

VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS
SVEIKATOS MOKSLŲ INSTITUTAS
REABILITACIJOS, FIZINĖS IR SPORTO MEDICINOS KATEDRA

Gabrielė Romanenkaite

**EGZOSKELETŲ NAUDOJIMO EFEKTYVUMAS NUGAROS
SMEGENŲ PAŽEIDIMUS PATYRUSIŲ PACIENTŲ ĖJIMO
FUNKCIJAI IR MOBILUMUI APLINKOJE: SISTEMINĖ
LITERATŪROS APŽVALGA**

REABILITACIJOS MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovas: Dr. Svetlana Lenickienė

VILNIUS, 2022

ANOTACIJA

Reabilitacijos magistro baigiamasis darbas „Egzoskeletų naudojimo efektyvumas nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje: sisteminė literatūros apžvalga“ atliktas 2020 – 2022 metais Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Sveikatos mokslų instituto Reabilitacijos, fizinės ir sporto medicinos katedroje.

Darbo autorė: Gabrielė Romanenkaitė, Vilniaus universiteto Reabilitacijos magistro studijų programos II kurso studentė.

Darbo vadovė: Dr. Svetlana Lenickienė, Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Sveikatos mokslų instituto Reabilitacijos, fizinės ir sporto medicinos katedra.

Darbas apsvarstytas VU MF Jungtinio reabilitacijos studijų programų komiteto posėdyje 2022 m. gegužės mėn. 10 d., įvertintas teigiamai ir rekomenduotas viešam gynimui.

Darbo recenzentai:

1. Prof. dr. Juozas Raistenskis.
2. Dr. Ieva Eglė Jamontaitė.

Reabilitacijos magistro darbas „Egzoskeletų naudojimo efektyvumas nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje: sisteminė literatūros apžvalga“ ginamas viešame reabilitacijos magistro darbų gynimo komisijos posėdyje, kuris įvyks 2022 m. birželio mėn. 3 d., 9 val., Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Sveikatos mokslų instituto Reabilitacijos, fizinės ir sporto medicinos katedroje nuotoliniu būdu.

Su darbu galima susipažinti Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Sveikatos mokslų instituto Reabilitacijos, fizinės ir sporto medicinos katedroje.

TURINYS

SANTRAUKA.....	5
ABSTRACT.....	7
TEKSTE PANAUDOTŲ TRUMPINIŲ PAAIŠKINIMAI.....	9
DARBE PATEIKTŲ LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	10
DARBE PATEIKTŲ PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	11
ĮVADAS.....	12
2. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI.....	15
2.1. Tyrimų paieškos metodai ir strategija.....	15
2.2. Tyrimų atrankos procesas.....	16
3. DUOMENŲ SISTEMINIMAS IR ANALIZAVIMAS.....	18
3.1. Duomenų paieškos rezultatai.....	18
3.2. Bendra tyrimo duomenų charakteristika.....	20
3.3. Straipsnių kokybės ir sisteminių klaidų vertinimas.....	23
4. TYRIMO REZULTATAI.....	27
4.1. Tyrimų metu taikytos intervencijos.....	27
4.2. Tyrimų metu naudoti metodai.....	30
4.3. Egzoskeletų naudojimo efektyvumas ėjimo funkcijai ir mobilumui.....	31
4.4. Rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeletų gamintojų.....	49
5. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS.....	52
6. IŠVADOS.....	57
7. PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS.....	58

8. LITERATŪROS SĀRAŠAS.....	59
9. PRIEDAI.....	66
1. Priedas. Egzoskeletu charakteristika.....	66
2. Priedas. ReWalk egzoskeleto sistema.....	68
3. Priedas. Indego egzoskeleto sistema.....	69
4. Priedas. EKSO egzoskeleto sistema.....	70
5. Priedas. Sisteminēs literatūros apžvalgos protokolas.....	71

SANTRAUKA

Vilniaus universiteto Medicinos fakultetas

Sveikatos mokslų institutas

Reabilitacijos, fizinės ir sporto medicinos katedra

Reabilitacijos magistro studijų programa

EGZOSKELETŲ NAUDOJIMO EFEKTYVUMAS NUGAROS SMEGENŲ PAŽEIDIMUS PATYRUSIŲ PACIENTŲ ĖJIMO FUNKCIJAI IR MOBILUMUI APLINKOJE: SISTEMINĖ LITERATŪROS APŽVALGA

Reabilitacijos magistro darbas

Darbo autorė: Gabrielė Romanenkaitė.

Darbo vadovė: Dr. Svetlana Lenickienė.

Pagrindinės sąvokos (raktiniai žodžiai): nugaros smegenų pažeidimas, egzoskeletas, ėjimo funkcija, mobilumas, namų aplinka.

Darbo tikslas: nustatyti egzoskeletų naudojimo efektyvumą nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje, analizuojant atliktus mokslinius tyrimus.

Darbo uždaviniai:

1. Analizuojant į sisteminę literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų rezultatus, įvertinti egzoskeleto naudojimo efektyvumą, nugaros smegenų pažeidimus patyrusių asmenų, ėjimo funkcijai.

2. Analizuojant į sisteminę literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų rezultatus, įvertinti egzoskeleto naudojimo efektyvumą, nugaros smegenų pažeidimus patyrusių asmenų, mobilumui aplinkoje.

3. Remiantis į sisteminę literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų išvadamis, išanalizuoti galimybę naudoti egzoskeletą namų arba bendruomenės aplinkoje.

Tyrimo metodika: Sisteminė literatūros apžvalga buvo atlikta remiantis PRISMA (angl. *Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analyses*) nuostatomis sisteminėms

apžvalgoms. Mokslinių publikacijų buvo ieškoma Vilniaus universiteto prenumeruojamose elektroninėse duomenų bazėse: *PubMed (MEDLINE)* ir *Web of Science (Clarivate Analytics)*. Taikant išplėstinę paiešką duomenų bazėse buvo rasta 960 mokslinių publikacijų. Atrinkti moksliniai straipsniai turėjo padėti atsakyti į klausimą: ar egzoskeletų naudojimas efektyvus – nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje? Straipsnių paieška buvo vykdoma nuo 2021.09.19 iki 2022.03.20.

Rezultatai: Pritaikius atrankos kriterijus, į sisteminę literatūros apžvalgą buvo įtraukta 14 straipsnių. Pasirinktuose tyrimuose iš viso dalyvavo 269 tiriamieji. ReWalk egzoskeletas buvo naudojamas 7 tyrimuose, Indego egzoskeletas – 2, o EKSO egzoskeletas – 6. Treniruočių laikotarpis labai skyrėsi visuose, į apžvalgą, įtrauktuose tyrimuose. Treniruočių skaičius svyravo nuo 5 iki 55, o vieno užsiėmimo trukmė nuo 60 iki 90 min., per savaitę buvo nuo vieno iki penkių užsiėmimų. Sisteminės apžvalgos rezultatai parodė, jog asmenys patyrę nugaros smegenų pažeidimą, naudojantis egzoskeletu, galėjo vaikščioti 0,22 – 0,45 m./s. greičiu, atliekant 10 metrų ėjimo testą. Atstumas nueitas 6 minučių ėjimo testo metu svyravo nuo 42 iki 148,44 metrų. Didžiausias vidutinis greitis buvo pasiektas naudojant Indego egzoskeletą, o didžiausias atstumas nueitas naudojant – ReWalk. Dauguma nepageidaujamų reiškinių, apie kuriuos pranešta, buvo nedideli, įskaitant odos nubrozdinimus, skausmą, griuvimą, lūžį bei kitas odos problemas. Dalyvių atsiliepimai po vaikščiojimo treniruočių, naudojant egzoskeletą buvo teigiami.

Išvados: 1. Egzoskeletus galima saugiai naudoti, kaip ėjimo funkcijos lavinimo intervenciją, nugaros smegenų pažeidimus patyrusiems asmenims. Po egzoskeleto treniruočių tiriamieji pagerino šešių minučių bei dešimties metrų ėjimo testo rezultatus, taip pat padidėjo ėjimo greitis, atstumas ir bendras žingsnių skaičius.

2. Mobilumo rezultatai, apie kuriuos pranešta tyrimuose, rodo, kad egzoskeletų naudojimas yra veiksmingas norint judėti klinikinėje aplinkoje. Egzoskeleto treniruotė gali būti veiksmingas būdas didinti nugaros smegenų pažeidimą – patyrusio asmens mobilumą ir savarankiškumą.

3. Sisteminės literatūros apžvalgos rezultatai įrodo, kad naudojant egzoskeletą galima saugiai judėti realiomis sąlygomis. Egzoskeletų naudojimas bendruomenėje gali būti ribotas, tačiau jų naudojimas namų aplinkoje yra galimas.

ABSTRACT

Vilnius University Faculty of Medicine
Health Science Institute
Department of Rehabilitation, Physical and Sports Medicine
Master's Degree of Rehabilitation

THE EFFECT OF USING EXOSKELETON ON GAIT TRAINING AND MOBILITY IN PATIENTS AFTER SPINAL CORD INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW

Rehabilitation Master's Thesis

The Author: Gabrielė Romanenkaitė.

Academic supervisor: PhD Svetlana Lenickienė.

Keywords: spinal cord injury, exoskeleton, gait, mobility, home environment.

The aim of research work: analyze the effects of exoskeleton use for gait training and mobility in the environment for patients with spinal cord injuries, by analyzing the performed research.

Tasks of work:

1. By analyzing the results of the research involved in this systematic literature review, evaluate the effect of using exoskeleton on gait training for people with spinal cord injury.
2. By analyzing the results of the research involved in this systematic literature review, evaluate the effect of using exoskeleton on mobility in the environment for people with spinal cord injury.
3. Based on the findings of the research included in this systematic literature review, analyze the possibility of using an exoskeleton in a home or community setting.

Materials and methods: A systematic literature review was performed based on the PRISMA (Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analyses) provisions for systematic reviews. Scientific publications were searched in electronic databases subscribed by

Vilnius University: PubMed (MEDLINE) and Web of Science (Clarivate Analytics). An advanced search of the databases found 960 scientific publications. The selected articles were intended to answer the question: is the use of exoskeletons effective for gait function and mobility of patients with spinal cord injuries in the environment? The search was performed from 2021.09.19 to 2022.03.20.

