



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

Ingrida Stognij
**LIEMENS RAUMENŲ STIPRINIMAS NAUDOJANT
NEPUSIAUSVYRUS ĮRENGINIUS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas: Doc. dr. Aurelijus Domeika

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

**LIEMENS RAUMENŲ STIPRINIMAS NAUDOJANT
NEPUSIAUSVYRUS ĮRENGINIUS**

Baigiamasis magistro projektas
Biomedicininės inžinerijos (621H16001)

Vadovas

Doc. dr. Aurelijus Domeika

Recenzentas

Lekt. dr. Irmantas Kupčiūnas

Projektą atliko

Ingrida Stognij

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Ingrida Stognij

(Studento vardas, pavardė)

Biomedicininės inžinerijos, 621H16001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Liemens raumenų stiprinimas naudojant nepusiausvyrus įrenginius“
AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. birželio 04 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Ingrida Stognij baigiamasis projektas tema „Liemens raumenų stiprinimas naudojant nepusiausvyrus įrenginius“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Stognij Ingrida. Liemens raumenų stiprinimas naudojant nepusiausvius įrenginius. Biomedicininės inžinerijos magistrantūros studijų baigiamasis projektas / vadovas Doc. dr. A. Domeika; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas, elektronikos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 46psl.

SANTRAUKA

Darbe nagrinėjama nugaros liemens giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumas sėdint ant stabilių ir nepusiausvirų paviršių. Tyrimams atlikti naudota 3D judesių matavimo ir analizės sistema. Rezultatų analizei naudota Microsoft Excel ir Matlab programiniai paketai.

Tyrimo metu ištirti 10 tiriamieji. Tiriamieji neturėjo sveikatos sutrikimų, kurie būtų įtakoję tyrimo rezultatus. Elektromiografu (EMG) registruoti dešinės pusės giliųjų ir paviršinių nugaros bei pilvo raumenų aktyvumas įvairiomis padėtimis. Tyrimai atlikti sėdint ant pusiausviro ir nepusiausviro (sagitalinėje bei frontalinėje plokštumose) paviršių esant skirtingiems kampo tarp šlaunies ir liemens dydžiui, sėdint tiesia nugara ir sukniubus, kojoms remiantis į kietą pagrindą, kabant kojoms ore ir remiantis į nestabilias atramas.

Nustatyti ir analizuoti žmogaus judėjimo parametrai: raumenų aktyvumas, lenkimosi kampai (klubo – liemens). Šiame darbe taip pat aprašytį tyrimo būdai ir metodologija. Atliktas automatinis fazių atpažinimo metodas, nustatytos fazių pozicijos ir trukmės.

Atlikus sėdėsenos tyrimą nustatyta, kad nugaros giliųjų raumenų aktyvumui įtakos turi visi ištirti faktoriai – pagrindo nestabilumas, liemens pasvirimas ir juosmens neutralios padėties išlaikymas, bei kojų atramos tipas.

Reikšminiai žodžiai: Koordinacija, nepusiausvirumas, statinė pusiausvyra, dinaminė pusiausvyra, raumenų aktyvumas, gilieji ir paviršiniai raumenys.

Stognij Ingrida. Waist Muscle Activity Improvement Using Unstable Equipment of master's degree / supervisor Doc. dr. A. Domeika; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics, department of electronics engineering.

Kaunas, 2015. 46 psl.

SUMMARY

The paper examined the lower back waist deep and superficial muscle activity while sitting on a stable and uneven surfaces using 3D motion measurement and analysis system QualiSys. In addition, for the calculations used in Microsoft Excel and Matlab software package.

The study was conducted with 10 subjects. They did not have any health problems that could have affected the outcome of the investigation. It was examined three right-hand (deep) back muscles has been explored in different postures while sitting on the stable and unstable (in the sagittal and frontal planes) surfaces with different trunk inclination angle from the vertical, trunk posture (straight back and slumped back) and type of legs support: feet rest on the stable basis, hung in the air and rest on the unstable support.

In order to investigate and determine the deep lower back muscle and superficial muscles during quiet sitting on the unstable surface depends on the trunk inclination angle from the vertical and trunk posture position.

Identify and analyze human movement parameters: muscle activity, bending angles (hip - waist). In this work, as well as ways to describe the study and methodology.

The test results indicate that the deep back muscle activity is influenced by all of the factors: seat surface instability, trunk inclination angle and posture and footrests type. Results of measurements were analyzed with regard to basic posture – vertical seat with a straight back (while maintaining a neutral position of the spine) and feet resting on a stable basis.

Keywords: Coordination, unstable, static balance, dynamic balance stability, muscle activity, deep and superficial muscles.

TURINYS

Įvadas	7
1 LITERATŪROS APŽVALGA.....	9
1.1 Stuburo sandara ir funkcijos	9
1.2 Lordozė ir kifožė	9
1.3 Raumens mechanika	12
1.4 Kūno pusiausvyra ir koordinacija.....	12
1.5 Raumenų įtaka statinei ir dinaminei pusiausvyrai	14
1.6 Pusiausvyros lavinimas ir pagalbinės priemonės	17
2 TYRIMO METODOLOGIJA.....	21
2.1 Tyrimo eiga.....	21
2.1.1 Statinės pusiausvyros tyrimas	22
2.1.2 Dinaminės pusiausvyros tyrimas	25
2.2 Įranga ir pagalbinės priemonės.....	27
2.2.1 Judesių analizės sistema.....	27
2.2.2 Raumenų aktyvumo registravimo prietaisas	28
2.2.3 Signalų registravimo programa.....	30
3. TYRIMO REZULTATAI.....	35
Išvados.....	43
Literatūros sąrašas	44
Priedai.....	47
Priedas 1. Asmens informavimo ir informuoto asmens sutikimas	47
Priedas 2. „Matlab“ programos kodas	49
Priedas 3. Mokslinės publikacijos darbo tema	53

ĮVADAS

Žmogaus nugara yra tikras inžinerinis stebuklas. Leidžiantis žmogui eiti išsitiesusiam, išlaikyti pusiausvyrą, pasilenkti, pasisukti, kelti daiktus, šokinėti ir bėgioti. Tačiau visi šie judesiai priklauso nuo daugybės elementų tarpusavio suderinamumo - funkcionavimo. Nugarai tenka didžiulis krūvis – ji turi būti stipri, kartu ir lanksti. Kad nugara atliktų savo svarbiausias funkcijas, trys sistemos – kaulai, raumenys ir nervai – turi veikti kartu [1].

Sveikas žmogus – tai harmoningai auganti, bręstanti, turinti sąlygas tenkinti savo dvasinius ir socialinius poreikius asmenybė tiek sportinėje tiek buitinėje veikloje. Sėdimas ar stovimas darbas, laisvalaikio praleidimas prie televizoriaus, keliavimas mašina - tokia šiandien daugumos žmonių kasdienybė. Deja, bet taip gyvendami nuo ilgo ir netaisyklingo sėdėjimo ar stovėjimo ilgainiui atsiranda nugaros skausmų, kurie informuoja apie galimus sunkesnius sveikatos sutrikimus. Sveikatą lemia genetiniai veiksniai, aplinka, paties žmogaus elgesys ir jo kontaktas su tam skirta ar konkrečia treniravimosi įranga [2].

Gera pusiausvyra ir mobilumas yra vieni iš pagrindinių gyvenimo kokybę lemiančių veiksnių. Pusiausvyra yra išreiškiama gebėjimu išlaikyti stabilumą. Fizinis pusiausvyros apibūdinimas siejasi su gebėjimu išlaikyti bendrą kūno masės centrą atramos ploto ribose sėdint, stovint ar einant. Pusiausvyros išlaikymas yra neatsėjama kasdieninio gyvenimo sudedamoji dalis, o pusiausvyros kontroliavimas yra sudėtinis ir daugiafunkcinis veiksnys. Funkcinė užduotis ir aplinka, kurioje ta užduotis vykdoma, yra lemiamas pusiausvyros kontrolės. Tad ir pusiausvyrą gali lemti daugelis mus supančių veiksnių – aplinka ar veikla.

Visuomenė vis daugiau dėmesio skiria žmogaus savijautai, darbingumui, gydymui ir rehabilitacijai. Žmogaus ir techninių priemonių sąveika bei mokėjimas padėti žmogaus organizmui maksimaliai naudoti fiziologines jėgas praverčia siekiant geriausių sporto ar fizinės savijautos palaikymo rezultatų, kas leidžia žmogui toliau tobulėti ir siekti geresnių rezultatų.

Darbo problema: Žinoma, kad raumenys padeda išlaikyti kūno pusiausvyrą stovint, tačiau raumenų įtaka kūno pusiausvyrai sėdint yra mažai ištirta.

Darbo tikslas: Nustatyti nepusiausvyros sėdimos padėties įtaką giliesiems ir paviršiniams raumenims.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti giliųjų ir paviršinių raumenų priklausomybę nuo nugaros pasvirimo kampo ir kojų padėties.
2. Nustatyti statiškai sėdint ant nepusiausviros, sagitalinėje ir frontalinėje plokštumose, platformos įtaką raumenų aktyvumui;
3. Sudaryti algoritmą kuris atpažintų nepusiausviro treniravimo įrenginiu atliekamų pratimų fazes ir apskaičiuotų fazių trukmę.
4. Atliekant pratimus pusiausviro/nepusiausviro asimetriniu treniravimo įrenginiu nustatyti giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumą.

1 LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Stuburo sandara ir funkcijos

Stuburas – centrinė žmogaus griaučių ašis [3]. Stuburas – ištemptos spyruoklės pavidalo nariuotas darinys, judri viso kūno ašis nuo kaukolės pamato iki liemens apačios. Stuburo spyruoklinė forma yra susijusi su žmogaus stačia stovėseną.

Priekinė stambi stuburo dalis remia kūno dalių masę, užpakalinė dalis sudaro atramas nugaros raumenims prisijungiant, o viduje yra nugaros smegenų – stuburo kanalas. Per šonuose esančias tarpslankstelines angas, iš nugaros smegenų išeina nervai (Česnys ir kt., 2008). Sutcliffe (2000) išskiria tokią stuburo funkciją kaip: stuburas yra galvos ir kitų skeleto dalių atrama [4].

Palaiko statmeną kūno padėtį, apsaugo stuburo kanale esančias nugaros smegenis, kurios jungia galvos smegenis su kitomis nervų sistemos dalimis. Sudaro pagrindą, prie kurio yra prisitvirtinę raumenys ir šonkauliai, amortizuoja smūgius. Stuburo sudedamoji dalis yra slankstelis. Dėl savo sandaros leidžia atlikti įvairius kūno judesius. Tarp stuburo slankstelių yra kremzlinės plokštelės, vadinamos tarpslanksteliniais diskais, jungiančios du gretimus slankstelius.

Tarpslankstelinų diskų funkcija – amortizacinė [5]. Jie amortizuoja smūgius, padeda atlaikyti spaudimą ir suteikia stuburui lankstumo (Sutcliffe, 2000). Tarpslankstelinį diską spaudimo jėgos veikia beveik visą laiką: einant, bėgant, šuoliuojant, sėdint, keliant, nešant daiktus, atliekant fizinius pratimus.

1.2 Lordozė ir kifozė

Slanksteliai sujungti kremzlėmis ir raiščiais, todėl stuburas gali susilenkti, išsitiesti ir atlikti kitus judesius (Astašenko, 2008) [6]. Per mažai judant raiščiai tampa ne tokie paslankūs ir varžo judesius. Esant priešingų atveju nuo per didelių krūvių – persitempia ir judesių amplitudė tampa per didelė. Kuomet stuburo linkiai tampa didesni nei įprasta atsiranda įvairūs stuburo iškrypimai:

- Lordozė
- Kifozė
- Skoliozė

Ilgalaikio sėdėjimo poveikis. Sėdėjimas nėra gera padėtis stuburui, nes sėdint juosmens tarpslanksteliniai diskai yra spaudžiami gana stipriai (Dadelienė, 2004). Sėdint nugaros apačiai tenka pustrėčio karto didesnis krūvis negu stovint [4]. Kai tenka sėdėti ilgą laiką, dažnai sėdima netaisyklingai. Nekeičiant kūno padėties sėdint kelias minutes, raumenys - laikantys nugarą,

pavargsta, atsipalaiduoja, tada sukniumbama (susikūprinama), nugara sulinksta. Jeigu taip sėdima nekeičiant padėties ilgą laiką, gali išsitempti nugaros raumenys ir raiščiai, o tai sukels nugaros skausmus. O kai susikūpinusi sėdėseną pasidarys įprasta ir kasdien truks ilgai, tai gali sukelti diskų deformaciją, pasislinkimą stuburo sąnariuose, o vyresnio amžiaus žmonėms gali deformuotis ir slanksteliai [5].

Lordozė. Palaipsniui besivystant raumenims, formuojasi normalūs keturi stuburo linkiai (1.1 pav.) [7]. Pirmasis normalus linkis yra ties kaklu. Šis linkis išsigaubęs 20–40 ° į priekį ir yra vadinamas kakline lordoze. Ties krūtine stuburas daro 20–40 ° linkį atgal, jis vadinamas krūtinine kifoze. Ties juosmeniu 40–60 ° linkis į priekį, vadinamas juosmenine lordoze. Paskutinis linkis – kryžmeninė kifoze – yra stuburo apačioje, o jį sudaro atgal išsigaubę kryžkaulis ir uodegikaulis.

Jei kuris linkis tampa didesni nei įprasta, tai vadinama stuburo iškrypimu (1.2 pav.) [8]. Normalią stuburo judesių amplitudę tyrinėjo keletas mokslininkų. Kapandji (1974) surinkta medžiaga apie stuburo ir atskirų jo dalių judesius pateikta 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Normali stuburo ir jo dalių judesių amplitudė

	Lenkimas	Tiesimas	Šoninis lenkimas	Sukimas
Kaklinė	40°	70°	35-40°	45-50°
Krūtininė	105°*	60°*	20°	35°
Juosmeninė			20°	5°
Viso stuburo	145°	140°	75-85°	90°

*judesių amplitudė matuojama kartu krūtininei ir juosmeninei stuburo dalims.

Dinaminio stabilumo svarbą liemens judesiams išanalizavo mokslininkai ir K.P. Granata, S.A. England (2006), kurie teigia, kad judesių tempas, kryptis kontroliuoja stuburo stabilumą.

Liemens tiesimas/lenkimas. Siekimo į priekį judesį galima atlikti dvejopai:

1. Lenkiantis į priekį, plaštaka, ranka, viršutinė liemens dalis pradeda judesį ir stuburas susilenkia.
2. Lenkimosi į priekį judesį, galima pradėti ir nuo apatinės liemens dalies bei dubens: tada nugara išsities.

