,69	0,69	0,70	0,02	0,00
3,80	0,77	0,73	0,75	0,75	0,02	0,00
4,00	0,74	0,82	0,84	0,80	0,05	0,00
4,20	0,84	0,87	0,84	0,85	0,02	0,00
4,40	0,94	0,87	0,91	0,91	0,04	0,01
4,80	0,96	0,94	0,95	0,95	0,01	0,00
5,00	0,99	1,01	1,00	1,00	0,01	0,00

Atliekant kalibravimą tam tikram slėgiui, matavimas buvo kartojamas tris kartus. Taip gaunant svorio vidurkį, kuris yra gaunamas suteikiant apkrovą. Standartinis nuokrypis nurodo įgyjamų reikšmių skaidą apie vidurkį. Kiekvienam matavimui buvo gauta santykinė paklaida – santykis tarp išmatuoto matmens ir siekiamo.

Kalibravimo duomenys geriausia atsispindi koreliacijos diagramoje (2.5 pav.) tarp apkrovos dydžio barais ir kilogramais. Taškai su standartiniais nuokrypiais žymi gautas kilogramų reikšmes matuojant slėgį 3 kartus. Išvestos linijos yra vidurkių reikšmės. Gautas koreliacijos koeficientas matuojant pirmą kartą buvo r_{xy1} = 0,997, antrą r_{xy2} = 0,999, trečią r_{xy3} = 0,998. Pagal koreliacijos koeficientus yra matoma, kad rezultatai susiję tiesiškai, tačiau nėra visiškai tiesiški dėl matavimo paklaidų.



2.5 pav. Kalibravimo duomenys: slėgio nuo apkrovos priklausomybė

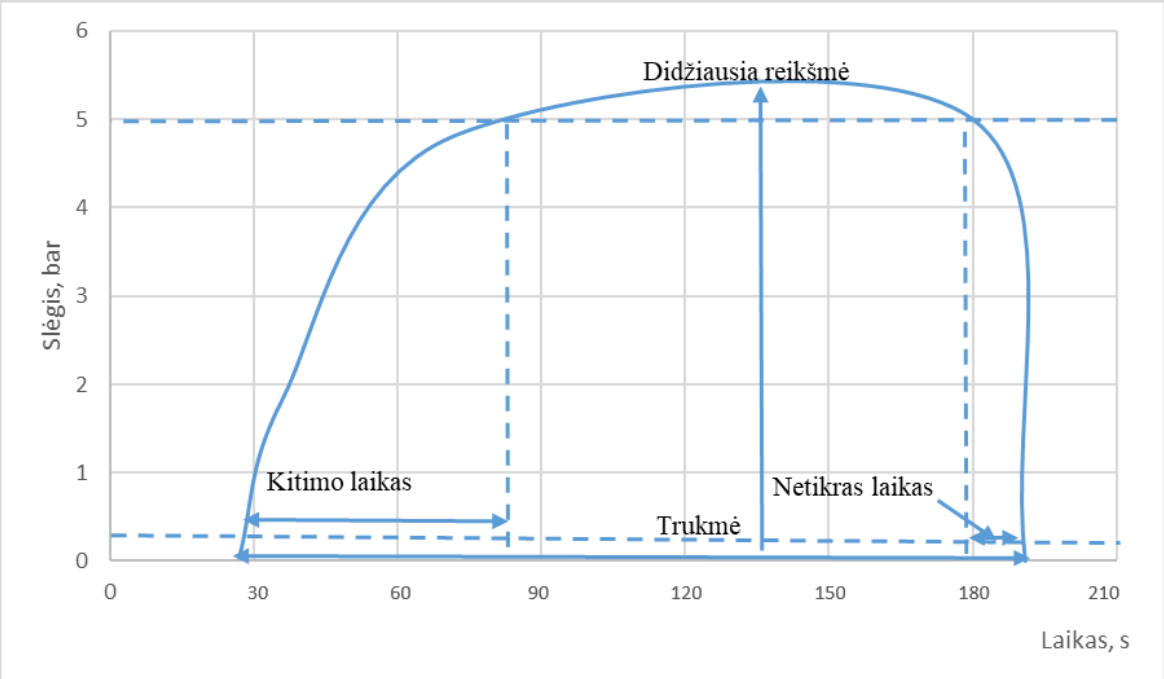
Šaltinis: sudaryta autorės

Matuojant išsiaiškinta, kad norint pasiekti 1 ± 0,01 kg apkrovą reikia pasiekti 5,0 bar slėgį. Reikiama apkrova turi išlikti 3 min, kad būtų atliktas kokybiškas tyrimas. Didžiausias slėgis yra pasiekiamas ne iš karto ir palaipsniui didinamas iki bazinės 5,0 bar apkrovos, kad tiriamasis nepatirtų traumų. Apkrovos pasiskirstymas nuo laiko yra matomas 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Matavimo rezultatai (Sudaryta autorės)

Laikas (s)	Slėgis (bar)
15	0,04
30	1,83
45	4,82
180	5,00
182	0

Priklausomybė yra pateikiama grafiškai (2.6 pav.).



2.6 pav. Slėgio ir laiko priklausomybės grafikas

Šaltinis: sudaryta autorės

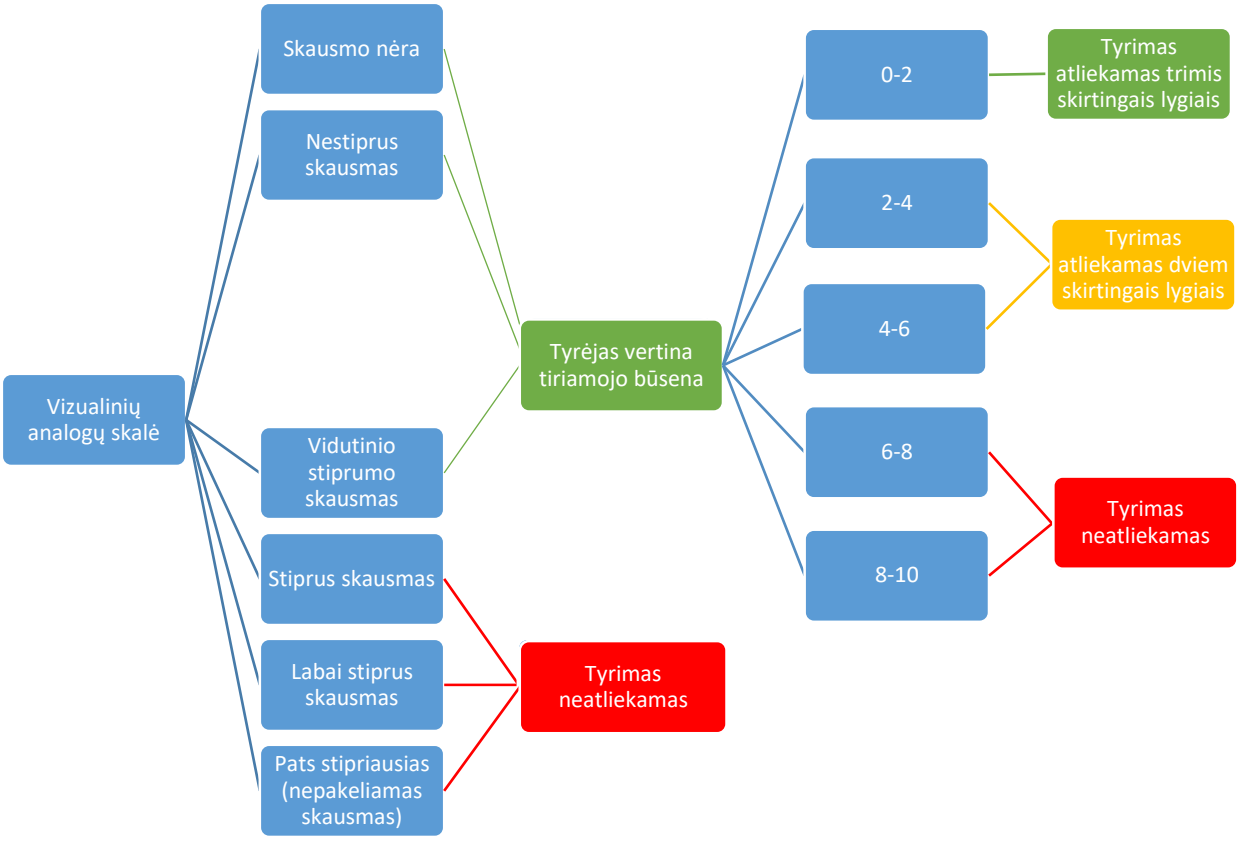
Matoma, kad didžiausia apkrova nėra pasiekiama iš karto, o slėgis yra palaipsniui didinamas, kol pasiekiama didžiausia reikšmė. Tai suteikia galimybę neišgąsdinti tiriamojo, staigiai įjungus dirgiklį, taip pat, kitimo laiko fazė užtikrina, kad naudojamas slėgis nebūtų per didelis, tai yra, kad skausmas nebūtų per didelis ir jei jau pasiekiamas didžiausia tiriamojo skausmo slenkstis, kad būtų fiksuota pasiekta riba.

Taigi, mechaninio skausmo dirgiklio prietaiso veikimas grįstas suslėgto oro padavimu. Slėgio apkrova paversta kilogramais leidžia lengviau įvertinti ir suprasti tiriamojo patiriamą skausmą, kad kiekvienas bandymas vyktų sklandžiai, palaipsniui stengiamasi didinti slėgį. Pagal aukščiau pateiktą 2.1 lentelę galima nuspręsti, kokio skausmo apkrovą suteikti tiriamajam ir kokio dydžio apkrovai slėgiui ši gali būti priskiriama.