Results: After applying the selection criteria, 14 articles were included in this systematic literature review. A total of 269 subjects participated in the selected studies. The ReWalk exoskeleton was used in 7 studies, the Indego exoskeleton in 2, and the EKSO exoskeleton in 6. Training period was very different in all studies included in the review. The number of training sessions ranged from 5 to 55, and the duration of one session ranged from 60 to 90 minutes, ranging from one to five sessions per week. The results of this systematic review showed that individuals with spinal cord injury were able to walk from 0,22 to 0,45 m./s. speed while using an exoskeleton during the 10 meter walk test. The distance walked during the 6 minute walk test ranged from 42 to 148,44 meters. The highest average speed was reached using the Indego exoskeleton and the maximum distance traveled using – ReWalk. The majority of adverse events reported were minor, including skin abrasions, pain, falls, fractures, and other skin problems. Participants' feedback after gait training with the exoskeleton was positive.

Conclusion: 1. Exoskeletons can be safely used as a gait training intervention for individuals with spinal cord injuries. After exoskeleton training, subjects improved their six minute and ten meter walking test scores, as well as increased walking speed, distance, and total number of steps.

2. The mobility results reported in the studies indicate that the use of exoskeletons is effective for movement in a clinical setting. Exoskeleton training can be an effective way to increase mobility and independence of a person with spinal cord injury.

3. The results of this systematic literature review demonstrated that exoskeletons can be used to move safely in real conditions. The use of exoskeletons in the community may be limited, but their use in a home environment is possible.

TEKSTE PANAUDOTŲ TRUMPINIŲ PAAIŠKINIMAI

NSP – nugaros smegenų pažeidimas;

FNT – funkcinis nepriklausomumo testas;

ŠSD – širdies susitraukimų dažnis;

D–QUEST – Quebec naudotojų pasitenkinimo pagalbinėmis technologijomis klausimynas, Olandiška versija (angl. *Dutch version of the Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology*);

SUS – sistemų naudojimo klausimynas (angl. *System Usability Scale*);

ISNCSCI – tarptautiniai nugaros smegenų pažeidimo neurologinės klasifikacijos standartai (angl. *international Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury*);

VAS – vizualinė analoginė skausmo skalė;

ADAPPS – pirminė ir antrinė neįgalumo vertinimo skalė (angl. *Appraisals of Disability: Primary and Secondary Scale*);

ATD–PA – pagalbinių technologijų veiksmingumo vertinimo klausimynas (angl. *Assistive Technology Device Predisposition Assessment*);

PCI – fiziologinių poreikių indeksas (angl. *physiological cost index*);

SCATS – spastiškumo vertinimo įrankis nugaros smegenų pažeidimą patyrusiems asmenims (angl. *The Spinal Cord Assessment Tool for Spasticity*);

MET – metabolinis ekvivalentas;

WISCI II – ėjimo indeksas, nugaros smegenų pažeidimą patyrusiems asmenims (angl. *Walking Index for Spinal Cord Injury*);

LEMS – apatinių galūnių motorikos vertinimas (angl. *Lower Extremity Motor Score*).

DARBE PATEIKTŲ LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Raktiniai žodžiai, jų kombinacijos bei rastų straipsnių skaičius.....	15
2 lentelė. Mokslinių tyrimų įtraukimo ir neįtraukimo kriterijai.....	16
3 lentelė. PICO modelio aprašymas.....	17
4 lentelė. Bendra tyrimo duomenų charakteristika.....	21
5 lentelė. Vertinimo kriterijai randomizuotiems bei nerandomizuotiems tyrimams.....	23
6 lentelė. Tyrimų kokybės vertinimo suvestinė.....	25
7 lentelė. Tyrimų metu taikytos intervencijos, metodai, rezultatai bei išvados.....	35
8 lentelė. 10 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų.....	49
9 lentelė. 6 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų.....	50
10 lentelė. Stotis – eiti testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų.....	50
11 lentelė. Pasireiškusių komplikacijų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų.....	51
12 lentelė. Skirtingų egzoskeletų charakteristikos.....	66

DARBE PATEIKTŲ PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Straipsnių atrankos schema, atitinkanti PRISMA reikalavimus.....	19
2 pav. ReWalk egzoskeleto sistemos dalys.....	68
3 pav. Indego egzoskeleto sistemos dalys.....	69
4 pav. EKSO egzoskeleto sistemos dalys.....	70

IVADAS

Nugaros smegenų pažeidimus kiekvienais metais patiria nuo 250 000 iki 500 000 tūkstančių žmonių [1]. Iškart po pažeidimo asmenys susiduria su pagrindine problema – daliniu arba visišku judėjimo funkcijų netekimu. Literatūroje teigiama, jog nugaros smegenų pažeidimai riboja žmogaus kasdienę veiklą, mažina darbingumą [2] bei neigiamai veikia žmogaus integraciją į visuomenę [3]. Be to, prisideda prie ženklaus mobilumo apribojimo ir didėjančių sveikatos priežiūros išlaidų [1].

Nugaros smegenų pažeidimas dažniausiai sukelia visišką ėjimo funkcijos praradimą arba labai ją apriboja. Maždaug 70 proc. asmenų, patyrusių nugaros smegenų pažeidimus, naudojami neįgaliojo vežimėliu [4]. Ribotas mobilumas neigiamai veikia žmogaus gyvenimo kokybę, padidina sėslų gyvenimo būdą, o tai savo ruožtu sukelia kitas antrines komplikacijas, tokias kaip lėtinis skausmas, venų trombozė, šlapimo takų infekcijos bei padidėjusi depresijos atsiradimo rizika [1]. Teigiama, jog ėjimo funkcijos praradimas bei mobilumo apribojimas sumažina asmens įsitraukimą į bendruomenę, galimybę užsiimti fizine veikla, turi įtakos finansinei gerovei, gyvenimo trukmei, socialinei veiklai bei bendrai gyvenimo kokybei [4]. Todėl pagrindinis reabilitacijos tikslas yra surasti efektyviausias priemones, kurios padės pagerinti, šių asmenų funkcinę būklę [5]. Dėl nuolatinės ir greitos technologijų evoliucijos kuriama vis daugiau priemonių, padedančių tobulinti reabilitacijos procesą [6]. Per pastarąjį dešimtmetį literatūroje padaugėjo tyrimų nagrinėjančių būtent egzoskeletų naudojimo efektyvumą, siekiant pagerinti asmenų ėjimo funkciją bei mobilumą aplinkoje [7].

Egzoskeletai yra prietaisai, sudaryti iš išorinės, motorizuotos įtvaro formos struktūros, kuri dedama ant žmogaus kūno (9.1, 9.2, 9.3, 9.4 priedai), suteikianti galimybę stovėti, vaikščioti, lipti laiptais ir atlikti kasdienės veiklos darbus. Naujausi tyrimai įrodė egzoskeletų naudojimo veiksmingumą, siekiant atkurti apatinių galūnių motorinę funkciją, nugaros smegenų pažeidimus patyrusiems asmenims [1]. Literatūroje teigiama, jog norint pagerinti šių žmonių gyvenimo kokybę ir socialinę integraciją, rekomenduojama gerinti prieigą prie reabilitacijos paslaugų, kurios suteikia galimybę pacientams savarankiškai užsiimti kasdiene veikla, sumažina funkcinis apribojimus ir priklausomybę nuo kitų [4]. Įrodyta, kad egzoskeletų naudojimas taip pat turi įtakos psichologinei gerovei, kuri prisideda prie gerėjančios gyvenimo kokybės, mažėjančio nerimo bei depresijos simptomų [4]. Vienas iš pagrindinių egzoskeletų pranašumų, lyginant su kitomis priemonėmis, naudojamomis reabilitacijoje, yra galimybė juos naudoti

namuose, o tai didina asmens savarankiškumą bei suteikia galimybę užsiimti fizine veikla kasdieniame gyvenime [8].

Kai kurie egzoskeletų prekiniai ženklai tapo prieinami ligoninėms, namų ir bendruomenės naudojimui [4]. Klinikinėje aplinkoje dėvimi egzoskeletai daugiausia naudojami mankštos tikslais ir siekiant pagerinti žmonių, patyrusių nugaros smegenų pažeidimus, gyvenimo kokybę [9]. Norint užtikrinti ilgalaikę naudą sveikatai, būtina nuolat naudotis egzoskeletu. Vienas iš būdų, užtikrinantis reguliarių egzoskeleto naudojimą, yra prietaiso naudojimas namuose ir bendruomenėje. Tačiau didelė prietaiso kaina yra pagrindinis veiksnys, ribojantis asmenų galimybę naudotis egzoskeletu namų bei bendruomenės aplinkoje [10]. Literatūroje teigiama, kad žmonės, turėję galimybę naudotis prietaisu namuose arba bendruomenėje, apgailestavo, jog dabartiniai egzoskeletai yra per brangūs [9]. Už egzoskeleto, skirto asmeniniam naudojimui, versiją asmenys gali tikėtis sumokėti apie 80 000 tūkstančių dolerių [4]. Svarbu paminėti, jog į šią pradinę pirkinio kainą nėra įtrauktos mokymosi naudotis egzoskeletu išlaidos bei garantinis arba techninis prietaiso priežiūros planas [4]. Egzoskeletų, skirtų klinikinei praktikai bei pacientų apmokymui, kaina yra 1,5 – 2 kartus didesnė [10]. Kadangi šiuo metu prietaisai yra per brangūs, jie yra prieinami tik nedaugeliui, kurie gali sau leisti įsigyti egzoskeletą, tiek klinikiniam, tiek asmeniniam naudojimui.

Nepaisant didelės kainos ir apibrėžtų kontraindikacijų egzoskeletų devėjimui (9.1 priedas), kas riboja naudojimosi galimybes bei siaurina potencialų naudotojų skaičių, pastaraisiais metais šių prietaisų naudojimas reabilitacijos procese auga ir šios technologijos išlieka inovatyvios. Literatūroje teigiama, jog daug aspektų, susijusių su nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų funkcinė būkle, dar nėra plačiai išnagrinėti [11]. Analizuojant naujausias užsienio autorių atliktas sisteminės literatūros apžvalgas, nepavyko surasti pakankamai informacijos apie egzoskeletų naudojimo efektyvumą – nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje.

Darbo tikslas: nustatyti egzoskeletų naudojimo efektyvumą nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje, analizuojant atliktus mokslinius tyrimus.