Liemens šoninis lenkimas. Lenkiantis į šoną galimi dvejopo pobūdžio judesiai:

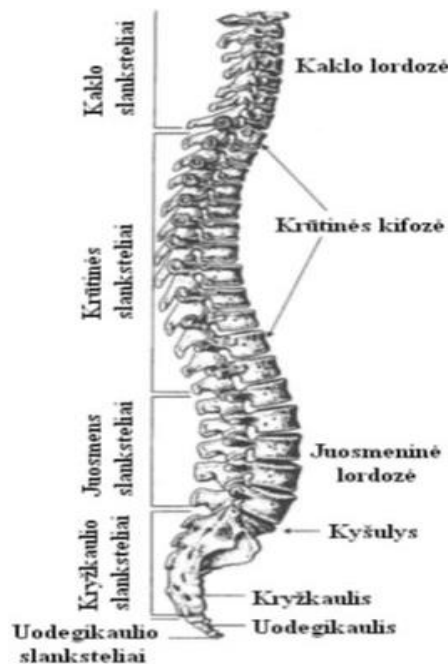
1. Judesys viršutinėje liemens dalyje, kurio metu ipsilateralios (toje pačioje į lenkimosi pusę raumenys) pusės nugaros raumenys sutrumpėja.
2. Judesys apatinėje liemens dalyje ir dubenyje, kurio metu ipsilateralios (toje pačioje į lenkimosi pusę raumenys) pusės raumenys pailgėja.

Liemens sukimas:

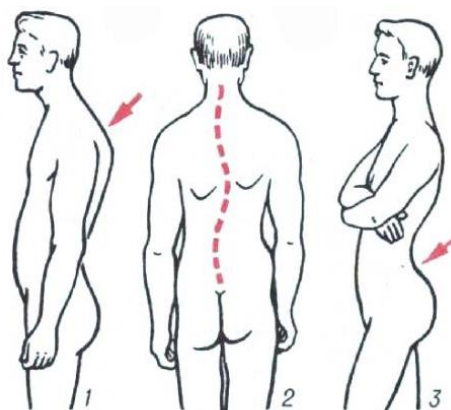
1. Judesys pradedamas viršutine liemens dalimi.
2. Judesys pradedamas apatine liemens dalimi ir dubenimi.

Kifožė. Kifožė (išlinkimas, kitaip – kupra), kuriai būdingi specifiniai pokyčiai. Skiriamos dvi ligos formos: tipinė, kai yra krūtininė kifožė, ir netipinė, kai yra juosmeninių slankstelių pokyčiai.

Liga prasideda apytiksliai net 4 - 8 metų amžiuje, tačiau rentgenogramose pokyčiai pastebimi tik apie 12-13 metus.



1.1 pav. Stuburo linkiai [7]



1.2 pav. Stuburo iškrypimai: 1 – Kifožė, 2 – Skoliozė, 3 – Lordozė [8]

Didesnė kifožė sukelia kūno disbalansą, svorio centras pasislenka į priekį. Dėl krūtininės kifožės (kupros) formuojasi kaklinė lordozė (išlinksta kaklas į priekį). Juosmens slanksteliai gauna didelę

apkrovą, todėl vystosi nervų šaknelių pažeidimas - atsiranda nugaros skausmas. Nugaros skausmas gali būti ir dėl raumenų įtempimo esant nevienodai apkrovai, dėl tarpslankstelinių sąnarių pertempimo.

Skoliozė. Būklė, kai stuburas įgauna „S“ ar „C“ raidės pavidalą žiūrint į jį iš nugaros ar priekio (atsiranda išlinkimai į šonus).

1.3 Raumens mechanika

Griaučių raumenys sudaro apie 40-50% žmogaus kūno masės - susitraukdami cheminę energiją paverčia mechanine. Žmogaus judėjimo funkcijos fiziologinį pagrindą sudaro reguliuojamieji mechanizmai, atsakingi už valingus judesius, reguliuojantys ir adaptuojantys prie raumenų darbo - atliekamo judesio metu: raumenų susitraukimo jėgos, greičio, ritmo pokyčius atliekant sudėtingus judesius bei optimalų bazinį raumenų tonusą judesio metu.

Kaulai yra kūno atrama, o raumenys leidžia atlikti judesius. Raumenys yra sudaryti iš ilgų, plonų pluoštų, kurie nervinių impulsų veikiami gali susitraukinėti ir sutrumpėti (Howard, 2002). Kad stovėdami ar sėdėdami nevirstume – išlaikytume pusiausvyrą, mūsų kūno raumenys turi būti įtempti. Tai atlieka tvirti raumenys ir daugybė atskirų, ilgesnių ir trumpesnių, raumenų pluoštų, kurie jungia tarpusavyje atskirus slankstelius ir stuburo segmentus, juos palaiko ar judina [14]. Griaučių raumenys prisitvirtinę prie kaulų sausgyslėmis – skaidulinėmis slidaus paviršiaus juostomis. Susitraukdamas raumuo stumia kaulus - kas leidžia atlikti įvairius judesius.

Raumenys daugiausia išsidėstę poromis – kai vienas jų susitraukia, kitas - atsipalaiduoja (Sutcliffe, 2000). Nugaros srityje yra keli raumenų sluoksniai, kurie skiriasi savo forma ir funkcijomis. Giliausiame sluoksnyje išsidėstę trumpi, stori raumenys, nusitęsiantys nuo vieno slankstelio prie kito, kartais apdengia kelis slankstelius (Howard, 2002). Šių raumenų audinys tankus. Kol raumenys iš abiejų pusių prie slankstelių yra vienodo stiprumo, tol slanksteliai būna išsirikiavę taisyklinga linija ir stovint ar sėdint išlaikoma reikiama stuburo padėtis (Sutcliffe, 2000).

1.4 Kūno pusiausvyrą ir koordinacija

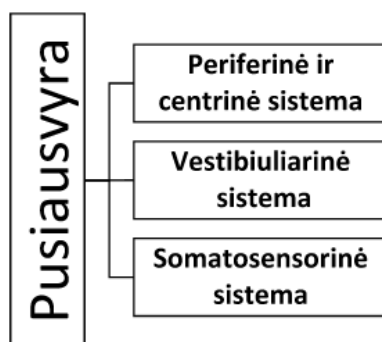
Koordinacija – tai žmogaus organų, kūno dalių funkcionavimo suderinamumas, kurį lemia jaudinimo bei slopinimo procesų derinimas centrinėje nervų sistemoje. Judesių koordinacija – tai sugebėjimas greitai išmokti sudėtingų judesių ir jų derinių, juos tiksliai atlikti standartinėmis ir besikeičiančiomis sąlygomis. Koordinacija yra fizinė ypatybė, kuri apima pusiausvyrą [10].

Pusiausvyrą – tai žmogaus sugebėjimas išlaikyti stabilią statinę kūno padėtį arba išlaikyti reikiamą kūno padėtį atliekant įvairius judesius atskiromis kūno dalimis bei judant įvairiu greičiu

visam kūnui. Mokslinėje literatūroje pusiausvyra apibrėžiama kaip gebėjimas išlaikyti kūno masės centrą virš atramos ploto, priešinant gravitacinių ir kitų išorinių ar vidinių jėgų veikimui.

Pusiausvyrą valdančios sistemos (1.3 pav.):

- vestibuliarinis aparatas - nustatantis kūno judėjimo kryptį ir pagreitį, veikiant žemės traukos jėgai;
 - regos sistema - reguliuojanti kūno padėtį aplinkoje;
 - somatosensorinė sistema - informuojanti apie atskirų kūno dalių tarpusavio padėtį [10].
- Pusiausvyros palaikymas priklauso nuo į smegenis gautos informacijos iš trijų žmogaus papildomų informacijos šaltinių: akių, raumenų ir sąnarių bei vestibuliarinio aparato. Visi šie šaltiniai siunčia informaciją į smegenis nervinio impulso pavidalu.



1.3 pav. Pusiausvyros palaikymui įtakojančios sistemos

Periferinė ir centrinė sistema. Periferinis ir centrinis matymas padeda kūnui judėti, orientuotis erdvėje. Taip pat regėjimas padeda nustatyti aplinkos ar objekto stabilumą. Kaip pavyzdys pateikiama svyruojanti į šonus nesutvirtinta šonais lenta. Tokiu atveju į smegenis siunčiamas kitoks signalas, nei pastebėjus stabilią sutvirtintą šonuose lentą. Dėka to padedama stabilizuoti kūną ir neprarasti pusiausvyros einant ar stovint.

Vestibuliarinė sistema. Vestibuliariniui aparatui priklauso vidinė ausis. Koordinuodama regėjimo ir klausos sistemas jutimo būdu – jaučia galvos judėjimo kryptį ir greitį. Kai galva pasikelia ir nusileidžia, per tris vidinės ausies kanalus teka skystis, vadinamas endolimfa. Impulsai į smegenis perduodami per vidinės ausies juntamųjų ląstelių plaukelius. Vestibuliarinio aparato sutrikimai gali lemti galvos svaigimą ir pusiausvyros, koordinacijos praradimą. Vestibuliarinio aparato disfunkcija gali atsirasti dėl galvos ar kaklo traumų.

Somatosensorinė (proprioceptinė) sistema – tai jutiklis, kuris pajaučia kūno segmentų padėtį ir judėjimo greitį, jų kontaktą su išorės objektais, taip pat ir atramos padėtimi (plokštuma) [11]. Somatosensoriniai jutimai iš odos receptorių ir raumenų, tarpusavyje palaiko ryšį suteikdami informaciją Centrinei Nervų Sistemai (CNS) apie viso kūno padėtį. Pagal ankstesnius teigimus, kad

pagrindinis pusiausvyros išlaikymo mechanizmas yra pagal vidinius modelius - kurie susidaro galvos smegenyse. Kurį aiškinama pagal jų veikimo esmę: jie, įvertinę kūno padėtį, aplinką, prieš tai buvusią sukaupią informaciją ir jau norimą kūno būseną (pusiausvyrą), sukuriama ir suderinama taip, kad leistų pasiekti norimą tikslą. Šio mechanizmo privalumas - pusiausvyros korekcija, nes vidiniai modeliai iš anksto yra pasirengę atsistatyti į pradinę padėtį.

Kad išlaikytume pusiausvyrą, turime koordinuoti kūno judesius. Koordinaciją užtikrina nervų ir raumenų sistema, reguliuojanti raumenų išorinę jėgą. Koordinaciją užtikrina vienu raumenų slopinimas, kitų - aktyvinimas, kad išlaikyti teisingą sąnario poziciją. Sporong ir kiti ištyrė, kaip rankos suspaudimo judesiai padidina pečių raumenų aktyvumą. Tiriamieji atliko izometrinį spaudimą, jėga buvo matuojama dinamometru [11]. Rankos suspaudimo ir įtempimo dydis tiesiogiai susietas su peties sąnario raumenų *supraspinatus* ir *infraspinatus* aktyvumu. Buvo stebimi raumenys, kuriems susitraukiant atliekamas judesys, ir antagonistinių raumenų, kurie dirba atliekant priešingą judesį, aktyvumas. Šie tyrimai parodė, kokią įtaką turi koordinacijos gerinimui, bei peties sąnario judesiams stabilizuoti atliekama antagonistinių raumenų darba. Judesių koordinaciją valdo nervų sistema – užtikrinti sąnario judesių stabilumą. Behm ir kiti tyrinėjo agonistinių ir antagonistinių raumenų ryšį kojos tiesime ir sąnario nestabilumą. Tiesiant koją antagonistinio užpakalinio šlaunies paviršiaus raumenų (*hamstring*) aktyvumas padidėja 29,1 % ($p=0,05$) lyginant stabilioje ir nepusiausviroje padėtyse [12].

Atliekami pratimai, gerina motorinę ir pusiausvyros raumenų funkcijas. Trumpėja judesio pradžios laikas, padidinamas agonistiškai ir antagonistiskai veikiančių raumenų jautrumas. Dėl sensomotorinės sistemos raumenys judesio atlikime turi įtakos pusiausvirai. Jėgos pratimai ir jų nauda įrodyta, kad didina raumenų apimtį ir jėgą, o tinkamai atliekant – ir išsvermę. Tyrimais patvirtinta, kad treniruotės turi įtakos ir raumeninei ir tarp-raumeninei koordinacijai [12], [13]. Minima kaip raumenys padeda išlaikyti statinę kūno pusiausvyrą, tad daug tyrimų yra atliekama esant žmogaus stovėsenai ar eisenai. Tačiau raumenų įtaka dinaminei kūno pusiausvyrai iširta kur kas mažiau [14].

1.5 Raumenų įtaka statinei ir dinaminei pusiausvyrai

Statinė pusiausvyra - gebėjimas išlaikyti pastovią kūno padėtį reikiamomis pozomis, kai kūnas nejuda.

Dinaminė pusiausvyra - gebėjimas išlaikyti ar atgauti pusiausvyrą darant judesius – veiksmus, kai veikia išorinės jėgos.

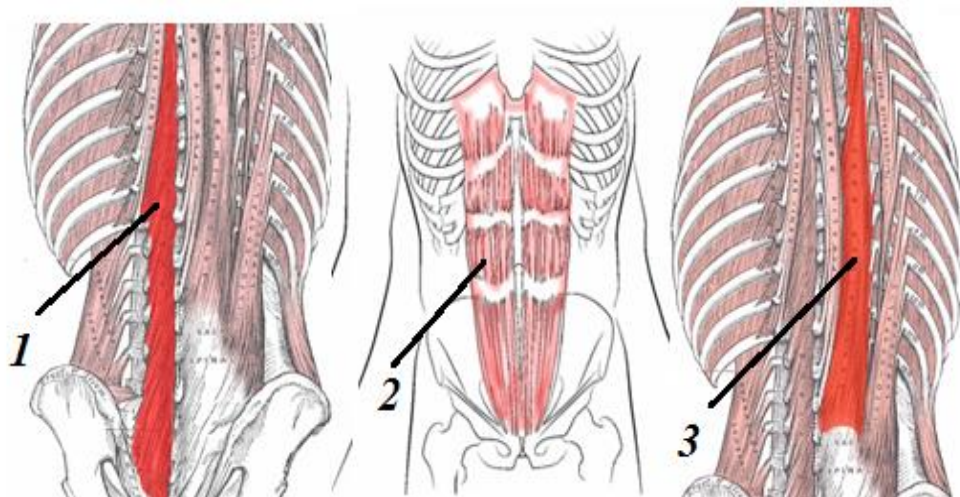
Dinaminė pusiausvyra labiau atsižvelgia į besikeičiančią aplinką ir jos daromą įtaką judesių valdymui. Kiekvienam konkrečiam judesiui gali būti suformuota skirtinga valdymo programa. Dinaminę pusiausvyrą dar galima skirstyti į pusiausvyrą atliekant judesius standartinėmis sąlygomis tiksliai numatoma tvarka ir pusiausvyrą, kuri pasireiškia judant kūnui besikeičiančiomis sąlygomis. R. C. Schafer , M. Fergjallah bei kt. teigia, kad pusiausvyrą galima skirstyti ne tik į statinę ir dinaminę, tačiau ir į aktyvią bei pasyvią, atsižvelgiant į stabilumo išlaikymą. Jų teigimu pusiausvyra, kuriai išlaikyti reikia raumenų jėgos – vadinama aktyviaja, o pusiausvyra, esant tokiai kūno pozicijai, kurios metu sąnarių paviršių neveikia gravitacinės jėgos - pasyviaja.