2.5. Eksperimentinio tyrimo metodika

Toliau pateikiama tyrimo metodika, kai bus naudojamas mechaninis skausmo dirgiklis.

Šiame tyrime vertinimas atliekamas tik biomechaniniu požiūriu, tačiau, norint įsitikinti, kad tiriamieji nejaučia skausmo prieš tyrimą, jų buvo prašoma įvertinti savo būseną VAS skale (A priedas), naudojama skalė su padalomis, kuri yra aprašyta teorinėje dalyje. Taip pat ne mažiau svarbus ir tyrėjo įvertinimas. Kiekvienas tiriamasis užpildė susipažinimo formą bei buvo informuotas apie tyrimą (B priedas). Paskui tyrėjas įvertino kiekvieno tiriamojo būseną prieš tyrimą naudodamasis verbaline skausmo skale, tai yra paprašęs įvertinti tiriamojo, kaip jis jaučiasi tą dieną nuo 0 iki 10, kai 0 – nėra skausmo, jaučiasi puikiai, o 10 – jaučia nepakeliamą skausmą, jaučiasi prastai (Spss analizė, 2022). 2.7 pav. pateiktas vertinimo algoritmas ir kuriems tiriamiesiems buvo galima atlikti tyrimą.



2.7 pav. Tiriamojo įvertinimas prieš tyrimą

Šaltinis: sudaryta autorės

Remiantis žaliai bei geltonai pažymėtomis tyrimo grupėmis, atliekama rezultatų analizė, siekiant išsiaiškinti statistiškai reikšmingų fiziologinių signalų pokyčius naudojant mechaninį skausmo dirgiklį.

Matavimas atliekamas naudojant programinę įrangą „Biopac Student Lab“. Ši matavimo priemonė pasirinkta dėl to, kad gali matuoti kelis fiziologinius signalus vienu metu. Vykstant tyrimui dirgiklis suteikia skausmo pojūtį tiriamajam, dėl to pradeda kisti fiziologiniai signalai. Atsižvelgiant į tai, kad tyrimas vyksta vidutiniškai 9 minutes, dirgiklio pozicija buvo parinkta šalia tiriamojo (2.8 pav.), kad šis tyrimo metu galėtų atpalaiduoti ranką bei pats patogiai sėdėti nesukuriant nepatogumo jausmo.

2.8 pav. Tiriamojo ir dirgiklio padėtis tyrimo metu

Šaltinis: sudaryta autorės

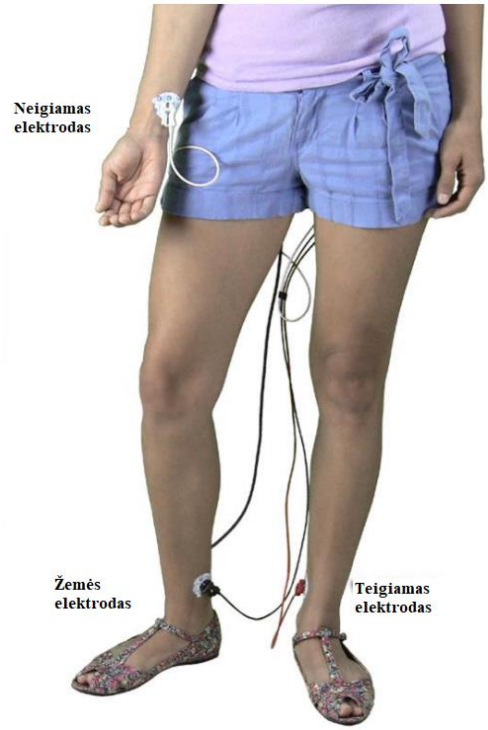
Tiriamajam buvo uždėti elektrodai, kurių paskirtis – matuoti EKG ir EDA fiziologinius signalus. Tikslas – atlikti vieną gerą matavimą. Tai yra skausmo pojūtis yra labai subjektyvus, o nociceptoriai, kurie buvo aptarti ankstesniame skyriuje, turi atmintį, dėl to tiriamojo reakciją į skausmą gali būti mažesnė, nei pirmojo bandymo metu. Siekiant užtikrinti matavimo kokybę, visi jutikliai gali būti patikrinti kelis kartus, prieš tai išbandant matavimo techniką, kuri turi būti tinkama ir kokybiška.

Matavimo eiga:

1. Paspaudžiamas START mygtukas – pradedamas duomenų įrašymas. Po 3 minučių ramybės būsenoje, įjungiamas skausmo dirgiklis. Skausmo dirgiklis laikomas 3 minutes.

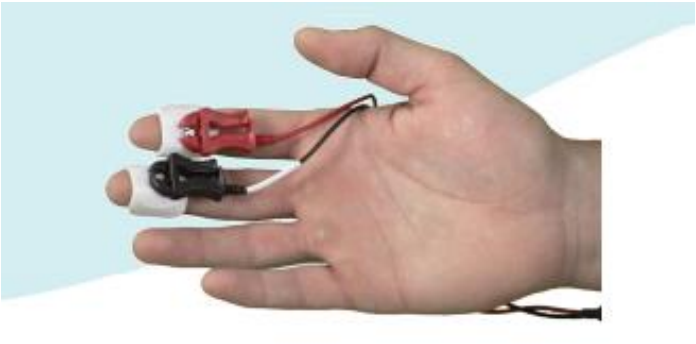
2. Po 3 minučių, dirgiklis yra išjungiamas ir dar 3 minutes matuojami tiriamojo signalai. Tokie laiko intervalai pasirenkami atsižvelgiant į literatūroje (Heart rate variability, 1996) pateikiamus standartus, kuriuose nurodoma, kad norint įvertinti HRV komponentus reikia matuoti ne trumpiau kaip dvi minutes, tačiau ne ilgiau kaip penkias minutes. Atlikus pirminius bandymus pastebėta, kad HRV komponentų pokyčiai geriausiai matomi suteikiant skausmą iki 3 minučių.
3. Atlikus matavimą pirmą kartą leidžiama tiriamajam pailsėti 10 min, svarbu kad tyrimo metu tiriamasis išliktu vienoje pozicijoje. Pagal atrinkimo kriterijus, skausmas yra sukeliamas didinant dirgiklio apkrovą kitoje plaštakos vietoje. Tai yra, slėgis esantis mechaniniame dirgiklyje didinamas, siekiant sukelti 7-10 skausmą.

HRV komponentai matuojami naudojant „Biopac“ sistemą ir registruojant EKG. EKG matuoti yra naudojamas dvipolis dviejų elektrodų išdėstymas (vienas teigimas, vienas neigiamas), trečiasis elektrodas (žemė), skirtingų elektrodų padėtys yra standartizuotos. Pasirinktas elektrodų išdėstymas pavaizduotas 2.9 pav. Dominuojantis EKG komponentas įprastai yra QRS kompleksas, iš kurio siekiant gauti HRV komponentus svarbiausias yra R-R intervalas, kuris yra apibrėžiamas, kaip intervalas, kuris trunka, nuo vienos R bangos viršūnės iki kitos R bangos. Taip pažymimas laiko intervalas, per kurį įvyksta dvi ventikuliarinės depoliarizacijos (Biopac, 2022).



2.9 pav. Elektrodų išdėstymas matuojant EKG
Šaltinis: sudaryta autorės pagal (Biopac, 2022)

EDA signalui matuoti naudojama ta pati sistema, kaip ir HRV signalui išgauti. EDA matuoti galima naudojant dviejų tipų elektrodus: vienkartinius ir daugkartinio naudojimo. Pasirinkta naudoti vienkartinius, nes kiekvienam tiriamajam naudojamas naujas elektrodų rinkinys, dėl ko yra higieniškiau. Pasirinktas elektrodų išdėstymas pateiktas 2.10 pav. Ši vieta pasirinkta, nes Scerko ir kt. (1992) atlikto tyrimo metu lyginant neapdorotus EDA signalus, užfiksuota, kad SCR ir SCL amplitudės žymiai didesnės signalą įrašant būtent nuo distalinių pirštakaulių paviršiaus nei medialinių (Biopac, 2022).



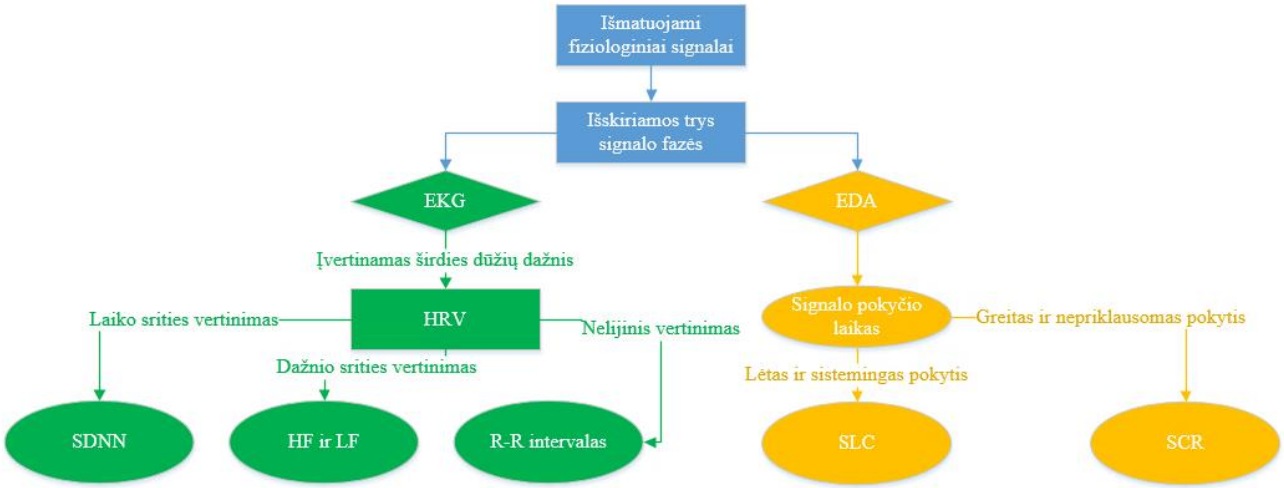
2.10 pav. Elektrodų išdėstymas matuojant EDA
Šaltinis: sudaryta autorės pagal (Biopac, 2022)

