

LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS

Vitalija Stonkuvienė

**KINEZITERAPIJOS PROGRAMŲ
POVEIKIS PACIENTŲ, SERGANČIŲ
SENATVINIO SILPNUMO SINDROMU,
FUNKCINEI BŪKLEI IR GYVENIMO
KOKYBEI PO CHIRURGINIŲ ŠIRDIES
OPERACIJŲ ANTRUOJU
REABILITACIJOS ETAPU**

Daktaro disertacija
Medicinos ir sveikatos mokslai,
slauga (M 005)

Kaunas, 2026

Disertacija rengta 2022–2026 metais Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Slaugos fakulteto Reabilitacijos klinikoje.

Mokslinis vadovas

prof. dr. Raimondas Kubilius (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, slauga – M 005).

Konsultantė

prof. dr. Eglė Lendraitienė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, slauga – M 005).

Disertacija ginama Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Slaugos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkė

prof. habil. dr. Vita Lesauskaitė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, slauga – M 005).

Nariai:

prof. dr. Laimonas Šiupšinskas (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, slauga – M 005);

doc. dr. Aurika Vancavičienė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, slauga – M 005);

prof. dr. Sigita Glaveckaitė (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001);

prof. dr. Gražina Urbonavičienė (Orhuso universitetas (Danija), medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Disertacija bus ginama viešajame Slaugos mokslo krypties tarybos posėdyje 2026 m. spalio 14 d. 13 val. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Slaugos fakulteto 106 auditorijoje.

Disertacijos gynimo vietos adresas: Eivenių g. 2, LT-50161 Kaunas, Lietuva.

LITHUANIAN UNIVERSITY OF HEALTH SCIENCES

Vitalija Stonkuvienė

**EFFECT OF PHYSIOTHERAPY
PROGRAMMES ON THE FUNCTIONAL
STATUS AND QUALITY OF LIFE OF
PATIENTS WITH FRAILTY AFTER OPEN
HEART SURGERY IN THE SECOND
STAGE OF REHABILITATION**

Doctoral Dissertation
Medical and Health Sciences,
Nursing (M 005)

Kaunas, 2026

The dissertation has been prepared in the Department of Rehabilitation, Faculty of Nursing, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences during the period of 2022–2026.

Scientific Supervisor

Prof. Dr. Raimondas Kubilius (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Nursing – M 005).

Consultant

Prof. Dr. Eglė Lendraitienė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Nursing – M 005).

The dissertation is defended at the Nursing Research Council of the Lithuanian University of Health Sciences:

Chairperson

Prof. Habil. Dr. Vita Lesauskaitė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Nursing – M 005).

Members:

Prof. Dr. Laimonas Šiupšinskas (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Nursing – M 005);

Assoc. Prof. Dr. Aurika Vanckavičienė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Nursing – M 005);

Prof. Dr. Sigita Glaveckaitė (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001);

Prof. Dr. Gražina Urbonavičienė (Aarhus University, Denmark, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001).

The dissertation will be defended at the open session of the Nursing Research Council of the Lithuanian University of Health Sciences at 1 p.m. on 14 October 2026 in auditorium 106 of the Faculty of Nursing of the Lithuanian University of Health Sciences.

Address: Eivenių 2, LT-50161 Kaunas, Lithuania.

TURINYS

SANTRUMPOS.....	7
TERMINAI IR SĄVOKOS	9
ĮVADAS.....	11
Mokslinio darbo naujumas.....	13
Mokslinio darbo praktinė vertė.....	14
Autorės asmeninis indėlis	15
1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	16
1.1. Darbo tikslas	16
1.2. Darbo uždaviniai.....	16
1.3. Tyrimo hipotezė.....	16
2. LITERATŪROS APŽVALGA.....	17
2.1. Išeminė širdies liga bei širdies ligų chirurginis gydymas	17
2.2. Senatvinio silpnumo sindromo samprata ir patofiziologija	19
2.3. Senatvinio silpnumo sindromas bei širdies ir kraujagyslių ligos	23
2.4. Senatvinio silpnumo sindromo vertinimas po širdies operacijos	25
2.5. Fizinis aktyvumas ir kardiologinė rehabilitacija po chirurginės širdies operacijos.....	31
2.6. Kineziterapijos programos vyresnio amžiaus pacientų fizinei būklei gerinti	33
2.6.1. Aerobinė kineziterapijos programa.....	33
2.6.2. Jėgos lavinimo kineziterapijos programa.....	37
2.6.3. Sensomotorinė (pusiausvyros, koordinacijos, propriocepcijos) kineziterapijos programa.....	39
2.6.4. Daugiakomponentė kineziterapijos programa	41
2.6.5. Interaktyvioji kineziterapijos programa.....	43
2.7. Gyvenimo kokybės aspektai pacientams po chirurginės širdies operacijos	46
3. TYRIMO METODIKA	48
3.1. Tyrimo organizavimas, tipas, dizainas ir etiniai aspektai	48
3.2. Tiriamųjų įtraukimo ir neįtraukimo kriterijai	48
3.3. Tiriamųjų atrankos ir randomizacijos metodai	49
3.4. Tiriamųjų funkcinės būklės ir gyvenimo kokybės vertinimo metodai.....	51
3.5. Tiriamųjų grupių ir taikytų kineziterapijos programų aprašymas.....	57

3.6. Tyrimo imties dydis	62
3.7. Statistinė analizė	62
4. TYRIMO REZULTATAI	64
4.1. Pradinės aprašomosios tiriamųjų charakteristikos	64
4.2. Pacientų senatvinio silpnumo sindromo vertinimas po chirurginės širdies operacijos.....	67
4.3. Senatvinio silpnumo sindromo sunkumo prognoziniai veiksniai, pacientams po chirurginės širdies operacijos.....	70
4.4. Stacionarinės reabilitacijos efektyvumas pacientams vertinant funkcinę būklę.....	71
4.4.1. SPPB, 6MĖT, 4MĖT, veloergometrijos, plaštakos griebimo jėgos bei 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos pokyčiai	71
4.4.2. Pusiausvyros parametrų pokyčiai	74
4.4.3. Eisenos bei stovėsenos parametrų pokyčiai.....	76
4.5. Stacionarinės kardiologinės reabilitacijos efektyvumas pacientams vertinant gyvenimo kokybę	80
5. REZULTATŲ APTARIMAS	85
6. MOKSLINIO TYRIMO PRIVALUMAI IR RIBOTUMAI.....	96
IŠVADOS	98
PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS	99
SUMMARY	100
DISERTACIJAI RENGTI NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS ...	126
DISERTACIJOS TEMATIKA SPAUSDINTI DARBAI.....	143
PRIEDAI.....	146
CURRICULUM VITAE	155
PADĖKA	156

SANTRUMPOS

1MK	–	1 maksimalus kartojimas (angl. <i>one-repetition maximum</i>)
4MÉT	–	4 metrų ėjimo testas (angl. <i>4-Metre Walk Test</i>)
6MÉT	–	6 minučių ėjimo testas (angl. <i>6-Minute Walk Test</i>)
AKS	–	arterinis kraujospūdis (angl. <i>arterial blood pressure</i>)
AUC	–	plotas po ROC kreive (angl. <i>area under the curve</i>)
AVAJO	–	aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija (angl. <i>coronary artery bypass grafting surgery</i>)
BESS	–	pusiausvyros klaidų vertinimo sistema (angl. <i>Balance Error Scoring System</i>)
CD	–	cukrinis diabetas (angl. <i>diabetes mellitus</i>)
CNS	–	centrinė nervų sistema (angl. <i>central nervous system</i>)
COP	–	slėgio centras (angl. <i>centre of pressure</i>)
CRB	–	C reaktyvusis baltymas (angl. <i>C reactive protein</i>)
DG	–	daugikomponentė grupė (angl. <i>multicomponent group</i>)
EKD	–	Europos kardiologų draugija (angl. <i>European Society of Cardiology</i>)
EKG	–	elektrokardiograma (angl. <i>electrocardiogram</i>)
EFS	–	Edmontono silpnumo skalė (angl. <i>Edmonton Frail Scale</i>)
EQ-5D-5L	–	Europos gyvenimo kokybės ir sveikatos būklės anketa (angl. <i>EuroQoL 5-Dimensions 5-Level Questionnaire</i>)
FITT	–	treniruotės dažnumas, intensyvumas, laikas ir tipas (angl. <i>frequency, intensity, time, type</i>)
HIIT	–	didelio intensyvumo intervalinė treniruotė (angl. <i>high-intensity interval training</i>)
IL-6	–	interleukinas-6 (angl. <i>interleukin-6</i>)
IŠL	–	išeminė širdies liga (angl. <i>ischemic heart disease</i>)
IG	–	interaktyvioji grupė (angl. <i>interactive group</i>)
KG	–	kontrolinė grupė (angl. <i>control group</i>)
KMI	–	kūno masės indeksas (angl. <i>body mass index</i>)
KR	–	kardiologinė reabilitacija (angl. <i>cardiac rehabilitation</i>)
KS IF	–	kairiojo skilvelio išstūmio frakcija (angl. <i>left ventricular ejection fraction</i>)
LOS	–	stabilumo ribos testas (angl. <i>limits of stability</i>)
LOPL	–	lėtinė obstrukcinė plaučių liga (angl. <i>chronic obstructive pulmonary disease</i>)
mCTSIB	–	modifikuotas klinikinis sensorinės sąveikos ir pusiausvyros testas (angl. <i>Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance</i>)
MET	–	metabolinis deguonies suvartojimo ekvivalentas (angl. <i>metabolic equivalent of task</i>)
MRM	–	daugelio pakartojimų maksimalus svoris (angl. <i>Multiple Repetition Maximum</i>)
PSO	–	Pasaulinė sveikatos organizacija (angl. <i>World Health Organisation</i>)
ROM	–	judesių amplitudė (angl. <i>range of motion</i>)
SPO ₂	–	periferinis prisotinimas deguonimi (angl. <i>peripheral oxygen saturation</i>)
SPPB	–	trumpasis fizinės funkcijos testų rinkinys (angl. <i>Short Physical Performance Battery</i>)
SSS	–	senatvinio silpnumo sindromas (angl. <i>frailty</i>)

ŠSD	–	širdies susitraukimų dažnis (angl. <i>heart rate</i>)
ŠKL	–	širdies ir kraujagyslių ligos (angl. <i>cardiovascular diseases</i>)
TNF- α	–	auglio nekrozės veiksnys alfa (angl. <i>tumor necrosis factor</i>)
TUG	–	„Stok ir eik“ testas (angl. <i>Timed Up and Go test</i>)
VAS	–	vizualinė analoginė skalė (angl. <i>visual analogue scale</i>)
VO ₂	–	deguonies suvartojimas (angl. <i>oxygen consumption</i>)

TERMINAI IR SĄVOKOS

Senatvinio silpnumo sindromas – geriatrinis sindromas, kuriam būdingas su amžiumi susijęs kelių sistemų fiziologinių atsargų ir funkcijos sumažėjimas, todėl padaugėja padarinių sveikatai [1].

Interaktyvioji kineziterapijos programa – kineziterapijos programa yra kuriama remiantis sistemomis, kurios skirtos stebėti žmogaus raumenų ir kaulų sistemos grįžtamuosius ryšius pratimų metu, siekiant nustatyti raumenų ir kaulų sistemos sutrikimus ir įvertinti judesių kokybę, taip pat padėti pacientui ar kineziterapeutui koreguoti judesio modelį [2].

Išeminė širdies liga – kintamas vainikinių arterijų aterosklerozės arba vainikinių arterijų kraujotakos funkcinis pokyčių procesas, kurį galima koreguoti gyvensena, farmakologiniu gydymu ir revaskuliarizacija [3].

Aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija (AVAJO) – chirurginės procedūros metu, naudojant surinktus veninius arba arterinius kanalus (paciento kraujagyslę iš galūnės), užsikimšimo vietoje šuntuojamos (sudaromos jungtys) vainikinės arterijos. Šuntavimas sugrąžina kraujotaką į išeminį miokardą, o tai savo ruožtu atkuria funkciją, gyvybingumą ir palengvina krūtinės anginos simptomus [4].

Kardiologinė rehabilitacija – sudėtinga, tarpdisciplininė intervencija, kurios metu daugiausia dėmesio skiriama fiziniam lavinimui, prižiūrint specialistui, širdies ir kraujagyslių ligų rizikos veiksnių modifikavimui ir psichosocialinei paramai, lėtinėmis širdies ligomis, pvz., išemine širdies liga ir staziniu širdies nepakankamumu, sergantiems pacientams. Taip pat ši rehabilitacija skiriama pacientams, kurie atsigauna po neseniai įvykusio miokardo infarkto ir atliktų procedūrų, pvz., vainikinių arterijų angioplastikos ir vainikinių arterijų šuntavimo [5].

Pėdos pasisukimas (angl. *foot rotation*) – tai kampas tarp išilginės pėdos ašies ir ėjimo krypties; jeigu teigiamas – pėdos padėtis išorėje; jeigu neigiamas – pėda pasukta į vidų [6].

Žingsnio ilgis (angl. *step length*) – tai nuotolis tarp kairės ir dešinės kojų kulno kontakto su paviršiumi ėjimo cikle [6].

Vienos pusės žingsnio ilgis (angl. *stride length*) – tai nuotolis tarp tos pačios kūno pusės dviejų kulno kontaktų ėjimo cikle [6].

Žingsnio plotis (angl. *step width*) – skersinis atstumas tarp dviejų vienodų taškų ant dešinės ir kairės pėdų kulnų ėjimo cikle [6].

Žingsnio laikas (angl. *step time*) – tai eisenos cikliškumas, išreikštas sekundėmis – nuo vienos kūno pusės kulno kontakto iki priešingos kūno pusės kulno kontakto su paviršiumi [6].

Žingsnio ciklo trukmė (angl. *stride time*) – tai yra laiko tarpas, per kurį įvyksta vienas visas eisenos ciklas, t. y. nuo vienos kojos kulno kontakto su žeme iki kito to paties kulno kontakto su žeme [6].

Žingsnių dažnumas (angl. *cadence*) – žingsnių per minutę skaičius, apskaičiuojamas pagal vienos pusės žingsnio ilgį [6].

Ėjimo greitis (angl. *velocity*) – pamatuotas vidutinis eisenos greitis analizuojamo matavimo intervalo metu [6].

Slėgio centro trajektorijos ilgis (angl. *COP path length*) – slėgio centro (COP) judėjimo nuotolis, kuris atspindi kūno padėties valdymo stabilumą ir pusiausvyros kontrolę [6].

Vidutinis slėgio centro judėjimo greitis (angl. *COP average velocity*) – slėgio centro (COP) judėjimo greičio išvestinis vidurkis, kuris yra apskaičiuojamas COP trajektorijos ilgį padalijant iš trukmės, šis rodiklis vartojamas kūno padėties valdymo stabilumui įvertinti [6].

Pagrindinės ašies ilgis (angl. *length of major axis*) – tai yra elipsės formos ašies ilgis, kuris apibūdina slėgio centro (COP) svyravimo trajektoriją bei rodo kryptinį svyravimą [6].

Eisenos trajektorijos ilgis (angl. *length of gait line*) – slėgio centro (COP) judėjimo trajektorijos ilgis ėjimo metu, kuris atspindi judėjimo stabilumą ir kontrolę [6].

IVADAS

Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, gyventojų senėjimas greitėja [7]. 2024 m. sausio 1 d. Europos Sąjungoje buvo 449,3 mln. gyventojų, o daugiau nei penktadalis (21,6 proc.) jų – vyresni nei 65 metų [8]. Apskaičiuota, kad iki XXI amžiaus pabaigos vyresnių nei 65 metų gyventojų bus daugiau kaip 30 proc. [9]. Tai turės didelės įtakos sveikatos priežiūros sistemoms ir šalių ekonomikai [10]. Viena aktualiausių pasaulinių problemų yra visuomenės senėjimas bei viena iš su juo susijusių geriatrinių būklių – senatvinio silpnumo sindromas (SSS) [11]. SSS yra vienas pagrindinių sergamumo ir mirtingumo rizikos veiksnių [12] ir jį turi didelė dalis (12–24 proc.) bendruomenėje gyvenančių 65 metų ir vyresnių suaugusiųjų [13]. Tiek klinikinėje praktikoje, tiek sveikatos priežiūros politikoje vis labiau domimasi SSS sąvoka, nes vyresnio amžiaus suaugusieji susiduria su neigiamais sveikatos padariniais, kurių negalima paaiškinti vien tik amžiumi, gretutinėmis ligomis ar funkcinėmis būklėmis [11].

Vyresnio amžiaus žmonės dažniau serga širdies ir kraujagyslių ligomis, šiems pacientams dažniau yra atliekamos chirurginės širdies operacijos [14, 15]. Tačiau vyresnio amžiaus pacientams, palyginti su visa populiacija, po šių operacijų neretai nustatomas SSS. Šis sindromas yra susijęs su sumažėjusiu fiziniu pajėgumu, raumenų jėgos mažėjimu, funkcinio mobilumo sutrikimais ir pablogėjusia gyvenimo kokybe [16, 17]. Remiantis Europos kardiologų draugijos (EKD) ataskaita, bendras SSS paplitimas, sergant ŠKL, svyruoja tarp 40–50 proc., atsižvelgiant į silpnumo vertinimo įrankį [18]. Esant SSS sumažėja fiziologinės atsargos ir padidėja imlumas neigiamiems sveikatos rizikos veiksniams [19]. SSS paveikia iki 30 proc. žmonių, sergančių vainikinių arterijų liga, 80 proc. – širdies nepakankamumu ir 74 proc. turinčių aortos stenozę [14]. Chirurginės širdies operacijos, atliekamos SSS turintiems pacientams, dažnai sukelia fiziologinį stresą. Todėl 28 proc. vyresnio amžiaus žmonių, atvykstančių į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją, jau turi sumažėjusią raumenų jėgą ir fizinį pajėgumą, o tai daro didžiulę įtaką pusiausvyrai ir bendriems gebėjimams atlikti kasdienes veiklas [20], įskaitant vaikščiojimą [21]. Pacientams, sergantiems SSS, nustatyta didesnė pooperacinių komplikacijų, ilgesnės hospitalizacijos bei funkcinio gebėjimų sutrikimų rizika [19, 22].

Mokslinių tyrimų duomenimis, kardiologinė reabilitacija plačiai rekomenduojama pacientams po širdies ir kraujagyslių įvykio [23]. Į reabilitaciją yra įtraukiamos fizinio aktyvumo programos, galinčios pagerinti pacientų išgyvenamumą, sumažinti hospitalizaciją, miokardo infarkto tikimybę ir pagerinti gyvenimo kokybę [24]. Kardiologinė reabilitacija yra standartinė

priežiūros priemonė, padedanti atsigauti po išeminės širdies ligos (IŠL), koreguoti ŠKL rizikos veiksnius, siekti tikslinių verčių, taikyti fizinių pratimų terapiją, koreguoti mitybą ir sudaryti optimalų medikamentinį planą, suteikti psichosocialinę paramą ir pacientų švietimą [25]. EKD gairėse nurodoma, kad kardiologinė reabilitacija turi būti visapusiška, daugialypė, individualizuota, skatinanti fizinį aktyvumą bei suteikianti psichosocialinę pagalbą [22]. Tokios reabilitacijos programos gerina funkcinę paciento būklę ir savarankiškumą, mažina ŠKL naujų įvykių riziką [26]. Tyrimai rodo, jog fiziniais pratimais grįsta kardiologinė reabilitacija gali 20 proc. sumažinti mirtingumą, sergant ŠKL [27]. Kardiologinė reabilitacija yra svarbi pooperacinio gydymo dalis, tačiau mokslinių tyrimų, nagrinėjančių specifinių kineziterapijos programų poveikį pacientams, sergantiems ŠKL bei SSS, vis dar yra nedaug. Kai kurie šaltiniai nurodo skirtingų fizinių pratimų grįstų intervencijų naudą: vieni teikia pirmenybę daugiakomponentėms [28], kiti – interaktyviosioms programoms [29]. Daugiausia literatūroje randama informacijos apie daugiakomponentes kineziterapijos programas [30]. Tačiau kiti autoriai teigia, jog taip pat reiktų atsižvelgti į kitas kineziterapijos programas, kad per kuo trumpesnę laiką būtų pasiekiami geresni rezultatai [31]. Pavyzdžiui, naudojant interaktyviąją kineziterapijos programą realiuoju laiku teikiamas grįžtamasis ryšys, kuris padeda greičiau mokytis, po atliktos treniruotės iš karto vertinti rezultatus [32], parinkti tinkamą intensyvumą [33], skatina motyvaciją [34], leidžia stebėti progresą realiuoju laiku [35] bei programa gali būti pritaikoma individualiai.

Daugiakomponentės kineziterapijos programos apima kelis komponentus: aerobinius, jėgos, pusiausvyros, sensomotorinius pratimus. Moksliniai tyrimai rodo, kad šios programos yra veiksmingos SSS sergantiems pacientams bei didina raumenų jėgą, gerina ištvermę, pusiausvyrą [36]. Interaktyvioji kineziterapijos programa sulaukia vis daugiau dėmesio šiuolaikinėje kardiologinėje reabilitacijoje [29]. Moksliniai tyrimai rodo, jog reabilitacijoje taikomos interaktyviosios kompiuterio programos yra saugios ir veiksmingos SSS pacientams. Šios programos įtraukios, didina fizinį aktyvumą, leidžia individualizuoti paciento reabilitacijos programą bei, esant poreikiui, ją koreguoti [37]. Mokslo bendruomenėje vis dar vyksta aktyvios diskusijos, kurios pratimų programos yra efektyviausios SSS pacientams po chirurginės širdies intervencijos [18, 38]. Nėra visuotinai pripažintų ir įvertintų pratimų pagrįstos kardiologinės reabilitacijos programų turinio standartų, skirtų SSS pacientams po chirurginės širdies intervencijos [23].

Mokslinio darbo naujumas

Moksliniame darbe kompleksiskai vertinamas skirtingų, kelių (įprastos, daugiakomponentės ir interaktyviosios) kineziterapijos programų poveikis pacientų, sergančių SSS, funkcinei būklei ir gyvenimo kokybei po chirurginės širdies operacijos antruoju kardiologinės reabilitacijos etapu. Daugumoje ankstesnių tyrimų užsienio literatūroje daugiausia dėmesio skiriama bendram fizinio aktyvumo poveikiui, aerobiniais pratimais pagrįstoms programoms arba lyginamos tik dvi grupės. Tačiau nerasta užsienio mokslinių tyrimų, kuriuose būtų analizuotas kompleksinių kineziterapijos programų (lyginančių bent tris grupes) poveikis pacientams, turintiems senatvinio silpnumo požymių po chirurginės širdies operacijos [39, 40].

Lietuvoje buvo atliktas panašus tyrimas, kuriame buvo vertintas kineziterapijos poveikis fiziniam pacientų pajėgumui, gyvenimo kokybei ir SSS. Tačiau jame buvo tirta platesnė ir heterogeniška tiriamųjų populiacija – pacientai po ūminio vainikinių arterijų sindromo, populiaciją sudarė ir sveiki, ir SSS sergantys pacientai [41]. Šiame darbe pirmą kartą buvo tiriama specifinė pacientų grupė – tik po chirurginės širdies operacijos pacientai, kuriems nustatytas SSS. Tyrimas buvo atliktas ne pirmuoju, o antruoju reabilitacijos etapu, kuris literatūroje yra mažiau tyrinėjamas vertinant tikslinių kineziterapijos programų veiksmingumą.

Šioje disertacijoje, vertinant kineziterapijos programų poveikį funkcinei paciento būklei, dėmesys buvo skiriamas ne tik bendriems funkcinio pajėgumo parametrų (pavyzdžiui, tik ėjimo greitis, SPPB testas), kurie dažniausiai tiriami vyresnio amžiaus pacientų populiacijoje. Tačiau buvo įtraukta išsamesnė pusiausvyros, eisenos ir stovėsenos analizė, nes šie funkciniai rodikliai yra reikšmingi vertinant pacientų, sergančių SSS, funkcinę būklę po chirurginės širdies operacijos.

Šiame tyrime analizuojamas SSS sunkumo ir funkcinės būklės ryšys po chirurginės širdies operacijos kardiologinės reabilitacijos metu. SSS laikomas svarbiu veiksniu, galinčiu prognozuoti blogesnes pooperacines baigtis, ilgesnį hospitalizacijos laikotarpį bei mažesnę fizinį pajėgumą. Tačiau mokslinių tyrimų, vertinančių funkcinės būklės veiksnius, turinčius įtakos SSS sunkumui, vis dar trūksta.

Darbe vertinama ne tik fizinė pacientų funkcija, bet ir gyvenimo kokybė, kuri yra laikoma vienu reikšmingiausių šiuolaikinės medicinos rezultatų rodiklių. Moksliniai tyrimai rodo, kad gyvenimo kokybė po kardiologinių intervencijų gali reikšmingai pagerėti taikant individualizuotas, skirtingas reabilitacijos programas [42]. Tačiau pacientams, sergantiems SSS, šie pokyčiai gali būti mažesni negu tikimasi ir prireikti specifinių kineziterapijos programų taikymo. Lietuvoje gyvenimo kokybės klausimynas EQ-5D-5L yra

validuotas ir pripažintas [43], tačiau jis dar nebuvo taikomas specifinei populiacijai – pacientams po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems SSS.

Gauti tyrimo rezultatai gali prisidėti prie mokslu pagrįstų specifinių kineziterapijos programų taikymo kardiologinei stacionarinei reabilitacijai ir individualizuotų reabilitacijos fizinių pratimų programų kūrimo pacientams po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems SSS. Šiame darbe pasiūlytos mokslu pagrįstos rekomendacijos kineziterapijos programoms individualizuoti pacientams po chirurginės širdies operacijos, sergantiems SSS. Tai ypač aktualu daugėjant vyresnio amžiaus pacientų, kuriems yra atliekamos chirurginės širdies operacijos, ir didėjant SSS paplitimui.

Taigi šios mokslinės disertacijos naujumą sudaro gana siaura klinikinė pacientų grupė – SSS sergantys, po chirurginės širdies operacijos, iki šiol netirta būtent ši pacientų grupė antrajame reabilitacijos etape taikant skirtingas kineziterapijos programas. Trijų skirtingų kineziterapijos programų palyginimas ir išsamesnis pusiausvyros, eisenos ir stovėsenos vertinimas gali papildyti esamas mokslo žinias apie kineziterapijos programų taikymą kardiologinei reabilitacijai ir gali turėti reikšmingą teorinę bei praktinę vertę siekiant pagerinti funkcinę pacientų būklę bei gyvenimo kokybę po chirurginės širdies operacijos, sergantiems SSS.

Mokslinio darbo praktinė vertė

Šios disertacijos mokslinio tyrimo praktinė reikšmė yra siejama su kineziterapijos programų taikymo optimizavimu bei praktinių rekomendacijų dėl funkcinės būklės gerinimo pacientams po chirurginės širdies operacijos, sergantiems SSS, papildymu. Senstant visuomenei ir didėjant širdies ir kraujagyslių ligų paplitimui, daugėja ir vyresnio amžiaus pacientų, kuriems yra atliekamos chirurginės širdies operacijos. Vyresni pacientai į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją atvyksta po kardiologinės chirurginės intervencijos, todėl šiems pacientams pooperaciniu laikotarpiu pasireiškia sumažėjusios fizinės funkcijos, pvz., sumažėjęs mobilumas, gebėjimas atlikti kasdienes veiklas, pusiausvyros, eisenos sutrikimai, bendras silpnumas ir sumažėjusi gyvenimo kokybė. Moksliniai tyrimai rodo, kad fizinių pratimų programos, taikomos kardiologinės reabilitacijos metu, gali reikšmingai pagerinti fizinius bei gyvenimo kokybės parametrus pacientams, sergantiems SSS, po chirurginės širdies operacijos [44]. Tačiau vis dar vyksta aktyvi diskusija, kuri kineziterapijos programa yra efektyviausia gerinant paciento po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems SSS, funkcinę būklę bei gyvenimo kokybę. Apžvelgus mokslo literatūrą, dažniausiai yra lyginamos

dvi kineziterapijos programos – labai skiriasi jų rekomendacijos dėl pratimų tipo, trukmės, dažnumo ar intensyvumo. Todėl šis mokslinis darbas yra svarbus nustatant skirtingų kineziterapijos programų poveikį ir praktiškai pritaikant tinkamiausią fizinį treniravimo metodą kardiologinės reabilitacijos metu, siekiant pagerinti pacientų funkcinę būklę ir gyvenimo kokybę.

Praktiniu požiūriu šio mokslinio darbo rezultatai gali būti naudingi kineziterapeutams, fizinės medicinos ir reabilitacijos gydytojams ir kitiems sveikatos priežiūros specialistams, dirbantiems stacionarinės kardiologinės reabilitacijos srityje. Gauti tyrimo rezultatai gali prisidėti prie efektyvesnio kardiologinės reabilitacijos proceso organizavimo, rengiant klinikines rekomendacijas, koreguojant esamas fizinių pratimų programas, kuriant ir optimizuojant individualizuotą kineziterapijos programą, parenkant tinkamą kineziterapijos programą pacientams po chirurginės širdies operacijos, sergantiems SSS.

Autorės asmeninis indėlis

Šiame moksliniame darbe disertacijos autorė, padedant mokslinio darbo vadovui ir konsultantei, formulavo tyrimo idėją, planą ir parengė tyrimo metodologiją. Disertacijos autorė savarankiškai atliko mokslo literatūros paiešką ir analizę. Ja remiantis buvo pagrįsta tyrimo problematika, aktualumas, suformuluoti tyrimo tikslas ir uždaviniai bei pasirinkti tinkamiausi tyrimo metodai. Mokslinio darbo autorė organizavo, koordinavo ir vykdė tyrimo duomenų rinkimą kardiologinės reabilitacijos įstaigoje: atrinko tiriamuosius pagal nustatytus įtraukimo ir neįtraukimo kriterijus, surinko pacientų anamnezę, atliko klinikinį pacientų funkcinės būklės vertinimą, vertino gyvenimo kokybę prieš ir po stacionarinės medicininės reabilitacijos bei taikė skirtingas kineziterapijos programas pagal iš anksto sudarytą fizinių pratimų protokolą. Tuomet surinktus mokslinius duomenis autorė susistemino ir analizavo naudodama pasirinktus matematinės statistinės analizės metodus. Autorė analizavo, aprašė apskaičiuotus tyrimo rezultatus, juos lygino ir interpretavo su kitų mokslinių tyrimų duomenimis – jais remdamasi formulavo darbo išvadas ir praktines rekomendacijas. Autorė savarankiškai rengė disertacijos tekstą, literatūros apžvalgą, aprašė tyrimo metodiką, gautą rezultatų analizę ir aptarimą. Mokslinio darbo autorė rengė mokslo straipsnius leidiniams, turintiems citavimo indeksą, bei dalyvavo tarptautinėse mokslinėse konferencijose, kuriose buvo paskelbti disertacijos tyrimų rezultatai.

1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

1.1. Darbo tikslas

Įvertinti kineziterapijos programų (įprastos, daugiakomponentės ir interaktyviosios) poveikį vyresnių nei 65 metų pacientų, kurie po chirurginės širdies operacijos atvyko į antrąją reabilitacijos etapą bei serga senatvinio silpnumo sindromu (SSS), funkicinei būklei bei gyvenimo kokybei.

1.2. Darbo uždaviniai

1. Įvertinti 65 metų ir vyresnių pacientų, kuriems atlikta chirurginė širdies operacija, senatvinio silpnumo sindromo pasireiškimą ir sunkumą pagal Edmontono silpnumo skalę.
2. Nustatyti funkcinės būklės veiksnius, turinčius reikšmingos įtakos senatvinio silpnumo sindromo sunkumui reabilitacijos pradžioje, 65 metų ir vyresniems pacientams po chirurginės širdies operacijos antruoju reabilitacijos etapu.
3. Įvertinti ir palyginti funkcinės būklės rodiklių pokyčių kaitą taikant skirtingas kineziterapijos programas (įprastą, daugiakomponentę ir interaktyviąją) 65 metų ir vyresniems pacientams po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems senatvinio silpnumo sindromu.
4. Įvertinti ir palyginti gyvenimo kokybės pokyčių kaitą taikant skirtingas kineziterapijos programas (įprastą, daugiakomponentę ir interaktyviąją) 65 metų ir vyresniems pacientams po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems senatvinio silpnumo sindromu.

1.3. Tyrimo hipotezė

Daugiakomponentės, interaktyviosios kineziterapijos programų taikymas antruoju reabilitacijos etapu po chirurginės širdies operacijos reikšmingai gerina 65 metų ir vyresnių pacientų, sergančių senatvinio silpnumo sindromu, funkcinę būklę ir gyvenimo kokybę, palyginti su pacientais, kuriems taikoma įprasta kardiologinė reabilitacija.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Išeminė širdies liga bei širdies ligų chirurginis gydymas

Per pastaruosius kelis dešimtmečius širdies ir kraujagyslių ligos (ŠKL) išliko viena pagrindinių mirtingumo priežasčių pasaulyje ir yra susijusios su didele sveikatos priežiūros sistemoms tenkančia ekonomine našta [45]. Visame pasaulyje mirčių nuo ŠKL skaičius nuo 1980 m. iki 2021 m. išaugo nuo 11 iki 19,4 mln., o tai sudaro maždaug 26,8 proc. visų mirčių [46]. Tarp ŠKL išeminė širdies liga (IŠL) yra pagrindinė sergamumo ir mirtingumo nuo ŠKL priežastis [47]. Beveik 80 proc. Nustatyta, kad ŠKL atvejų daugiausia nustatoma mažų ir vidutinių pajamų šalyse, kur senėjimo ir urbanizacijos procesai dar labiau paspartino šį augimą [36]. Kadangi ŠKL dažniausia diagnozuojamos vyresnio amžiaus pacientams, visuomenės senėjimas ir didėjanti vyresnio amžiaus žmonių dalis gali lemti ŠKL paplitimo ir sergamumo padidėjimą [10, 48]. Besivystančiuose regionuose mirtingumo nuo ŠKL rodiklius didina ne tik senėjimas, bet ir kiti veiksniai, pvz., gyvenimo būdo pasirinkimas, socialiniai veiksniai, ribotos galimybės gauti kvalifikuotas sveikatos priežiūros paslaugas ir sveikatos sistemų gebėjimas reaguoti į ligos atsiradimą [46].

IŠL pasižymi vainikinių arterijų susiaurėjimu dėl riebalų, cholesterolio ir kitų medžiagų kaupimosi kraujagyslių vidiniuose sluoksniuose. Šis procesas lemia aterosklerozinės, riebalinės plokštelės su aplink ją esančiu skaidulinio sluoksniu susidarymą. Žalingas aterosklerozės poveikis gali būti įvairus: nuo besimptomio iki sumažėjusio širdies audinių deguonies tiekimo arba plokštelės plyšimo su ant jos susidariusiu trombu ir įvykusi miokardo infarktu [49]. Išsivysčiusi aterosklerozė apriboja kraujo tekėjimą į širdį [50], todėl taip sumažinus kraujotaką, gali sukelti tokius klinikinius požymius, kaip krūtinės angina, miokardo infarktas ir išeminė kardiomiopatija [51].

Esant pažengusiai IŠL ar kitoms ūmioms ŠKL būklėms, kuomet taikomas konservatyvus gydymas nėra efektyvus, chirurginės širdies operacijos yra vienas pagrindinių invazinių gydymo metodų pacientams, sergantiems ŠKL. Dažniausiai atliekamos chirurginės širdies operacijos apima aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacijas, širdies vožtuvų chirurgiją bei kompleksines kombinuotas operacijas, kurios yra susijusios su reikšmingais sisteminiais fiziologiniais pokyčiais ir padidėjusia perioperacine rizika [52]. 2023 m. Eurostat duomenimis, Europos Sąjungoje buvo atlikta apie 140 tūkst. aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacijų, dar vadinamų vainikinių arterijų šuntavimo operacijomis, kurios yra priski-

riamos prie dažniausiai atliekamų chirurginių širdies operacijų [53]. Vainikinių arterijų šuntavimo operacija yra chirurginė procedūra, naudojama vainikinių arterijų ligai gydyti, kurios metu arterijos arba venos naudojamos kaip kraujagyslių transplantatai, siekiant atkurti kraujotaką distaliau užsikimšusios vainikinės arterijos vietos [54]. Daugumos vainikinių arterijų šuntavimo operacijų metu yra atliekamas atviras vidurinis sternotomijos pjūvis, kuomet yra sustabdoma širdies veikla [55]. Šis pjūvis užtikrina tinkamą operacinio lauko atidengimą ir sudaro palankias sąlygas techniškai paprastesniam procedūros atlikimui. Po procedūros krūtinkaulio vientisumas yra atkuriamas vieline fiksacija. Vienas iš alternatyvių vainikinių arterijų šuntavimo metodų yra operacija netaikant kardiopulmoninio šuntavimo ir kardioplegijos, kurios metu širdis išlieka plakanti visos operacijos metu [55, 56]. Pastarasis metodas yra techniškai sudėtingesnis, tačiau teoriškai gali sumažinti su ekstrakorporine kraujotaka susijusių komplikacijų riziką. Funkciniu aspektu pacientams, kuriems yra atliktas vainikinių arterijų šuntavimas, dažnai nustatomas sumažėjęs fizinis pajėgumas, ribota fizinio krūvio tolerancija bei griaučių raumenų silpnumas, kurie turi tiesioginę reikšmę reabilitacijos proceso planavimui [52].

Kita chirurginės širdies operacijos rūšis – širdies vožtuvų chirurginės intervencijos. Jos yra atliekamos esant sunkiai aortos ar mitralinio vožtuvo stenozei arba nesandarumui. Šios patologijos sukelia lėtinius hemodinaminius pakitimus, kaip padidėjusi skilvelių apkrova, miokardo hipertrofija ir progresuojantis širdies nepakankamumas [52]. Chirurginė vožtuvo korekcijos operacija leidžia atkurti hemodinaminę pusiausvyrą, tačiau pati operacija organizmui sukelia reikšmingą sisteminių fiziologinių stresą. Dirbtinės kraujotakos taikymas, širdies sustabdymas ir chirurginis pjūvis pooperaciniu laikotarpiu aktyvuoja uždegiminius bei neurohormoninius procesus, kurie gali lemti laikiną skilvelių funkcijos pablogėjimą ir kvėpavimo sistemos sutrikimus [52]. Širdies aortos vožtuvas gali būti keičiamas dviem būdais: perkaterine aortos vožtuvo implantacija (TAVI) arba vožtuvą keičiant atveriant krūtinės ląstą. TAVI procedūros metu vožtuvas į kateterį įvedamas per šlaunikaulio arteriją – tai dažniausiai naudojamas ir pageidaujamas metodas. Pasirinkimas tarp TAVI ir atviro chirurginio pjūvio reikalauja individualaus sprendimo priėmimo, atsižvelgiant į paciento charakteristikas, gretutines ligas, anatominius aspektus ir prognozuojamą gyvenimo trukmę. Sprendimą, kurį metodą pasirinkti, priima patyrusi širdies komanda, ir tai yra svarbus priešoperacinio vertinimo etapas [57]. Mitralinio vožtuvo operacija paprastai atliekama per pilną vidurinę sternotomiją, nors daugelyje centrų dabar taikoma dešinioji šoninė minitorakotomija ir dalinė sternotomija [52].

Kompleksinės chirurginės širdies operacijos apima kelių chirurginių procedūrų derinius, dažniausiai vainikinių arterijų šuntavimą kartu su vieno

ar kelių vožtuvų korekcija ar pakeitimu. Tokios operacijos yra susijusios su ilgesne operacijos trukme, didesniu kardiopulmoninio šuntavimo laiku ir padidėjusia perioperacinių komplikacijų rizika [52]. Dėl ryškesnio sisteminio uždegiminio atsako, metabolinių sutrikimų ir didesnio raumenų katabolizmo šiems pacientams dažniau pasireiškia ryškus funkcinės būklės pablogėjimas, kuris gali būti glaudžiai susijęs su SSS progresavimu [52].

Vainikinių arterijų šuntavimo ir chirurginės vožtuvo pakeitimo intervencijos, kurios daugiausia atliekamos vyresnio amžiaus pacientams, pagerina išgyvenamumą, funkcinę būklę ir gyvenimo kokybę [58]. Vyresnio amžiaus pacientai, kuriems atliekama chirurginė širdies operacija, susiduria su pooperaciniais iššūkiais, nes jie dažniau serga gretutinėmis ligomis. Šiems pacientams yra nustatoma padidėjusi pakartotinės hospitalizacijos, mirtingumo ir pooperacinių komplikacijų išsivystymo rizika. Moksliniai tyrimai rodo, jog pacientams, kuriems buvo atlikta chirurginė širdies operacija ir kurie intensyviosios terapijos skyriuje praleido bent 5 dienas, bendras 1 metų išgyvenamumas siekia 46,2 proc., o tų, kurie buvo išrašyti iš stacionaro anksčiau, 1 metų išgyvenamumas yra 72,4 proc. [59]. Kitame tyrime bendras išgyvenamumas praėjus 10 metų po širdies chirurginės operacijos buvo 67,8 proc., o vyresnių nei 75 metų pacientų išgyvenamumas buvo mažesnis nei jaunesnių pacientų (44,6 proc., palyginti su 74,6 proc., $p < 0,001$). Visi šie atlikti tyrimai parodo, jog ilgesnis pooperacinis stacionarizavimas bei vyresnis paciento amžius blogina pacientų išgyvenamumą bei sveikatos būklę. Po atliktos chirurginės širdies operacijos, stebimas sumažėjęs paciento funkcinis pajėgumas, nes pooperaciniu laikotarpiu atsiradę įvairūs kvėpavimo sutrikimai gali sumažinti raumenų jėgą ir fizinį aktyvumą [60]. Po chirurginės širdies intervencijos pacientams gali atsirasti plaučių komplikacijų, tokių kaip pneumonija, atelektazė, aspiracija, bronchų spazmas, pneumotoraksas ir pleuritas [61]. Be išgyvenamumo didinimo, pagrindinis reabilitacijos tikslas yra paciento funkcinės būklės gerinimas. Ankstyvas pacientų mobilizacijos taikymas kardiologinėje reabilitacijoje po chirurginės širdies operacijos yra svarbus siekiant išvengti pooperacinių komplikacijų, pagerinti funkcinį pajėgumą ir sutrumpinti pacientų hospitalizacijos trukmę [62].

2.2. Senatvinio silpnumo sindromo samprata ir patofiziologija

Dabartinės demografinės tendencijos Europoje rodo, kad iki 2030 m. vienas iš šešių Europos gyventojų bus 60 metų ar vyresnis, o vyresnio amžiaus žmonių skaičius iki 2050 m. išaugs iki 247 mln.; tai yra 35 proc. daugiau nei 2017 m., o iki 2040 m. vienas iš keturių vyresnio amžiaus suaugusiųjų bus vyresnis nei 85 metų [63]. Visiems vyresnio amžiaus suaugusiesiems ir net

jaunesniems yra didesnė rizika sirgti SSS [64]. Tačiau ši rizika žymiai padidėja didėjant chronologiniam amžiui, esant gretutinėms ligoms, mažam fiziniam aktyvumui, prastai mitybai, rūkant, vartojant alkoholį ir esant žemai socialinei, ekonominei padėčiai bei daugeliui kitų veiksnių [64, 65]. SSS yra apibūdinamas kaip daugialypė ir dinamiška būklė, apibrėžiama kaip padidėjusio pažeidžiamumo būseną, atsirandanti dėl su amžiumi susijusio rezervų ir funkcijų sumažėjimo keliose fiziologinėse sistemose, todėl sumažėja organizmo gebėjimas susidoroti su kasdieniais ar ūmiais stresoriais [16]. Prognozuojama, kad SSS paplitimas ateinančiais dešimtmečiais smarkiai išaugs, nes visuomenė sensta [66]. Yra kelios silpnumo fazės: nuo visiško silpnumo nebuvimo iki pažeidžiamos būsenos, po kurios seka fizinis silpnumas. Pažeidžiama būsena arba prieš silpnumą esanti būklė gali padidinti silpnumo išsivystymo riziką [67]. SSS yra glaudžiai susijęs su griuvimais, kurie yra antra pagal dažnumą netyčinių traumų ir mirties priežastis tarp vyresnio amžiaus suaugusiųjų [68]. Griuvimai yra vienas iš pagrindinių „geriatrinių sindromų“, kurių atsiradimą, kaip ir vaikščiojimo procesą, lemia sudėtinga neurologinė, raumenų ir kaulų sistemos, mitybos bei širdies ir kraujagyslių sistemos sutrikimų sąveika [69].

Iki šiol nėra priimto vieningo tarptautinio aukso standarto, skirto tiksliai diagnozuoti SSS. Tačiau mokslininkai gana vieningai sutaria dėl SSS sąvokų, kurios yra visuotinai priimtose, ir apibrėžia šią būklę. Vis dėlto, mokslinėje bendruomenėje pripažįstami keli pagrindiniai SSS diagnostikos principai:

- SSS gali pasireikšti visą žmogaus gyvenimą. SSS gali pasireikšti ir iki 65 metų amžiaus [70]. Jauni ir vidutinio amžiaus suaugusieji taip pat gali tapti silpni, ypač tie, kurie serga lėtinėmis ligomis [71].
- SSS nėra natūrali senėjimo proceso dalis [72]. Nors fiziologinio rezervo mažėjimas yra susijęs su senėjimu normaliam senėjimo procese, SSS yra krašutinė šio proceso pasekmė, kai šis mažėjimas pagreitėja ir homeostazinės reakcijos pradeda silpnėti [73, 74].
- SSS kliniškai skiriasi nuo geriatrinių būklių, tokių kaip sarkopenija, nepakankama mityba ir kacheksija, nors jis dažnai pasireiškia kartu su viena ar keliomis iš šių būklių ir dažnai prisideda prie fizinio SSS pasireiškimo. Viena moksliniame tyrime nustatyta, kad 19 proc. pacientų nustatytas tiek SSS, tiek sarkopenija, 20 proc. – SSS ir kacheksija, o 22 proc. atvejų – sarkopenija ir kacheksija, su kitais gretutiniais sindromais arba be jų [75].
- SSS yra dinamiška būsena [76]. Žmogus gali atgauti sveikatą ir fizinę formą po ligos ar įvykio, kuris jį pastūmėjo į silpnumą, arba tas pats asmuo gali progresuoti į silpnesnę būseną. Nors SSS yra dinamiška būklė, kuriai būdingi perėjimai tarp skirtingų silpnumo

būsenų abiem kryptimis, pvz., nuo pažeidžiamos būklės iki sunkaus silpnumo ir atvirkščiai [77], tačiau praktikoje dažniausiai stebimas būklės progresavimas į sunkesnę SSS formą [78]. Taip yra daugiausia dėl to, kad SSS yra susijęs su daugybe neigiamų sveikatos padarinių, tokių kaip pakartotinė hospitalizacija, griuvimai, sumažėjęs mobilumas, negalia ar mirtingumas [16], kurie gali padidinti SSS progresavimo riziką iš pažeidžiamos būsenos į sunkesnę SSS formą.

- SSS yra daugiamatė būseną, kai fiziniai elementai, socialinės ir ekonominės aplinkybės bei psichologiniai veiksniai prisideda prie jo vystymosi [79].
- SSS yra dažnai laikomas klinicine būseną prieš negalią, nors daugeliui asmenų silpnumas ir negalia sutampa [80].
- SSS yra grindžiamas biologine teorija, nors priežastinis kelias nėra išaiškintas [81].

Silpnumo patofiziologija nėra iki galo dar išaiškinta. Yra manoma, kad SSS sukelia vienalaikis daugelio fiziologinių sistemų nuosmukis. Viena teorija teigia, kad fiziologinės sistemos (pvz., širdies ir kraujagyslių, imuninė, endokrininė, griaučių–raumenų sistemos) turi vidinį rezervą, kuriame individas vis dar normaliai funkcionuoja. Kai šis rezervas išsekvojamas keliuose fiziologinėse sistemose, organizmas nebegali tinkamai kompensuoti net nedidelių homeostazės sutrikimų, todėl atsiranda SSS. Šis rezervo išsekvojimas taip pat gali sutapti su netiesine biologinio senėjimo dinamika, kai tam tikrame chronologiniame amžiuje medžiagų apykaitos sistemos smarkiai sutrikdomos. SSS sunkumas gali labai skirtis tarp pacientų. SSS išsivystymui ir jo sunkumui įtakos turi daugybė rizikos veiksnių, įskaitant:

- genetinį polinkį;
- su amžiumi susijusius fiziologinius pokyčius (sutrikusi endokrininė funkcija);
- klinikinius veiksniai (lėtinė liga ir su ja susiję požymiai, polifarmacija, sisteminis uždegimas, nepakankama mityba);
- psichologinius veiksniai (depresija);
- modifikuojamus gyvenimo būdo veiksniai (nejudrus gyvenimo būdas);
- aplinkos veiksniai (socialinė ir ekonominė padėtis, vienatvė ir socialinė izoliacija) [82].

Literatūroje teigiama, kad pagrindiniai SSS patofiziologijos veiksniai yra sarkopenija, organizmo disbalansas ir su jais lydimi susiję tokie procesai kaip uždegiminės reakcijos, oksidacinis stresas, imuninės sistemos disfunkcija ir nepakankama mityba [83]. Sarkopenija yra pripažįstama kaip vienas pagrindinių SSS patofiziologijos veiksnių, kuri yra nulemta keleto apjungtų

biologinių procesų, tokių kaip lėtinis uždegimas, pokyčiai endokrininėje sistemoje, sutrikusios funkcijos mitochondrijose. Šie procesai gali prisidėti prie progresuojančios raumenų struktūros ir funkcijos pokyčių, dėl kurių sumažėja paciento raumenų masė ir funkcinis pajėgumas. Sarkopenija apibrėžiama kaip laipsniškas su amžiumi susijęs raumenų masės, jėgos ir kokybės mažėjimas, turintis įtakos fizinei veiklai. Ir SSS, ir sarkopenija yra susiję su daugybe nepageidaujamų pasekmių, įskaitant griuvimus, negalią, pažintinių funkcijų sutrikimą ir mirtingumą [84].

Lėtinės uždegiminės būsenos yra susijusios su SSS vystymusi ir jos gali būti silpnumo vystymosi katalizatorius senėjimo metu. Daugumoje tyrimų uždegimo lygis organizme vertinamas matuojant biožymenis, tokius kaip C reaktyvų baltymą (CRB), interleukiną 6 (IL-6), auglio nekrozės veiksnį alfa (TNF- α), periferiniame kraujyje. Senėjimo metu uždegiminių veiksnių, tokių kaip CRB, IL-6 ir galektinas-3, koncentracijos palaipsniui didėja, o uždegiminiai veiksniai spartina SSS atsiradimą, skatindami raumenų baltymų skaidymą ir aktyvindami pagrindinius ląstelių signalų perdavimo kelius. 2000 m. Franceschi su bendraautoriais pasiūlė „uždegimo dėl senėjimo“ (angl. *inflammaging*) teorijos sampratą, kurios idėja yra ta, kad pagrindinės lėtinio uždegimo taikinio ląstelės yra makrofagai, o lėtinė makrofagų aktyvacijos būseną sukelia uždegimą dėl senėjimo, dar vadinamą „makrofagų senėjimu“. Pagrindinė lėtinio uždegimo atsiradimo vyresnio amžiaus asmenims priežastis yra tiesioginis ryšys tarp amžiaus ir makrofagų aktyvacijos. Vėliau Franceschi vadovaujama mokslininkų komanda iš naujo apibrėžė „uždegimą dėl senėjimo“ kaip lėtinį, žemo laipsnio uždegimą organizme, kurį palaiko įvairūs dirgikliai, tokie kaip egzogeniniai patogenai, endogeniniai ląstelių fragmentai arba senėjimo metu sutrikę ląstelių komponentai. Palyginti su jaunais žmonėmis, uždegimo žymenys, tokie kaip CRB ir IL-6, ilgą laiką yra nuolat padidėję, o tai patvirtina „uždegimo dėl senėjimo“ teoriją. Be to, su amžiumi susijęs uždegimas yra siejamas su ligomis, tokiomis kaip ŠKL, diabetas, Alzheimerio liga, vaskulitas ir navikai [85].

Žmogaus imuninę sistemą sudaro įvairios specifinės ląstelės, baltymai ir molekulės, kurių svarbi funkcija yra kovoti su endogeniniais (pvz., vėžiniais ląstelių) arba egzogeniniais (pvz., patogeniniais) pažeidimais. Vyresnio amžiaus asmenų imuninė pusiausvyra sutrinka dėl didėjančio amžiaus ir iš aplinkos gaunamos žalos. Šis su amžiumi susijęs imuninis sutrikimas vadinamas imunosenescencija, kuri yra svarbi senėjimo dalis. Kuomet įvyksta imunosenescencija ir organizmo nespecifiniai ir specifiniai imuniniai pokyčiai, tokie kaip užkrūčio liaukos degeneracija, pradinių T ir B limfocitų skaičiaus sumažėjimas, efektorinių T ir B ląstelių dalis sukelia lėtinę žemo laipsnio uždegiminę būseną, t. y. uždegimą. Uždegimo dėl senėjimo metu

organizmo reakcija į pažeidimus yra susilpnėjusi, o vyresnio amžiaus žmonės yra linkę į autoimunines ligas ir silpnumo pasireiškimą [85].