Darbo uždaviniai:

1. Analizuojant į sisteminę literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų rezultatus, įvertinti egzoskeleto naudojimo efektyvumą, nugaros smegenų pažeidimus patyrusių asmenų, ėjimo funkcijai.

2. Analizuojant į sistemine literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų rezultatus, įvertinti egzoskeleto naudojimo efektyvumą, nugaros smegenų pažeidimus patyrusių asmenų, mobilumui aplinkoje.

3. Remiantis į sistemine literatūros apžvalgą įtrauktų tyrimų išvadamis, išanalizuoti galimybę naudoti egzoskeletą namų arba bendruomenės aplinkoje.

2. TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

2.1. Tyrimų paieškos metodai ir strategija

Sisteminė literatūros apžvalga buvo atlikta remiantis PRISMA (angl. *Preffered Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analyses*) nuostatomis sisteminėms apžvalgoms [12]. Mokslinių publikacijų buvo ieškoma Vilniaus universiteto prenumeruojamose elektroninėse duomenų bazėse: *PubMed (MEDLINE)* ir *Web of Science (Clarivate Analytics)*. Išplėstinė duomenų paieška atlikta pagal kiekvienai duomenų bazei pritaikytą paieškos strategiją. Atliekant paiešką naudoti šie raktinių žodžių deriniai anglų kalba: *spinal cord injury, exoskeleton device, robot assisted therapy, robotic exoskeleton, exoskeleton, gait, mobility, home environment, personal*. Raktinių žodžių bei jų kombinacijų, naudojant „AND“ ir „OR“, paieškos rezultatai pateikiami 1 lentelėje (1 lentelė).

1 lentelė. Raktiniai žodžiai, jų kombinacijos bei rastų straipsnių skaičius

Raktiniai žodžiai	Duomenų bazės	
	<i>PubMed</i>	<i>Web of Science</i>
<i>Spinal cord injury;</i>	79987	77214
<i>Exoskeleton device OR robot assisted therapy OR robotic exoskeleton OR exoskeleton;</i>	17584	13585
<i>Gait OR mobility OR home environment OR personal.</i>	11228987	1120439
Galutinė paieškos eilutė: <i>((Spinal cord injury) AND (((Exoskeleton device) OR (Robot assisted therapy)) OR (Robotic exoskeleton)) OR (Exoskeleton))) AND (((Gait) OR (Mobility)) OR (Home environment)) OR (Personal).</i>	466	494

Iš viso rasta 960 mokslinių publikacijų. Joms tvarkyti buvo naudojama bibliografinių įrašų tvarkymo programa „Mendeley“.

2.2. Tyrimų atrankos procesas

Vykdam mokslinių tyrimų atranką buvo remiamasi nustatytais įtraukimo ir neįtraukimo kriterijais, kurie pateikti antroje lentelėje (2 lentelė). Straipsnių atranką atliko vienas nepriklausomas tyrėjas, su straipsnių autoriais susisiekti nebuvo.

2 lentelė. Mokslinių tyrimų įtraukimo ir neįtraukimo kriterijai

Mokslinių tyrimų įtraukimo kriterijai	Mokslinių tyrimų neįtraukimo kriterijai
1. Moksliniai straipsniai publikuoti nuo 2012 iki 2022 metų;	1. Sisteminės literatūros apžvalgos, metaanalizės;
2. Publikacijos anglų kalba;	2. Kokybiniai tyrimai;
3. Aprašomas egzoskeletų naudojimas kasdiniame gyvenime;	3. Tyrimai atlikti su vaikais iki 18 metų;
4. Tyrimai atlikti su žmonėmis;	4. Pasikartojantis straipsnis;
5. Tyrimas atliktas bet kurioje pasaulio šalyje;	5. Tyrimai, kuriuose nebuvo vertinama eisena arba mobilumas;
6. Kiekybiniai tyrimai (kohortiniai, klinikiniai atsitiktinių imčių, pilotiniai bei stebėjimo tyrimai);	6. Tyrimai, kurių metu nebuvo naudojamas egzoskeleto tipo robotas.
7. Rodikliai matuojami subjektyviais arba objektyviais metodais.	

Remiantis nustatytais mokslinių tyrimų įtraukimo ir neįtraukimo kriterijais, buvo atrinkti tik tie klinikiniai tyrimai, kurie atitiko sisteminės literatūros apžvalgos pagrindinį tikslą – nustatyti egzoskeletų naudojimo efektyvumą nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje. Nagrinėjamas probleminis klausimas buvo formuluojamas, remiantis PICO metodika, aprašyta *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* [13]. Atrinkti moksliniai straipsniai turėjo padėti atsakyti į klausimą: ar egzoskeletų naudojimas efektyvus – nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje? Trečioje lentelėje pateikta informacija apie PICO modelio komponentus bei jų apibūdinimą (3 lentelė).

3 lentelė. PICO modelio aprašymas

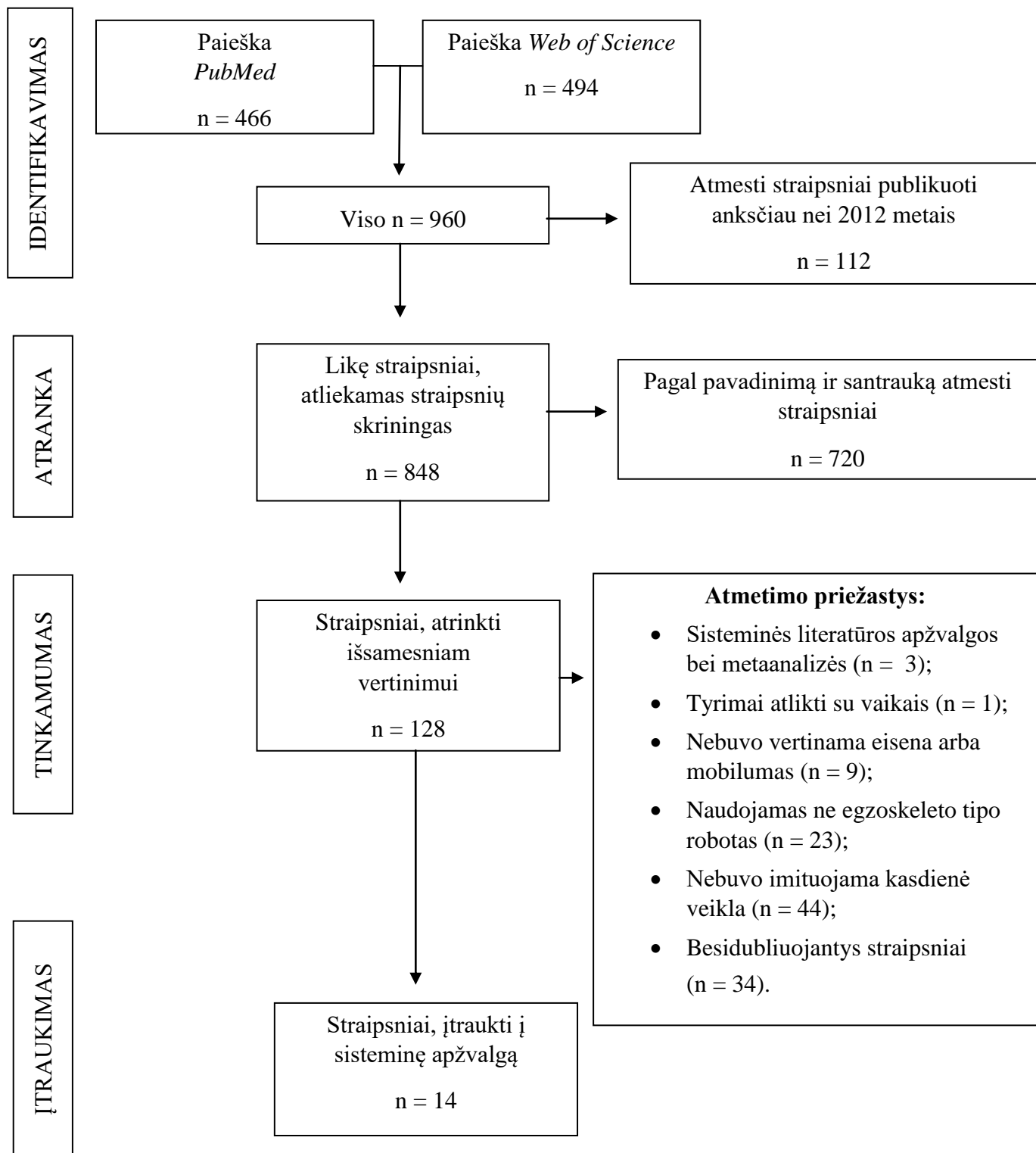
Komponentas	Apibūdinimas
P – populiacija (angl. <i>population</i>).	Suaugę asmenys patyrę nugaros smegenų pažeidimą (angl. <i>spinal cord injury</i>).
I – intervencija (angl. <i>intervention</i>).	Egzoskeleto tipo robotinių technologijų panaudojimas (angl. <i>exoskeleton device, robot assisted therapy, robotic exoskeleton, exoskeleton</i>).
C – palyginimas (angl. <i>comparative</i>).	Atsižvelgiant į specifinę populiaciją bei intervenciją, palyginimas nebuvo atliekamas.
O – rezultatas (angl. <i>outcome</i>).	Egzoskeleto tipo robotinių technologijų poveikis tiriamųjų eisenai bei mobilumui aplinkoje (angl. <i>gait, mobility, home environment, personal</i>).

3. DUOMENŲ SISTEMINIMAS IR ANALIZAVIMAS

3.1. Duomenų paieškos rezultatai

Taikant išplėstinę paiešką *PubMed* ir *Web of Science* duomenų bazėse iš viso buvo rasta 960 mokslinių publikacijų. Šių straipsnių tinkamumas nustatytiems atrankos kriterijams buvo vertinamas trimis etapais. Pirmojo etapo metu pašalinti straipsniai publikuoti seniau nei prieš 10 metų. Šiame etape atrinktos 848 publikacijos. Antrajame etape atrinkti tyrimai, kurie pagal pavadinimą ir santraukoje pateiktą informaciją galimai atitiko nustatytus atrankos kriterijus. Šio etapo metu neįtrauktos kitos sisteminės literatūros apžvalgos, metaanalizės, kokybiniai tyrimai bei kiti straipsniai neatitikę nustatytų atrankos kriterijų. Antrojo etapo metu atmesta 720 publikacijų, kurios pagal pavadinimą bei santraukoje pateiktą informaciją neatitiko sisteminėje literatūros apžvalgoje nagrinėjamos temos.