Milner mokslininkai su elektromiografu ištyrė ryšį tarp tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo [15]. Slijper ir Latash parodė, kad ilgai stovint ant nestabilaus paviršiaus suaktyvėja judesyje nedalyvaujantys raumenys, todėl padidėja ir raumenų, reaguojančių į nestabilų pagrindą, stabilumas ar tonusas [16]. Kai į stabilią atramą įsikimbama ranka, antagonistinių raumenų aktyvumas sumažėja. Kai raumenys siekia išlaikyti pusiausvyrą, sumažėja atliekamo judesio jėga [17]. Siekdamas išlaikyti sąnario funkcinį stabilumą pradeda veikti pusiausvyros mechanizmas, kurį lemia vietinių ir viso organizmo raumenų veikla [18]. Comerford ir Mottram suklasifikavo raumenis, dalyvaujančius koordinuojant judesius. Prie stuburo prisitvirtinę raumenys apibūdinti kaip lokalūs stabilizatoriai, globalūs stabilizatoriai ir globalūs imobilizatoriai.

Mokslininkai nustatė vietinių stabilizatorių - išlaiko mažesnę jėgą vykstant judesiui, vaidmenį. Aktyvūs stabilizatoriai, kad sumažina apkrovą ar judesį, taip apsaugant sąnarį. Globalieji stabilizatoriai tiesiogiai prie stuburo nesitvirtina jie reguliuoja sukimo momentą, užtikrinant judesio kontrolę tuo pačiu judesiuose išvystydami didelę jėgą. [18].

Globalūs imobilizatoriai užtikrina visą sąnario judesio amplitudę, neįtempiant kitų judesyje dalyvaujančių sistemų raumenų ir atlieka stabilizatorių vaidmenį, prie didelių apkrovų ar įtempimų. Lokalūs raumenys tvirtinasi prie stuburo juosmeninės dalies slankstelių ir atsako už jų stabilizavimą ir judesius. Normaliai dirbantys vietiniai raumenys užtikrina pakankamą nugaros stabilumą, raumenų sistema - užtikrina liemens stabilumą (statinį ir dinaminį), būtina kasdieniame gyvenime ir sporte [19].

Lokalus stabilizatorius *multifidus* (1.4 pav. 1) raumu atlieka funkciją kartu su kitais raumenimis: *longissimus thoracis* (1.4 pav. 3) ir *rectus abdominus* (1.4 pav. 2). Bendrieji raumenys, pasak mokslininkų, veikia stuburą per krūtinės ląstos raumenis (*erector spinae, rectus abdominus*), kurie kontroliuoja vietinius raumenis, pritvirtintus prie stuburo.



1.4 pav. Liemens pusiausvirumą palaikantys pagrindiniai raumenys [26]: 1 – *multifidus* (giliaji nugaros raumenys), 2 - *rectus abdominus* (tiesusis pilvo raumuo), 3 - *longissimus thoracis* (tiesiamasis nugaros raumuo).

Gebėjimas gerai išlaikyti statinę pusiausvyrą nereiškia, kad gerai išlaikoma ir dinaminė pusiausvyra. Specifinė dinaminė pusiausvyra būtina atliekant standartinius judesius numatytus – užprogramuotus judesius, taip pat kūnui judant besikeičiančiomis sąlygomis, į kurias atsižvelgiant reikia atlikti tuos pačius judesius, išlaikant reikiamą kūno padėtį. Pusiausvyrą lemia daug veiksnių kartu su vestibuliarinio aparato funkcijomis.

Didelę reikšmę turi išorinių dirgiklių: minėti regos, klausos organų gauta informacija. Vidinių receptorių informacija – tai informacija apie raumenų įsitemimą, sąnarių būklę, kūno dalių, organų padėtį ir slėgį. Centrinė nervų sistema, kuri apdorojus informaciją siunčia reikiamus impulsus į raumenis. Sutrikus nors vienai informacijos perdavimo šaltiniui pusiausvyra blogėja arba visiškai prarandama [20, 10].

Pusiausvyra priklauso:

1. Kūno padėtis (poza).

Kūno poza - tai kūno dalių tarpusavio padėtis erdvėje. Kai visų kūno dalių masės centrai (jų projekcijos) yra atramos plote, žmogus išlaiko kūno pusiausvyrą. O kai masės centrų projekcijos yra už atramos ribos ploto, žmogus pusiausvyrą praranda.

2. Pagrindo (atramos) plotas ir kūno masės centro aukštis.

Kūno masės centro aukštis turi būti virš atramos ploto. Didėjant atramos plotui, didėja pastovumo laipsnis, kuris apibūdina pozos stabilumą, t. y. kaip greitai prarandama pusiausvyra paveikus kūną išorinėmis jėgomis. Pusiausvyros pastovumas priklauso nuo pagrindo (atramos) ploto, bendrojo masės centro aukščio, pastovumo kampo ir pastovumo momento. Pastovesnę pusiausvyrą turės didesnį atramos plotą turintis kūnas [23].

1.6 Pusiausvyros lavinimas ir pagalbinės priemonės

Remiantis literatūra pagrįstas ryšys tarp pusiausvyros ir traumų sutrikus pusiausvyrai. Tyrimai parodė, kad pastovus pusiausvyros treniravimas būtų veiksmingas sumažinti traumų riziką. Pastebėta, kad kai buvo atliekamos pusiausvyros lavinimo programos, per sezoną traumų patyrusių sportininkų buvo sumažinta 38 procentais [22].

Daugumos žmonių raumenys silpni. Žmonės mažai laiko skiria raumenų stiprinimui. Kadangi nugaros skausmas pasitaiko labai dažnai, jį sukeliančios priežastys:

1. Netaisyklinga laikysena. Tai yra viena iš svarbiausių priežasčių. Bet kuri kūno padėtis, kuri įtakoja netaisyklingą žmogaus kūno padėtį, sukelia stuburo raiščių įsitemimą, vėliau – nuovargį. Nusilpę raumenys pajėgia išlaikyti stuburą taisyklingoje padėtyje, bet stuburo slankstelių sąnariai nuolat yra perkraunami. Tai sukelia ankstyvą sąnarių degeneraciją ir stuburo skausmą [24].

2. Didelė fizinė įtampa. Stuburo pajaučiamas skausmas yra pirmas požymis, jog reikia mažinti stuburo apkrovą.

3. Trauminiai sužalojimai. Atsitikus autoavarijų, gamybinių traumų ar intensyvaus sporto metu. Net ir sugijus slankstelio lūžiui, nugaros skausmas gali išlikti visą gyvenimą.

4. Stuburo degeneracija (“senėjimas”). Skausmas atsiranda dėl tarpslankstelinio disko, sąnarių ir raumenų pokyčių. Dažniausiai skausmas atsiranda apatinėje stuburo dalyje, nes ši stuburo slankstelių dalis labiausiai būna apkrauta. Stuburo degeneracijos metu kartais formuojasi stuburo stenozė (susiaurėjimas). Stuburo nervai, esantys kanalo viduje, spaudžiami, todėl negali tinkamai funkcionuoti. Tai lemia ir atsiranda tirpimas, silpnumas, sunkumo jausmas kojose ir greitas nuovargis, kuris išryškėja einant ir palengvėja sėdint, pasilenkus į priekį (tokioje padėtyje praplatėja stuburo kanalas) [24].

Dažniausiai stuburą skauda žmonėms, kurie nutukę, mažai juda, nesportuoja, dirba nepatogioje padėtyje, turi netaisyklingą laikyseną ar nuolat būna nervinėje įtampoje.

Laikui bėgant nagrinėjant mokslo žinias, nervų - raumenų sistemos mokymas tapo geriau žinomas. Be to, jis buvo naudojamas kartu su pusiausvyros mokymais įvairiose sporto šakose, pavyzdžiui, krepšinyje, futbole, gimnastikoje ir kt.


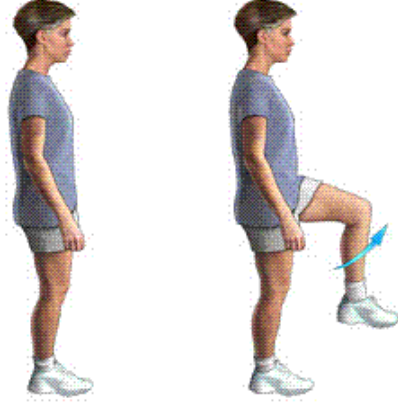
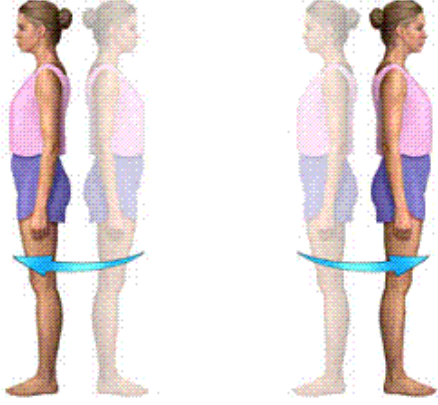
Pusiausvyrą lavinti galima šiais būdais:

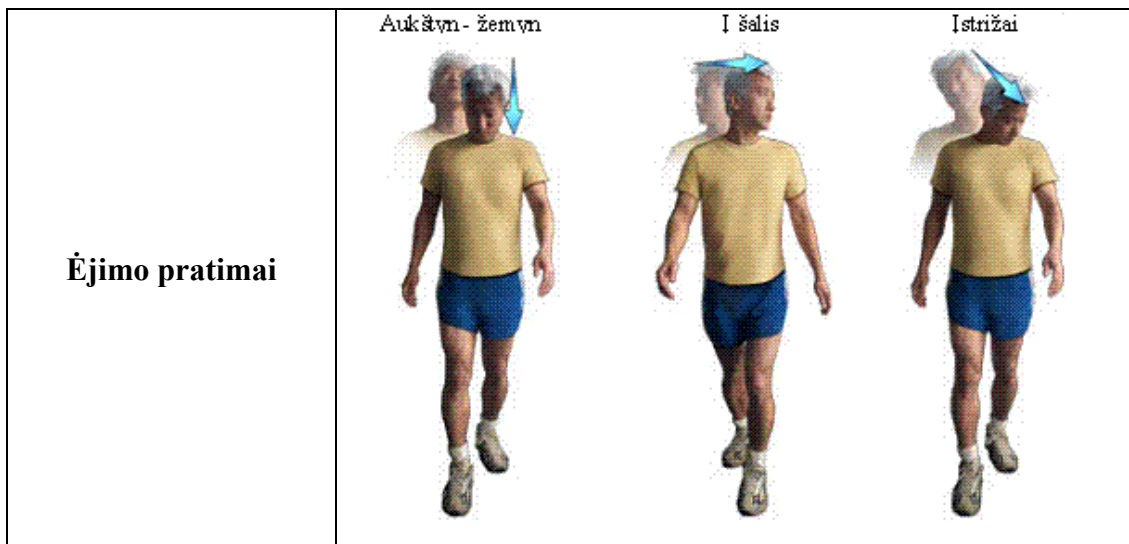
- Pratimais / mankštomis;
- Naudojant pagalbines priemones;
- Su asimetrinių treniravimo įrenginių.

Pratimai ir mankštos. Pratimai gali būti atliekami tiek pacientų (turintiems su pusiausvirumu problemų), tiek sveikų žmonių (1.2 lentelė) [25]. Pradžioje pusiausvirą reikia lavinti ant stabilaus paviršiaus su lėtais mažo svorio perkėlimais ir prižiūrint kinezeterapeutui.

Pratimų sunkumas keliamas didinant atstumą, kuris nueinamas nuo vidurio linijos. Atliekant pusiausvyros pratimus, būtina sudaryti saugią aplinką, jei kartais žmogus (pacientas) prarastų pusiausvirą ir kristų.

1.2 lentelė. Pusiausvyrai lavinti pratimai [31]

<p>Svyravimo pratimai (svyravimas pirmyn – atgal)</p>	
<p>Žingsniavimas vietoje</p>	
<p>Pasisukimas</p>	



Pagalbinės priemonės. Literatūroje nurodoma, kad nestabilios priemonės reabilitacijos metu, gali būti pagalbines priemonės mažinančios nugaros skausmą ir didinant minkštųjų audinių jutimų efektyvumą stabilizuojant sąnarius. Taigi gerinant propriocepciją nestabiliomis plokštumomis ir įvairiais prietaisais (1.5 pav.) didesnė nauda yra suteikiama stabilizuojantiems nugaros raumenims [27].

Reabilitacijos metu žmonių stiprinimui yra naudojami raumenų jėgą ir pusiausvyrą lavinantys pratimai pagerinti proprioceptorinę funkciją. Sensorinei sistemai yra svarbi propriocepcija, kuri leidžia suvokti pacientams bendrą organizmo padėtį ir judėjimą, o nepakankamas propriocepcijos išlavinimas sukelia raumenų silpnumą [28].



1.5 pav. Pusiausvyrai lavinti naudojamos pagalbines priemonės (kinezeterapijoje)

Viena iš alternatyvių priemonių, kurią galima būtų naudoti pusiausvyrai lavinti yra „Nepusiausviras reversinis asimetrinis – treniravimo įrenginys“ (1.6 pav.).



1.6 pav. Asimetrinis nepusiausvirumo treniravimo įrenginys

Treniruojantis asimetriniu treniravimo įrenginiu dirba daugiau įvairių raumenų grupių, lavinamas judesių tikslumas ir koordinacija. Raumenų aktyvumas yrio metu išlaikomas ilgiau, sumažėja rizika patirti traumą. Tokiu treniruokliu galima lavinti ne tik fizinę pajėgumą, bet ir tobulinti judesių valdymą, koordinaciją [29].

2 TYRIMO METODOLOGIJA

Tyrimas buvo atliktas 2014-2015 metais, Kauno technologijos universiteto Mechatronikos instituto Biomechatronikos laboratorijoje - atliktas nepusiausviro sėdimos padėties įtaka giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumui tyrimas.

Tyrimui atlikti buvo gautas bioetikos leidimas Nr. BEC - KN (B) – 179. Tiriamųjų kontingentą sudarė 10 tiriamųjų – studentai nuo 19 iki 25 metų:

- Asmenys, nejaučiantys nugaros skausmų

Buvo registruojami tiriamųjų antropometriniai duomenys:

- Amžius
- Svoris
- Ūgis

Kiekvienam tiriamajam buvo įteiktas asmens informavimo ir informuoto asmens sutikimas (žr. 1 priedas).

2.1 Tyrimo eiga

Nagrinėta nugaros liemens giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumas sėdint ant stabilų ir nepusiausvirų paviršių tyrimas suskirstytas į kelis tyrimus/tyrimo etapus:

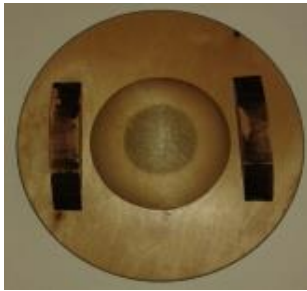
1. Statinės pusiausvyros tyrimas;
2. Dinaminės pusiausvyros tyrimas.