Oksidacinis stresas – tai ląstelių pažeidimų kaupimasis, kurį sukelia aktyviųjų deguonies formų gamyba ir sutrinka pusiausvyra tarp oksidacinių procesų ir antioksidacinės sistemos veiklos. Moksliniai tyrimai rodo, kad oksidacinis stresas ir uždegimas yra susiję su SSS vystymusi: vyresnio amžiaus suaugusiesiems, sergantiems SSS dažnai nustatomas padidėjęs oksidacinio streso lygis, o antioksidantų lygis – sumažėjęs. Oksidacinio streso metu yra aktyvuojama apoptozė, kuri sukelia ląstelių pažeidimą, skatina transkripcijos veiksnių raišką, didina baltymų skaidymą, mažina mitochondrijų funkcinį aktyvumą ir sutrikdo atstatymo mechanizmus. Oksidacinis stresas neigiamai veikia raumenis, kaulus ir imuninę sistemą per minėtus mechanizmus, sumažina raumenų masę ir jėgą, fizinį aktyvumą ir padidina fizinį silpnumą [85].

Nepakankama mityba yra suvokiama kaip būklė, kuri atsiranda dėl netinkamo kiekio ar nepilnaverčio maisto suvartojimo, o tai didina SSS išsivystymo riziką. Nepakankama mityba taip pat yra susijusi su dideliu uždegimą skatinančių veiksnių (IL-6, CRP, TNF- α) kiekiu. Moksliniai tyrimai rodo, kad vyresnio amžiaus hospitalizuotų pacientų nepakankama mityba yra susijusi su tokiais nepageidaujamais reiškiniais kaip sumažėjęs mobilumas ir raumenų masė, pablogėjusi gyvenimo kokybė, ilgesnė hospitalizacija, padidėjęs mirtingumas bei didesnės sveikatos priežiūros išlaidos, o tai skatina SSS atsiradimą ir vystymąsi [85].

Apibendrinant, SSS atsiradimo priežastys yra sudėtingos, dažniausiai kompleksinės ir pagrįstos genetinių, biologinių, fizinių, psichologinių, socialinių ir aplinkos veiksnių sąveika. Uždegiminės reakcijos, oksidacinis stresas, gretutinės ligos, pakitusi kūno sudėtis, endokrininiai sutrikimai, nepakankama, nepilnavertė mityba yra SSS rizikos veiksniai, kurie pagreitina silpnumo atsiradimą.

2.3. Senatvinio silpnumo sindromas bei širdies ir kraujagyslių ligos

Moksliniai tyrimai rodo, jog SSS daugiau kaip 2 kartus padidina mirtinumo ir sergamumo riziką, pasireiškiančią įvairiomis širdies ir kraujagyslių ligomis, ūminiais vainikinių arterijų sindromais, širdies nepakankamumu ir chirurginėmis bei transkateterinėmis intervencijomis [17]. Dėl atsiradusių ŠKL padidėja hospitalizacijos rizika, o po taikytos intervencijos pacientui pasireiškia bendras organizmo susilpnėjimas, sisteminio, metabolinio ir hormoninio reguliavimo sutrikimai, pvz., lėtinis uždegimas, nutukimas ir atsparumas insulinui, bei sumažėjęs mobilumas [86]. 2025 m. atliktoje sisteminėje

apžvalgoje ir metaanalizėje teigiama, jog SSS pasireiškia 30,2 proc. širdies chirurgijos pacientų ir yra susijęs su modifikuojamais ir biologiniais veiksniais, tokiais kaip vyresnis paciento amžius, vyriška lytis, sumažėjęs hemoglobino ir albumino kiekis, IV funkcinės klasės širdies nepakankamumas pagal Niujorko širdies asociacijos klasifikaciją, taip pat gretutinės ligos, tokios kaip prieširdžių virpėjimas, kepenų, plaučių, inkstų, neurologinės sistemos disfunkcijos bei cukrinis diabetas [87]. Kitoje 2021 m. atliktoje sisteminėje apžvalgoje ir metaanalizėje minima, jog pacientams, kuriems buvo atlikta chirurginė širdies operacija, SSS ir pažeidžiama SSS būseną buvo susiję su didesniu operaciniu mirtingumu bei perioperacinių komplikacijų rizika, ilgesne hospitalizacija. SSS sergančios pacientės dažniau buvo vyresnės moterys, kurios turi daugiau gretutinių ligų [22].

Tarp nemodifikuojamų SSS rizikos veiksnių svarbią vietą užima biologiniai veiksniai. Nemodifikuojami arba biologiniai veiksniai apima amžių, lytį, genetinį polinkį, kurie gali turėti reikšmingą poveikį ŠKL vystymuisi [88, 89]. Biologiniai veiksniai, kurie didina ŠKL riziką, taip pat gali nulemti ir kitų lėtinių ligų, tokių kaip arterinė hipertenzija, cukrinis diabetas, dislipidemija, inkstų ligos, kitų įvairių geriatrinių sindromų vystymąsi vyresnio amžiaus žmonėms [90]. Šios įvairios lėtinės ligos, žinomos kaip dauginis ligotumas, dažnai lemia kelių vaistinių preparatų vartojimą vienu metu. Tai siejama su didesne SSS, griuvimų ir pažintinių funkcijų sutrikimo rizika [91–93]. Todėl optimali farmakoterapija ir individuali priežiūra, pagrįsta geriatrijos principais, gali sumažinti SSS sergamumo riziką vyresnio amžiaus žmonėms. Taikomos įvairios ir perteklinės farmakoterapijos priemonės sergantiems SSS ir ŠKL pacientams gali sukelti ir neigiamų padarinių, pvz., antitrombocitinis gydymas padidina kraujavimo riziką, o polifarmacija padidina nepageidaujamų reiškinių riziką [94, 95]. Tyrimai rodo, jog priešoperacinis vertinimas, atliekamas naudojant patvirtintas SSS diagnostikos priemones, leidžia nustatyti SSS sunkumą ir modifikuoti rizikos veiksnius [87].

Mokslinių tyrimų duomenimis, skirtingos ŠKL gali lemti nevienodus pooperacinius iššūkius pacientams, sergantiems SSS. Moksliniai tyrimai rodo, kad SSS paplitimas buvo 26–68 proc. pacientams, kuriems buvo atliktas aortos vožtuvo keitimas, o šio sindromo pasireiškimas padidino mirtingumą, funkcinį nuosmukį ir negalią [96]. 2024 m. atliktoje metaanalizėje nustatyta, jog SSS sergantiems pacientams po vainikinių arterijų šuntavimo operacijos pasireiškė 2,52 karto didesniu 30 dienų mirtingumu, 2,58 karto didesniu 1 metų mirtingumu, 2,31 karto didesne ūminio inkstų pažeidimo rizika, ilgesne hospitalizacija bei didesniu pakartotinių hospitalizacijų skaičiumi [95]. Kitame moksliniame tyrime, kuriame dalyvavo pacientai po chirurginio aortos vožtuvo keitimo, buvo nustatyta, jog pooperacinių komplikacijų dažnumas statistiškai reikšmingai didesnis SSS sergantiems pacientams

(30,8 proc.) palyginti su pacientais, kuriems SSS nebuvo nustatytas (10,7 proc.), mažesnė išrašymo į namus tikimybė (49,2 proc. palyginti su 85,2 proc.) bei blogesnis 6MÉT rezultatas (141,9 m palyginti su 299,3 m) [97]. Tyrime, kuriame dalyvavo vyresnio amžiaus pacientai po įvairių chirurginių širdies procedūrų, įskaitant vainikinių arterijų šuntavimą, vožtuvo chirurgiją ir kombinuotas operacijas, nustatyta, kad SSS sergantiems pacientams buvo didesnė pooperacinių komplikacijų rizika, ilgesnės trukmės hospitalizacija intensyvios terapijos skyriuje ir mechaninė ventiliacija [98]. Šie rezultatai rodo, kad SSS yra dažna būklė vyresnio amžiaus pacientams, kuriems atliekamos revaskuliarizacijos, vožtuvo chirurgijos ar kombinuotos procedūros, todėl SSS įvertinimas yra svarbus planuojant chirurginį gydymą dėl didesnės pooperacinių komplikacijų rizikos [98].

Apibendrinant, moksliniai tyrimai parodė, kad SSS paplitimas su įvairiomis ŠKL formomis yra susijęs su nepalankiomis sveikatos pasekmėmis, tačiau ryšys tarp SSS ir ŠKL ligų yra dvikryptis. SSS ir ŠKL yra tarpusavyje susijusios patologijos, todėl SSS sunkumo vertinimas, ŠKL gydymo priežiūra ir rizikos veiksnių korekcija yra būtini kardiologinės reabilitacijos praktikoje.

2.4. Senatvinio silpnumo sindromo vertinimas po širdies operacijos

SSS sunkumo vertinimas yra svarbus prognozuojant ir planuojant tinkamą gydymo ir reabilitacijos planą pacientams, sergantiems ŠKL. Tačiau yra sukurta daugybė įrankių, kurie skirti SSS sunkumui matuoti ir jį nustatyti. Klinikinėje praktikoje vyresnio amžiaus pacientų SSS vertinimui naudojami įvairūs įrankiai, kai kurie SSS vertinimo modeliai daugiau sutelkia dėmesį į fizinį silpnumą kaip atskirą sritį, o kiti įtraukia kognityvines ir psichosocialines silpnumo sritis. Nors šiais laikais yra daugybė diagnostikos priemonių, skirtų nustatyti SSS, tačiau nėra tarptautiniu mastu pripažinto SSS vertinimo standarto [82]. 2019 m. paskelbtose tarptautinėse SSS ir sarkopenijos tyrimų konferencijos gairėse siūloma patvirtinti metodikas, kurios būtų tinkamos naudoti konkrečioje aplinkoje, nukreipiant pacientą į platesnį ir sudėtingesnį geriatrinį įvertinimą po jau nustatyto SSS [80]. Šios gairės sveikatos priežiūros specialistams rekomenduoja atlikti visų vyresnio amžiaus suaugusiųjų patikrinimą dėl SSS, atsižvelgiant į patvirtintą ir validuotą priemonę, kuri tiktų konkrečiai aplinkai. Asmenims, kuriems nustatytas SSS, reikėtų atlikti išsamesnį klinikinį įvertinimą, siekiant nustatyti SSS požymius ir pagrindinius mechanizmus. Taip pat visapusiškas SSS priežiūros planas turėtų apimti polifarmaciją, sarkopenijos valdymą, gydomas svorio kritimo priežastis ir išsekimo priežastis (depresiją, anemiją, hipotenziją, hipotirozę ir vitamino B₁₂ trūkumą). Visi SSS sergantys asmenys turėtų gauti socialinę paramą

bei būti skatinami laikytis paciento priežiūros plano. SSS valdymas taip pat turėtų apimti daugiakomponentę fizinio aktyvumo programą su pasipriešinimu pagrįstu treniruočių komponentu. Esant svorio kritimui ar nepakankamai mitybai, rekomenduojamas vartoti baltymų/kaloringus papildus [80]. Standartizuotas, išsamus geriatrinis įvertinimas klinikinėje praktikoje gali būti reguliariai neatliekamas visiems stacionarizuojamiems pacientams, tačiau šiuo metu dar trūksta pakankamai įrodymų, leidžiančių rekomenduoti visuotinę vyresnių nei 70 metų asmenų patikrą dėl SSS [99]. Tarptautinės gairės rekomenduoja reguliariai vertinti SSS vyresnio amžiaus suaugusiems (65 metų amžiaus ir vyresniems), atsižvelgiant į validuotą SSS diagnostikos priemonę. Kurį SSS vertinimo metodą pasirinkti dažniausiai priklauso nuo įstaigos pobūdžio (pvz., pirminės sveikatos priežiūros ligoninė, ilgalaikė priežiūra), atsižvelgiant į paciento klinikinį atvejį, turimus išteklius, bei rezultatų panaudojimo tikslą (ar jie bus naudojami pacientų gydymui, ar retrospektyviai pacientų rezultatų analizei). Tinkamiausio SSS vertinimo metodo pasirinkimas yra būtinas norint pasiekti optimalių rezultatų [82].

Dažniausiai naudojami ir geriausiai vertinami iš SSS skalių yra Fried fenotipo modelis [73] ir Rockwood ir Mitnitski silpnumo indeksas [100]. Bruyere su bendraautorais atliko tarptautinį tyrimą, kurio tikslas buvo įvertinti, kokius SSS diagnozavimo įrankius sveikatos priežiūros specialistai naudoja siekiant įvertinti SSS. Buvo nustatyta, jog dažniausiai geriatrijoje (83 proc.) naudojama priemonė buvo eisenos greičio testas (43,8 proc.), klinikinio silpnumo skalė (34,3 proc.), SPPB testas (30,2 proc.), Fried silpnumo fenotipas (26,8 proc.) ir silpnumo indeksas (16,8 proc.) [101]. Taip pat geriatrijoje yra naudojamos ir kitos skalės, tokios kaip Edmontono silpnumo skalė bei išsamus geriatrinis vertinimas. SSS vertinimo skalių variacija yra labai plati: kai kurie vertinimo įrankiai orientuoti į fizinį silpnumą (Fried silpnumo fenotipas, eisenos greičio matavimas, SPPB), tuo tarpu kiti, apima kelias sritis ir vertina ne tik fizines, bet ir pažintines, psichologines, socialines ir kt. (Edmontono silpnumo skalė, išsamus geriatrinis vertinimas, silpnumo indeksas, klinikinė silpnumo skalė) [102].

Fried silpnumo fenotipas. Tai 5 punktų SSS vertinimas, pagrįstas Širdies ir kraujagyslių sveikatos tyrimo duomenimis, buvo pirmoji standartizuota SSS vertinimo priemonė ir yra laikomas auksiniu standartu geriatrijos medicinoje fiziniam silpnumui matuoti. 2001 m. paskelbtoje svarbioje Lindos Fried ir kolegų publikacijoje plačiausiai cituojamas SSS apibrėžimas yra Fried fenotipas, kuris nagrinėja fizinio silpnumo sritį. Fried ir kt. pasiūlė „fenotipu“ pagrįsto SSS apibrėžimą, pagrįstą buvimu mažiausiai trimis iš penkių kriterijų, t. y. netyčinis svorio kritimas/sarkopenija, silpnumas/sumažėjusi plaštakos griebimo jėga, sumažėjusi ištvermė/išsekimas, lėtumas/sumažėjęs ėjimo greitis ir mažas fizinio aktyvumo lygis [16] (2.4.1 lentelė).

Vieno ar dviejų elementų identifikavimas suteikia tarpinį silpnumo fenotipą arba būseną iki silpnumo, o jeigu pacientas neturi nei vieno iš išvardytų požymių – jis laikomas sveiku [16]. Pagal Fried silpnumo fenotipą atliekamas vertinimas yra gerai patikrintas tiek validumo, tiek patikimumo požiūriu įvairiose aplinkose, įskaitant ligoninę, pooperacinę reabilitaciją ir ilgalaikę priežiūrą [82].

2.4.1 lentelė. Senatvinio silpnumo sindromo kriterijai pagal Fried silpnumo fenotipą [16]

Vertinamas kriterijus	Vertinimo aprašymas	SSS nustatymas
Silpnumas/sumažėjusi plaštakos griebimo jėga	Plaštakos griebimo jėgos matavimas rankiniu dinamometru. Vertinama pagal lytį ir KMI	Vyrai: KMI ≤ 24 , ≤ 29 kg KMI $24,1-28$, ≤ 30 kg KMI > 28 , ≤ 32 kg Moterys: KMI ≤ 23 , ≤ 17 kg KMI $23,1-26$, $\leq 17,3$ kg KMI $26,1-29$, ≤ 18 kg KMI > 29 , ≤ 21 kg
Sumažėjusi ištvermė/išsekimas	Paciento klausama, kaip jautėsi pastarąją savaitę	Bent 3 dienas per pastarąją savaitę pacientas atsako, jog „Jaučiau, kad viskas, ką dariau, reikalavo pastangų“ arba „Negalėjau pradėti“ veiklos
Lėtumas/sumažėjęs ėjimo greitis	Matuojamas laikas sekundėmis, per kurį pacientas nueina 4,5 metro atstumą. Vertinama atsižvelgiant į ūgį ir lytį.	Vyrai: Ūgis ≤ 173 cm, ≥ 7 s Ūgis > 173 cm, ≥ 6 s Moterys: Ūgis ≤ 159 cm, ≥ 7 s Ūgis > 159 cm ≥ 6 s
Mažas fizinio aktyvumo lygis	Vertinama pagal Minesotos laisvalaikio klausimyną, kuriame nurodomos skirtingos fizinės veiklos. Vertinama pagal veiklas ir išseikvojamas kcal per savaitę, atsižvelgiant į lytį.	Vyrai < 383 kcal/sav. Moterys < 270 kcal/sav.

Rockwood ir Mitnitski silpnumo indeksas (angl. *frailty index*). Silpnumo indeksas yra plačiai naudojamas rodiklis geriatrijoje, kuris yra pagrįstas sveikatos deficitų kaupimosi modeliu bei jo skaičiavimu. Pagal Searle ir bendraautorius, silpnumo indeksas apskaičiuojamas kaip nustatytų asmens sveikatos deficitų santykis su bendru vertintų sveikatos deficitų skaičiumi [103]. Silpnumo indeksas apskaičiuojamas susumuojant nustatytų sveikatos

deficitų reikšmes ir padalijant gautą sumą iš visų vertinamų deficitų skaičiaus. Tikslus įtrauktų sveikatos deficitų sąrašas nėra standartizuotas; pasirenkant kintamuosius vadovaujamasi nustatytomis bendrosiomis metodologinėmis gairėmis. Pvz., į silpnumo indeksą įtrauktas sveikatos deficitų skaičius turėtų būti siejamas su sveikata, o ne amžiumi. Idealiu atveju turėtų būti skirtingų kintamųjų pusiausvyra, atspindinti įvairias fiziologines sistemas – bendra gairė yra ta, kad iš kiekvienos srities neturėtų būti daugiau nei maždaug trečdalis kintamųjų. Sritis apima: fizinius rodiklius (plaštakos griebimo jėga, eisenos greitis ir KMI), gretutines, lėtines ligas, negalią, gebėjimą atlikti kasdienes veiklas, funkcinius sutrikimus, psichologinius kintamuosius (depresija, nerimas), silpnumo simptomus, tokius kaip svorio kritimas ir išsekimas, ir prastą savarankiškai įvertintą sveikatą, kognityvinius pokyčius ar laboratorinių tyrimų nukrypimus [82, 103]. Kiekvienas deficitas vertinamas skalėje nuo 0 iki 1, kur 0 reiškia deficito nebuvimą, o 1 – jo pasireiškimą. Bendras silpnumo indeksas apskaičiuojamas padalijant nustatytų deficitų skaičių iš bendro vertintų deficitų skaičiaus, taip gaunant reikšmę nuo 0 (nėra sveikatos deficito) iki 1 (yra sveikatos deficitas) [82, 103]. Įprastos epidemiologinių silpnumo indekso tyrimų ribinės vertės yra: maža silpnumo rizika (balai $\leq 0,10$), būklė prieš silpnumą (balai $0,10\text{--}0,25$) ir silpnumas (balai $\geq 0,25$) [104]. Tam kad silpnumo indeksas būtų patikimas, rekomenduojama įtraukti ne mažiau kaip 30–40 sveikatos kintamųjų, kurie atspindėtų skirtingas fiziologines sistemas. Taip apskaičiuotas silpnumo indeksas leidžia kiekybiškai įvertinti bendrą organizmo pažeidžiamumą ir gali būti taikomas prognozuojant nepalankias sveikatos baigtis, tokias kaip hospitalizacija, funkcinės būklės blogėjimas ar mirtingumas [103].

Klinikinė silpnumo skalė (angl. *Clinical Frailty Scale*). 2005 m. buvo pristatyta ši klinikinė silpnumo skalė, sudaryta iš septynių lygių, apimančių pacientų būklę nuo fiziškai stiprių iki labai silpnų [105]. Buvo pastebėta, jog yra būtinybė atskirti visas grupes, kad būtų galima įvertinti sunkiausias būkles, kurioms reikalinga ypač didelė sveikatos priežiūra. Todėl 2007 m. ši skalė buvo išplėsta nuo 7 balų skalės iki dabartinės 9 balų skalės, ir tokiu formatu ji buvo plačiai naudojama. 2020 m. ši skalė buvo dar kartą peržiūrėta ir atnaujinta (2.0 versija), atlikus nedidelius silpnumo lygių aprašymus ir atitinkamus silpnumo lygio aprašymo patikslinimus [106, 107]. Tais pačiais metais buvo paskelbtas atnaujintos 9 balų skalės validumas [108]. Klinikinio silpnumo skalę sudaro 9 balų sistema, nuo 1 (labai gera fizinė forma) iki 9 (nepagydomai sergantis) balų (2.4.2 lentelė). Skalė yra vertinama taip, kad aukštesnis balas reiškia didesnę silpnumo riziką ir mažą fizinio pasirengimo lygį. Silpnumo lygiui įvertinti reikalingas klinikinis sveikatos priežiūros specialisto vertinimas, kuris iš dalies grindžiamas atrankos kriterijais ir apima

paciento fizinio pajėgumo ir silpnumo sunkumo įvertinimą. Skalėje daugiausia telkiamas dėmesys į sritis, kurias galima lengvai stebėti be specialaus mokymo, įskaitant judėjimą, pusiausvyrą, pagalbinių priemonių naudojimą ir gebėjimą valgyti, rengtis, apsipirkti, gaminti maistą ir tvarkyti finansinius reikalus. Silpnumo įvertinimas turėtų būti atliekamas vadovaujantis išsamiu būklės aprašymu [106].

2.4.2 lentelė. Klinikinė senatvinio silpnumo sindromo skalė [106]

Silpnumas	Silpnumo aprašymas
Labai gera fizinė forma (angl. <i>very fit</i>)	Tvirti, aktyvūs, energingi ir motyvuoti žmonės. Šie žmonės dažniausiai reguliariai užsiima fiziniu aktyvumu. Jie yra vieni stipriausių savo amžiaus grupėje.
Gera fizinė forma (angl. <i>fit</i>)	Žmonės, kurie neturi aktyvių ligos simptomų, bet yra mažiau sveiki nei 1 kategorijoje. Dažnai jie sportuoja arba yra labai aktyvūs retkarčiais, pvz., sezoniškai.
Gera pasirūpinantys savimi (angl. <i>managing well</i>)	Žmonės, kurių sveikatos problemos yra gerai kontroliuojamos, tačiau jie nėra reguliariai aktyvūs, išskyrus įprastą vaikščiojimą.
Gyvenimas su labai lengvu silpnumu (angl. <i>living with very light frailty</i>)	Žmogus, kuris kasdien nepriklauso nuo kitų pagalbos, simptomai dažnai riboja veiklą. Dažnas nusiskundimas – „sulėtėjimas“ ir (arba) nuovargis dienos metu.
Gyvenimas su lengvu silpnumu (angl. <i>living with mild frailty</i>)	Šiems žmonėms dažnai būdingas ryškesnis sulėtėjimas ir jiems reikia pagalbos atliekant sudėtingesnes veiklas (finansai, transportas, sunkūs namų ruošos darbai, vaistai). Lengvas silpnumas palaipsniui sutrikdo apsipirkimą ir vaikščiojimą lauke vienam, maisto ruošimą ir namų ruošos darbus.
Gyvenimas su vidutiniu silpnumu (angl. <i>living with very moderate frailty</i>)	Žmonėms, kuriems reikia pagalbos atliekant bet kokią veiklą lauke ir tvarkantis namus. Viduje jiems dažnai sunku lipti laiptais, jiems reikia pagalbos prausiantis ir gali prireikti minimalios pagalbos rengiantis.
Gyvenimas su sunkiu silpnumu (angl. <i>living with severe frailty</i>)	Žmonės, kurie dėl bet kokios priežasties (fizinės ar protinės) visiškai priklausomi nuo kitų asmenų pagalbos atliekant kasdienes veiklas, nors jų būklė atrodo stabili ir nėra didelės mirties rizikos (per 6 mėnesius).
Gyvenimas su labai sunkiu silpnumu (angl. <i>very severely frail</i>)	Žmonės, kurie yra visiškai priklausomi, artėja prie gyvenimo pabaigos. Paprastai jie negalėtų pasveikti net po nedidelės ligos.
Nepagydomai sergantis (angl. <i>terminally ill</i>)	Žmogus, artėjantis prie gyvenimo pabaigos. Ši kategorija taikoma žmonėms, kurių gyvenimo trukmė trumpesnė nei 6 mėnesiai.

Išsamus geriatrinis vertinimas (angl. *Comprehensive Geriatric Assessment*) yra auksinis klinikinis vyresnio amžiaus suaugusiųjų įvertinimo standartas, kurį atlieka visa komanda [109]. Parker su bendraautoriais savo apžvalgoje pateikia plačiausiai vartojamą šio vertinimo apibrėžimą, kad tai „daugiamatis, daugiadalykis procesas, kurio metu nustatomi medicininiai, socialiniai ir funkciniai poreikiai ir kuriamas integruotas, koordinuotas priežiūros planas šiems paciento poreikiams patenkinti“ [110]. Pagrindiniai vertinimo komponentai yra šie: medicininis ir fizinis, psichologinis ir psichiatrinis, socialinis ir ekonominis, funkcinis, mitybos, mobilumo ir griuvimo rizikos įvertinimas, tikslų nustatymas, paciento priežiūros, gydymo, reabilitacijos plano sudarymas, išrašymo iš ligoninės planavimas bei tolimesnis paciento stebėjimas [110].

Viena iš vertinimo alternatyvų, kuri apima kelis domenus, yra **Edmontono silpnumo skalė** (angl. *Edmonton Frail Scale*). Edmontono silpnumo skalė yra ligoninėje naudojama SSS vertinimo priemonė, kuri yra patikrinta dėl validumo ir patikimumo [111]. Ši skalė vertina devynias sritis: pažintines funkcijas, bendrą sveikatos būklę, funkcinį savarankiškumą, socialinę paramą, vaistų vartojimą, mitybą, nuotaiką, šlapimo nelaikymą, funkcinį pajėgumą („Stok ir eik“ testas, angl. *Timed Up and Go test*, TUG). Didžiausias suminis Edmontono silpnumo skalės balas yra 17, o didesnis balas rodo sunkesnę SSS [82, 111]. Yra išskiriamos penkios Edmontono SSS sunkumo kategorijos: sveikas (0–3 balai), pažeidžiamas (4–5 balai), lengvas silpnumas (6–7 balai), vidutinis silpnumas (8–9 balai) ir sunkus silpnumas (10–17) [112].

Edmontono silpnumo skalė turi nemažai privalumų. Pirmiausia, ją galima greitai atlikti palyginus su išsamiu geriatrinio ištyrimu, todėl ji gali būti naudojama kaip trumpas atrankos įrankis paciento SSS nustatymui [82, 111]. Antra, ji dažnai taikoma ne tik geriatrinei pacientų grupei, bet ir specifinėms klinikinėms populiacijoms, pvz. pacientams sergantiems ŠKL. Taip pat, ši skalė yra 30 dienų mirtingumo po širdies operacijos vyresnio amžiaus pacientų prognozavimo priemonė [113].

Trumpasis fizinės funkcijos testų rinkinys (angl. *Short Physical Performance Battery Test*, SPPB). SPPB – tai apatinių galūnių funkcinės būklės vertinimo testas, kuris apima pusiausvyros, ėjimo greičio bei atsistojimo nuo kėdės vertinimą. Pusiausvyros vertinimo dalis yra atliekama stovint be pagalbos trijose skirtingose padėtyse po 10 s: pėdos suglaustos, pėdos pusiau tandeminėje ir tandeminėje padėtyse. Vertinant eisenos greitį, asmuo turi nueiti keturis metrus įprastu ėjimo greičiu du kartus. Kiekvieno bandymo atlikimo laikas yra užrašomas, o vertinimui pasirenkamas geriausias (trumpiausias atlikimo laikas) rezultatas. Atsistojimo nuo kėdės vertinimas apima penkis atsisėdimo ir atsistojimo pakartojimus bandant veiksmą atlikti kuo

greičiau, pradedant sėdimoje padėtyje, rankas sukryžius ant krūtinės [114]. Šis testas buvo naudojamas kaip atrankos kriterijus ir pagrindinis klinikinių tyrimų, skirtuose nustatyti sarkopeniją, fizinį silpnumą, negalią ar hospitalizaciją, veiksmingumo parametras. Bendras suminis balas svyruoja nuo 0 iki 12 balų, o aukštesni balai rodo geresnę apatinių galūnių funkciją [115]. Nustatyta, kad suminis SPPB ≤ 8 balas gali būti kaip SSS indikatorius, tačiau SPPB testas neturėtų būti vienintelė SSS vertinimo priemonė, nes šis testas vertina tik fizinį silpnumo komponentą ir neapima kitų komponentų, tokių kaip biologinio, socialinio, pažinimo ir kt. [114]. Kitame Perracini su bendra- autoriais atliktame tyrime buvo vertinama SPPB tyrimo diagnostinė vertė. Nustatyta, kad suminio SPPB ≤ 8 balo jautrumas yra 79,7 proc., specifiskumas – 73,8 proc., o AUC – 0,85, kas parodo gerą diagnostinį tikslumą [116].

Apibendrinant, SSS diagnozuoti yra sukurta nemažai vertinimo įrankių. Plačiai naudojamos skalės yra Fried silpnumo fenotipas, Rockwood ir Mitnitski silpnumo indeksas, klinikinė silpnumo skalė, išsamus geriatrinis vertinimas, Edmontono silpnumo skalė, SPPB testas ir kiti testai, tačiau, atsižvelgiant į skalės tipą, dauguma jų turi šiuos trūkumus: sudėtingą vertinimą, subjektyvius klausimus, nepakankamą vertinimo priemonių suderinamumą, todėl klinikiniame darbe vis dar ieškoma vieno pagrindinio auksinio standarto SSS vertinimui.

2.5. Fizinis aktyvumas ir kardiologinė reabilitacija po chirurginės širdies operacijos

PSO „Pasaulinėse fizinio aktyvumo rekomendacijose“ teigiama, kad 65 metų ir vyresni suaugusieji turėtų užsiimti 150 min. vidutinio ar 75 min. didelio intensyvumo aerobine veikla ir dvi ar daugiau dienų per savaitę raumenis stiprinančia veikla (t. y. jėgos/pasipriešinimo treniruotės). Taip pat norint padidinti funkcinį pajėgumą bei išvengti griuvimų, siūloma atlikti daugiakomponenčius pratimus, apimančius pusiausvyros lavinimą, raumenų jėgos pratimus (3 dienas per savaitę) ir bent vidutinio intensyvumo aerobinę veiklą, atliekamą 3 ar daugiau kartų per savaitę [117]. Moksliniai tyrimai rodo, jog 30–45 min. trukmės fizinės treniruotės mažiausiai 3–5 mėnesius yra veiksmingiausia priemonė pagerinti vyresnio amžiaus žmonių, sergančių SSS, funkcinį gebėjimą [118]. Nepakankamas fizinis aktyvumas kartu su sėsliu gyvenimo būdu, kuris dažnai lydi senėjimą, yra sarkopenijos, SSS, nutukimo ir lėtinių ligų pirmtakai [80]. PSO duomenimis, apie 7–9 proc. visų mirčių pasaulyje yra susiję su fizinio aktyvumo stoka [117].

Chirurginės širdies operacijos, įskaitant vainikinių arterijų revaskuliarizaciją, širdies vožtuvų keitimą ir kompleksines operacijas, reikalauja sudėtingų intervencijų, kurios gali sukelti tiek trumpalaikius, tiek ilgalaikius fiziologinius pokyčius bei funkcinio pajėgumo sumažėjimą [119]. Pradinis atsigavimo po širdies operacijos etapas pasižymi tokiais veiksniais kaip uždegimas, pooperacinės žaizdos skausmas, sumažėjusi plaučių funkcija ir sumažėjęs mobilumas. Šie veiksniai kartu prisideda prie sumažėjusio bendro funkcinio pajėgumo ir paveikia paciento gyvenimo kokybę. Be to, chirurginės operacijos gali turėti neigiamų psichologinių pasekmių bei sukelti nerimą, depresiją ir su prisitaikymu susijusį stresą [120]. Šių dienų kardiologinė reabilitacija tampa veiksminga strategija, padedanti įveikti daugialypius širdies chirurgijos keliamus iššūkius [121]. Kardiologinė reabilitacija yra 1A klasės rekomendacija pacientams, sergantiems ŠKL ir širdies nepakankamumu su sumažėjusia išstūmio frakcija [122]. Remiantis Amerikos širdies asociacija, Amerikos kardiologų koledžu ir EKD, kardiologinė reabilitacija yra pagrindinė antrinės prevencijos ašis, kuri apima struktūrizuotas, daugia-dalykes intervencijas pacientams po vainikinių arterijų šuntavimo operacijų, įskaitant fizinių pratimų programos sudarymą ir kineziterapeuto priežiūrą jų metu, mitybos konsultacijas, psichosocialinę paramą, rūkymo metimą ir visapusišką rizikos veiksnių valdymą. Moksliniai tyrimai patvirtina, kad dalyvavimas kardiologinėje reabilitacijoje sumažina mirtingumą, pakartotinio hospitalizavimo rodiklius ir pagerina tiek fizinę funkciją, tiek psichologinę savijautą [123, 124].

Kuriant kardiologinės reabilitacijos programos planą dalyvauja visa sveikatos priežiūros specialistų komanda: kardiologai, kineziterapeutai, ergoterapeutai, psichologai, dietologai ir slaugytojai. Pagrindinis kardiologinės reabilitacijos tikslas – pagerinti pacientų fizinę, psichologinę ir socialinę savijautą, palengvinant jų reintegraciją į kasdienį gyvenimą ir veiklas [125]. Kardiologinė reabilitacija antruoju reabilitacijos etapu yra labai svarbus atsigavimo proceso etapas, kurio metu daugiausia dėmesio skiriama fizinės funkcijos atkūrimui, psichologinės gerovės gerinimui ir ŠKL rizikos mažinimui, taikant skirtingas intervencijas. Šio etapo pagrindas yra pradinis įvertinimas, kuris yra būtinas norint parengti saugų ir individualų fizinio aktyvumo planą bei nustatyti priežastis, kurios trukdytų aktyviam dalyvavimui ir fizinio aktyvumo rekomendacijų laikymuisi. Pradinis paciento įvertinimas apima ligos anamnezę, simptomus, gretutines ligas, ŠKL rizikos veiksnius, vaistų vartojimą, EKG, kraujo tyrimus, echokardiogramą, chirurginių rezultatų peržiūrą, žaizdų gijimą ir psichosocialinius rizikos veiksnius. Išsamus funkcinio pajėgumo įvertinimas yra labai svarbus norint saugiai pritaikyti fizinio krūvio intensyvumą. Tai apima spiroergometriją, veloergometriją, siekiant nustatyti maksimalų deguonies suvartojimą (VO_2 piką) ir ventiliacinį slenkstį. Jei šių

testų atlikimui galimybių nėra, pacientui galima atlikti 6 minučių ėjimo testą (6MĖT). Visi šie tyrimai naudingi stebint kitus svarbius parametrus, tokius kaip širdies susitraukimų dažnis, AKS ir fizinio krūvio sukelti simptomai pacientams po šuntavimo operacijos [126]. Kardiologinės reabilitacijos metu sukurtos programos susideda iš kelių tarpusavyje susijusių komponentų, kurių kiekvienas skirtas skirtingiems pacientų atsigavimo aspektams. Su kineziterapeuto priežiūra atliekami pratimai gerina širdies ir kraujagyslių sistemos darbą, didina fizinį pajėgumą, jėgą ir ištvermę. Individualiai pritaikyti pratimai pagerina ne tik fizinį pajėgumą, bet ir sumažina pakartotinės hospitalizacijos riziką bei gerina gyvenimo kokybę [127]. Kiti kardiologinės reabilitacijos komponentai yra paciento vertinimas, mitybos konsultacijos, svorio kontrolė, AKS korekcija, dislipidemijos valdymas, cukrinio diabeto valdymas, rūkymo metimas, psichosocialinės sveikatos priežiūra, fizinių pratimų mokymas, fizinis treniravimas [128].

Reabilituojami pacientai yra labai heterogeniški, todėl fizinio treniravimo mokymas turi būti individualizuotas, kad būtų pasiektas optimalus veiksmingumas su mažiausia rizika. Šis individualizavimas pagrįstas dažnumu, intensyvumu, treniruotės laiku ir tipu (angl. *frequency, intensity, time, and type*, FITT principas), įskaitant aerobines ir pasipriešinimo treniruotes. Kai kurios iš šių 4 veiksmų yra gana paprasta individualizuoti, atsižvelgiant į paciento tikslą [23]. SSS atsiradimo mechanizmai apima sarkopeniją, hormonų disbalansą, kuriuos sukelia senėjimas ar liga, lėtinės uždegimines reakcijas, raumenų masės praradimą, dėl kurių atsiranda SSS simptomai, tokie kaip išsekimas, sulėtėję judesiai ir sumažėjęs apetitas. Atsižvelgiant į tai, kad SSS ir ŠKL turi bendrus patogenezinius mechanizmus, pacientams, sergantiems ŠKL, yra didesnė SSS išsivystymo rizika. Pažeidžiamiesiems arba SSS sergantiems ŠKL pacientams, kuriems reikalinga chirurginė širdies operacija, dėl sumažėjusio fiziologinio rezervo ir padidėjusio jautrumo stresoriams, silpnumo būklė gali dar pablogėti. Todėl labai svarbu optimizuoti fizinio krūvio dozavimą ir įvertinti kineziterapijos programų poveikį SSS ir ŠKL sergantiems pacientams ir paskirti intervencijas jų SSS ir funkciniai būklei pagerinti [129].

2.6. Kineziterapijos programos vyresnio amžiaus pacientų fizinei būklei gerinti

2.6.1. Aerobinė kineziterapijos programa

Moksliniai straipsniai ir tarptautinės Amerikos širdies asociacijos gairės teigia, kad aerobinės treniruotės yra vienas svarbiausių kardiologinės reabilitacijos komponentų, kurie gerina ištvermę, gyvenimo kokybę, reguliuoja

ŠSD ir mažina nepageidaujamus įvykius pacientams po chirurginių širdies intervencijų [126, 130, 131]. Reguliarus aerobinis fizinis krūvis gerina širdies ir kraujagyslių sistemos funkcijas, gyvenimo kokybę, didina maksimalų deguonies suvartojimą, mažina hospitalizacijų ir mirtingumo riziką pacientams, sergantiems ŠKL [132, 133].

Prieš pradedant aerobines treniruotes kardiologinės reabilitacijos metu, reikalingas išsamus širdies ir kraujagyslių sistemos rizikos įvertinimas, atliekant paciento ištyrimą ir nustatant individualų aerobinį pajėgumą, siekiant užtikrinti saugias ir veiksmingas aerobinių treniruočių sąlygas [131]. Spiroergometrijos testas su kvėpavimo dujų matavimu fizinio krūvio metu yra laikomas auksiniu diagnostikos standartu. Deguonies suvartojimas, išmatuotas esant didžiausiam pasiektam fizinio krūvio intensyvumui, turi didelę prognozinę reikšmę ŠKL prevencijoje. Šis diagnostinis testas yra vertinga priemonė sužinoti didžiausią VO_2 ir ventiliacinį slenkstį bei nustatyti aerobinio fizinio krūvio pajėgumą [131]. Kuomet spiroergometrijos testas negalimas arba nėra taikomas kardiologinėje reabilitacijoje, standartinis veloergometrijos testavimas su maksimaliu arba submaksimaliu fiziniu krūviu be dujų apykaitos matavimų vis tiek gali būti vertingas norint įvertinti širdies ir kraujagyslių sistemos būklę ir fiziologines reakcijas į fizinį krūvį (pvz., simptomus, širdies susitraukimų dažnį, AKS) [134]. Didžioji dauguma kardiologinės reabilitacijos gairių rekomenduoja atlikti aerobinius pratimus palaikant treniruočių intensyvumą pagrįstą didžiausios pastangos rodikliais, įskaitant didžiausią deguonies suvartojimą (VO_2), didžiausią darbo krūvį (W_{peak}), ŠSD (HR_{peak}) ir širdies susitraukimo dažnio rezervą (HRR) (t. y. ŠSD skirtumas tarp didžiausio ir ramybės būsenos) [135]. Pacientams, kuriems dėl klinikinės būklės ar funkcinio pajėgumo ribojimų negalima atlikti maksimalaus fizinio krūvio testavimo, aerobinių treniruočių intensyvumas gali būti nustatomas remiantis submaksimaliais testais, tokiais kaip 6MÉT arba suvokiamo krūvio vertinimu pagal Borgo skalę ir (arba) subjektyvius įrankius, pvz. „kalbėjimo testą“ (kvėpavimo dažnis, kuris leidžia kalbėti fizinio krūvio metu) [23]. Subjektyvūs fizinio krūvio vertinimo metodai yra ypač svarbūs pacientams, kurie yra gydomi beta adrenoblokatoriais [136]. Tokie metodai leidžia saugiai ir individualiai pritaikyti fizinio krūvio intensyvumą, ypač vyresnio amžiaus ar SSS sergantiems pacientams.

Nustačius paciento individualų aerobinį pajėgumą, kardiologinėje reabilitacijoje yra pradedamos aerobinio krūvio treniruotės. Pagal tarptautines kardiologinės reabilitacijos rekomendacijas pacientams, sergantiems ŠKL, rekomenduojama reguliariai atlikti vidutinio intensyvumo aerobines treniruotes, kurios apima didžiąsias raumenų grupes ir yra atliekamos cikliška bei nuosekliai [23]. Aerobinių treniruočių dozavimas paprastai grindžiamas

FITT principu, kuris apima treniruočių dažnumą (angl. *frequency*), intensyvumą (angl. *intensity*), trukmę (angl. *time*) ir tipą (angl. *type*). Remiantis tarptautinėmis EKD gairėmis, aerobinių treniruočių dažnumas turėtų būti mažiausiai 3 dienos per savaitę, pageidautina 6–7 dienas per savaitę, esant vidutinio ar vidutinio–didelio intensyvumo pratimams (t. y. 45–59 proc. didžiausio deguonies suvartojimo, 50–70 proc. didžiausio krūvio (W), 55–69 proc. didžiausio širdies susitraukimų dažnio, 40–59 proc. širdies susitraukimų dažnio rezervo, 4–6 MET arba 12/20–14/20 pagal Borgo skalę) arba vidutinis–didelis intensyvumas pastovaus krūvio aerobinėms treniruotėms. Didelis aerobinių treniruočių intensyvumas gali būti taikomas intervalinėms treniruotėms pagal pasirinktą protokolą [23].

Aerobinės treniruotės trukmė turėtų sudaryti ne mažiau nei 20–30 min., tačiau pageidautina 45–60 min. vienam seansui, atsižvelgiant į paciento fizinį pajėgumą ir klinikinę būklę [23]. Dažniausiai taikomos aerobinės veiklos formos kardiologinėje reabilitacijoje yra ėjimas, treniruotės ant dviračio ergometro, bėgimo takelio treniruotės ar kitos panašios veiklos, leidžiančios palaipsniui didinti fizinio krūvio intensyvumą [137]. Aerobinės treniruotės turėtų būti planuojamos taip, kad fizinio krūvio metu energijos suvartojimas būtų 1000–2000 kcal per savaitę [23].

Remiantis tarptautinėmis fizinio aktyvumo ir kardiologinės reabilitacijos gairėmis, pagal taikomą aerobinį krūvį treniruotės yra skirstomos į dvi pagrindines formas: intervalines ir pastovaus intensyvumo treniruotes, atsižvelgiant į paciento kardiovaskulinę riziką, funkcinę būklę ir siekiamą tikslą [23, 124, 138, 139]. Pagrindiniai aerobinio krūvio organizavimo aspektai pateikti 2.6.1.1 lentelėje.

2.6.1.1 lentelė. Pagrindiniai aerobinio krūvio organizavimo aspektai

Aspektas	Pastovaus krūvio aerobinė treniruotė (angl. <i>continuous</i>)	Intervalinė aerobinė treniruotė (angl. HIIT)	Pastaba
Treniruočių dažnumas	3–5 kartai/savaitę	2–3 kartai/savaitę	Rekomenduojama 150–300 min./sav. [139]
Treniruočių intensyvumas	45–59 proc. VO_2 ; 40–59 proc. $\text{SSD}_{\text{rezervo}}$; 55–69 proc. SSD_{maks} ; 50–70 proc. Watt_{max}	70–85 proc. $\text{SSD}_{\text{rezervo}}$ > 85 proc. VO_2 75–90 proc. SSD_{maks} (intervalo metu)	Vienas svarbiausių treniruotės organizavimo aspektų [23, 122, 139]
Treniruotės trukmė	30–60 min. viena treniruotės sesija (150–300 min./sav.)	Pradedant 15 min., palaipsniui didinant iki 30 min. (viena treniruotės sesija)	Intervalinė treniruotė trumpesnė dėl didesnio intensyvumo [23]

2.6.1.1 lentelės tęsinys

Aspektas	Pastovaus krūvio aerobinė treniruotė (angl. <i>continuous</i>)	Intervalinė aerobinė treniruotė (angl. HIIT)	Pastaba
Intervalai	Netaikomi, pastovi aerobinė veikla iki 60 min.	Pacientams gali būti taikomi 20–30 s (krūvio) ir 40–60 s (atsigavimo) intervalai	Intervalų trukmė vyresnio amžiaus SSS sergantiems pacientams didinama palaipsniui [23, 140]
Atsistatymas/poilsis	Netaikomas	50–70 proc. $\dot{V}O_{2\text{maks}}$	Laipsniškas atsistatymas leidžia palaikyti aerobinio krūvio tęstinumą [140]
Borgo skalė	12–13 balų	14–16 balų (nors gali būti taikoma ir žemesnio intensyvumo, atsižvelgiant į paciento kardiovaskulinę riziką).	Subjektyvus vertinimas taikomas, kuomet nėra spiroergometrijos ar veloergometrijos rezultatų [122]
Pagrindinis treniruotės tikslas	Ištvėmės gerinimas, bazinis aerobinis pajėgumas	$\dot{V}O_{2\text{maks}}$ didinimas	HIIT gali efektyviau pagerinti pajėgumą [141]
Pacientų atranka	Tinka daugumai pacientų, mažesnės fizinio krūvio tolerancijos bei esantys didelės rizikos grupėje	Rekomenduojama tik stabilios būklės pacientams	HIIT treniruotė tinka ne visiems pacientams, ji turi apribojimų bei sukelia didesnę kardiovaskulinę stresą [138, 140]
Stebimi rodikliai	$\dot{V}O_2$, AKS, SPO_2 , EKG, dusulys, simptomai	$\dot{V}O_2$, AKS, SPO_2 , EKG, dusulys, simptomai	HIIT treniruotės gali reikalauti didesnės priežiūros ir stebėsenos [142]
Treniruotės tipas	Ėjimas, bėgimas, dviratis, elipsinis treniruoklis, bėgimo takelis	Ėjimas, bėgimas, dviratis, bėgimo takelis, elipsinis treniruoklis	Tos pačios ar panašios veiklos gali būti taikomos abiejų treniruotėčių metu, nes poveikis daugiau susijęs su krūvio intensyvumo nustatymu [143]

HIIT – didelio intensyvumo intervalinė treniruotė (angl. *high-intensity interval training*); $\dot{V}O_2$ – deguonies suvartojimas; $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ – širdies susitraukimų dažnis; AKS – arterinis kraujospūdis; SPO_2 – periferinis prisotinimas deguonimi; EKG – elektrokardiograma.

SSS sergantiems pacientams po širdies operacijos aerobinių treniruočių programos turi būti individualizuotos, atsižvelgiant į sumažėjusį fizinį pajėgumą, sarkopeniją, dažnesnes gretutines ligas ir didesnę komplikacijų riziką [17]. Šiai pacientų grupei rekomenduojama pradėti nuo mažesnio intensyvumo ir trumpesnės trukmės treniruočių, palaipsniui didinant jų trukmę ir intensyvumą pagal paciento toleranciją fiziniam krūviui [23]. Svarbu pabrėžti, kad vien aerobinės treniruotės SSS sergantiems kardiologiniams pacientams dažnai nėra pakankamos siekiant optimalių reabilitacijos rezultatų. Tyrimai rodo, kad geriausi rezultatai pasiekiami taikant kombinuotas treniruočių programas, kurios apima aerobinius, jėgos, pusiausvyros ir funkcinio mobilumo pratimus [144]. Tokios kompleksinės programos padeda ne tik pagerinti širdies ir kraujagyslių sistemos pajėgumą, bet ir sumažinti sarkopenijos progresavimą, pagerinti funkcinę nepriklausomybę, gyvenimo kokybę bei motyvaciją [145].

2.6.2. Jėgos lavinimo kineziterapijos programa

Moksliniai tyrimai rodo, jog pasipriešinimo treniruotės yra veiksmingos vyresnio amžiaus žmonėms, sergantiems SSS bei sarkopenija [146]. Europos šalių skaičiavimai rodo, kad iki 2045 m. sarkopenijos paplitimas išaugs 60–70 proc., todėl ja sirgs 12,9–22,3 proc. vyresnių nei 65 metų žmonių [147]. Su kineziterapeuto priežiūra atliekami jėgos pratimai yra veiksminga sarkopenijos ir fizinio silpnumo mažinimo strategija. Jėgos pratimai gali būti ypač naudingi siekiant atitolinti ir sumažinti abiejų sindromų dažniausiai sukeliamas priežastis (raumenų masės praradimą) ir pasekmes (raumenų jėgos ar funkcionalumo praradimą), net ir ankstyvosiose stadijose. Jėgos treniruotės apibrėžiamos kaip struktūrizuoti pasipriešinimo principu atliekami pratimai, kuriuose taikoma progresuojanti apkrova, kuomet raumenys sukuria jėgą prieš išorinę apkrovą [146]. Jėgos ir daugiakomponentės programos arba jėgos ir aerobiniai pratimai derinami kartu yra vieni veiksmingiausių, palyginti su vien tik ištvermės treniruotėmis ir gali pagerinti fizines funkcijas ir funkcinį pajėgumą vyresnio amžiaus žmonėms [30, 148]. Jėgos treniruotės papildo visuotinai pripažintą ir žinomą teigiamą aerobinių treniruočių poveikį sveikatai ir funkciniam pajėgumui [117].

Naujausi moksliniai tyrimai rodo, kad ankstyvos jėgos treniruotės gali būti įmanomos ir saugios pacientams po vidurinės sternotomijos, ypač tinkamai prižiūrint ir taikant individualiai pritaikytus vaistus. Sprendimas, kada pradėti taikyti jėgos pratimus pacientams po chirurginių širdies operacijų, turėtų likti individualus, atsižvelgiant į paciento klinikinius veiksnius, chirurginio gydymo sudėtingumą ir bendrą atsigavimą. Taip pat klinikinių spren-

dimų priėmimas dėl jėgos pratimų pradžios turėtų būti grindžiamas krūtin-kaulio stabilumo, AKS atsako ir paciento pooperacinių rodiklių vertinimu, užtikrinant, kad jėgos pratimų laikas būtų individualizuotas, siekiant optimizuoti saugumą ir atsigavimą. Tačiau vis dar atliekami moksliniai tyrimai siekiant išsiaiškinti optimalų jėgos pratimų taikymo po atliktos chirurginės širdies operacijos laiką, progresavimo strategijas ir FITT parametrus [149]. Siekiant optimizuoti funkcinį pajėgumą asmenims, sergantiems SSS, pasipriešinimo pratimų programos turėtų apimti pratimus, kurie yra tiesiogiai susiję su kasdienine veikla, pvz., pratimai sėdint, stovint. Moksliniai tyrimai rodo, jog yra saugu taikyti jėgos pratimus vyresnio amžiaus žmonėms, sergantiems SSS, tačiau labai svarbus yra šių pacientų pradinis raumenų jėgos įvertinimas. Raumenų jėgos apkrovą treniruotės metu galima nustatyti išmatavus raumenų jėgą su vienu maksimaliu kartojimu (1MK) (angl. *one-repetition maximum*; 1RM) arba maksimaliu svoriu, kurį asmuo gali pakelti vieną kartą [150–152]. 1MK yra maksimumo matas ar svoris, kurį pacientas gali pakelti vieną kartą atlikdamas tam tikrą pratimą kontroliuojamu būdu visame judesio diapazone su taisyklinga laikysena, o MK yra didžiausias svoris, kurį pacientas gali pakelti atlikdamas tam tikrą pratimo pakartojimų skaičių (pvz., 8MK yra didžiausias svoris, kurį žmogus gali pakelti aštuonis kartus). Idealiu atveju 1MK testas yra atliekamas kiekvienai tikslinei raumenų grupei atskirai. Kai tiesioginis 1MK testavimas nėra galimas, 1MK gali būti apskaičiuojamas naudojant submaksimalų svorį ir iki nuovargio atsiradusio pakartojimo skaičių [152]. Norint pagerinti griaučių-raumenų sistemos būklę rekomenduojama, kad pasipriešinimo pratimai būtų atliekami bent 2–3 kartus per savaitę, pradedant nuo 1–2 serijų ir progresuojant iki 2–3 serijų po 8–12 pakartojimų palaipsniui didinant iki 12–15 pakartojimų. Kardiologinėje reabilitacijoje atliekant pasipriešinimo pratimus laikui bėgant pradeda didėti tolerancija jėgos pratimams. Tuomet apkrova turėtų būti didinama palaipsniui ir sudaryti 30–70 proc. 1MK viršutinei kūno daliai bei 40–80 proc. apatinei kūno daliai [23]. Kadangi daugelis pacientų prieš pradedant kardiologinę reabilitaciją dažniausiai neturi ankstesnės pasipriešinimo treniruočių patirties, pacientai pirmiausia turėtų dalyvauti bent viename, bet pageidautina daugiau, praktikos užsiėmime, kurio metu jie yra supažindinti su treniravimosi įranga ir kaip tinkamai ir saugiai atlikti pratimą, kad būtų galima gauti patikimą jėgos įvertinimą, pagal kurį galima nustatyti pasipriešinimo pratimų intensyvumą ir stebėti progresą [153]. Moksliniai tyrimai rodo, kad 1MK tyrimas yra saugus pacientams, dalyvaujantiems kardiologinėje reabilitacijoje [135]. Kuomet pacientams 1MK tyrimas nėra tinkamas krūvio ir pakartojimo santykiui treniruotėms su pasipriešinimu nustatyti, gali būti taikomas 10 MK metodas, iš kurio galima apskaičiuoti prognozuojamą 1MK reikšmę bei įvertinti raumenų jėgą [154]. Tuomet 1MK įvertinimui yra

naudojama lygtis: $1MK = \text{naudotas svoris} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{pakartojimai}))$ [154]. Norint gauti tikslų 1MK įvertinimą, ne daugiau kaip 10 pakartojimų yra atliekama su tuo pačiu svoriu [154]. Pradinė apkrova kardiologinės reabilitacijos pradžioje turi būti nedidelė, o pratimų atlikimo greitis turi būti lėtas, skiriant laiko poilsio/atsigavimo fazėms. Būtina vengti pratimų ir Valsalvos manevro, kurie gali sukelti hemodinaminį nestabilumą.