Trečiojo etapo metu buvo vertinta tyrimų atitiktis nustatytiems kriterijams, analizuojant viso teksto straipsnius. Šio etapo metu pilnai buvo perskaitytos 128 publikacijos, o pritaikius atrankos kriterijus, į sisteminę literatūros apžvalgą buvo įtraukta 14 straipsnių. Paieška buvo vykdoma nuo 2021.09.19 iki 2022.03.20. Paskutinė straipsnių paieška buvo atlikta 2022.03.20. Mokslinių publikacijų atrankos schema ir kiekvieno vertinamo etapo rezultatai pateikti 1 paveiksle (1 pav.).



1 pav. Straipsnių atrankos schema, atitinkanti PRISMA reikalavimus

3.2. Bendra tyrimų duomenų charakteristika

Duomenys buvo renkami naudojant iš anksto parengtą duomenų rinkimo formą. Rinkta informacija apie šalį, kurioje vyko tyrimas, jo tipą, trukmę, tiriamųjų imtį, lytį bei amžių, nugaros smegenų pažeidimo lygį ir tyrime naudotą egzoskeleto modelį. Taip pat informacija apie tyrimų metu taikytas intervencijas, tyrimo metodus, rezultatus bei išvadas. Tuo pačiu metu buvo atliekamas straipsnių kokybės vertinimas. Bendra tyrimo duomenų charakteristika pateikta ketvirtoje lentelėje (4 lentelė). Keturiolika atrinktų straipsnių buvo publikuoti tarp 2012 – 2020 metų, visuose tyrimuose buvo nagrinėjamas nugaros smegenų pažeidimus patyrusių asmenų reabilitacijos procesas, naudojant egzoskeletą.

Tyrimai buvo atlikti dešimt skirtingų pasaulio šalių, daugiausia jų ($n = 7$) buvo atlikti Jungtinėse Valstijose [14, 16, 18, 19, 22, 23, 24]. Didžioji dalis, į sisteminę literatūros apžvalgą, įtrauktų tyrimų buvo prospektyviniai [15, 16, 17, 20, 21, 22, 26]. Ilgiausiai vykęs tyrimas truko 24 savaites [23], o trumpiausiai – 5 savaites [18]. Pasirinktuose tyrimuose iš viso dalyvavo 269 tiriamieji. Didžiausias tiriamųjų skaičius buvo 52 [26], o mažiausias – 7 [23]. Jų amžius svyravo nuo 18 iki 64 metų. Daugelio tyrimų imtį sudarė asmenys jaunesni nei 40 metų ir dalyvavo abiejų lyčių atstovai. Dviejų tyrimų imtį sudarė tik vyrai [17, 23].

Nugaros smegenų pažeidimo lygis tyrimuose skyrėsi, dauguma sužalojimų buvo tarp ketvirto (Th4) ir dešimto (Th10) krūtininio slankstelio. Dviejuose tyrimuose nebuvo nurodytas pažeidimo lygis [19, 27].

ReWalk egzoskeletas (*ReWalk Robotics*, Izraelis) buvo naudojamas 7 tyrimuose [14, 15, 17, 19, 21, 22, 27], Indego egzoskeletas (*Parker Hannifin Corporation*, JAV) – 2 [16, 18], o EKSO egzoskeletas (*Ekso Bionics*, JAV) – 6 [19, 20, 23, 24, 25, 26]. Hong E ir kt. atlikto tyrimo metu buvo naudojami dviejų skirtingų gamintojų egzoskeletai [19]. Khan AS ir kt. bei Baunsgaard CB ir kt. tyrimų metu buvo naudojami dviejų skirtingų modelių egzoskeletai [21, 26].

4 lentelė. Bendra tyrimo duomenų charakteristika

Tyrimas (autorius, data)	Tyrimo atlikimo šalis	Tyrimo tipas	Tyrimo trukmė	Tiriamųjų imtis	Tiriamųjų lytis	Tiriamųjų amžiaus vidurkis	Nugaros smegenų pažeidimo lygis	Egzoskeleto modelis
Yang A ir kt., 2015 [14].	Jungtinės Valstijos	Kohortinis tyrimas	55 treniruotės	12	V: 10 M: 2	46 metai	C8 – Th11	ReWalk
van Dijsseldonk RB ir kt., 2020 [15].	Olandija	Prospektyvinis tyrimas	8 sav.	14	V: 7 M: 7	29 metai	Th4 – L1	ReWalk Personal 6.0
Tefertiller C ir kt., 2018 [16].	Jungtinės Valstijos	Prospektyvinis kohortinis tyrimas	8 sav.	32	V: 27 M: 5	37 metai	Th4 – L2	Indego
Benson I ir kt., 2016 [17].	Jungtinė Karalystė	Prospektyvinis tyrimas	10 sav.	10	V: 10	37 metai	C7 – L1	ReWalk
Hartigan C. ir kt., 2015 [18].	Jungtinės Valstijos	Pilotinis tyrimas	5 sav.	16	V: 13 M: 3	18 – 51 metai	C5 – L1	Indego
Hong E ir kt., 2020 [19].	Jungtinės Valstijos	Randomizuotas atsitiktinių imčių tyrimas	12 sav.	50	V: 38 M: 12	38,68 metai	ND	ReWalk ir EKSO GT
Gagnon DH ir kt., 2018 [20].	Kanada	Prospektyvinis tyrimas	8 sav.	14	V: 9 M: 5	38,7 metai	C6 – Th10	EKSO GT
Khan AS ir kt., 2019 [21].	Kanada	Prospektyvinis kohortinis tyrimas	12 sav.	12	ND	37,5 metai	C6 – Th10	ReWalk 2.0 ir ReWalk 5.0
Esquenazi A ir kt., 2012 [22].	Jungtinės Valstijos	Prospektyvinis nerandomizuotas tyrimas	8 sav.	12	V: 8 M: 4	18 – 55 metai	Th3 – Th12	ReWalk
Kozlowski AJ ir kt., 2015 [23].	Jungtinės Valstijos	Kohortinis tyrimas	24 sav.	7	V: 7	36 metai	C4 – Th10	EKSO
Delgado AD	Jungtinės	Kohortinis	ND	12	V: 7	51,5 metai	C2 – L3	EKSO GT




ir kt., 2019 [24].	Valstijos	tyrimas			M: 5			
McIntosh K ir kt., 2019 [25].	Kanada	Kohortinis tyrimas	25 treniruotės	11	V: 8 M: 3	41 metai	C6 – L2	EKSO GT
Baunsgaard CB ir kt., 2017 [26].	Danija, Vokietija, Olandija, Ispanija, Švedija, Šveicarija	Prospektyvinis tyrimas	8 sav.	52	V: 36 M: 16	35,8 metai	C1 – L2	EKSO ir EKSO GT
Guanziroli E ir kt., 2019 [27].	Italija	Kohortinis tyrimas	8 sav.	15	V: 11 M: 4	39,33 metai	ND	ReWalk

Pastaba: ND – nenurodyti duomenys, V – vyras, M – moteris.

3.3. Straipsnių kokybės ir sisteminių klaidų vertinimas

Mokslinių straipsnių kokybės įvertinimas buvo atliktas remiantis kriterijais pateiktais *Cochrane* sisteminių apžvalgų ir intervencijų vadove (angl. *Risk of Bias*) [28, 29]. Į sisteminę literatūros analizę buvo įtraukti randomizuoti ir nerandomizuoti klinikiniai tyrimai. Siekiant įvertinti tyrimų kokybę buvo naudojamas „*Rob II*“ protokolai (skirtas randomizuotiems tyrimams) bei „*ROBINS – I*“ protokolai (skirtas nerandomizuotiems tyrimams). Straipsnių kokybė buvo vertinama septyniais standartizuotais kriterijais nurodytais protokoluose (5 lentelė). Remiantis jais, sisteminė literatūros apžvalgai naudotos publikacijos buvo skirstomos į 3 kategorijas: straipsniai, turintys mažą sisteminių klaidų riziką; straipsniai, turintys aukštą sisteminių klaidų riziką bei straipsniai, kurių vertinimas yra neaiškus.

Straipsnių kokybės vertinimas:

-  – maža sisteminių klaidų rizika;
-  – aukšta sisteminių klaidų rizika;
-  – vertinimas neaiškus.

5 lentelė. Vertinimo kriterijai randomizuotiems bei nerandomizuotiems tyrimams

„Rob II“ vertinimo kriterijai	„ROBINS – I“ vertinimo kriterijai
1. Atsitiktinių imčių sudarymas;	1. Rezultatų numatymas;
2. Paskirstymo slėpimas;	2. Tiriamųjų atrankos procesas;
3. Aklas tiriamųjų ir personalo paskirstymas;	3. Intervencijų klasifikacija;
4. Aklas tyrimo rezultatų vertinimas;	4. Nuokrypis nuo numatytos intervencijos;
5. Nepilnas rezultatų pateikimas;	5. Nepilnas rezultatų pateikimas;
6. Atrankus rezultatų pateikimas;	6. Atrankus rezultatų pateikimas;
7. Bendra sisteminių klaidų rizika.	7. Bendra sisteminių klaidų rizika.

Į šią sisteminę literatūros apžvalgą buvo įtraukti visi tyrimai, nepriklausomai nuo sisteminių klaidų rizikos įvertinimo. Sisteminių klaidų rizikos vertinimo informacija pateikta šeštoje lentelėje (6 lentelė). Keturių tyrimų kokybė buvo įvertinta kaip aukšta [16, 17, 19, 20], šie tyrimai atitiko visus vertinimo kriterijus. Tyrimai, kurie įvertinti, kaip turintys žemą sisteminių klaidų rizikos tikimybę yra patikimi. Tyrimų, kurių vertinimas neaiškus buvo šeši [14, 15, 21,

22, 24, 27], šie tyrimai kėlė abejonių dėl rezultatų patikimumo. Likusiųjų keturių tyrimų kokybė įvertinta kaip žema [18, 23, 25, 26]. Jie turėjo metodologinių problemų. Didelę sisteminių klaidų rizikos tikimybę turintys straipsniai gali būti šališki.