Kaip buvo minėta anksčiau, pagal 2.8 pav. atrinktiems tiriamiesiems, neribojant amžiaus ar lyties, buvo sukeliamas skausmas taktiliniu mechaniniu dirgikliu. Mechaninis dirgiklis yra tiesiogiai sujungtas su matavimo sistema ir yra pažymima matavimo pradžia, kiekvieno įrašo metu. Pagal atrinktą algoritmą, skausmas sukeliamas 3 kartus, didinant slėgį tenkantį dirgikliui. Kiekvieno matavimo metu prašoma tiriamojo įvardinti jaučiama skausmą. Siekiama, kad pirmo matavimo metu, tai yra užduodant, kaip įmanoma mažesnį slėgį, tiriamasis įvardintų 0−3 skausmo pojūtį, sukuriant 0,1 kg apkrovą, antro, didinant apkrovą iki 0,5 kg: 4−6, trečio 7−10, didinant apkrovą iki 1 kg. Jei patiriamas skausmas yra per didelis, tyrimas yra nutraukiamas.

Kadangi abiem signalams matuoti naudojami vienkartiniai elektrodai, svarbu, kad prieš tyrimą kiekvienas tiriamasis gavo naujus elektrodus ir prieš kiekvieną matavimą elektrodų uždėjimo vieta buvo nuvaloma vandeniu ir vatos tamponėliu. Siekiant padidinti varžą buvo naudojamas gelis, net ir ant sausos odos. Siekiant išvengti judėjimo artefaktų, elektrodai kai kur buvo pritvirtinti papildoma juostele.

2.6. Analitinio tyrimo metodika

Analitinio tyrimo tikslas – iš turimų matavimo duomenų išsireikšti HRV ir EDA reikšmingus parametrus, kuriais remiantis būtų galima nustatyti skausmo pojūčio intensyvumą. Elektrodais užregistruotų matavimų duomenys yra apdorojami naudojant „Biopac“ programinę įrangą. Kadangi HRV ir EDA fiziologiniai signalai buvo matuojami tuo pačiu metu, šių signalų analizei naudojama „Matlab“ programinė įranga (2.11 pav.).



2.11 pav. Duomenų analizės algoritmas

Šaltinis: sudaryta autorės

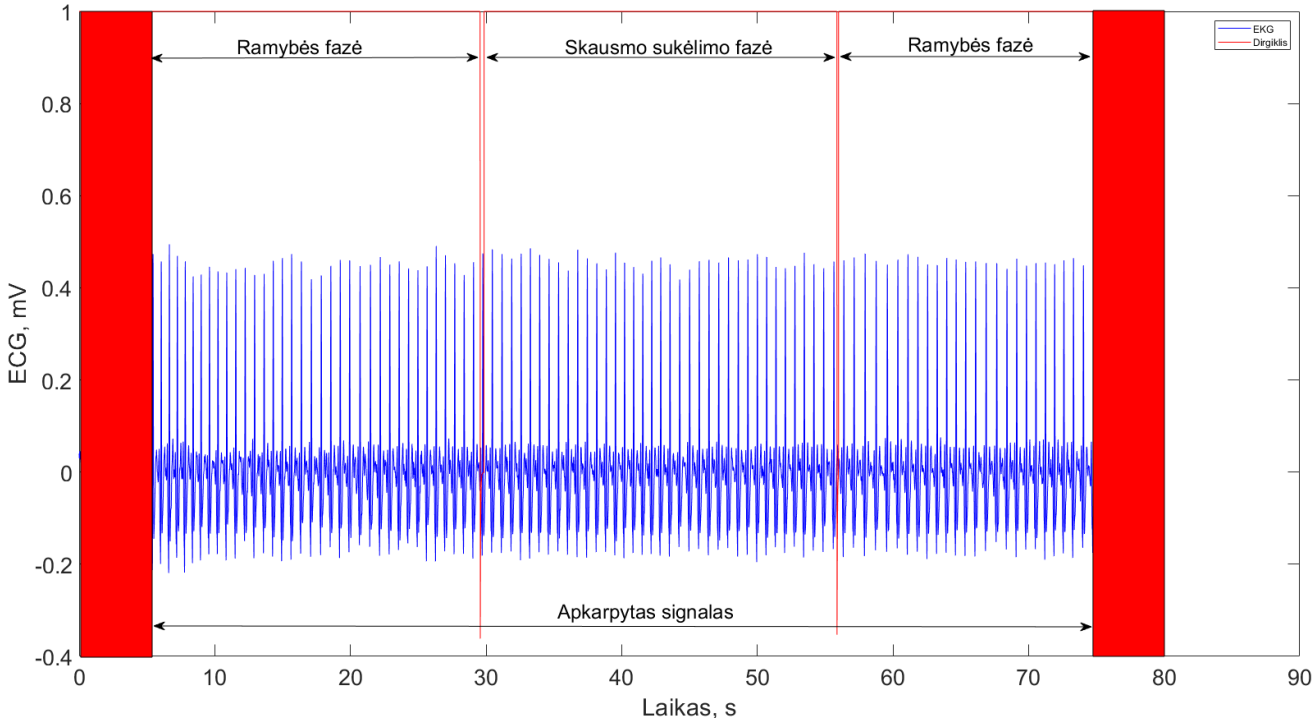
Duomenų analizė pradedama atliekant EKG signalo apdorojimą. Norint gauti HRV signalo komponentus, pirmiausia reikia įrašyti EKG. Įrašymas pradedamas nustatant sistemoje šiuos dydžius (Biopac, 2022):

I. signalo stiprinimas: 1000;
II. režimas: normalus;
III. žemo dažnio rėžio filtras: įjungtas 35 Hz dydžiu;
IV. Hodricko-Prescotto filtras: įjungtas 0,5 Hz dydžiu.

Nustačius šiuos dydžius sistemoje pasirenkamas duomenų gavimo dažnis 500 Hz. Šis dydis pasirenkamas todėl, kad mažas mėginių dažnis gali sukelti per daug didelius triukšmus įvertinant R bangos atskaitos tašką, dėl to labai pasikeistų spektras.

Pirmiausia naudojamas aukšto dažnio filtravimas siekiant pašalinti kuo daugiau judesių sukeltų artefaktų, praleidžiant tik tuos signalus, kurių dydžiai buvo didesni už ribinius. Siekiant kuo geriau įvertinti fiziologinį signalą, buvo pasirinkta apkarpyti signalą įrašymo pradžioje ir pabaigoje po 5 sekundes, vertinant, tai, kad tiriamasis pradžioje tyrimo galimai pajautė jaudulį ar nežymiai sujudėjo,

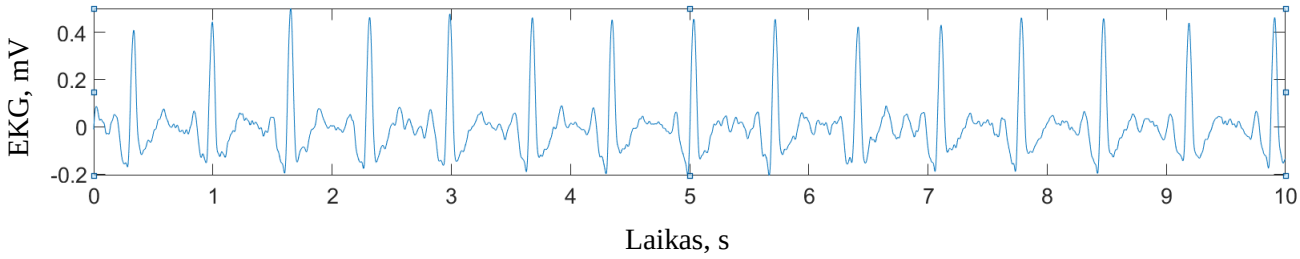
lygiai taip pat ir pabaigoje, vertinama, kad tiriamasis galėjo sujudėti. Apkarpius signalą atliekama signalo analizė, susikirstant signalą į ramybės, skausmo sukėlimo ir vėl ramybės fazes (2.12 pav.).



2.12 pav. Apkarpytas signalas

Šaltinis: sudaryta autorės

Apkarpytas EKG signalas buvo filtruojamas siekiant pašalinti judesių ir aukšto dažnio triukšmą (2.13 pav.). Atliekamas HRV signalo apskaičiavimas: surandamos didžiausios signalo reikšmės, kurias diferencijuojant surandamas R-R intervalai milisekundėmis, o jų variabilumas apskaičiuojamas vertinant intervalų milisekundėmis standartinį nuokrypį.