Norint optimaliai treniruoti dalyvaujančias raumenų grupes, būtinas periodinis įvertinimas, siekiant tiksliai pakoreguoti programą. Dažnai yra naudojamos trys strategijos išorinei apkrovai padidinti: apimtis (rinkinių skaičius arba pakartojimai), intensyvumas (pakeltos apkrovos dydis) bei dažnumas (koreguoti poilsio trukmę, išlaikant intensyvumą nepakitusiu) [155]. Pasipriešinimo treniruotės remiasi progresyvaus apkrovimo principu atsižvelgiant į galutinį tikslą (pvz., padidinti raumenų jėgą), krūvio toleranciją ir įgyvendinamumą. Kardiologinėje reabilitacijoje remiamasi tokiu principu, kad pirmiausia turėtų būti pasiektas norimas pasipriešinimo treniruočių pakartojimų skaičius, vėliau gali būti didinamas treniruotės intensyvumas, o tik tada koreguojamas atsistatymo laikotarpis [156]. Pratimai turi būti parenkami taip, kad būtų galima užtikrinti 1000–2000 kcal/sav. energijos sąnaudas [23, 157]. Pasipriešinimo pratimai turėtų būti skirti pagrindinėms raumenų grupėms, viršutinei ir apatinei kūno daliai, raumenų funkcijai ir mobilumui gerinti. Jėgai lavinti turėtų būti atliekami pratimai, apimantys keletą sąnarių ir atskiras raumenų grupes. Pasipriešinimo treniruotę dažniausia sudaro 6–10 pratimų, apimančių pagrindines raumenų grupes. Tarp seansų, kurių metu dirba tos pačios raumenų grupės, rekomenduojama viena diena poilsio raumenims, kad esant ekscentrinėms raumenų pažeidimams, galėtų būti atstatoma raumens būklė [157]. Vyresnio amžiaus žmonėms atliekant raumenų stiprinimo pratimus reikalingas ypatingas dėmesys, nes įvykus net ir nedidelėms traumoms, atsigavimo periodas gali trukti keletą savaičių. Tokiais atvejais suplanuota treniruočių programa dažniausia laikinai nutraukiama ir tik vėliau pradedama iš naujo. Nors reabilitacijos pradžioje paciento toleruojamas krūvis gali būti labai nedidelis, SSS nėra kontraindikacija vengti pasipriešinimo treniruočių. Priešingai, SSS yra svarbi indikacija parinkti individualizuotą fizinį krūvį ir sudaryti pasipriešinimo pratimų programą, siekiant didinti raumenų jėgą ir funkcinį pajėgumą.

2.6.3. Sensomotorinė (pusiausvyros, koordinacijos, propriocepcijos) kineziterapijos programa

Vyresnio amžiaus pacientų motorinė kontrolė, pusiausvyra, propriocepcija ir judesių koordinacija priklauso ne tik nuo raumenų jėgos, tačiau ir nuo sensorinės informacijos apdorojimo ir motorinio atsako. Tyrimai rodo,

kad sensorinės sistemos, įskaitant propriocepiją, vestibulinę sistemą ir somatosensorinius signalus, yra esminiai komponentai stabiliai pusiausvyrai ir judėjimo kontrolei užtikrinti [158, 159]. Pratimai, kuomet kompleksškai gerinama pusiausvyra, kūno padėties valdymas, laikysenos kontrolė, propriocepcija ir judesių koordinacija, lavinant propriocepinę, vestibulinę ir regos sistemas, kurių metu koreguojamas raumenų disbalansas ir užtikrinama teisinga motorinė programa centrinės nervų sistemos (CNS) lygmeniu, yra vadinami sensomotoriniais pratimais. CNS integruoja sensorinę ir motorinę informaciją, siekdama įgyti įgūdžių valdyti judesius ir reaguoti į išorinius trikdžius per procesą, vadinamą sensorine-motorine integracija [160]. Su amžiumi susijęs funkcinis raumenų jėgos ir sensorinių funkcijų silpnėjimas kartu su kitais pokyčiais prisideda prie pusiausvyros sutrikimo ir dėl to padidėja griuvimų rizika [160]. Griuvimų prevencijos strategijos atlieka svarbų vaidmenį mažinant griuvimų dažnumą ir su jais susijusių gretutinių ligų riziką. Sensomotorinis lavinimas yra skirtas pagerinti sensorinę integraciją, pusiausvyrą ir judesių kontrolę, taip mažinant griuvimų riziką vyresnio amžiaus pacientams.

Sensorinės ir motorinės sistemų abipusė sąveika yra būtina sąlyga norint išmokti ir atlikti judesius. Vienalaikis abiejų sistemų aktyvumas skatina neuroninių jungčių plastiškumą ir yra naudojamas sensorinei ir motorinei įvestims sensorinės ir motorinės integracijos centruose pagerinti. Tai procesas, kurio metu žmogus jaučia savo kūną ir jį supančią aplinką, kad galėtų atlikti judesį. Treniruočių programos, orientuotos į teisingų, greitų ir tiksliai nukreiptų koordinuotų žingsnių atlikimą, yra labai vertingos mažinant griuvimo riziką. Ypač tinkamos pusiausvyros, koordinacijos treniruotės ant nelygaus paviršiaus, nes jos pagerina asmens kognityvinį suvokimą ir sensorinius motorinius gebėjimus [160]. Sensomotoriniai pratimai, apimantys pusiausvyros, propriocepcijos ir koordinacijos lavinimą, yra svarbi fizinės reabilitacijos dalis vyresnio amžiaus asmenims, kuriems dėl SSS ir po chirurginių širdies operacijų dažnai sumažėja pusiausvyros stabilumas, motorinė koordinacija ir padidėja griuvimo rizika. Nors sensomotorinių pratimų tyrimų po chirurginių širdies operacijų skaičius yra ribotas, atskiri tyrimai su vyresnio amžiaus pacientais rodo, kad sensomotorinės treniruotės pratimai reikšmingai gerina pusiausvyros ir funkcinius rodiklius. Viename 12 savaičių trukmės tyrime vyresniems nei 80 metų dalyviams, palyginus įprastą reabilitaciją su sensomotorinėmis treniruotėmis, sensomotorinėje pratimų grupėje po taikytos programos nustatytas reikšmingas pusiausvyros pokytis pagal SPPB balą, taip pat sumažėjo griuvimo baimė ir pagerėjo funkcinis mobilumas [161]. Tokie sensomotoriniai treniruočių protokolai dažnai apima užduotis ant nestabilių paviršių, stovėjimo ant vienos kojos pratimus, kūno svorio perkėlimus ir kognityvinius, sensomotorinius elementus, kurie kartu didina

kūno padėties valdymo stabilumą ir nervų–raumenų sinchronizaciją. Tai yra ypač svarbu vyresniems SSS pacientams pooperaciniu laikotarpiu, kad būtų sumažinta griuvimų rizika ir pagerintas judėjimo savarankiškumas [162]. Judėjimo metu sensoriniai neuronai teikia svarbią informaciją apie galūnių padėtį ir judėjimą erdvėje. Vyresnio amžiaus žmonių pusiausvyros kontrolė labiau priklauso nuo gaunamos vizualinės informacijos, o tai atspindi ryškesniame pusiausvyros pablogėjime, kai regimoji informacija yra apribojama. Propriocepcinės funkcijos silpnėja su amžiumi, o tai siejama su pusiausvyros sutrikimais ir padidėjusia griuvimo rizika. Siekiant kompensuoti šiuos pokyčius, propriocepcinių treniruočių metu daugiausia dėmesio skiriama propriocepcinių signalų, įskaitant kinestetinius ir lytėjimo-aferentinius pojūčius, naudojimui, kai nėra tokios informacijos kaip regos suvokimas. Tokių treniruočių galutinis tikslas yra pagerinti ir atkurti sensomotorinę funkciją. Daugelyje tyrimų vaikščiojimas nelygiais paviršiais taip pat įtraukiamas į apatinių galūnių propriocepcinį treniravimą, kuris prisideda prie judesių reakcijų generavimo [160].

Pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama sensomotorinių pratimų integravimui į reabilitacijos programas. Nors ESC gairėse šis komponentas nėra aiškiai akcentuojamas, naujausi tyrimai rodo, kad pusiausvyros, propriocepcijos ir koordinacijos treniravimas gali turėti reikšmingą poveikį funkciniais rezultatais, ypač vyresnio amžiaus pacientams [160].

2.6.4. Daugiakomponentė kineziterapijos programa

Remiantis EKD gairėmis, kardiologinė reabilitacija turėtų būti struktūruota, individualizuota ir apimti fizinio aktyvumo intervencijas kaip vieną pagrindinių gydymo komponentų. Nors šiose gairėse daugiausia dėmesio skiriama aerobiniam krūviui, vis daugiau mokslinių tyrimų pagrindžia daugiakomponentės programos pranašumą SSS sergantiems pacientams po chirurginės širdies operacijos [129, 163]. Daugiakomponentės kineziterapijos programos pastaraisiais metais vis plačiau taikomos pacientų, sergančių SKL bei SSS, reabilitacijoje, siekiant kompleksškai pagerinti skirtingus fizinio pajėgumo komponentus [164]. Daugiakomponentės programos apima kelis komponentus, kuriuose naudojami dviejų ar daugiau rūšių, pvz., aerobinių ir jėgos lavinimo, pusiausvyros, koordinacijos ir lankstumo, pratimų derinys [165]. Moksliniai tyrimai rodo, jog šios treniruotės yra veiksmingos siekiant sumažinti pacientų, vyresnių nei 60 metų, SSS sunkumą ir skatinti fizinių funkcinių gebėjimų (raumenų jėgos, eisenos greičio, pusiausvyros, SPPB ir TUG) teigiamus pokyčius [164]. Daugiakomponentės programos koreguoja glikemijos kontrolę, lipidų kiekį bei mažina uždegiminę būseną, palyginti su vieno komponento treniruote [165]. Be metabolinio poveikio, šios treniruotės

gali sukelti naudingas neuronų adaptacijas per neuroplastiškumo skatinimą, o tai pagerina pažintines funkcijas, dėmesio koncentraciją ir verbalinį sklandumą. Be to, ji gali turėti atkuriamąjį poveikį lengvam kognityviniam sutrikimui vyresnio amžiaus žmonėms. Ši treniruočių programa gerina eiseną ir sumažina griuvimų riziką [166]. Tyrimai parodė, kad SSS pacientams rekomenduojamas aerobinių ir jėgos pratimų derinys, kuris padidina raumenų masę, jėgą, gerina funkciją ir pusiausvyrą. Raumenų jėgos ir pusiausvyros lavinimas yra pagrindiniai fizinių pratimų programų komponentas, siekiant sumažinti silpnumo ir griuvimo riziką vyresnio amžiaus žmonėms [28, 166].

Svarbus daugiakomponentės programos privalumas yra jų sinerginis poveikis. Skirtingų fizinio krūvio komponentų derinimas leidžia vienu metu veikti kelias organizmo sistemas, taip užtikrinant platesnį terapinį poveikį. Tuomet daugiakomponentės treniruotės nauda, palyginti su vieno komponento treniruote (pvz., tik aerobiniais ar pasipriešinimo pratimais), kyla ne tik iš treniruotės apimties padidėjimo, bet ir iš minėto sinerginio poveikio, kuris yra sukuriamas derinant skirtingus pratimų tipus, o tai suteikia didesnių privalumų. Pvz., pasipriešinimo treniruotės padidina raumenų masę, jėgą ir glikogeno atsargas, aerobiniai pratimai optimizuoja mitochondrijų funkcinį aktyvumą, gliukozės panaudojimą ir hemodinamiką, o sensomotoriniai pratimai gerina neuromotorinę kontrolę bei mažina griuvimų riziką. Kartu šie treniruočių komponentų poveikiai padeda gerinti gliukozės metabolizmą ir jos kiekio kraujyje kontrolę, mažinant atsparumą insulinui, aerobiniai pratimai didina širdies minutinį tūrį, kraujagyslių ir endotelio funkcinę būklę, o jėgos treniruotės prisideda prie raumenų jėgos didėjimo, arterijų standumo sumažėjimo ir AKS reguliavimo [165]. Apibendrinant, daugiakomponentė pratimų programa apima kelis komponentus (aerobinius, jėgos, sensomotorinius pratimus), ir tai leidžia kompleksiskai gerinti širdies ir kvėpavimo sistemos funkciją, širdies ir kraujagyslių sveikatą, funkcinį pajėgumą bei neuromotorinę kontrolę. Tokia kompleksinė pratimų programa yra ypač svarbi pacientams po širdies ir kraujagyslių sistemos įvykių ar sergantiems lėtinėmis širdies ligomis, kuriems būdingas daugiakomponentis fizinio pajėgumo sumažėjimas.

EKD publikuota didelės apimties metaanalizė patvirtina kardiologinės reabilitacijos efektyvumą. Ši apžvalga parodė, kad fiziniais pratimais pagrįsta reabilitacija reikšmingai sumažina hospitalizacijų skaičių, kardiologinius įvykius bei pagerina gyvenimo kokybę pacientams, sergantiems vainikine arterijų liga [24]. Analizuojant rezultatus svarbu pažymėti, kad daugumoje tyrimų taikytos programos neapsiribojo vien aerobiniu krūviu, o apėmė įvairių treniravimo komponentų derinius (aerobiniai pratimai derinti su pasipriešinimo treniruotėmis), todėl šių rezultatų interpretacija turėtų būti siejama su daugiakomponentės programos poveikiu. Daugiakomponentės

programos efektyvumą papildomai pagrindžia tyrimai, kurie lygina skirtingus fizinio krūvio komponentus. Sistematinė apžvalga ir metaanalizė parodė, kad aerobinių ir jėgos pratimų derinys reikšmingai pagerina maksimalų deguonies suvartojimą, medžiagų apykaitą, fizinį pajėgumą ir gyvenimo kokybę, palyginti su vien aerobiniu treniravimu [167]. Šie rezultatai rodo, kad skirtingi fizinio krūvio derinami komponentai veikia skirtingus fiziologinius mechanizmus: aerobinis krūvis gerina širdies ir kraujagyslių sistemos funkciją, tuo tarpu jėgos treniravimas didina periferinių raumenų jėgą ir funkcinį pajėgumą.

Literatūroje vis dar trūksta aiškos daugiakomponentės programos standartizacijos, o sensomotorinių pratimų poveikis ŠKL pacientams išlieka mažiau ištirtas nei aerobinio ar jėgos treniravimo. Dėl šios priežasties būtini tolesni tyrimai, siekiant įvertinti optimalią skirtingų treniravimo komponentų kombinaciją ir jų ilgalaikį poveikį klinikiniam rezultatams. Apibendrinant galima teigti, kad daugiakomponentės kineziterapijos programos, apimančios aerobinius, jėgos bei sensomotorinius pratimus, yra perspektyvi ir moksliskai pagrįsta strategija pacientų, sergančių ŠKL, reabilitacijoje. Tokios programos leidžia efektyviau gerinti funkcinį pajėgumą ir gyvenimo kokybę nei vien-komponentės, todėl jų integravimas į klinikinę praktiką turėtų būti laikomas prioritetiniu.

2.6.5. Interaktyvioji kineziterapijos programa

Įprasta aerobinė kineziterapijos programa yra standartiškai taikoma kardiologinėje reabilitacijoje, tačiau ji ne visada veiksminga gerinant specifines fizines ypatybes ar organizmo funkcijas, pvz., eisena ar pusiausvyrą, todėl vis dažniau yra taikomos interaktyviosios, žaidybinės, kompiuterio sistemomis grįstos kineziterapijos programos, kurios apima kelių fizinių ypatybių lavinimą [168, 169]. Per pastaruosius du dešimtmečius sparčiai plėtėsi skaitmeninių technologijų taikymas širdies ir kraujagyslių medicinoje, įskaitant mobiliuosius sveikatos įrankius, nuotolinį stebėjimą, virtualią realybę, interaktyvias, žaidybines treniruotes ir internetines edukacines platformas. Skaitmeninės technologijos suteikia naujų galimybių pertvarkyti kardiologinės reabilitacijos paslaugų teikimą ir organizavimą, išplečiant paciento priežiūrą už ligoninės ar ambulatorinio centro ribų, sudarant sąlygas nuolatiniam stebėjimui ir palaikant elgesio pokyčius realioje aplinkoje. Nors kompiuterių pagrindu kuriamos programos sparčiai plėtojamos kardiologinės reabilitacijos srityje, skaitmeninių technologijų panaudojimo bei mokslinių įrodymų apie interaktyviųjų technologijų taikymą reabilitacijoje bazė išlieka nevienalytė, nes atliktuose tyrimuose labai skiriasi tikslinės populiacijos, taikomi technologiniai komponentai, treniruotės intensyvumas ir pateikti

rezultatai. Literatūroje yra pateikiami tyrimai, kurie dažnai sutelkia dėmesį į platesnę ŠKL grupę, mažiau dėmesio skiriant didelės rizikos pacientams po širdies ir kraujagyslių sistemos įvykio ar procedūros. Be to, daugelyje tyrimų derinamos platesnės, nespecifinės klinikinės programos ar jų deriniai, o tai apsunkina pritaikymą įprastoje praktikoje [169].

Kardiologinėje reabilitacijoje, taikant kompiuterių technologijas, dažnai yra naudojamos pusiausvyros ir eisenos analizei bei treniravimui naudojamos slėgio platformos ir vaizdo kameros, kurios leidžia objektyviai nustatyti pusiausvyros ir eisenos parametrus, padeda lavinti kūno padėties valdymo kontrolę, nustatyti svorio centro svyravimus, taip pat įvertinti taikomų programų efektyvumą [170]. Saugios interaktyviosios, fizinį pajėgumą didinančios programos gerina pusiausvyrą, mažina fizinius sutrikimus, derina judesio aptikimą realiuoju laiku ir grįžtamąjį ryšį vartotojui, sąveikauja su virtualiais objektais ir vertina judesių tikslumą, greitį bei aktyvumo trukmę. Šios treniruotės padidina apatinių galūnių raumenų jėgą, ėjimo greitį, pusiausvyrą ir sumažina griuvimų riziką [29]. Moksliniai tyrimai rodo, kad pusiausvyros platformos su integruota slėgio platforma statistiškai reikšmingai pagerina kūno padėties valdymą ir sumažina griuvimo riziką vyresnio amžiaus pacientams [171]. Pusiausvyros platformos programinė įranga apima paruoštus naudoti pratimų protokolus specialistui – paprastus žaidimus, kuriuose kūno svorio centras keičiamas tiek statinėje, tiek dinaminėje aplinkoje. Šie žaidimai pagrįsti grįžtamojo ryšio mechanizmu ir reikalauja sąmoningo kūno padėties koregavimo pagal monitoriaus tašką, kuris atitinka tiriamojo svorio centrą [172]. Šios išmanios sistemos yra naudingos, patikimos, objektyvios pusiausvyros vertinimo ir lavinimo priemonės, kurios padeda motyvuoti pacientus treniuotis ir vis dažniau įtraukiamos į kardiologinę reabilitaciją [173, 174]. 2025 m. atliktoje sisteminėje apžvalgoje ir metaanalizėje teigiama, jog pusiausvyros treniruotės, kurios yra pagrįstos perturbacijomis, gerina vyresnio amžiaus asmenų mobilumą, kūno padėties valdymą ir sumažina griuvimo baimę bei griuvimų dažnumą [175]. Eisenos analizės ir treniravimo sistemos su integruota slėgio plokšte, kameromis bei jutikliais padeda realiuoju laiku objektyviai įvertinti paciento eisenos rodiklius [176]. Išmanūs eisenos takeliai leidžia sumažinti kūno apkrovą ir užtikrinti kartotinį ėjimo ciklo treniravimą, skatina motorinį mokymąsi ir gerina eisenos simetriją [177]. Mao su bendraautorais 2024 m. atliktoje metaanalizėje pateikia tyrimus, kuriuose sensorinės sistemos veikia ne tik kaip diagnostikos priemonės, bet gali būti naudojamos ir eisenos bei pusiausvyros lavinimui. Šios sistemos sukuria grįžtamąjį ryšį pacientui ir turi reikšmingą poveikį eisenos greičiui, kūno padėties valdymui, Bergo pusiausvyros testui, TUG bei griuvimų baimei [178]. Interaktyviosios pusiausvyros ir eisenos lavinimo priemonės padeda pacientui gauti grįžtamąjį ryšį bei koreguoti

judesio modelį realiuoju laiku, skatina motorinį mokymąsi ir naujų motorinių įgūdžių formavimą. Atlikti moksliniai tyrimai rodo, kad interaktyviųjų intervencijų metu gautas grįžtamasis ryšys padeda keisti motorinę kontrolę ir didina sensomotorinę adaptaciją [179].

2022 m. publikuotame Kirkman su bendraautoriais sisteminės apžvalgos straipsnyje teigiama, kad pasipriešinimo treniruotės yra saugios ŠKL sergantiems pacientams ir reikšmingai didina raumenų jėgą [180]. Po chirurginių širdies operacijų yra labai svarbu atgauti prarastą raumenų jėgą ir funkcinį mobilumą, nes sumažėjusi raumenų jėga bei sarkopenija yra susijusi su fizinių funkcijų mažėjimu bei blogesniais gebėjimais atlikti kasdienes veiklas, kas yra ypač aktualu vyresnio amžiaus pacientams. Vienas iš plačiai taikomų metodų, skirtų raumenų jėgai didinti yra progresyvaus pasipriešinimo raumenų jėgos treniravimas. Tai yra metodas, kurio metu fizinis krūvis yra didinamas palaipsniui, atsižvelgiant į paciento funkcinę būklę ir pajėgumą [181]. Progresyvaus pasipriešinimo treniravimui klinikinėje praktikoje yra naudojamos pneumatinės sistemos, kurios yra laikomos saugia jėgos ir funkcinio pajėgumo lavinimo priemone [22, 182]. Pirmiausia, priešingai nei tradiciniai svoriai ar elastinės pasipriešinimo juostos, pneumatinė technologija naudoja ne svorį, o suslėgtą orą apkrovai sukurti, todėl tai padeda tiksliai dozuoti krūvį net gramų tikslumu [22]. Antra, pneumatinės pasipriešinimo sistemos leidžia užtikrinti tolygų išlaikomą pasipriešinimą visoje judesio atlikimo amplitudėje, nes suteiktas pasipriešinimas nėra veikiamas gravitacinės jėgos ar inercijos, todėl sumažėja staigios apkrovos rizika [183, 184]. Nors specifinių tyrimų, kurie tyrinėtų pneumatinių technologijų panaudojimą pacientams po chirurginių širdies operacijų yra labai nedaug, jėgos treniruotės, kuriose apkrova yra suteikiama suslėgto oro pagalba, gali reikšmingai padidinti raumenų jėgą, gerinti funkcinį pajėgumą bei ėjimo greitį vyresnio amžiaus asmenims [22, 182]. Tyrimai, atlikti naudojant pneumatines sistemas, rodo, kad sukurtas pneumatinis pasipriešinimas yra gerai toleruojamas vyresnio amžiaus asmenų, nes leidžia tiksliai išlaikyti pastovią apkrovą ir neuroraumeninę kontrolę, o tai padeda užtikrinti tinkamą hemodinaminį atsaką treniruotės metu [183].

Apibendrinant, interaktyviosios kineziterapijos programos priemonės (išmanūs eisenos takeliai, pusiausvyros plokštumos, pneumatinės pasipriešinimo sistemos) leidžia objektyviai individualizuoti treniruotės programą, padidinti paciento motyvaciją, įtraukti į reabilitacijos procesą, lavinti pusiausvyrą, eisena, didinti funkcinį pajėgumą, mobilumą ir raumenų jėgą, o tai ypač svarbu pacientams po chirurginių širdies operacijų sergantiems SSS.

2.7. Gyvenimo kokybės aspektai pacientams po chirurginės širdies operacijos

Chirurginės širdies operacijos, tokios kaip AVAJO ir vožtuvų keitimas, atliekamos siekiant pagerinti pacientų savijautą, susijusią su kardiologiniais simptomais, prailginti gyvenimo trukmę ir pagerinti su sveikata susijusią gyvenimo kokybę. Nors po chirurginės širdies operacijos yra stebimi geri rezultatai ir maži pooperacinio sergamumo bei mirtingumo rodikliai, vien šie parametrai nesuteikia informacijos apie paciento funkcinę, emocinę ir psichologinę savijautą [185]. Paciento gyvenimo kokybė yra labai svarbus rodiklis po chirurginės širdies intervencijos, nes ji atspindi gydymo veiksmingumą, ir jai įtakos turi priešoperaciniai ir pooperaciniai veiksniai [60]. Potencialūs modifikuojami priešoperaciniai veiksniai yra alkoholio vartojimas, KMI/svoris, depresija, prieš tai buvusi gyvenimo kokybė ir rūkymas, o pooperaciniu laikotarpiu svarbūs veiksniai yra skausmas ir priemonės, taikomos siekiant sumažinti pooperacinių komplikacijų riziką, intensyviosios terapijos trukmė ir hospitalizacijos laikotarpis [60]. Gyvenimo kokybė yra apibrėžiama kaip subjektyvus paciento fizinės, psichologinės ir socialinės gerovės suvokimas ir vertinimas. Po chirurginės širdies operacijos paciento atsigavimas priklauso ne tik nuo fizinių savybių ir gydymo, bet ir nuo socialinių, kultūrinių bei psichologinių veiksnių, kurie gali paveikti pooperacinį laikotarpį. Gyvenimo kokybės pagerėjimas po operacijos yra pagrindinis vyresnio amžiaus pacientų tikslas ir paskatinimas renkantis operaciją [185].

Gebėjimas atlikti kasdienes veiklas, fizinis mobilumas, nepriklausomumas nuo kitų asmenų, turėjimas socialinių kontaktų, emocinis stabilumas, skausmo ar kitų diskomforto simptomų nebuvimas, tinkamas poilsis ir miegas yra aukštos gyvenimo kokybės rodikliai [186, 187]. Po chirurginės širdies operacijos pacientai dažnai patiria skausmą, diskomfortą, depresijos simptomus, silpnumą, bendros savijautos pablogėjimą ir nesugebėjimą grįžti į prieš intervenciją buvusį funkcionavimo lygį. Šie simptomai gali gerokai sumažinti gyvenimo kokybę [58].

Kaya ir kiti bendraautoriai 2025 m. atliko sisteminę apžvalgą, kurioje apibendrino tyrimų, nagrinėjančių pacientų patirtis po chirurginių širdies operacijų, rezultatus. Autoriai pabrėžė išsamaus pacientų švietimo, paramos sistemų ir individualizuotų priežiūros planų svarbą. Nustatyta, kad pacientų sveikimas gerėja esant palaikančiai socialinei aplinkai: artimiesiems bei sveikatos priežiūros specialistams. Taip pat siekiant pagerinti pacientų gyvenimo kokybę, kuriamose programose turėtų būti taikomas holistinis ir nuolatinis švietimas, kultūrai jautrūs paramos mechanizmai ir integruota dvasinė priežiūra. Šios perspektyvos leistų vystyti veiksmingesnę, į pacientą orientuotą pooperacinę priežiūrą pacientams po chirurginių širdies operacijų. Sveikatos

priežiūros specialistai turėtų suteikti išsamų priešoperacinį ir pooperacinį švietimą, kuriame būtų aptariami bendri ir konkretūs klausimai, tokie kaip pooperacinės komplikacijos ir seksualinės problemos, siekiant sumažinti nerimą ir pagerinti pooperacinius rezultatus. Paramos sistemos sukūrimas gali suteikti holistinį požiūrį į pacientų priežiūrą, palengvinti fizinį, psichologinį ir dvasinį atsigavimą. Pacientų pooperacinė priežiūra turėtų būti labiau pritaikyta individualiems poreikiams, atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip amžius, lytis ir kultūrinė kilmė. Ilgalaikės reabilitacijos programos turėtų būti taikomos siekiant išlaikyti sveiką gyvenimo būdą. Visos šios priemonės taikomos kartu galėtų pagerinti pacientų gyvenimo kokybę po chirurginių širdies operacijų [188].

2022 m. atliktoje sisteminėje apžvalgoje išanalizavus 41 tyrimą apie gyvenimo kokybę (iš viso 3924 publikacijos), nustatyta, kad pacientams po chirurginių širdies operacijų dažniausiai buvo naudojamas SF-36 klausimynas (63,4 proc. visų tyrimų). Taip pat buvo taikomi Notingemo sveikatos vertinimo klausimynas, EQ-5D klausimynas, SF-12 klausimynas ir kiti rečiau naudojami gyvenimo kokybės klausimynai [60]. Nors dažniausiai naudojamas SF-36 klausimynas gali išsamiai įvertinti gyvenimo kokybę, nes jį sudaro 36 klausimai, neretai tokie ilgi klausimynai yra susiję su didesne klausimyno neužpildymo tikimybe dėl atsiradusio paciento nuovargio. Tai gali turėti įtakos gautų duomenų kokybei ir mažinti rezultatų bei tyrimo patikimumą. Atlikti SF-36 klausimyno užpildymo baigtumo duomenys rodo, kad 26 proc. respondentų praleido bent vieną iš 36 teiginių, o praleisti klausimyno elementai buvo reikšmingai susiję su vyresniu paciento amžiumi ir savarankišku klausimyno pildymu [189, 190]. Tokiu atveju, kuomet yra tiriami vyresnio amžiaus pacientai, ypač klinikiniame kontekste, rekomenduojama rinktis trumpesnius, mažiau nuovargį sukeliančius klausimynus, tokius kaip EQ-5D [191].

3. TYRIMO METODIKA

3.1. Tyrimo organizavimas, tipas, dizainas ir etiniai aspektai

Kauno regioninis biomedicinos tyrimų etikos komitetas 2021 m. liepos mėn. išdavė leidimą vykdyti šį vieno centro, trijų lygiagrečių grupių, atsitiktinių imčių, kontroliuojamą, eksperimentinį tyrimą (Nr. BE-2-83) (1 priedas). Tyrimas buvo atliktas remiantis Pasaulio medicinos asociacijos Helsinkio deklaracijos gairėmis ir vadovaujantis Konsoliduotais tyrimų ataskaitų standartais (CONSORT) [192]. Tyrimas buvo užregistruotas tarptautinėje klininių tyrimų duomenų bazėje ClinicalTrials.gov (registracijos Nr. NCT06385041). Tyrimas buvo atliekamas viename iš Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninės Kauno klinikų filialų – Kulautuvos reabilitacijos ligoninėje. Visi pacientai, atvykę į medicininę stacionarinę kardiologinę reabilitaciją šioje ligoninėje nuo 2021 m. liepos mėn. iki 2024 m. gegužės mėn. buvo kviečiami dalyvauti tyrime. Tik pacientui sutikus dalyvauti, atitikus tyrimo įtraukimo kriterijus bei pasirašius informuoto asmens sutikimo formą, pacientas buvo įtraukiamas į atliekamą tyrimą.

3.2. Tiriamųjų įtraukimo ir neįtraukimo kriterijai

Į tyrimą buvo pakviesti visi pacientai, atvykę į Kulautuvos reabilitacijos ligoninę ir kuriems buvo atlikta chirurginė širdies operacija – t. y. aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija, širdies vožtuvų protezavimas arba kompleksinė operacija (abi operacijos atliktos kartu) – ir kurie atitiko įtraukimo kriterijus. Pacientas buvo įtraukiamas į tyrimą, jeigu atitiko šiuos įtraukimo kriterijus:

- Atlikta chirurginė širdies operacija (aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija, širdies vožtuvų protezavimas arba abi operacijos atliktos kartu – kompleksinė operacija);
- Amžius ≥ 65 metai;
- Sergantys senatvinio silpnumo sindromu (Edmontono silpnumo skalė ≥ 4 balai);
- Gebantys savarankiškai judėti (nenaudojantys kompensacinių priemonių);
- $6MET \geq 150$ m.

Neįtraukimo į biomedicininį tyrimą kriterijai:

- Judamojo–atramos aparato sukeltos disfunkcijos ir patologijos, kurios gali riboti aktyvų dalyvavimą reabilitacijos programoje ar ištyrime;

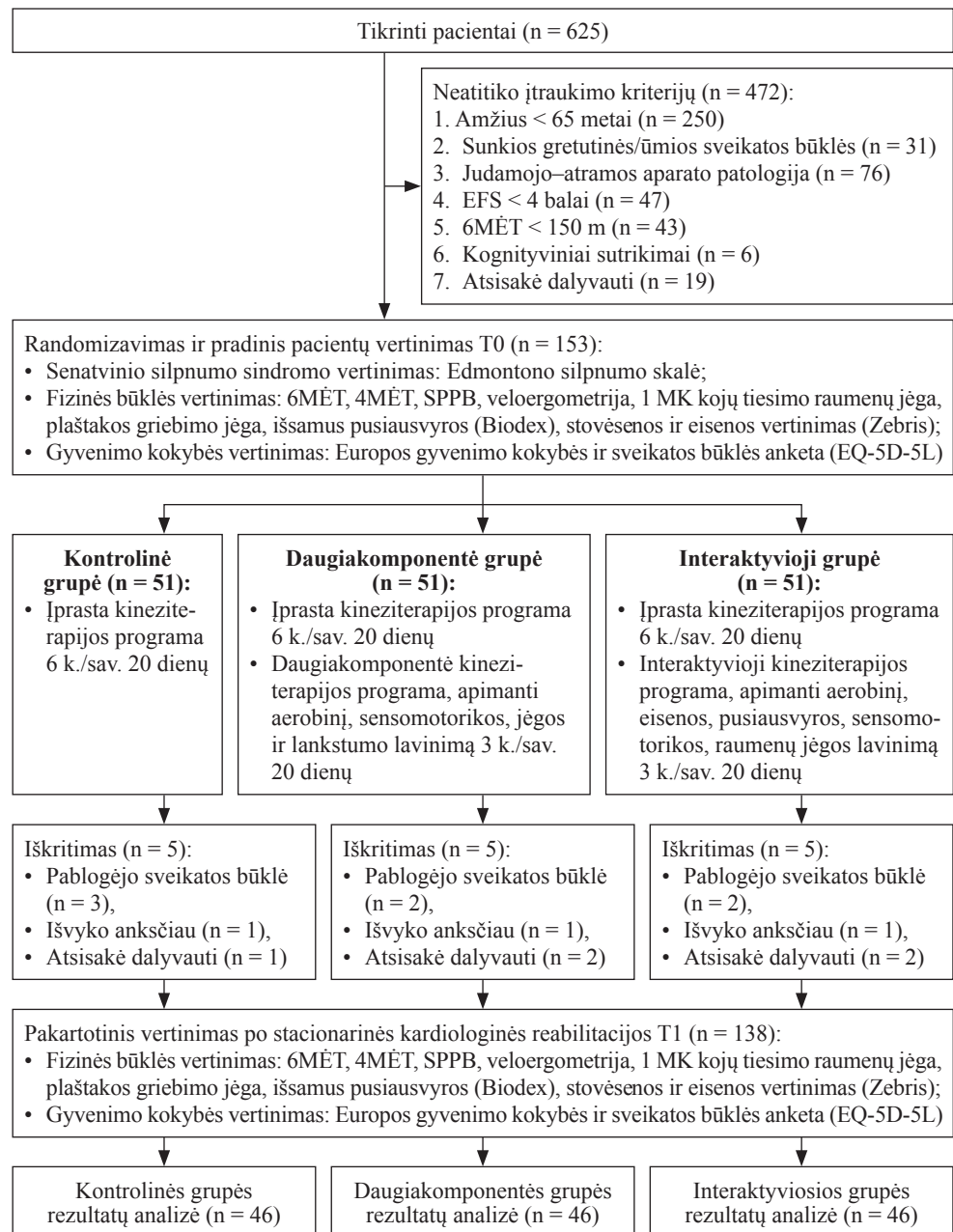
- Pažintinių funkcijų, suvokimo sutrikimai (renkama iš paciento medicininės dokumentacijos – pacientai, kurių ligos istorijoje nurodyti pažintiniai ar suvokimo sutrikimai);
- Sunkios gretutinės būklės (psichikos, regos, klausos sutrikimai, sunkus širdies nepakankamumas, ženkli anemija, komplikotos pooperacinės žaizdos gijimo problemos);
- Kitos įvairios ūmios būklės, kurios gali riboti aktyvų dalyvavimą reabilitacijos programoje ar ištyrime;
- Atsisakymas dalyvauti tyrime.

3.3. Tiriamųjų atrankos ir randomizacijos metodai

Nuo 2021 m. liepos mėn. iki 2024 m. gegužės mėn. į Kulautuvos reabilitacijos ligoninę stacionariam gydymui 20 dienų trunkančiai kardiologinei reabilitacijai atvyko 625 pacientai, kuriems buvo atlikta širdies chirurginė operacija. Iš šių pacientų, 472 pacientai nebuvo įtraukti į tyrimą, o likusieji 153, atitinkantys tyrimo įtraukimo kriterijus, buvo pakviesti dalyvauti tyrime.

Pirmąją atvykimo į medicininę kardiologinę reabilitaciją dieną, pacientus apžiūrėjo fizinės medicinos ir reabilitacijos gydytojas, jie žodžiu ir raštu informuoti apie atliekamą tyrimą, nustatytas SSS pasireiškimas ir sunkumas pagal Edmontono silpnumo skalę, paskirtas medikamentinis gydymas, rizikos veiksnių korekcija, pritaikyta baltymais praturtinta dieta bei sudarytas individualus reabilitacijos planas, kurį pagal paciento ligos anamnezę sudaryta ir parinkta kineziterapija, ergoterapija, masažas, fizikiniai veiksniai ir psichologo bei socialinio darbuotojo konsultacijos. Pacientui išklauius visas žodines ir rašytines instrukcijas apie atliekamą tyrimą, atsakius į visus iškilusius klausimus, pacientui sutikus ir pasirašius informuoto asmens sutikimo formą buvo suteiktas kodas duomenų kodavimui.

Antrąją medicininės stacionarinės reabilitacijos dieną pacientams buvo atliekamas ištyrimas: įvertinta fizinė būklė (6MĖT, 4 metrų ėjimo testas (4MĖT), veloergometrija, SPPB, pusiausvyros, eisenos, stovėsenos ištyrimas), raumenų jėga (abiejų rankų plaštakos griebimo jėga bei 1MK kojų tiesimo raumenų jėga) ir gyvenimo kokybė (EQ-5D-5L klausimynas). Po atlikto ištyrimo visi pacientai atsitiktiniu atrankos būdu 1:1:1 santykiu suskirstyti į 3 grupes „Research Randomizer“ programos pagalba: kontrolinę (KG), daugiakomponentę (DG) ir interaktyviąją (IG) grupes. Visa tyrimo schema pavaizduota 3.3.1 pav.



3.3.1 pav. Biomedicininio mokslinio tyrimo organizavimo schema

3.4. Tiriamųjų funkcinės būklės ir gyvenimo kokybės vertinimo metodai

Visą tiriamųjų vertinimą atliko kineziterapeutė (disertacijos autorė), išskyrus veloergometriją, kurią atliko gydytojas kardiologas. Disertacijos autorė rinko ir vertino anketinius pacientų duomenis (Edmontono silpnumo skalė, Europos gyvenimo kokybės ir sveikatos būklės anketa). Autorė surinko visus pacientų demografinius parametrus iš ligos istorijos (amžius, lytis, ūgis, svoris, KMI) bei klinikinius duomenis (pagrindinė diagnozė bei atliktos operacijos tipas, ŠKL rizikos veiksniai ir gretutinės ligos, kairiojo skilvelio išstūmio frakcija (KSIF), dienos po atliktos chirurginės širdies operacijos reabilitacijoje bei reabilitacijos trukmė). Taip pat disertacijos autorė vertino pacientų funkcinę būklę, atliko 6MĖT, 4MĖT, SPPB, matavo ir skaičiavo 1MK kojų tiesimo raumenų jėgą, taikė abiejų rankų dinamometriją ir stovėsenos, eisenos bei pusiausvyros išplėstinį tyrimą. Pacientų būklė buvo tirama 2 kartus: reabilitacijos pradžioje ir po 20 dienų trukusios stacionarinės medicininės kardiologinės reabilitacijos. Žemiau detaliau aprašyti disertacijoje naudoti vertinimo metodai:

Demografiniai duomenys – amžius, lytis, ūgis, svoris ir KMI – buvo renkami iš ligos istorijos. Taip pat atrinkti **klinikiniai** paciento duomenys iš ligos istorijos: KSIF, operacijos rūšis, gretutinės ligos, ŠKL rizikos veiksniai, dienų skaičius po atliktos chirurginės širdies operacijos bei reabilitacijos trukmė.

Edmontono silpnumo skalė (angl. *Edmonton Frail Scale*; EFS) (2 priedas) – SSS vertinimui naudota validuota versija lietuvių kalba. Ši skalė leidžia įvertinti įvairius SSS aspektus ir nustatyti jo sunkumą. Ji susideda iš 9 sričių, kurių bendra balų suma svyruoja nuo 0 iki 17 balų. Į skalę įtraukti 9 vertinimo kriterijai:

Pažinimo funkcijos. Pažinimo funkcijoms įvertinti yra pateikiama laikrodžio piešimo užduotis, kurios metu reikia tiksliai pažymėti nurodytas valandas. Užduotis įvertinama balais: 0 balų – klaidų nėra, 1 balas – nedidelės žymėjimo klaidos, pvz., skaičiai tik iš dalies sudaro apskritimą, vienodo ilgio rodyklės ir kt., 2 balai – kitos klaidos, pvz., nėra rodyklių, jos nupieštos netaisyklingai, skaičiai nesudaro apskritimo ar netaisyklinga skaičių seka.

Bendroji sveikatos būklė. Bendroji sveikatos būklė yra įvertinama dviem aspektais: hospitalizacijos per pastaruosius metus ir bendrosios būklės įvertinimas. Bendroji sveikatos būklė įvertinama balais: 0 balų – jei hospitalizacijų nebuvo, 1 balas – 1 ar 2 hospitalizacijos, 2 balai – daugiau nei 2 patekimai į gydymo įstaigą. Jeigu bendroji sveikatos būklė įvertinama puikiai, labai gerai ar gerai, yra skiriama 0 balų, patenkinamai – 1 balas ir blogai – 2 balai.

Funkcinis savarankiškumas. Funkcinio savarankiškumo srityje yra skaičiuojamos kasdieninės veiklos sritys, kuriose reikalinga kito asmens pagalba. Šios sritys apima maisto ruošimą, apsipirkimą, skambučius, namų tvarkymą, vaistų vartojimą, keliavimą, skalbimą ir finansų tvarkymą. Funkcinis savarankiškumas įvertinamas balais: 0 balų – jeigu nereikalinga pagalba arba pagalba reikalinga tik vienoje iš veiklų, 1 balas – jeigu pagalba reikalinga 2–4 veiklose ir 2 balai – jeigu 5–8 veiklose.

Socialinė rūpyba. Socialinės rūpybos srityje yra įvertinama kito asmens pagalba esant poreikiui. Šis aspektas įvertinamas balais: 0 balų – pagalbą gauna visada, 1 balas – pagalbą gauna kartais, ir 2 balai – niekada negauna pagalbos iš kito asmens.

Vaistų vartojimas. Vaistų vartojimo srityje yra vertinami aspektai: ar reguliariai vartojama daugiau nei 5 receptiniai vaistai bei užmaršumas išgerti paskirtus vaistus. Vaistų vartojimo sritis vertinama balais: 1 balas – reguliariai vartojama 5 ir daugiau skirtingų receptinių vaistų, kitu atveju skiriama 0 balų; 1 balas – pamirštama išgerti paskirtus vaistus, kitu atveju skiriama 0 balų.

Mityba. Mitybos srityje yra vertinamas svorio netekimas tiek, kad drabužiai tapo laisvesni. Įvertinama balais: 0 balų – ne, 1 balas – taip.

Nuotaika. Šioje srityje yra vertinama paciento nuotaika balais: 1 balas – jei dažnai juntamas liūdesys ar prislėgtumas, kitu atveju skiriama 0 balų.

Šlapimo nelaikymas. Šiame аспекte yra vertinamas paciento šlapimo nelaikymo epizodų dažnumas. Šlapimo nelaikymas vertinamas balais: 0 balų – nėra šlapimo nelaikymo epizodų, 1 balas – yra bet kokio dažnumo šlapimo nelaikymo epizodų.

Funkcinė būklė. Funkcinė paciento būklė yra vertinama atliekant 3 metrų ėjimo testą „Stok ir eik“ (TUG). Paciento yra prašoma atsisėsti ant kėdės ir atpalaiduoti nugarą bei rankas. Išgirdus žodį „eiti“, pacientas turi atsistoti ir eiti patogiu, saugiu greičiu iki žymės ant grindų, priėjus apsisukti, grįžti atgal ir atsisėsti. Laikas yra matuojamas sekundėmis, per kurį atliekamas šis testas. Funkcinė būklė yra įvertinama balais: 0 balų – jeigu užduotis atliekama per 0–10 s, 1 balas – jei per 11–20 s, 2 balai – jei daugiau nei 20 s.

Įvertinus visas devynias sritis, yra skaičiuojamas suminis rezultatas. Surinkus tam tikrą balų sumą yra vertinamas SSS sunkumas: nuo 0 iki 3 balų – sveikas, 4–5 balai – pažeidžiamas, 6–7 balai – lengvas, 8–9 balai – vidutinis, 10 ir daugiau balų sunkus SSS [112]. Šiame biomedicininame tyrime buvo įtraukti tik tie pacientai, kurie buvo pažeidžiami bei turintys SSS pasireiškimą, kitaip tariant, pacientai pagal EFS surinkę 4 balus ir daugiau (neįtraukti tik visiškai sveiki asmenys pagal EFS).

Europos gyvenimo kokybės ir sveikatos būklės anketa (angl. *EuroQoL 5-Dimensions 5-Level questionnaire*; EQ-5D-5L). Šį validuotą klausimyną

(3 priedas) sudaro penki pagrindiniai teiginiai apie judėjimą, savęs apsitarnavimą, įprastą veiklą, skausmą bei nerimą. Kiekvienas teiginys turi 5 atsakymus: 1 – visiškai neturiu sunkumų, 2 – šiek tiek turiu sunkumų; 3 – vidutiniškai turiu sunkumų, 4 – labai turiu sunkumų, 5 – aš negaliu užsiimti veikla/skausmas nepakeliamas/nepaprastai sunkus. Taip pat į šį klausimyną įeina ir esamos sveikatos būklės vertinimas vizualine analogine skale (VAS): nuo 0 iki 100 balų skalėje tiriamasis turi pažymėti esamą savo sveikatos būklę, kuomet 0 žymi blogiausią sveikatą, o 100 – geriausią kurią gali įsivaizduoti tiriamasis. EQ-5D-5L klausimyno rezultatai šioje disertacijoje pateikiami analizuojant: 1) penkias pagrindines klausimyno dimensijas; 2) VAS rezultatus [43, 191].

Veloergometrija. Veloergometrija buvo atliekama siekiant nustatyti paciento funkcinį pajėgumą išmatuojant pasiektą maksimalų krūvį (W) bei siekiant pritaikyti tinkamą ir optimalų fizinį krūvį treniruočių metu, naudojant dviratį veloergometrą (Ergoline GmbH, Bitz, Vokietija, 2014). Šio tyrimo metu, kurį atlieka gydytojas kardiologas, yra nuolat sekama paciento elektrokardiograma (EKG), širdies susitraukimų dažnis, AKS, periferinis prisotinimas deguonimi bei stebima tiriamojo subjektyvi savijauta. Visi rodikliai yra detalčiai dokumentuojami. Šio tyrimo metu krūvis veloergometru pradėtas nuo 25 W, kuris kas minutę buvo didinamas po 12,5 W. Krūvis didinamas, kol pasireiškia bent vienas iš šių požymių: EKG pokyčiai, hipotenzija (> 20 mm Hg), hipertenzija ($> 230/120$ mm Hg), krūtinės skausmas, dusulys ar kt. Pasiektas krūvio intensyvumas nustatomas W ir MET vienetais [193].

6 minučių ėjimo testas (6MĖT, angl. *6-minute walk test*). 6MĖT yra praktiškas, paprastas, klinikinis testas, kuriam reikalingas apie 30 m koridorius. Šio testo metu yra matuojamas atstumas, kurį pacientas gali greitai nueiti lygiu, kietu paviršiumi per 6 min. Atliekant šį testą yra testuojama vaikščiojimo metu dalyvaujančių sistemų, įskaitant plaučių bei širdies ir kraujagyslių sistemas, sisteminės kraujotakos, periferinės kraujotakos, neuro-raumeninės sistemas, visuotinis bei integruotas atsakas į atliekamą krūvį. 6MĖT įvertina submaksimalų funkcinį pajėgumą [194]. Testo metu yra nustatomas nueitas atstumas, įvertinamas dusulys ir nuovargis (Borgo skalė) bei užrašomi AKS, ŠSD pokyčiai.

Trumpasis fizinės funkcijos testų rinkinys (angl. *Short Physical Performance Battery*; SPPB). Šis testas sudarytas iš trijų dalių vertinimo: skirtingų pusiausvyros testavimo padėčių, atsistojimo nuo kėdės testo bei eisenos greičio vertinimo. SPPB testo balų suma yra skaičiuojama sudėjus visose užduotyse surinktus įvertinimus. Maksimali šio testo balų suma yra 12. Pusiausvyra yra vertinama tiriamajam stovint ir stengiantis išlaikyti pusiausvyrą po 10 s trijose skirtingose padėtyse (suglaustomis kojomis, pusiau tandemine padėtimi bei tandemine padėtimi). Eisenos greitis yra vertinamas 4MĖT: ėjimo

greitis yra vertinamas naudojant chronometrą (laikas matuojamas sekundėmis), per kurį prašoma tiriamojo eiti 4 metrus. Atliekami du bandymai, ir užrašomas geresnis rezultatas. Gebėjimo atsistoti nuo kėdės vertinimas yra atliekamas 5 kartus pilnai atsistojant – atsisėdant nuo kėdės taip greitai, kaip tiriamasis gali, laikant sukryžiuotas rankas ant krūtinės ir nesiremiant į aplinkinius daiktus. Jei tiriamasis nesugeba atsistoti nuo kėdės neprisilaukimas, tai yra pažymima protokole. Gebėjimas atsistoti nuo kėdės vertinimas atliekamas naudojant chronometrą (laikas matuojamas sekundėmis, per kurį tiriamasis atlieka užduotį) [114].

Netiesioginis 1 maksimalaus kartojimo (1MK) testas (angl. *Multiple-Repetition-Maximum – Exemplary Test-protocol; one-repetition maximum*). 1MK laikomas „auksiniu standartu“ vertinant dinaminę didžiausią raumenų jėgą [195, 196]. Tyrimai rodo, jog 1MK testas yra patikimas įrankis vyresnio amžiaus žmonėms, testuojant tiek viršutines, tiek apatines galūnes [197]. 1MK kojų tiesimo raumenų (angl. *leg press*) jėgos nustatymui buvo naudojamas treniruoklis HUR Smart touch 5540 (Ab HUR Oy, Kokkola, Suomija, 2015). Šis testas buvo atliktas judesių diapazone nuo 90° iki beveik ištiestų kelių ties 10° lenkimu. Tyrimo pradžioje, apšilimui, paciento buvo prašoma atlikti 15–25 submaksimalius pakartojimus (30–60 proc. numanomo maksimumo), po kurio sekė 2 min. poilsis. Tuomet buvo pradėdamas testavimas: pasirinkta pradinė apkrova, kuri siekė 50–70 proc. numanomos didžiausios apkrovos. 1MK buvo nustatomas per 5 bandymus su mažiausiai 3 min. poilsio laikotarpiais tarp bandymų. Apkrova palaipsniui didinama naudojant Borgo skalę, kol pacientas neviršija 10 pakartojimų; $Borgo \leq 15 = 40$ proc. padidėjimas, $Borgo \geq 15 = 20$ proc. padidėjimas. Visi pakartojimai turi būti atliekami atsižvelgiant į tinkamą atlikimo techniką be kompensacinių judesių, nesulaikant kvėpavimo, visoje judesio amplitudėje ir pastoviu greičiu. Neįvykdžius šių sąlygų, esant skausmui, pablogėjus sveikatos būklei, užrašomas paskutinis rezultatas (išstumtas svoris ir pakartojimų skaičius) ir tyrimas nutraukiamas [198]. Tuomet kai jau buvo žinomas išstumtas svoris ir pakartojimų skaičius, buvo pasirinktas netiesioginis 1MK nustatymas. Vieno pakartojimo maksimumas (1MK) buvo apskaičiuotas pagal Brzyckio lygtį: $1MK = \text{naudotas svoris} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{pakartojimai}))$ [154].