6 lentelė. Tyrimų kokybės vertinimo suvestinė

RANDOMIZUOTŲ TYRIMŲ KOKYBĖS VERTINIMAS							
Autorius	Atsitiktinių imčių sudarymas	Paskirstymo slėpimas	Aklas tiriamųjų ir personalo paskirstymas	Aklas tyrimo rezultatų vertinimas	Nepilnas rezultatų pateikimas	Atrankus rezultatų pateikimas	Bendra sisteminių klaidų rizika
Hong E ir kt., 2020 [19].	+	+	+	+	+	+	Žema
NERANDOMIZUOTŲ TYRIMŲ KOKYBĖS VERTINIMAS							
Autorius	Rezultatų numatymas	Tiriamųjų atrankos procesas	Intervencijų klasifikacija	Nuokrypis nuo numatytos intervencijos	Nepilnas rezultatų pateikimas	Atrankus rezultatų pateikimas	Bendra sisteminių klaidų rizika
Yang A ir kt., 2015 [14].	+	+	+	+	?	+	Vidutinė
van Dijsseldonk RB ir kt., 2020 [15].	+	?	+	+	+	+	Vidutinė
Tefertiller C ir kt., 2018 [16].	+	+	+	+	+	+	Žema
Benson I ir kt., 2016 [17].	+	+	+	+	+	+	Žema
Hartigan C ir kt., 2015 [18].	+	-	+	+	?	?	Didelė

Gagnon DH ir kt., 2018 [20].							Žema
Khan AS ir kt., 2019 [21].							Vidutinė
Esquenazi A ir kt., 2012 [22].							Vidutinė
Kozlowski AJ ir kt., 2015 [23].							Didelė
Delgado AD ir kt., 2019 [24].							Vidutinė
McIntosh K ir kt., 2019 [25].							Didelė
Baunsgaard CB ir kt., 2017 [26].							Didelė
Guanziroli E ir kt., 2019 [27].							Vidutinė

4. TYRIMO REZULTATAI

4.1. Tyrimų metu taikytos intervencijos

Treniruočių laikotarpis labai skyrėsi visuose, į šią apžvalgą, įtraukuose tyrimuose. Didžiausias treniruočių skaičius buvo 55 [14], o mažiausias – 5 [18]. Vieno užsiėmimo trukmė svyravo nuo 60 iki 90 min., per savaitę buvo nuo vieno iki penkių užsiėmimų. Viename straipsnyje nebuvo nurodytas tikslus treniruočių skaičius bei trukmė [15].

Yang A ir kt. [14] atlikto tyrimo metu buvo atliekamos pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimo treniruotės, naudojant egzoskeletą. Tyrimo dalyviai naudojo ramentus, kad padėtų jiems išlaikyti pusiausvyrą stovint ir vaikstant. Tiriamųjų mankštas stebėjo du treneriai. Vienas treneris buvo stebėtojas, o kitas pateikė paaiškinimus ir patarimus. Tobulėjant įgūdžiams ir didėjant ištvermei, tiriamuosius stebėjo tik vienas treneris. Autoriai pažymi, jog galimas pavojus vaikstant su egzoskeletu yra griuvimai, odos įbrėžimai, galvos svaigimas, kaklo ir pečių skausmas.

van Dijsseldonk RB ir kt. [15] atlikto tyrimo metu egzoskeletai buvo naudojami kiekvieno tiriamojo namuose, atliekant kasdienės veiklos darbus. Prieš dalyviams pradėdant naudotis prietaisu, jie turėjo baigti mokymus, kurie truko 8 savaites ir įgyti saugaus naudojimo namuose ir bendruomenėje įgūdžių lygį. Dėl tiriamųjų saugumo buvo patarta naudotis egzoskeletu su priežiūra. Viso tyrimo metu tiriamieji pildė žurnalą, apie egzoskeleto naudojimosi laiką, nueitą atstumą, naudojimosi paskirtį, patirtas traumas ar kitas komplikacijas bei bendrą egzoskeleto naudojimosi patirtį. Prieš ir po egzoskeleto naudojimo namuose ir bendruomenėje, nueitų žingsnių skaičius buvo nuskaitytas iš programinės įrangos.

Tefertiller C ir kt. [16] atlikto tyrimo metu buvo lavinami ėjimo įgūdžiai vidaus bei lauko sąlygomis, naudojant egzoskeletą. Vertinimai buvo atliekami ant lygaus paviršiaus, o lauke – ant šaligatvių ar gatvės dangos. Kineziterapeutai mokė tiriamuosius apie tinkamą egzoskeleto apsivilkimo bei nusivilkimo techniką, kiekvienos treniruotės metu buvo fiksuojamas laikas ir pagalbos lygis, reikalingas abiems veikloms atlikti. Kiekvienos treniruotės tikslas buvo siekti, kad tiriamieji įgytų didesnę nepriklausomybę apsivilkiant bei nusivilkiant egzoskeletą, kol nebeprireiks pagalbos.

Benson I ir kt. [17] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai,

vaikščiojimas lauko sąlygomis, kasdienės veiklos imitavimas, naudojant egzoskeletą. Tyrimo metu taikytos veiklos buvo aprašytos detalios, nurodant naudojamas pagalbines priemones, tokias kaip vaikštynės arba ramentai. Atliekant kasdienės veiklos darbus tiriamieji buvo mokomi lipti laiptais, savarankiškai gaminti valgyti bei apsipirkti, vilkinti egzoskeletą.

Hartigan C ir kt. [18] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Tiriamieji buvo mokomi vaikščioti įvairiomis sąlygomis (betoniniais takais, miesto šaligatviais, ant žolės) bei buvo imituojamos kasdienės gyvenimo veiklos. Priklausomai nuo pažeidimo lygio ir komforto lygio, tiriamieji naudojo vaikštynę arba alkūninius ramentus, kaip stabilumo priemonę. Kiti treniruočių tikslai apėmė galimybę savarankiškai apsivilkti ir nusivilkti įrenginį bei galimybę įlipti bei išlipti iš lifto.

Hong E ir kt. [19] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros, eisenos bei mobilumo įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Paprastai pirmųjų treniruočių metu buvo lavinami pusiausvyros įgūdžiai stovint. Svorio perkėlimas ant dešinės pėdos ir kairės pėdos buvo kitas žingsnis progresuojant ėjimui. Išsamesnė informacija apie tyrimo metu taikytas intervencijas nebuvo pateikta.

Gagnon DH ir kt. [20] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Autoriai pateikė detalų treniruočių programos aprašimą. Pirmųjų treniruočių metu: pusiausvyros lavinimas, su ėjimu susijusios užduotys ir vaikščiojimas nedidelius atstumus. Pagerėjus tiriamųjų įgūdžiams (išmoko saugiai judėti su egzoskeletu, pasirinktu patogiu greičiu), naudodami vaikščiojimo pagalbinę priemonę (vaikštynę arba alkūninius ramentus), kontroliuodami kiekvieną žingsnį, jie savarankiškai eidavo didesnius atstumus. Priklausomai nuo kiekvieno dalyvio įgūdžių lygio, tolerancijos ir užsiėmimo metu planuojamos veiklos, darbo krūvis buvo periodiškai koreguojamas – didinant ėjimo atstumą, trukmę ir greitį. Po kiekvienos sesijos buvo registruojama visa svarbi informacija (bendras stovėjimo laikas, ėjimo laikas ir žingsnių skaičius).

Khan AS ir kt. [21] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai, kasdinių gyvenimo veiklų imitavimas, naudojant egzoskeletą. Pagrindinės veiklos, kurias turėjo atlikti tiriamieji buvo: pasiekti aukštai esančią spintelę ir išimti kažką iš jos, pasiekti žemai esančią spintelę, atidaryti bei uždaryti šaldytuvo dureles, naudotis virykle bei kriaukle. Tiriamieji išmoko apsivilkti ir nusivilkti egzoskeletą. Juos prižiūrėjo keturi kineziterapeutai. Naudojant ReWalk tiriamieji buvo mokomi atsisėsti bei atsistoti iš sėdimos padėties, išlaikyti pusiausvyrą stovint. Ėjimo įgūdžių lavinimas prasidėjo, kai dalyviai galėjo išlaikyti pusiausvyrą atkeldami

vieną ramentą >30 s. Tiriamieji pradėjo vaikščioti patalpose ant lygių grindų. Vėliau – ėjimas ant betoninių paviršių, žolės, asfalto.

Esquenazi A ir kt. [22] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai, savarankiškas vaikščiojimas, naudojant egzoskeletą. Tyrimo pradžioje dalyviai mokėsi atsistoti iš sėdimos padėties, stovėti tarp lygiagrečių, žingsniuoti vietoje. Įgijus šių pagrindinių įgūdžių, didžioji treniruočių dalis buvo skirta ėjimo efektyvumo gerinimui, žingsnio laiko ir pėdos atstumo koordinavimui, saugiam ir efektyviam sustojimui ir galiausiai visiškam savarankiškam judėjimui naudojant egzoskeletą.

Kozlowski AJ ir kt. [23] atlikto tyrimo metu buvo lavinami tiriamųjų pusiausvyros bei eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Dalyviai mokėsi vaikščioti įvairiomis sąlygomis (kilimine danga, grubiu betoniniu paviršiumi) bei buvo atliekamas kasdienių gyvenimo veiklų imitavimas. Tyrimo vykdymo pradžioje dalyviai mokėsi apsivilkti bei nusivilkti egzoskeletą, išlaikyti pusiausvyrą stovint, einant ir sėdint. Taip pat buvo atliekamos ir kitos veiklos, tokios kaip: pakilimas ir nusileidimas rampa, durų atidarymas bei mygtuko paspaudimas norint iškviešti liftą. Tyrimo dalyviai mokėsi įlipti bei išlipti iš lifto, stovėti prie prekystalio parduotuvėje ir iš aukštos spintelės paimti daiktą.

Delgado AD ir kt. [24] atlikto tyrimo metu buvo lavinami tiriamųjų pusiausvyros ir eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Jie mokėsi išlaikyti pusiausvyrą stovint (naudojant vaikštynę), svorio perkėlimo, žingsniavimo, apsisukimo, trumpų atstumų ėjimo. Tiriamieji siekė tikslo daugiau nei 30 minučių praleisti stovint bei einant.

McIntosh K ir kt. [25] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros ir eisenos įgūdžiai, vaikščiojimas vidaus sąlygomis ant lygių paviršių, naudojant egzoskeletą. Išsamesnė informacija apie tyrimo metu taikytas intervencijas nebuvo pateikta.