2.13 pav. Nufiltruotas EKG signalas

Šaltinis: sudaryta autorės

Gavus nufiltruotą EKG signalą yra apskaičiuojami pagrindiniai HRV parametrai: R-R intervalas, HF, LF ir SDNN. Šie parametrai buvo skaičiuojami visų trijų fazių metu tam, kad būtų galima vertinti gautų parametrų reikšmes su tiriamųjų įvertintu skausmu. EDA signalo apdorojimas prasideda dar prieš įrašant, nustatant naudojamoje sistemoje šiuos dydžius (Biopac, 2022):

I. signalo stiprinimas: 2000;
II. EDA kanalo mėginių ėmimo dažnis 2 KHz (2000 mėginių/s);
III. atrankos dažnis: 500 Hz.

Kaip ir EKG apdorojime įrašius EDA signalą jis apdorojamas „Matlab“ programine įranga. Signalas buvo lygiai taip pat, kaip ir apdorojant EKG, patrumpintas pradžioje ir pabaigoje ir buvo suskirstytas į fazes: ramybė, skausmo sukėlimas, ramybė. Signalas buvo normalizuojamas, kaip fazinis (SCL) ir toninis numatant matavimo klaidas (SCR) ir artefaktus, vertinant visas tris fazes.

Apdorojus abu fiziologinius signalus prieš skausmo sukėlimą, sukėlimo metu ir po jo, vertinamos HRV dedamosios bei EDA parametrai, vertinant tiriamųjų atsakymus į skausmo pojūtį tyrimo metu, taip suteikiant fiziologinių signalų pokyčiams objektyvizavimą, dėl ko atsirastų galimybė gydymo paslaugas teikiančiam personalui vertinti skausmą pagal šiuos dydžius, žmonėms, kurie negali įvardinti patiriamo skausmo.

2.7. Statistiniai išmatuotų ir apskaičiuotų parametrų lyginimo būdai

Šiame tyrime apskaičiuoti fiziologinių signalų elementai, pagrįsti HRV ir EDA, yra: R-R intervalas, HF, LF, SDNN ir SCL ir SCR. Skausmo vertinimui atlikti buvo surinkta dvylika kiekvieno indekso matavimų pakartojant matavimą tris kartus. Matavimų normalusis pasiskirstymas buvo patikrintas naudojant Kolmogorovo-Smirnov testą (Massey, 1951). Atliekant pakartotinių matavimų analizę normaliniuose skirstiniuose duomenims, buvo atlikta vienpusės dispersijos analizė (ANOVA), siekiant patikrinti reikšmingus matavimų skirtumus (Posado-Quintero, 2019). Koreliacija buvo apskaičiuota kiekvienai fiziologinio signalo elementui, siekiant įvertinti jo nuoseklumo laipsnį.

3. REZULTATAI

Tyrime dalyvavo 12 asmenų: 9 vyrai, 3 moterys. Amžiaus vidurkis 32 ± 6,6 metai. Prieš tyrimą, kiekvienas dalyvis turėjo nurodyti tyrimo dieną, kaip vertina savo savijautą nuo 0 iki 10 (0 – labai gerai, 10 – labai skauda, jaučiasi neįmanomai blogai) ir ar turi nusiskundimų, susijusių su skausmu, taip pat tyrėjas įvertino kiekvieno tiriamojo būseną prieš atliekant matavimus. Vertinant kiekvieno tiriamojo būseną, buvo atsižvelgiama į žmogaus emocijas ir veido išraiškas, taip pat įvertinama, ar nėra pažeidimų plaštakos srityje, siekiant sužinoti, ar nėra juntamas skausmas (0 – tiriamasis nerodo jokių skausmo ar apatijos požymių, 10 – tiriamasis atrodo labai prastai, matomos ašaros). Kiekvieno tiriamojo pirminiai parametrai prieš kiekvieną matavimą pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Pagrindiniai tiriamųjų vertinimo parametrai (Sudaryta autorės)

Parametrai	**Tyrimo dalyviai**											
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
Amžius	24	24	22	29	29	32	34	35	35	36	42	42
Vertinimas prieš tyrimą	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
Tyrėjo vertinimas	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Tiriamojo įsivertinimas prieš I matavimą	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
Tiriamojo įsivertinimas prieš II matavimą	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0
Tiriamojo įsivertinimas prieš III matavimą	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0

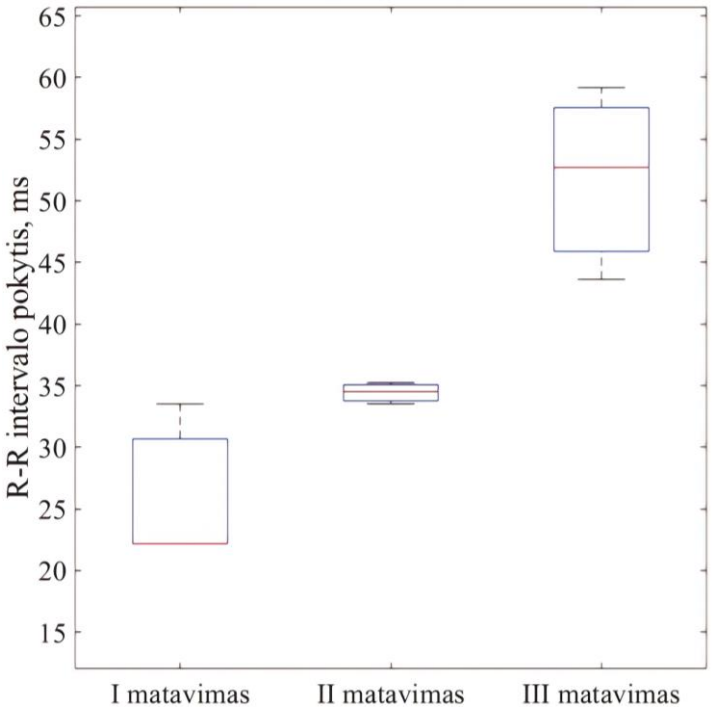
Toks tiriamųjų įvertinimas leidžia suprasti, kad sukuriamas skausmas nėra per didelis, taip pat, kad galima vykdyti tyrimą toliau, siekiant sukurti didžiausią skausmo pojūtį. Vertinant 3.1 lentelės duomenis taip pat matoma, kad ne visiems tiriamiesiems užteko 10 minučių pertraukos tarp matavimų, tačiau pastebima, kad dirginimo pojūtis išliko tiems tiriamiesiems, kurie save įsivertino prieš tyrimą jau jaučiant dirginimą. Toliau pateikiami tiriamųjų tyrimo metu sukuriamos jėgos ir tiriamųjų skausmo pojūčio įvertinimo kiekvieno matavimo metu duomenys (3.2 lentelė).

3.2 lentelė. Sukuriamo skausmo pojūčio vertinimas (Sudaryta autorės)

Parametrai	**Tyrimo dalyviai**												**Vidutinis balo įvertis**
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	
I matavimas – 0,30 kg													
Tiriamojo vertinimas	2	1	1	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0,83 ± 1,03
II matavimas – 0,75 kg													
Tiriamojo vertinimas	3	3	2	2	1	3	4	2	3	4	4	4	2,92 ± 0,97
III matavimas – 1 kg													
Tiriamojo vertinimas	5	6	8	4	4	6	4	5	5	5	7	6	5,42 ± 1,24

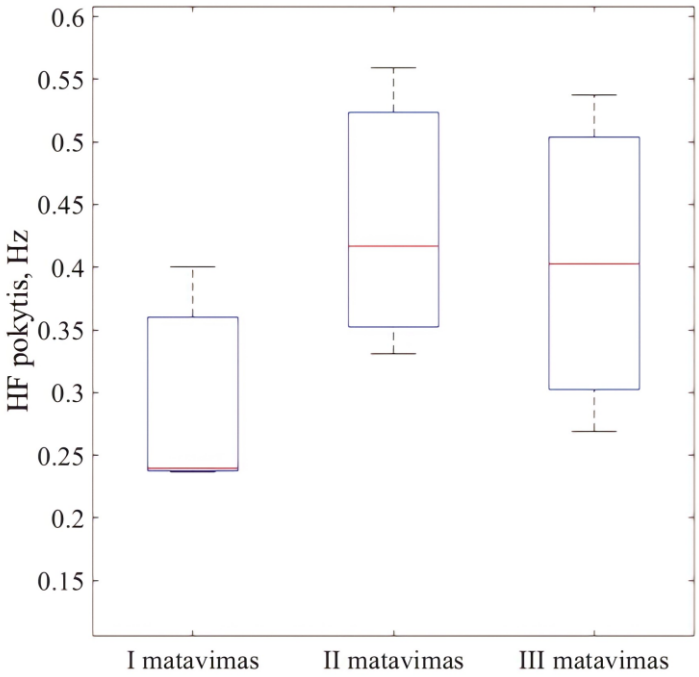
Nustatytas patiriamas kiekvieno tiriamojo jaučiamas skausmas suteikiant skirtingas apkrovas. Pagal gautas reikšmes yra vertinami HRV ir EDA fiziologinių signalų elementų pokyčiai, vertinimas atliekamas lyginant elemento dydžio vidurkių reikšmes ramybės ir skausmo sukėlimo fazėse kiekvieno matavimo metu.

Paimti „Matlab“ duomenys, vertinant visų matavimų pokyčius, padaryti R-R intervalo (3.1 pav.), HF (3.2 pav.), LF (3.3 pav.), SDNN (3.4 pav.), SCL (3.5 pav.), SCR (3.6 pav.) pasikeitimų grafikai.