Dinamometrija. Abiejų rankų plaštakų griebimo jėgai matuoti naudotas rankinis hidraulinis dinamometras SH5001 (Saehan Corporation, 2008). Paciento buvo prašoma sėdėti ant kėdės, petys neutralioje padėtyje, o alkūnė sulenkta 90° kampu. Riešas laikomas 0 iki 30° dorzalinėje fleksijoje. Iš trijų bandymų buvo fiksuotas geriausias rezultatas [199]. Vertinimo metu yra matuojama plaštakos raumenų griebimo jėga. Dinamometro prietaise parodoma maksimali griebimo jėga nuo 0 iki 90 kg; rodyklė nurodo maksimalią plaštakos griebimo jėgą.

Stovėsenos ir eisenos tyrimas Zebris FDM Sistema. Tyrimo metu buvo vertinami stovėsenos (COP trajektorijos ilgis, vidutinis COP greitis, pagrindinis ašies ilgis) ir eisenos (pėdos pasisukimas, žingsnio ilgis, plotis bei laikas, vienos pusės žingsnio ilgis, žingsnio ciklo trukmė, žingsnių skaičius per minutę, ėjimo greitis, eisenos trajektorijos ilgis) parametrai. Šiems stovėsenos ir eisenos parametrų išmatuoti naudota eisenos ir stovėsenos analizės matavimo sistema su integruota į bėgimo takelį slėgio platformos plokštė (Zebris Medical, FDM, GmbH, Vokietija, 2013). Stovėsenos tyrimo metu paciento buvo prašoma atsistoti ant bėgimo takelio integruotos plokštės. Šio testo metu gaunami duomenys apie paciento stovėsenos stabilumą bei kūno padėties kontrolę, slėgio centro pokyčius. Eisenos tyrimo metu paciento buvo prašoma eiti jam priimtinu, didžiausiu galimu greičiu. Ėjimo testas buvo atliekamas 30 s, be avalynės. Visas ištyrimas buvo filmuojamas dvejomis kameromis frontalinėje ir sagitalinėje plokštumose. Eisenos ir stovėsenos duomenys buvo įrašomi kompiuterio programoje. Ištyrimo metu kompiuterio sistemos pagalba automatiškai fiksuojami stovėsenos ir eisenos rodikliai. Šiame tyrime nebuvo įtraukti jėgos pasiskirstymo parametrai nei stovėsenos, nei eisenos analizėje, nes pagrindinis tikslas buvo įvertinti pacientų kūno padėties valdymą ir stabilumą, kurią geriausiai atspindėjo COP parametrai bei atskiri eisenos elementai [6, 176].

Pusiausvyros vertinimas atliktas naudojant pusiausvyros vertinimo plokštę su pusiausvyros vertinimo sistema Biodex Balance System SD 950-440 (Biodex Medical Systems, Inc., JAV, 2015). Ši platforma matuoja kiekvienos ašies pasvirimo laipsnį, o ne COP nuokrypį. Platforma pasvyra iki 20° bet kuria kryptimi su 12 stabilumo lygių (12 yra stabiliausias, o 1 – nestabiliausias) pagal platformos pasipriešinimą pasvirimui; kiekvienas pasipriešinimas trunka maždaug 3,75 s. Mediolateralinio stabilumo indekso (MLSI), anteroposteriorinio stabilumo indekso (APSI) ir bendro stabilumo indekso (OSI) skaičiavimai gaunami sumuojant AP ir ML ašių pasvirimo laipsnius. Platformos ir paciento pėdų padėtys buvo nustatytos pagal gamintojo dokumentuose nurodomas instrukcijas, o tyrimo dalyviai atliko mCTSIB, BESS, LOS bei griuvimo rizikos indekso testus. Šioje disertacijoje parinkti pusiausvyros testai leidžia įvertinti ne tik statinę ir dinaminę paciento pusiausvyrą, bet ir leidžia interpretuoti, kaip pacientas reaguoja į sensorinius stimulus ir kaip CNS geba prisitaikyti prie pakitusių sąlygų taikant skirtingą kineziterapijos programą. Žemiau detaliau aprašyti kiekvienas iš jų [200]:

Modifikuotas klinikinis sensorinės sąveikos ir pusiausvyros testas (angl. *Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance*; mCTSIB). Šis testas vertina pusiausvyros ir sensorinių sistemų gebėjimą reaguoti į pasikeitusias sąlygas. Šis testas yra modifikuota originalaus CTSIB versija. mCTSIB testą sudaro keturios sąlygos: 1 sąlyga – atmerktos akys ant tvirto paviršiaus

apibūdinama kaip pradinė būseną, kai tikslas yra išlaikyti vertikalią padėtį būnant ant kieto paviršiaus. Ši būseną apima regos, vestibulinius ir somatosensorinius signalus; 2 sąlyga – užmerktos akys ant tvirto paviršiaus pašalina regos signalą, kad būtų galima įvertinti vestibulinius ir somatosensorinius signalus; 3 sąlyga – atmerktos akys ant dinaminio paviršiaus, tai regos ir vestibulinių signalų sąveikos vertinimas; 4 sąlyga – užmerktos akys ant dinaminio paviršiaus, atskirų vestibulinių signalų vertinimas. Įvykdžius visas šias sąlygas yra skaičiuojami atskirų padėčių bei bendras svyravimo indeksas. Kuo mažesnis svyravimo indeksas, tuo geresnė pusiausvyros kontrolė (3.4.1 lentelė) [201].

3.4.1 lentelė. mCTSIB testo sąlygos

Statinis (stabilus/kietas pagrindas)	Akys atmerktos	Pradinė būseną: vizualinis, vestibulinis, sensorinis atsakas
	Akys užmerktos	Vestibulinis, somatosensorinis atsakas
Dinaminis (nestabilus/minkštas) pagrindas	Akys atmerktos	Vizualinis ir vestibulinis atsakas
	Akys užmerktos	Vestibulinis atsakas

Pusiausvyros klaidų vertinimo sistema (angl. *Balance Error Scoring System; BESS*). Šio testo metu skaičiuojamas bendras bei atskirų padėčių stabilumo indeksas trijose pagrindinėse padėtyse ant dviejų skirtingų paviršių: stovint ant statinio (stabilaus, kieto) bei dinaminio (nestabilaus, minkšto) paviršiaus suglaustomis kojomis, stovint ant vienos kojos bei tandeminėje padėtyje. Akys visose padėtyse atmerktos, rankos laikomos ant klubų, kiekviena padėtis laikoma 20 s (3.4.2 lentelė) [200, 202].

3.4.2 lentelė. BESS testo sąlygos

Suglaustos kojos	Statinis (stabilus/kietas pagrindas)
	Dinaminis (nestabilus/minkštas) pagrindas
Ant vienos kojos	Statinis (stabilus/kietas pagrindas)
	Dinaminis (nestabilus/minkštas) pagrindas
Tandeminė padėtis	Statinis (stabilus/kietas pagrindas)
	Dinaminis (nestabilus/minkštas) pagrindas

Stabilumo ribos testas (angl. *limits of stability; LOS*). Tai testas, skirtas įvertinti dinaminį kūno padėties valdymą ir tiriamojo gebėjimą valingai perkelti savo kūno svorio centrą siekiant vizualiai mirksinčio žymeklio, nekeičiant atramos ploto. Tyrimo metu pacientas stovi be avalynės, kojų padėtis nustatyta pagal gamintojo instrukcijoje nurodytus reikalavimus. Rankų padėtis šonuose, žvilgsnis nukreiptas į ekraną. Testas buvo kartojamas

3 kartus. Kiekvieno testo metu pacientui buvo pateikiama vizualinė 8 krypčių užduotis (į priekį, atgal, į kairę, į dešinę, keturiomis įstrižomis kryptimis), kurios metu tiriamasis turi perkelti savo kūno svorio centrą taip, kad ekrane rodomas žymeklis kuo greičiau ir tiksliau pasiektų mirksintį taikinį, kuo mažiau nukrypdamas nuo judėjimo trajektorijos, o vėliau sugrįžtų į centrinę padėtį. Tas pats procesas kartojamas kiekvienam taikiniui. Ekrane esantys taikiniai, kuriuos pacientas turi pasiekti, mirksi atsitiktine tvarka. Visiems pacientams buvo taikomas toks pat taikinių atstumas (2 lygis). Rezultatas pateikiamas procentine išraiška atskirai kiekvienai krypčiai bei skaičiuojamas visų krypčių bendras rezultatas. Didesnis procentas rodo geresnę pusiausvyros kontrolę [203].

Griuvimo rizikos (angl. *fall risk*) indeksas parodo tiriamojo griuvimo riziką pagal amžiaus grupę. Griuvimo rizikos indeksas parodo kūno padėties stabilumą, kuris yra apskaičiuojamas pagal kūno svorio centro svyravimus įvairiomis kryptimis esant nestabiliai platformai 20 s. Kuo didesnis indekso įvertinimas, tuo kūno padėties valdymo kontrolė yra blogesnė ir griuvimo rizika yra didesnė. Didesni nei norminės vertės balai rodo, kad reikia toliau vertinti apatinių galūnių jėgą, propriocepriją ir vestibulinius ar regos sutrikimus [200].

3.5. Tiriamųjų grupių ir taikytų kineziterapijos programų aprašymas

Visiems pacientams, atvykusiems į kardiologinę reabilitaciją yra suteikiama 20 dienų stacionarinė kardiologinė reabilitacija. Reabilitacijos procedūros, jų skaičius, reabilitacijos trukmė buvo parinkti remiantis tyrimo metu galiojusiu Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro galiojančiu V-50 įsakymu „Dėl medicininės reabilitacijos ir sanatorinio (antirecidyvinio) gydymo organizavimo“. Visoms trimis grupėms – kontrolinei, daugiakomponentei ir interaktyviajai – buvo taikoma įprastinė ir standartiškai taikoma kineziterapijos programa stacionarinėje kardiologinėje reabilitacijoje. Daugiakomponentės grupės pacientams papildomai 3 k./sav. buvo taikoma daugiakomponentė kineziterapijos programa, o interaktyviosios grupės pacientams papildomai 3 k./sav. – interaktyvioji kineziterapijos programa. Prieš pradedant reabilitacijos programą, kiekvienas tyrimo dalyvis buvo testuojamas atliekant veloergometrijos mėginį, siekiant nustatyti optimalius fizinio krūvio parametrus ir užtikrinti individualiai pritaikytą fizinį krūvį kineziterapijos procedūrose. Visų taikytų programų aprašymas pateiktas 3.5.1 lentelėje.

3.5.1 lentelė. Detalus visų grupių kineziterapijos programų aprašymas

Veiklos rūšis	Charakteristika	Aprašymas
(A) Iprastinė kineziterapijos programa		
Aerobinės ištvermės treniruotės su велоergometru	<u>Dažnumas:</u> 6 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> lengvas–vidutinis (Borgo 9–13) <u>Trukmė:</u> iki 40–45 min. <u>Tipas:</u> aerobinė ištvermė	Apšilimo fazė: < 50 proc. tikslinio intensyvumo 2 min., palaipsniui didinant krūvį 1–10 W/min. iki tikslinio intensyvumo per 5–10 min. Treniravimo fazė: krūvis pradedamas lengvu intensyvumu ($\dot{V}SD_{max}$ 55–69 proc.; $\dot{V}SD_{rezervas}$ 40–59 proc.; W_{max} 50–70 proc.). Pradinė trukmė 5 min., palaipsniui didinant trukmę iki 30 min., o intensyvumas – iki vidutinio. Atsigavimo fazė: palaipsniui mažinant krūvį per 5 min. [23, 204]
Tempimo pratimai	<u>Dažnumas:</u> 7 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> lengvas arba vidutinis (Borgo 9–13) <u>Trukmė:</u> 10 min. <u>Tipas:</u> pasyvus tempimas ir judesių amplitudės pratimai	Pratimai pagrindinėms raumenų grupėms buvo atliekami po aerobinių pratimų. Statinis tempimas buvo atliekamas 30 s, po to atsipalaidavimas iki 30 s. Tempimo pratimai pagrindinėms viršutinės ir apatinės galūnių raumenų grupėms, siekiant padidinti judesių amplitudę.
Kvėpavimo pratimai	<u>Dažnumas:</u> 7 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> lengvas (Borgo 9–11) <u>Trukmė:</u> 10 min. <u>Tipas:</u> diafragminis kvėpavimas	Diafragmos pratimai, prižiūrimi ir derinami su rankų judesiais kiekvienam pacientui.

3.5.1 lentelės tęsinys

Veiklos rūšis	Charakteristika	Aprašymas
(B) Daugiakomponentė kineziterapijos programa		
Aerobinis aktyvumas	<u>Dažnumas:</u> 3 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> vidutinis (Borgo 12–13) <u>Trukmė:</u> 20–30 min. <u>Tipas:</u> aerobinė ištvėmė	Lipimas laiptais, ėjimas, važiavimas dviračiu ar kita ciklinė aerobinė veikla.
Sensomotorinis treniravimas	<u>Dažnumas:</u> 3 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> lengvas arba vidutinis (Borgo 9–13) <u>Trukmė:</u> 15–20 min. <u>Tipas:</u> sensomotorinis, pusiausvyros, koordinacijos, propriocepsijos	Apima kūno padėties valdymą, dinaminę pusiausvyrą, propriocepsiją, koordinaciją. Iš pradžių pratimai buvo atliekami mažinant atramos paviršiaus plotą, o vėliau naudojant nestabilius paviršius (nestabilias plokštumas, takelius).
Raumenų jėga	<u>Dažnumas:</u> 3 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> pradedant nuo lengvo (30 proc. 1MK) ir didėjant iki vidutinio–intensyvaus (Borgo 9–17) <u>Apimtis:</u> 8–10 pratimų (3 serijos, 10 pakartojimų) <u>Tipas:</u> jėgos	Treniruotės su elastingomis pasipriešinimo juostomis raumenų jėgai didinti (kiekvienam pacientui parenkama individualiai tam tikros spalvos juosta, atsižvelgiant į pasipriešinimą). Naudotos geltonos, raudonos, žalios ir mėlynos spalvos juostos (geltona – lengviausias, mėlyna – sunkiausias pasipriešinimas). Reabilitacijos eigoje juostos spalva ir pasipriešinimas buvo keičiamas atsižvelgiant į paciento fizinę būklę, dusulį. Pagrindinių viršutinių bei apatinių galūnių raumenų grupių raumenų jėgos didinimui naudoti svareliai (reabilitacijos eigoje palaipsniui didinant svorį nuo 0,5 iki 2 kg).

3.5.1 lentelės tęsinys

Veiklos rūšis	Charakteristika	Aprašymas
(C) Interaktyvioji kineziterapijos programa		
Eisenos lavinimas ir aerobinis aktyvumas	<u>Dažnumas</u>: 3 k./sav. <u>Intensyvumas</u>: vidutinis (Borgo 12–13) <u>Trukmė</u>: 20–30 min. <u>Tipas</u>: eisenos lavinimas, aerobinė ištvermė	Eisenos lavinimui skirtos 10–15 min. trukmės treniruotės su „Biodex GaitTrainer™ 3“ bėgimo takeliu su garsiniu ir vaizdiniu grįžtamuosiu ryšiu (ėjimo greitis buvo parenkamas individualiai pagal T0 testo duomenis; diapazonas 0,5–3,3 km/val.). Eisenos, ištvermės, reakcijos laiko gerinimui 10–15 min. naudota „Zebris FDMT“ treniruočių platforma, kuri leidžia virtualiai sukurti kliūtis, taip imituojant realią paciento aplinką ir tuo pačiu metu atliekant kognityvines užduotis (ėjimo greitis buvo parenkamas individualiai pagal T0 testo duomenis; diapazonas 0,5–3,3 km/val.). Šie prietaisai vienas kitą papildo, „Zebris FDMT“ papildomai leidžia treniruoti paciento kognityvines funkcijas.
Sensomotorinis treniravimas	<u>Dažnumas</u>: 3 k./sav. <u>Intensyvumas</u>: lengvas arba vidutinis (Borgo 9–13) <u>Trukmė</u>: ~20 min., kiekvienas treniruotės režimas trunko 3 min. <u>Tipas</u>: sensomotorinis, pusiausvyros, koordinacijos, propriocepcijos	Sensomotorikai, pusiausvyros, koordinacijos ir propriocepcijos lavinimui naudota sistema („Biodex Balance SD“) su integruota platforma, stebintia kūno svorio centro pokyčius, naudotas statinis, dinaminis pagrindas, minkštas ir kietas paviršiai. Įtrauktos šios programos: Kūno padėties stabilumo (angl. <i>postural stability training</i>) – kineziterapeutas uždeda žymeklius bet kurioje ekrano tinklelio vietoje, kuriuos reikia pasiekti. Taip yra sukuriami konkretūs judėjimo modeliai arba strategijos; Stabilumo ribos (angl. <i>limits of stability</i>) – skirtas paskatinti pacientą atlikti judesio modelį keičiant svorio centrą, siekiant pasiekti mirksintį žymeklį 8 kryptimis. Programa leidžia naudoti 3 skirtingus atstumus iki žymeklio. Svorio perkėlimo (angl. <i>weight shift</i>) – paciento užduotis yra perkelti svorį vidurinėje/šoninėje, priekinėje/užpakalinėje ir įstrižinėje plokštumose. Šios treniruotės metu tikslinė zona, apibrėžta dviem lygiagrečiomis linijomis, gali būti pasukta į bet kurią iš trijų padėčių, o nukrypimo tikslinėje srityje dydį galima modifikuoti, kad būtų galima atlikti svorio perkėlimą nuo riboto iki sunkiausio laipsnio.

3.5.1 lentelės tęsinys

Veiklos rūšis	Charakteristika	Aprašymas
(C) Interaktyvioji kineziterapijos programa (tęsinys)		
Sensomotorinis treniravimas (tęsinys)	(tęsinys) <u>Dažnumas:</u> 3 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> lengvas arba vidutinis (Borgo 9–13) <u>Trukmė:</u> ~20 min., kiekvienas treniruotės režimas trunko 3 min. <u>Tipas:</u> sensomotorinis, pusiausvyros, koordinacijos, propriocepcijos	Labirinto valdymo (angl. <i>maze control</i>) – šis režimas leidžia pacientui sekti atkartojamą judėjimo modelį labirinte tiek statinėje, tiek dinaminėje aplinkoje. Trys įgūdžių lygiai leidžia modifikuoti labirintą, kad pacientui būtų galima lengvai arba sudėtingai judėti. Nustatytos labirinto ribos reikalauja kuo tikslesnio judesio atlikimo. Atsitiktinės kontrolės (angl. <i>random control</i>) – paciento svorio centras yra taškas ir aplink jį yra nuolat padėti keičiantis taikinys. Taikinio dydį ir greitį galima keisti, kad būtų galima palaipsniui pereiti nuo lengvo iki sunkaus režimo. Statiniu režimu pacientas gali dirbti savo svyravimo ribose, kad judintų žymeklį ir bandytų jį išlaikyti judančiame taikinyje. Dinaminiu režimu pacientas turi naudoti įvairias klubo, kelio ir čiurnos strategijas, kad manipuluotų judančios platformos žymekliu, kad jis būtų atsitiktinio judančio taikinio viduje. Procentinio svorio paskirstymo (angl. <i>percent weight-bearing</i>) – teikia grįžtamąjį ryšį realiuoju laiku apie paciento pėdos, čiurnos, kelio, klubo, kūno pusės ir kt. svorio išlaikymą procentais. Šiuo režimu galima nustatyti tikslus, kurie skatina pacientus sutelkti dėmesį į procentinio svorio išlaikymą atliekant priekinius, užpakalinius, vidurinius ir šoninius judesius. Tokiu būdu galima perteikti paciento kūno svorio buvimo vietą, vietą ir pojūtį. Gaudymo žaidimo – tai žaidybinė treniruotė, kurios metu gaudant išmestą kamuolį, keičiant savo svorio centrą yra gerinamas reakcijos greitis.
Raumenų jėga	<u>Dažnumas:</u> 3 k./sav. <u>Intensyvumas:</u> pradedant nuo lengvo (30 proc. 1MK) ir didėjant iki vidutinio–intensyvaus (Borgo 9–17) <u>Apimtis:</u> 8–10 pratimų (3 serijos, 10 pakartojimų) <u>Tipas:</u> jėgos	Raumenų jėgos lavinimui naudotas išmanusis pneumatinės technologijos pagrindu veikiantis HUR treniruoklis. Programos metu buvo lavinamos pagrindinės viršutinių ir apatinių galūnių raumenų grupės. Pagrindiniai pratimai su HUR treniruokliu: žasto atitraukimas, lenkimas, tiesimas bei vidinės, išorinės rotacijos, blauzdos lenkimas, tiesimas, šlaunies lenkimas, tiesimas, atitraukimas, pritraukimas, išorinės, vidinės rotacijos.

3.6. Tyrimo imties dydis

Į tyrimą įtrauktų pacientų skaičius (imties dydis) buvo apskaičiuotas remiantis numatytu SPPB balo rezultatų pokyčiu. Imties dydis pagrįstas 80 proc. galia ($\beta = 0,2$) bei tikėtinu 10 proc. pacientų atkryčiu ir 95 proc. statistiniu reikšmingumu ($\alpha = 0,05$; $p = 0,05$). Imties dydis buvo apskaičiuotas remiantis tyrimo galia. Atlikus literatūros analizę, surinkti duomenys iš panašių tyrimų ir buvo skaičiuojama imtis. Imties dydžio skaičiavimui pasitelkta formulė:

$$n = \frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta}\right)^2 \times (s_1^2 + s_2^2)}{d^2},$$

kur: n – minimalus imties dydis; $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ – Gauso skirstinio $(1-\frac{\alpha}{2})$ eilės kvantilis; $1-\beta$ – tyrimo galia; s_1^2 – vienos grupės požymio dispersija; s_2^2 – kitos grupės požymio dispersija; d – vidurkių skirtumo nustatymo paklaida.

Nustatyta, jog minimalus reikšmingas SPPB testo pokytis skaičiuojant imties dydį – 1 balas, reikalingas imties tūris yra 46 pacientai kiekvienoje grupėje, kadangi tiriamosios grupės yra 3, tuomet bendras įtrauktų tiriamųjų skaičius 138. Kadangi tiriami vyresnio amžiaus pacientai, kuriems po širdies chirurginės operacijos pasireiškia ritmo sutrikimai, kaupiasi skystis pleuroje, žaizdos gijimo ar kitos komplikacijos, pacientų kardiologinė rehabilitacija tokiais atvejais gali būti nutraukiama ir jie iškeliami stacionariniam gydymui į kitą ligoninę. Dar kita dalis nebaigę rehabilitacijos dėl asmeninių priežasčių išvyksta anksčiau namo, todėl yra galimybė, kad ne visi pacientai dalyvaus tyrime iki jo pabaigos. Buvo manoma, kad galimas pacientų atkrytis galėtų būti apie 10 proc., todėl į šį tyrimą reiktų įtraukti 153 pacientus.

3.7. Statistinė analizė

Statistinė analizė atlikta naudojant Microsoft Excel 2019 ir IBM SPSS Statistics 29.0 programą. Kiekybinių kintamųjų normalumo tikrinimui buvo pasirinktas Šapiro–Vilko testas. Pagal kokybinius požymius grupių homogeniškumui buvo naudotas χ^2 kriterijus, taip pat taikytas tikslusis Fišerio kriterijus (esant mažam atvejų skaičiui). Trijų nepriklausomų grupių lyginimui kuomet duomenys netenkinio normalumo prielaidos taikytas neparametrinis Kruskalo–Voliso kriterijus. Daugkartiniams poriniams palyginimams naudotas Bonferonio kriterijus. Priklausomoms imtims taikytas neparametrinis Vilkoksono kriterijus (duomenys netenkinio normalumo prielaidos). Siekiant

nustatyti prognozinis veiksnys, susijusius su SSS sunkumu (0 – pažeidžiamas, lengvas, 1 – vidutinis, sunkus SSS) analizei naudota binarinė logistinė regresija. Taikytoje logistinės regresijos analizėje, visi funkcinės būklės kintamieji buvo dichotomizuoti remiantis imties mediana, siekiant aiškiau interpretuoti gautus klinikinius rezultatus (pavyzdžiui, remiantis kojų tiesimo 1MK raumens jėgos mediana, tiriamieji suskirstomi į dvi grupes: ≤ 32 kg ir > 32 kg). Atliekant logistinę regresiją, buvo vertinamas ir nepriklausomų kintamųjų multikolinearumas: jis matuotas taikant VIF koeficientą, o modelio tinkamumo įvertinimui – determinacijos koeficientas (R^2). Kintamasis laikytas per daug multikolinearus, jei VIF buvo > 4 . Logistinės regresijos rezultatuose pateikiami nepriklausomų kintamųjų galimybių santykiai (GS) ir pasikliautiniai intervalai (95 proc. PI). Duomenys laikomi statistiškai reikšmingais, kuomet $p < 0,05$. Kokybiniai kintamieji pateikiami kaip absoliuti reikšmė su procentais. Kadangi visi kiekybiniai kintamieji nevykdė normalumo sąlygos yra pateikiami kaip mediana ir tarpkvartilinis plotis (IQR).

Efekto dydžio skaičiavimui, kuomet buvo atliekamas dviejų imčių palyginimas, buvo naudota formulė [205]:

$$r = \frac{Z}{\sqrt{n}},$$

kur: r – efekto dydis tarp 2 grupių; Z – testo statistika; n – bendras stebėjimų skaičius, kuriuo pagrįstas Z .

Efekto dydis buvo interpretuojamas pagal Coheno rekomendacijas: mažas ($r = 0,10$), vidutinis ($r = 0,30$), didelis ($r = 0,50$) [206].

Efekto dydžio skaičiavimui, kuomet buvo atliekamas trijų imčių palyginimas, buvo naudota formulė [205]:

$$E_R^2 = \frac{H}{(n^2 - 1) / (n + 1)},$$

kur: E_R^2 – efekto dydis tarp 3 grupių, kuris įgyja reikšmę nuo 0 (rodo, kad nėra ryšio) iki 1 (rodo, kad ryšys yra idealus); H – Kruskalo–Voliso testo metu gauta reikšmė (Kruskalo–Voliso H testo statistika); n – bendras stebėjimų skaičius.

Efekto dydis buvo interpretuojamas pagal Coheno R^2 tipo efekto dydžio ribas, kurios pritaikytos neparametriniams kriterijams: mažas ($\epsilon = 0,01$), vidutinis ($\epsilon = 0,06$), didelis ($\epsilon = 0,14$) [206, 207].

4. TYRIMO REZULTATAI

4.1. Pradinės aprašomosios tiriamųjų charakteristikos

Pirmąją stacionarinės kardiologinės reabilitacijos dieną buvo tikrinamas visų atvykusių pacientų tinkamumas dalyvauti moksliniame tyrime ($n = 625$). Iš šių pacientų, 153 pacientai atitiko tyrimo įtraukimo kriterijus, buvo supažindinti su tyrimo eiga ir pakviesti dalyvauti moksliniame tyrime. Tuomet pacientai atsitiktiniu atrankos būdu buvo suskirstyti į 3 grupes: kontrolinę (KG; $n = 51$), daugiakomponentę (DG; $n = 51$) bei interaktyviąją (IG; $n = 51$). Tyrimo eigoje, dėl įvairių priežasčių (pablogėjusios sveikatos būklės, kardiologinės reabilitacijos nutraukimo anksčiau laiko bei atsisakymo dalyvauti tyrime) iš visų grupių iškrito po 5 tiriamuosius, todėl iš visų į tyrimą pakviestų 153 tiriamųjų, tyrimą sėkmingai užbaigė po 46 pacientus kiekvienoje grupėje (KG $n = 46$; DG $n = 46$; IG $n = 46$). Šių pacientų demografiniai, klinikiniai duomenys yra pateikti 4.1.1 lentelėje. Tiriamosios populiacijos amžiaus mediana buvo 71 (IQR 68; 76) metai; vyrų buvo daugiau nei moterų (66,7 ir 33,3 proc. atitinkamai). Visi tiriamieji pacientai įtraukti į tyrimą buvo po chirurginės širdies operacijos; dažniausiai pacientams atlikta aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija (63,8 proc.). Visų pacientų KSIF mediana buvo normali – 50 proc. (IQR 45; 55). Tarp ŠKL rizikos veiksnių ir gretutinių ligų dažniausiai pasireiškė arterinė hipertenzija (90,6 proc.), dislipidemija (79 proc.), paroksizminis prieširdžių virpėjimas (22,5 proc.) bei II tipo cukrinis diabetas (18,1 proc.). Populiacijoje pasireiškė ir daugiau ŠKL rizikos veiksnių ir gretutinių ligų, tačiau jos nebuvo dažnos tiriamųjų tarpe: skeleto ir raumenų sistemos ligomis sirgo 15 pacientų (10,9 proc.), rūkė 14 pacientų (10,1 proc.) bei onkologinėmis ligomis sirgo 12 pacientų (8,7 proc.). Lėtinė obstrukcinė plaučių liga ir depresija buvo retai aptinkama tarp tiriamųjų. Visiems tiriamiesiems pacientams daugiausia buvo nustatyta II širdies nepakankamumo klasė pagal Niujorko širdies asociaciją (83,3 proc.). Pacientai į antrąją reabilitacijos etapą atvyko praėjus 14 dienų (IQR 12; 18) po širdies chirurginės operacijos ir stacionarinėje kardiologinėje reabilitacijoje praleido 20 (IQR 18; 20) dienų.

KG, DG ir IG buvo homogeniškos pagal visas tiriamas charakteristikas, išskyrus svorį ir ūgį. Analizė parodė, kad pacientų ūgis reikšmingai skyrėsi tarp KG ir DG, taip pat DG ir IG, o DG ir IG nebuvo homogeniškos pagal svorį. Tačiau reikšmingo KMI skirtumo, lyginant visas tirtas grupes, nebuvo ($p = 0,313$).

4.1.1 lentelė. Pradinės aprašomosios tiriamųjų charakteristikos bei kontrolinės, daugiakomponentės ir interaktyviosios grupių palyginimas

Charakteristika	Visi (n = 138)	KG (n = 46)	DG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Amžius, metai	71 (68;76)	72,50 (68,75; 77)	71,50 (67; 72,25)	71 (68; 74,25)	0,410
Moterys, n (proc.)	46 (33,3)	10 (21,7)	19 (41,3)	17 (37)	0,113
Vyrai, n (proc.)	92 (66,7)	36 (78,3)	27 (58,7)	29 (63)	
Ūgis, m	169,50 (162,75; 174)	171 (164,50; 176) ^a	165 (158,75; 173) ^{a,b}	170 (163,75; 175,25) ^b	0,012
Svoris, kg	78,50 (70; 89)	77 (69,50; 89)	75,50 (65,75; 84,25) ^a	82 (73,5; 95) ^a	0,039
KMI, kg/m ²	28,08 (24,27; 30,82)	27,68 (23,97; 30,48)	27,60 (24,42; 30,37)	29,21 (24,44; 32,07)	0,313
KS IF (proc.)	50 (45; 55)	50 (40; 55)	50 (43,75; 55)	50 (45; 55)	0,161
Dienos po chirurginės širdies operacijos	14 (12; 18)	14,50 (12,75; 20)	14 (12; 18)	14 (11; 16,25)	0,117
KR trukmė, dienos	20 (18; 20)	20 (17,75; 20)	20 (18; 20)	19 (17; 20)	0,199
Atlikta operacija, n (proc.)					
AVAJO	88 (63,8)	27 (58,7)	29 (63)	32 (69,6)	0,856
Širdies vožtuvų chirurginė operacija	20 (14,5)	7 (15,2)	7 (15,2)	6 (13)	
Kombinuota (AVAJO ir vožtuvų) chirurginė operacija	30 (21,7)	12 (26,1)	10 (21,8)	8 (17,4)	

4.1.1 lentelės tęsinys

Charakteristika	Visi (n = 138)	KG (n = 46)	DG (n = 46)	IG (n = 46)	p
ŠKL rizikos veiksniai ir gretutinės ligos, n (proc.)					
Arterinė hipertenzija	125 (90,6)	42 (91,3)	42 (91,3)	41 (89,1)	> 0,99
Dislipidemija	109 (79)	40 (87)	36 (78,3)	33 (71,7)	0,199
II tipo cukrinis diabetas	25 (18,1)	7 (15,2)	7 (15,2)	11 (23,9)	0,458
Rūkymas	14 (10,1)	5 (10,9)	2 (4,3)	7 (15,2)	0,221
Depresija	2 (1,4)	1 (2,2)	1 (2,2)	0 (0)	> 0,99
Skeleto ir raumenų sistemos ligos	15 (10,9)	5 (10,9)	2 (4,3)	8 (17,4)	0,133
Onkologinės ligos	12 (8,7)	5 (10,9)	5 (10,9)	2 (4,3)	0,591
LOPL	3 (2,2)	0 (0)	2 (4,3)	1 (2,2)	0,772
Prieširdžių virpėjimas, n (proc.)					
Paroksizminis	31 (22,5)	10 (21,7)	10 (21,7)	11 (23,9)	0,984
Lėtinis	11 (8)	5 (10,9)	3 (6,5)	3 (6,5)	
Persistentinis	3 (2,2)	1 (2,2)	1 (2,2)	1 (2,2)	
Širdies nepakankamumas pagal Niujorko širdies asociacijos klasę, n (proc.)					
I klasė	2 (1,5)	1 (2,2)	1 (2,2)	0 (0)	0,088
II klasė	115 (83,3)	40 (86,9)	33 (71,7)	42 (91,3)	
III klasė	21 (15,2)	5 (10,9)	12 (26,1)	4 (8,7)	

Duomenys išreikšti mediana (tarpkvartilinių pلوčių) nebent nurodyta kitaip. KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė; KMI – kūno masės indeksas; KS IF – kairiojo skilvelio išstūmimo frakcija; KR – kardiologinė reabilitacija; AV/AJO – aortos ir vainikinių arterijų jungčių suformavimo operacija; ŠKL – širdies ir kraujagyslių ligos; LOPL – lėtinė obstrukcinė plaučių liga; ^{a,b} – vienodos raidės žymi statistiškai reikšmingą skirtumą tarp grupių.

4.2. Pacientų senatvinio silpnumo sindromo vertinimas po chirurginės širdies operacijos

Visiems pacientams, atvykusiems į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją, reabilitacijos pradžioje buvo vertinamas SSS Edmontono silpnumo skale. Pagal pradinius šios skalės rezultatus, grupės buvo homogeniškos, išskyrus polifarmacijos ir svorio praradimo komponentus ($p < 0,05$). Atlikus statistinę analizę, paaiškėjo, jog daugiau nei 5 skirtingus receptinius vaistus vartoja po 40 tiriamųjų KG ir IG, tuo tarpu DG – 30 tiriamųjų. Šis skirtumas tarp grupių buvo statistiškai reikšmingas ($p = 0,011$). Tarp tų pačių grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ir svorio praradimo komponente ($p = 0,002$). Nors šiuose atskiruose SSS skalės komponentuose (polifarmacijos bei svorio netekimo) buvo nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai, tačiau bendras Edmontono silpnumo skalės įvertinimo balas ir SSS sunkumas tarp visų trijų grupių nesiskyrė ($p > 0,05$). Kardiologinės reabilitacijos pradžioje daugiausia tiriamųjų buvo pažeidžiami arba turėjo lengvą SSS (po 41,3 proc.). Tik 4 (2,9 proc.) tiriamieji turėjo sunkų SSS. Visi Edmontono silpnumo skalės duomenys pateikti 4.2.1 lentelėje.

4.2.1 lentelė. Senatvinio silpnumo sindromo vertinimas Edmontono silpnumo skale pacientams po chirurginės širdies operacijos bei kontrolinės, daugiakomponentės ir interaktyviosios grupių palyginimas

SSS skalės komponentai		Visi (n = 138)	KG (n = 46)	DG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Bendras senatvinio silpnumo sindromo sunkumas, n (proc.)						
Pažeidžiamas		57 (41,3)	19 (41,3)	19 (41,3)	19 (41,3)	0,833
Lengvas		57 (41,3)	19 (41,3)	20 (43,5)	18 (39,1)	
Vidutinis		20 (14,5)	8 (17,4)	5 (10,9)	7 (15,2)	
Sunkus		4 (2,9)	0 (0)	2 (4,3)	2 (4,3)	
Pažinimo funkcijos, n (proc.)						
Laikrodžio piešimo teste klaidų nėra		23 (16,7)	8 (17,4)	5 (10,9)	10 (21,7)	0,431
Nedidelės klaidos atliekant laikrodžio piešimo testą		26 (18,8)	7 (15,2)	8 (17,4)	11 (23,9)	
Kitos klaidos atliekant laikrodžio piešimo testą		89 (64,5)	31 (67,4)	33 (71,7)	25 (54,3)	
Bendroji sveikatos būklė, n (proc.)						
Hospitalizacijų nebuvo		2 (1,4)	2 (4,3)	0 (0)	0 (0)	0,195
Hospitalizacija 1–2 kartai per metus		119 (86,2)	41 (89,1)	39 (84,8)	39 (84,8)	
Hospitalizacija >2 kartai per metus		17 (12,3)	3 (6,5)	7 (15,2)	7 (15,2)	
Sveikatos būklė puiki, labai gera, gera		27 (19,6)	6 (13)	9 (19,6)	12 (26,1)	0,132
Sveikatos būklė patenkinama		109 (79)	40 (87)	35 (76,1)	34 (73,9)	
Sveikatos būklė bloga		2 (1,4)	0 (0)	2 (4,3)	0 (0)	
Funkcinis savarankiškumas, n (proc.)						
Nepriklausomas arba reikalinga pagalba tik 1 veikloje		100 (72,5)	38 (82,6)	30 (65,2)	32 (69,6)	0,396
Reikalinga pagalba 2–4 veiklose		32 (23,2)	6 (13)	14 (30,4)	12 (26,1)	
Reikalinga pagalba 5–8 veiklose		6 (4,3)	2 (4,3)	2 (4,3)	2 (4,3)	

4.2.1 lentelės tęsinys

SSS skalės komponentai		Visi (n = 138)	KG (n = 46)	DG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Socialinė rūpyba, n (proc.)						
Prireikus pagalbos yra žmogus, kuris galėtų padėti		131 (94,9)	43 (93,5)	45 (97,8)	43 (93,5)	0,701
Pagalba suteikiama kartais		7 (5,1)	3 (6,5)	1 (2,2)	3 (6,5)	
Vaistų vartojimas, n (proc.)						
Vartojama daugiau nei 5 skirtingi receptiniai vaistai		110 (79,7)	40 (87) ^a	30 (65,2) ^{a,b}	40 (87) ^b	0,011
Pamirštama išgerti vaistus		33 (23,9)	8 (17,4)	10 (21,7)	15 (32,6)	0,212
Mityba, n (proc.)						
Toks svorio praradimas, jog drabužiai tapo laisvesni		55 (39,9)	21 (45,7) ^a	9 (19,6) ^{a,b}	25 (54,3) ^b	0,002
Nuotaika, n (proc.)						
Juntamas liūdesys ar prislėgtumas		39 (28,3)	13 (28,3)	16 (34,8)	10 (21,7)	0,381
Šlapimo nelaikymas, n (proc.)						
Patiriami keblumai dėl šlapimo nelaikymo		13 (9,4)	2 (4,3)	3 (6,5)	8 (17,4)	0,093
Funkcinė būklė, n (proc.)						
„Stok ir eik“ testas atliktas per 0–10 s		74 (53,6)	27 (58,7)	20 (43,5)	27 (58,7)	0,359
„Stok ir eik“ testas atliktas per 11–20 s		61 (44,2)	19 (41,3)	24 (52,2)	18 (39,1)	
„Stok ir eik“ testas atliktas per > 20 s		3 (2,2)	0 (0)	2 (4,3)	1 (2,2)	

KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė.

4.3. Senatvinio silpnumo sindromo sunkumo prognoziniai veiksniai, pacientams po chirurginės širdies operacijos

Siekiant nustatyti, kurie veiksniai turi įtakos senatvinio silpnumo sindromo sunkumui, į logistinės regresijos analizės modelį buvo įtraukti visi tyrime tirti funkcinės būklės parametrai. Atsižvelgus į literatūroje aprašytą SSS klasifikavimo pobūdį ir klinikinės pasekmės, logistinės regresijos analizei SSS sunkumo kategorijos apjungtos į dvi grupes: pažeidžiami, silpni (koduota 0) arba vidutinio, sunkaus (koduota 1) SSS pacientai. Logistinės regresijos rezultatai parodė, kad sudarytas modelis yra statistiškai reikšmingas ($\chi^2 = 22,911$; $p < 0,001$), jis paaiškino 27,1 proc. variacijos ($R^2 = 0,271$), o modelio klasifikavimo tikslumas siekė 83,8 proc. Galutiniame logistinės regresijos modelyje statistiškai reikšmingi liko keli funkcinės būklės rodikliai, kurie pateikti 4.3.1 lentelėje. Dėl didelio į logistinę analizę įtrauktų funkcinės būklės kintamųjų skaičiaus, galutiniame modelyje pateikti tik statistiškai reikšmingi prognoziniai veiksniai. Logistinės regresijos rezultatai parodė, kad pacientai, kurių 1MK kojų tiesimo raumenų jėga mažesnė nei 32 kg, turėjo 4,47 karto (GS 4,47, 95 proc. PI: 1,32–15,08; $p = 0,016$), vidutinis stovėsenos slėgio centro (COP) greitis didesnis nei 14 mm/s, turėjo 3,80 karto (GS 3,80, 95 proc. PI: 1,28–11,26; $p = 0,016$), o pacientai, kurių LOS testo reakcijos laikas yra daugiau nei 43 s, turi 4,67 karto (GS 4,67, 95 proc. PI: 1,59–13,73; $p = 0,005$) didesnę tikimybę būti vidutinio arba sunkaus senatvinio silpnumo sindromo grupėje.

4.3.1 lentelė. Logistinės regresijos analizės rezultatai, nustatant prognozičius veiksnius, turinčius įtakos senatvinio silpnumo sindromo sunkumui, pacientams po chirurginės širdies operacijos

Rodiklis	Beta koeficientas	Standartinė paklaida	GS (95 proc. PI)	p
1MK (≤ 32 kg vs. > 32 kg)	1,50	0,62	4,47 (1,32–15,08)	0,016
Vidutinis stovėsenos COP greitis (> 14 mm/s vs. ≤ 14 mm/s)	1,34	0,55	3,80 (1,28–11,26)	0,016
LOS reakcijos laikas (> 43 s vs. ≤ 43 s)	1,540	0,551	4,67 (1,59–13,73)	0,005

GS – galimybių santykis; PI – pasikliautinis intervalas; MK – maksimalus kartojimas; COP – slėgio centras; LOS – stabilumo ribos testas.

4.4. Stacionarinės reabilitacijos efektyvumas pacientams vertinant funkcinę būklę

4.4.1. SPPB, 6MĖT, 4MĖT, veloergometrijos, plaštakos griebimo jėgos bei 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos pokyčiai

4.4.1.1 lentelėje pateikiami atskiri trijų grupių prieš ir po taikytų kineziterapijos programų funkcinės būklės rodiklių pokyčiai. Nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai daugumoje vertintų parametru visose trijose grupėse atskirai ($p < 0,05$), išskyrus abiejų rankų plaštakų griebimo jėgos rodiklius, kurie nepakito tik DG bei dešinės rankos KG ($p > 0,05$). Apibendrinus visų tiriamųjų duomenis, nustatyta, jog SPPB balo mediana padidėjo nuo 10,00 (IQR 8,50; 11,00) iki 11,00 (IQR 10,00; 12,00), 6MĖT nueito atstumo mediana padidėjo nuo 284,00 (IQR 228,00; 342,00) iki 391,00 m (IQR 323,75; 448,00), atliekant veloergometriją maksimalaus pasiekto krūvio mediana padidėjo nuo 47,00 (IQR 39,00; 57,00) iki 59,00 W (IQR 47,50; 70,00), kairės rankos plaštakos griebimo jėgos mediana padidėjo nuo 27,00 (IQR 20,00; 35,25) iki 28,00 kg (IQR 21,75; 37,25), dešinės rankos plaštakos griebimo jėgos mediana padidėjo nuo 30,00 (IQR 22,00; 38,00) iki 32,00 kg (IQR 24,00; 39,00), 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos mediana padidėjo nuo 32,00 (IQR 24,00; 39,00) iki 40,00 kg (IQR 32,00; 48,00), o 4MĖT greičio mediana – nuo 1,07 (IQR 0,88; 1,28) iki 1,30 m/s (IQR 1,04; 1,49).

Vertinant ir lyginant funkcinės būklės rodiklių pokyčius tarp grupių buvo nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas analizuojant 6MĖT ir 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos duomenis. Tarp grupių atlikto pokyčio analizė parodė, kad DG 6MĖT pokytis buvo didžiausias, ir statistiškai reikšmingas skirtumas užfiksuotas tarp KG ir DG ($p = 0,043$), tačiau efekto dydis buvo mažas ($r = 0,26$). Taip pat tarpgrupinė analizė parodė, kad IG 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos pokytis buvo didžiausias – 11,50 kg (IQR 7,00; 24,00), bei statistiškai reikšmingas skirtumas nustatytas tarp KG ir DG bei tarp KG ir IG ($p < 0,001$). Palyginus su KG, IG parodė didelį efekto dydį ($r = 0,61$) 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos teste, tuo tarpu DG efekto dydis buvo vidutinis ($r = 0,48$). Tarp kitų funkcinės būklės rodiklių pokyčių statistiškai reikšmingų skirtumų daugiau nepastebėta ($p > 0,05$).

4.4.1.1 lentelė. SPPB, 6MĖT, 4MĖT, maksimalaus pasiekto krūvio atliekant veloergometriją, plaštakos griebimo jėgos, IMK kojų tiesimo raumenų jėgos pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei trijų grupių palyginimas

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
SPPB, balai	10,00 (9,00; 11,00)	12,00 (11,00; 12,00)	1,00 (0,00; 2,00)	10,00 (8,00; 10,25)	11,00 (10,00; 12,00)	1,00 (0,00; 2,00)	10,00 (8,00; 11,00)	11,00 (10,00; 12,00)	1,00 (0,00; 2,00)	0,942; 0,001
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
6MĖT, min.	283,50 (229,50; 329,50)	358,00 (304,75; 447,75)	58,50 (25,50; 141,25) ^a	276,00 (228,00; 342,00)	398,50 (341,50; 441,00)	101,00 (56,50; 135,75) ^a	300,00 (247,25; 361,00)	392,50 (342,00; 456,00)	75,00 (44,75; 136,75)	0,047; 0,05
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Maksimalus pasiektas krūvis, W	42,50 (39,00; 50,25)	55,00 (44,75; 66,25)	11,00 (5,00; 19,00)	49,00 (37,50; 57,00)	60,00 (49,00; 73,50)	12,00 (5,50; 18,50)	48,50 (41,00; 64,25)	60,50 (48,00; 74,00)	12,00 (2,00; 17,00)	0,686; 0,006
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Kairės plaštakos griebimo jėga, kg	31,00 (23,50; 38,50)	32,00 (23,50; 39,00)	2,00 (0,00; 3,00)	24,00 (19,00; 32,25)	25,00 (19,75; 34,00)	0,50 (-1,00; 3,25)	27,50 (20,00; 38,00)	29,00 (22,00; 38,00)	2,00 (0,00; 3,00)	0,262; 0,02
p	< 0,001			0,118			< 0,001			

4.4.1.1 lentelės tęsinys

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
Dešinės plėštosios griebimo jėga, kg	32,00 (24,00; 38,00)	33,00 (24,75; 39,00)	1,00 (0,00; 3,00)	27,00 (20,00; 34,50)	28,00 (20,00; 36,00)	2,00 (-1,25; 4,00)	34,00 (22,00; 40,00)	34,00 (26,00; 41,25)	2,00 (0,00; 3,00)	0,690; 0,005
p	0,054			0,073			0,002			
IMK kojų tiesimo raumenų jėga, kg	30,00 (24,00; 33,00)	33,00 (28,50; 38,25)	3,00 (0,75; 6,00) ^{a,b}	32,50 (23,75; 41,00)	45,00 (31,25; 55,00)	9,00 (4,00; 14,25) ^a	34,50 (24,75; 41,00)	47,00 (37,75; 53,50)	11,50 (7,00; 24,00) ^b	< 0,001; 0,28
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
4MĖT, m/s	1,01 (0,82; 1,32)	1,32 (1,02; 1,48)	0,17 (0,09; 0,34)	1,15 (0,99; 1,25)	1,32 (1,14; 1,50)	0,15 (0,06; 0,29)	1,01 (0,87; 1,20)	1,26 (1,03; 1,50)	0,15 (0,07; 0,32)	0,643; 0,007
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			

Duomenys išreikšti mediana (tarpkvartiliu pločiu). KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė; KR – kardiologinė reabilitacija; SPPB – trumpasis fizinės funkcijos testų rinkinys; 6MET – 6 minučių ėjimo testas; IMK – vieno maksimalaus kartojimo testas; 4MĖT – 4 metrų ėjimo testas; ^{a, b} – vienodos raidės žymi statistškai reikšmingą skirtumą tarp grupių; E_R² – efekto dydis tarp 3 grupių.

4.4.2. Pusiausvyros parametrų pokyčiai

Pacientų pusiausvyra vertinta naudojant Biodex Balance System įrangą su integruota slėgio plokšte. Prieš ir po stacionarinės kardiologinės reabilitacijos tiriamosios populiacijos pusiausvyra buvo įvertinta mCTSIB, BESS ir LOS testais bei griuvimo rizikos indeksu. Detalesnė šių pusiausvyros testų rezultatų lentelė pateikta 4 priede. Iš pateiktos 4.4.2.1 lentelės matyti, kad visose grupėse prieš ir po reabilitacijos, visi pagrindiniai pusiausvyros parametrai pasikeitė statistiškai reikšmingai ($p < 0,001$). Statistinė analizė parodė, jog visų tiriamųjų mCTSIB svyravimo indekso mediana sumažėjo nuo 1,02 (IQR 0,83; 1,17) iki 0,84 (IQR 0,71; 1,05), BESS svyravimo indekso mediana sumažėjo nuo 0,90 (IQR 0,75; 1,21) iki 0,79 (IQR 0,63; 0,98), LOS testo atlikimo laiko mediana sumažėjo nuo 43,00 (IQR 36,25; 49,00) iki 35,00 s (IQR 31,00; 43,00), LOS kryptinės kontrolės rodiklio link taikinio mediana padidėjo nuo 49,00 (IQR 40,00; 59,00) iki 58,00 (IQR 48,00; 67,00) bei griuvimo indekso mediana sumažėjo nuo 1,20 (IQR 0,90; 1,70) iki 0,90 (IQR 0,70; 1,10).

Lyginamoji analizė atlikta tarp visų trijų grupių atskleidė, kad visuose analizuotuose pagrindiniuose pusiausvyros parametruose (mCTSIB, BESS, LOS, griuvimo rizikos indekse) buvo pastebėtas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp grupių ($p < 0,001$). Analizuojant tarpgrupinius pusiausvyros parametrų pokyčius, statistiškai reikšmingi LOS testo atlikimo laiko ir griuvimo rizikos indekso skirtumai nustatyti tarp KG ir IG. Šie reikšmingi skirtumai pasižymėjo vidutiniu efekto dydžiu ($r = 0,40$). Taip pat tarp KG ir IG bei tarp KG ir DG pastebėti statistiškai reikšmingi mCTSIB, BESS svyravimo indeksų ir LOS kryptinės kontrolės rodiklio skirtumai ($p < 0,05$). Porinių skirtumų tarp intervencinių grupių analizė parodė, jog didžiausi efekto dydžiai nustatyti tarp KG ir IG mCTSIB ir LOS testuose ($r = 0,58$ ir $r = 0,63$), vidutinio stiprumo efekto dydis nustatytas tarp KG ir IG BESS ($r = 0,41$) bei tarp KG ir DG mCTSIB ir LOS parametruose, tuo tarpu tarp KG ir DG BESS teste efekto dydis buvo mažas ($r = 0,28$). Šie rezultatai rodo, kad nors tarp grupių buvo pastebėti statistiškai reikšmingi skirtumai, tačiau interaktyvioji kineziterapijos programa turėjo stipriausią poveikį pagrindiniams pusiausvyros ir stabilumo rodikliams.