Pirmą tyrimo etapą sudarė statinės pusiausvyros stebėjimas naudojant:

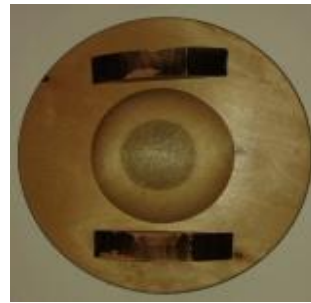
- „Qualisys“ - judesių matavimo ir analizės sistemą;
- „EMG“ - elektromiografijos sistema (100 Hz dažnis);
- Nepusiausviro platformos:

- N1 - frontalinė kryptimi judanti platforma (2.1 pav.).

- N2 - sagitalinė kryptimi judanti platforma (2.2 pav.).



2.1 pav. Platforma N1



2.2 pav. Platforma N2

Antro tyrimo etapo metu - atliktas dinaminės pusiausvyros stebėjimas naudojant tą pačią įrangą, kaip statikos tyrime, tik vietoje nestabilių platformų, buvo naudojamas stabilus/nepusiausviras treniravimosi įrenginys.

2.1.1 Statinės pusiausvyros tyrimas

Prieš tyrimą tiriamasis asmuo supažindinamas su tyrimo tikslu, eiga ir pasirašomas informavimo ir informuoto asmens sutikimas dalyvauti tyrime (žr. 1 priedas).

1. Ties tiriamojo kūno kontroliniais taškais buvo užklijuojami specialūs šviesą atspindintys žymekliai.

Kontroliniai taškai:

- Septintas kaklo slankstelis (vertebra prominens);
- Peties sąnarys (articulario humeri);
- Alkūnės sąnarys (articulatio cubiti);
- Riešo (articulatio carpi) sąnarys;
- Kryžmeninis klubo sąnarys (articulatio sacroiliaca);
- Klubo sąnarys (articulatio coxae);
- Kelio sąnarys (articulatio genus);
- Čiurnos sąnarys (articulatio pedis) ir kiti keli papildomi taškai: pėdos nykštys (pirštų pradžia); mažylis ir kulnas.

(Žymekliai dedami kairėje ir dešinėje kūno pusėje, t.y. simetriškai).

2. Paruošiama oda neinvaziniam EMG registravimui - elektrodų tvirtinimo vietos ant tiriamojo kūno dešinėje pusėje (2.3 pav.):

1. Dauginiai nugaros raumenys (L5-S1);
2. Tiesiamasis nugaros raumuo (Th12-L1);

3. Tiesusis pilvo raumuo (vidurinė dalis);
4. Skersinis pilvo raumuo;
5. Įžeminimo elektrodas tvirtintas ties krūtininės dalies stuburo slankstelio.



2.3 pav. Elektrodo tvirtinimo vietos ant tiriamojo kūno

3. Tiriant žmogaus statinę pusiausvyrą duomenų registravimas:

- Tiriamasis sėdinčioje padėtyje iš liemens lenkiasi atgal (2.4 pav.), padėtis fiksuojama. Trukmė - 45 sekundės;
- Tiriamasis sėdinčioje padėtyje iš liemens lenkiasi pirmyn, padėtis fiksuojama. Trukmė - 45 sekundės;
- Tiriamasis atsisėda susikūprina. Padėtis fiksuojama ir išlaikoma - 45 sekundes;
- Tiriamasis atsisėda ant platformos N1, kuri yra 62 cm aukštyje. Kojos neliečia pagrindo, rankos fiksuojamos ties raktikauliais. Trukmė - 45 sek;
- Tiriamasis atsisėda ant platformos N2, kuri yra 62 cm aukštyje. Kojos neliečia pagrindo, rankos fiksuojamos ties raktikauliais. Trukmė - 45 sek;
- Tiriamasis atsisėda ant platformos N1, kuri yra 62 cm aukštyje. Kojos ant pagrindo, rankos fiksuojamos ties raktikauliais. Trukmė - 45 sek;
- Tiriamasis atsisėda ant platformos N2, kuri yra 62 cm aukštyje. Kojos ant pagrindo, rankos fiksuojamos ties raktikauliais. Trukmė - 45 sek.



2.4 pav. Pradinė sėdėsena

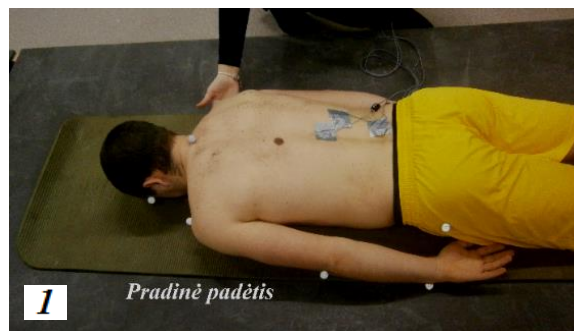
4. Maksimalus elektrinis raumens susitraukimo vertinimas (2.5 pav.):

1. Dauginių nugaros raumenų (L5-S1);
2. Tiesiamojo nugaros raumens (Th12-L1);
3. Tiesiojo pilvo raumens (vidurinė dalis);
4. Skersinio pilvo raumens.

Papildomai

Nustatyti elektrinio raumenų susitraukimo maksimalias reikšmes – atlikti pratimai:

1. Sukosėjimas - maksimalus skersinio pilvo raumens susitraukimas;
2. Stovint svyrimas iš čiurnos sąnario į priekį - aktyvuoja dauginius nugaros raumenis;
3. Gulint ant pilvo liemens tiesimas su pasipriešinimu, kai rankos prie šono, padėtis išlaikoma 10 sekundžių, maksimaliai aktyvuojamas tiesiamasis nugaros raumuo (2.5 pav. 1, 2).
4. Gulint ant nugaros susilenkimas su pasipriešinimu, padėtis išlaikoma 10 sekundžių - maksimaliai aktyvuojamas tiesusis pilvo raumuo (2.5 pav. 3);



2.5 pav. 1 – pradinė – atpalaiduota padėtis, 2 - maksimalus tiesiamojo nugaros raumens susitraukimo pratimas (Th12-L1) ir 3 - tiesiojo pilvo raumens (vidurinė dalis) elektrinis raumenų susitraukimo pratimas

2.1.2 Dinaminės pusiausvyros tyrimas

1. Ties tiriamojo kūno kontroliniais taškais buvo užklijuojami specialūs šviesą atspindintys žymekliai.

Kontroliniai taškai:

- Septintas kaklo slankstelis (vertebra prominens);
- Peties sąnarys (articulatio humeri);
- Alkūnės sąnarys (articulatio cubiti);
- Riešo (articulatio carpi) sąnarys;
- Kryžmeninis klubo sąnarys (articulatio sacroiliaca);
- Klubo sąnarys (articulatio coxae);
- Kelio sąnarys (articulatio genus);
- Čiurnos sąnarys (articulatio pedis) ir kiti keli papildomi taškai: pėdos nykštys (pirštų pradžia); mažylis ir kulnas.

(Žymekliai dedami kairėje ir dešinėje kūno pusėse, t.y. simetriškai (2.6 pav.).



2.6 pav. Žymekliai tiriamojo kontroliniuose taškuose

2. Paruošiama oda neinvaziniam EMG registravimui - elektrodų tvirtinimo vietos ant dešinės tiriamojo pusės (2.3 pav.):

1. Dauginiai nugaros raumenys (L5-S1);
2. Tiesiamasis nugaros raumuo (Th12-L1);
3. Tiesusis pilvo raumuo (vidurinė dalis);
4. Skersinis pilvo raumuo.
5. Įžeminimo elektrodas tvirtintas ant krūtininės dalies stuburo slankstelio.

3. Elektrinis raumenų aktyvumas ant stabilaus/nepusiausviro pagrindo su treniravimosi įrenginiu

Treniravimosi įrenginys (2.7 pav.) gali būti stabilus ir nepusiausviras. Kojų atramos aukštis tyrimo metu - pastovus 10 cm nuo žemės. Pėdos buvo pritvirtintos specialiais dirželiais (2.8 pav.).



2.7 pav. Treniravimosi įrenginys



2.8 pav. Kojų fiksavimo padėtis

Registruotas elektrinis raumenų aktyvumas – sėdimoje padėtyje tiek vienu, tiek kitu atveju, kai treniravimosi įrenginys buvo stabilus ir kai nepusiausviras:

- 10 ciklų liemens lenkimas ir tiesimas, kai kojos ir rankos išlaiko nesikeičiančią padėtį.
- 10 ciklų vyksta asimetrinis - dešinės rankos stūmimas ir traukimas, kai visas kūnas išlaiko nesikeičiančią padėtį (2.9 pav.).
- 10 ciklų vyksta asimetrinis - kairės rankos stūmimas ir traukimas, kai visas kūnas išlaiko nesikeičiančią padėtį.
- 10 ciklų vyksta asimetrinis - dešinės rankos stūmimas ir traukimas, kai visas kūnas juda.
- 10 ciklų vyksta asimetrinis - kairės rankos stūmimas ir traukimas, kai visas kūnas juda (2.10 pav.).
- 10 ciklų vyksta pilnas liemens, rankų, kojų darbas.



2.9 pav. Dešinės rankos traukimo momentas



2.10 pav. Kairės rankos stūmimo momentas

2.2 Įranga ir pagalbines priemonės

2.2.1 Judesių analizės sistema

Tyrimo metu vertintas kampas tarp liemens ir šlaunikaulio. Kampas buvo užfiksuotas 3D judesių fiksavimo ir analizės sistema. Šešios aukšto dažnio (100 Hz) skaitmeninės kameros ProReflex (2.11 pav.). Jos fiksuoja žymeklių judėjimą.



2.11 pav. Skaitmeninė vaizdo kamera „ProReflex“

Žymekliai (žr. 2.12 pav.) – Ø 1,9mm skersmens.



2.12 pav. Žymekliai

Kalibravimo įranga, kurią sudaro kalibravimo lazdelė su L formos kampainiu (2.13 pav.).



2.13 pav. Kalibravimo įranga

Papildomam stebėjimui prie programos naudota „Panasonic NV – GS330“ kamera (2.14 pav.).



2.14 pav. „Panasonic NV – GS330“ kamera

Su QTM programa - sukuriamas 3D žmogaus judesio modelis programos aplinkoje. Kiekvienas kūno taškas, kurį žymėjo šviesą atspindintis žymeklis, buvo aprašytas QTM programa. Naudojantis šią programą išmatuotas liemens pasvirimo kampas skirtingose padėtyse. Gauti duomenys perkeliama į „EXCEL“ programinį paketą ir sudaromi grafikai ir atliekami skaičiavimai. Raumenų aktyvumo tyrimų rezultatams apdoroti, naudojome EMG programinę įrangą („MyoResearch XP MT400 4CH“).

2.2.2 Raumenų aktyvumo registravimo prietaisais

Raumenų aktyvumas matuotas elektromiografu „Noraxon MyoTrace 400“ (2.15 pav.), naudoti paviršiniai (klijuojami prie odos) elektrodai. Raumenų elektrinio aktyvumo duomenis buvo įrašomi į duomenų bazę. Gautus duomenis analizavome „MyoResearch XP“ ir „MS EXCEL“ programiniais paketais.

EMG sistema (1000 Hz dažnis):

- Elektrodai (2.16 pav.);
- Kompiuteris;



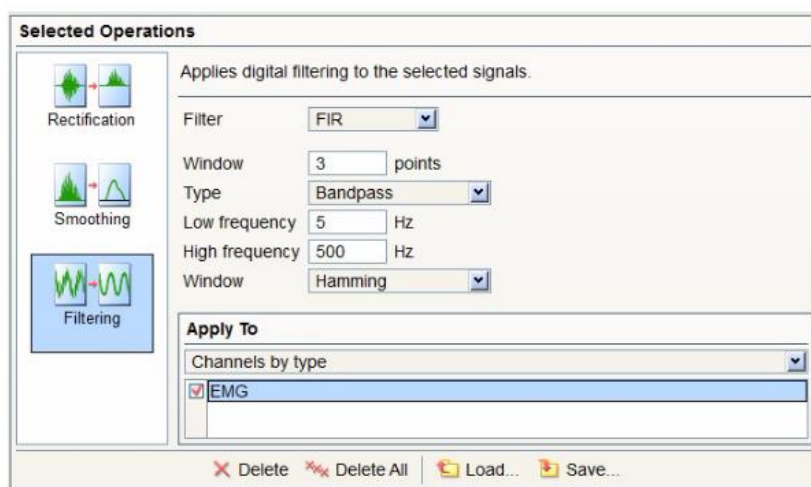
2.15 pav. Elektromiografas „Noraxon MyoTrace 400“



2.16 pav. Raumenų aktyvumui naudoti elektrodai

Elektrinio raumenų aktyvumo duomenys buvo apdorojami programine įranga ir laikytasi duomenų analizės kriterijų:

- Rektifikuojami (rectification);
- Išlyginami (smoothing). Nustatomas algoritmas – vidurkis, bei pažymima, kad lange reikšmės būtų vaizduojamos kas 50 ms.;
- Filtruojami (filtering) parenkant „Finite Impulse Response“ (FIR) filtrą. Signalas ištaisytas, išgrynintas ir apskaičiuotas Finite Impuls Response (FIR) filtru (Window - 3 taškai, žemas dažnis - 5 Hz, aukštas dažnis - 500 Hz.) (2.17 pav.).



2.17 pav. FIR filtro parametrų parinkimas

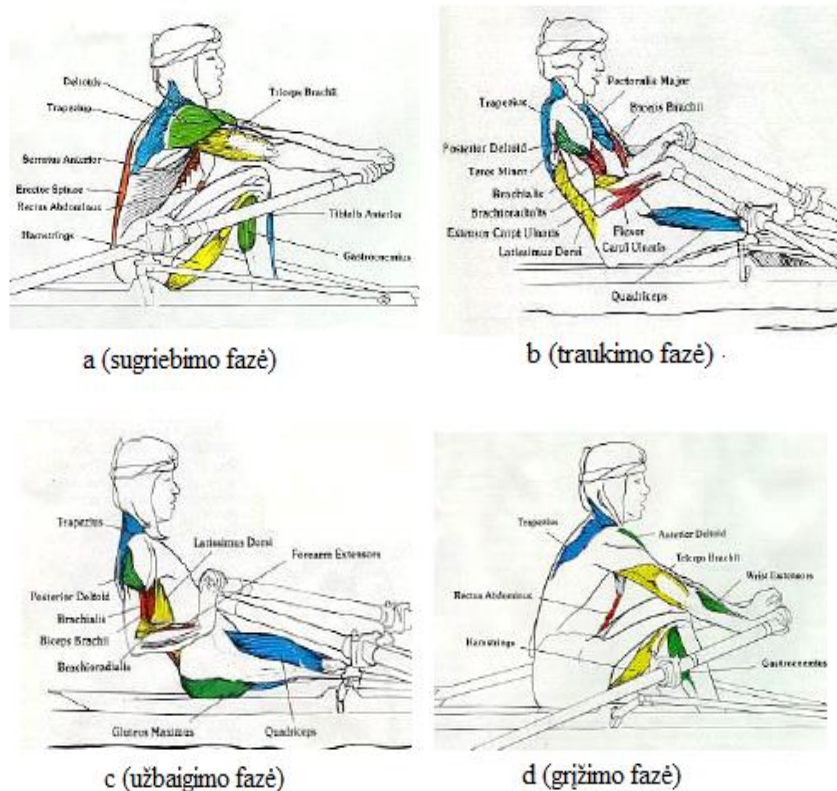
2.2.3 Signalo registravimo programa

Pratimo cikluose fazių atpažinimui:

1. Kompiuteris su Matlab programiniu paketu;
2. Irklavimo fazių signalo filtravimas ir įkėlimas į Ms excel;
3. Signalo išsaugojimas ir nuskaitymas į programos aplinką;
4. Irklavimo fazių atpažinimo taikymo metodai ir skaičiavimai;
5. Fazių trukmių nustatymas ir skaičiavimas;
6. Atvaizdavimas.