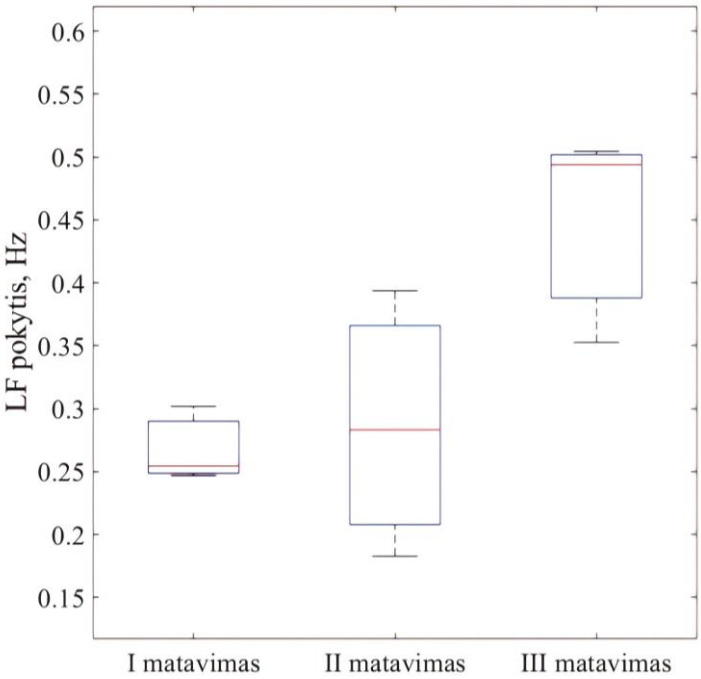
3.1 pav. R-R intervalo pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės



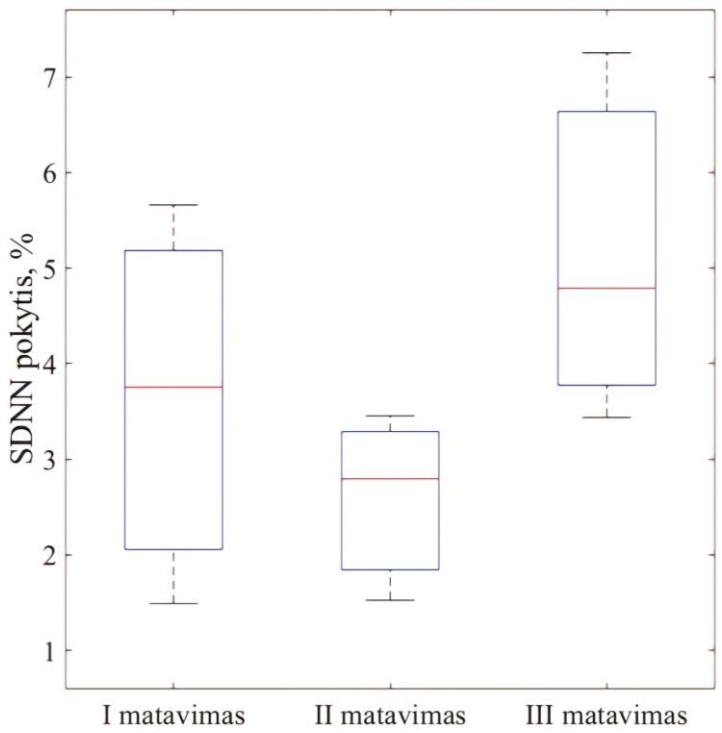
3.2 pav. HF pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės



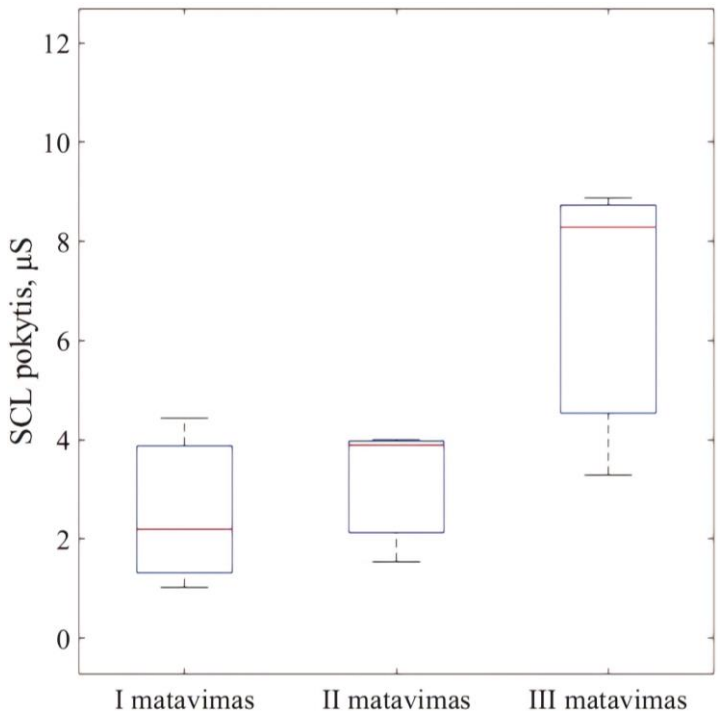
3.3 pav. LF pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės



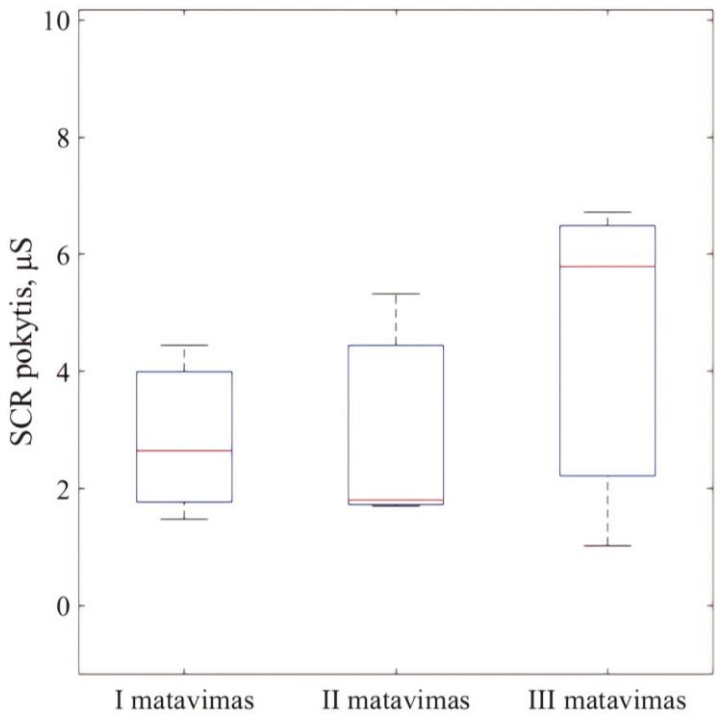
3.4 pav. SDNN pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės



3.5 pav. SCL pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės



3.6 pav. SCR pokytis

Šaltinis: sudaryta autorės

Toliau atliekama matavimų variantiškumo analizė lyginant trijų matavimų duomenis tarpusavyje. Nulinė hipotezė rodo, kad didinant skausmo pojūtį fiziologinių signalų elementų dydžiai nesikeičia. Šiuo atveju siekiama paneigti nulinę hipotezę, apskaičiuojant statistiškai reikšmingą skausmo sukeltų signalų pokytį su 95 % patikimumo intervalu kiekvienam matavimui. Esant tokioms sąlygoms, klaidos statistinis patikimumas turi būti $p < 0{,}05$. Šiuo atveju statistinio patikimumo riba:

$$p < \frac{0{,}05}{k} \tag{3.1}$$

čia k – matavimo skaičius (Mekšriūnaitė, 2018).

Tokiu atveju reikšmingo parametro statistinis patikimumas turi būti $p < 0{,}017$.

Taip pat nustatomas koreliacijos koeficientas tarp gautų fiziologinių signalų elementų dydžių ir tiriamųjų nurodytų skausmo balų. Toliau pateikiamoje 3.3 lentelėje gauti koreliacijos duomenys. Koreliacijos duomenys atspindi ryšį tarp kintamųjų, vertinant, kad koreliacija yra labai stipri, kai reikšmės yra +1, stipri, kai reikšmės svyruoja nuo 0,7 iki 1, vidutinė vertinant nuo 0,5 iki 0,7, silpna nuo 0,2 iki 0,5 ir labai silpna, kai svyruoja nuo 0 iki 0,2 (Spss analizė, 2022).

3.3 lentelė. Koreliacijos koeficientai (Sudaryta autorės)

Fiziologinių signalų elementų dydžiai	I matavimas: 0,30 kg	II matavimas: 0,75 kg	III matavimas: 1 kg
R-R intervalas, mS	0,572	0,661	0,523
HF pokytis, Hz	0,431	0,398	0,445
LF pokytis, Hz	0,612	0,492	0,585
SDNN pokytis, %	0,371	0,685	0,662
SCL pokytis, µS	0,378	0,323	0,341
SCR pokytis, µS	0,452	0,536	0,492

Didžiausia koreliacija pastebima R-R intervalo II matavimo metu, panaši gaunama vertinant LF pokytį I matavimo metu, taip pat SDNN pokyčio II ir III matavimo vertinime. Į vidutinės koreliacijos intervalą patenka R-R intervalo I ir II matavimo rezultatai, LF pokyčio III matavimo metu gauta koreliacija, bei SCR pokyčio II matavimo rezultatas. Liginant kitus rezultatus matoma, kad šie patenka į silpną koreliacijos intervalo vertinimą.

3.1. Rezultatų apibendrinimas

Vertinant gautus fiziologinių signalų elementų pokyčius su literatūroje (Adler-Neal, 2020) nagrinėjamais rezultatais pastebėta, kad kliniškai svarbiausi HRV signalo elementai gali indikuoti apie skirtingą skausmo pojūtį, jei skausmas yra nociceptorinio skausmo mechanizmo pobūdžio. Pastebėta, kad šio tyrimo metu EDA signalo SCL pokyčiai tyrimo metu buvo didesni, lyginant su literatūroje (Adler-Neal, 2020) esamais duomenimis galima daryti išvadą, kad buvo gauta greitesnė parasimpatinės sistemos reakcija, nei simpatinės.