4.4.2.1 lentelė. Pusiausvyros parametrų (mCTSIB, BESS, LOSS, griuvimo rizikos indeksų) pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei trijų grupių palyginimas

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
mCTSIB svyravimo indeksas	1,12 (0,94; 1,22)	1,06 (0,88; 1,14)	-0,04 (-0,06; -0,03) ^{a,b}	1,05 (0,82; 1,23)	0,84 (0,75; 1,00)	-0,10 (-0,35; -0,03) ^b	0,94 (0,80; 1,09)	0,70 (0,55; 0,80)	-0,23 (-0,35; -0,12) ^a	< 0,001; 0,23
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
BESS svyravimo indeksas	0,98 (0,81; 1,34)	0,93 (0,80; 1,28)	-0,03 (-0,06; -0,02) ^{a,b}	0,92 (0,76; 1,22)	0,79 (0,68; 1,02)	-0,11 (-0,34; -0,02) ^b	0,84 (0,67; 0,92)	0,62 (0,48; 0,77)	-0,15 (-0,29; -0,06) ^a	< 0,001; 0,12
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
LOS testo atlikimo laikas, s	45,00 (38,00; 51,00)	42,00 (35,00; 49,00)	-3,00 (-4,00; -2,00) ^a	41,00 (34,00; 49,00)	36,00 (32,00; 44,00)	-5,00 (-6,00; -2,00)	39,00 (37,00; 46,00)	32,00 (30,00; 36,00)	-8,00 (-12,00; -3,00) ^a	< 0,001; 0,11
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
LOS kryptinės kontrolės rodiklis, proc.	50,50 (39,75; 62,25)	51,50 (42,50; 65,50)	2,00 (0,00; 3,00) ^{a,b}	52,00 (39,00; 59,00)	57,50 (49,00; 67,25)	6,50 (2,75; 14,50) ^a	48,00 (40,75; 57,50)	63,00 (53,75; 68,25)	12,50 (5,00; 21,00) ^b	< 0,001; 0,28
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Griuvimo rizikos indeksas	1,20 (0,90; 1,50)	1,10 (0,90; 1,45)	-0,10 (-0,20; 0,00) ^a	1,30 (0,90; 2,00)	1,00 (0,88; 1,23)	-0,15 (-0,80; 0,00)	1,15 (0,80; 1,55)	0,80 (0,68; 0,90)	-0,30 (-0,80; -0,10) ^a	< 0,001; 0,11
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			

Duomenys išreikšti mediana (tarpkvartiliu plokčiu). KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė; KR – kardiologinė reabilitacija; mCTSIB – modifikuotas klinikinis sensorinės sąveikos ir pusiausvyros testas; BESS – pusiausvyros klaidų vertinimo sistema; LOS – stabilumo ribos testas; ^{a,b} – vienodos raidės žymi statistiškai reikšmingą skirtumą tarp grupių; E_R² – efekto dydis tarp 3 grupių.

Kiekvieno pusiausvyros testo (mCTSIB, BESS, LOS) detalūs rezultatai, kurie buvo vertinami skirtingomis kūno padėties valdymo sąlygomis, yra pateikiami 4 priedo lentelėje. Apibendrinus, reikšmingi atskirų pusiausvyros rodiklių pokyčiai grupėse prieš ir po kardiologinės reabilitacijos nustatyti visose trijose grupėse. Specifinis taikytų kineziterapijos programų poveikis atskiriems pusiausvyros testų rodikliams vertintas remiantis tarpgrupiniais statistiškai reikšmingais skirtumais ir efekto dydžiu. mCTSIB testo rezultatai parodė statistiškai reikšmingus skirtumus tarp KG ir IG visose keturiose padėtyse. Tarp šių grupių, sunkėjant kūno padėties valdymo užduotims, didėjo ir efekto dydis, kuris visose padėtyse išliko vidutinis. mCTSIB antroje kūno padėties valdymo sąlygoje stebėtas vidutinio efekto dydis tarp DG ir IG, tuo tarpu statistiškai reikšmingi, vidutinio efekto dydžio skirtumai tarp KG ir DG grupių nustatyti tik keliose sudėtingesnėse mCTSIB testų sąlygose. Vertinant pusiausvyrą pagal detalesias BESS testo sąlygas, nustatyta, kad tarp KG ir IG rezultatai statistiškai reikšmingai skyrėsi visose padėtyse, išskyrus pirmąją, o nustatyti efekto dydžiai buvo vidutiniai, kas parodo nuosekliai gerėjančią statinę pusiausvyrą IG. Lyginant KG ir DG, statistiškai reikšmingi rezultatai rasti tik pavienėse padėtyse, o nustatyti efekto dydžiai buvo maži arba vidutiniai. Tai rodo ribotą DG programos poveikį BESS testo detaliems rezultatams. Tuo tarpu tarp DG ir IG statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti sudėtingiausiose padėtyse, tačiau efekto dydžiai buvo maži. Tai tik patvirtina interaktyviosios kineziterapijos programos poveikį statinei pusiausvyrai. Vertinant pusiausvyrą pagal LOS detalesias kryptis, nustatyta, kad tarp KG ir IG rezultatai skyrėsi statistiškai reikšmingai visose aštuoniose padėtyse. Daugumoje jų, nustatytas efekto dydis buvo vidutinis. Lyginant KG ir DG, statistiškai reikšmingas skirtumas nustatytas tik priekinėje kryptyje, o efekto dydis buvo vidutinis, tuo tarpu tarp DG ir IG reikšmingi skirtumai nustatyti tik tarp dviejų padėčių, o efekto dydžiai buvo maži ir vidutiniai. Šie rezultatai rodo, kad interaktyvioji kineziterapijos programa turėjo didžiausią poveikį LOS krypčių rezultatams.

4.4.3. Eisenos bei stovėsenos parametrų pokyčiai

Stovėsenos bei eisenos parametrai nustatyti naudojant Zebris FDM sistemą. 4.4.3.1 lentelėje pateikiami tiriamosios populiacijos stovėsenos bei eisenos rodikliai.

4.4.3.1 lentelė. Stovėsenos bei eisenos parametrų pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei trijų grupių palyginimas

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E ² _R
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
Stovėsenos rodikliai										
COP trajektorijos ilgis, mm	139,00 (111,00; 192,00)	136,00 (113,50; 194,00)	-13,00 (-85,75; 30,25) ^a	114,00 (79,00; 160,00)	137,50 (109,00; 205,00)	23,00 (-18,75; 65,50) ^a	155,00 (113,50; 202,00)	134,00 (109,50; 179,00)	1,00 (-42,00; 36,50)	0,044; 0,05
p	0,217			0,027			0,843			
Vidutinis COP greitis, mm/s	13,50 (11,00; 19,25)	13,50 (11,75; 19,25)	-1,00 (-8,25; 3,00) ^a	11,50 (8,00; 16,00)	13,50 (11,00; 20,25)	2,00 (-2,00; 7,00) ^a	15,00 (11,50; 20,00)	13,00 (11,00; 18,00)	0,00 (-4,00; 3,50)	0,035; 0,05
p	0,196			0,026			0,785			
Pagrindinės ašies ilgis, mm	23,30 (18,43; 31,40)	22,05 (16,98; 32,23)	-2,55 (-7,53; 4,70)	21,35 (17,78; 29,95)	25,45 (15,65; 33,78)	-0,50 (-8,55; 12,45)	24,00 (19,60; 30,90)	20,20 (16,70; 25,60)	-2,30 (-7,30; 0,40)	0,337; 0,016
p	0,167			0,495			0,013			
Eisenos rodikliai										
Pėdos pasisukimas, laipsniai	11,88 (7,79; 15,85)	10,35 (6,46; 15,50)	-0,58 (-2,31; 0,91)	7,80 (4,65; 11,46)	7,45 (5,14; 10,15)	-0,38 (-2,86; 1,78)	9,75 (6,75; 13,86)	8,48 (6,01; 12,11)	-1,23 (-3,04; 0,89)	0,288; 0,018
p	0,106			0,731			0,002			

4.4.3.1 lentelė. Stovėsenos bei eisenos parametrų pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei trijų grupių palyginimas

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
Eisenos rodikliai (tęsinys)										
Žingsnio ilgis, cm	28,50 (24,88; 34,38)	33,50 (28,38; 42,50)	5,50 (-0,25; 9,25)	17,25 (12,38; 24,50)	22,50 (18,38; 33,00)	4,50 (0,50; 9,75)	34,00 (26,25; 38,63)	37,75 (32,38; 43,63)	4,75 (1,38; 8,75)	0,965; < 0,001
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Vienos pusės žingsnio ilgis, cm	57,00 (49,75; 69,75)	66,00 (56,75; 84,25)	11,50 (-1,25; 18,25)	34,50 (26,00; 49,00)	45,00 (36,50; 66,00)	9,00 (1,00; 19,25)	68,00 (53,50; 78,50)	75,50 (64,75; 87,25)	9,00 (1,75; 17,50)	0,913; 0,001
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Žingsnio plotis, cm	10,00 (7,00; 12,00)	9,00 (7,00; 11,00)	-1,00 (-3,00; 1,00)	13,00 (11,75; 17,00)	12,50 (10,00; 15,00)	-1,00 (-3,00; 1,00)	10,00 (7,00; 13,00)	9,00 (6,00; 12,00)	-0,50 (-3,00; 1,00)	0,950; < 0,001
p	0,134			0,076			0,044			
Žingsnio laikas, s	0,83 (0,74; 0,99)	0,73 (0,66; 0,80)	-0,10 (-0,23; -0,02)	0,67 (0,58; 0,82)	0,64 (0,55; 0,77)	-0,05 (-0,16; 0,04) ^a	0,89 (0,75; 1,01)	0,72 (0,62; 0,82)	-0,13 (-0,24; -0,06) ^a	0,022; 0,056
p	< 0,001			0,014			< 0,001			

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E ² _R
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
Eisenos rodikliai (tęsinys)										
Žingsnio ciklo trukmė, s	1,66 (1,49; 1,97)	1,45 (1,32; 1,60)	-0,21 (-0,45; -0,05)	1,35 (1,16; 1,64)	1,29 (1,10; 1,54)	-0,10 (-0,30; 0,09) ^a	1,76 (91,50; 2,02)	1,44 (1,24; 1,64)	-0,26 (-0,49; -0,12) ^a	0,006; 0,075
p	< 0,001			0,059			< 0,001			
Žingsniai per min.	72,50 (61,25; 81,25)	83,00 (75,25; 91,25)	11,00 (3,50; 19,00)	89,50 (74,00; 104,00)	93,50 (78,00; 109,25)	8,75 (-8,00; 19,50)	68,00 (59,75; 80,25)	83,50 (73,00; 97,00)	13,00 (5,75; 20,00)	0,158; 0,027
p	< 0,001			0,019			< 0,001			
Greitis, km/val.	1,20 (0,98; 1,53)	1,70 (1,38; 2,00)	0,40 (0,30; 0,60)	0,90 (0,80; 1,30)	1,30 (1,10; 1,70)	0,40 (0,10; 0,50)	1,25 (1,00; 1,63)	1,85 (1,50; 2,43)	0,50 (0,30; 0,73)	0,238; 0,021
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Eisenos trajektorijos ilgis, mm	124,70 (104,29; 139,45)	123,08 (98,33; 137,44)	-2,63 (-16,15; 9,06)	125,85 (95,58; 142,35)	117,15 (91,69; 138,84)	-1,50 (-16,45; 11,60)	114,00 (102,66; 129,34)	112,98 (90,95; 125,49)	-3,58 (-21,38; 8,15)	0,701; 0,005
p	0,312			0,320			0,044			

Duomenys išreikšti mediana (tarpkvartiliniu pločiu). KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė; KR – kardiologinė reabilitacija; COP – slėgio centras; ^{a,b} – vienodos raidės žymi statistškai reikšmingą skirtumą tarp grupių; E_R² – efekto dydis tarp 3 grupių.

Atlikta stovėsenos rodiklių analizė parodė, jog prieš ir po kardiologinės reabilitacijos, vertinant programų poveikį grupių viduje, statistiškai reikšmingas skirtumas buvo nustatytas tik DG, kurioje COP trajektorijos ilgio mediana padidėjo 23,00 mm (IQR –18,75; 65,50) bei vidutinio COP greičio mediana padidėjo 2,00 s (IQR –2,00; 7,00) ($p = 0,027$ ir $p = 0,026$, atitinkamai), kas parodo padidėjusį kūno padėties valdymo svyravimą stovėsenos metu. Pagrindinės ašies ilgis statistiškai reikšmingai pakito tik IG grupėje ($p = 0,013$), kas parodo mažesnį svyravimą pagrindine COP elipse (priekine bei užpakaline kryptimis). Atliekant porinius palyginimus tarp visų intervencinių grupių, rezultatai atskleidė, jog statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti tarp KG ir DG COP trajektorijos ilgio ($p = 0,05$) ir vidutinio COP greičio rodikliuose ($p = 0,041$). Nors nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp grupių, tačiau šiuose rodikliuose efekto dydis buvo mažas ($r = 0,25$ ir $r = 0,26$). Šie rezultatai rodo nepalankų daugiakomponentės programos poveikį stovėsenos COP parametrų palyginti su įprasta kineziterapijos programa.

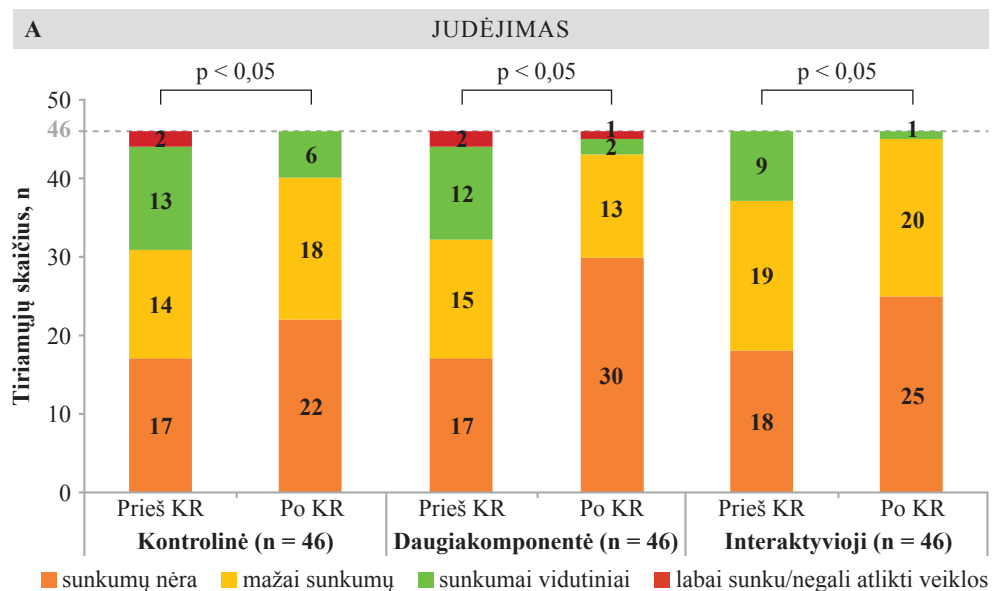
Vertinant eisenos rodiklius grupių viduje prieš ir po kardiologinės reabilitacijos, pastebėti statistiškai reikšmingi žingsnio ilgio, vienos pusės žingsnio ilgio, žingsnio laiko, žingsnių skaičiaus bei ėjimo greičio skirtumai ($p < 0,05$). Žingsnio ciklo trukmė statistiškai reikšmingai pakito tik KG ir IG ($p < 0,001$), o pėdos pasisukimas, žingsnio plotis bei eisenos trajektorijos ilgis reikšmingai pakito tik IG grupėje ($p < 0,05$). Nors dauguma eisenos parametrų reikšmingai pakito KG ir DG, tačiau tik IG grupėje pokyčiai stebėti visuose eisenos parametruose. Šie rezultatai rodo, kad interaktyvioji programa turėjo sisteminių poveikį eisenos kontrolės stabilumui. Atlikus palyginamąją analizę tarp grupių, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp DG ir IG matuojant žingsnio laiką ir žingsnio ciklo trukmę ($p < 0,05$). Nors šiose grupėse žingsnio laiko rodiklyje nustatytas mažas efekto dydis tarp minėtų grupių ($r = 0,28$), žingsnio ciklo trukmė parodė vidutinį efekto dydį ($r = 0,32$).

4.5. Stacionarinės kardiologinės reabilitacijos efektyvumas pacientams vertinant gyvenimo kokybę

Vertinant stacionarinės kardiologinės reabilitacijos efektyvumą pacientams, atsižvelgiant į gyvenimo kokybę, buvo vertinami atskirų EQ-5D-5L komponentų bei VAS pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei tarpgrupiniai rezultatų pokyčiai.

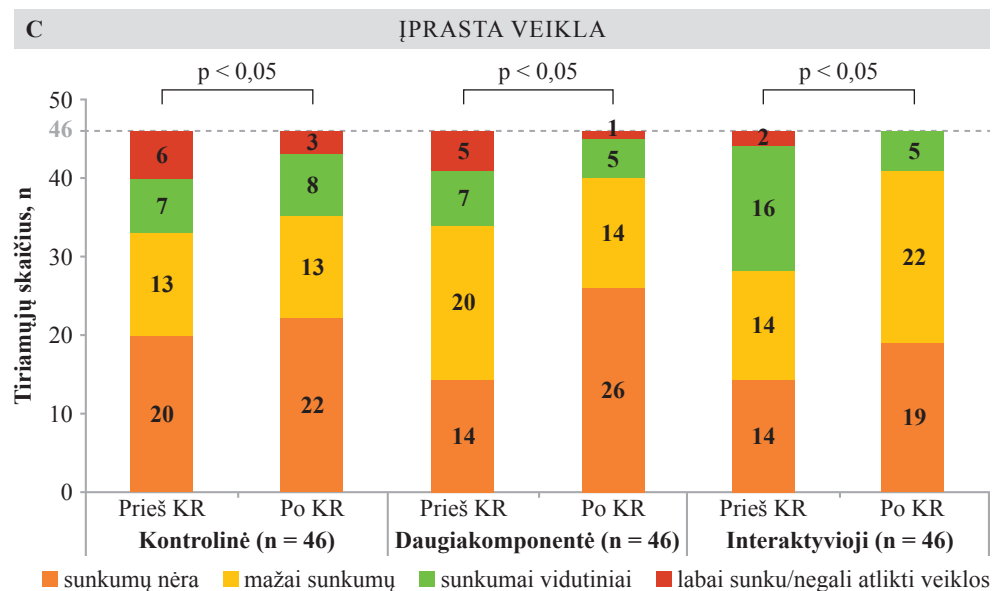
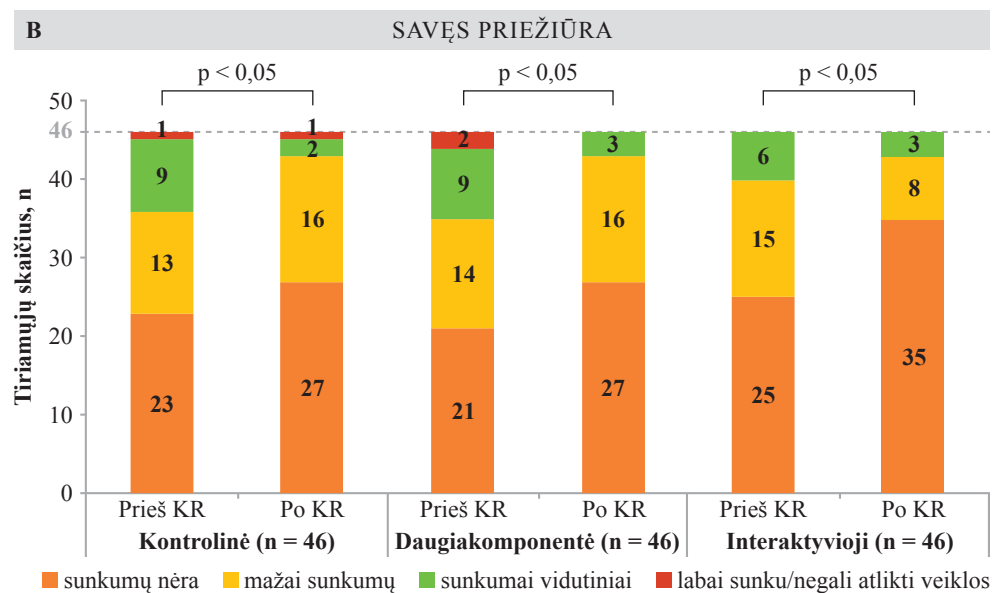
Vertinant pacientų gyvenimo kokybės pokyčius grupių viduje, paaiškėjo, jog visuose gyvenimo kokybės komponentuose rezultatai statistiškai reikšmingai pasikeitė ($p < 0,05$), išskyrus kad IG tiriamųjų, nurodžiusių nerimo

sutrikimus, skaičius statistiškai reikšmingai nepakito ($p = 0,400$) (4.5.1 pav.). Nustatyta, kad visų gyvenimo komponentų efektų dydžiai visose interven-
cinėse grupėse buvo maži arba vidutiniai. KG vidutinis efekto dydis paste-
bėtas judėjimo ir savęs priežiūros komponentuose, DG – judėjimo, skausmo
ir nerimo komponentuose, o IG – judėjimo, įprastos veiklos ir skausmo
komponentuose, o kitais atvejais efekto dydžiai buvo maži. Vertinant tarp-
grupinius gyvenimo kokybės komponentų statistinius pokyčius, reikšmingo
skirtumo tarp grupių nustatyta nebuvo ($p > 0,05$).



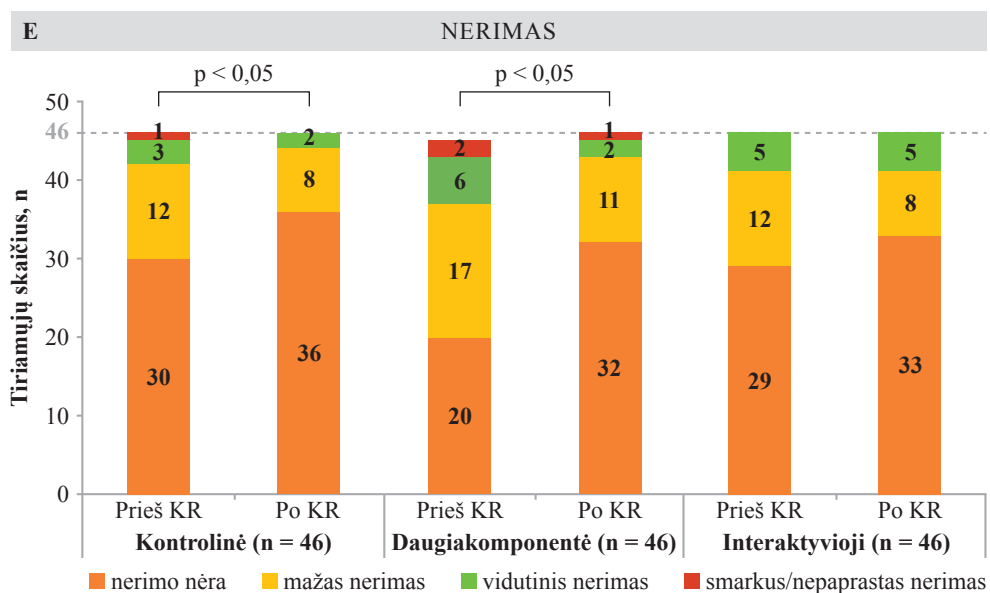
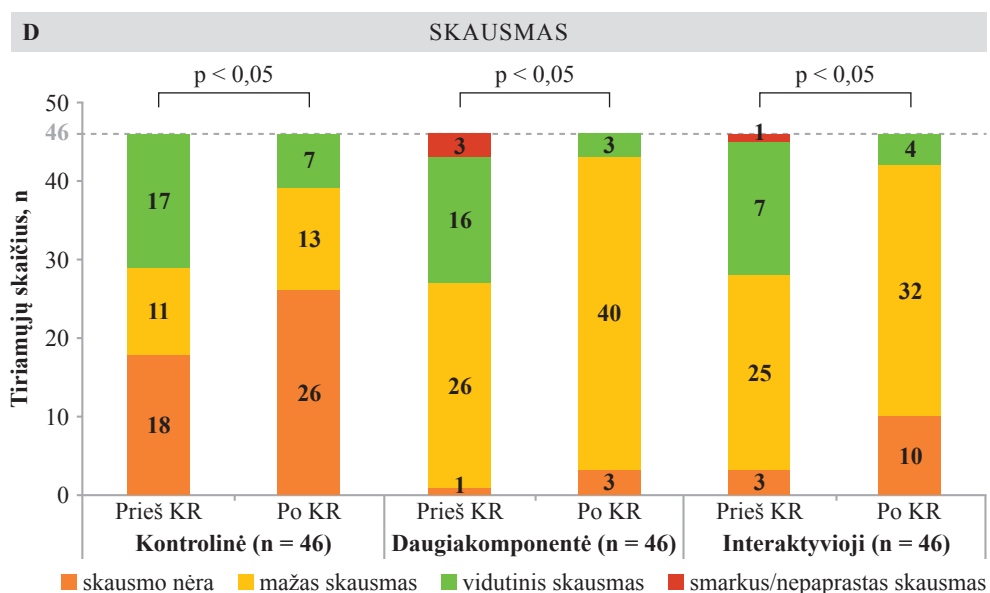
4.5.1 pav. (A) Tiriamųjų skaičiaus pokytis grupėse pagal EQ-5D-5L gyvenimo kokybės judėjimo komponentą

Pastaba: dėl labai mažo tiriamųjų skaičiaus 5 lygio atsakymų, 4 ir 5 lygiai pateikiami kartu.
KR – kardiologinė rehabilitacija.



4.5.1 pav. (B–C) Tiriamųjų skaičiaus pokytis grupėse pagal EQ-5D-5L gyvenimo kokybės savęs priežiūros ir įprastos veiklos komponentus

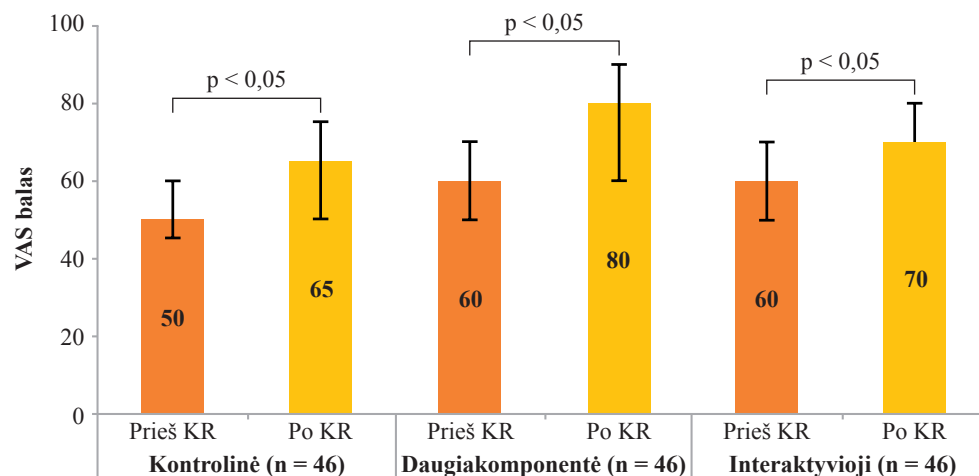
Pastaba: dėl labai mažo tiriamųjų skaičiaus 5 lygio atsakymų, 4 ir 5 lygiai pateikiami kartu. KR – kardiologinė rehabilitacija.



4.5.1 pav. (D–E) Tiriamųjų skaičiaus pokytis grupėse pagal EQ-5D-5L gyvenimo kokybės skausmo ir nerimo komponentus

Pastaba: dėl labai mažo tiriamųjų skaičiaus 5 lygio atsakymų, 4 ir 5 lygiai pateikiami kartu.
KR – kardiologinė rehabilitacija.

Analizuojant gyvenimo kokybės VAS pokyčius, nustatytos panašios tendencijos. Statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti grupių viduje prieš ir po kardiologinės reabilitacijos ($p < 0,05$) (4.5.2 pav.), tačiau reikšmingo pokyčio tarp grupių nustatyti nepavyko ($p = 0,130$). Analizuojant efekto dydį intervencinių grupių viduje pastebėta, kad tik IG efekto dydis buvo didelis ($r = 0,52$), tuo tarpu KG ir DG – vidutinis (abu $r = 0,47$).



4.5.2 pav. EQ-5D-5L gyvenimo kokybės klausimyno vizualinės analoginės skalės (VAS) balų medianų palyginimas grupėse

KR – kardiologinė reabilitacija.

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo moksliniu tyrimu buvo siekiama įvertinti ir palyginti greta įprastos stacionarinės kardiologinės reabilitacijos taikomų papildomų programų poveikį SSS sergančių pacientų po chirurginės širdies operacijos funkcinę būklę ir gyvenimo kokybę. Moksliniai straipsniai rodo, jog papildomai taikomos kineziterapijos programos yra veiksmingos mažinant vyresnio amžiaus žmonių fizinių silpnumą [208]. Viena vertus, šio tyrimo rezultatai parodė, jog visos taikomos kineziterapijos programos yra veiksmingos. Kita vertus, pacientams, kuriems buvo įtrauktos papildomos programos (daugiakomponentė ir interaktyvioji programos), kai kurie funkcinės būklės rezultatai buvo geresni, palyginti su tais pacientais, kuriems buvo suteikta įprasta pooperacinė reabilitacija. Šie rezultatai pabrėžia galimą įprastų reabilitacijos protokolų tobulinimo vertę, siekiant pagerinti šios pažeidžiamos populiacijos atsigavimą. Analizuojant literatūrą, tyrimų apie interaktyviųjų treniruočių programų poveikį, ypač SSS sergantiems pacientams po chirurginės širdies operacijos, yra atlikta mažai [29]. Todėl buvo sunku atlikti palyginamąją analizę su kitais šios srities tyrimais, tiriančiais daugiakomponentes ir interaktyvias pratimų programas, kurios buvo naudojamos kartu.

Amerikos širdies asociacija teigia, jog yra tiesioginis ryšys tarp SSS ir ŠKL, bei taikomos ankstyvos pooperacinės reabilitacijos programos gali padėti sumažinti silpnumą ir išvengti tolimesnio ŠKL pasireiškimo [209]. Šiame tyrime daugiausia dalyvavo pažeidžiami (41,3 proc.) ir lengvo SSS (41,3 proc.) tiriamieji; tai tik patvirtina SSS paplitimą tarp pacientų, sergančių ŠKL. Mūsų tyrimo rezultatai rodo, kad keli fiziniai ir biomechaniniai rodikliai gali prognozuoti SSS sunkumą reabilitacijos pradžioje. Rezultatai parodė, kad vidutinio ar sunkaus SSS palyginti su pažeidžiamo ar lengvo silpnumo sunkumu tikimybė buvo didesnė, kai 1MK raumenų jėga buvo ≤ 32 kg, (tikimybė padidėjo 4,47 karto), vidutinis COP svyravimo greitis buvo > 14 mm/s (didina tikimybę 3,80 karto), o reakcijos laikas LOS teste buvo > 43 s (didina tikimybę 4,67 karto). Šie mūsų aprašyti SSS sunkumo prognoziniai veiksniai yra minimi ir literatūroje. Visų pirma, apie sumažėjusią raumenų jėgą, jos silpnumą kalbama Fried fenotipo modelyje, kuriame sarkopenija yra minima kaip vienas pagrindinių fizinių silpnumo komponentų [16]. Alhasan su bendraautorais įrodė, jog sumažėjusi raumenų jėga yra tinkamas klinikinis biožymuo, susijęs su pacientų amžiumi bei išreikštais SSS požymiais, neigiamais sveikatos įvykiais; šiems pacientams gali būti stebimi ir kitų fizinių rodiklių pokyčiai – sumažėjęs ėjimo greitis bei plaštakos griebimo jėga [69, 210]. Antra, kūno padėties valdymo rodikliai, tokie kaip vidutinis COP svyravimų greitis gali prognozuoti SSS būklę ir suteikti

pridėtinės vertės, siekiant nustatyti laikysenos kontrolės trūkumus ir pradėti taikyti reabilitacijos programas [211]. Trečia, 2025 m. atliktas tyrimas parodė, jog lėtesnis reakcijos laikas kognityvinėse užduotyse buvo susijęs su sunkesniu SSS sunkumo lygiu [212]. Nors literatūroje randama šaltinių, kuriuose teigiama, kad apatinių galūnių raumenų jėga [213], vidutinis COP svyravimo greitis [211] bei reakcijos laikas [214] yra reikšmingi prediktoriai SSS sunkumui prognozuoti, juose nėra minima apie šių parametų ribines reikšmes, kas buvo įvertinta šiame disertaciniame darbe, o tai yra ypač svarbu prognozuojant SSS sunkumą.

SSS ir sarkopenija yra dvi su amžiumi susijusios ligos, o SSS sunkumo pokyčiams turi įtakos sarkopenijos atsiradimas [215]. 2019 m. Europos konsensuso ataskaitoje sarkopenijos diagnozei patvirtinti rekomenduojama vertinti raumenų jėgą (plaštakos griebimo jėgą arba „Stotis–sėstis“ testą) ir fizinius funkcinio pajėgumo komponentus (eisenos greitį, SPPB, TUG testą) [84]. Mūsų tyrime funkcinės būklės vertinimui buvo pasitelkta SPPB, 6MĖT, maksimalaus pasiekto krūvio, plaštakos griebimo jėgos, 1MK kojų tiesimo raumenų jėgos bei 4MĖT matavimai. Gauti rezultatai parodė, jog visi minėti parametrai pagerėjo visose tiriamosiose grupėse prieš ir po kardiologinės reabilitacijos, išskyrus plaštakos griebimo jėgą DG. Šių visų rodiklių pagerėjimas visose grupėse rodo bendrą pooperacinį atsistatymą, padidėjusį funkcinį pajėgumą ir teigiamą reabilitacijos efektą. Mokslinė literatūra rodo, kad daugiakomponentė treniruotė gerina fizinį pajėgumą, tačiau yra pabrėžiama, kad taikomoje programoje turi būti gana nemažai į rankos raumenų jėgos lavinimą orientuotų elementų bei reikšmingas efektas dažnai priklauso nuo taikomos programos trukmės (> 12 sav.) [164]. Kadangi mūsų atliktame tyrime vertinant statistinius pokyčius grupių viduje, tik DG nebuvo reikšmingo plaštakos griebimo jėgos pokyčio, o taikoma daugiakomponentė programa truko 20 kalendorinių dienų, galimai per trumpa reabilitacijos trukmė ar nepakankamas plaštakos griebimo jėgos lavinimo elementų įtraukimas į programą nesukėlė tikėtino plaštakos griebimo jėgos pokyčio DG. Yang ir bendraautorius (2024) metaanalizėje teigiama, jog daugiakomponentė intervencija, trunkanti 12 savaičių ligoninėje, gali sumažinti vyresnio amžiaus žmonių SSS ir sustiprinti fizinius, funkcinis gebėjimus (raumenų jėgą, eisenos greitį, pusiausvyrą, SPPB ir TUG), palyginus su ne ligoninėje atliekama programa. Mūsų tyrimas apėmė tik 20 kalendorinių dienų, atitinkančių stacionarinės kardiologinės reabilitacijos trukmę, todėl nebuvo galimybių įvertinti ilgalaikio kineziterapijos programų poveikio. Kadangi fizinių pratimų programos buvo atliekamos tik stacionarinės kardiologinės reabilitacijos metu, ilgalaikiai fizinės būklės pokyčiai tyrime vertinti nebuvo. Šioje srityje reikėtų atlikti detalesnius ilgesnės trukmės tyrimus, nes kaip teigiama literatūroje, paciento funkcinės būklės parametrai gali reikšmingai

pradėti mažėti nutraukus fizinių pratimų programą po 5 mėnesių [216], o pratimus atliekant namuose jie padeda išlaikyti pasiektus funkcinis fizinius rodiklius [217]. Kitoje, Valenzuelos su bendraautoriais 2023 m. atliktoje metaanalizėje buvo lyginama įprasta reabilitacijos programa su skirtingomis fizinėmis programomis (pusiausvyros, ištvermės, jėgos, bei daugiakomponentės). Rezultatai parodė, jog fizinių pratimų taikymas yra susijęs su pagerėjusia vyresnio amžiaus žmonių fizine funkcija (raumenų jėga, funkcinė būklė, pusiausvyra, lankstumu ir funkcinio nepriklausomumu), tačiau reikšmingo skirtumo tarp pratimų tipo nebuvo pastebėta. Valenzuela su bendraautoriais savo tyrime nustatė, kad geriausias fizinių rodiklių pokytis įvyksta fizinius pratimus atliekant 170 min./sav. [139]. Šiame disertaciniame darbe pacientai papildomus fizinius pratimus atliko 180 min/sav., ir buvo stebimas funkcinio rodiklių pokytis. Tai leidžia daryti prielaidą, kad toks laikas yra pakankamas siekiant pagerinti paciento funkcinį pajėgumą ir jėgą. Taip pat šios disertacijos autorės atliktame tyrime, tarpgrupiniai statistiškai reikšmingi fizinės būklės rodiklių (6MĖT ir 1MK) skirtumai, kurie rodo ištvermę ir apatinių galūnių raumenų jėgą, buvo nustatyti papildomų pratimų grupėse: daugiakomponentėje ir interaktyviojoje. Rezultatai parodė, jog 6MĖT nueitas atstumas kiek mažiau nei dvigubai buvo didesnis DG palyginti su KG. Huang su bendraautoriais atliktame atsitiktinių imčių kontroliuojamame tyrime, kuriame dalyvavo 92 pacientai po širdies operacijos, atliko 12 savaičių trukmės daugiakomponentę programą, kurią apėmė individualios slaugos konsultacijos, fiziniai pratimai, mitybos vertinimas bei nuolatinė priežiūra [129]. Mūsų atliktame tyrime buvo taikomas tik fizinių pratimų komponentas, o papildomi aspektai į programą įtraukti nebuvo. Huang su bendraautoriais atliktame tyrime, daugiakomponentės programos grupėje palyginti su kontroline grupe, buvo stebimas silpnumo sumažėjimas, padidėjo plaštakos griebimo jėga bei fizinis aktyvumas. Tai rodo, kad kombinuotos programos gali lemti ryškesnius skirtumus tarp tiriamųjų grupių. 2024 m. atliktas tyrimas paantrina mūsų gautas tyrimo išvadas, jog visos fizinės taikomos programos yra veiksmingos, tačiau papildomai taikoma daugiakomponentė programa gali efektyviau pagerinti kai kuriuos rezultatus. Poli su bendraautoriais atliktame tyrime buvo lyginamos vyresnio amžiaus pacientų, sergančių ŠKL, daugiakomponentė, aerobinė ir kontrolinė grupės. Abi papildomos programos labiau pagerino hemodinamikos parametrus ir fizinį pasirengimą, tačiau daugiakomponentė programa buvo veiksmingesnė stiprinant apatinių galūnių jėgą ir dominuojančios rankos plaštakos griebimo jėgą [218]. Mūsų tyrime 6MĖT nueitas atstumas reikšmingai pagerėjo atliekant daugiakomponentę programą palyginti su įprasta programa, o apatinių galūnių raumenų jėga reikšmingai pagerėjo tiek DG, tiek IG.

Jėgos lavinimo elementas yra labai svarbi grandis kardiologinėje reabilitacijoje ypač SSS sergantiems pacientams. Weng su bendraautoriais ištyrė, jog jėgos pratimai, derinami su kitais pratimais (daugiakomponentė programa), pagerino silpnų vyresnio amžiaus žmonių raumenų jėgą, TUG ir SPPB, bet ne eisenos greitį [219]. Kitame, 2022 m. atliktame tyrime buvo nustatyta, jog tiek pasipriešinimo treniruotės, tiek daugiakomponentė programa gali padidinti raumenų jėgą, o vien tik aerobiniai pratimai, kurie atliekami įprastoje reabilitacijos programoje – ne. Mūsų tyrime į daugiakomponentę ir interaktyvią programas buvo įtraukti jėgos lavinimo pratimai, kuriose ir buvo stebėti reikšmingi apatinių galūnių jėgos pokyčiai (1MK) po reabilitacijos, kurie buvo didesni, palyginti su įprasta reabilitacijos programa. Nors statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti tarp kontrolinės bei abiejų grupių (daugiakomponentės ir interaktyviosios) matuojant 1MK, IG šio parametro efekto dydis buvo didelis, kai tuo tarpu DG – vidutinis. Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad efekto dydžio nustatymas yra būtinas norint interpretuoti klinikinės reikšmės, nes vien tik p reikšmė neapibūdina poveikio dydžio [220]. Moksliniai tyrimai rodo, kad daugiakomponentės pratimų programos gerina funkcinę būklę, pusiausvyrą ir eiseną, tačiau didesni raumenų jėgos pokyčiai pastebimi taikant specifines užduotis, kurios yra lengviau įgyvendinamos atliekant interaktyvią programą ir yra progresyviai sunkinamos [181, 221]. Mūsų gauti rezultatai patvirtina šias tendencijas: didesnis efekto dydis pastebėtas IG, nes ši programa teikia atsaką realiuoju laiku, galima įvertinti treniruotės rezultatą, stebėti progresą bei koreguoti intensyvumą pagal paciento individualią funkcinę būklę [32, 33, 35]. Apibendrinant, lyginant mūsų tyrimo pokyčius tarp visų grupių, pastebėta, jog interaktyvioji programa buvo veiksmingesnė gerinant 1MK kojų tiesimo apatinių galūnių raumenų jėgą, tuo tarpu daugiakomponentė buvo pranašesnė gerinant funkcinį pajėgumą (6MĖT). Tačiau kitas, 2024 m. atliktas tyrimas parodė kitokius rezultatus palyginti su mūsų tyrimo gautomis išvadomis – daugiakomponentė programa sumažino SSS sunkumą ir pagerino eisenos greitį SSS sergantiems asmenims; daugiakomponentės programos taikymo nepakako fizinio aktyvumo lygiui padidinti. Kitas 2023 m. atliktas tyrimas parodė, jog daugiakomponentė programa pagerino raumenų jėgą, ėjimo greitį bei aerobinį pajėgumą vyresniems nei 65 metų, tačiau sveikiems asmenims [148]. Moksliniai tyrimai rodo, jog nuolatinis fizinis aktyvumas, sveikos gyvensenos pokyčiai gali užtikrinti ilgalaikį ir efektyvų fizinį pajėgumą [38, 222, 223]. Todėl norint pagerinti fizinį aktyvumą ir funkcinės būklės rodiklius ilgalaikėje perspektyvoje, tikslinga įtraukti ne tik kineziterapijos pratimų programas, bet ir privalu įgyvendinti elgesio pokyčių strategijas. Visi šie tyrimai rodo, jog bendros vieningos nuomonės nėra, daugiakomponentės ar interaktyviosios

programų poveikis gali turėti nevienodą poveikį skirtingoms populiacijoms ir reikalingi detalesni tyrimai šioje srityje.

Visi anksčiau minėti tyrimai rodo papildomos (daugiakomponentės) treniruotės naudą palyginti su įprasta kardiologine reabilitacija. Yra tik labai nedidelė dalis tyrimų, kurie tyrė interaktyviosios programos poveikį. Moksliniai tyrimai rodo, jog virtualios realybės programos pagerina fizinį pajėgumą ir sumažina skausmą pacientams po chirurginės širdies operacijos [224]. Labai panašus į mūsų tyrimas buvo atliktas Beigienės (2021) su bendraautoriais, kurie tyrė kineziterapijos poveikį fiziniam pajėgumui, gyvenimo kokybei ir senatvinio silpnumo sindromui pacientams po ūminio vainikinių arterijų sindromo gydymo. Tyrime prie įprastos kardiologinės programos buvo taikomi papildomos pasipriešinimo ir pusiausvyros treniravimas bei pratimai su treniruokliais. Visos taikytos programos buvo efektyvios didinant fizinį pajėgumą, tačiau papildomos programos nebuvo pranašesnės palyginti su įprasta reabilitacijos programa [225]. Mūsų tyrime, priešingai, buvo nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp grupių. Beigienės su bendraautoriais atliktame tyrime, palyginti su šioje disertacijoje atliktu tyrimu, buvo įtraukti ne tik pacientai po širdies chirurginių operacijų, bet ir pacientai, kuriems buvo atlikta perkutaninė vainikinių arterijų intervencija (stentavimas) bei tyrimo imtis buvo mažesnė ($n = 63$). Serdar su bendraautoriais 2021 m. apžvalginiaame straipsnyje nurodo [226], jog netinkamas ar per mažas imties dydis gali lemti netikslius rezultatus klinikiniuose tyrimuose, o Khan 2021 m. straipsnyje aptariama [227], jog pacientų suskirstymo į grupes pasirinkimas gali nulemti skirtingą rezultatų interpretaciją (ypač aktualu ŠKL tyrimuose, kur gydymo poveikis gali skirtis tarp pacientų grupių). Atsižvelgus į mokslinę literatūrą, mūsų tyrime ir buvo įtraukta siauresnė kardiologinių pacientų populiacija – SSS pacientai po chirurginės širdies operacijos – bei padidintas imties dydis.

Moksliniai tyrimai rodo, kad pacientams po chirurginės širdies operacijos bei sergantiems SSS padidėja griuvimų rizika, sumažėja mobilumas, sutrinka pusiausvyra, sensorinės informacijos apdorojimas, sumažėja reakcijos greitis, funkcinis pajėgumas ar pasireiškia funkcinis nestabilumas, o šie pokyčiai, kartu su pooperaciniu silpnumu, gali nulemti padidėjusią griuvimo riziką [17, 81]. Todėl tokiai pažeidžiamai pacientų grupei detalus pusiausvyros įvertinimas ir specifiskai pritaikomos fizinių pratimų programos tampa kritiškai svarbūs, nes padidėjusi griuvimų rizika gali lemti ilgesnį hospitalizacijos laikotarpį bei funkcinio savarankiškumo praradimą. Literatūroje dažnai naudojami tradiciniai vertinimo testai ne visada yra jautrūs kūno padėties valdymo pokyčiams, todėl detalus ir objektyvus pusiausvyros ištyrimas (mCTSIB, BESS, LOS, griuvimo indeksas) yra plačiai taikomas vyres-

nio amžiaus žmonių populiacijose, turi gerą patikimumą bei leidžia prognozuoti griuvimo riziką ir įvertina taikomų skirtingų programų efektyvumą [228, 229]. Vertinant pacientų griuvimo riziką, gauti disertacinio tyrimo rezultatai parodė, jog visos trys taikomos kineziterapijos programos buvo efektyvios prieš ir po kardiologinės reabilitacijos, tačiau statistškai reikšmingas skirtumas tarpgrupiniame palyginime, išryškėjo tarp KG ir IG. Pagal bendrą griuvimo rizikos indeksą, griuvimo rizika trečdaliu buvo mažesnė IG palyginti su KG, kuriai buvo taikoma įprastinė reabilitacijos programa. Užsienio autoriai teigia, jog vyresni nei 65 metų bei SSS sergantys pacientai pasižymi padidėjusia griuvimo rizika [230, 231]. Prieš taikant kineziterapijos programas yra svarbu įvertinti vyresnio amžiaus asmenų SSS sunkumą, nes tai gali būti svarbus prediktorius griuvimo rizikai [232]. 2023 m. tyrimo duomenimis, pacientai, besiskundžiantys pusiausvyros sutrikimais, turi daugiau gretutinių ligų, įskaitant osteoporozę, artritą ir apatinės nugaros dalies skausmą. Binarinės logistinės regresijos modelis atskleidė, jog smulkiosios motorikos sutrikimai, moteriškoji lytis, sunkumai siejami su ilgo stovėjimo, atsitūpimo, atsiklaupimo ar pasilenkimo veiksmiais ir sumažėjęs greitis yra pusiausvyros sutrikimo veiksniai [233], todėl taikant skirtingas kineziterapijos programas, siekiant sumažinti griuvimo riziką bei analizuojant ir interpretuojant duomenis, nereikėtų atmesti šių papildomų veiksnių egzistavimo. Analizuojant mokslinius straipsnius, rasta nedaug informacijos apie skirtingų kineziterapijos programų poveikį pacientų po chirurginės širdies operacijos bei sergančių SSS griuvimo rizikai. Daugelis autorių nurodo fizinių pratimų naudą mažinant griuvimo riziką vyresnio amžiaus pacientams [48, 234], tačiau vyksta nuolatinė diskusija, koks taikomų kineziterapijos metodų tipas, dažnumas, intensyvumas ir trukmė yra efektyviausi reabilituojant pacientus po chirurginės širdies operacijos sergant SSS. Burton su bendraautorais nurodo, jog jėgos, pusiausvyros, ištvermės, mobilumo treniruotės bei intensyvumo didinimas laikui bėgant gali sumažinti griuvimo riziką vyresnių asmenų tarpe [235]. 2021 m. Sun su bendraautorais atlikta metaanalizė parodė, jog integruotas treniravimas, apimantis pasipriešinimo bei pusiausvyros pratimus, kurio trukmė ne mažesnė nei 32 savaitės 5 k./sav. yra veiksmingas mažinant griuvimo riziką [234]. Mūsų atliktame tyrime daugiakomponentė ir interaktyvioji programa taikyta 3 k./sav. 3 savaites parodė reikšmingus griuvimo rizikos pokyčius, tačiau atlikus palyginimą tarp grupių, interaktyvioji programa buvo reikšmingai veiksmingesnė mažinant griuvimo riziką. Mūsų tyrime pakako taikyti papildomą kineziterapijos programą 3 k./sav. 3 savaites, kad gautume reikšmingus griuvimo rizikos pokyčius, tačiau šiame tyrime ilgalaikis kineziterapijos programų poveikis nebuvo vertintas. Schoberer su bendraautorais ištyrė, jog pratimai su techniniais prietaisais bei pusiausvyros lavinimo komponentais, turi teigiamą poveikį paciento griuvimo rizikai, o

ilgiau nei 6 mėnesius atliekami pratimai yra efektyvesni nei trumpalaikiai [236]. 2022 m. atliktoje literatūros apžvalgoje įrodyta, jog reabilituojant vyresnius nei 65 metų SSS pacientus ir naudojant pažangias, interaktyvias technologijas, jos sėkmingai papildo įprastinę reabilitacijos programą, pagerina motorines, kognityvines funkcijas, sumažina griuvimo riziką ar padeda sumažinti silpnumo būseną nuo turinčios silpnumą iki pažeidžiamos [170]. 2020 m. sisteminė apžvalga parodė, jog prieš pateikiant rekomendacijas apie virtualių, interaktyviųjų priemonių naudojimą reabilitacijoje vyresnio amžiaus pacientams yra būtina atkreipti dėmesį į SSS [237]. Šie užsienio moksliniai tyrimai tik patvirtina mūsų atlikto tyrimo išvadas, kad virtualių, interaktyviųjų priemonių naudojimas SSS sergantiems pacientams, gali pagerinti sveikatos rodiklius. 2023 m. atliktos metaanalizės duomenimis, tyrimai, kuriuose paciento SSS sunkumas buvo nustatomas pagal griuvimo riziką, interaktyviosios virtualios realybės treniruotės padidino apatinių galūnių raumenų jėgą, ėjimo greitį, pusiausvyrą ir sumažino pačią griuvimo riziką. Tačiau kuomet SSS sunkumas buvo nustatytas pagal kitą vertinimo modelį (Fried fenotipo), interaktyviosios treniruotės pagerino tik ėjimo greitį ir pusiausvyrą [29]. Lee su bendraautoriais gauto tyrimo išvados įrodo tinkamo SSS vertinimo metodo pasirinkimo svarbą tiksliai rezultatų interpretacijai. Nors mūsų atliktame tyrime visose nepriklausomose grupėse SSS sergančių pacientų griuvimo rizika, vertinta pagal bendrą griuvimo riziką, reikšmingai sumažėjo, vertinant ir interpretuojant duomenis reikėtų atsižvelgti į patį SSS sunkumo vertinimo įrankį siekiant tikslios griuvimo rizikos rezultatų interpretacijos. Apibendrinant, visos papildomos programos yra veiksmingos norint sumažinti vyresnių asmenų griuvimo riziką, tačiau įtraukiant papildomus metodus į reabilitacijos programą pravartu patikrinti paciento SSS sunkumą.

Mūsų atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad visos taikytos programos (įprasta, daugiakomponentė ir interaktyvioji) statistiškai reikšmingai sumažino griuvimo rizikos indeksą ir pagerino visus pusiausvyros rodiklius po kardiologinės reabilitacijos. Be to, nustatyti statistiškai reikšmingi tarpgrupiniai skirtumai. Visi tirti statistiškai reikšmingi tarpgrupiniai efekto dydžiai detaliuose statinės ir dinaminės pusiausvyros testuose (mCTSIB, LOS, BESS) svyravo nuo mažo iki didelio, o tai rodo skirtingą programų poveikį atskiriems pusiausvyros rodikliams. Mūsų tyrimo metu nustatyta, jog didžiausi efekto dydžiai pastebėti tarp KG ir IG mCTSIB ir LOS testuose, taip pat vidutiniai efekto dydžiai tarp KG ir IG bei tarp KG ir DG LOS, griuvimo rizikos, mCTSIB, BESS testuose. Kadangi IG bei DG rezultatai buvo geresni, tai rodo, kad programos, kurios stimuliuoja ne tik motoriką, bet ir sensorinius, kognityvinius komponentus, turi pranašumą palyginti su įprasta taikoma reabilitacijos programa. Šie gauti mūsų rezultatai patvirtina

literatūroje analizuotą informaciją, jog interaktyviosios pratimų programos, kurios yra kuriamos kompiuterio sistemų pagrindu, gali padėti padidinti kūno padėties valdymo kontrolę ir motorinės sistemos gebėjimą prisitaikyti prie pasikeitusių sąlygų bei suteikti grįžtamąją ryšį apie vizualinį, vestibulinį bei propriocepcinį atsaką [238]. Taip pat tarp KG ir DG nustatyti statistiškai reikšmingi, vidutinio efekto dydžio pokyčiai atitinka literatūroje skelbiamų mokslinių tyrimų rezultatus, jog daugiakomponentės pratimų programos gali reikšmingai pagerinti pacientų, sergančių SSS, fizinius parametrus bei sumažinti SSS sunkumą [164]. Šio tipo treniruotės, kurios apjungia kelis komponentus, nei viena standartinė įprasta aerobinė treniruotė, sinergiškai stiprina kelias organizmo sritis, todėl kartu paveikia ir organizmo gebėjimą apdoroti sensorinę informaciją bei gerina pusiausvyrą [239]. Šiame disertaciniame darbe gauti BESS testo rezultatai parodė vidutinį (tarp KG ir IG) arba mažą (tarp KG ir DG) efekto dydį, todėl tai atitinka literatūroje pateiktą informaciją, jog pusiausvyros pokyčiai nėra vienodi ir priklauso nuo taikomų programų [240].