Baunsgaard CB ir kt. [26] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros ir eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Išsamesnė informacija apie tyrimo metu taikytas intervencijas nebuvo pateikta.

Guanziroli E ir kt. [27] atlikto tyrimo metu buvo lavinami pusiausvyros ir eisenos įgūdžiai, naudojant egzoskeletą. Protokolo vykdymas apėmė: atsistojimo bei atsisėdimo mokymą, pusiausvyros išlaikymą stovint ir žingsniavimo įgūdžių lavinimą. Įgijus šiuos pagrindinius įgūdžius, mokymų tikslas buvo pagerinti ėjimo funkciją, žingsnių laiko ir pėdos atstumo koordinavimą, saugų ir efektyvų sustojimą. Tiriamuosius nuolat prižiūrėjo personalas, kurį

sudarė gydytojas, kineziterapeutas ir biomedicinos inžinierius. Šiame tyrime buvo naudojami du skirtingi ReWalk programinės įrangos valdikliai: pirmosios kartos ReWalk programinės įrangos valdymas ir antros, leidžiantis geresnį judėjimo modelį, pagrįstą kinematikos ir kinetikos profiliais. Siekiant pagerinti eisenos modelio kokybę, buvo įdiegtas antrosios kartos ReWalk programinės įrangos valdymo atnaujinimas su geresniu klubo ir kelio kinematikos sinchronizavimu. Tyrimo metu įranga nebuvo pakeista, tačiau visiems įtrauktiems tiriamiesiems buvo naudojamas tas pats egzoskeletas su ta pačia technine įranga (atliktas tik programinės įrangos atnaujinimas).

4.2. Tyrimų metu naudoti metodai

Siekiant įvertinti egzoskeletų naudojimo efektyvumą, tyrimų metu buvo naudoti įvairūs tyrimo metodai. Eisenos įgūdžių įvertinimui dažniausiai naudojami testai buvo – 10 metrų ėjimo testas, kuris buvo naudojamas 11 tyrimų [14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27]. Bei 6 minučių ėjimo testas, kuris buvo naudotas 10 tyrimų [14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27]. Rečiau naudojami buvo 600 metrų [16] bei 2 minučių ėjimo [23] testai. Keturiuose tyrimuose, siekiant įvertinti mobilumą buvo naudojamas stotis – eiti testas [16, 17, 19, 26]. Pusiausvyros įvertinimui naudojama Berg pusiausvyros skalė [26].

Taip pat tyrimų metu buvo vertinamas pagalbos lygis, reikalingas tiriamiesiems treniruočių metu. Jam įvertinti keturiuose tyrimuose buvo naudojamas modifikuotas funkcinio nepriklausomumo testas (FNT) [14, 19, 23, 24], o 3 tyrimuose pagalbos lygis buvo vertinamas nepatikslinta metodika [16, 18, 20]. Taip pat buvo vertinamas nueitas žingsnių skaičius (6 tyrimuose) [15, 19, 20, 21, 23, 25], ėjimo greitis (3 tyrimuose) [21, 23, 24] bei egzoskeleto apsilvilkimo ir nusilvilkimo laikas (2 tyrimuose) [16, 24]. Siekiant įvertinti odos būklę dviejų tyrimų metu buvo naudojama *European Pressure Ulcer Advisory Panel* klasifikacijos sistema [17, 26]. Šešiuose tyrimuose buvo nurodytos komplikacijos, kurios atsirado naudojant egzoskeletą [14, 15, 20, 22, 24, 25].

Tyrimų metu buvo naudojami įvairūs klausimynai. Siekiant įvertinti tiriamųjų pasitenkinimą egzoskeleto naudojimu van Dijsseldonk RB ir kt. atlikto tyrimo metu buvo taikomas Quebec naudotojų pasitenkinimo pagalbinėmis technologijomis klausimynas, Olandiška versija (D-QUEST) [15]. Šio tyrimo metu taip pat naudojamas sistemų naudojimo klausimynas (SUS), skirtas prietaiso naudingumui įvertinti [15]. Benson I ir kt. atlikto tyrimo metu taip pat buvo naudojami du klausimynai. Pirmasis klausimynas – pirminė ir antrinė

neįgalumo vertinimo skalė (ADAPSS), skirta įvertinti pirminei nuomonei apie tam tikrą įvykį arba situaciją [17]. O antrasis – pagalbinių technologijų veiksmingumo vertinimo klausimynas (ATD–PA), skirtas įvertinti pagalbinių technologijų veiksmingumą [17]. Khan AS ir kt. tyrime naudojo McGill skausmo klausimyną [21].

Taip pat buvo vertinamas širdies susitraukimų dažnis (8 tyrimuose) [14, 17, 19, 21, 22, 23, 25, 26], skausmo įvertinimui naudojama vizualinė analoginė skausmo skalė (VAS), kuri buvo naudota trijų tyrimų metu [17, 22, 24]. Dviejų tyrimų metu siekiant įvertinti spastiškumą buvo naudojama Ashworth skalė [17, 22]. Bei nuovargio vertinimui trijų tyrimų metu buvo naudojama Borgo skalė [23, 25, 26].

4.3. Egzoskeleto naudojimo efektyvumas ėjimo funkcijai ir mobilumui

10 metrų ėjimo testo rezultatai:

Šis testas buvo atliktas 11 tyrimų. Deviniuose tyrimuose testo rezultatų vidurkiai buvo nurodyti metrais per sekundę ir svyravo nuo 0,22 iki 0,45 m./s. [14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25]. Likusių tyrimų metu rezultatai buvo nurodyti sekundėmis ir svyravo nuo 27,3 iki 98,3 sekundžių [26, 27]. Didžiausias greitis buvo pasiektas Hartigan C ir kt. atlikto tyrimo metu – 0,45 m./s. [18]. Khan AS ir kt. tyrimo metu buvo atliktas pakartotinis ištyrimas praėjus 2 – 3 mėnesiams po tyrimo. Testo rezultatų vidurkiai skyrėsi 0,01 m./s., tačiau statistiškai reikšmingas skirtumas nebuvo nustatytas ($p > 0,05$) [21].

Analizuojant gautus rezultatus statistiškai reikšmingas skirtumas buvo nustatytas Yang A ir kt. tyrimo metu, tarp pagalbos lygio ir 10 metrų ėjimo testo rezultatų ($p = 0,0088$) [14]. Tefertiller C su bendraautorais, tyrimo metu statistiškai reikšmingą skirtumą nustatė tarp 10 m. ėjimo testo, atlikto tarpinės bei paskutinės sesijos metu (tiek lauko, tiek vidaus sąlygomis) ($p < 0,05$) [16]. Vidutinis dalyvių ėjimo patalpose greitis padidėjo 0,06 m./s., o greitis lauke – 0,05 m./s. [16]. Hong E ir kt. tyrimo metu nustatė, jog statistiškai reikšmingai pakito tiriamųjų 10 m. ėjimo testo rezultatų vertinimai atlikti 24 ir 36 bei 12 ir 36 treniruočių metu ($p < 0,05$) [19]. Gagnon DH su bendraautorais nustatė, statistiškai reikšmingą skirtumą tarp 10 m. ėjimo testo, atlikto pirmos bei paskutinės sesijos metu ($p \leq 0,0001$) [20]. Guanzirolì E ir kt. tyrimo metu, lyginant testo rezultatus tarp grupių gautas skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$) [27].

6 minučių ėjimo testo rezultatai:

Testas buvo atliktas 10 tyrimų. Deviniuose tyrimuose testo rezultatų vidurkiai buvo

nurodyti metrais ir svyravo nuo 42 iki 148,44 metrų. [14, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27]. Benson I ir kt. tyrimo rezultatus nurodė metrais per sekundę, jie svyravo nuo 0,25 iki 0,48 m./s. [17]. Didžiausias vidurkis nustatytas Hong E ir kt. atlikto tyrimo metu – 148,44 metrai [19]. Khan AS ir kt. tyrimo metu buvo atliktas pakartotinis ištyrimas praėjus 2 – 3 mėnesiams po tyrimo. Testo rezultatų vidurkiai skyrėsi 3,2 metrais, tačiau statistiškai reikšmingas skirtumas nebuvo nustatytas ($p>0,05$) [21].

Analizuojant gautus rezultatus statistiškai reikšmingas skirtumas buvo nustatytas Yang A ir kt. tyrimo metu, tarp pagalbos lygio ir 6 minučių ėjimo testo rezultatų ($p=0,0086$) [14]. Hong E su bendraautoriais tyrimo metu nustatė, jog statistiškai reikšmingai pakito tiriamųjų 6 min. ėjimo testo rezultatų vertinimai atlikti 24 ir 36 treniruotės metu ($p<0,05$) [19]. Taip pat 12 ir 36 treniruotės metu. Nustatyta, jog vidutiniškai visų tiriamųjų nueitas atstumas ženkliai pagerėjo lyginant rezultatus tarp 12 ir 36 treniruotės [19]. Guanziroli E ir kt. tyrimo metu, lyginant 6 min. ėjimo testo rezultatus tarp grupių gautas skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($p<0,05$) [27].

Stotis – eiti testo rezultatai:

Šis testas buvo atliktas keturių tyrimų metu. Testo rezultatų vidurkiai tarp tyrimų svyravo nuo 27,2 iki 83,6 sekundžių [16, 17, 19, 26]. Didžiausias vidurkis nustatytas Tefertiller C ir kt. atlikto tyrimo metu – 83,6 s. [16]. Baunsgaard CB su bendraautoriais tyrimo metu, tiriamieji testą atliko per trumpiausią laiką – 27,2 sekundes [26].

Analizuojant gautus rezultatus statistiškai reikšmingas skirtumas buvo nustatytas Hong E ir kt. tyrimo metu [19]. Statistiškai reikšmingai pakito tiriamųjų stotis – eiti testo rezultatų vertinimai atlikti 24 ir 36 treniruotės metu ($p<0,05$). Taip pat 12 ir 36 treniruotės metu ($p<0,05$).