Fazės (2.18 pav.):

- a) Sugriebimo fazė;
- b) Traukimo fazė;
- c) Užbaigimo fazė;
- d) Grįžimo fazė.



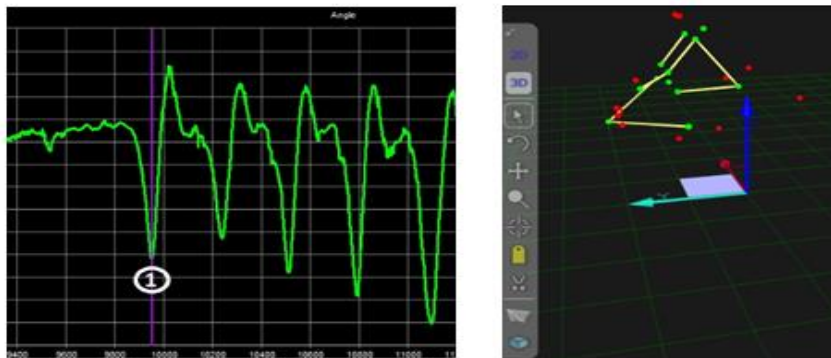
2.18 pav. Pratimo ciklo sudedamosios fazės [30]

Naudojantis „Qualisys Track Manager“ judesių analizės programa gaunamas kampo kitimo laike grafikas tarp taškų:

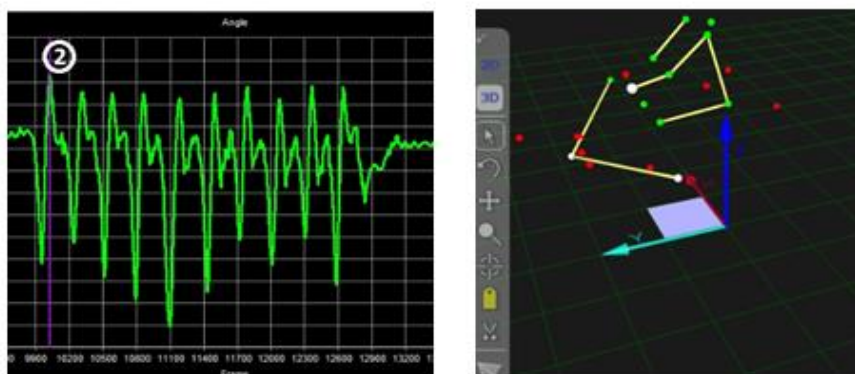
- Tiriamojo riešas

- Įrenginio svirties (kraštinis) taškas
- Treniruoklio priekinė konstrukcijos dalies taškas (atskaitos).

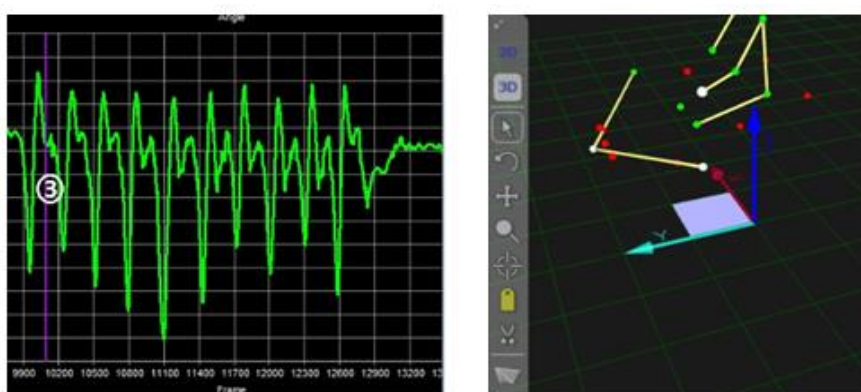
Gautoje kreivėje – užregistruotame signale ciklo fazių momentai „QTM“ programos lange (2.19, 2.20, 2.21, 2.22 pav.)



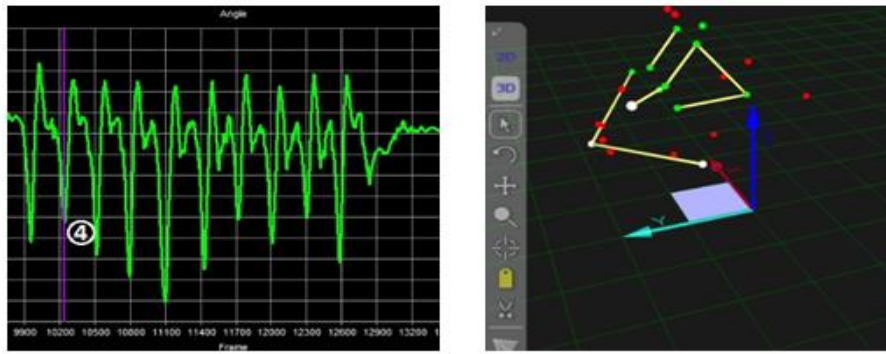
2.19 pav. 1 - sugriebimo fazės momentas pirmame irklavimo cikle ir 3D vaizdas programos lange



2.20 pav. 2 - traukimo fazės momentas pirmame irklavimo cikle ir 3D vaizdas programos lange

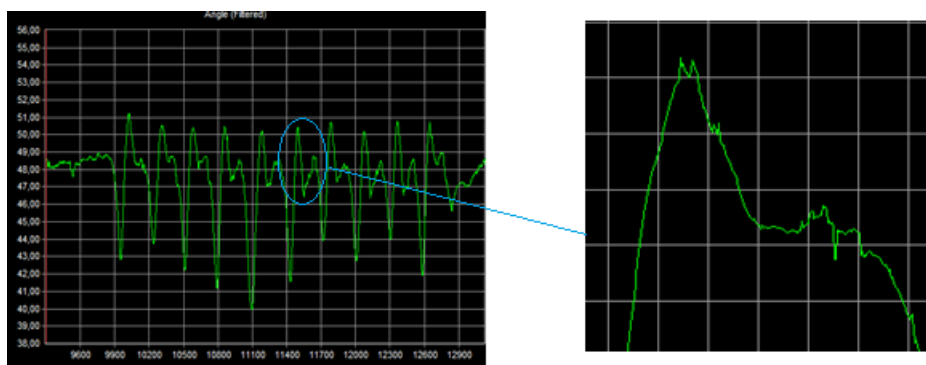


2.21 pav. 3 - užbaigimo fazės momentas pirmame irklavimo cikle ir 3D vaizdas programos lange

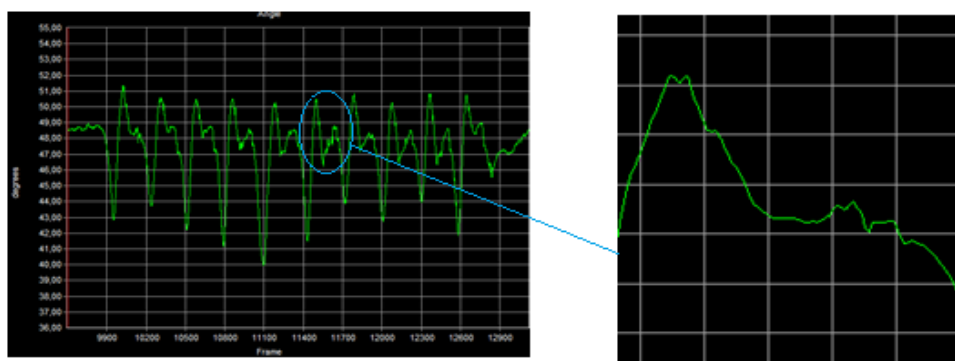


2.22 pav. 4 - grįžimo fazės momentas pirmame irklavimo cikle ir 3D vaizdas programos lange

Pratimo metu gautos kreivės yra su pašaliniais artefaktais (2.23 pav.). Tam kad pašalinti nereikalingus artefaktus iš signalo – signalas buvo filtruotas naudojantis „Moving average“ filtru dar vadinamu (SMA – simple moving average). Filtras su slenkančiu vidurkio skaičiavimu tarp gretimų reikšmių – gautas tolygesnis signalas (2.24 pav.).

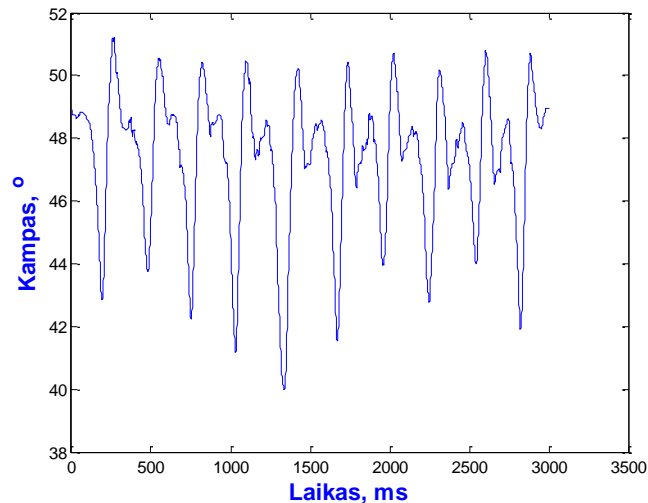


2.23 pav. Nefiltruotas signalas (padidintas vaizdas)



2.24 pav. Nufiltruotas signalas su Moving average filtru (padidintas vaizdas)

Tolimesniam nagrinėjimui signalo – kreivės reikšmės išsaugomos į excel failą: „*filtruotas.xlsx*“. Iš šio failo „MatLab“ aplinkoje nuskaitytos reikšmės atvaizduotos grafiškai (2.25 pav.)



2.25 Pav. Signalu duomenys atvaizduoti programos „MatLab“ aplinkoje

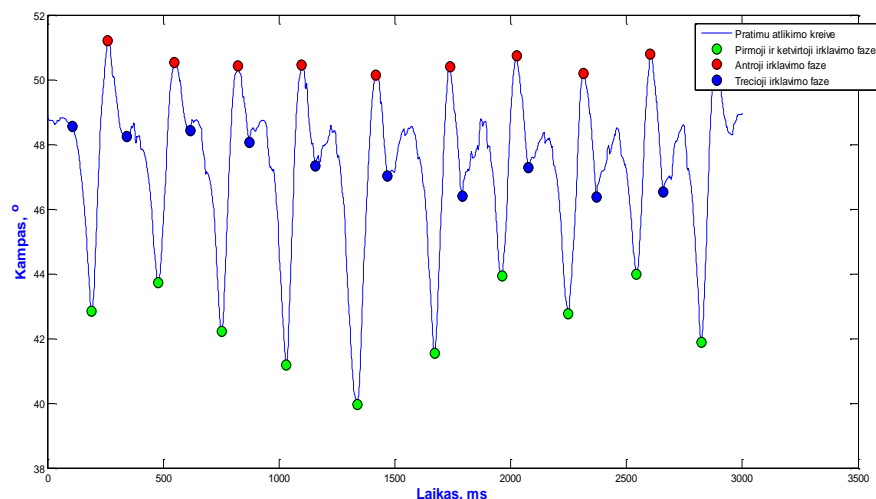
Pratimo atlikimo kiekviename cikle fazėms atpažinti naudojama „MatLab“ programa, kuri iš išsaugotų „Ms excel“ failų nuskaito ir atvaizduoja duomenis grafiškai. Programos grafinėje aplinkoje atvaizduotame signale ieškomos pratimo cikluose keturios fazės.

Vienas irklavimo ciklas trunka vidutiniškai 3,2 sekundžių. Automatiniam fazių atpažinimui sukuriama du ciklai:

1 - minimalių ir maksimalių reikšmių ieškojimas

1, 2 ir 4 fazės randamos kreivės ekstremumo taškuose. Dėl tikslumo signale užduodama sąlyga neimti irklavimo ciklų nuotrupų signalo pradžioje ir pabaigoje – šiuo atveju paliekami pilni 9 irklavimo ciklai.

Ciklo eigoje suformuoti masyvai užpildomi reikšmėmis. Iš pradžių išskiriamas vienas pilnas irklavimas, kuriame pagal atitinkamas sąlygas surandamos fazės bei jų pozicijos (2.26 pav).



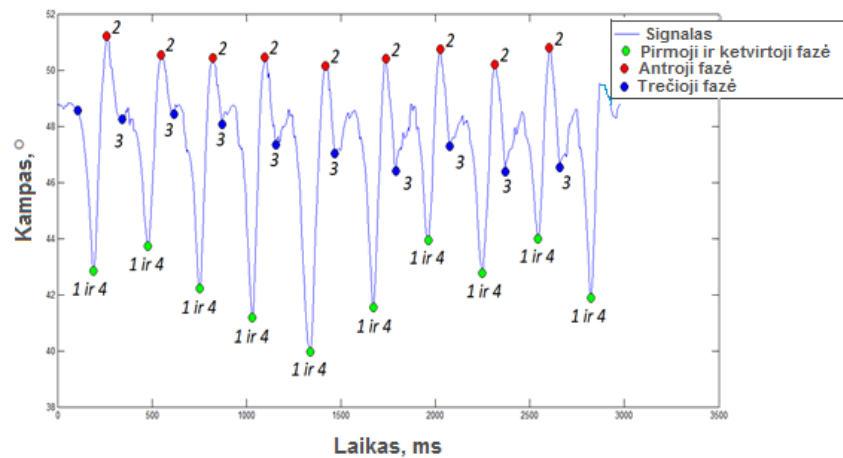
2.26 pav. Irklavimo fazės nustatymas pagal svirties poziciją

2 - fazių trukmės ir jų vidurkio skaičiavimas

Antrasis ciklas naudojamas išvesti visų fazių trukmėms ir jų vidurkiams skaičiuoti. Visi rezultatai surašomi į vieną bendrą duomenų lentelę. Panaudojama formatavimui skirta funkcija „printf“, kuriai perduodami parametrai „%5.3f“ – maksimaliai 5 sveiki skaičiai ir trys skaičiai po kablelio. Paskutinėje stulpelio eilutėje išvedamas fazių trukmių vidurkis iš kiekvieno stulpelio reikšmių.