Šio disertacinio darbo rezultatų analizė apėmė ne tik bendrus pusiausvyros rodiklius, bet ir detalius pusiausvyros parametrus bei kūno padėties valdymą skirtingomis mCTSIB, LOS, BESS testų sąlygomis. Tokia rezultatų analizė leidžia ne tik pažvelgti į bendrus pusiausvyros rezultatus, tačiau įvertinti taikomų kineziterapijos programų poveikį atskiriems pusiausvyros kontrolės sąlygoms skirtingose padėtyse. Rezultatai parodė, jog tarpgrupiniai pokyčiai buvo pastebėti visose mCTSIB testo sąlygose. Pastebėta tendencija, jog didėjant užduoties sudėtingumui, IG palyginti su KG, efekto dydis didėjo, išlikdamas vidutinio stiprumo ribose. Šie rezultatai patvirtina teoriją, jog CNS perskirsto regos, vestibulinės ir somatosensorinės sistemų atsaką priklausomai nuo pasikeitusių aplinkos sąlygų [241]. Analizuojant BESS testo sąlygas, tarp KG ir DG reikšmingi skirtumai nustatyti lengvesnėse testavimo padėtyse, tuo tarpu pokyčiai tarp DG ir IG išryškėjo sudėtingesnėse padėtyse. Literatūroje teigiama, jog BESS lengvesnių padėčių metu yra išlaikoma statinė, bazinė pusiausvyra, o sudėtingesnės BESS padėtyse, tokios kaip tandeminė padėtis, stovėjimas ant vienos kojos ar nestabilus paviršius reikalauja geros ir koordinuotos propriocepinės kontrolės, greitos reakcijos bei sensorinių sistemų gebėjimo suderinamumo [241, 242]. Tokie mūsų tyrime gauti rezultatai rodo, kad daugiakomponentė programa daugiau gerina bazinį statinės pusiausvyros išlaikymą, tuo tarpu interaktyvioji programa efektyvesnė, kuomet CNS tenka didesni kūno padėties valdymo iššūkiai. LOS detalieji pusiausvyros rezultatai parodė, jog visose aštuoniose kryptyse buvo stebimas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp KG ir IG, kai tuo tarpu tarp KG ir DG bei tarp DG ir IG reikšmingas skirtumas nustatytas tik tarp kelių krypčių. Pasak Horak, kūno padėties valdymo kontrolė priklauso nuo regos,

vestibulinės ir propriocepinės sistemų teikiamos informacijos gavimo, o LOS testas leidžia padėti įvertinti kūno masės centro valdymą skirtingomis kryptimis ir būtent yra susijęs su kūno padėties valdymo kontrole ir gebėjimu valdyti sensomotorines sistemas [242]. Tai padeda suprasti papildomų kineziterapijos programų poveikį, kodėl interaktyvioji treniruočių programa, kuri nuolat stimuliuoja sensomotorines organizmo sistemas bei teikia nuolatinį grįžtamąjį ryšį, nulėmė statistiškai reikšmingus, vidutinio efekto dydžio IG palyginti su KG pokyčius. Tuo tarpu daugiakomponentė programa nėra tokia specifinė ir veikia bendrą organizmo pusiausvyrą, neturėdama didesnės įtakos konkrečiai kryptinei padėčiai, o reikšmingas skirtumas tarp IG ir DG rodo, kad šios programos gerina organizmo pusiausvyrą skirtingomis poveikio strategijomis. Shumway-Cook ir Woollacott teigia, jog norint pagerinti konkretias kūno padėties valdymo kryptis, yra reikalingas specifinis treniravimas, orientuotas į sensorinę informaciją, o bendras lavinimas gali būti ne toks veiksmingas. Apibendrinant galima teigti, kad interaktyviosios kineziterapijos grupėje teigiami pusiausvyros pokyčiai nustatyti visuose taikytuose pusiausvyros testuose nepriklausomai nuo kūno padėties valdymo sąlygų. Gauti rezultatai siejami su tuo, kad interaktyvioji kineziterapijos programa nuolat teikia grįžtamąjį ryšį, taip skatindama paciento organizmą nuolat reaguoti į pakitusias sąlygas (pasikeitusį paviršių, paviršiaus plotą, pakeisti kryptį ir pan.), todėl tokia programa leidžia lavinti pusiausvyrą pacientams, sergantiems SSS po chirurginės širdies operacijos.

Vertinant pacientų bendrą funkcinę būklę, svarbu išanalizuoti ne tik pusiausvyros rodiklius, bet ir pacientų stovėseną bei eiseną, kurie dažnai yra vertinama pacientams, sergantiems SSS po chirurginės širdies operacijos. Vertinant pacientų statinę pusiausvyrą paaiškėjo, kad DG buvo stebimas didesnis stovėsenos COP trajektorijos ilgis ir vidutinis COP greitis, palyginti su KG, kas parodo didesnę COP svyravimą DG. Mokslinėje literatūroje pavyko rasti šaltinių, kurie paaiškina šiuos rezultatus: su COP svyravimu susiję rodikliai gali kartais padidėti, kuomet pagerėja dinaminiai paciento parametrai, kas ir įvyko mūsų atliktame tyrime. Maejima su bendraautoriais atliktame tyrime, vyresnio amžiaus pacientams COP svyravimas padidėjo, tuo tarpu dinaminiai rodikliai – pagerėjo [244]. Tokie pokyčiai gali būti paaiškinami literatūroje rasta informacija, jog COP gali skirtingai reaguoti atsižvelgiant į taikomą treniruotės metodą: vien tik pusiausvyros treniruotės gali sumažinti COP svyravimą, tačiau taikant jėgos ar daugiakomponentes treniruotes, efektas gali išlikti neutralus arba net padidinti COP svyravimus [245]. Taip pat kita sisteminė apžvalga ir metaanalizė parodė, jog statinė ir dinaminė pusiausvyra gali kisti skirtingai, atsižvelgiant į treniruotės metodiką, nes taikomi komponentai pratimų programoje nėra identiški [246]. Mūsų atliktame tyrime daugiakomponentė programa pagerino mCTSIB, BESS, LOS,

griuvimo rizikos rodiklius, o priešingai nei tikėtasi, neparodė teigiamo poveikio COP parametrų, todėl galime daryti prielaidą, jog daugiakomponentė programa mūsų tyrime daugiau skatino dinaminę nei statinę kūno padėties valdymo kontrolę. Teigiamas pagrindinės ašies ilgio statistiškai reikšmingas pokytis IG rodo mažesnę priekinę – užpakalinę pasvirimą ir geresnę statinę kūno padėties valdymo kontrolę. Tai patvirtina Horak kūno padėties valdymo kontrolės modelį, jog COP svyravimo sumažėjimas gali parodyti geresnę CNS gebėjimą apdoroti sensorinę informaciją, taip mažindama korekcinius, nereikalingus judesius ir kūno padėties valdymas tampa geresnis [95, 242, 247]. Ruiz-Ruiz su bendraautoriais 2021 m. nustatė, jog svarbiausi parametrai į kuriuos galima atsižvelgti vertinant SSS sergančių pacientų eiseną yra šie: dvigubos atramos laikas, ėjimo greitis, žingsnio ciklo trukmė, žingsnio trukmė, žingsnių skaičius arba nueitas atstumas procentais per dieną [248]. Vertinant eisenos parametrus šiame disertaciniame darbe, statistiškai reikšmingi skirtumai buvo nustatyti daugumoje eisenos rodiklių prieš ir po kardiologinės reabilitacijos. IG pademonstravo reikšmingus pokyčius visuose tirtuose eisenos parametruose, tuo tarpu KG ir DG reikšmingo pėdos pasisukimo, žingsnio pločio ir eisenos trajektorijos ilgio pokyčio nestebėta. Tarpgrupiniuose palyginimuose žingsnio laikas ir žingsnio ciklo trukmė pasikeitė reikšmingai tarp DG ir IG, kur IG pokyčiai buvo didesni bei žingsnio ciklo trukmės efekto dydis buvo didesnis palyginti su žingsnio laiku. Visi šie gauti tyrimo rezultatai rodo, jog interaktyviosios programos poveikis eisenai yra holistinis ir veikia labiau bendrą eisenos modelio mechanizmą, nei pavienius žingsnio elementus. 2021 m. atliktoje sisteminėje apžvalgoje bei meta analizėje teigiama, kad interaktyviosios žaidybinės kineziterapijos programos turėtų būti įtrauktos į vyresnio amžiaus pacientų programą, siekiant gerinti eiseną kaip bendrą organizmo mobilumo išraišką [249].

Fried fenotipo modelyje lėtas ėjimo greitis yra vienas iš pagrindinių komponentų vertinant SSS sergančių pacientų eiseną [16, 250], o Afilalo su bendraautoriais nurodo, kad sumažėjęs ėjimo greitis yra vienas iš prediktorių vertinant pooperacines baigtis po chirurginės širdies operacijos [17]. 2021 m. atliktame tyrime, kuriame taip pat buvo 3 nepriklausomos grupės, intervencinėje grupėje, kurioje prie įprastinės reabilitacijos programos buvo taikomos treniruotės su mechaniniais prietaisais, eisenos greitis padidėjo labiausiai, tačiau jis nebuvo statistiškai reikšmingas palyginti su kitomis grupėmis [225]. Šiame mūsų tyrime visose grupėse buvo reikšmingas eisenos greičio pokytis matuojant greitį 4MÉT ir Zebris FDM eisenos analizės sistema, tačiau statistiškai reikšmingo eisenos greičio pokyčio taip pat tarp grupių nustatyti nepavyko. Pagal 4MÉT, eisenos greitis daugiausia padidėjo KG, o matuojant Zebris FDM platformoje – IG. Atlikti moksliniai tyrimai rodo, jog eisenos greičio tiksliai nustatymui svarbu atsižvelgti į laiko nustatymo metodą

(rankiniu būdu ar automatiškai), bet ir eisenos paleidimo pradžią (stovintis ar judantis objektas) [251]. Mūsų atliktame tyrime buvo taikomi skirtingi eisenos greičio vertinimo protokolai: naudojant Zebris FDM platformą, taikytas judantis startas, o atliekant 4MĖT – fiksuotas startas. Šie skirtingi eisenos greičio vertinimo metodai galėjo nulemti skirtingus eisenos greičio pokyčius grupių viduje. Mokslinė literatūra teigia, kad ėjimo greitis yra globalus bei gana jautrus funkcinės būklės klinikinis rodiklis, kuris reaguoja į minimalios fizinės programos poveikį, jeigu ji ir nėra visiškai specifinė [252–254], o eisenos greičio padidėjimas gali įvykti dėl bendro fizinio aktyvumo padidėjimo, todėl tai galėjo būti viena iš priežasčių, neleidusių nustatyti reikšmingo skirtumo tarp visų intervencinių grupių.

Šiame disertaciniame tyrime pacientų gyvenimo kokybė buvo vertinama EQ-5D-5L klausimynu. Klausimyne vertinti pagrindiniai gyvenimo kokybės komponentai (judėjimas, savęs priežiūra, įprasta veikla, skausmas, nerimas) bei VAS skalė, kurie reikšmingai pakito grupių viduje, tačiau nenustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp grupių. Tai galėtų būti paaiškinama keliais aspektais. Pirmiausia, dalyvavimas kardiologinės reabilitacijos programoje, dėmesys sveikatai ir pacientui gali sukelti Hawthorne efektą, kuomet pacientai keičia savo elgesį – dažnai pagerindami savo rezultatus – reaguodami į patį stebėjimą, o ne į taikytą programą [255]. Antra, vertinant gyvenimo kokybės pokyčius yra svarbu atsižvelgti į vertinimo laiką. Moksliniai tyrimai rodo, kad didžiausias gyvenimo kokybės pagerėjimas pasiekiamas per pirmuosius tris mėnesius po kardiologinės reabilitacijos, o vėliau pokyčiai išlieka stabilūs [256]. Visų pacientų grupių pagerėję gyvenimo kokybės rodikliai reabilitacijos metu rodo bendrą dalyvavimo reabilitacijoje poveikį, o ne su programa susijusius skirtumus [257]. Nors statistiškai reikšmingų gyvenimo kokybės pokyčių tarp grupių nebuvo nustatyta, rezultatai parodė, jog grupių viduje efekto dydis skyrėsi. Visose intervencinėse grupėse prieš ir po kardiologinės reabilitacijos efekto dydžiai buvo maži arba vidutiniai, kas parodo kliniškai reikšmingą pokytį. Herdman su bendra- autoriais atliktoje ataskaitoje teigiama, kad reikalingi detalesni tyrimai su EQ-5D-5L siekiant išsiaiškinti, ar jautrumas yra pakankamas ir sumažėja lubų efektas [258]. VAS efekto dydis buvo vidutinis KG ir DG, tuo tarpu IG – didelis. Moksliniai tyrimai rodo, jog interaktyviosios, technologijomis pagrįstos fizinio aktyvumo programos didina pacientų išitraukimą, motyvaciją, gali veiksmingai pagerinti suaugusiųjų fizinio aktyvumo lygį, psichinę sveikatą, pasitenkinimą gyvenimu ir laimę, todėl tai gali būti susiję su geresniais reabilitacijos rezultatais, įskaitant ir gyvenimo kokybę [167, 259].

6. MOKSLINIO TYRIMO PRIVALUMAI IR RIBOTUMAI

Šis biomedicininis disertacinio darbo tyrimas turi keletą ribotumų:

1. Tyrimas buvo atliekamas tik vienoje ligoninėje Lietuvoje – Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninės Kauno klinikų filialo Kulautuvos reabilitacijos ligoninėje, todėl rezultatai negali būti pritaikomi visai populiacijai.
2. Gana trumpa reabilitacijos trukmė (iki 20 kalendorinių dienų), todėl galima nenustatyti reikšmingo skirtumo tarp grupių ir neįvertintas ilgalaikis poveikis funkciniai pacientų būklei ir gyvenimo kokybei.
3. Tyrime daugiausia dalyvavo pažeidžiami ir lengvu SSS sergantys tiriamieji. Todėl kyla klausimas, ar tyrimo išvados gali būti pritaikomos sunkiausią SSS formą turintiems tiriamiesiems, nors darbe SSS tarp visų pacientų grupėse statistiškai reikšmingai nesiskyrė.
4. Tyrime SSS buvo vertinamas vartojant Edmontono silpnumo skalę. Remiantis literatūra, SSS įvertinti naudojama daug kitų įrankių (Fried silpnumo fenotipas, Rockwood ir Mitnitski silpnumo indeksas, klinikinė silpnumo skalė ir kt.). Todėl mūsų tyrimo rezultatai gali būti pritaikomi pacientams, kurių SSS vertinamas pagal Edmontono silpnumo skalę. Pasirinkus kitą SSS sunkumo matavimo instrumentą, rezultatai gali skirtis.
5. Įtraukimo kriterijai, pvz., nueinamas atstumas (≥ 150 m, atlikta chirurginė širdies operacija), galėjo sumažinti pacientų, kurie galėtų būti įtraukiami į tyrimą, skaičių (po stentavimo, nueitas < 150 m atstumas ir kt.).
6. Kompiuterizuotą eisenos ar pusiausvyros vertinimą galėjo lemti kineziofobija po atliktos chirurginės širdies operacijos ar ėjimo bėgtakiu patirties stoka – tai gali iškreipti realius įvertinimo rezultatus.

Nors disertacija turi ribotumų, tačiau turi ir privalumų:

1. Tai pirmas tyrimas Lietuvoje, kuris tyrinėjo dviejų papildomų skirtingų kineziterapijos programų poveikį SSS sergantiems pacientams po chirurginės širdies operacijos pagal objektyvius funkcinius ir biomechaninius rodiklius. Nors tai antras darbas Lietuvoje, kuris nagrinėja dviejų skirtingų papildomų kineziterapijos programų poveikį, tačiau mūsų tyrime buvo atlikta nemažai papildymų: susiaurinta tiriamųjų populiacija – pacientai po chirurginės širdies operacijos, sergantys SSS, buvo atlikti objektyvūs funkciniai ir biomechaniniai

parametrų matavimai. Tokio plataus, išsamaus fizinės būklės įvertinimo literatūroje ar Lietuvos tyrimuose neteko matyti. Kituose darbuose dažnai įtraukiamos platesnės populiacijos (kartu su stentavimu ar vyresnio amžiaus tiriamieji, ne vien sergantys SSS, o ir sveiki asmenys), naudojami gana primityvūs ir objektyvumo stokojantys eiseną, pusiausvyrą matuojantys instrumentai.

2. Tai pirmas kardiologinės reabilitacijos tyrimas, kuriame aprašomi ne tik statistiškai reikšmingi skirtumai tarp grupių, bet buvo vertinamas ir efekto dydis. Tai leidžia įvertinti ir parinkti kineziterapijos programą pacientui, kai statistiškai reikšmingas skirtumas yra stebimas abejose grupėse.
3. Išsamus pasirinktas fizinės būklės tyrimas šiame disertaciniame darbe leidžia įvertinti skirtingas pacientų, sergančių SSS po chirurginės širdies operacijos, fizines ypatybes: aerobinę ištvermę, jėgą, funkcinį pajėgumą, mobilumą ir kt. Literatūroje dažnai apsiribojama viena arba keliomis fizinėmis ypatybėmis – vertinamas SSS sergančių pacientų ėjimo greitis, tam tikri žingsnių elementai (tik žingsnio plotis, ilgis) ir kt.
4. Šiame tyrime atskiras dėmesys skirtas ir griuvimo rizikos vertinimui. Remiantis literatūra, tiek SSS sergantys pacientai, tiek pacientai po chirurginės širdies operacijos dažnai turi padidėjusią griuvimo riziką, o pacientams, kuriems yra diagnozuotas SSS ir atlikta chirurginė širdies operacija, ši rizika dar padidėja. Papildomas objektyvus griuvimo rizikos įvertinimas ir kineziterapijos programų jai mažinti nustatymas turi papildomą klinikinę reikšmę.
5. Šiame darbe SSS buvo vertinamas vienu instrumentu – Edmontono silpnumo skale. Pasirinktas metodas padeda įvertinti ne vien tik fizinį, tačiau ir kitus komponentus: pažinimo, socialinį ir kt. Tai leidžia surinkti ir išsamiau analizuoti informaciją apie tyrime dalyvaujančius asmenis.
6. Gauti statistiškai reikšmingi disertacinio tyrimo rezultatai rodo, kad papildomai įtrauktos skirtingos programos į kardiologinę reabilitacijos programą yra saugios ir veiksmingos gerinant pacientų, sergančių SSS po chirurginės širdies operacijos, fizinės būklės ir gyvenimo kokybės parametrus bei jomis galima papildyti įprastą pooperacinę stacionarinę kardiologinę reabilitacijos programą.

IŠVADOS

1. 65 metų ir vyresniems pacientams, atvykusiems į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją antruoju etapu, po chirurginės širdies operacijos dažniausiai pagal Edmontono silpnumo skalę nustatytas pažeidžiamas ir lengvas senatvinio silpnumo sindromas.
2. Funkcinės būklės rodikliai – 1 maksimalaus kartojimo kojų tiesimo raumenų jėga (≤ 32 kg), vidutinis stovėsenos slėgio centro greitis (> 14 mm/s) bei stabilumo ribos testo reakcijos laikas (> 43 s) yra reikšmingi vidutinio ir sunkaus senatvinio silpnumo sindromo prognoziniai veiksniai.
3. 65 metų ir vyresniems pacientams, atvykusiems į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją antruoju etapu ir sergantiems senatviniu silpnumo sindromu po chirurginės širdies operacijos, nustatyti statistiškai reikšmingi funkcinės būklės rodiklių pokyčiai, kurie skyrėsi atsižvelgiant į kineziterapijos programą:
 - a) Daugiakomponentė programa labiau pagerino 6 minučių ėjimo testą, palyginti su įprasta reabilitacijos programa. 1 maksimalaus kartojimo kojų tiesimo raumenų jėga reikšmingai pakito atliekant daugiakomponentę ir interaktyviąją programas, tačiau interaktyviosios grupės tiriamiesiems nustatytas didesnis poveikis.
 - b) Tiek interaktyvioji, tiek daugiakomponentė reabilitacijos programos yra veiksmingos gerinant paciento statinės ir dinaminės pusiausvyros rodiklius, tačiau interaktyvioji programa reikšmingai veiksmingesnė gerinant dinaminę pusiausvyrą bei mažinant griuvimo riziką, palyginti su įprasta reabilitacijos programa.
 - c) Naudojant daugiakomponentę programą stebėtas nepalankus poveikis stovėsenos kūno slėgio centro rodikliams. Interaktyvioji programa reikšmingai veiksmingesnė nei daugiakomponentė, matuojant žingsnio laiką ir žingsnio ciklo trukmę.
4. 65 metų ir vyresniems pacientams, atvykusiems į antrąją stacionarinės kardiologinės reabilitacijos etapą ir sergantiems senatviniu silpnumo sindromu po chirurginės širdies operacijos, nebuvo nustatyta statistiškai reikšmingų gyvenimo kokybės pokyčių (vertinant gyvenimo kokybės komponentus ir vizualinę analoginę skalę), nesvarbu, kuri kineziterapijos programa buvo taikyta.

PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

Kineziterapeutams, fizinės medicinos ir reabilitacijos gydytojams ir kitiems sveikatos priežiūros specialistams, dirbantiems stacionarinės kardiologinės reabilitacijos srityje:

1. 65 metų ir vyresniems pacientams, kurie į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją atvyksta po chirurginės širdies operacijos, rekomenduojama vertinti senatvinio silpnumo sindromo sunkumą bei funkcinės būklės parametrus (trumpąjį fizinės funkcijos testų rinkinį, 6 minučių ėjimo testą, veloergometriją, plaštakos griebimo jėgą, kojų tiesimą 1 maksimalaus kartojimo metodu, statinę ir dinaminę pusiausvyrą, stovėsenos ir eisenos rodiklius).
2. 65 metų ir vyresniems pacientams, kurie į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją atvyksta po chirurginės širdies operacijos ir kurių 1 maksimalaus kartojimo kojų tiesimo raumenų jėga mažesnė nei 32 kg, vidutinis slėgio centro greitis didesnis nei 14 mm/s bei stabilumo ribos testo reakcijos laikas yra daugiau nei 43 s, atlikti išsamų senatvinio silpnumo sindromą vertinimą. Taip pat pagal galimybes reikia taikyti ankstyvas fizines intervencijas (daugiakomponentę arba interaktyviąją kineziterapijos programą) – taip siekiama sumažinti šio sindromo sunkumą ir progresavimo riziką.
3. 65 metų ir vyresniems pacientams, kuriems yra nustatytas senatvinio silpnumo sindromas po chirurginės širdies operacijos, atvykstantiems į stacionarinę kardiologinę reabilitaciją, turėtų būti sudaryta papildoma kineziterapijos programa, atsižvelgiant į fizinės būklės įvertinimą: funkciniam pajėgumui didinti pasirinkti daugiakomponentę, apatinių galūnių raumenų jėgai didinti – interaktyviąją reabilitacijos programą. Daugiakomponentė programa teigiamai veikia kai kuriuos eisenos elementus, o interaktyvioji programa gerina stovėseną bei eisną. Pusiausvyros ir griuvimo rizikai mažinti tikslinga skirti interaktyviąją reabilitacijos programą bei taikyti sunkesnes pusiausvyros užduotis (mažinant atramos plotą, taikant nestabilius paviršius ir kt.).

SUMMARY

ABBREVIATIONS

1RM	–	one-repetition maximum
4MWT	–	6-Metre Walk Test
6MWT	–	6-Minute Walk Test
BESS	–	Balance Error Scoring System
BMI	–	body mass index
CABG	–	coronary artery bypass grafting
CG	–	control group
COPD	–	chronic obstructive pulmonary disease
CR	–	cardiac rehabilitation
CVD	–	cardiovascular diseases
ECD	–	European Society of Cardiology
EFS	–	Edmonton Frail Scale
IG	–	interactive group
IHD	–	ischemic heart disease
LOS	–	limits of stability
LVEF	–	left ventricular ejection fraction
mCTSIB	–	Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance
MET	–	metabolic equivalent of task
MG	–	multicomponent group
SPPB	–	Short Physical Performance Battery

INTRODUCTION

Based on the World Health Organisation data, population aging is accelerating [7]. On January 1, 2024, the total population of the European Union was 449.3 million, and more than one-fifth (21.6%) of it was older than 65 years [8]. It is estimated that the proportion of inhabitants aged more than 65 years will exceed 30% by the end of the 21st century. It will have considerable implications for healthcare systems and national economies [10]. The main global issue is related to an aging population and one of the geriatric conditions – frailty [11]. Frailty is one of the core risk factors for morbidity and mortality [12], and a considerable proportion (12%–24%) of community dwellers aged 65 years and more has frailty [13]. Both in clinical practice and healthcare policy, there is a growing interest in the concept of frailty as older adults encounter negative health outcomes that cannot be explained solely by age, underlying diseases, and physical functioning [11].

Cardiovascular diseases (CVD) are more prevalent among older people, and this population undergoes cardiac surgery more often [14, 15]. However, after these surgeries, elderly patients often experience frailty that is more common than in the general population and is linked to reduced physical capacity, reduced muscle strength, impaired functional mobility, and

worsened quality of life [16, 17]. Based on the report by the European Society of Cardiology (ESC), the overall prevalence of frailty among patients with CVD ranges from 40% to 50% depending on the tools used to assess frailty [18]. Patients with frailty are characterized by decreased physiological reserve and greater susceptibility to unfavourable health factors [19]. Frailty syndrome affects up to 30% of patients with coronary artery disease; 80%, with heart failure; and 74%, with aortic valve disease [14]. Heart surgery that is common among patients with frailty often causes physiological stress. Therefore, 28% of elderly patients, arriving at inpatient cardiac rehabilitation, already have reduced muscle strength and physical performance, and this has a huge impact on balance and overall ability to carry out daily activities [20], including walking [21]. Studies show that patients with frailty are at a higher risk of postoperative complications, prolonged length of hospital stay, and functional decline [19, 22].

Studies show that cardiac rehabilitation is widely recommended for patients after a cardiovascular event [23]. Cardiac rehabilitation that involves physical activity programmes can improve patients' survival, reduce hospitalization and likelihood of myocardial infarction, and improve quality of life [24]. Cardiac rehabilitation is a standard care measure that helps to recover after ischemic heart disease (IHD), manage risk factors for CVD, achieve target values, apply exercise-based therapy, adjust nutrition and develop an optimal plan of medication treatment, as well as provide psychosocial support and patient education [25]. The guidelines by the ESC highlight that cardiac rehabilitation must be comprehensive, multicomponent, individually tailored and include physical activity promotion and integrated psycho-social support [23]. Such rehabilitation programmes improve patient's functional independence and help reduce the risk of CVD [26]. It has been reported that exercise-based cardiac rehabilitation can reduce all-cause mortality by 20% in patients with CVD [27]. Despite cardiac rehabilitation is an important part of postoperative treatment, scientific research investigating the effects of specific physiotherapy programmes on patients with CVD and frailty is still scarce. Some literature resources indicate different benefits of exercise-based interventions: some scientists prefer multicomponent programmes [28], while others give priority to interactive programmes [29]. Scientific literature mostly refers to multicomponent training [30]; however, other authors state that exercise interventions allowing to achieve better results during shorter time should be considered [31]. For example, interactive physiotherapy programmes provide feedback in real time that allows to learn more quickly and to assess the result immediately after training [32], to adjust the session difficulty [33], to promote motivation [34], to monitor progress in real time [35] and to tailor training individually [260].

Multicomponent exercise programmes include several components: aerobics, strength, balance, and sensorimotor training. Scientific research shows that these programmes are effective in patients with frailty and increase muscle strength as well as improve muscle endurance and balance [36]. Interactive physiotherapy programmes are gaining more attention in modern cardiac rehabilitation [29]. It has been reported that interactive computer-based programmes applied in rehabilitation are safe and effective in patients with frailty. These programmes are fostering engagement in physical activity and enhancing it as well as allowing to individualize a patient's rehabilitation programme and to correct it when needed [37]. There are ongoing discussions in the scientific community about which exercise programmes are most effective in frail patients after a cardiac intervention [18, 38]. There are no universally accepted and assessed standards for exercise-based cardiac rehabilitation related to the contents of patients with frailty after surgical intervention [23].

AIM AND OBJECTIVES

Aim

To evaluate the effect of physiotherapy programmes (conventional, multicomponent, and interactive) on the functional status and quality of life of frail patients aged ≥ 65 years after open heart surgery during the second stage of rehabilitation.

Objectives

1. To assess the prevalence of frailty and its severity according to the Edmonton Frail Scale among patients aged ≥ 65 years who underwent open heart surgery.
2. To determine the factors of functional status having a significant impact on the severity of frailty at the beginning of rehabilitation among patients aged ≥ 65 years after open heart surgery during the second stage of rehabilitation.
3. To evaluate and compare changes in the parameters of functional status by applying different physiotherapy programmes (conventional, multicomponent, and interactive) for frail patients aged ≥ 65 years after open heart surgery.
4. To evaluate and compare changes in quality of life by applying different physiotherapy programmes (conventional, multicomponent, and interactive) for frail patients aged ≥ 65 years after open heart surgery.

MATERIAL AND METHODS

Type, design, and ethical aspects of the study

Kaunas Regional Biomedical Research Ethics Committee approved this single-centre, three-arm, parallel-group, randomized controlled trial (No. BE-2-83, 22 July 2021). The study was conducted in accordance with the guidelines of the World Medical Association Declaration of Helsinki and followed the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) [192]. It was registered in the international database of clinical research studies (ClinicalTrials.gov, registration No. NCT06385041). The study was carried out in Kulautuva Hospital of Rehabilitation, one of the affiliations of the Hospital of Lithuanian University of Health Sciences Kauno klinikos, Lithuania. All patients who arrived in this hospital for medical rehabilitation between July 2021 and May 2024 were invited to participate in this study. Patients were included in the study only when they agreed to participate and signed the informed consent form.

Inclusion and exclusion criteria

All patients who underwent open heart surgery such as CAB, heart valve replacement, or complex surgery (both surgeries performed together), arrived at Kulautuva Hospital of Rehabilitation, and met the inclusion criteria were invited to participate in the study. The patient was eligible for the study if he/she met the following criteria:

- After open-heart surgery (coronary artery bypass grafting, heart valve replacement, or both surgeries performed together, i.e. complex surgery);
- Age of ≥ 65 years;
- presence of frailty syndrome (score of ≥ 4 on the EFS);
- ability to walk independently (without supportive aids);
- ≥ 150 m based on the 6MWT.

The exclusion criteria were as follows:

- dysfunction and pathology of the musculoskeletal system;
- cognitive or perceptual impairment indicated in medical records;
- severe underlying conditions (mental, visual, and hearing impairments, severe heart insufficiency, severe anaemia, postoperative wound healing issues);
- other various acute conditions that could limit active participation in the rehabilitation programme or assessment;
- refusal to participate in the study.

Selection and randomization methods of the study population

A total of 625 patients who underwent open-heart surgery arrived for 20-day cardiac rehabilitation at Kulautuva Hospital of Rehabilitation between July 2021 and May 2024. Of them, 472 did not meet the inclusion criteria; the remaining 153 were invited to participate in the study.

On the first rehabilitation day, patients were examined by a physical medicine and rehabilitation physician. Patients were informed about the study verbally and in writing, and medication treatment, management of risk factors, and protein-enriched diet were prescribed. Based on the medical records of a patient, an individual rehabilitation plan was tailored that included physiotherapy, occupational therapy, massage, physical factors, and counselling by a psychologist and a social worker. A unique code for data coding was given to a patient as soon as he/she received all verbal and written instructions about the study, was answered all raised questions, and signed the informed consent form.

On the second rehabilitation day, patients were examined to assess the following: physical capacity (6MWT, 4-Metre Walk Test (4MWT), cycle ergometry, Short Physical Performance Battery (SPPB), balance, gait, and posture), muscle strength (dynamometry of both hands and the one-repetition maximum (1RM) leg press test), and quality of life (by using the EQ-5D-5L questionnaire). After examination, patients were randomly allocated to three groups at a ratio of 1:1:1 by using the Research Randomizer programme: control group (CG), multicomponent group (MG), and interactive group (IG).

Assessment of patients' functional status and quality of life

All assessments were done by a physiotherapist (the author of this dissertation), except for cycle ergometry that was carried out by a cardiologist. Patients' status was evaluated 2 times: at the beginning of rehabilitation and after the completion of 20-day rehabilitation. Below the methods employed are described.

Demographical data – age, sex, height, weight, BMI – and clinical data (LVEF, surgery type, underlying diseases, CVD risk factors, days in rehabilitation after surgery, and duration of rehabilitation) were taken from medical records.

Frailty was evaluated with a validated Lithuanian version of the Edmonton Frail Scale (EFS). This scale allows assessing various frailty aspects and determining the level of frailty. It consists of 9 domains (cognition, general health status, functional independence, social support, medication use, nutrition, mood, continence, and functional performance) with a total score ranging from 0 to 17. Based on the score obtained, the level of frailty is

evaluated as follows: score of 0 to 3, fit; score of 4 to 5, vulnerable; score of 6 to 7, mild frailty; score of 8 to 9, moderate frailty; and score of 10 and more, severe frailty [112]. This biomedical study enrolled only those patients who were vulnerable and mildly-to-severely frail, i.e. patients who got a score of 4 and more.

The 5-level EQ-5D version (EQ-5D-5L) introduced by the EuroQol Group was used to evaluate health-related quality of life. This validated questionnaire measures 5 dimensions of health: mobility, self-care, usual activities, pain, and anxiety. Each dimension has 5 response levels: 1, no problems; 2, slight problems; 3, moderate problems; 4, severe problems; and 5, unable to/extreme problems. This instrument also includes the evaluation of current health status on a visual analogue scale (VAS): respondents have to rate their perceived health from 0 (the worst imaginable health) to 100 (the best imaginable health) on the day they complete the questionnaire. The results of the EQ-5D-5L questionnaire can be presented in various ways: 1) results for EQ-5D-5L values; 2) results of the descriptive analysis of 5 main dimensions; and 3) results of the VAS as a measure of overall self-rated health status [43, 191].

Cycle ergometry with a cycle ergometer (Ergoline GmbH, Bitz, Germany, 2014) was done to determine patient's functional capacity by measuring achieved maximal workload (W) and to tailor appropriate and optimal physical workload for him/her. During this testing carried out by a cardiologist, electrocardiogram (ECG), heart rate, blood pressure, oxygen saturation, and subjective well-being of a patient were constantly monitored. All parameters were recorded in detail. The initial workload on a cycle ergometer was 25 W, and it was increased gradually every minute by 12.5 W. Workload was increased until one of the following signs appeared: changes in ECG, hypotension (> 20 mmHg), hypertension ($> 230/120$ mmHg), chest pain, pronounced shortness of breath, and others. The intensity of the achieved workload was expressed in W and metabolic units (metabolic equivalent of task, MET) [193].

The 6-minute Walk Test (6MWT) is a practical, simple, clinical test that requires a 30-m hallway. During this test, the distance that a patient can quickly walk on the flat, hard surface in 6 min is measured, shortness of breath and fatigue (Borg scale) are assessed, as well as changes in blood pressure and heart rate are recorded [194].

The Short Physical Performance Battery (SPPB) was used to evaluate the following three components: balance, gait speed, and timed chair stand. Each component is scored from 0 to 4, and the overall SPPB score ranging from 0 to 12 is obtained by adding the scores of individual components. A score of 0 indicates the worst performance, and a score of 12, the best performance.

To evaluate balance, patients were instructed to stand unassisted and keep in 3 different positions for 10 s: feet side-by-side, semi-tandem, and full tandem. To assess gait speed, patients were asked to walk 4 metres at their usual walking speed, and gait speed in seconds was recorded by using a chronometer. Two trials were done, and of them, a better time recording was included. To assess a timed chair stand, patients were instructed to complete 5 sit-to-stand repetitions unassisted as fast as possible, at the beginning in the seated position with their arms crossed on their chest and both feet flat on the floor. If a patient is not capable to rise from a chair unassisted, it is recorded in the protocol. The assessment of capability to rise from a chair is done using a chronometer (time, needed to complete the task is measured in s) [114].

The muscle strength of lower extremities was assessed with the 1RM test while performing leg press. Maximum dynamic leg press strength was assessed using the one-repetition maximum (1RM) test, a reliable and reproducible measure in older adults [197], with an HUR device (Kokkola, Finland) over a ROM of 90° to ~10° knee flexion. Patients performed 15–25 submaximal repetitions (30%–60% estimated maximum) followed by 2-min rest. Testing started at 50%–70% estimated maximum, with incremental increases guided by the Borg scale (≤ 15 : +40%; ≥ 15 : +20%) until 10 repetitions could not be completed. Repetitions required proper technique, full ROM, and constant pace; testing was stopped if criteria were not met, pain occurred, or health worsened. The 1RM was indirectly calculated using the Brzycki equation [154].

Dynamometry. The handgrip strength of both hands was measured with a hydraulic hand dynamometer Saehan SH5001 (Saehan Corporation, 2008). The patient was asked to be seated on a chair with the shoulder kept in a neutral position and the elbow flexed to 90°. The wrist was fixed in a position of 0 to 30° dorsiflexion [199]. The dynamometer shows a maximum grip strength from 0 to 90 kg, and a pointer indicates maximum grip strength.

Stance and gait assessment with the Zebris FDM System. Stance (COP path length, average COP velocity, length of major axis) and gait (foot rotation, step length, step width, step time, stride length, stride time, cadence, velocity, length of gait line) parameters were evaluated with the Zebris FDM System. To measure these stance and gait parameters, gait and stance analysis system with a pressure platform integrated into a treadmill (Zebris Medical, FDM, GmbH, Germany, 2013) was used. During stance testing, patients were instructed to stand on the integrated platform of the treadmill. This test provides data on patient's stance stability and body postural control as well as changes in the centre of pressure. During gait testing, patients were asked to walk barefoot for 30 s at their own comfortable, maximum possible pace. The whole assessment was recorded with two video cameras in the frontal

and sagittal planes. Stance and gait parameters were automatically recorded with the computer system [6, 176].

Balance assessment was done with a balance platform of the Biodex Balance System SD 950-440 (Biodex Medical Systems, Inc., 2015). The platform and patients' feet were positioned following the manufacturer's instructions, and patients performed the mCTSIB, BESS, LOS and fall risk index tests.

The Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) was used to assess the ability of visual, vestibular and somatosensory systems to react to changing conditions. This test is a modified version of the original CTSIB, consisting of 4 conditions. Condition 1 – eyes open firm surface – is characterized as a baseline condition, where the goal is to maintain an upright position while being in a firm surface. This condition incorporates visual, vestibular and somatosensory inputs. Condition 2 – eyes closed firm surface – eliminates the visual input to evaluate vestibular and somatosensory inputs. Condition 3 – eyes open on a dynamic surface – evaluates the interaction between visual and vestibular inputs. Condition 4 – eyes closed on a dynamic surface – evaluates the singular vestibular inputs. After the completion of all these conditions, sway indexes of separate positions and the overall sway index are calculated. The smaller the sway index, the better the balance control [201].

The Balance Error Scoring System (BESS) test allows to assess postural stability with 3 main stances on 2 different surfaces: double leg stance (standing with feet side by side), single leg stance (standing on one foot), and tandem stance (standing heel-to-toe) on the static (stable, firm) and dynamic (unstable, soft) surfaces. Patients were asked to stand and maintain stability in every position with open eyes and hand on the hips for 20 s [200, 202]. The total BESS score and scores for every stance are calculated.

The Limits of Stability (LOS) test was used to assess dynamic postural control and individuals' ability to volitionally move the centre of gravity while reaching the highlighted target without stepping or moving their feet. The test was conducted with barefoot patients positioned in a standardized foot position as recommended in the manufacturer's instructions. Patients were also directed to keep their arms by their sides. The test was repeated 3 times. Patients were given a visual 8-directional (forward, backward, left lateral, right lateral and 4 diagonal) task, during which they had to shift their centre of gravity in order the cursor would move quickly and accurately as possible towards the highlighted target. The same process is repeated for every target. Each target is randomly highlighted, and the patient had to reach the target by leaning and returning to the centre position. Results were

expressed as a percentage with a greater percentage indicating better postural control [203].

Fall risk was assessed using the computerized Biodex Balance system SD. This system utilizes a multi-axial tilting platform allowing to assess patient's fall risk and compare the results in a certain age group. During dynamic fall risk assessment, the platform was set to permit up to 20° of deflection in all directions (level 8). Subjects were instructed to maintain an upright posture 3 times for 20 s without falling and grasping the handrails with eyes open and feet shoulder-width apart. The subject applied pressure to the platform, and anterior, posterior, medial, and lateral sways were recorded. Then, a derivative overall stability index ranging from 0.0 (optimal balance / equivalent of low fall risk) to 5.0 (poor balance / equivalent of high fall risk) was generated.

Description of physiotherapy programmes applied in the study

All patients arriving to cardiac rehabilitation are given 20-day inpatient cardiac rehabilitation. Rehabilitation procedures, its number, and rehabilitation duration were selected according to the order of the Minister of Health of the Republic of Lithuania that was in force at the time of the study. All 3 groups – control, multicomponent, and interactive – were given a physiotherapy programme conventionally applied in inpatient cardiac rehabilitation. Patients in the multicomponent group additionally underwent a multicomponent physiotherapy programme 3 times a week, and patients in the interactive group, an interactive computer-based physiotherapy programme. Before initiating the rehabilitation programme, every patient underwent cycle ergometry to determine optimal parameters of workload and to ensure individually tailored workload during physiotherapy sessions.

Study sample size

Statistical power calculation (sample size) was done based on an expected change in the SPPB score. To produce 80% power ($\beta = 0.2$) and 95% statistical significance ($\alpha = 0.05$; $p = 0.05$) with a 1-point difference in the SPPB score, it was estimated that a sample size of 138 patients (46 patients in each of 3 groups) would be sufficient. As the study population comprised older patients who experience arrhythmia, pleural fluid accumulation, wound healing issues, and other complications after open-heart surgery, and their rehabilitation can be discontinued or they are transferred to other hospitals for further inpatient treatment, or they leave rehabilitation due to other personal reasons, there is a possibility that not all patients will

complete rehabilitation. Therefore, with a possible attrition rate of 10%, it was calculated that 153 patients had to be enrolled in this study.

Statistical analysis

Statistical analysis was done with the Microsoft Excel 2019 and IBM SPSS Statistics 29.0 programmes. The Shapiro–Wilk test was used to check the distribution of continuous data. Non-normally distributed continuous data were expressed as medians with interquartile ranges (IQR). Categorical data were expressed as numbers with percentages. Homogeneity of data between the groups of categorical features was checked with the chi-square test and the exact Fisher criterion (in case of small number of cases). Three independent groups of nonnormally distributed continuous data were compared with the nonparametric Kruskal-Wallis test. The multiple comparisons procedure was done with the Bonferroni criterion. Dependent groups of non-normally distributed data were compared with the nonparametric Wilcoxon criterion.

To determine predictive factors associated with the level of frailty severity (0, vulnerable, mildly frail; 1, moderate, severe frail), binary logistic regression was used. In logistic regression analysis, all variables of functional status were dichotomized based on a size median to interpret the results obtained (for example, based on the median leg press 1RM patients were divided into 2 groups, i.e. ≤ 32 kg and > 32 kg). Multicollinearity of independent variables in logistic regression analysis was evaluated based on the variance inflation factor (VIF), and determination coefficient (R^2) was used to assess model suitability. A variable was considered multicollinear if its VIF was > 4 . The results of logistic regression analysis are presented as odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (95% CI). The level of significance was set at $p < 0.05$.

Effect sizes were calculated [205]. Effect size for the comparison of dependent groups was interpreted based on the recommendations by Cohen: small ($r = 0.10$), moderate ($r = 0.30$), and large ($r = 0.50$) [206]. Effect size for the comparison of independent groups was interpreted based on the R^2 type limits of effect size by Cohen: small ($\varepsilon = 0.01$), moderate ($\varepsilon = 0.06$), and large ($\varepsilon = 0.14$) [206, 207].

The tools of artificial intelligence were used to improve writing style and text structurization; however, the author of this dissertation is responsible for the final content, interpretations, and conclusions.

MAIN RESULTS

Baseline characteristics of the study population

A total of 153 patients met the inclusion criteria. They were introduced to the course of the study and were invited to participate in the study. Then the patients were randomly assigned into three interventional groups: control ($n = 51$), multicomponent ($n = 51$), and interactive ($n = 51$). Due to various reasons during the study, 5 patients from each group were lost; therefore, 46 patients in each intervention group successfully completed the study (CG, $n = 46$; MG, $n = 46$; IG, $n = 46$). Table 1 depicts demographic and clinical characteristics of these patients. The median age of the study population was 71 years (IQR, 68; 76); there were more men than women (66.7% and 33.3%, respectively). All the patients enrolled into the study underwent cardiac surgery with CAGB being most common (63.8%). Hypertension (90.6%) and dyslipidaemia (79%) were the most common risk factors of CVD and underlying diseases. As much as 83.3% had class II heart failure according to the New York Heart Association. The median duration from surgery to arrival to cardiac rehabilitation was 14 days (IQR, 12; 18), and the median duration of inpatient cardiac rehabilitation was 20 days (IQR, 18; 20).

The control, multicomponent, and interactive groups were homogenous by all characteristics except for weight and height. However, there was no significant difference in BMI comparing all the groups ($p = 0.313$).

Table 1. Baseline characteristics of the study population overall and by the groups

Characteristic	Total (n = 138)	CG (n = 46)	MG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Age, years	71 (68;76)	72.50 (68.75; 77)	71.50 (67; 72.25)	71 (68; 74.25)	0.410
Women, n (%)	46 (33.3)	10 (21.7)	19 (41.3)	17 (37)	0.113
Men, n (%)	92 (66.7)	36 (78.3)	27 (58.7)	29 (63)	
Height, m	169.50 (162.75; 174)	171 (164.50; 176) ^a	165 (158.75; 173) ^{a,b}	170 (163.75; 175.25) ^b	0.012
Weight, kg	78.50 (70; 89)	77 (69.50; 89)	75.50 (65.75; 84.25) ^a	82 (73.5; 95) ^a	0.039
BMI, kg/m ²	28.08 (24.27; 30.82)	27.68 (23.97; 30.48)	27.60 (24.42; 30.37)	29.21 (24.44; 32.07)	0.313
LVEF, %	50 (45; 55)	50 (40; 55)	50 (43.75; 55)	50 (45; 55)	0.161
Days after cardiac surgery	14 (12; 18)	14.50 (12.75; 20)	14 (12; 18)	14 (11; 16.25)	0.117
CR duration, days	20 (18; 20)	20 (17.75; 20)	20 (18; 20)	19 (17; 20)	0.199
Surgery, n (%)					
CABG	88 (63.8)	27 (58.7)	29 (63)	32 (69.6)	0.856
Heart valve surgery	20 (14.5)	7 (15.2)	7 (15.2)	6 (13)	
Combined (CABG and valve) surgery	30 (21.7)	12 (26.1)	10 (21.8)	8 (17.4)	
CVD risk factors and comorbidities, n (%)					
Hypertension	125 (90.6)	42 (91.3)	42 (91.3)	41 (89.1)	> 0.99
Dyslipidaemia	109 (79)	40 (87)	36 (78.3)	33 (71.7)	0.199
Type 2 diabetes mellitus	25 (18.1)	7 (15.2)	7 (15.2)	11 (23.9)	0.458
Smoking	14 (10.1)	5 (10.9)	2 (4.3)	7 (15.2)	0.221
Depression	2 (1.4)	1 (2.2)	1 (2.2)	0 (0)	> 0.99
Diseases of the musculoskeletal system	15 (10.9)	5 (10.9)	2 (4.3)	8 (17.4)	0.133
Oncological diseases	12 (8.7)	5 (10.9)	5 (10.9)	2 (4.3)	0.591
COPD	3 (2.2)	0 (0)	2 (4.3)	1 (2.2)	0.772

Table 1. Continued

Characteristic	Total (n = 138)	CG (n = 46)	MG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Atrial fibrillation, n (%)					
Paroxysmal	31 (22.5)	10 (21.7)	10 (21.7)	11 (23.9)	0.984
Chronic	11 (8)	5 (10.9)	3 (6.5)	3 (6.5)	
Persistent	3 (2.2)	1 (2.2)	1 (2.2)	1 (2.2)	
Heart failure by New York Heart Association Classification, n (%)					
Class I	2 (1.5)	1 (2.2)	1 (2.2)	0 (0)	0.088
Class II	115 (83.3)	40 (86.9)	33 (71.7)	42 (91.3)	
Class III	21 (15.2)	5 (10.9)	12 (26.1)	4 (8.7)	

Values are medians (interquartile range) unless stated otherwise. CG, control group; MG, multicomponent group; IG, interactive group; BMI, body mass index; CR, cardiac rehabilitation; LVEF, left ventricular ejection fraction; CABG, coronary artery bypass grafting; CVD, cardiovascular diseases; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; ^{a,b}, the same superscript letters indicate a statistically significant difference between the groups.

Assessment of frailty in patients after heart surgery

At the beginning of rehabilitation, all the patients were assessed for frailty according to the EFS. Assessment of the EFS score showed that all the groups were homogeneous by the frailty level ($p > 0.05$). Most patients were vulnerable and mildly frail (both 41.3%); only 2.9% had severe frailty. Analysis showed that more than 5 medications were used by 87% of patients in the CG and IG, while this proportion in the MG was 65.2% ($p = 0.011$). More patients in the CG and IG than the MG stated that weight loss was so significant that clothing became loose (45.7% and 64.3% vs. 19.6%, $p = 0.002$). All data of the EFS are reported in Table 2.

Table 2. Assessment of frailty using the Edmonton Frail Scale in patients after cardiac surgery and comparison of control, multicomponent, and inter-active groups

Domain of frailty scale	Total (n = 138)	CG (n = 46)	MG (n = 46)	IG (n = 46)	p
Frailty classification, n (%)					
Vulnerable	57 (41.3)	19 (41.3)	19 (41.3)	19 (41.3)	0.833
Mild frailty	57 (41.3)	19 (41.3)	20 (43.5)	18 (39.1)	
Moderate frailty	20 (14.5)	8 (17.4)	5 (10.9)	7 (15.2)	
Severe frailty	4 (2.9)	0 (0)	2 (4.3)	2 (4.3)	
Cognition, n (%)					
Clock drawing test faultless	23 (16.7)	8 (17.4)	5 (10.9)	10 (21.7)	0.431
Clock drawing test with minor errors	26 (18.8)	7 (15.2)	8 (17.4)	11 (23.9)	
Clock drawing test with major errors	89 (64.5)	31 (67.4)	33 (71.7)	25 (54.3)	
General health status, n (%)					
No hospitalizations	2 (1.4)	2 (4.3)	0 (0)	0 (0)	0.195
Hospitalizations 1–2 times a year	119 (86.2)	41 (89.1)	39 (84.8)	39 (84.8)	
Hospitalizations > 2 times a year	17 (12.3)	3 (6.5)	7 (15.2)	7 (15.2)	
Excellent, very good, good health status	27 (19.6)	6 (13)	9 (19.6)	12 (26.1)	0.132
Fair health status	109 (79)	40 (87)	35 (76.1)	34 (73.9)	
Poor health status	2 (1.4)	0 (0)	2 (4.3)	0 (0)	
Functional independence, n (%)					
Independent or help required in 1 activity	100 (72.5)	38 (82.6)	30 (65.2)	32 (69.6)	0.396
Help required in 2–4 activities	32 (23.2)	6 (13)	14 (30.4)	12 (26.1)	
Help required in 5–8 activities	6 (4.3)	2 (4.3)	2 (4.3)	2 (4.3)	

Table 2. Continued

Domain of frailty scale	Total (n = 138)	CG (n = 46)	MG (n = 46)	IG (n = 46)	P
Social support, n (%)					
When support is needed there is someone who could help	131 (94.9)	43 (93.5)	45 (97.8)	43 (93.5)	0.701
Support is provided sometimes	7 (5.1)	3 (6.5)	1 (2.2)	3 (6.5)	
Medication use, n (%)					
More than 5 prescription medications are used	110 (79.7)	40 (87) ^a	30 (65.2) ^{a,b}	40 (87) ^b	0.011
Forgetfulness to take medications	33 (23.9)	8 (17.4)	10 (21.7)	15 (32.6)	0.212
Nutrition, n (%)					
Weight loss so significant that clothing became loose	55 (39.9)	21 (45.7) ^a	9 (19.6) ^{a,b}	25 (54.3) ^b	0.002
Mood, n (%)					
Feeling sad or depressed	39 (28.3)	13 (28.3)	16 (34.8)	10 (21.7)	0.381
Continence, n (%)					
Problems with losing control of urine	13 (9.4)	2 (4.3)	3 (6.5)	8 (17.4)	0.093
Functional performance, n (%)					
Timed Get Up and Go test completed within 0–10 s	74 (53.6)	27 (58.7)	20 (43.5)	27 (58.7)	0.359
Timed Get Up and Go test completed within 11–20 s	61 (44.2)	19 (41.3)	24 (52.2)	18 (39.1)	
Timed Get Up and Go test completed within > 20 s	3 (2.2)	0 (0)	2 (4.3)	1 (2.2)	

Values are number (%). CG, control group; MG, multicomponent group; IG, interactive group; ^{a,b}, the same superscript letters indicate a statistically significant difference between the groups.