Atlikus matavimų variantiškumo analizę buvo nustatyta, kad statistinio reikšmingumo riba yra $\alpha < 0{,}017$. Nustatyti statistiškai reikšmingi ir nagrinėjami fiziologinių signalų elementai vertinant patiriamą skausmo pojūtį: R-R intervalas, HF pokytis, LF pokytis, SDNN pokytis, SCL ir SCR pokyčiai.

Nustačius reikšmingus kiekvieno tyrimo parametrus, pastebėta, kad R-R intervalas yra mažiausiais išsisklaidęs (variacijos koeficientas yra mažesnis nei 8 %). Todėl priimama, kad šio rodiklio populiacija yra tiksliausia, lyginant su kitais parametrais. Stebint šio parametro pokyčius esančius skirtinguose matavimuose sukuriant skirtingą jėgą, nustatytas statistinis reikšmingumas $p < 10 \cdot 10^{-4}$ iš to išplaukia, kad šis elementas yra statistiškai reikšmingas. Vadovaujanti R-R intervalo pokyčiais galima pasakyti ar tiriamasis jaučia silpną, vidutinį ar sunkų skausmą.

Lyginant fiziologinių signalų elementų ir tiriamųjų nurodyta skausmą esant fiksuotoms apkrovoms pastebėta, kad didžiausias koreliacijos koeficientas yra vertinant SDNN pokytį ($r = 0{,}662$). Taip pat nustatytos vidutinė koreliacija ($0{,}5 < r < 0{,}7$) tarp R-R intervalo, HF pokyčio ir SCR pokyčio. Silpnai ($0{,}2 < r < 0{,}5$) koreliuoja LF pokytis ir SCL pokytis.

Vertinant atliktus matavimus galima išvesti apibendrinančią lentelę (3.4 lentelė), kurioje yra pažymimas tiriamųjų nurodytas skausmo vertinimas, bei fiziologinių signalų elementų vidurkių reikšmės skausmo sukėlimo fazėje.

3.4 lentelė. Apibendrinamoji lentelė (Sudaryta autorės)

VAS vertinimas	R-R intervalas, mS	HF, Hz	LF, Hz	SDNN, %	SCL, µS	SCR, µS
0	746,65 ± 16,91	0,42 ± 0,25	0,07 ± 0,02	82,16 ± 5,45	65,99 ± 3,12	64,18 ± 4,91
1	781,97 ± 8,70	0,58 ± 0,32	0,13 ± 0,02	84,73 ± 4,12	68,75 ± 7,14	65,78 ± 4,65
2	805,33 ± 14,13	0,68 ± 0,15	0,19 ± 0,06	89,68 ± 6,87	71,86 ± 5,69	66,65 ± 3,21
3	824,75 ± 10,23	0,74 ± 0,42	0,23 ± 0,09	95,34 ± 6,21	76,72 ± 8,41	68,92 ± 5,02
4	914,43 ± 9,99	1,07 ± 0,56	0,39 ± 0,10	101,75 ± 4,84	82,61 ± 7,39	74,36 ± 3,54
5	937,92 ± 16,95	1,23 ± 0,47	0,46 ± 0,12	105,90 ± 3,27	84,20 ± 5,89	75,32 ± 2,98
6	957,14 ± 14,27	1,36 ± 0,12	0,51 ± 0,14	110,65 ± 6,07	87,48 ± 6,74	76,16 ± 6,57
7	1003,45 ± 19,84	1,47 ± 0,11	0,54 ± 0,17	119,81 ± 7,89	92,14 ± 7,82	77,25 ± 4,14
8	1159,69 ± 10,79	1,62 ± 0,36	0,68 ± 0,18	124,37 ± 8,04	96,92 ± 5,47	79,83 ± 3,98

Apibendrinant gautus rezultatus, galima teigti, kad vertinant skausmą kaip fiziologinių signalų elementų pokyčius galima skausmą suskaidyti ir įvertinti. Tarp vertinimo elementų aptinkama statistiškai reikšmingų rodiklių, pagal kuriuos gali atskirti tiriamas grupes. Remiantis šiais rodikliais galima atlikti tikslesnį įvertinimą.

3.2. Diskusija

Vertinant tiriamųjų savijautą prieš tyrimą, pastebėta, kad visi tiriamieji jautėsi gerai, nesiskundė stipriu skausmu, tačiau galima įžvelgti, kad VII numeriu pažymėto tiriamojo skausmo vertinimas prieš visus tris matavimus išliko toks pats, tai yra 2. Vertinant su kitų autorių (Swift, 2015), (Adler-Neal, 2020), (Paine, 2009) aprašomais tyrimais, tokiam tiriamojo vertinimui galėjo turėti įtakos per mažas laiko intervalas atsigauti po skausmo sukėlimo fazės.

Lyginant su kitų autorių atliktais skausmo vertinimo tyrimais, pastebima, kad šiame tyrime nesukuriamas skausmas, kuris būtų vertinamas kaip didžiausias – 10 balų. Tam galėjo turėti įtakos, kad skausmą kiekvienas tiriamasis vertino ir suprato skirtingai, taip pat dėl to, kad skausmas buvo sukuriamas tik keliuose taškuose, nedideliame plote. Kuo mažesnis paveikimo plotas, tuo tiriamajam

sunkiau suprasti ir įvardyti skausmą (Courtois, 2020). Taip pat svarbu paminėti, kad skausmo vertinimas šiame tyrime nebuvo gaunamas toks nuoseklus, kaip kitų autorių aprašomoje literatūroje. Galima įžvelgti, kad kai kurių tiriamųjų įvardytas skausmas nesikeitė didinant apkrovą dvigubai. Tam galėjo turėti įtakos tai kad tiriamasis lygino skausmą ne su tuo, kurį jautė prieš tai, tačiau su didžiausiu savo suprantamu skausmu, dėl to įvertino lygiai taip pat.

Nagrinėjant gautus fiziologinių signalų elementų pokyčius su literatūroje (Adler-Neal, 2020) pateiktais rezultatais pastebėta, kad sutampa HRV pokyčių vertinimas – tai yra gaunama, kad skausmo sukėlimo metu labiau pastebimas pokytis diastolės metu, tačiau vertinant EDA signalo SCL pokyčiai tyrimo metu buvo didesni, lyginant su literatūroje (Adler-Neal, 2020). Tačiau literatūroje EDA nagrinėjamas tik kai yra suteikiamas greitas skausmas, pavyzdžiui, elektros impulsais, todėl tikėtina, kad jeigu impulsas būtų vertinamas mažesniame laiko intervale, gauti duomenys būtų kitokie.

IŠVADOS

1. Darbe suprojektuotas ir pagamintas skausmą sukeliantis mechaninis dirgiklis gali būti taikomas skausmo vertinimo tyrimuose, nes galima sukelti valdomą skausmo pojūtį iki 1 kg (esant poreikiui ir didesnį), kuris buvo susietas su viena iš subjektyvių skausmo vertinimo skalių – VAS. Gauti duomenys buvo analizuojami ieškant statistiškai reikšmingų fiziologinių signalų elementų parametrų.
2. Sudaryta eksperimentinė skausmo objektyvizavimo tyrimo metodika leido:
   a) Įvertinti, kurie širdies EKG signalo kintamumo (variabilumo) parametrai galėtų būti sietini su skausmo pojūčiu. Labiausia iš visų EKG HRV parametrų išsiskyrė R-R intervalas ($p < 10 \cdot 10^{-4}$) kaip potencialiai tinkamiausias naudoti skausmo objektyviam vertinimui.
   b) Lyginant fiziologinių signalų elementų ir tiriamųjų nurodytą skausmą esant fiksuotoms apkrovoms pastebėta, kad didžiausias koreliacijos koeficientas yra vertinant SDNN pokytį ($r = 0{,}662$).
   c) Nustatyta, kad naudojant elektroderminio aktyvumo signalą EDA, statistiškai reikšmingų žymenų skausmui objektyvizuoti nėra.
3. Statistiškai reikšmingi fiziologinių signalų elementai gali būti pritaikomi klinikiniam skausmo vertinimui, kai pacientas negali įvardyti ar nurodyti patiriamo skausmo.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Adler-Neal, A. L. (2020). The role of heart rate variability in mindfulness-based pain relief. *Pain, 5(9)*, 306−323.
2. Ang, S. T. (2017). The forebrain medial septal region and nociception. *Neurobiol Learn Mem, 87(3)*, 271−284.
3. Arsenault, M (2013). Pain modulation induced by respiration. *Neuroscience, 252(1)*, 501−511. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306452213006428
4. Aslaksen, P. M. (2008). The roles of physiological and subjective stress in the effectiveness of a placebo on experimentally induced pain. *Pshychosom, 4(2)*, 811−818.
5. Bakken, A. G. (2021). The effect of spinal manipulative therapy and home stretching exercises on heart rate variability in patients with persistent or recurrent neck pain: a randomized controlled trial. *Chiropractic & Manual Therapies, 29(6)*, 1−48. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34844625/
6. Bari, D. D. (2018). Electrodermal activity responses for quantitative assessment of felt pain. *Journal of Electrical Bioimpedance, 9(1)*, 52−58. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33584921/
7. Baron, R. (2020). Neuropathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatmen. *The Lancet Neurology, 7(3)*, 807−819.
8. Biju, H. (2014). Scale-free brain activity: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences, 18(9)*, 480−487. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661314000850
9. *Biopac: Introductory ECG Guide*. (2022). https://www.biopac.com/wp-content/uploads/ECG-Guide.pdf
10. *Biopac: EDA Introductory Guide.* (2022). https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-Guide.pdf
11. *Biopac: Compute HRV Statistics.* (2022). https://www.biopac.com/script/script-056-compute-hrv-statistics/
12. *Biopac: Event-related EDA Analysis.* (2022). https://www.biopac.com/?app-advanced-feature=event-related-eda-analysis
13. Blume, H. (n.d.). *Surgery: Implanted EEG Electrodes*. https://www.epilepsy.com/learn/professionals/diagnosis-treatment/surgery/implanted-eeg-electrodes