Pagalbos lygis:

Pagalbos lygis tyrimuose buvo vertinamas skirtingai. Yang A ir kt. tyrimo rezultatuose nurodė, jog penki tiriamieji atliko 6 minučių ir 10 metrų ėjimo testus be pagalbos, 3 su priežiūra, 3 su minimalia pagalba ir 1 su vidutine [14]. Hartigan C su bendraautoriais nurodė, kad tiriamiesiems turintiems aukštesnį pažeidimo lygį (C5 – C6) prireikė kineziterapeuto pagalbos treniruočių metu. Du tiriamieji patyrė pažeidimą Th1 – Th8 lygyje vaikščiojo prižiūrimi, o 3 prireikė minimalios pagalbos. TH9 – L1 – 6 tiriamieji galėjo vaikščioti savarankiškai, o 2 reikėjo minimalios pagalbos [18]. Hong E ir kt. nurodė, jog dauguma tiriamųjų naudojusią ReWalk egzoskeletą 6 min. ėjimo testą atliko su minimalia pagalba arba priežiūra (56 proc.), 37 proc. tiriamųjų pagalbos neprireikė, o 7 proc. tiriamųjų reikėjo visiškos arba vidutinės pagalbos [19].

Stotis – eiti testo metu 27 proc. tiriamųjų prireikė visiškos arba vidutinės pagalbos, 46 proc. – minimalios pagalbos arba priežiūros, 27 proc. – testo metu pagalbos nereikėjo [19]. Autoriai nurodė, jog 86 proc. tiriamųjų, naudousių EKSO egzoskeletą, 6 min. ėjimo testą atliko su minimalia pagalba arba priežiūra, 9 proc. – su visiška arba vidutine pagalba, o 5 proc. – testo metu pagalbos neprireikė [19]. Stotis – eiti testo metu 62 proc. tiriamųjų prireikė minimalios pagalbos arba priežiūros, 33 proc. – reikėjo visiškos arba vidutinės pagalbos, o 5 proc. – galėjo testą atlikti savarankiškai [19].

Nueitas žingsnių skaičius:

Vertinant žingsnių skaičių tyrimuose rezultatai buvo nurodyti skirtingai. van Dijsseldonk RB ir kt., Gagnon DH ir kt. bei Kazlowski AJ ir kt. rezultatuose nurodė vidutinį žingsnių skaičių nueitą per dieną [15, 20, 23]. Hong E su bendraautoriais rezultatus aprašė plačiau, nurodydami vidutinį žingsnių skaičių nueitą treniruotės metu bei bendrą žingsnių skaičių, kuris buvo nueitas pasibaigus tyrimui [19]. Khan AS ir kt. rezultatuose nurodė žingsnių skaičių nueitą per valandą [21]. Vidutinis žingsnių skaičius tarp tyrimų svyravo nuo 1190 iki 3226 žingsnių [15, 19, 20, 23]. Didžiausias vidutinis žingsnių skaičius nueitas per dieną buvo nustatytas naudojant ReWalk egzoskeletą – 3226 žingsniai [15]. Naudojant EKSO egzoskeletą buvo nueitas mažiausias žingsnių skaičius per dieną – 1190 žingsnių [20].

Tyrimų metu įvykusios komplikacijos:

Iš 14 į sisteminę literatūros apžvalgą įtrauktų straipsnių, 8 tyrėjai neaprašė ar naudojant egzoskeletą atsirado nepageidaujamų reiškinių. Iš 6 tyrimų, kuriuose buvo pranešta apie nepageidaujamus reiškinius, trys nurodė, jog po egzoskeleto naudojimo pasitaikė odos nubrozdinimai [14, 22, 24]. Taip pat trijuose tyrimuose buvo nurodyta, jog tiriamieji patyrė kitas neapibrėžtas odos reakcijas [15, 24, 25]. Kiti autoriai nurodė, jog po egzoskeleto naudojimo tiriamieji jautė nuovargį bei galvos svaigimą [22], skausmą [15, 20, 25], spazmiškumo padidėjimą [15] bei patyrė lūžį [20] ir griuvimą [25].

Tiriamųjų pastebėti egzoskeleto naudojimo privalumai:

Pasibaigus treniruočių programoms, iš atrinktų straipsnių, keturiuose tyrimuose buvo nurodyti egzoskeleto naudojimo privalumai bei poveikis sveikatai. Apie sumažėjusį skausmą bei spazmiškumą buvo pranešta trijų tyrimų rezultatuose [15, 22, 23]. Socialinės būklės ir psichinės sveikatos pagerėjimas, po egzoskeleto naudojimo, taip pat buvo pastebėtas trijų tyrimų pabaigoje [15, 22, 25]. Pagerėjusi žarnyno funkcija [22, 23, 25], padidėjusios judesių amplitudės [15],

pusiausvyros bei laikysenos pagerėjimas [23] ir miego kokybės pagerėjimas [23] buvo aprašomi kaip kiti egzoskeleto naudojimo privalumai, kuriuos pastebėjo tiriamieji.

Kiti rezultatai:

Vienas iš rečiau aprašytų parametrų buvo egzoskeleto apsivilkimo bei nusivilkimo laikas, kuris buvo nurodytas tik trijų tyrimų rezultatuose. Tefertiller C ir kt. nurodė, jog egzoskeleto apsivilkimo laikas vidutiniškai buvo 9 min. 1 s., o nusivilkimo laikas – 2 min. 44 s. [16]. O Kazlowski AJ ir kt. tyrimo metu nustatė, jog vidutinis egzoskeleto apsivilkimo laikas svyravo tarp 5 – 10 min., nusivilkimo – 5 min. [23]. Delgado AD su bendraautoriais nurodė, kad egzoskeleto apsivilkimo laikas vidutiniškai buvo lygus 7,3 min., o nusivilkimo – 4,4 min. [24]. Nuovargio vertinimui buvo naudojama Borgo skalė, rezultatai svyravo nuo lengvo iki labai sunkaus krūvio. Kazlowski AJ su bendraautoriais nurodė, jog pasibaigus treniruotei tiriamųjų jaučiamas nuovargis buvo įvertintas 7,5 – 18,5 balų [23]. McIntosh K ir kt. rezultatuose nurodė, jog treniruotės metu bei jai pasibaigus, jaučiamas nuovargis buvo vertinamas 3,0 – 3,1 balais [25]. Baunsgaard CB su bendraautoriais nurodė, jog tiriamieji patyrė „lengvą – šiek tiek sunkų krūvį“ [26].

Dviejų tyrimų rezultatuose buvo nurodytas vidutinis ėjimo greitis. Khan AS ir kt. tyrimo metu ėjimo greitis, naudojant egzoskeletą, svyravo nuo 0,28 iki 0,60 m./s. [21]. Kazlowski AJ su bendraautoriais nurodė, jog vidutinis ėjimo greitis buvo lygus 0,11 – 0,21 m./s. [23]. Detalesnė informacija apie taikytą intervencijų trukmę, tyrimo metodus, rezultatus bei išvadas pateikta septintoje lentelėje (7 lentelė).

7 lentelė. Tyrimų metu taikytos intervencijos, metodai, rezultatai bei išvados

Tyrimas (autorius, data)	Taikytos intervencijos	Tyrimo metodai	Rezultatai (vidurkis ± standartinis nuokrypis)	Išvados
Yang A ir kt., 2015 [14].	55 treniruotės, 1 – 2 val. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros ir eisenos įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, modifikuotas FNT, ŠSD. <u>FNT vertinimas:</u> <i>Vidutinė pagalba</i> – tiriamasis atlieka 50 – 74 proc. užduoties, o treneris visą laiką laiko abi rankas ant tiriamojo ar įrenginio; <i>Minimali pagalba</i> – tiriamasis atlieka 75 proc. ar daugiau užduoties, o treneris viena ranka laiko tiriamąjį arba įrenginį; <i>Priežiūra</i> – treneris neliečia tiriamojo, bet yra pakankamai arti, jeigu prireiktų pagalbos; <i>Nepriklausomumas</i> – treneris nesuteikia jokios pagalbos, tiriamasis eina savarankiškai.	10 m. ėjimo testas – 0,40 (0,13 – 0,71) m./s. (*p=0,0088); 6 min. ėjimo testas – 129 (46,3 – 209) m. (*p=0,0086). <u>FNT vertinimas 6 min. ir 10 m. ėjimo testų metu:</u> Nepriklausomumas – 5 tiriamieji; Priežiūra – 3 tiriamieji; Minimali pagalba – 3 tiriamieji; Vidutinė pagalba – 1 tiriamasis. <u>Komplikacijos:</u> odos nubrozdinimai (n = 13).	ReWalk egzoskeletas yra saugus prietaisas, skirtas pacientų mobilumo didinimui. Tyrimo metu nustatyta, jog 58 proc. tiriamųjų galėjo eiti vidutiniškai 0,40 m./s. greičiu, o tai yra greitis, palankus veiklai lauke, susijusiai su kasdieniu judėjimu. Treniruotės naudojant egzoskeletą leidžia ištirti galimą medicininę ir socialinę reguliaraus vaikščiojimo naudą asmenims, patyrusiems NSP. Kitas žingsnis yra tyrimai, skirti nustatyti egzoskeletų naudojimo galimybę namų bei bendruomenės aplinkoje.
van Dijsseldonk RB ir kt., 2020 [15].	8 savaites. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> egzoskeletai buvo	Egzoskeleto naudojimo tikslas ir vieta, žingsnių skaičius, naudojimo dienų skaičius, maksimalus	Žingsnių skaičius – 3226 (330 – 28882) žingsnių; Naudojimosi laikas – 46 (19 – 84) min./diena;	Tyrimo dalyviai liko patenkinti egzoskeletu ir jo naudojimo tinkamumu. Dalyviai, patyrę pilną NSP, praneša apie sėkmingą