3. TYRIMO REZULTATAI

Tyrimo darbo metu atliekant pratimus ištirta sėdimos padėties pusiausvyros ir nepusiausvyros padėties įtaka liemens giliesiems ir paviršiniams raumenims. Raumenų aktyvumo rezultatai lyginami tarpusavyje tarp atliktų pratimų su pusiausvyros ir nepusiausvyros treniruokliu statikoje ir dinamikoje. Nagrinėjant dinamikoje su programiniu paketu „Matlab“ pirmiausiai nustatytos visų ciklų fazės ir jų pozicijos signale (3.1 pav.). Išskaičiuotos trukmės, norint sužinoti kiek truko kiekvieno ciklo keturių fazių ir kiekvienos fazės atskirai (žr. 1 lentelė).



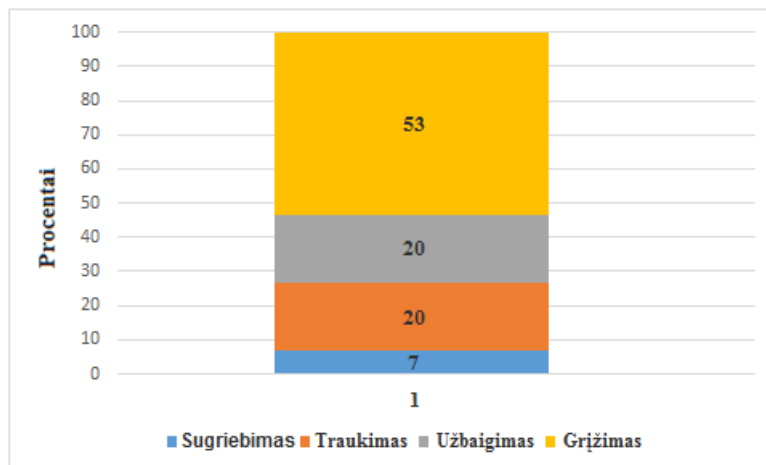
3.1 pav. Signale su „Matlab“ programa automatiškai aptiktos pratimo fazės: 1 -Sugriebimas, 2- traukimas, 3- užbaigimas, 4 grįžimas.

3.1 lentelė. Pratimo devynių ciklų fazių trukmės ir jų vidurkiai

(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-1)	(1-4)
0.590	0.830	1.260	0.270	2.880
0.590	0.680	1.260	0.270	2.730
0.600	0.500	1.500	0.140	2.800
0.540	0.590	1.720	0.410	3.050
0.700	0.500	1.940	0.270	3.340
0.570	0.530	1.610	0.270	2.910
0.550	0.490	1.630	0.140	2.870
0.550	0.560	1.620	0.130	2.930
0.520	0.560	1.540	0.140	2.810
0.578	0.582	1.564	0.226	2.924

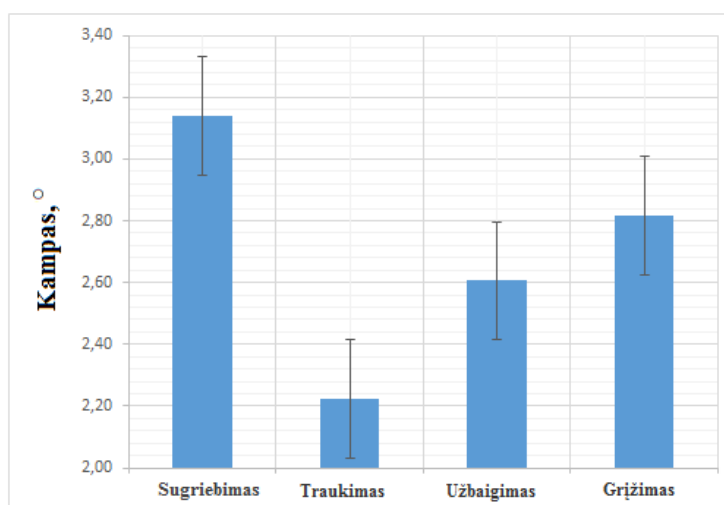
Visų tiriamųjų vieno ciklo (1-4) atlikimo trukmė vidutiniškai 2,9 sekundės. Trumpiausiai trunkanti fazė yra sugriebimo - 0,23 sekundės. Remiantis pagal atliktus pratimus elektrinio

raumenų susitraukimo, kur gautos maksimalios reikšmės - duomenys perskaičiuoti procentiškai. Normalizavus visų tiriamųjų duomenys tarpusavyje suskaičiuotos kiekvienos fazės laiko procentinė išraiška (3.2 pav.).



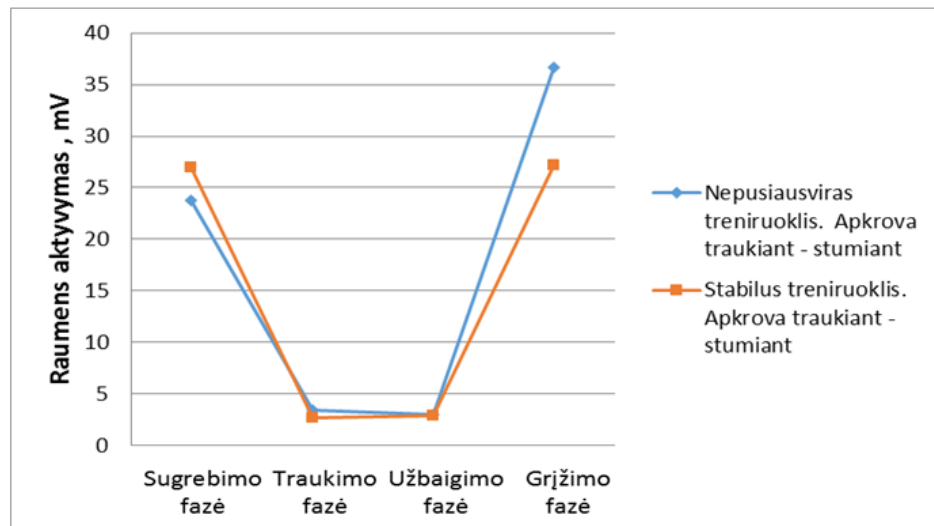
3.2 pav. Pratimo vieno ciklo laiko procentinė išraiška

Suskaidytas viso kūno judėjimo pratimas į vieno ciklo atlikimo keturias fazes: 1-sugriebimas, 2-traukimas, 3-užbaigimas, 4-grįžimas paaiškina kokių momentu – kurioje fazėje raumenų aktyvumas yra didžiausias ir išlaikoma pusiausvyra ar ne. Esant nepusiausviram treniravimo įrenginiui didžiausias pasvirimo – nepusiausviro kampas galimas iki 8 laipsnių. Iš grafiko matome, kad sugriebimo fazėje yra sunkiausiai išlaikyti pusiausvirą – vidutiniškai 3,14 laipsnių (3.3 pav.).

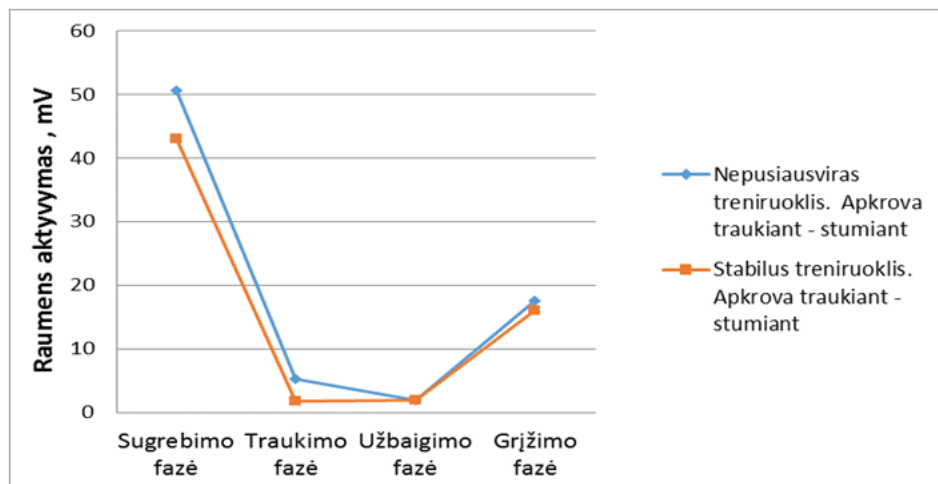


3.3 pav. Gebėjimas išlaikyti pusiausvirą skirtingų pratimo fazių metu

Taip pat remiantis tiriamųjų duomenimis nėra statistškai patikimo skirtumo, nes nuokrypis $\pm 0,93$ iki vieno laipsnio gautas, tai rodo kad kai kuriems tiriamiesiems atliekami pusiausvyros pratimai buvo per lengvi. Išvestas visų pilnų ciklų vidurkis atvaizdavo grafiškai raumenų aktyvumas rodo taip pat kad pusiausvyrą yra neišlaikoma – sugriebimo ir grįžimo fazėse ant nepusiausviro treniravimo įrenginio atliekant pratimus (3.4pav., 3.5pav.).



3.4 pav. Tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas

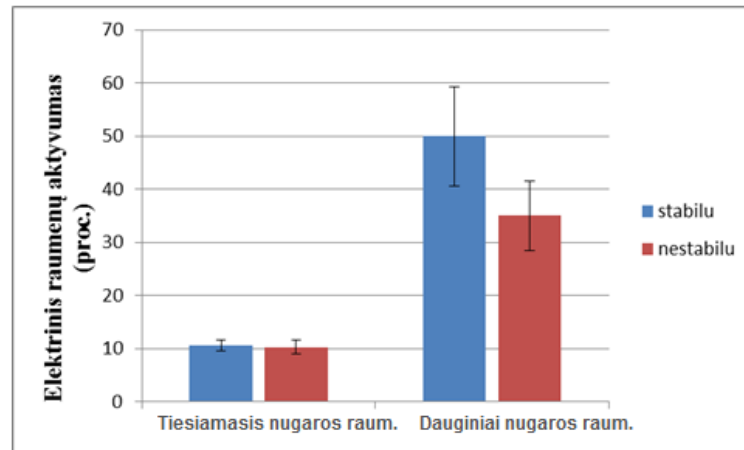


3.5 pav. Dauginių nugaros raumenų aktyvumas

Esant viso kūno judėjimui pusiausvyroje ir nepusiausvyroje padėtyje duomenys parodė, kad tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas siekė 10,6 procentų, o ant pusiausvyros paviršiaus buvo

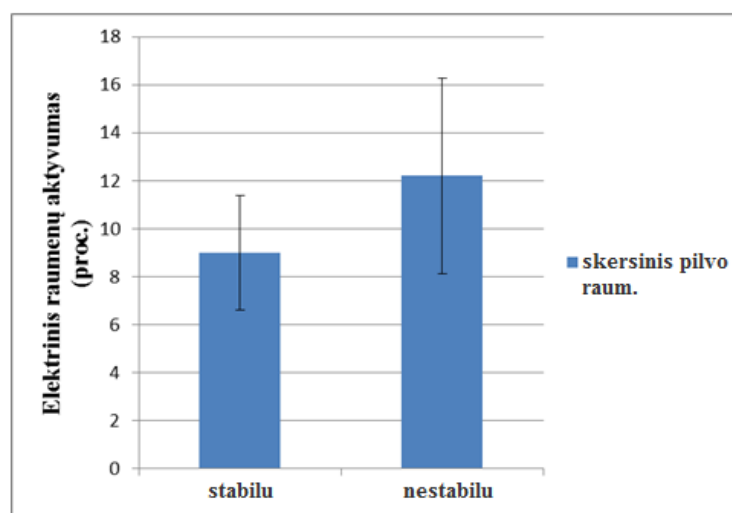
matomas mažesnis aktyvumas nei nustačius ir palyginus dauginių nugaros raumenų aktyvumą, kuris siekė $49,9 \pm 9,3$ procentų ant pusiausvyros treniruoklio judant visam kūnui bendrai. Šie skirtumai statistiškai patikimai skyrėsi.

Esant nepusiausvirai - paviršinių raumenų aktyvumas statistiškai patikimai skyrėsi, kai tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas buvo $10,3 \pm 1,3$ procentų, o dauginių nugaros raumenų buvo - $35,0 \pm 6,5$ procentų (3.6 pav.).



3.6 pav. Tiesiamojo raumens ir dauginių raumenų aktyvumas atliekant judesius

Giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumo tyrimas parodė, kad atliekant asimetrinius judesius kaire ranka, skersinio pilvo raumens aktyvumas ant pusiausvyros treniruoklio buvo $9,0 \pm 2,4$ procentų ir ant nepusiausvyros treniruoklio buvo $12,2 \pm 4,1$ procentų. (3.7 pav.). Rezultatai statistiškai reikšmingai skyrėsi.



3.7 pav. Skersinio pilvo raumens aktyvumas atliekant asimetrinius stūmimo ir traukimo judesius kaire ranka sėdint ant pusiausvyros ir nepusiausvyros treniruoklio

Statikoje – sėdėsenos padėtyje nustatyta, kad nugaros giliųjų raumenų aktyvumui įtakos turi visi ištirti faktoriai – pagrindo nestabilumas, liemens pasvirimas ir juosmens neutralios padėties išlaikymas, bei kojų atramos tipas. Matavimų rezultatai analizuoti sėdėsenoje (tiesia nugara išlaikant neutralią stuburo padėtį) ir kojomis remiantis į stabilų pagrindą – bazinė (pagrindinė) laikysena. Pasvirus į priekį apie 45° kampu raumenų aktyvumas yra didžiausias (tiesiamąjo nugaros (*erectorspinae*) raumens – padidėja dvigubai, dauginių raumenų (multifidus) – beveik tris kartus). Pasvirus atgal 13° kampu, nugaros giliųjų raumenų aktyvumas ženkliai sumažėjo: tiesiamąjo nugaros raumens – apie 5 kartus, dauginių raumenų – apie 10 kartų (žr. 2 lentelė).