14. Caruelle, D. (2019). The use of electrodermal activity (EDA) measurement to understand consumer emotions – A literature review and a call for action. *Journal of Business Research, 85(9)*, 146−160.
15. Chalaye, P. (2009). Respiratory effects on experimental heat pain and cardiac activity. *Pain Med, 10(8)*, 1334−1340. https://academic.oup.com/painmedicine/article/10/8/1334/1857792
16. Cho, S. H. (2019). Frequency and intensity of electrical stimulation of human sympathetic ganglia affect heart rate variability and pain threshold. *Sci, 9(21)*, 4490. https://www.mdpi.com/2076-3417/9/21/4490/htm
17. Chouchou, F. (2011). Pain: A study of heart rate variability. *Pain, 15(6)*, 544−560 https://www.researchgate.net/publication/49738231_Autonomic_pain_responses_during_sleep_A_study_of_heart_rate_variability
18. Escalona, A. C. (2020). Validation of an Electronic Visual Analog Scale mHealth Tool for Acute Pain Assessment: Prospective Cross-Sectional Study. *Med Internet Res*, 13, 468. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32049063/
19. Fazalbhoy, A. (2012). Individual differences in the cardiovascular responses to tonic muscle pain: Parallel increases or decreases in muscle sympathetic nerve activity, blood pressure and heart rate. *Physiol, 68(3)*, 1084−1092.
20. *Fizika: Tūrio matavimas.* (2021). http://fizikos.fweb.lt/T%C5%ABrio%20matavimas
21. Forte, G. (2019). Heart Rate Variability and Cognitive Function: A Systematic Review. *Neurosci, 710(13)*, 67−71. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6637318/
22. Forte, G. (2022). Heart Rate Variability and Pain: A Systematic Review. *Brain Sci, 12(2)*, 153−164. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35203917/
23. Fu, Q. (2021). MSCNN-AM: A Multi-Scale Convolutional Neural Network With Attention Mechanisms for Retinal Vessel Segmentation. *IEEE, (8)*, 163926−163936. https://ieeexplore.ieee.org/document/9187192
24. Ganapathy, N. (2021). Emotion Recognition Using Electrodermal Activity Signals and Multiscale Deep Convolutional Neural Network. *Medical Systems, 45(4)*, 184-205.
25. Ghiasi, Sh. (2020). Assessing Autonomic Function from Electrodermal Activity and Heart Rate Variability During Cold-Pressor Test and Emotional Challenge. *Scientific reports, 10(1)*, 3068−3071. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32214158/
26. Hayakawa, A. (2022). Impact of chronic GVHD on QOL assessed by visual analogue scale in pediatric HSCT survivors and differences between raters: a cross-sectional observational study in Japan. *International Journal of Hematology, 4(1)*, 123−128.
27. Hejjel, L. (2005). The corner frequencies of the ECG amplifier for heart rate variability analysis. *Meas, 74(6)*, 39−47.

28. Hernando-Gallego, F. (2018). Feature extraction of galvanic skin responses by non-negative sparse deconvolution. *Biomed. Health Inform, 18(2)*, 1385−1394.
29. Horlings, R. (2018). Emotion Recognition using Brain Activity. *International Conference on Computer Systems and Technologies, 4(1),* 12−34. https://www.researchgate.net/publication/220795664_Emotion_recognition_using_brain_activity
30. *IMotions: Galvanic Skin Response - The Complete Pocket Guide*. (2017). https://imotions.com/guides/eda-gsr/
31. Ye, J. J. (2017). Observing continuous change in heart rate variability and photoplethysmography-derived parameters during the process of pain production/relief with thermal stimuli. *Pain, 17(10)*, 527−533. https://www.dovepress.com/observing-continuous-change-in-heart-rate-variability-and-photoplethys-peer-reviewed-fulltext-article-JPR
32. Jess, G. (2016). Monitoring heart rate variability to assess experimentally induced pain using the analgesia nociception index: A randomised volunteer study. *Anaesthesiol, 47(6)*, 118−125.
33. Jiang, M. (2019). Acutepain intensity monitoring with the classification of multiple physiologicalparameters. *Clin Monit Comput, 47(3)*, 493−507.
34. Karri, J. (2017). Heart Rate Variability: A Novel Modality for Diagnosing. *Psyciol, 93(7)*, 1043−1065. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2017.00495/full
35. Kerbage, S. H. (2021). Pain assessment of the adult sedated and ventilated patients in the intensive care setting: A scoping review. *International Journal of Nursing Studies, 8(4)*, 34−60.
36. Lazaridou, A. (2018). Pain Assessment. *Essentials of Pain Medicine, 63(1)*, 841−852. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978032340196800005X
37. Malik, M. (1996). Heart Rate Variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology, 1(2)*, 151−181. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1542-474X.1996.tb00275.x
38. Martins, D. F. (2021). The role of the vagus nerve in fibromyalgia syndrome. *Neuroscience & Biohavioral Reviews, 10(3)*, 1136−1149.
39. Meeuse, J. J. (2013). Heart rate variability parameters do not correlate with pain intensity in healthy volunteers. *Pain Med, 7(3)*, 1192−1201.
40. Paine, P. (2009). Exploring relationships for visceral and somatic pain with autonomic control and personality. *Pain, 144(3)*, 236−244. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19398272/
41. Pascalis, V. (2018). The influence of reward sensitivity, heart rate dynamics and EEG-delta activity on placebo analgesia. *Brain, 87(4)*, 320−330.

42. Pasquale, M. (2008). *The Emotional Impact of the Pain Experience: Adapted from a presentation at the SLE Workshop at Hospital for Special Surgery*. https://www.hss.edu/conditions_emotional-impact-pain-experience.asp
43. Piovesan, A (2019). The relationship between pain-induced autonomic arousal and perceived duration. *Emotion, 45(3)*, 1148−1161.
44. Posada-Quintero, H. F. (2020). Using electrodermal activity to validate multilevel pain stimulation. *Physiol.-Regulatory Integrative Comparative Physiol, 10(3),* 366−375. https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpregu.00102.2020
45. Poulsen, C. E. (2019). Region-specific effects of trigeminal capsaicin stimulation. *Oral Facial Pain Headache, 3(1)*, 318−330.
46. Raja, S. N. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain, 161(9)*, 1976−1982. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32694387/
47. Safikhani, Sh. (2018). Response scale selection in adult pain measures: results from a literature review. *Patient Rep Outcomes, 57(6),* 34−49.
48. Santarcangelo, E. L. (2008). Heart-rate control during pain and suggestions of analgesia without deliberate induction of hypnosis. *Clin, 69(4)*, 255−269.
49. Schneider, R. (2020). Essential oil inhaler (AromaStick®) improves heat tolerance in the Hot Immersion Test (HIT). Results from two randomized, controlled experiments. *Therm, 87(5),* 87−94.
50. Shaffer, F. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Public Health, 258(5),* 758−768.
51. Sharma, P. (2017). Slow deep breathing increases pain-tolerance and modulates cardiac autonomic nervous system. *Physiol, 21(5)*, 107−113.
52. Smart, K. M. (2020). Clinical indicators of 'nociceptive', 'peripheral neuropathic' and 'central' mechanisms of musculoskeletal pain. A Delphi survey of expert clinicians. *Man Ther, 15(1),* 80−87. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19679504/
53. Song, Ch. (2018). Augmented reality-based electrode guidance system for reliable electroencephalography. *BioMedical Engineering OnLine, 73(9)*, 574−578.
54. *Spss analizė: Skausmo vertinimas*. (n. d.). https://www.spssanalize.lt/skausmo-vertinimas/
55. Streff, A. (2010). Differential physiological effects during tonic painful hand immersion tests using hot and ice water. *Pain, 61(2)*, 266−272.
56. Subha, D. P. (2010). EEG Signal Analysis: A Survey. *Journal of Medical Systems, 36(5),* 195−212. https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-008-9231-z