Factors having an impact on the development of frailty among patients after heart surgery

To determine what factors had an impact on the severity of frailty, all parameters of functional status investigated in this study were entered into a logistic regression model. For logistic regression analysis, the following frailty categories were merged into two groups: vulnerable and mildly frail patients (coded as 0) as well as moderate and severe frail patients (coded as 1). The results of logistic regression analysis showed that the model was statistically significant ($\chi^2 = 22.911$; $p < 0.001$) and it explained 27.1% of variance ($R^2 = 0.271$), while classification accuracy of the model reached 83.8%. In the final logistic regression model, only some parameters of

functional status remained statistically significant; they are listed in Table 3. Logistic regression analysis showed that having 1RM leg press of ≤ 32 kg, COP average velocity of > 14 mm/s, and LOS reaction time of > 43 s increased the likelihood of being assigned to moderate and severe frailty group by 4.47 (95% CI: 1.32–15.08; $p = 0.016$), 3.80 (95% CI: 1.28–11.26; $p = 0.016$), and 4.67 (95% CI: 1.59–13.73; $p = 0.005$), respectively.

Table 3. Results of logistic regression analysis showing risk factors of being assigned to moderate and severe frailty group

Factor	β	SE	OR (95% CI)	p
1RM (≤ 32 kg vs. > 32 kg)	1.50	0.62	4.47 (1.32–15.08)	0.016
COP average velocity (> 14 mm/s vs. ≤ 14 mm/s)	1.34	0.55	3.80 (1.28–11.26)	0.016
LOS reaction time (>43 s vs. ≤ 43 s)	1.540	0.551	4.67 (1.59–13.73)	0.005

β , beta regression coefficient; 1RM, one-repetition maximum; COP, centre of pressure; LOS, limits of stability; SE, standard error.

Assessment of the effect of inpatient cardiac rehabilitation on patients' functional status

Changes in SPPB, 6MWT, 4MWT, peak workload, grip strength, and leg press 1RM

Table 4 shows the changes in the parameters of functional status before and after rehabilitation within all 3 groups. Significant changes were observed for all parameters ($p < 0.05$) except for the grip strength of both hands in the MG, and the grip strength of the right hand in the KG ($p > 0.05$). The median SPPB score increased from 10 (IQR, 8.5; 11) to 11 (IQR, 10; 12); the median walked distance on the 6MWT increased from 284 m (IQR, 228; 342) to 391 m (IQR, 323,75; 448,00); median peak workload by cycle ergometry, from 47 W (IQR, 39; 57) to 59 W (IQR, 47,5; 70); median grip strength of the left hand, from 27 kg (IQR, 20; 35,25) to 28 kg (IQR, 21,75; 37,25); median grip strength of the right hand, from 30 kg (IQR, 22; 38) to 32 kg (IQR, 24; 39); median leg press 1RM, from 32 kg (IQR, 24; 39) to 40 kg (IQR, 32; 48); and median 4MWT gait speed, from 1.07 m/s (IQR, 0.88; 1.28) to 1.30 (IQR, 1.04; 1.49).

Table 4. Pre-and-post rehabilitation differences in SPPB, 6MWT, 4MWT, peak workload, grip strength, leg press 1RM and comparison of 3 intervention groups

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
SPPB, score	10.00 (9.00; 11.00)	12.00 (11.00; 12.00)	1.00 (0.00; 2.00)	10.00 (8.00; 10.25)	11.00 (10.00; 12.00)	1.00 (0.00; 2.00)	10.00 (8.00; 11.00)	11.00 (10.00; 12.00)	1.00 (0.00; 2.00)	0.942; 0.001
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
6MWT, m	283.50 (229.50; 329.50)	358.00 (304.75; 447.75)	58.50 (25.50; 141.25) ^a	276.00 (228.00; 342.00)	398.50 (341.50; 441.00)	101.00 (56.50; 135.75) ^a	300.00 (247.25; 361.00)	392.50 (342.00; 456.00)	75.00 (44.75; 136.75)	0.047 ; 0.05
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Peak workload, W	42.50 (39.00; 50.25)	55.00 (44.75; 66.25)	11.00 (5.00; 19.00)	49.00 (37.50; 57.00)	60.00 (49.00; 73.50)	12.00 (5.50; 18.50)	48.50 (41.00; 64.25)	60.50 (48.00; 74.00)	12.00 (2.00; 17.00)	0.686; 0.006
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Left hand grip strength, kg	31.00 (23.50; 38.50)	32.00 (23.50; 39.00)	2.00 (0.00; 3.00)	24.00 (19.00; 32.25)	25.00 (19.75; 34.00)	0.50 (- 1.00; 3.25)	27.50 (20.00; 38.00)	29.00 (22.00; 38.00)	2.00 (0.00; 3.00)	0.262; 0.02
p	< 0.001			0.118			< 0.001			

Table 4. Continued

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
Right hand grip strength, kg	32.00 (24.00; 38.00)	33.00 (24.75; 39.00)	1.00 (0.00; 3.00)	27.00 (20.00; 34.50)	28.00 (20.00; 36.00)	2.00 (- 1.25; 4.00)	34.00 (22.00; 40.00)	34.00 (26.00; 41.25)	2.00 (0.00; 3.00)	0.690; 0.005
p	0.054			0.073			0.002			
Leg press 1RM, kg	30.00 (24.00; 33.00)	33.00 (28.50; 38.25)	3.00 (0.75; 6.00) ^{a,b}	32.50 (23.75; 41.00)	45.00 (31.25; 55.00) ^a	9.00 (4.00; 14.25)	34.50 (24.75; 41.00)	47.00 (37.75; 53.50)	11.50 (7.00; 24.00) ^b	< 0.001 ; 0.28
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
4MWT, m/s	1.01 (0.82; 1.32)	1.32 (1.02; 1.48)	0.17 (0.09; 0.34)	1.15 (0.99; 1.25)	1.32 (1.14; 1.50)	0.15 (0.06; 0.29)	1.01 (0.87; 1.20)	1.26 (1.03; 1.50)	0.15 (0.07; 0.32)	0.643; 0.007
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			

Values are medians (interquartile range). CG, control group; MG, multicomponent group; IG, interactive group SPPB, Short Physical Performance Battery test; 6MWT, 6-Minute Walk Test; 1RM, one-repetition maximum; 4MWT, 4-Metre Walk Test; ES, effect size; ^{a,b} – the same superscript letters indicate a statistically significant difference between the groups.

Significant differences in 6MWT and leg press 1RM were determined while evaluating and comparing changes in functional status parameters. Between-group comparison showed that the pre-and-post 6MWT difference was the greatest and statistically significant between the CG and MG ($p = 0.043$), but the effect size was small ($r = 0.26$). The IG showed the greatest leg press 1RM difference (median 11.50 kg, IQR, 7.00; 24.00), and it differed significantly from the corresponding differences in the CG and MG ($p < 0.001$). The effect size was large when the CG was compared to the IG ($r = 0.61$), meanwhile the effect size of the MG was moderate ($r = 0.48$). No significant differences in the changes of other parameters of functional status were observed ($p > 0.05$) (Table 4).

Changes in balance parameters

Patients' balance was assessed using the computerized Biodex Balance System with an integrated pressure platform. Balance of the study population was evaluated using the following tests before and after inpatient cardiac rehabilitation: mCTSIB, BESS, LOS, and fall risk index. Table 5 shows that all main balance parameters changed significantly after rehabilitation in all intervention groups ($p < 0.001$). Overall median mCTSIB sway index of all groups decreased from 1.02 (IQR, 0.83; 1.17) to 0.84 (IQR, 0.71; 1.05), BESS sway index decreased from 0.90 (IQR, 0.75; 1.21) to 0.79 (IQR, 0.63; 0.98), LOS test performance time improved from 43 s (IQR, 36.25; 49) to 35 s (IQR, 31; 43), LOS directional control parameter increased from 49 (IQR, 40; 59) to 58 (IQR, 48; 67), and fall risk index decreased from 1.20 (IQR, 0.90; 1.70) to 0.90 (IQR, 0.70; 1.10).

Comparison of all 3 intervention groups revealed a statistically significant difference in all main balance parameters – mCTSIB, BESS, LOS, and fall risk index – among the groups ($p < 0.001$). Between-group analysis of changes in balance parameters showed significant differences in the LOS test performance time and the fall risk index between the CG and the IG. Moreover, significant differences in the mCTSIB and BESS sway indexes, and the LOS directional control parameter were documented between the CG and IG as well as the CG and MG ($p < 0.05$). The results show that the interactive physiotherapy programme had the greatest effect on the main balance and stability parameters.

Table 5. Changes in balance parameters (mCTSIB, BESS, LOS, fall risk indexes) before and after rehabilitation and comparison of 3 intervention groups

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
mCTSIB sway index	1.12 (0.94; 1.22)	1.06 (0.88; 1.14)	-0.04 (-0.06; -0.03) ^{a,b}	1.05 (0.82; 1.23)	0.84 (0.75; 1.00)	-0.10 (-0.35; -0.03) ^b	0.94 (0.80; 1.09)	0.70 (0.55; 0.80)	-0.23 (-0.35; -0.12) ^a	< 0.001 ; 0.23
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
BESS sway index	0.98 (0.81; 1.34)	0.93 (0.80; 1.28)	-0.03 (-0.06; -0.02) ^{a,b}	0.92 (0.76; 1.22)	0.79 (0.68; 1.02)	-0.11 (-0.34; -0.02) ^b	0.84 (0.67; 0.92)	0.62 (0.48; 0.77)	-0.15 (-0.29; -0.06) ^a	< 0.001 ; 0.12
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
LOS test performance time, s	45.00 (38.00; 51.00)	42.00 (35.00; 49.00)	-3.00 (-4.00; -2.00) ^a	41.00 (34.00; 49.00)	36.00 (32.00; 44.00)	-5.00 (-6.00; -2.00)	39.00 (37.00; 46.00)	32.00 (30.00; 36.00)	-8.00 (-12.00; -3.00) ^a	< 0.001 ; 0.11
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
LOS directional control parameter, %	50.50 (39.75; 62.25)	51.50 (42.50; 65.50)	2.00 (0.00; 3.00) ^{a,b}	52.00 (39.00; 59.00)	57.50 (49.00; 67.25)	6.50 (2.75; 14.50) ^a	48.00 (40.75; 57.50)	63.00 (53.75; 68.25)	12.50 (5.00; 21.00) ^b	< 0.001 ; 0.28
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Fall risk index	1.20 (0.90; 1.50)	1.10 (0.90; 1.45)	-0.10 (-0.20; 0.00) ^a	1.30 (0.90; 2.00)	1.00 (0.88; 1.23)	-0.15 (-0.80; 0.00)	1.15 (0.80; 1.55)	0.80 (0.68; 0.90)	-0.30 (-0.80; -0.10) ^a	< 0.001 ; 0.11
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			

Values are medians (interquartile range). CG, control group; MG, multicomponent group; IG, interactive group; mCTSIB, modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance; BESS, Balance Error Scoring System; LOS, limits of stability; ES, effect size; ^{a,b} – the same superscript letters indicate a statistically significant difference between the groups.

Changes in gait and stance parameters

Posture and gait parameters were recorded using the Zebris FDM system. Table 6 depicts posture and gait parameters of the study population.

Within-group comparison of posture parameters before and after cardiac rehabilitation that only MG showed statistically significant differences, i.e. the median COP path length increased by 23 mm (IQR, -18.75; 65.50) and COP average velocity increased by 2 s (IQR, -2,00; 7,00) ($p = 0.027$ and $p = 0.026$, respectively). This shows increased postural sway while standing. The length of major axis changed significantly only in the IG ($p = 0.013$), and this shows smaller sway along the main COP ellipse sway area (anterior and posterior directions). Paired comparisons revealed statistically significant differences in the COP path length ($p = 0.05$) and COP average velocity ($p = 0.041$) between the CG and MG. Although the differences between the groups were significant, the effect sizes were small ($r = 0.25$ and $r = 0.26$, respectively). The results demonstrate an unfavourable effect of multicomponent physiotherapy programme on posture COP parameters as compared with conventional physiotherapy programme.

Within-group comparison of gait parameters before and after cardiac rehabilitation revealed significant differences in step length, stride length, step time, cadence, and velocity ($p < 0.05$). Stride time changed significantly only in the CG and IG ($p < 0.001$), and foot rotation, step width, and length of gait line changed significantly only in the IG ($p < 0.05$). Although most gait parameters changed significantly in the CG and MG, only in the IG changes in all gait parameters were recorded. These results demonstrate that the interactive intervention did not have a random effect, but rather a systemic effect on gait control stability. Between-group comparison showed a significant difference in step time and stride time between MG and IG ($p < 0.05$).

Table 6. *Changes in stance and gait parameters before and after rehabilitation and comparison of 3 intervention groups*

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
COP path length, mm	139.00 (111.00; 192.00)	136.00 (113.50; 194.00)	-13.00 (-85.75; 30.25) ^a	114.00 (79.00; 160.00)	137.50 (109.00; 205.00)	23.00 (-18.75; 65.50) ^a	155.00 (113.50; 202.00)	134.00 (109.50; 179.00)	1.00 (-42.00; 36.50)	0.044; 0.05
p	0.217			0.027			0.843			
COP average velocity, mm/s	13.50 (11.00; 19.25)	13.50 (11.75; 19.25)	-1.00 (-8.25; 3.00) ^a	11.50 (8.00; 16.00)	13.50 (11.00; 20.25)	2.00 (-2.00; 7.00) ^a	15.00 (11.50; 20.00)	13.00 (11.00; 18.00)	0.00 (-4.00; 3.50)	0.035; 0.05
p	0.196			0.026			0.785			
Length of major axis, mm	23.30 (18.43; 31.40)	22.05 (16.98; 32.23)	-2.55 (-7.53; 4.70)	21.35 (17.78; 29.95)	25.45 (15.65; 33.78)	-0.50 (-8.55; 12.45)	24.00 (19.60; 30.90)	20.20 (16.70; 25.60)	-2.30 (-7.30; 0.40)	0.337; 0.016
p	0.167			0.495			0.013			
Foot rotation, °	11.88 (7.79; 15.85)	10.35 (6.46; 15.50)	-0.58 (-2.31; 0.91)	7.80 (4.65; 11.46)	7.45 (5.14; 10.15)	-0.38 (-2.86; 1.78)	9.75 (6.75; 13.86)	8.48 (6.01; 12.11)	-1.23 (-3.04; 0.89)	0.288; 0.018
p	0.106			0.731			0.002			

Table 6. Continued

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
Step length, cm	28.50 (24.88; 34.38)	33.50 (28.38; 42.50)	5.50 (-0.25; 9.25)	17.25 (12.38; 24.50)	22.50 (18.38; 33.00)	4.50 (0.50; 9.75)	34.00 (26.25; 38.63)	37.75 (32.38; 43.63)	4.75 (1.38; 8.75)	0.965; <0.001
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Stride length, cm	57.00 (49.75; 69.75)	66.00 (56.75; 84.25)	11.50 (-1.25; 18.25)	34.50 (26.00; 49.00)	45.00 (36.50; 66.00)	9.00 (1.00; 19.25)	68.00 (53.50; 78.50)	75.50 (64.75; 87.25)	9.00 (1.75; 17.50)	0.913; 0.001
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Step width, cm	10.00 (7.00; 12.00)	9.00 (7.00; 11.00)	-1.00 (-3.00; 1.00)	13.00 (11.75; 17.00)	12.50 (10.00; 15.00)	-1.00 (-3.00; 1.00)	10.00 (7.00; 13.00)	9.00 (6.00; 12.00)	-0.50 (-3.00; 1.00)	0.950; <0.001
p	0.134			0.076			0.044			
Step time, s	0.83 (0.74; 0.99)	0.73 (0.66; 0.80)	-0.10 (-0.23; -0.02)	0.67 (0.58; 0.82)	0.64 (0.55; 0.77)	-0.05 (-0.16; 0.04) ^a	0.89 (0.75; 1.01)	0.72 (0.62; 0.82)	-0.13 (-0.24; -0.06) ^a	0.022 ; 0.056
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Stride time, s	1.66 (1.49; 1.97)	1.45 (1.32; 1.60)	-0.21 (-0.45; -0.05)	1.35 (1.16; 1.64)	1.29 (1.10; 1.54)	-0.10 (-0.30; 0.09) ^a	1.76 (91.50; 2.02)	1.44 (1.24; 1.64)	-0.26 (-0.49; -0.12) ^a	0.006 ; 0.075
p	< 0.001			0.059			< 0.001			

Table 6. Continued

Parameter	CG (n = 46)			MG (n = 46)			IG (n = 46)			p; ES
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change	
Cadence, steps per min	72.50 (61.25; 81.25)	83.00 (75.25; 91.25)	11.00 (3.50; 19.00)	89.50 (74.00; 104.00)	93.50 (78.00; 109.25)	8.75 (-8.00; 19.50)	68.00 (59.75; 80.25)	83.50 (73.00; 97.00)	13.00 (5.75; 20.00)	0.158; 0.027
p	< 0.001			0.019			< 0.001			
Velocity, km/h	1.20 (0.98; 1.53)	1.70 (1.38; 2.00)	0.40 (0.30; 0.60)	0.90 (0.80; 1.30)	1.30 (1.10; 1.70)	0.40 (0.10; 0.50)	1.25 (1.00; 1.63)	1.85 (1.50; 2.43)	0.50 (0.30; 0.73)	0.238; 0.021
p	< 0.001			< 0.001			< 0.001			
Length of gait line, mm	124.70 (104.29; 139.45)	123.08 (98.33; 137.44)	-2.63 (-16.15; 9.06)	125.85 (95.58; 142.35)	117.15 (91.69; 138.84)	-1.50 (-16.45; 11.60)	114.00 (102.66; 129.34)	112.98 (90.95; 125.49)	-3.58 (-21.38; 8.15)	0.701; 0.005
p	0.312			0.320			0.044			

Values are medians (interquartile ranges). CG, control group; MG, multicomponent group; IG, interactive group; CR, cardiac rehabilitation; COP, centre of pressure; ^{a,b}, the same superscript letters indicate a statistically significant difference between the groups; ES, effect size.

Effect of inpatient cardiac rehabilitation on patients' quality of life

To determine the effect of inpatient cardiac rehabilitation patients' quality of life, changes in the separate components of the EQ-5D-5L and the VAS were evaluated.

Within-group comparison showed that quality of life significantly improved on all domains ($p < 0.05$), except for the anxiety domain in the IG ($p = 0.400$). Between-group comparison revealed no significant difference among the groups ($p > 0.05$).

Analysis of changes in quality of life on the VAS revealed similar trends. There were statistically significant pre-to-post rehabilitation differences within the groups ($p < 0.05$), while no significant changes were observed among the groups ($p = 0.130$).

CONCLUSIONS

1. Most patients aged ≥ 65 years arriving at inpatient cardiac second-stage rehabilitation after open heart surgery were vulnerable and mildly frail based on the Edmonton Frail Scale.
2. Functional status parameters – leg press one-repetition maximum (≤ 32 kg), average velocity of centre of pressure (> 14 mm/s), and reaction time of limits of stability test (> 43 s) – were found to be significant prognostic factors of moderate and severe frailty.
3. Patients with frailty who underwent open heart surgery showed significant changes in functional status parameters after second-stage inpatient cardiac rehabilitation that differed depending on an intervention programme:
 - a) A multicomponent physiotherapy programme was more effective in improving the results of the 6-Minute Walk Test than a conventional rehabilitation programme. Leg press one-repetition maximum strength changed significantly after completing multicomponent and interactive programmes, but the effect size was larger in the interactive group.
 - b) Both interactive and multicomponent rehabilitation programmes were effective in improving the parameters of patients' static and dynamic balances; however, the interactive programme was significantly more effective in improving dynamic balance and reducing fall risk than the conventional rehabilitation programme.
 - c) The multicomponent programme had an unfavourable effect on the parameters of the centre of pressure of body posture. The interactive

programme was significantly more effective than multicomponent one in reducing step time and stride time.

4. After second-stage inpatient cardiac rehabilitation, frail patients who underwent open heart surgery did not show statistically significant changes in quality of life while evaluating separate components of quality of life and the visual analogue scale independently of intervention programme applied.

PRACTICAL RECOMMENDATIONS

1. For patients aged ≥ 65 years who arrive at inpatient cardiac rehabilitation after open heart surgery, it is recommended to assess frailty and functional status parameters (SPPB, 6MWT, peak workload, grip strength, leg press 1RM, static and dynamic balance, posture and gait parameters).
2. For patients aged ≥ 65 years who arrive at inpatient cardiac rehabilitation after open heart surgery, with leg press 1RM of less than 32 kg, COP average velocity greater than 14 mm/s, and LOS test reaction time longer than 43 s, it is recommended to apply comprehensive assessment of frailty and is possible to apply early physical interventions (multicomponent or interactive physiotherapy programme) to reduce the severity of this syndrome and risk of progression.
3. For frail patients aged ≥ 65 years who arrive at inpatient cardiac rehabilitation after open heart surgery, an additional physiotherapy programme should be developed depending on the assessment of physical status: to improve physical capacity, a multicomponent rehabilitation programme has to be chosen, and to increase the strength of lower extremity muscles, an interactive rehabilitation programme. The multicomponent programme has a positive effect on some gait parameters, while the interactive programme improves posture and gait. To improve balance and reduce fall risk, it is appropriate to apply an interactive rehabilitation programme and more difficult balance tasks by reducing the support area, using unstable surfaces, etc.

DISERTACIJAI RENGTI NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Chen X, Mao G, Leng SX. Frailty syndrome: an overview. *Clin Interv Aging*. 2014; 9:433–41.
2. Dao TT, Tannous H, Pouletaut P, Gamet D, Istrate D, Ho Ba Tho MC. Interactive and Connected Rehabilitation Systems for E-Health. *IRBM*. 2016 Nov;37(5–6):289–96.
3. Jensen RV, Hjortbak MV, Bøtker HE. Ischemic Heart Disease: An Update. *Semin Nucl Med*. 2020 May;50(3):195–207.
4. Bachar BJ, Manna B. Coronary Artery Bypass Graft. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [cited 2026 Apr 30]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507836/>
5. Tessler J, Ahmed I, Bordoni B. Cardiac Rehabilitation. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [cited 2026 Apr 30]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537196/>
6. Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf. [cited 2024 Dec 23]. Available from: https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf
7. Ageing and health [Internet]. [cited 2024 Dec 23]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
8. Population structure and ageing [Internet]. [cited 2024 Dec 23]. Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Population_structure_and_ageing
9. Sustainable Development Impact Meetings [Internet]. World Econ Forum. [cited 2024 Dec 23]. Available from: <https://www.weforum.org/meetings/sustainable-development-impact-meetings-2024/>
10. Timmis A, Aboyans V, Vardas P, Townsend N, Torbica A, Kavousi M, et al. European Society of Cardiology: the 2023 Atlas of Cardiovascular Disease Statistics. *Eur Heart J*. 2024 Oct;45(38):4019–62.
11. Dent E, Clegg A, Roller-Wirnsberger R, Vetrano DL, Hoogendijk EO. Reorienting frailty in clinical practice, public health, and policy: the Lancet Commission on Frailty. *Lancet*. 2025 June;405(10497):2265–6.
12. Zanetti M, Marzaro G, De Colle P, Toigo G, Bianchini D, Natri M, et al. Predictors of short- and long-term mortality among acutely admitted older patients: role of inflammation and frailty. *Aging Clin Exp Res*. 2022 Feb;34(2):409–18.
13. O’Caoimh R, Sezgin D, O’Donovan MR, Molloy DW, Clegg A, Rockwood K, et al. Prevalence of frailty in 62 countries across the world: a systematic review and meta-analysis of population-level studies. *Age Ageing*. 2021 Jan;50(1):96–104.
14. Marinus N, Vigorito C, Giallauria F, Haenen L, Jansegers T, Dendale P, et al. Frailty is highly prevalent in specific cardiovascular diseases and females, but significantly worsens prognosis in all affected patients: A systematic review. *Ageing Res Rev*. 2021 Mar;66:101233.
15. Montgomery C, Stelfox H, Norris C, Rolfson D, Meyer S, Zibdawi M, et al. Association between preoperative frailty and outcomes among adults undergoing cardiac surgery: a prospective cohort study. *CMAJ Open*. 2021 July;9(3):E777–87.

16. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001 Mar;56(3): M146–56.
17. Afilalo J, Alexander KP, Mack MJ, Maurer MS, Green P, Allen LA, et al. Frailty assessment in the cardiovascular care of older adults. *J Am Coll Cardiol*. 2014 Mar; 63(8):747–62.
18. MacEachern E, Quach J, Giacomantonio N, Theou O, Hillier T, Abel-Adegbite I, et al. Cardiac rehabilitation and frailty: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 2024 Nov;31(16):1960–76.
19. Nakano M, Nomura Y, Suffredini G, Bush B, Tian J, Yamaguchi A, et al. Functional Outcomes of Frail Patients After Cardiac Surgery: An Observational Study. *Anesth Analg*. 2020 June;130(6):1534–44.
20. Harada H, Kai H, Niiyama H, Nishiyama Y, Katoh A, Yoshida N, et al. Effectiveness of cardiac rehabilitation for prevention and treatment of sarcopenia in patients with cardiovascular disease – a retrospective cross-sectional analysis. *J Nutr Health Aging*. 2017 Apr;21(4):449–56.
21. Rodríguez-Molinero A, Herrero-Larrea A, Miñarro A, Narvaiza L, Gálvez-Barrón C, Gonzalo León N, et al. The spatial parameters of gait and their association with falls, functional decline and death in older adults: a prospective study. *Sci Rep*. 2019 June; 9(1):8813.
22. Lee JA, Yanagawa B, An KR, Arora RC, Verma S, Friedrich JO, et al. Frailty and pre-frailty in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis of 66,448 patients. *J Cardiothorac Surg*. 2021 June;16(1):184.
23. Ambrosetti M, Abreu A, Corrà U, Davos CH, Hansen D, Frederix I, et al. Secondary prevention through comprehensive cardiovascular rehabilitation: From knowledge to implementation. 2020 update. A position paper from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2021 May;28(5):460–95.
24. Dibben G, Faulkner J, Oldridge N, Rees K, Thompson DR, Zwisler A-D, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021 Nov;2021(11).
25. Delimanoli E, Muurlink O, Myrianthefs P, Korompeli A. Cardiac Rehabilitation After Open Heart Surgery: A Narrative Systematic Review. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2024 Nov; 11(11):376.
26. Servey JT, Stephens M. Cardiac Rehabilitation: Improving Function and Reducing Risk. *Am Fam Physician*. 2016 July;94(1):37–43.
27. Jelinek M, Clark AM, Oldridge NB, Briffa TG, Thompson DR. Reconciling systematic reviews of exercise-based cardiac rehabilitation and secondary prevention programmes for coronary heart disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2011 Apr;18(2):147–9.
28. Sadjapong U, Yodkeeree S, Sungkarat S, Siviroj P. Multicomponent Exercise Program Reduces Frailty and Inflammatory Biomarkers and Improves Physical Performance in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 May;17(11):3760.
29. Lee Y, Lin C, Wu W, Chiu H, Huang H. Virtual reality exercise programs ameliorate frailty and fall risks in older adults: A meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2023 Sept; 71(9):2946–55.
30. Wang H, Huang WY, Zhao Y. Efficacy of Exercise on Muscle Function and Physical Performance in Older Adults with Sarcopenia: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 July;19(13):8212.

31. Merchant RA, Morley JE, Izquierdo M. Exercise, Aging and Frailty: Guidelines for Increasing Function. *J Nutr Health Aging*. 2021 Apr;25(4):405–9.
32. Shute VJ. Focus on Formative Feedback. *Rev Educ Res*. 2008 Mar;78(1):153–89.
33. U.S. Department of Education, Office of Planning, Evaluation, and Policy Development. Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies. Washington, D.C., 2010. [cited 2026 Apr 15]. Available from: <https://www.ed.gov/media/document/evaluation-of-evidence-based-practices-online-learning-meta-analysis-and-review-of-online-learning-studies-revised-september-2010-107159.pdf>
34. Mayer RE. Multimedia learning. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University press; 2009.
35. Long PD, Siemens G. Penetrating the fog: analytics in learning and education. *TD Technol Didattiche*. 2014 Dec;22(3):132-7.
36. Li Y, Gao Y, Hu S, Chen H, Zhang M, Yang Y. Effects of multicomponent exercise on the muscle strength, muscle endurance and balance of frail older adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Clin Nurs*. 2023 May;32(9–10):1795–805.
37. Toft BS, Rodkjær LØ, Sørensen L, Saugbjerg MR, Bekker HL, Modrau IS. Feasibility of early digital health rehabilitation after cardiac surgery in the elderly: a qualitative study. *BMC Health Serv Res*. 2024 Jan;24(1):113.
38. Etayo-Urtasun P, Sáez de Asteasu ML, Izquierdo M. Comparison of hospitalisation settings and exercise interventions in acute care: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2025 Feb;54(2):afaf035.
39. Afilalo J, Kim S, O'Brien S, Brennan JM, Edwards FH, Mack MJ, et al. Gait Speed and Operative Mortality in Older Adults Following Cardiac Surgery. *JAMA Cardiol*. 2016 June;1(3):314–21.
40. Tamuleviciute-Prasciene E, Balne K, Kuznecova I, Beigienė A, Stonkuvienė V, Kubilius R. Frailty and functional recovery after cardiac surgery: a randomized pilot trial of extended exercise-based rehabilitation. *BMC Geriatr*. 2026 Feb;26(1):433.
41. Beigienė A. Kineziterapijos poveikis fiziniam pajėgumui, gyvenimo kokybei ir senatvinio silpnumo sindromui vyresnio amžiaus pacientams po ūminio vainikinių arterijų sindromo gydymo antruoju reabilitacijos etapu. 2023 June [cited 2026 Apr 15]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12512/118969>
42. Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler A-D, Rees K, Martin N, et al. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2016 Jan;67(1):1–12.
43. Vasiliauskiene O, Vasiliauskas D, Kontrimienė A, Jaruševičienė L, Liseckienė I. Assessment of Quality of Life in Lithuanian Patients with Multimorbidity Using the EQ-5D-5L Questionnaire. *Medicina (Mex)*. 2025 Feb;61(2):292.
44. Moreira J, Bravo J, Aguiar P, Delgado B, Raimundo A, Boto P. Physical and Mental Components of Quality of Life after a Cardiac Rehabilitation Intervention: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2024 Sept;13(18):5576.
45. Rittiphairoj T, Bulstra C, Ruampatana C, Stavridou M, Grewal S, Reddy CL, et al. The economic burden of ischaemic heart diseases on health systems: a systematic review. *BMJ Glob Health*. 2025 Feb;10(2):e015043.
46. Xia X, Tian X, Xu Q, Zhang Y, Zhang X, Li J, et al. Global trends and regional differences in mortality of cardiovascular disease and its impact on longevity, 1980–2021: Age-period-cohort analyses and life expectancy decomposition based on the Global Burden of Disease study 2021. *Ageing Res Rev*. 2025 Jan;103:102597.

47. Mensah GA, Fuster V, Murray CJL, Roth GA, Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks Collaborators. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks, 1990-2022. *J Am Coll Cardiol*. 2023 Dec;82(25):2350–473.
48. Ciumărnean L, Milaciu MV, Negrean V, Orășan OH, Vesa SC, Sălăgean O, et al. Cardiovascular Risk Factors and Physical Activity for the Prevention of Cardiovascular Diseases in the Elderly. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Dec;19(1):207.
49. Radaideh Q, Shammas NW, Daher GE, Rachwan RJ. Medical and Revascularization Management of Stable Ischemic Heart Disease: An Overview. *Int J Angiol Off Publ Int Coll Angiol Inc*. 2021 Mar;30(1):83–90.
50. Młynarska E, Czarnik W, Fularski P, Hajdys J, Majchrowicz G, Stabrawa M, et al. From Atherosclerotic Plaque to Myocardial Infarction-The Leading Cause of Coronary Artery Occlusion. *Int J Mol Sci*. 2024 July;25(13):7295.
51. Song J, Yuan K, Huang Y, Chen Z, Wang X, Wang Z, et al. Global, regional, and national burden of ischemic heart disease in young and middle-aged population from 1990 to 2021. *Sci Rep*. 2025 Nov;15(1):41982.
52. Vasconcelos NNB de, Queiroz VNF, Souza GM de, Mangini S, Silva FMF, Costa LGV da, et al. Perioperative management of adult patients undergoing coronary artery bypass grafting and valve surgery: a literature review. *Einstein*. 2025;23:eRW1353.
53. Eurostat. Cardiovascular diseases statistics. Statistics Explained [cited 2026 May 13]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/37359.pdf>
54. Writing Committee Members, Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, Bates ER, Beckie TM, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Jan;79(2):e21–129.
55. Shroyer AL, Grover FL, Hattler B, Collins JF, McDonald GO, Kozora E, et al. On-pump versus off-pump coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med*. 2009 Nov;361(19):1827–37.
56. Afilalo J, Rasti M, Ohayon SM, Shimony A, Eisenberg MJ. Off-pump vs. on-pump coronary artery bypass surgery: an updated meta-analysis and meta-regression of randomized trials. *Eur Heart J*. 2012 May;33(10):1257–67.
57. Juarez-Casso FM, Crestanello JA. The Evolving Role of Surgical Aortic Valve Replacement in the Era of Transcatheter Valvular Procedures. *J Clin Med*. 2023 Aug;12(16):5299.
58. Raidou V, Mitete K, Kourek C, Antonopoulos M, Soulele T, Kolovou K, et al. Quality of life and functional capacity in patients after cardiac surgery intensive care unit. *World J Cardiol*. 2024 Aug;16(8):436–47.
59. Deschka H, Schreier R, El-Ayoubi L, Erler S, Alken A, Wimmer-Greinecker G. Survival, functional capacity, and quality of life after cardiac surgery followed by long-term intensive care stay. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Dec;61(8):696–700.
60. Sanders J, Bowden T, Woolfe-Loftus N, Sekhon M, Aitken LM. Predictors of health-related quality of life after cardiac surgery: a systematic review. *Health Qual Life Outcomes*. 2022 May;20(1):79.
61. Mathis MR, Likosky DS, Haft JW, Maile MD, Blank RS, Colquhoun DA, et al. Lung-protective Ventilation in Cardiac Surgery: Reply. *Anesthesiology*. 2020 June;132(6):1611–3.

62. Ramos Dos Santos PM, Aquaroni Ricci N, Aparecida Bordignon Suster É, de Moraes Paisani D, Dias Chiavegato L. Effects of early mobilisation in patients after cardiac surgery: a systematic review. *Physiotherapy*. 2017 Mar;103(1):1–12.
63. United Nations. World Population Prospects. Microsoft Word - 17-DBooklet V9-11-12-2017-3PM. [cited 2026 May 20]. Available from: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2017_world_population_prospects-2017_revision_databooklet.pdf
64. Hanlon P, Nicholl BI, Jani BD, Lee D, McQueenie R, Mair FS. Frailty and pre-frailty in middle-aged and older adults and its association with multimorbidity and mortality: a prospective analysis of 493 737 UK Biobank participants. *Lancet Public Health*. 2018 July;3(7):e323–32.
65. Feng Z, Lugtenberg M, Franse C, Fang X, Hu S, Jin C, et al. Risk factors and protective factors associated with incident or increase of frailty among community-dwelling older adults: A systematic review of longitudinal studies. *PLOS ONE*. 2017 June;12(6):e0178383.
66. Hoogendijk EO, Afilalo J, Ensrud KE, Kowal P, Onder G, Fried LP. Frailty: implications for clinical practice and public health. *Lancet*. 2019 Oct;394(10206):1365–75.
67. Fried LP, Ferrucci L, Darer J, Williamson JD, Anderson G. Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004 Mar;59(3):255–63.
68. World Health Organization. Integrated Care for Older People: Guidelines on Community-Level Interventions to Manage Declines in Intrinsic Capacity. Geneva; 2017 [cited 2025 Jan 14]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK488250/>
69. Álvarez-Bustos A, Coelho-Junior HJ, Carnicero JA, Molina-Hermosilla I, Alfonso-López B, Peinado I, et al. Muscle power predicts frailty and other adverse events across different settings. *J Nutr Health Aging*. 2025 June;29(6):100555.
70. Bai G, Wang Y, Mak JKL, Ericsson M, Hägg S, Jylhävä J. Is Frailty Different in Younger Adults Compared to Old? Prevalence, Characteristics, and Risk Factors of Early-Life and Late-Life Frailty in Samples from Sweden and UK. *Gerontology*. 2023; 69(12):1385–93.
71. Loecker C, Schmaderer M, Zimmerman L. Frailty in Young and Middle-Aged Adults: An Integrative Review. *J Frailty Aging*. 2021;10(4):327–33.
72. Ahmed N, Mandel R, Fain MJ. Frailty: an emerging geriatric syndrome. *Am J Med*. 2007 Sept;120(9):748–53.
73. Fried LP, Cohen AA, Xue Q-L, Walston J, Bandeen-Roche K, Varadhan R. The physical frailty syndrome as a transition from homeostatic symphony to cacophony. *Nat Aging*. 2021 Jan;1(1):36–46.
74. Ferrucci L, Cavazzini C, Corsi A, Bartali B, Russo CR, Lauretani F, et al. Biomarkers of frailty in older persons. *J Endocrinol Invest*. 2002;25(10 Suppl):10–5.
75. Gingrich A, Volkert D, Kiesswetter E, Thomanek M, Bach S, Sieber CC, et al. Prevalence and overlap of sarcopenia, frailty, cachexia and malnutrition in older medical inpatients. *BMC Geriatr*. 2019 Apr;19(1):120.
76. Romero-Ortuno R, Hartley P, Davis J, Knight SP, Rizzo R, Hernández B, et al. Transitions in frailty phenotype states and components over 8 years: Evidence from The Irish Longitudinal Study on Ageing. *Arch Gerontol Geriatr*. 2021;95:104401.
77. Trevisan C, Veronese N, Maggi S, Baggio G, Toffanello ED, Zambon S, et al. Factors Influencing Transitions Between Frailty States in Elderly Adults: The Progetto Veneto Anziani Longitudinal Study. *J Am Geriatr Soc*. 2017 Jan;65(1):179–84.

78. Fried LP, Xue Q-L, Cappola AR, Ferrucci L, Chaves P, Varadhan R, et al. Nonlinear multisystem physiological dysregulation associated with frailty in older women: implications for etiology and treatment. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009 Oct;64(10):1049–57.
79. Ye L, Elstgeest LEM, Zhang X, Alhambra-Borrás T, Tan SS, Raat H. Factors associated with physical, psychological and social frailty among community-dwelling older persons in Europe: a cross-sectional study of Urban Health Centres Europe (UHCE). *BMC Geriatr*. 2021 July;21(1):422.
80. Dent E, Morley JE, Cruz-Jentoft AJ, Woodhouse L, Rodríguez-Mañas L, Fried LP, et al. Physical Frailty: ICFSR International Clinical Practice Guidelines for Identification and Management. *J Nutr Health Aging*. 2019;23(9):771–87.
81. Clegg A, Young J, Iliffe S, Rikkert MO, Rockwood K. Frailty in elderly people. *Lancet*. 2013 Mar;381(9868):752–62.
82. Dent E, Hanlon P, Kowal P, Hoogendijk EO. Frailty measurement in research and clinical practice: An updated review. *Eur J Intern Med*. 2026 Feb;144:106595.
83. Zhang Y, Zhou J, Zhang X, Liu J, Li M, Liang J, et al. Management of cognitive frailty: A network meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2023 Sept;38(9):e5994.
84. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan;48(1):16–31.
85. Zhang L, Zeng X, He F, Huang X. Inflammatory biomarkers of frailty: A review. *Exp Gerontol*. 2023 Aug;179:112253.
86. Sergi G, Veronese N, Fontana L, De Rui M, Bolzetta F, Zambon S, et al. Pre-frailty and risk of cardiovascular disease in elderly men and women: the Pro.V.A. study. *J Am Coll Cardiol*. 2015 Mar;65(10):976–83.
87. Sarmadi S, Sanaie N, Zare-Kaseb A. Prevalence and risk factors of frailty among cardiac surgery patients: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med*. 2025 Dec;57(1):2576638.
88. Rodgers JL, Jones J, Bolleddu SI, Vanthenapalli S, Rodgers LE, Shah K, et al. Cardiovascular Risks Associated with Gender and Aging. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2019 Apr;6(2):19.
89. Silander K, Alanne M, Kristiansson K, Saarela O, Ripatti S, Auro K, et al. Gender differences in genetic risk profiles for cardiovascular disease. *PloS One*. 2008;3(10):e3615.
90. Zhou M, Zhao G, Zeng Y, Zhu J, Cheng F, Liang W. Aging and Cardiovascular Disease: Current Status and Challenges. *Rev Cardiovasc Med*. 2022 Apr;23(4):135.
91. Veronese N, Stubbs B, Noale M, Solmi M, Pilotto A, Vaona A, et al. Polypharmacy Is Associated With Higher Frailty Risk in Older People: An 8-Year Longitudinal Cohort Study. *J Am Med Dir Assoc*. 2017 July;18(7):624–8.
92. Yu X, Qian Y, Zhang Y, Chen Y, Wang M. Association between polypharmacy and cognitive impairment in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Geriatr Nur (Lond)*. 2024;59:330–7.
93. Zhang X-M, Jiao J, Guo N, Bo H-X, Xu T, Wu X-J. Association of polypharmacy with falls among older Chinese inpatients: A nationwide cohort study. *Geriatr Gerontol Int*. 2021 Sept;21(9):810–7.
94. Sciahbasi A, Minardi S, Salvi N, Infusino F, Granatelli A. Antithrombotic Therapy in the Elderly with Cardiovascular Disease: Walking the Tightrope Between Efficacy and Bleeding Risk-A Narrative Review. *J Clin Med*. 2025 Oct;14(20):7340.

95. Chen L-J, Sha S, Brenner H, Schöttker B. Longitudinal associations of polypharmacy and frailty with major cardiovascular events and mortality among more than half a million middle-aged participants of the UK Biobank. *Maturitas*. 2024 July;185:107998.
96. Afilalo J, Lauck S, Kim DH, Lefèvre T, Piazza N, Lachapelle K, et al. Frailty in Older Adults Undergoing Aortic Valve Replacement: The FRAILTY-AVR Study. *J Am Coll Cardiol*. 2017 Aug;70(6):689–700.
97. Komaki K, Yoshida N, Satomi-Kobayashi S, Tsuboi Y, Ogawa M, Wakida K, et al. Preoperative frailty affects postoperative complications, exercise capacity, and home discharge rates after surgical and transcatheter aortic valve replacement. *Heart Vessels*. 2021 Aug;36(8):1234–45.
98. Henry L, Halpin L, Barnett SD, Pritchard G, Sarin E, Speir AM. Frailty in the Cardiac Surgical Patient: Comparison of Frailty Tools and Associated Outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2019 July;108(1):16–22.
99. Morley JE, Vellas B, van Kan GA, Anker SD, Bauer JM, Bernabei R, et al. Frailty consensus: a call to action. *J Am Med Dir Assoc*. 2013 June;14(6):392–7.
100. Mitnitski AB, Mogilner AJ, Rockwood K. Accumulation of deficits as a proxy measure of aging. *ScientificWorldJournal*. 2001 Aug;1:323–36.
101. Bruyère O, Buckinx F, Beaudart C, Reginster J-Y, Bauer J, Cederholm T, et al. How clinical practitioners assess frailty in their daily practice: an international survey. *Aging Clin Exp Res*. 2017 Oct;29(5):905–12.
102. Adja KYC, Lenzi J, Sezgin D, O’Caoimh R, Morini M, Damiani G, et al. The Importance of Taking a Patient-Centered, Community-Based Approach to Preventing and Managing Frailty: A Public Health Perspective. *Front Public Health*. 2020; 8:599170.
103. Searle SD, Mitnitski A, Gahbauer EA, Gill TM, Rockwood K. A standard procedure for creating a frailty index. *BMC Geriatr*. 2008 Sept;8:24.
104. Fan J, Yu C, Guo Y, Bian Z, Sun Z, Yang L, et al. Frailty index and all-cause and cause-specific mortality in Chinese adults: a prospective cohort study. *Lancet Public Health*. 2020 Dec;5(12):e650–60.
105. Rockwood K, Song X, MacKnight C, Bergman H, Hogan DB, McDowell I, et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ Can Med Assoc J J Assoc Medicale Can*. 2005 Aug;173(5):489–95.
106. Rockwood K, Theou O. Using the Clinical Frailty Scale in Allocating Scarce Health Care Resources. *Can Geriatr J CGJ*. 2020 Sept;23(3):210–5.
107. Theou O, Pérez-Zepeda MU, van der Valk AM, Searle SD, Howlett SE, Rockwood K. A classification tree to assist with routine scoring of the Clinical Frailty Scale. *Age Ageing*. 2021 June;50(4):1406–11.
108. Pulok MH, Theou O, van der Valk AM, Rockwood K. The role of illness acuity on the association between frailty and mortality in emergency department patients referred to internal medicine. *Age Ageing*. 2020 Oct;49(6):1071–9.
109. Ellis G, Whitehead MA, Robinson D, O’Neill D, Langhorne P. Comprehensive geriatric assessment for older adults admitted to hospital: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*. 2011 Oct;343:d6553.
110. Parker SG, McCue P, Phelps K, McCleod A, Arora S, Nockels K, et al. What is Comprehensive Geriatric Assessment (CGA)? An umbrella review. *Age Ageing*. 2018 Jan;47(1):149–55.
111. Rolfson DB, Majumdar SR, Tsuyuki RT, Tahir A, Rockwood K. Validity and reliability of the Edmonton Frail Scale. *Age Ageing*. 2006 Sept;35(5):526–9.

112. The Edmonton Frail Scale | Faculty of Medicine & Dentistry [Internet]. [cited 2024 Dec 23]. Available from: <https://www.ualberta.ca/en/medicine/resources/education/learning-design-studio/featured-projects/the-efs.html>
113. Amabili P, Wozolek A, Noirot I, Roediger L, Senard M, Donneau A-F, et al. The Edmonton Frail Scale Improves the Prediction of 30-Day Mortality in Elderly Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Prospective Observational Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2019 Apr;33(4):945–52.
114. Ali E, Lafontant K, Suarez JRM, Leinbach CS, Fukuda DH, Stout JR, et al. Using the Short Physical Performance Battery for Frailty Screenings Among Community-Dwelling Older Adults: An ROC Analysis. *J Gerontol Geriatr*. 2026 Mar;74(2):10.
115. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994 Mar;49(2):M85–94.
116. Perracini MR, Mello M, de Oliveira Máximo R, Bilton TL, Ferriolli E, Lustosa LP, et al. Diagnostic Accuracy of the Short Physical Performance Battery for Detecting Frailty in Older People. *Phys Ther*. 2020 Jan;100(1):90–8.
117. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020 Dec;54(24):1451–62.
118. King AC, Whitt-Glover MC, Marquez DX, Buman MP, Napolitano MA, Jakicic J, et al. Physical Activity Promotion: Highlights from the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 June;51(6):1340–53.
119. City University of science and information technology, Peshawar Pakistan, Bilal M, Jahan S, Riphah College of Rehabilitation and Allied Health Sciences, Riphah International University, Islamabad Pakistan, Zakria M, Rehman Medical Institute, Peshawar Pakistan, et al. Effect of cardiac rehabilitation program on kinesiophobia and functional capacity in open heart surgery. *Rehabil J*. 2023 June;07(02):554–9.
120. Carr ECJ, Nicky Thomas V, Wilson-Barnet J. Patient experiences of anxiety, depression and acute pain after surgery: a longitudinal perspective. *Int J Nurs Stud*. 2005 July;42(5):521–30.
121. Subih M, Elshatarat RA, Sawalha MA, Almarwani AM, Alhadidi M, Alrahahleh M, et al. Exploring the Impact of Cardiac Rehabilitation Programs on Health-Related Quality of Life and Physiological Outcomes in Patients Post Coronary Artery Bypass Grafts: A Systematic Review. *Rev Cardiovasc Med*. 2024 Apr;25(4):145.
122. Taylor JL, Bonikowske AR, Olson TP. Optimizing Outcomes in Cardiac Rehabilitation: The Importance of Exercise Intensity. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:734278.
123. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, Bittner V, Brewer LC, Demeter SH, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA Guideline for the Management of Patients With Chronic Coronary Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2023 Aug;148(9).
124. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, Carballo D, Koskinas KC, Bäck M, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J*. 2021 Sept;42(34):3227–337.
125. Hahmann HW. [Cardiac rehabilitation: current status and future challenges]. *Herz*. 2012 Feb;37(1):22–9.

126. Prisacariu I, Iorescu L-V, Aboueddahab C, Taheri M, Beneki E, Akinci B, et al. Cardiac Rehabilitation in Patients After Coronary Artery Bypass Grafting: Core Components and Long-Term Follow-Up. *J Clin Med*. 2026 Jan;15(3):1103.
127. Yamamoto S, Okamura M, Akashi YJ, Tanaka S, Shimizu M, Tsuchikawa Y, et al. Impact of Long-Term Exercise-Based Cardiac Rehabilitation in Patients With Chronic Heart Failure – A Systematic Review and Meta-Analysis. *Circ J*. 2024 Aug;88(9):1360–71.
128. Tahir T, Shah DJZ, Mukhtar H, Attia DF, Ahmad DrS, Khalid A, et al. The role of cardiac rehabilitation in improving postoperative recovery and long-term outcomes after cardiac surgery: a systematic review. *J Popul Ther Clin Pharmacol*. 2023; 30(18): 151–9.
129. Huang W-T, Liu C-Y, Shih C-C, Chen Y-S, Chou C-L, Lee J-T, et al. Effects of a home-based multicomponent exercise programme on frailty in post-cardiac surgery patients: a randomized controlled trial. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2025 May 28;24(4):580–92
130. Brown TM, Pack QR, Aberegg E, Brewer LC, Ford YR, Forman DE, et al. Core Components of Cardiac Rehabilitation Programs: 2024 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*. 2024 Oct;150(18):e328–47. Erratum in: *Circulation*. 2025 Apr 29;151(17):e965–6.
131. Bjarnason-Wehrens B, Schmidt T, Schwaab B. Spiroergometrie zur Trainingssteuerung in der kardiologischen Rehabilitation. *Herzschrötmachertherapie Elektrophysiologie*. 2023 Mar;34(1):26–32.
132. Fernhall B. Long-term aerobic exercise maintains peak VO₂, improves quality of life, and reduces hospitalisations and mortality in patients with heart failure. *J Physiother*. 2013 Mar;59(1):56.
133. Liang Y, Su H, Xu Z, Liu X, Lv Y, Feng L, et al. Effects of Exercise on Aerobic Capacity and Quality of Life in People with Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Appl Sci*. 2025 May;15(10):5393.
134. Taylor JL, Myers J, Bonikowske AR. Practical guidelines for exercise prescription in patients with chronic heart failure. *Heart Fail Rev*. 2023 Nov;28(6):1285–96.
135. Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus? *Eur J Prev Cardiol*. 2016 Nov;23(16):1715–33.
136. Eston R, Connolly D. The use of ratings of perceived exertion for exercise prescription in patients receiving beta-blocker therapy. *Sports Med*. 1996 Mar;21(3):176–90.
137. Piepoli MF, Conraads V, Corrà U, Dickstein K, Francis DP, Jaarsma T, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail*. 2011 Apr;13(4):347–57.
138. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2021 Jan;42(1):17–96.
139. Valenzuela PL, Ruilope LM, Santos-Lozano A, Wilhelm M, Kränkel N, Fiuza-Luces C, et al. Exercise benefits in cardiovascular diseases: from mechanisms to clinical implementation. *Eur Heart J*. 2023 June;44(21):1874–89.
140. Komici K, Bianco A, Cuomo A, Bianco R, Illario M, Guerra G, et al. Practical guidelines for exercise prescription in different clinical populations. *Front Sports Act Living*. 2026 Mar;8:1649549.