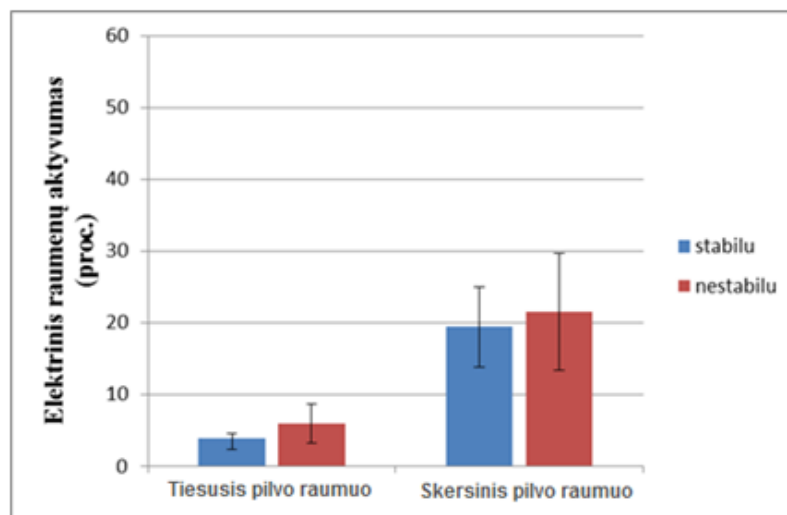
3.2 lentelė. Tyrimo metu ištirti atvejai ir nugaros raumenų elektrinis aktyvumas (mV)

Nr.	Padėtis	Raumenys					
		Tiesiamasis nugaros raumuo (Erectorspinae Th ₁₂ -L ₁)		Tiesiamasis nugaros raumuo (Erectorspinae L ₄ -L ₅)		Dauginiai nugaros raumenys (Multifidus L ₅ -S ₁)	
		mean	max	mean	max	mean	max
1	Sėdima ant stabilaus pagrindo, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ant pagrindo	25,5	42,3	10,7	19,4	17,8	35,2
2	Sėdima ant stabilaus pagrindo, nugara „tiesi“, 103° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ant pagrindo	7,37	26,3	5,25	16,2	3,34	7,27
3	Sėdima ant stabilaus pagrindo, nugara „tiesi“, 44° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ant pagrindo	56,1	83,8	34,2	51,1	52	82,2
4	Sėdima ant stabilaus pagrindo sukniubus, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ant pagrindo	4,94	17,6	2,59	8,09	1,74	5,42
5	Sėdima ant stabilaus pagrindo, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ore	9,4	23,3	3,52	10,8	2,71	5,79
6	Sėdima ant nepusiausviro pagrindo sagitalioje plokštumoje, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ore	6,88	21,4	3,58	10,2	2,83	6,05
7	Sėdima ant nepusiausviro pagrindo frontalinėje plokštumoje, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos ore	20,1	34,4	5,87	14,1	3,04	8,41
8	Sėdima ant nepusiausviro pagrindo sagitalioje plokštumoje, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos remiasi į nestabilų paviršių	5,21	21,6	3,92	11,5	3,35	6,32
9	Sėdima ant nepusiausviro pagrindo frontaloje plokštumoje, nugara „tiesi“, 90° kampas tarp šlaunų ir nugaros, kojos remiasi į nestabilų paviršių	20,9	45,4	5,94	17,4	3,46	6,17

Sėdint sukniubus (susikūpinus) nugaros tiesiamųjų raumenų aktyvumas nuo 2 iki 5 kartų, o dauginių raumenų – net iki 10 kartų mažesnis nei sėdint tiesia nugara. Šie raumenys mažiau aktyvūs ir tuo atveju, kai kojos kaba laisvai, nesiremdamos į jokias atramas (tokiu atveju nugaros raumenys

negali padėti išlaikyti pusiausvyros). Sėdint ant nepusiausvyros frontalinėje plokštumoje platformos tiesiamasis nugaros raumuo yra 6 kartus aktyvesnis, nei esant nestabilumui sagitalinėje plokštumoje, o dauginių raumenų aktyvumas nesiskiria. Esant pagrindo nestabilumui frontalinėje plokštumoje giliųjų nugaros raumenų aktyvumas, lyginant su sėdėseną ant stabilaus pagrindo, yra praktiškai toks pat, o kai pagrindas nestabilus sagitalioje plokštumoje – mažesnis iki 2 (erectorspinae) ar net 6 (multifidus) kartų. Pasvirus į priekį apie 45° kampu raumenų aktyvumas yra didžiausias (tiesiamojo nugaros raumens – padidėja dvigubai, dauginių raumenų – beveik tris kartus). Pasvirus atgal 13° kampu, raumenų aktyvumas ženkliai sumažėja: tiesiamojo nugaros raumens – apie 5 kartus, dauginių – apie 10 kartų. Papildoma nestabili kojų atrama esant pagrindo nestabilumui skirtingose plokštumose raumenų aktyvumui esminės įtakos neturėjo.

Už pusiausvyrą taip pat atsakingi ir pilvo raumenys – tiesusis pilvo raumuo, skersinis pilvo raumuo pusiausvyroje ir nepusiausvyroje treniruoklio padėtyje. Vykstant liemens lenkimo ir tiesimo judesiams statikoje, tyrimo duomenys parodė, kad tiesiojo pilvo raumens aktyvumas ant pusiausvyros treniruoklio buvo $3,9 \pm 0,7$ procentų ir skersinio pilvo raumens aktyvumas buvo $19,4 \pm 5,6$ procentų. Ant nepusiausvyros treniruoklio tiesiojo pilvo raumens aktyvumas buvo $5,9 \pm 2,8$ procentų, o skersinio pilvo raumens aktyvumas buvo $21,5 \pm 8,1$ procentų (3.8 pav.) Ant pusiausvyros ir nepusiausvyros treniruoklio nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas tiesiojo pilvo raumens ir skersinio pilvo raumens aktyvumo.

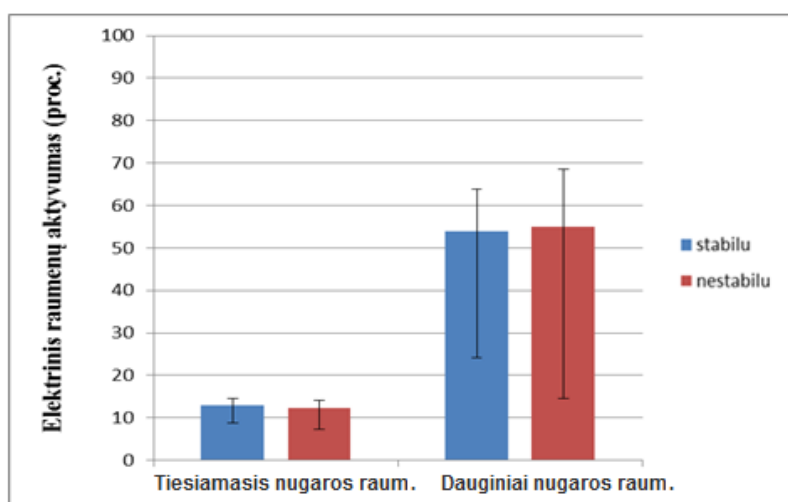


3.8 pav. Tiesiojo ir skersinio pilvo raumenų aktyvumas pusiausvyroje ir nepusiausvyroje padėtyje

Nagrinėjant dauginius nugaros raumenis ant pusiausvyros treniruoklio liemens lenkimo ir tiesimo judesių metu raumenų aktyvumas siekė $53,9 \pm 9,9$ procentų, o tiesiojo pilvo raumens

aktyvumas $3,9 \pm 0,7$ procentų. Skirtumai tarp paviršinio sluoksnio raumenų ir giliojo sluoksnio raumenų statistiškai reikšmingai skyrėsi. Tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas ant pusiausvyros treniruoklio atliekant liemens lenkimą ir tiesimą buvo $13,0 \pm 1,5$ procentų, tuo tarpu dauginių nugaros raumenų aktyvumas buvo $53,9 \pm 9,9$ procentų, šis skirtumas statistiškai reikšmingas, (3.9 pav.). Lyginant liemens lenkimo ir tiesimo judesius ant nepusiausviros treniruoklio tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas $12,3 \pm 1,8$ procentų, o dauginių nugaros raumenų aktyvumas- $55,0 \pm 13,5$ procentų.

Skirtumas tarp šių raumenų statistiškai reikšmingas tiek ant pusiausvyros, tiek ant nepusiausviros treniruoklio.



3.9 pav. Tiesiamojo raumens ir dauginių raumenų aktyvumas pusiausvyroje ir nepusiausvyroje padėtyje

Liemens lenkimo ir tiesimo metu ant pusiausvyros treniruoklio tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas vidutiniškai $13,01 \pm 1,5$ procentų, o skersinio pilvo raumens aktyvumas - $19,40 \pm 5,6$ procentų. Ant nepusiausviros treniruoklio tiesiamojo nugaros raumens aktyvumas - $12,30 \pm 1,8$ procentų, skersinio pilvo raumens aktyvumas vidutiniškai $21,51 \pm 8,1$ procentų.

Lyginant skirstinius tarp abiejų judesių ant pusiausvyros ir nepusiausviros treniruoklio nėra statistiškai patikimo skirtumo.

Remiantis rezultatais apibendrinant atlikus tyrimą nustatyta, kad raumenų aktyvumas skiriasi priklausomai nuo sėdėsenos ir pagrindo stabilumo, įtakos jam turi ir kojų atramos tipas. Sėdint ant nepusiausviros frontaliroje plokštumoje platformos gilieji raumenys aktyvesni, nei esant nestabilumui sagitalioje plokštumoje.

Sėdėjimas pasvirus į priekį reikalauja didesnio nugaros paviršinių raumenų aktyvumo, nes svorio centrui slenkantis pirmyn nugaros raumenims tenka vis didesnė apkrova, ir dėl nuolatinės padidintos nugaros raumenų įtampos gali atsirasti ankstyvas šio regiono raumenų nuovargis.

Taisyklingas sėdėjimas išlaikant tinkamą liemens padėtį ir stuburo linkius neutralioje padėtyje neleidžia persitempti ir pervargti nugaros raumenims, nes tai yra puiki priemonė nugaros skausmo prevencijai ir darbingumo išlaikymui.

IŠVADOS

1. Atlikus tyrimą nustatyta, kad raumenų aktyvumas skiriasi nuo nugaros pasvirimo kampo ir kojų padėties. Pasvirus į priekį (45° kampu) nugaros raumenų aktyvumas padidėja daugiau nei dvigubai, o pasvirus atgal (15° kampu) sumažėja apie 5 kartus. Sėdint ant nepusiausviro paviršiaus ir kai kojos nesiremia į stabilų pagrindą ar yra ore, gilieji raumenys yra aktyvesni lyginat kai kojos atremtos į stabilų pagrindą.
2. Raumenų aktyvumas sėdint ant nepusiausviro platformos frontaliuje plokštumoje platformos gilieji raumenys aktyvesni, nei esant nepusiausvirumui sagitalioje plokštumoje.
3. Sudarytas algoritmas kuris atpažįsta pratimų fazes ir nustato fazių trukmę atliekant pratimus nepusiausviru reversiniu asimetriniu įrenginiu.
4. Statistiškai patikimo skirtumo tarp treniruočių su pusiausviru ir nepusiausviru reversiniu treniravimo įrenginiu giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumui nenustatyta. Tai lėmė, kad nepusiausvirumo lygis visiems tiriamiesiems buvo nustatytas vienodas, nepriklausomai nuo gebėjimo išlaikyti pusiausvyrą. Atliekant pratimus asimetriniu nepusiausviru treniravimo įrenginiu giliųjų raumenų aktyvumas buvo didesnis lyginant su pusiausviru treniravimo įrenginiu atliekamais pratimais ($p < 0,05$).

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Howard, N. (2002). Alternatyvūs nugaros skausmų gydymo būdai. Kaunas: Dargenis.
2. Liesienė, V. (2002). Skausmas, emocijos ir miegas. *Skausmo medicina*, 1(1), 29 – 31.
3. Gasparkienė, O. (2000). Kineziterapija gydant judinamojo aparato sužalojimus. Mokomoji priemonė LKKA studentams. Kaunas: LKKA.
4. Česnys, G., Tutkuvienė, J., Barkus, A., Gedrimas, V., Jankauskas, R., Rizgelienė, R., Sutcliffe, Dr. J. (2000). Kaip įveikti nugaros negalavimus. Vilnius
5. Dadelienė, R. (2004). Stuburo patologijos ir fizinis aktyvumas. Metodinis leidinys. Vilnius: VPU leidykla.
6. Astašenko, O. (2008). Kapitalinis stuburo gydymas. Vilnius: Leidykla „SATWA”.
7. <http://www.smlpc.lt/print.php?lang=1&sid=145&tid=2524> [žiūrėta 2014 05 06]
8. <http://www.tax.lt/temos/6209-stuburo-skausmai/8> [žiūrėta 2014 05 10]
9. Hesas, H., Èderis, K., Montagás, H. J., Šut, K. (2005). Nugaros skausmai. Natūralūs gydymo būdai. Masažas. Mankšta. Atsipalaidavimas. Vilnius: „Avicena II”.
10. Skurvydas, A. (2008) Judesių mokslas: raumenys, valdymas, mokymas, reabilitavimas, sveikatinimas, treniravimas, metodologija: vadovėlis. Kaunas.
11. Kollmitzer J, Ebenbichler G, Sabo A, et al. Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control. *Medicine Science of Sports Exercise*, 2000; vol. 32 (10), p. 1770-1776.
12. B. Bazrgaria, A. Shirazi-Adla, M. Kasrab, Seated whole body vibrations with high-magnitude accelerations — relative roles of inertia and muscle forces, *Journal of Biomechanics*, vol. 41 (12), 2008, p 2639-2646
13. Duarte M, Harvey W, Zatsiorsky VM. Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Journal of Ergonomics* 2000; vol. 43. p.1824-1839.

14. Grigorenko, A. Bjerkefors, H. Rosdahl, *Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics*. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2004; vol.36: p. 110–116.
15. Milner T, Cloutier C, Leger A, Inability to activate muscles maximally during co-contraction and the effect on joint stiffness. *Experimental Brain Research* 1995; vol. 107 (2), p. 293-305, ISSN0014-4819.
16. Slijper H, Latash M. The effects of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustments in leg, trunk, and arm muscles during standing. *Journal of Experimental Brain Research*, 2000; vol. 135(1), p. 81-93.
17. Behm D, Anderson K, Curnew S. Muscle force and neuromuscular activation under stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2002; vol. 16 (3), p. 416-422.
18. Carroll T, Barry B, Riek S, Resistance training enhances the stability of sensorimotor coordination. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 2001; 268 (1464): 221-7.
19. <http://www.cyberiad.net/library/rowing/real/realrow.htm> [žiūrėta 2015 03 10]
20. F.C. Anderson and M.G. Pandy, Static and dynamic optimization solutions for gait are practically equivalent. *Journal of Biomechanics* 34, 2001.
21. <http://www.rowingact.org.au/SDO/Novice%20Rowing/Beginning%20Sculling.html> [žiūrėta 2014 03 02].
22. Nestabilių plokštumų nauda pusiausvyrai, žiūrėta, Boccolini G., Brazziti A., Bonfanti L., Alberti G. Using balance training to improve the performance of youth basketball players. *Sport sciences for health* 2013;9(2): 37 – 42 [žiūrėta 2014 06 06]
23. Pastovumo laipsnis, žiūrėta, Poderys, J. (2004). *Kineziologijos pagrindai: mokomoji knyga / sudaryt. Jonas Poderys. Kaunas: KMU* [žiūrėta 2014 05 27]
24. Nugaros skausmas, žiūrėta (2014.05.02), L. Špokauskienė. „Kai sakaismo priežastis glūdi stubure“. *Kauno diena*. 1999
25. <http://medic.lt/news.php?ID=53> [žiūrėta 2015 01 07]
26. [http://www.sveikasmogus.lt/Laisvalaikis-1329-Manksta_sutrikusiai_pagerinti](http://www.sveikasmogus.lt/Laisvalaikis-1329-Manksta_sutrikusiai_pusiausvyrai_pagerinti)

[žiūrėta 2015 01 07]

27. Cug M., Ak E., Ozdemir R. A., Korkusuz F., Behm D. G. The effect of instability training on knee joint proprioception and core strength. *Journal of Sports Science and Medicine* 2012; 11: 468-474.