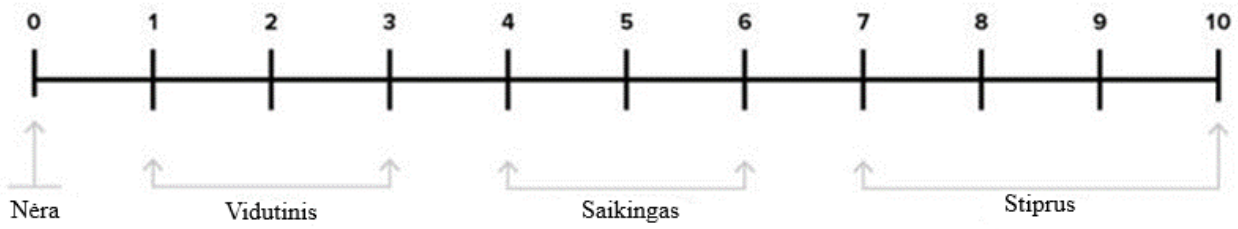
57. Sunil, V. L. (2019). Towards artificial intelligence in mental health by improving schizophrenia prediction with multiple brain parcellation ensemble-learning. *Nature partner journals, 19(2)*, 1−11. https://www.nature.com/articles/s41537-018-0070-8
58. Susam, B. T. (2019). Automated Pain Assessment using Electrodermal Activity Data and Machine Learning. *Med Biol, 5(1)*, 372−375. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30440413/
59. Swift, A. (2015). Pain management: physiology - how the body detects pain stimuli. *Nursing Times, 17(5)*, 20−23.
60. Terkelsen, A. J. (2004). Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex. *Physiol, 57(3)*, 405−414. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-201X.2004.01263.x
61. *The McGill Physiology Virtual Lab: Biomedical Signals Acquisition*. (n.d.). https://www.medicine.mcgill.ca/physio/vlab/biomed_signals/eeg_n.htm#:~:text=Signal%20frequency%3A%20the%20main%20frequencies,of%203%20Hz%20or%20below.&text=Theta%3A%20has%20a%20frequency%20of,but%20abnormal%20in%20awake%20adults.
62. Tian, S. (2020). Self-compassion demonstrating a dual relationship with pain dependent on high-frequency heart rate variability. *Pain, 16(5)*, 375−398. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32148598/
63. Tik, N. (2020) Brain activity evoked. *Brain Research, 42(12)*, 1475-1482. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.25534
64. Thong, I. S. (2018). The validity of pain intensity measures: What do the NRS VAS VRS and FPS-R measure. *Pain, 18(1)*, 99−107. https://europepmc.org/article/MED/29794282
65. Thut, G. (2009). New insights into rhythmic brain activity from TMS–EEG studies. *Trends in Cognitive Sciences, 7(4)*, 24−32. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364661309000485
66. Tracy, L. M. (2018). Heart rate variability is associated with thermal heat pain threshold in males, but not females. *Psychophysiol, 16(10)*, 37−43. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29505850/
67. Treister, R. (2018). Differentiating between heat pain intensities: The combined effect of multiple autonomic parameters. *Pain, 17(4)*, 363−380.
68. Zhao, Y. (2015). Automated vessel segmentation using infinite perimeter active contour model with hybrid region information with application to retinal images. *Medical Imaging, 34(9)*, 1797−1807. https://ieeexplore.ieee.org/document/7055281

PRIEDAI

A priedas. Tiriamojo vertinimo anketos šablonas

Prieš tyrimą:

Skausmo vertinimo skalė nuo 0 iki 10

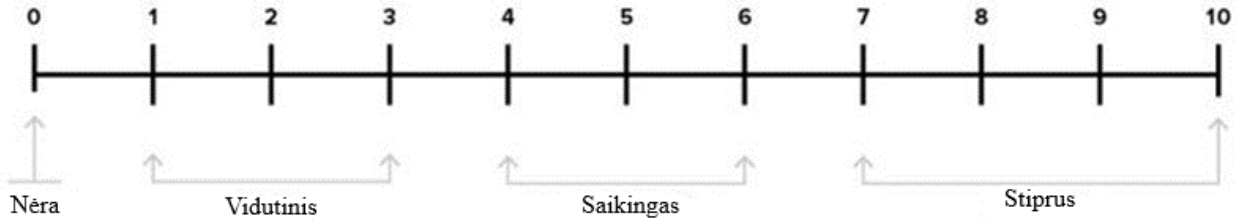


Tyrėjo vertinimas:

Tyrimo metu:

I bandymas

Skausmo vertinimo skalė nuo 0 iki 10



Sukuriamas slėgis: ..... bar, matuojamas taškas: .....

II bandymas

Sukuriamas slėgis: ..... bar, matuojamas taškas: .....

III bandymas

Sukuriamas slėgis: ..... bar, matuojamas taškas: .....

B priedas. Tiriamojo supažindinimo su tyrimu protokolo šablonas.

TYRIMO SANTRAUKA

Versija: Skausmas-2022-01 **Data: 2022-04-05**

Darbo tema: „Skausmo objektyvizavimo tyrimas“.

Tyrimo tikslas: atlikti baigiamojo darbo metu suprojektuoto mechaninio skausmo dirgiklio validavimo tyrimus, kokybinius tyrimus su pasirinkta tiriamųjų grupe. Atlikti kiekybinį ir kokybinį skausmo vertinimą taikant fiziologinių signalų vertinimą.

Tyrimo uždaviniai:

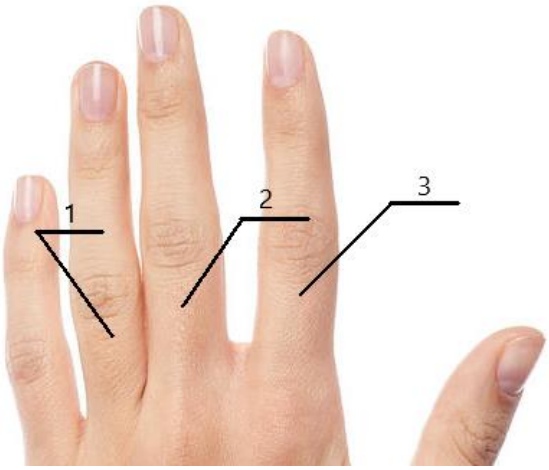
1. Apžvelgti mokslinius straipsnius, nagrinėjančius skausmo objektyvizavimo būdus medicininiu ir biomechaniniu požiūriu, vertinant fiziologinius signalus.
2. Atlikti tyrimą, bei gautų duomenų analizę.
3. Rasti statistiškai reikšmingus skausmo apibūdinimo parametrus, suteikiančius galimybę objektyvizuoti skausmą.
4. Suformuoti išvadas.

Tyrimo objektas: Sveiki savanoriai, kurie nejaučia lėtinio skausmo ir tyrimo dieną jaučiasi gerai.

Atranka: atsitiktinė atranka kviečiami savanoriai dalyvauti tyrime.

Tiriamųjų konfidencialumo užtikrinimas: Tiriamųjų konfidencialumas yra užtikrinamas, asmeniniai duomenys (vardas, pavardė, gimimo metai), įrašyti į sutikimo dalyvauti tyrime formą prieš atliekant tyrimą, nebus skelbiami viešai ir nebus publikuojami jokiose ataskaitose. Tyrimo rezultatai bei skelbiami tik apibendrinti.

Galimas rizikos bei žalos pacientams įvertinimas: Tyrimo pradžioje bus atliekamas tiriamojo būsenos vertinimas, jam reikės nurodyti VAS skalėje, kokia yra jo savijauta tą dieną, tyrėjas taip pat įvertina tiriamojo būklę ir nustato kiek kartų ir kaip stipriai gali būti sukeltas skausmas. Po to plaštakos srityse sukeliamas skausmas, tuo pačiu metu vertinant jutiklių duomenis. Tyrimas bus atliekamas du arba tris kartus, siekiant įvertinti, kokį skausmą tiriamasis patiria, kiekvieną kartą tyrimo metu bus prašoma tiriamojo įvertinti skausmą, siekiant pasiekti 7-10 skausmo vertinimo ribą. Kiekvieną kartą matuojant bus skausmas suteikiamas į tris skirtingus tolimuosius pirštakaulius (B1 pav.). Tyrimo procesas užtruks iki 45 minučių. Taikant pacientams neinvazinį metodą, rizikos bei žalos tiriamieji nepatirs. Pacientų tyrimas gali sukelti tik nepatogumus, susijusius su sugaištu laiku. Tiriamasis galės atsisakyti daryti tyrimą, jei skausmo slenkstis bus pasiektas didžiausias anksčiau nei buvo numatyta tyrėjo.



B1 pav. Taškai, kuriuose sukeliamas skausmas

Tyrimą atliks: VILNIUS TECH universiteto Mechanikos fakulteto, Biomechanikos inžinerijos katedros magistrantūros II kurso BMfm-20 gr. stud. Kotryna Šileikytė.

Darbo mokslinis vadovas	prof. dr. Julius Griškevičius
Tyrėjas	Kotryna Šileikytė

TIRIAMOJO ASMENS INFORMAVIMO FORMA

Versija: Skausmas-2022-01 **Data: 2022-04-05**

VILNIUS TECH universiteto Mechanikos fakulteto Biomechanikos inžinerijos katedros studentė magistrinio darbo metu atliks tyrimą, skirtą skausmo objektyvizavimui naudojant mechaninį skausmo dirgiklį. Tyrimo dalyviai savanoriai. Tyrimo duomenys bus panaudoti tik studijų tikslams, anketiniai duomenys nebus skelbiami viešai. Anonimiškumas ir gautų duomenų konfidencialumas garantuojamas.

Iškilus neaiškumams tiriamasis gali kreiptis:

Tel.: 8-5-2744750, 8-5-2744748, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Biomechanikos inžinerijos katedra

Darbo mokslinis vadovas prof. dr. Julius Griškevičius

Tyrėjas Kotryna Šileikytė

TIRIAMOJO ASMENS SUTIKIMO FORMA

Versija: Skausmas-2022-01 **Data: 2022-04-05**

Aš, _____, sutinku dalyvauti VILNIUS TECH universiteto, Mechanikos fakulteto Biomechanikos katedros studentės Kotrynos Šileikytės atliekamame tyrime, skirtame objektyvizuoti skausmą, registruojant parametrus neinvaziniu būdu.

Tiriamojo asmens _____
parašas

Nr._____ Data _____

SUTIKIMAS BŪTI FOTOGRAFUOJAMAM IR FILMUOJAMAM TYRIMO METU

Aš, _____, sutinku/nesutinku (nereikalinga išbraukti) būti filmuojamas ir fotografuojamas tyrimo metu.

Tiriamojo asmens _____
parašas

Darbo mokslinis vadovas prof. dr. Julius Griškevičius

Tyrėjas Kotryna Šileikytė