141. Costache AD, Maştaleru A, Leon MM, Roca M, Gavril RS, Cosău DE, et al. High-Intensity Interval Training vs. Medium-Intensity Continuous Training in Cardiac Rehabilitation Programs: A Narrative Review. *Medicina (Mex)*. 2024 Nov;60(11):1875.
142. Nikolettou D, Chis Ster I, Lech CY, MacNaughton IS, Chua F, Aul R, et al. Comparison of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training in pulmonary rehabilitation for interstitial lung disease: a randomised controlled pilot feasibility trial. *BMJ Open*. 2023 Aug;13(8):e066609.
143. Yue T, Wang Y, Liu H, Kong Z, Qi F. Effects of High-Intensity Interval vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiac Rehabilitation in Patients With Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2022 Feb;9:845225.
144. Terada T, Pap R, Thomas A, Wei R, Noda T, Visintini S, et al. Effects of muscle strength training combined with aerobic training versus aerobic training alone on cardiovascular disease risk indicators in patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Br J Sports Med*. 2024 Oct;58(20):1225–34.
145. Jofré-Saldía E, Villalobos-Gorigoitía Á, Cofré-Bolados C, Ferrari G, Gea-García GM. Multicomponent Training in Progressive Phases Improves Functional Capacity, Physical Capacity, Quality of Life, and Exercise Motivation in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Feb;20(3):2755.
146. Talar K, Hernández-Belmonte A, Vetrovsky T, Steffl M, Kałamacka E, Courel-Ibáñez J. Benefits of Resistance Training in Early and Late Stages of Frailty and Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *J Clin Med*. 2021 Apr;10(8):1630.
147. Ethgen O, Beaudart C, Buckinx F, Bruyère O, Reginster JY. The Future Prevalence of Sarcopenia in Europe: A Claim for Public Health Action. *Calcif Tissue Int*. 2017 Mar; 100(3):229–34.
148. Labata-Lezaun N, González-Rueda V, Llurda-Almuzara L, López-de-Celis C, Rodríguez-Sanz J, Bosch J, et al. Effectiveness of multicomponent training on physical performance in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2023 Jan;104:104838.
149. Samir A, Waite E, Ali ZA, Atef H. Early vs. late resistance training in post-operative cardiac rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2026 Apr;25(1):198–202.
150. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2010 July;9(3):226–37.
151. Hansen D, Abreu A, Doherty P, Völler H. Dynamic strength training intensity in cardiovascular rehabilitation: is it time to reconsider clinical practice? A systematic review. *Eur J Prev Cardiol*. 2019 Sept;26(14):1483–92.
152. Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al. International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *J Nutr Health Aging*. 2021 July;25(7):824–53.
153. Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Toia D, Selig S. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *J Sci Med Sport*. 2009 Mar; 12(2):310–6.
154. Brzycki M. Strength Testing – Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1993 Jan;64(1):88–90.

155. La Scala Teixeira CV, Evangelista AL, Pereira PEDA, Da Silva-Grigoletto ME, Bocalini DS, Behm DG. Complexity: A Novel Load Progression Strategy in Strength Training. *Front Physiol.* 2019 July;10:839.
156. Williams TD, Toluoso DV, Fedewa MV, Esco MR. Comparison of Periodized and Non-Periodized Resistance Training on Maximal Strength: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2017 Oct;47(10):2083–100.
157. Ferri A, Narici M, Grassi B, Pousson M. Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *Eur J Appl Physiol.* 2006 June;97(3):272–9.
158. Osoba MY, Rao AK, Agrawal SK, Lalwani AK. Balance and gait in the elderly: A contemporary review. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2019 Feb;4(1):143–53.
159. Papegaaij S, Taube W, Baudry S, Otten E, Hortobágyi T. Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture. *Front Aging Neurosci.* 2014;6:28.
160. Pšeničnik Sluga S, Kozinc Z. Sensorimotor and proprioceptive exercise programs to improve balance in older adults: a systematic review with meta-analysis. *Eur J Transl Myol.* 2024 Jan;34(1):12010.
161. Freire I, Seixas A. Effectiveness of a sensorimotor exercise program on proprioception, balance, muscle strength, functional mobility and risk of falls in older people. *Front Physiol.* 2024;15:1309161.
162. Cabo CA, Hernández-Beltrán V, Fernandes O, Mendes C, Gamonales JM, Espada MC, et al. Evaluating the Effects of Sensorimotor Training on the Physical Capacities of Older People. *Eur J Investig Health Psychol Educ.* 2025 Apr;15(4):50.
163. Moneruzzaman M, Sun W-Z, Changwe GJ, Wang Y-H. Efficacy of Multiple Exercise Therapy after Coronary Artery Bypass Graft: A Systematic Review of Randomized Control Trials. *Rev Cardiovasc Med.* 2023 May;24(5):141.
164. Yang X, Li S, Xu L, Liu H, Li Y, Song X, et al. Effects of multicomponent exercise on frailty status and physical function in frail older adults: A meta-analysis and systematic review. *Exp Gerontol.* 2024 Nov;197:112604.
165. Sun Z, Zeng H, Liu H, Hu M, Tian X, Mao D, et al. Effectiveness of multi-component exercise in individuals with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ.* 2025;13:e20146.
166. Costa SN, Vieira ER, Bento PCB. Effects of Home- and Center-Based Exercise Programs on the Strength, Function, and Gait of Pre frail Older Women: A Randomized Control Trial. *J Aging Phys Act.* 2020 Feb;28(1):122–30.
167. Zhang J, Tam WWS, Hounsri K, Kusuyama J, Wu VX. Effectiveness of Combined Aerobic and Resistance Exercise on Cognition, Metabolic Health, Physical Function, and Health-related Quality of Life in Middle-aged and Older Adults With Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2024 Aug;105(8):1585–99.
168. Hernandez-Martinez J, Ramos-Espinoza F, Muñoz-Vásquez C, Guzman-Muñoz E, Herrera-Valenzuela T, Branco BHM, et al. Effects of active exergames on physical performance in older people: an overview of systematic reviews and meta-analysis. *Front Public Health.* 2024;12:1250299.
169. Rechcińska A, Bralewska B, Mordaka M, Rechciński T. Digital Technologies in Cardiac Rehabilitation for High-Risk Cardiovascular Patients: A Narrative Review of Mobile Health, Virtual Reality, Exergaming and Virtual Education. *J Clin Med.* 2026 Feb;15(3):1193.
170. Zak M, Sikorski T, Wasik M, Courteix D, Dutheil F, Brola W. Frailty Syndrome – Fall Risk and Rehabilitation Management Aided by Virtual Reality (VR) Technology

- Solutions: A Narrative Review of the Current Literature. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar;19(5):2985.
171. Mańko G, Pieniążek M, Tim S, Jekielek M. The Effect of Frankel's Stabilization Exercises and Stabilometric Platform in the Balance in Elderly Patients: A Randomized Clinical Trial. *Medicina (Mex)*. 2019 Sept;55(9):583.
 172. Stolarczyk A, Jarzowski I, Maciąg BM, Radzimowski K, Świercz M, Stolarczyk M. Balance and motion coordination parameters can be improved in patients with type 2 diabetes with physical balance training: non-randomized controlled trial. *BMC Endocr Disord*. 2021 July;21(1):143.
 173. Van Den Berg M, Sherrington C, Killington M, Smith S, Bongers B, Hassett L, et al. Video and computer-based interactive exercises are safe and improve task-specific balance in geriatric and neurological rehabilitation: a randomised trial. *J Physiother*. 2016 Jan;62(1):20–8.
 174. Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *J Athl Train*. 1998 Oct;33(4):323–7.
 175. Mohammadi S, Lotfi M, Zarei H. The Effect of Perturbation-Based Balance Training on Fall Incidence, Mobility, Postural Control, and Fear of Falling of the Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Appl Gerontol Off J South Gerontol Soc*. 2025 Dec;7334648251412655.
 176. Gimunová M, Sebera M, Kasović M, Svobodová L, Vespalec T. Spatio-Temporal Gait Parameters in Association with Medications and Risk of Falls in the Elderly. *Clin Interv Aging*. 2022;17:873–83.
 177. Peterson MJ, Williams N, Caves K, Morey MC. A pilot study of partial unweighted treadmill training in mobility-impaired older adults. *BioMed Res Int*. 2014;2014:321048.
 178. Mao Q, Zhang J, Yu L, Zhao Y, Luximon Y, Wang H. Effectiveness of sensor-based interventions in improving gait and balance performance in older adults: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Neuroengineering Rehabil*. 2024 May;21(1):85.
 179. Segal AD, Petruska AJ, Adamczyk PG, Silverman AK. Age-specific biomechanical challenges and engagement in dynamic balance training with robotic or virtual real-time visual feedback. *J Biomech*. 2023 May;152:111574.
 180. Kirkman DL, Lee D-C, Carbone S. Resistance exercise for cardiac rehabilitation. *Prog Cardiovasc Dis*. 2022;70:66–72.
 181. Liu C-J, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 July;2009(3):CD002759.
 182. Kirk A, Steele J, Fisher JP. Machine-Based Resistance Training Improves Functional Capacity in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2024 Nov;9(4):239.
 183. Barba-Ruiz M, Heredia-Elvar JR, Martín-Castellanos A, Iglesias-García J, Hermosilla-Perona F. Force Profile Characteristics of Gravitational and Pneumatic Resistances in Pull and Push Exercises. *Sports*. 2025 July;13(8):239.
 184. Paulus DC, Reynolds MC, Schilling BK. Validity and reliability of a controlled pneumatic resistance exercise device. *Biomed Sci Instrum*. 2008;44:53–8.
 185. Guzelhan Y, Ugurlucan M, Oztas DM, Beyaz MO, Unal O, Bektas N, et al. Anxiety and health-related quality of life after cardiac surgery. *Arch Med Sci Atheroscler Dis*. 2020;5:e27–35.

186. Pačarić S, Turk T, Erić I, Orkić Ž, Petek Erić A, Milostić-Srb A, et al. Assessment of the Quality of Life in Patients before and after Coronary Artery Bypass Grafting (CABG): A Prospective Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Feb;17(4):1417.
187. Kocaaslan C, Ketenci B, Yılmaz M, Kehlibar T, Memetoğlu ME, Ertaş G, et al. Comparison of Transcatheter Aortic Valve Implantation versus Surgical Aortic Valve Replacement to Improve Quality of Life in Patients >70 Years of Age with Severe Aortic Stenosis. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2016 Feb;31(1):1–6.
188. Kaya H, Lumprom O, Schofield P, Carey MC, Latour JM. Patient Experiences after Open Heart Surgery: A Qualitative Systematic Review. *Florence Nightingale J Nurs*. 2025 Sept;33(1):1–15.
189. Hayes V, Morris J, Wolfe C, Morgan M. The SF-36 health survey questionnaire: is it suitable for use with older adults? *Age Ageing*. 1995 Mar;24(2):120–5.
190. Ghafourifard M. Survey Fatigue in Questionnaire Based Research: The Issues and Solutions. *J Caring Sci*. 2024 Dec;13(4):214–5.
191. Marten O, Brand L, Greiner W. Feasibility of the EQ-5D in the elderly population: a systematic review of the literature. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil*. 2022 June;31(6):1621–37.
192. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 explanation and elaboration: updated guideline for reporting randomised trials. *BMJ*. 2025 Apr;;389:e081123.
193. Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic equivalents (METs) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol*. 1990 Aug; 13(8):555–65.
194. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002 July;166(1):111–7.
195. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription: *Med Sci Sports Exerc*. 2004 Apr;36(4):674–88.
196. Beia R, Wassermann A, Raps S, Mayhew J, Uder M, Kemmler W. Developing Accurate Repetition Prediction Equations for Trained Older Adults with Osteopenia. *Sports*. 2024 Aug;12(9):233.
197. Barbalho M, Gentil P, Raiol R, Del Vecchio FB, Ramirez-Campillo R, Coswig VS. High 1RM Tests Reproducibility and Validity are not Dependent on Training Experience, Muscle Group Tested or Strength Level in Older Women. *Sports*. 2018 Dec; 6(4):171.
198. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD (Eds). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 9th Ed. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA: American College of Sports Medicine; 2014. 456 pp.
199. Vaishya R, Misra A, Vaish A, Ursino N, D'Ambrosi R. Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: a narrative review of evidences. *J Health Popul Nutr*. 2024 Jan;43(1):7.
200. Balance System SD. Operation/Service Manual 05-317 [cited 2026 May 10]. Available from: <https://www.lifetecinc.com/documents/files/SD%20Manual.pdf>
201. Antoniadou E, Kalivioti X, Stolakis K, Koloniari A, Megas P, Tyllianakis M, et al. Reliability and validity of the mCTSIB dynamic platform test to assess balance in a population of older women living in the community. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2020 June;20(2):185–93.
202. Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Systematic review of the balance error scoring system. *Sports Health*. 2011 May;3(3):287–95.

203. Clark S, Rose DJ, Fujimoto K. Generalizability of the limits of stability test in the evaluation of dynamic balance among older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997 Oct;78(10):1078–84.
204. Gonçalves C, Raimundo A, Abreu A, Bravo J. Exercise Intensity in Patients with Cardiovascular Diseases: Systematic Review with Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Mar;18(7):3574.
205. Tomczak M, Tomczak E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. 2014;1(21):19–25.
206. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates; 1988.
207. Fiel Peres F. Effect sizes for nonparametric tests. *Biochem Medica*. 2026 Feb;36(1): 010101.
208. Silva LGDC, Da Silva SLA, Freire JCG, Nascimento EDS, De Andrade PR, Pereira DS, et al. Exercise-based physiotherapeutic interventions in frailty syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Physiother Res Int*. 2024 July;29(3):e2092.
209. James K, Jamil Y, Kumar M, Kwak MJ, Nanna MG, Qazi S, et al. Frailty and Cardiovascular Health. *J Am Heart Assoc*. 2024 Aug;13(15):e031736.
210. Batista FS, Gomes GA de O, Neri AL, Guariento ME, Cintra FA, Sousa M da LR de, et al. Relationship between lower-limb muscle strength and frailty among elderly people. *Sao Paulo Med J Rev Paul Med*. 2012;130(2):102–8.
211. Alhasan HS. Identifying Frailty Risk in Older Adults: The Predictive Value of Functional Tests and Center-of-Pressure-Based Postural Metrics. *J Clin Med*. 2025 Sept;14(17):6266.
212. Tirkkonen A, Haapanen MJ, Pajulammi H, Niku J, Jylhävä J, Mikkola TM, et al. Cognitive Performance in Late Midlife as a Predictor of Frailty from Late Midlife into Old Age: A Longitudinal Birth Cohort Study. *Gerontology*. 2025;71(12):1031–41.
213. Seko T, Akasaka H, Koyama M, Himuro N, Saitoh S, Ogawa S, et al. The Contributions of Knee Extension Strength and Hand Grip Strength to Factors Relevant to Physical Frailty: The Tanno-Sobetsu Study. *Geriatrics*. 2024 Jan;9(1):9.
214. O'Halloran AM, Finucane C, Savva GM, Robertson IH, Kenny RA. Sustained attention and frailty in the older adult population. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2014 Mar;69(2):147–56.
215. Ye L, Liang R, Liu X, Li J, Yue J, Zhang X. Frailty and sarcopenia: A bibliometric analysis of their association and potential targets for intervention. *Ageing Res Rev*. 2023 Dec;92:102111.
216. Martínez-Aldao D, Diz JC, Varela S, Sánchez-Lastra MA, Ayán C. Impact of a five-month detraining period on the functional fitness and physical activity levels on active older people. *Arch Gerontol Geriatr*. 2020 Nov;91:104191.
217. Mañas A, Gómez-Redondo P, Valenzuela PL, Morales JS, Lucía A, Ara I. Unsupervised home-based resistance training for community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ageing Res Rev*. 2021 Aug;69:101368.
218. Poli L, Greco G, Cataldi S, Ciccone MM, De Giosa A, Fischetti F. Multicomponent versus aerobic exercise intervention: Effects on hemodynamic, physical fitness and quality of life in adult and elderly cardiovascular disease patients: A randomized controlled study. *Heliyon*. 2024 Aug;10(16):e36200.
219. Weng W-H, Cheng Y-H, Yang T-H, Lee S-J, Yang Y-R, Wang R-Y. Effects of strength exercises combined with other training on physical performance in frail older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2022;102:104757.

220. Sullivan GM, Feinn R. Using Effect Size-or Why the P Value Is Not Enough. *J Grad Med Educ.* 2012 Sept;4(3):279–82.
221. Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review. *Rejuvenation Res.* 2013 Apr;16(2):105–14.
222. Carnavale BF, Da Silva Santos VR, Farche ACS, Rossi PG, Fiogbé E, De Souza Buto MS, et al. Effects of a multicomponent training and detraining on frailty status, physical activity level, sedentary behavior patterns and physical performance of pre-frail older adults: a randomized controlled trial. *Eur Geriatr Med.* 2024 Sept;15(6):1701–12.
223. Liu JYW, Yin Y-H, Kor PPK, Kwan RYC, Lee PH, Chien WT, et al. Effects of an individualised exercise programme plus Behavioural Change Enhancement (BCE) strategies for managing fatigue in frail older adults: a cluster randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2023 June;23(1):370.
224. Cacao LDAP, Oliveira GU, Maynard LG, Araújo Filho AAD, Silva Junior WMD, Cerqueria Neto ML, et al. The use of the virtual reality as intervention tool in the post-operative of cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2013;28(2):281–9.
225. Beigienė A, Petruševičienė D, Barasaitė V, Kubilius R, Macijauskienė J. Frailty and Different Exercise Interventions to Improve Gait Speed in Older Adults after Acute Coronary Syndrome. *Medicina (Mex).* 2021 Dec;57(12):1344.
226. Serdar CC, Cihan M, Yücel D, Serdar MA. Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies. *Biochem Medica.* 2021 Feb;31(1):010502.
227. Khan MS, Khan MAA, Irfan S, Siddiqi TJ, Greene SJ, Anker SD, et al. Reporting and interpretation of subgroup analyses in heart failure randomized controlled trials. *ESC Heart Fail.* 2021 Feb;8(1):26–36.
228. Parraca JA, Olivares PR, Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Adsuar JC, Gusi N. Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people. *J Hum Sport Exerc.* 2011 June;6(2):444–51.
229. Garcia P, De Oliveira PG, Da Silva JF, Abreu AS, Paz LP, Martini LL. Postural stability and falls risk in the elderly in biodex balance system: a reliability study. *Innov Aging.* 2017 July;1(suppl_1):253–253.
230. Xu Q, Ou X, Li J. The risk of falls among the aging population: A systematic review and meta-analysis. *Front Public Health.* 2022 Oct;10:902599.
231. Tejiram S, Cartwright J, Taylor SL, Hatcher VH, Galet C, Skeete DA, et al. A Prospective Comparison of Frailty Scores and Fall Prediction in Acutely Injured Older Adults. *J Surg Res.* 2021 Jan;257:326–32.
232. Chittrakul J, Siviroj P, Sungkarat S, Sapbamrer R. Physical Frailty and Fall Risk in Community-Dwelling Older Adults: A Cross-Sectional Study. *J Aging Res.* 2020 July;2020:3964973.
233. Diebo BG, Stroud SG, Shah NV, Messina J, Hong JM, Alsoof D, et al. Can We Predict Imbalance in Patients? Analysis of the CDC National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Med.* 2023 Mar;12(5):1943.
234. Sun M, Min L, Xu N, Huang L, Li X. The Effect of Exercise Intervention on Reducing the Fall Risk in Older Adults: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Nov;18(23):12562.
235. Burton E, Cavalheri V, Adams R, Oakley Browne C, Boverly-Spencer P, Fenton A, et al. Effectiveness of exercise programs to reduce falls in older people with dementia living in the community: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging.* 2015 Feb;10:421–34.

236. Schoberer D, Breimaier HE. Meta-analysis and GRADE profiles of exercise interventions for falls prevention in long-term care facilities. *J Adv Nurs*. 2020 Jan;76(1):121–34.
237. Dermody G, Whitehead L, Wilson G, Glass C. The Role of Virtual Reality in Improving Health Outcomes for Community-Dwelling Older Adults: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2020 June;22(6):e17331.
238. Ho LYW, Tse JHY, Chan WLS, Cheung DSK. Effects of Exergaming on Frailty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Nurs*. 2025 May;34(5):1913–30.
239. Luo H, Zheng Z, Yuan Z, Hu H, Sun C. The effectiveness of multicomponent exercise in older adults with cognitive frailty: a systematic review and meta-analysis. *Arch Public Health Arch Belg Sante Publique*. 2024 Nov;82(1):229.
240. Linhares DG, De Carvalho Monteiro ABM, Linhares BG, Pereira Sallustiano Mallen Da Silva GC, Lima Dos Santos L, De Souza Cordeiro L, et al. Effects of multicomponent exercises on muscle strength and balance in frail older: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Gerontol Geriatr*. 2025 Dec;73(4):153–63.
241. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*. 2002 Sept;88(3):1097–118.
242. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006 Sept;35 Suppl 2:ii7–11.
243. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: translating research into clinical practice. Fifth edition, international edition. Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Wolters Kluwer; 2017. 660 pp.
244. Maejima H, Kanetada Y, Sunahori H, Murase A, Otani T, Sakamoto N, et al. The effects of comprehensive exercise program on the adjustments of standing balance in community-dwelling elderly persons. *J Jpn Phys Ther Assoc Rigaku Ryoho*. 2008; 11(1):7–13.
245. Low DC, Walsh GS, Arkesteijn M. Effectiveness of Exercise Interventions to Improve Postural Control in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analyses of Centre of Pressure Measurements. *Sports Med*. 2017 Jan;47(1):101–12.
246. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. 2015 Dec;45(12):1721–38.
247. Mahmud MR, Stewart M, Cordova A, Quarles J. Standing Balance Improvement Using Vibrotactile Feedback in Virtual Reality. In: *Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '22)*. New York (NY): Association for Computing Machinery; 2022. p. 1–11.
248. Ruiz-Ruiz L, Jimenez AR, Garcia-Villamil G, Seco F. Detecting Fall Risk and Frailty in Elders with Inertial Motion Sensors: A Survey of Significant Gait Parameters. *Sensors*. 2021 Oct;21(20):6918.
249. Janhunen M, Karner V, Katajapuu N, Niiranen O, Immonen J, Karvanen J, et al. Effectiveness of Exergame Intervention on Walking in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther*. 2021 Sept;101(9):pzab152.
250. Soto R, Díaz LA, Rivas V, Fuentes-López E, Zalaquett M, Bruera MJ, et al. Frailty and reduced gait speed are independently related to mortality of cirrhotic patients in long-term follow-up. *Ann Hepatol*. 2021 Nov;25:100327.
251. Kim DY, Oh S-L. What is the Optimal Tool to Measure Gait Speed in a Clinical Setting? *Ann Geriatr Med Res*. 2019 Sept;23(3):155–6.

252. Wang S, Purohit R, Van Crielinge T, Bhatt T. Neuromuscular Mechanisms of Motor Adaptation to Repeated Treadmill-Slip Perturbations During Stance in Healthy Young Adults. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* 2024;32:4207–18.
253. Middleton A, Fritz SL, Lusardi M. Walking speed: the functional vital sign. *J Aging Phys Act.* 2015 Apr;23(2):314–22.
254. Hortobágyi T, Lesinski M, Gäbler M, VanSwearingen JM, Malatesta D, Granacher U. Effects of Three Types of Exercise Interventions on Healthy Old Adults' Gait Speed: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015 Dec;45(12):1627–43.
255. Sedgwick P, Greenwood N. Understanding the Hawthorne effect. *BMJ.* 2015 Sept; 351:h4672.
256. Carvalho M, Goncalves C, Cabral M, Vazao A, Martins A, Pereira J, et al. Sustained improvements in health-related quality of life following cardiac rehabilitation: a longitudinal analysis using EQ-5D. *Eur J Prev Cardiol.* 2025 May;32(Supplement_1):zwaf236.354.
257. Oosterveer DM, Ophelders MEH, Mourits BMP, Scholten EWM, Visser-Meily JMA, de Graaf JA. Changes in health-related quality of life during outpatient rehabilitation: a prospective observational cohort study in four patient groups. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil.* 2026 Feb;35(3):51.
258. Herdman M, Gudex C, Lloyd A, Janssen M, Kind P, Parkin D, et al. Development and preliminary testing of the new five-level version of EQ-5D (EQ-5D-5L). *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil.* 2011 Dec;20(10):1727–36.
259. Lu Z, Xiang J, Li S, Zhang C, Wu C. Technology-based physical activities and adults' physical activity levels, mental health, life satisfaction, and happiness: a mixed methods study. *BMC Psychol.* 2025 Oct;13(1):1199.
260. Brusilovsky P, Kobsa A, Nejdl W (Eds.). *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2007. 766 pp. Available from: <https://soclibrary.futa.edu.ng/books/The%20Adaptive%20Web.pdf>

DISERTACIJOS TEMATIKA SPAUSDINTI DARBAI

Straipsniai, kuriuose pristatyti mokslinio darbo rezultatai:

1. **Stonkuvienė V**, Kubilius R, Lendraitienė E. The Impact of Additional Exercise Interventions on Physical Performance and Muscle Strength of Frail Patients After Open-Heart Surgery: A Randomized Trial. *Medicina (Kaunas)*. 2025;61(10):1812. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina61101812>.
2. **Stonkuvienė V**, Kubilius R, Lendraitienė E. Effects of Different Exercise Interventions on Fall Risk and Gait Parameters in Frail Patients After Open Heart Surgery: A Pilot Study. *Medicina (Kaunas)*. 2025;61(2):206. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina61020206>.

Tarptautinės konferencijos, kuriose pristatyti mokslinio darbo rezultatai:

1. **Stonkuvienė V**, Kubilius R, Lendraitienė E. Additional exercises in cardiac rehabilitation improve gait parameters in frail patients after open-heart surgery. *Fizikalna I Rehabilitacijska Medicina: 16th Mediterranean Congress of Physical and Rehabilitation Medicine*: September 18–21, 2025, Sibenik, Croatia. 2025;39(3):227–227. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12512/255533>, <https://hrcak.srce.hr/file/485642>
2. **Stonkuvienė V**, Kubilius R, Lendraitienė E. Does computer-based interactive cardiac program improve physical performance and reduce fall risk in frailty patients? A randomized controlled trial. *Health for All: 2023 – International Conference Health for All “Rare diseases”: Abstract Book* : Kaunas, Lithuania, 19–20th April, 2023 [organised: Council of LSMU Doctoral Students). Kaunas : Lithuanian University of Health Sciences; 2023. pp. 61–62. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12512/117893>.
3. **Stonkuvienė V**, Kubilius R, Lendraitienė E. Effects of additional exercises combined with cardiac physical training program on strength parameters in people after open heart surgery with frailty. *International Conference of Life Sciences The COINS 2023: Book of Abstracts*: [April 24–27, 2023, Vilnius, Lithuania] Vilnius University. Vilnius University; 2023. pp. 43–43. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12512/4792>.

Kitos publikacijos:

1. Tamuleviciute-Prasciene E, Balne K, Kuznecova I, Beigienė A, **Stonkuvienė V**, Kubilius R. Frailty and functional recovery after cardiac surgery: a randomized pilot trial of extended exercise-based rehabilitation. *BMC Geriatr.* 2026 Feb 24;26(1):433. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12877-026-07192-5>.
2. Kubilius R, Ruočkus D, **Stonkuvienė V**, Vareikaitė R, Cardini R, Bowman T. Cardiac Function and Fatigue During Exoskeleton-Assisted Sit-to-Stand Maneuver and Walking in People with Stroke with Moderate to Severe Gait Disability: A Pilot Cross-Sectional Study. *Sensors (Basel).* 2024 Dec 31;25(1):172. Available from: <https://doi.org/10.3390/s25010172>.
3. Kuznecova I, Tamulevičiūtė-Prascienė E, Beigienė A, **Stonkuvienė V**, Tribiciute I, Kubilius R. The Edmonton frail scale is a tool to evaluate the effectiveness of cardiac rehabilitation in frail older patients after open cardiac surgery. *European Journal of Preventive Cardiology.* 2023; 30(Suppl. 1):zwad125.089. Available from: <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad125.089>.
4. Sokas D, Tamulevičiūtė-Prascienė E, Beigienė A, **Barasaitė V**, Marozas J, Kubilius R, Bailón R, Petrėnas A. Wearable-based Assessment of Heart Rate Response to Physical Stressors in Patients After Open-Heart Surgery With Frailty. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2023 Apr;27(4): 1825–34. Available from: <https://doi.org/10.1109/JBHI.2023.3244005>.
5. Butkuvienė M, Tamulevičiūtė-Prascienė E. Beigienė A, **Barasaitė V**, Sokas D, Kubilius R, Petrėnas A. Wearable-based assessment of frailty trajectories during cardiac rehabilitation after open-heart surgery. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics.* Piscataway, NJ: IEEE. 2022;26(9):4426–35. Available from: <https://doi.org/10.1109/JBHI.2022.3181738> [S1] [M.kr.: M005, T010] [Citav. rodiklis: 7.7, bendr. cit. rod.: 4.7, kvartilis: Q1 (2022. InCites JCR SCIE)]
6. Juozupaitytė G, Poškaitė P, **Barasaitė V**, Beigienė A, Tamulevičiūtė-Prascienė E. Reabilitacijos treniruočių programa namuose senatvinių silpnumo sindromu sergantiems vyresnio amžiaus pacientams po atviros širdies operacijos. Pilotinė galimybių studija. *Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas.* 2022;26(7):460–4. Available from: <https://doi.org/10.37499/LBPG.1035>.

7. Beigienė A, Petruševičienė D, **Barasaitė V**, Kubilius R, Macijauskienė J. Cardiac Rehabilitation and Complementary Physical Training in Elderly Patients after Acute Coronary Syndrome: A Pilot Study. *Medicina*. 2021;57(6):529. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina57060529>.
8. Beigienė, Petruševičienė D, **Barasaitė V**, Kubilius R, Macijauskienė J. Frailty and Different Exercise Interventions to Improve Gait Speed in Older Adults after Acute Coronary Syndrome. *Medicina*. 2021;57(12): 1344. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina57121344>.

PRIEDAI

1 priedas



KAUNO REGIONINIS BIOMEDICININIŲ TYRIMŲ ETIKOS KOMITETAS

Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, A. Mickevičiaus g. 9, LT 44307 Kaunas, tel. (+370) 37 32 68 89; el. paštas: kaunorbtek@ismuni.lt

LEIDIMAS ATLIKTI BIOMEDICININĮ TYRIMĄ

2021-07-22 Nr. BE-2-83

Biomedicininio tyrimo pavadinimas: „Interaktyvių kineziterapijos priemonių poveikis pacientų funkciniam pajėgumui, griuvimų baimei, motyvacijai ir gyvenimo kokybei sergant išemine širdies liga bei esant senatvinio silpnumo sindromui antruoju reabilitacijos etapu“	
Protokolo Nr.:	001
Data:	2021-05-12
Versija:	1.0
Asmens informavimo forma	Versija: 2.0, data: 2021-07-20
Pagrindinis tyrėjas:	Prof.dr. Raimondas Kubilius
Biomedicininio tyrimo vieta:	LSMUL Kauno klinikų filialas Kulautuvos reabilitacijos
Įstaigos pavadinimas:	ligoninė,
Adresas:	Akacijų alėja 18, Kulautuva, Kauno rajonas, Lietuva

Išvada:

Kauno regioninio biomedicininio tyrimų etikos komiteto posėdžio, įvykusio **2021 m. liepos mėn. 8 d.** (protokolo Nr. 2021-BE10-0008) sprendimu pritarta biomedicininio tyrimo vykdymui.

Mokslinio eksperimento vykdytojai įsipareigoja: (1) nedelsiant informuoti Kauno Regioninį biomedicininį Tyrimų Etikos komitetą apie visus nenumatytus atvejus, susijusius su studijos vykdymu, (2) iki sausio 15 dienos – pateikti metinį studijos vykdymo apibendrinimą bei, (3) per mėnesį po studijos užbaigimo, pateikti galutinį pranešimą apie eksperimentą.

Kauno regioninio biomedicininio tyrimų etikos komiteto nariai			
Nr.	Vardas, Pavardė	Veiklos sritis	Dalyvavo posėdyje
1.	Doc. dr. Gintautas Gumbrevičius	Klinikinė farmakologija	Taip
2.	Prof. dr. Kęstutis Petrikonis	Neurologija	Ne
3.	Dr. Saulius Raugelė	Chirurgija	Ne
4.	Dr. Lina Jankauskaitė	Pediatrija	Taip
5.	Prof. dr. Džilda Veličkienė	Endokrinologija	Taip
6.	Doc. dr. Eimantas Pečiūsis	Visuomenės sveikata	Ne
7.	Aušra Degutytė	Visuomenės sveikata	Taip
8.	Dr. Žydrūnė Luneckaitė	Visuomenės sveikata	Taip
9.	Viktorija Bučinskaitė	Teisė	Taip

Kauno regioninis biomedicininis tyrimų etikos komitetas dirba vadovaudamasis etikos principais nustatytais biomedicininio tyrimų Etikos įstatyme, Helsinkio deklaracijoje, vaistų tyrinėjimo Geros klinikinės praktikos taisyklėmis.

Kauno RBTEK pirmininko pavaduotojas

Prof. Kęstutis Petrikonis



Edmontono silpnumo skalē
Oficiali versija

1/2

×

1

=

B

×

2

=

C

Baļų sumā

SVEIKAS

PAŽEIDŽIAMAS

LENGVAS

VIDUTINIS

SUNKUS

Skalēs
vertinimas

1

2

3

4

5

6

7

8

9

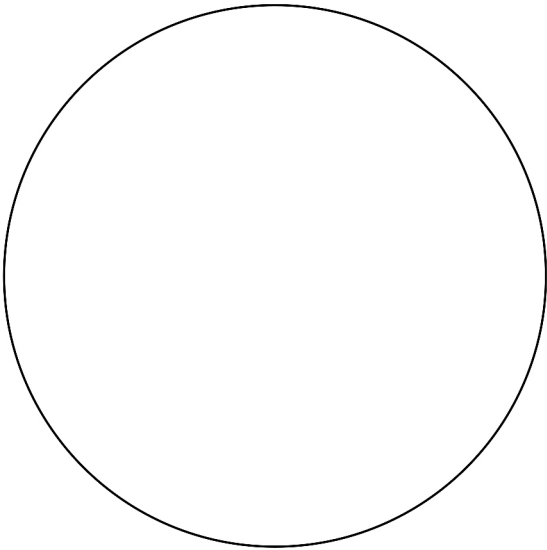
10+

SILPNUMAS

INFORMACIJA APIE PACIENTĀ

Klausimai	A	B	C
Kiekvienam klausimui pasirinkite tik vienu atskaidmā. A, B arba C stulpelī. Balas yra skiriamas atskaidvēģiant ī stulpelī. Norēdami gautī īssamesnī īnstrukcījā, īūrēkite Edmontono silpnumo skalēs metodīkos apraī.	A = 0	B = 1	C = 2
1. Paīzinīmo funkcījas			
Laikrodīžio pieīšīmo testas īsīvaīzduokīte, kad īsī nupīēstas apskritīmas yra laīkrodīs. īrāīykīte valandas īymīnīēus skāīēius atītīnkamosē vīetosē īr nupīēskīte rodykles, īymīnīēas laīkā po vīenuolīkos dēīmt.	KLAIDŪ NĒRA	NEDIDELES ZYMEJIMO KLAIDOS	KITOS KLAIDOS

Priēī pradēdant uīduotī, lapā sulenkīte tīes punktyrīne līnījā, kad neblāīkytū tīriamō



Klausimai	A	B	C
<i>Jeigu laikrodžio piešimo testo (1 užduotis) balas yra B arba C stulpelyje, tuomet kitos užduotys, pažymėtos šiuo ženklu *, gali būti vertinamos remiantis geriausia turima informacija.</i>	A = 0	B = 1	C = 2
2. Bendroji sveikatos būklė			
* a) Kiek kartų per pastaruosius metus buvote patekę į ligoninę?	0	1–2	>2
b) <i>Kaip įvertintumėte savo bendrąją sveikatos būklę? (pasirinkti vieną)</i>	Puikiai Labai gerai Gerai	Patenkinamai	Blogai
3. Funkcinis savarankiškumas			
* Kuriose iš nurodytų veiklų jums reikalinga pagalba?			
☐ Ruošiant maistą ☐ Apsiperkant ☐ Skambinant ☐ Tvarkant namus ☐ Vartojant vaistus ☐ Keliaujant ☐ Skalbiančiant ☐ Tvarkant finansus	0–1	2–4	5–8
4. Socialinė rūpyba			
Ar prirėkus pagalbos būtų žmogus, kuriuo galėtumėte pasikliauti ir kuris norėtų ir galėtų jums padėti?	VISADA	KARTAIS	NIEKADA
5. Vaistų vartojimas			
* a) Ar reguliariai vartojate 5 ir daugiau skirtingų receptinių vaistų?	NE	TAIP	
* b) Ar būna, kad pamirštate išgerti paskirtus vaistus?	NE	TAIP	
6. Mityba			
* Ar pastaruoju metu buvote netekę svorio tiek, kad drabužiai tapo laisvesni?	NE	TAIP	
7. Nuotaika			
Ar dažnai jaučiate liūdesį arba prislėgtumą?	NE	TAIP	
8. Šlapimo nelaikymas			
* Ar patiriate keblumą dėl šlapimo nelaikymo?	NE	TAIP	
9. Funkcinė būklė			
Stokis ir eik testas – 3 metrai Atsisėskite ant kėdės, atpalaiduokite nugarą ir rankas. Išgirdę žodį „eikite“, atsistokite ir eikite jums patogiu saugiu tempu iki žymės ant grindų, priejė apsisukite, grįžkite atgal ir atsisėskite. Visas testo atlikimo laikas _____ sekundės <i>[vertinkite šį testą >20 sekundžių, jeigu:</i> a) Asmuo nenori ar negali atlikti testo. b) Norint saugiai atlikti testą, reikalinga papildoma priemonė (saugos diržas/atraminė judėjimo priemonė) arba kito asmens pagalba.	0–10 sekundžių	11–20 sekundžių	>20 sekundžių

Sveikatos anketa – lietuviška versija Lietuvai (Lithuanian version for Lithuania)

Kiekvienoje teiginių grupėje varnele pažymėkite po VIENĄ langelį, esantį greta teiginio, tiksliausiai apibūdinančio Jūsų sveikatą ŠIANDIEN.

JUDĖJIMAS

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Man vaikščioti nesunku | ☐ |
| Man vaikščioti sunkoka | ☐ |
| Man vaikščioti vidutiniškai sunku | ☐ |
| Man vaikščioti labai sunku | ☐ |
| Aš negaliu vaikščioti | ☐ |

SAVĖS PRIEŽIŪRA

- | | |
|--|--------------------------|
| Man visiškai lengva nusiprausti ar apsirengti | ☐ |
| Man sunkoka nusiprausti ar apsirengti | ☐ |
| Man vidutiniškai sunku nusiprausti ar apsirengti | ☐ |
| Man labai sunku nusiprausti ar apsirengti | ☐ |
| Aš nesugebu nusiprausti ar apsirengti | ☐ |

ĮPRASTA VEIKLA (pvz.: darbas, mokslas, namų ruošą, šeimos ar laisvalaikio užsiėmimai)

- | | |
|---|--------------------------|
| Man visiškai lengva užsiimti savo įprasta veikla | ☐ |
| Man sunkoka užsiimti savo įprasta veikla | ☐ |
| Man vidutiniškai sunku užsiimti savo įprasta veikla | ☐ |
| Man labai sunku užsiimti savo įprasta veikla | ☐ |
| Aš nesugebu užsiimti savo įprasta veikla | ☐ |

SKAUSMAS / DISKOMFORTAS

- | | |
|--|--------------------------|
| Aš nejaučiu skausmo ar diskomforto | ☐ |
| Aš jaučiu šiek tiek skausmą ar diskomfortą | ☐ |
| Aš jaučiu vidutinišką skausmą ar diskomfortą | ☐ |
| Aš jaučiu smarkų skausmą ar diskomfortą | ☐ |
| Aš jaučiu nepaprastą skausmą ar diskomfortą | ☐ |

NERIMAS / DEPRESIJA

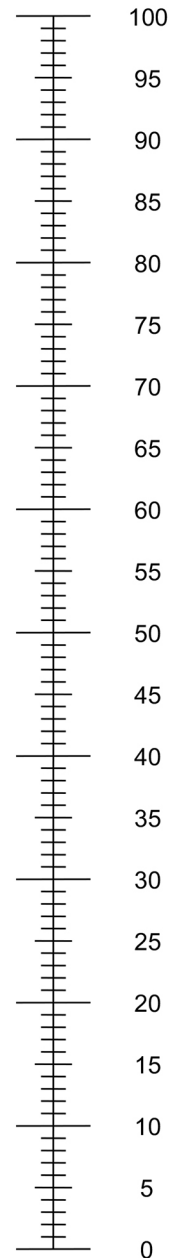
- | | |
|--|--------------------------|
| Nesu sunerimęs (-usi) ar apimtas (-a) depresijos | ☐ |
| Esu šiek tiek sunerimęs (-usi) ar apimtas (-a) depresijos | ☐ |
| Esu vidutiniškai sunerimęs (-usi) ar apimtas (-a) depresijos | ☐ |
| Esu smarkiai sunerimęs (-usi) ar apimtas (-a) depresijos | ☐ |
| Esu nepaprastai sunerimęs (-usi) ar apimtas (-a) depresijos | ☐ |

Lithuania (Lithuanian) © 2012 EuroQol Group EQ-5D™ is a trade mark of the EuroQol Group

- Norėtume žinoti, kiek gera ar bloga jūsų sveikata ŠIANDIEN.
- Ši skalė sunumeruota nuo 0 iki 100.
- 100 reiškia geriausią sveikatą, kokią tik galite įsivaizduoti.
- 0 reiškia blogiausią sveikatą, kokią tik galite įsivaizduoti.
- Pažymėkite skalę X ženklu taip, kad nurodytumėte, kokia jūsų sveikata ŠIANDIEN.
- Prašome dabar užrašyti žemiau esančiame langelyje jūsų pažymėtą numerį.

JŪSŲ SVEIKATA ŠIANDIEN =

Geriausia
sveikata, kokią tik
galite įsivaizduoti



Blogiausia
sveikata, kokią tik
galite įsivaizduoti

Lentelė. Pusiausvyros parametrų (*mCTSIB*, *BESS*, *LOSS*) detaliųjų testų rezultatų pokyčiai prieš ir po reabilitacijos bei trijų grupių palyginimas

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
mCTSIB										
Akys atmerktos, paviršius stabilus	0,61 (0,49; 0,66)	0,60 (0,48; 0,65)	-0,02 (-0,03; -0,01) ^a	0,59 (0,48; 0,76)	0,51 (0,42; 0,71)	-0,03 (-0,16; -0,02)	0,43 (0,37; 0,57)	0,37 (0,29; 0,44)	-0,08 (-0,14; -0,01) ^a	0,007; 0,07
p	< 0,001			0,014			< 0,001			
Akys užmerktos, paviršius stabilus	0,77 (0,70; 0,90)	0,75 (0,67; 0,89)	-0,03 (-0,04; -0,01) ^a	0,79 (0,70; 1,15)	0,76 (0,67; 0,95)	-0,02 -0,21; -0,05) ^b	0,85 (0,60; 1,11)	0,66 (0,52; 0,86)	-0,17 (-0,34; -0,02) ^{a,b}	< 0,001; 0,11
p	< 0,001			0,050			< 0,001			
Akys atmerktos, paviršius nestabilus	1,15 (0,91; 1,40)	1,10 (0,87; 1,34)	-0,02 (-0,05; -0,01) ^{a,b}	1,00 (0,71; 1,22)	0,75 (0,57; 1,01)	-0,16 (-0,37; -0,03) ^b	0,73 (0,62; 0,88)	0,53 (0,48; 0,69)	-0,16 (-0,31; -0,06) ^a	< 0,001; 0,15
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Akys užmerktos, paviršius nestabilus	1,81 (1,12; 2,15)	1,72 (1,09; 2,02)	-0,06 (-0,11; -0,03) ^{a,b}	1,53 (1,16; 2,07)	1,30 (1,01; 1,47)	-0,21 (-0,65; -0,04) ^b	1,38 (1,16; 1,97)	1,04 (0,81; 1,46)	-0,40 (-0,84; -0,13) ^a	< 0,001; 0,15
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			

Lentelės tęsinys

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
BESS										
Paviršius stabilus, kojos suglaustos	0,67 (0,63; 0,81)	0,65 (0,59; 0,79)	-0,02 (-0,03; -0,01) ^a	0,66 (0,51; 0,70)	0,54 (0,41; 0,64)	-0,05 (-0,23; 0,00) ^a	0,55 (0,47; 0,76)	0,50 (0,38; 0,58)	-0,09 (-0,14; 0,03)	0,022; 0,05
p		< 0,001			< 0,001			0,003		
Paviršius stabilus, stovėjimas ant vienos kojos	0,95 (0,81; 1,52)	0,91 (0,78; 1,33)	-0,04 (-0,08; -0,02) ^a	1,01 (0,77; 1,53)	0,87 (0,67; 1,20)	-0,09 (-0,49; 0,02)	0,89 (0,69; 1,18)	0,67 (0,56; 0,88)	-0,20 (-0,30; -0,07) ^a	0,004; 0,08
p		< 0,001			0,027			< 0,001		
Paviršius stabilus, stovėjimas tandeminėje padėtyje	0,97 (0,71; 1,55)	0,91 (0,70; 1,51)	-0,03 (-0,06; -0,02) ^{a,b}	0,87 (0,63; 1,11)	0,65 (0,55; 0,93)	-0,09 (-0,42; -0,02) ^b	0,68 (0,56; 0,82)	0,51 (0,42; 0,67)	-0,13 (-0,23; -0,06) ^a	< 0,001; 0,13
p		< 0,001			0,002			< 0,001		
Paviršius nestabilus, kojos suglaustos	0,84 (0,60; 1,11)	0,82 (0,59; 1,09)	-0,02 (-0,04; -0,01) ^{a,b}	0,73 (0,56; 0,93)	0,60 (0,46; 0,80)	-0,09 (-0,33; -0,02) ^b	0,74 (0,63; 0,86)	0,57 (0,47; 0,70)	-0,15 (-0,24; -0,07) ^a	< 0,001; 0,17
P		< 0,001			< 0,001			< 0,001		

Lentelės tęsinys

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E ² _R
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
BESS (tęsinys)										
Paviršius nestabilus, stovėjimas ant vienos kojos	0,94 (0,71; 1,44)	0,90 (0,69; 1,35)	-0,02 (-0,06; -0,01) ^a	1,00 (0,67; 1,38)	0,86 (0,59; 1,11)	-0,04 (-0,53; 0,12) ^b	0,94 (0,81; 1,16)	0,71 (0,56; 0,91)	-0,21 (-0,47; -0,05) ^{a,b}	< 0,001 ; 0,12
p	< 0,001			0,087			< 0,001			
Paviršius nestabilus, stovėjimas tandeminėje padėtyje	1,00 (0,73; 1,72)	0,97 (0,70; 1,67)	-0,04 (-0,06; -0,02) ^a	0,84 (0,67; 1,18)	0,75 (0,56; 1,01)	-0,07 (-0,34; 0,00) ^b	0,91 (0,75; 1,17)	0,66 (0,53; 0,82)	-0,23 (-0,44; -0,07) ^{a, b}	< 0,001 ; 0,14
p	< 0,001			0,003			< 0,001			
LOS, proc.										
Priekinė padėtis	39,50 (26,75; 62,25)	40,50 (28,75; 66,25)	2,00 (1,00; 2,00) ^{a,b}	48,50 (40,25; 64,00)	61,50 (49,75; 75,50)	8,00 (1,00; 21,50) ^b	60,00 (50,75; 71,25)	77,50 (58,50; 90,00)	10,50 (2,50; 20,25) ^a	< 0,001 0,15
p	< 0,001			< 0,001			< 0,001			
Užpakalinė padėtis	62,50 (51,50; 75,25)	64,50 (54,00; 77,00)	1,00 (0,75; 2,00) ^a	60,00 (47,50; 76,25)	65,00 (54,50; 79,25)	2,50 (-2,00; 18,00)	56,50 (40,75; 73,00)	65,50 (46,75; 80,50)	6,00 (1,75; 18,50) ^a	0,002 ; 0,09
p	< 0,001			0,040			0,014			
Padėtis į kairę	63,50 (56,50; 83,00)	65,00 (57,00; 82,25)	1,00 (0,75; 2,00) ^a	68,00 (59,75; 82,00)	75,00 (60,75; 86,25)	2,50 (-7,25; 17,00)	64,00 (49,75; 75,00)	76,50 (61,75; 83,00)	7,50 (0,00; 22,50) ^a	0,011 ; 0,07
p	< 0,001			0,058			< 0,001			

Lentelės tęsinys

Parametras	KG (n = 46)			DG (n = 46)			IG (n = 46)			p; E _R ²
	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	Prieš KR	Po KR	Pokytis	
LOS, proc. (tesinys)										
Padėtis į dešinę	63,00 (53,50; 85,00)	65,00 (55,75; 82,25)	1,00 (1,00; 2,00) ^a	65,50 (50,50; 82,00)	69,00 (61,75; 84,50)	2,00 (-0,50; 15,00) ^b	62,00 (47,75; 70,25)	71,50 (61,00; 84,50)	12,00 (1,25; 25,50) ^{a,b}	< 0,001 ; 0,10
p	< 0,001			0,015			< 0,001			
Padėtis į priekį kairėn	48,00 (38,75; 64,25)	51,50 (41,00; 66,25)	2,00 (0,75; 2,00) ^a	58,50 (38,75; 65,25)	64,50 (49,00; 75,25)	3,00 (-1,00; 17,25)	56,50 (40,75; 65,25)	66,50 (56,00; 75,75)	10,00 (3,25; 24,75) ^a	< 0,001 ; 0,12
p	< 0,001			0,004			< 0,001			
Padėtis į priekį dešinėn	57,50 (41,75; 65,00)	59,00 (44,25; 67,00)	2,00 (1,00; 2,00) ^a	57,00 (45,00; 70,75)	64,00 (51,00; 75,25)	2,00 (-1,00; 14,00)	53,00 (42,00; 65,50)	68,00 (57,75; 73,25)	7,00 (-0,50; 26,00) ^a	0,020 ; 0,06
p	< 0,001			0,008			< 0,001			
Padėtis atgal į kairę	61,50 (42,75; 66,00)	64,00 (44,50; 67,00)	1,00 (0,75; 2,00) ^a	56,50 (44,00; 69,50)	63,50 (47,00; 77,75)	2,50 (-2,00; 18,00)	50,50 (35,75; 68,00)	61,00 (49,25; 78,25)	6,00 (1,75; 18,50) ^a	0,002 ; 0,02
p	< 0,001			0,008			< 0,001			
Padėtis atgal į dešinę	53,50 (36,75; 64,75)	55,00 (40,00; 66,00)	2,00 (1,00; 2,00) ^a	57,50 (43,75; 66,75)	60,00 (49,50; 68,25)	2,00 (-0,25; 16,75) ^b	44,00 (34,00; 57,50)	64,00 (49,75; 71,00)	17,00 (4,75; 23,50) ^{a,b}	< 0,001 ; 0,22
p	< 0,001			0,018			< 0,001			

Duomenys išreikšti medianomis (tarpkvartiliniais pločiais). KG – kontrolinė grupė; DG – daugiakomponentė grupė; IG – interaktyvioji grupė; KR – kardiologinė rehabilitacija; ^{a,b} – vienodos raidės žymi statistiškai reikšmingą skirtumą tarp grupių; E_R² – efekto dydis tarp 3 grupių.

CURRICULUM VITAE

Name, Surname: Vitalija Stonkuvienė
Address: Department of Rehabilitation, Hospital of Lithuanian University of Health Sciences Kauno klinikos, Eivenių 2, LT-50009 Kaunas, Lithuania
E-mail: vitalija.stonkuviene@lsmu.lt

Education:

2022–2026 Doctoral (PhD) studies at the Department of Rehabilitation, Faculty of Nursing, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences

2018–2020 Master’s degree in Health Sciences, study programme Health Promotion and Rehabilitation at the Department of Rehabilitation, Faculty of Nursing, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences

2013–2017 Bachelor’s degree in Physiotherapy and the qualification of Physiotherapist, study programme in Physiotherapy at the Faculty of Medicine, Vilnius University

Work experience:

Since 2017 Physiotherapist at Kulautuva Hospital of Rehabilitation, Hospital of Lithuanian University of Health Sciences Kauno klinikos

2023–2024 Assistant lecturer at the Department of Rehabilitation, Lithuanian University of Health Sciences

Project work:

09/2022 to 04/2024 Junior researcher “Metabolic consumption, cardiorespiratory effort, cardiac autonomic control and fatigability during exoskeleton-assisted sit-to-stand maneuver and walking and stairs climbing in people with multiple sclerosis neurological diseases with moderate to severe gait disability”

06/2020 to 12/2021 Junior researcher “Wearable-based assessment of frailty trajectories during cardiac rehabilitation after open-heart surgery”

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju savo mokslinio darbo vadovui prof. dr. Raimondui Kubiliui už galimybę eiti moksliniu doktorantūros keliu, už profesionalumą, patarimus, pastabas, palaikymą ir tikėjimą manimi, kaip doktorantūros studente. Jūsų išsakyti pastebėjimai, patarimai, nuolatinės konsultacijos praturtino šį darbą.

Taip pat nuoširdžiai dėkoju savo mokslinio darbo konsultantei prof. dr. Eglei Lendraitienei už mokslines diskusijas, vertingas pastabas, pagalbą, šiltą ir malonų bendradarbiavimą visos mokslinės kelionės metu.

Esu dėkinga savo kolegoms bei visam Kulautuvos reabilitacijos ligoninės kolektyvui už palaikymą, pagalbą, dalijimąsi klinicine patirtimi, išlaikant malonią mokymosi atmosferą visų doktorantūros studijų metu.

Didžiulę ir ypatingą padėką skiriu visiems tyrime dalyvavusiems pacientams už jų skirtą laiką, susidomėjimą, kantrybę ir pasitikėjimą. Be Jūsų įsitraukimo šis mokslinis tyrimas nebūtų įgyvendintas.

Didžiausią ačiū noriu tarti savo draugams, artimiesiems bei šeimai, ypač vyrui Martynui ir dukrai Elenai už nuolatinę kantrybę, šilumą ir palaikymą šiame sudėtingame, bet man labai reikšmingame etape. Ačiū, kad buvote šalia, įkvėpėte ir palaikėte mane tada, kai pati nustodavau tikėti savimi. Be Jūsų ši disertacija nebūtų tapusi realybe.