28. Propriorepcijos lavinimo nauda, žiūrėta, Tunay V. B., Baltaci G., Atay A. O.

Hospital-based versus home-based proprioceptive and strengthening exercise programs in knee osteoarthritis. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica* 2010; 44(4):270-277 [žiūrėta 2015 03 26]

29. <http://abili.eu/lt/top/produktai/> [žiūrėta 2015 01 07]

30. <http://rowingbiomechanics.weebly.com/> [žiūrėta 2014 05 06]

PRIEDAI

Priedas 1. Asmens informavimo ir informuoto asmens sutikimas

AŠ,.....SUTINKU
(vardas, pavardė)

DALYVAUTI ŠIAME BIOMEDICININIAME TYRIME.

DATA: (metai, mėnuo, diena)

TIRIAMOJO KODAS:

ASMENS INFORMAVIMO IR INFORMUOTO ASMENS SUTIKIMAS

Asmens informavimo ir informuoto asmens sutikimas, versijos Nr. 2, data: 2014.10.02

Šioje formoje pateikta Jums skirta informacija apie vykdomą tyrimą. Šioje formoje aptariamos tyrimo atlikimo priežastys, mokslinio tyrimo procedūros, nauda, rizika, galimi nepatogumai ir kita svarbi informacija. Neskubėkite ir atidžiai perskaitykite šį dokumentą, jei nesupratote kokio nors žodžio ar teiginio, būtinai užduokite visus iškilusius klausimus tyrimo komandos nariams. Prieš priimdami sprendimą, galite pasitarti su šeimos nariais ar draugais.

Kauno technologijos universitetas atlieka tyrimą „Nespusiausvros sėdimos padėties įtaka giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumui. Šio tyrimo duomenys bus naudojami tik moksliniais tikslais.

Labai kviečiame Jus sudalyvauti šiame moksliniame tyrime, žemiau pateikiame detalesnę informaciją apie tyrimą. Prašome perskaityti žemiau pateiktą informaciją, o kilus klausimams, prašome kreiptis į tyrėjus laiško pabaigoje nurodytais kontaktais.

Tyrimo vykdytojas. Kauno technologijos universitetas, Mechatronikos mokslo, studijų ir informacijos centras.

Tyrimo tikslas. Nustatyti nepusiausvros sėdimos padėties įtaką giliesiems ir paviršiniams raumenims.

Tyrimo pagrindimas.

Šių dienų visuomenė vis daugiau dėmesio skiria žmogaus savijautai, darbingumui, gydymui ir rehabilitacijai. Žmogaus ir kartu techninių priemonių sąveika, mokėjimas padėti žmogaus organizmui maksimaliai naudoti fiziologines galias praverčia siekiant geriausių sporto ar fizinės savijautos palaikymo rezultatų. Jėgos pratimai ir jų nauda įrodyta jau seniai – jie didina raumenų apimtį ir jėgą, o tinkamai atliekant – ir ištvermę. Taip pat tyrimais patvirtinta, kad jėgos treniruotės padidina ne tik raumenų jėgą, bet raumeninę ir tarpraumeninę koordinaciją (B. Bazrgaria et al, Duarte et al).

Koordinaciją užtikrina nervų sistema, reguliuojanti raumenų išorinę jėgą: vieni raumenys slopinami, kiti aktyvinami (Sporrong et al). Siekinat išlaikyti sąnario funkcinį stabilumą pradeda veikti puaisusvyros mechanizmas, kurį lemia vietinių ir viso organizmo raumenų veikla (Carroll et al).

1 Priedo tęsinys

Tad nemažai jau žinoma, kaip raumenys padeda išlaikyti satinę kūno pusiausvyrą, tačiau raumenų įtaka dinaminei kūno pusiausvyrai sėdint ištirta yra mažiau.

Apie asmenų dalyvaujančių tyrime duomenų konfidencialumo užtikrimą.

Jūsų asmens duomenys (vardas, pavardė, gimimo metai) bus naudojami tik asmens informavimo ir informuoto asmens sutikimo formoje. Šie duomenys vėliau bus sunaikinti. Sekančiuose tyrimo etapuose Jūsų asmens duomenys nebus naudojami. Patvirtiname, kad asmens duomenis pakeitus identifikaciniais kodais, nustatyti Jūsų asmenybės nebus įmanoma.

Tyrimo duomenys bus naudojami tik moksliniais tikslais. Tyrimo rezultatus skelbsime tik apibendrintus, niekaip nenurodant jokių asmens duomenų, pagal kuriuos būtų galima identifikuoti asmens tapatybę.

Jūsų teisės dalyvaujant tyrime. Dalyvavimas tyrime yra savanoriškas. Jūs turite teisę atsisakyti dalyvauti tyrime, o pradėjęs dalyvauti, galite bet kada iš jo pasitraukti.

Tyrimo procedūra. Jei Jūs sutinkate dalyvauti tyrime Jums reikia atvykti į KTU Mechatronikos mokslo, studijų ir informacijos centro Biomechatronikos laboratoriją (Kęstučio g. 27-101, Kaunas). Laboratorijoje prieš tyrimą, Jūsų kontroliniuose taškuose (dažniausiai sąnariai), bus užklijuojami šviesą atspindintys žymekliai, analizuojant raumenų veiklą ant jų tvirtinami elektrodai. Tyrimo metu nebus atliekama jokių gydomųjų procedūrų. Vaistai ar gydymas nebus skiriami, bus atliekami judesių biomechanikos tyrimai (neinvaziniai). Šio tyrimo metu bus vertinami fiziologiniai žmogaus judesiai ir giliųjų ir paviršinių raumenų aktyvumas. Jūsų judesius fiksuos 3D judesių matavimo ir analizės sistema. Noraxon EMG (U.S.A.) elektromiografo pagalba, bus matuojamas asmenų giliųjų ir paviršinių liemens raumenų elektrinis aktyvumas (mV).

Labai tikimės, kad Jūs padėsite vykdyti šį mokslinį tyrimą.

Informacija kontaktams. Dėl savo, kaip tyrimo dalyvio teisių, galite kreiptis į Kauno regioninį biomedicininį tyrimų etikos komitetą, telefonu 8-37 32 68 89. Visais tyrimo klausimais Jūs bet kuriuo metu galite kreiptis į Kauno technologijos universiteto, Mechatronikos mokslo, studijų ir informacijos centro mokslo darbuotoją Aurelijų Domeiką, telefonu +370 37 300913 (elektroniniu paštu aurelijus.domeika@ktu.lt).

(Tiriamąjo asmens vardas pavardė)

(Tiriamąjo parašas)

Priedas 2. „Matlab“ programos kodas

```
clear all;
close all;
clc;

irklavimo_trukme = 320; % apytiksliai vieno irklavimo (keturiu
faziu) trukme * 100

y = xlsread('filtruotas.xlsx'); % duomenu nuskaitymas is failo
diagrama = figure(1);
% set(diagrama, 'Position', [300 300 1000 500]); % diagramos lango
pozicijos ir dydzio nustatymas
plot(y); % duomenu atvaizdavimas diagrama
%title('Kampo priklausomybe nuo irklavimo fazes', 'FontSize', 18,
'FontWeight', 'bold', 'Color', [0, 0, 0]); % diagramos pavadinimas
xlabel('Laikas, ms', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold',
'Color', [0, 0, 1]); % X asies pavadinimas
ylabel('Kampas, ^o', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold',
'Color', [0, 0, 1]); % Y asies pavadinimas

pirmos_fazes_y = [];
pirmos_fazes_x = [];

antros_fazes_y = [];
antros_fazes_x = [];

trecios_fazes_y = [];
trecios_fazes_x = [];

vieno_irklavimo_y = [];
vieno_irklavimo_x = [];

galimi_trecios_fazes_y = []; % reiksme
galimi_trecios_fazes_x = []; % reiksmes y pozicija

esama_pozicija_x = 1; % kiekvieno naujo irklavimo pradzia

for i = 1:length(y)% per visa signalo ilgi eina reiksmes tikrina
pagal salygas po else
    if i < esama_pozicija_x + irklavimo_trukme % einama per visa
signalo reiksmes
        vieno_irklavimo_y = [vieno_irklavimo_y, y(i)];%
isskiriamas vienas ciklas ir priskiriama reiksme ir pozicija ir
raso i masyvus (siuo atveju vienas irklavimo mas)
        vieno_irklavimo_x = [vieno_irklavimo_x, i];

        if i < esama_pozicija_x + irklavimo_trukme / 3 %treciame
trecdalyje
            galimi_trecios_fazes_y = [galimi_trecios_fazes_y,
y(i)];
```

```

        galimi_trecios_fazes_x = [galimi_trecios_fazes_x, i];
    end
else
    % salygos tikrinamos kai aptinkamas vienas irklavimas
    % pilnas irklavimas yra nuo max tasko reikšmes-antros fazes
    iki kitos
    % antros fazes reikšmes
    [didziausias_elementas_y, didziausias_elementas_x] =
max(vieno_irklavimo_y); % randama antra faze ir reikšme ir pozicija
    [min_element, min_element_position] =
min(vieno_irklavimo_y); % randama minimali reikšme ir pirmoji faze
su reikšme ir pozicija
    [min_element_c, min_element_position_c] =
min(galimi_trecios_fazes_y); % trecios fazes radimas minimalios
reikšmes radimas toje atkarpoje (trecdalyje)
    antros_fazes_y = [antros_fazes_y,
didziausias_elementas_y]; % priskiriama antros fazes reikšme
    antros_fazes_x = [antros_fazes_x,
vieno_irklavimo_x(didziausias_elementas_x)]; % priskiriama antros
fazes pozicija
    pirmos_fazes_y = [pirmos_fazes_y, min_element]; %
priskiriama pirmos fazes reikšme
    pirmos_fazes_x = [pirmos_fazes_x,
vieno_irklavimo_x(min_element_position)]; % priskiriama pirmos fazes
pozicija
    trecios_fazes_y = [trecios_fazes_y,
min_element_c]; % priskiriama trecdalio minimali reikšme trecios
fazes reikšmei
    trecios_fazes_x = [trecios_fazes_x,
galimi_trecios_fazes_x(min_element_position_c)]; % priskiriama
minimalios reikšmes reikšme pozicijai
    i = vieno_irklavimo_x(didziausias_elementas_x) +
1; % kiekvienas taskas skaiciuojamas pagal antros fazes pozicija
(kaip nuo atskaitos tasko vis naujai)
    esama_pozicija_x = i + 1; % paskaiciuojama antros fazes
pozicija (priskiriama atskaitos taskui - kitos fazes pradziai
aptikti)
    vieno_irklavimo_y = []; % isvalomi masyvai
    vieno_irklavimo_x = [];
    galimi_trecios_fazes_y = [];
    galimi_trecios_fazes_x = [];
end
end

% atvaziduoja faziu momentus taskais
line(pirmos_fazes_x, pirmos_fazes_y, 'marker', 'o', 'markersize',
10, 'markeredgecolor', [0,0,0], 'markerfacecolor', [0,1,0],
'linestyle','none');
line(antros_fazes_x, antros_fazes_y, 'marker', 'o', 'markersize',
10, 'markeredgecolor', [0,0,0], 'markerfacecolor', [1,0,0],
'linestyle','none');

```

```

line(trecios_fazes_x, trecios_fazes_y, 'marker', 'o',
'markersize', 10, 'markeredgecolor', [0,0,0], 'markerfacecolor',
[0,0,1], 'linestyle','none');

legend('Pratimu atlikimo kreive','Pirmoji ir ketvirtoji irklavimo
fazės', 'Antroji irklavimo fazė','Trecioji irklavimo fazė');

%IF patikrina ar esama fazė yra didesne negu 3, jeigu ne, is
masyvo
%istrinamas pirmas elementas
if pirmos_fazes_x(1) > trecios_fazes_x(1)% pradedamas skaiciavimas
nuo pirmos minimalios reikšmes pirmos fazės momento
    trecios_fazes_x(1) = []; % istrinama treciosios fazės pirmas
elementas (is viso trecios fazės masyvo bendro)
end
% length(antros_fazes_x) - antros fazės visos reikšmes
% (antros_fazes_x) - masyvas antros fazės bendras - elementu
kiekis
rezultatu_lenteles_eiluciu_skaicius = min([length(antros_fazes_x),
length(pirmos_fazes_x), length(trecios_fazes_x)]);

disp('Laikas tarp skirtingu faziu (s):');
disp(' ');
disp('-----');
disp('(1-2) | (2-3) | (3-4) | (1-4)');
disp('-----');

stulpelis_1 = [];
stulpelis_2 = [];
stulpelis_3 = [];
stulpelis_4 = [];
% jei nuimu 100 dalyba tai gaunamos mili sekundes kaip ir pirmame
kreives
% garfike
for i = 1:rezultatu_lenteles_eiluciu_skaicius
    pirma_antra_faze = (antros_fazes_x(i) - pirmos_fazes_x(i)) /
100;
    antra_trecia_faze = (trecios_fazes_x(i) - antros_fazes_x(i)) /
100;
    trecia_ketvirta_faze = (pirmos_fazes_x(i + 1) -
trecios_fazes_x(i)) / 100;
    pirma_ketvirta_faze = (pirmos_fazes_x(i + 1) -
pirmos_fazes_x(i)) / 100;
    stulpelis_1 = [stulpelis_1, pirma_antra_faze];
    stulpelis_2 = [stulpelis_2, antra_trecia_faze];
    stulpelis_3 = [stulpelis_3, trecia_ketvirta_faze];
    stulpelis_4 = [stulpelis_4, pirma_ketvirta_faze];
    disp(sprintf('%5.3f | %5.3f | %5.3f | %5.3f',
pirma_antra_faze, antra_trecia_faze, trecia_ketvirta_faze,
pirma_ketvirta_faze));
% procentas nurodo kintamojo vieta i kuria surasomos visos faziu
reikšmes
% 5.3 - 5 sveiki skaiciai ir 3 po kablelio isveda duomenis

```

```
% f - float - skaicius su kableliu
end
% vidurkio isvedimas kiekvieno stulpelio

disp('-----');
disp(sprintf('%5.3f | %5.3f | %5.3f | %5.3f', mean(stulpelis_1),
mean(stulpelis_2), mean(stulpelis_3), mean(stulpelis_4)));
disp('-----');
```

Priedas 3. Mokslinės publikacijos darbo tema

- Investigation of the lower back muscles activity during sitting on stable and unstable surfaces A.Domeika¹, V.Grigas¹, A.Šulginas¹, I.Stognij¹, V.Zaveckas², V.Poškaitis², I.Aleknaitė²

¹*Mechanical Engineering Department, Kaunas University of Technology, Lithuania*

²*Institute of Sport, Lithuanian University of Health Sciences, Lithuania - Conference „Biomedical engineering 2014“.*