	<p>naudojami kiekvieno tiriamojo namuose, atliekant kasdienės veiklos darbus. Naudojimosi namuose ir bendruomenėje laikotarpis buvo 2 – 3 sav.</p>	<p>nueitas atstumas be poilsio, D-QUEST klausimynas, SUS klausimynas.</p>	<p>Nueitas atstumas – 243 (22 – 1367) m.; Nueitas atstumas be pertraukos – 120 (12 – 1125) m.; D-QUEST – $3,7 \pm 0,4$ balų; SUS – 72,5 (52,5 – 95,0) balų. <u>Naudojimosi tikslai:</u> 74 proc. – mankštinantis; 20 proc. – socialinei veiklai; 4 proc. – namų ruošai. <u>Naudojimosi vieta:</u> 48 proc. – lauke; 27 proc. – viduje (sporto salėje); 19 proc. – lauke ir namuose; 6 proc. – namuose. <u>Tiriamųjų pastebėti egzoskeleto naudojimo privalumai:</u> teigiamas poveikis socialinei ir psichinei sveikatai (n = 5), sumažėjęs spazmiškumas (n = 3), sumažėjęs neuropatinis skausmas (n = 1), padidėjusios klubo sąnario bei nugaros judesių amplitudės (n = 1). <u>Komplikacijos:</u> raumenų ar sąnarių skausmai (n = 4), odos pažeidimai (n = 2), padidėjęs spazmiškumas</p>	<p>egzoskeleto naudojimą mankštinantis bei pagerėjusį socialinį bendravimą namuose ir bendruomenėje, tačiau pabrėžia prietaiso naudojimo, kasdieniame gyvenime, apribojimus. Šio tyrimo metu naudotas egzoskeletas ReWalk, turi potencialą būti naudojamas namų ir bendruomenės aplinkoje mankštos tikslais. Taip pat egzoskeleto naudojimas gali prisidėti prie fizinės bei psichologinės sveikatos gerinimo. Tolimesni tyrimai yra reikalingi siekiant tobulinti egzoskeletą ir jo naudojimo, kasdienėje veikloje, procesą.</p>
--	--	---	---	---

			(n = 1) ir išmatų nelaikymo problemos (n = 1).	
Tefertiller C ir kt., 2018 [16].	24 treniruotės, 8 savaitės, 3k./sav. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> ėjimo įgūdžių lavinimas vidaus bei lauko sąlygomis, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, stotis – eiti testas, 600 metrų ėjimo testas, egzoskeleto apsivilkimo bei nusivilkimo laikas, pagalbos lygis.	10 m. ėjimo testas – 0,37 ± 0,08 m./s. (*p<0,05); 6 min. ėjimo testas – 107,5 ± 28,3 m.; Stotis – eiti testas – 83,6 ± 19,8 s.; 600 m. ėjimo testas – 35 min. 24 s. ± 13,44 s.; Egzoskeleto apsivilkimo laikas – 9 min. 1 s. ± 3 min. 56 s.; Egzoskeleto nusivilkimo laikas – 2 min. 44 s. ± 1 min. 32 s.; 20 tiriamųjų galėjo savarankiškai apsivilkti egzoskeletą; 27 tiriamieji galėjo savarankiškai nusivilkti egzoskeletą.	Įrodyta, jog Indego egzoskeletas yra saugi priemonė, suteikusi galimybę judėti 32 nevaikštantiesiems asmenims, patyrusiems NSP. Pastebėtas pagerėjimas vaikščiojant patalpose bei lauko sąlygomis, taip pat apsivilkant bei nusivilkant egzoskeletą. Tolimesni tyrimai suteiks reabilitacijos specialistams daugiau žinių apie šių prietaisų naudą, apribojimus bei nustatys technologinę pažangą, kuri turi būti padaryta siekiant patenkinti asmenų, turinčių didelę judėjimo negalią, poreikius.
Benson I ir kt., 2016 [17].	20 treniruočių, 10 savaitių. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, vaikščiojimas lauko sąlygomis, kasdienių gyvenimo veiklų imitavimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, stotis – eiti testas, ISNCSCI, VAS, ŠSD, Ashworth skalė, ADAPSS klausimynas, ATD–PA klausimynas, odos būklės vertinimas naudojantis <i>European Pressure Ulcer Advisory Panel</i>	10 m. ėjimo testas – 0,33 – 0,45 m./s.; 6 min. ėjimo testas – 0,25 – 0,48 m./s.; Stotis – eiti testas – 48,8 s.; ADAPSS – 81 (60 – 102) balų. Egzoskeletas neatitiko didelių tiriamųjų lūkesčių.	Asmenims patyrusiems NSP egzoskeletų naudojimas yra naudingas, siekiant vėl pradėti vaikščioti bei bendro mobilumo didinimui. Pabrėžiama tolimesnių tyrimų svarba, siekiant išnagrinėti egzoskeletų naudojimo svarbą bei galimas komplikacijas.

		klasifikacijos sistema.		
Hartigan C ir kt., 2015 [18].	5 treniruotės, 1,5 val. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, vaikščiojimas įvairiomis sąlygomis, kasdienių gyvenimo veiklų imitavimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, pagalbos lygis.	10 m. ėjimo testas: C5 – C6 – 0,22 m./s.; Th1 – Th8 – 0,26 m./s.; TH9 – L1 – 0,45 m./s. 6 min. ėjimo testas: C5 – C6 – 64 m.; Th1 – Th8 – 76 m.; TH9 – L1 – 121 m. <u>Pagalbos lygis:</u> C5 – C6 – visiems tiriamiesiems prireikė kineziterapeuto pagalbos; Th1 – Th8 – 2 tiriamieji vaikščiojo prižiūrimi, o 3 prireikė minimalios pagalbos. Visi šios grupės tiriamieji galėjo vaikščioti vidaus bei lauko paviršiais, įlipti ir išlipti iš lifto; TH9 – L1 – 6 tiriamieji galėjo vaikščioti savarankiškai, o 2 reikėjo minimalios pagalbos. 6 tiriamieji galėjo vaikščioti vidaus bei lauko paviršiais, rampomis ir ant žolės. 7 tiriamieji galėjo savarankiškai apsivilkti bei nusivilkti egzoskeletą. Tyrimo pabaigoje visi tiriamieji galėjo vaikščioti vidaus bei lauko paviršiais.	Penkių treniruočių rezultatai rodo, kad žmonės patyrę NSP greitai išmoksta naudotis Indego egzoskeletu ir gali vaikščioti įvairiais paviršiais. Ėjimo greitis ir nueitas atstumas rodo, kad asmenys, gali įsitraukti į bendruomenės veiklas. Turintiems aukštesnio lygio NSP (tetraplegiją), egzoskeleto naudojimas gali būti tinkamiausias, mankštos tikslais, klinikinėje aplinkoje.

<p>Hong E ir kt., 2020 [19].</p>	<p>12 savaitių, 3k./sav., 4 – 6 val./sav.</p> <p><u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros, eisenos bei mobilumo įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.</p>	<p>10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, stotis – eiti testas, modifikuotas FNT, žingsnių skaičius, ŠSD, pulsas.</p> <p><u>FNT vertinimas:</u> 7 – visiškai nepriklausomai; 6 – modifikuota nepriklausomybė; 5 – reikalinga priežiūra; 4 – minimali pagalba; 3 – vidutinė pagalba; 2 – maksimali pagalba; 1 – visiška pagalba; 0 – veikla nevyksta.</p> <p>Ėjimo testų įvertinimai buvo atlikti 12, 24 ir 36 sesijų metu.</p>	<p><u>ReWalk grupės rezultatai:</u> 10 m. ėjimo testas – 0,42 ± 0,11 m./s. (*p<0,05); 6 min. ėjimo testas – 148,44 ± 32,99 m. (*p<0,05); FNT vertinimas 6 min. ėjimo testo metu: 1 – 3 – 7 proc. tiriamųjų; 4 – 5 – 56 proc. tiriamųjų; 6 – 37 proc. tiriamųjų. Stotis – eiti testas – 53,41 ± 11,24 s. (*p<0,05); FNT vertinimas stotis – eiti testo metu: 1 – 3 – 27 proc. tiriamųjų; 4 – 5 – 46 proc. tiriamųjų; 6 – 27 proc. tiriamųjų. Iš viso nueita žingsnių – 50,475 ± 19,393 žingsnių.</p> <p><u>EKSO grupės rezultatai:</u> 10 m. ėjimo testas – 0,27 ± 0,08 m./s. (*p<0,05); 6 min. ėjimo testas – 96,79 ± 28,94 m. (*p<0,05); FNT vertinimas 6 min. ėjimo testo metu: 1 – 3 – 9 proc. tiriamųjų; 4 – 5 – 86 proc. tiriamųjų; 6 – 5 proc. tiriamųjų. Stotis – eiti testas – 72,22 ± 20,47 s. (p<0,05); FNT vertinimas stotis – eiti</p>	<p>Tiriamiesiems, kurie naudojo ReWalk prirėkė daugiau treniruočių, jog išmoktų tinkamai perkelti svorį su egzoskeletu, tačiau išmokę šio įgūdžio jie vaikščiojo didesniu greičiu nei tiriamieji naudoję EKSO egzoskeletą. Tyrimo metu gauti duomenys rodo, kad klinikinės programos rezultatų pagerėjimo tikimybė (būtų pasiektas vaikščiojimo greitis, $\geq 0,25$ m./s. ir $\geq 0,40$ m./s., neatsižvelgiant į sužalojimo lygį) po 12 sesijų yra 58 proc., 68 proc. po 24 ir 78 proc. po 36 sesijų. Tyrimo rezultatai įrodo, jog naudojant egzoskeletą, asmenys patyrę NSP gali įgyti mobilumo įgūdžių reikalingų saugiam naudojimui tiek reabilitacijos įstaigoje, tiek asmeniniame gyvenime.</p>
----------------------------------	--	--	--	--

			testo metu: 1 – 3 – 33 proc. tiriamųjų; 4 – 5 – 62 proc. tiriamųjų; 6 – 5 proc. tiriamųjų. Iš viso nueita žingsnių – 53,685 ± 13,645 žingsnių.	
Gagnon DH ir kt., 2018 [20].	18 treniruočių, 3 k./sav., 60 min. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, stovėjimo laikas, žingsnių skaičius, pagalbos lygis. <u>Pagalbos lygio vertinimas:</u> <i>1 Priklausomas</i> – tiriamasis visiškai negali atlikti veiklos. Reikalinga kineziterapeuto pagalba; <i>2 Maksimali pagalba</i> – tiriamasis atlieka 25 proc. ar mažiau darbo veiklos metu; <i>3 Vidutinė pagalba</i> – tiriamasis atlieka nuo 25 proc. iki 75 proc. darbo veiklos metu; <i>4 Minimali pagalba</i> – tiriamasis atlieka 75 proc. darbo veiklos metu; <i>5 Kontaktinė pagalba</i> – kineziterapeutas viena ar dviem rankomis laiko tiriamąjį, bet neteikia kitos pagalbos užduoties atlikimo metu;	10 m. ėjimo testas – 0,25 ± 0,05 m./s. (*p≤0,0001); Stovėjimo laikas – 49,3 ± 12,7 min.; Ėjimo laikas – 33,4 ± 12,5 min.; Žingsnių skaičius – 1190 ± 561,4 žingsnių. <u>Programos vykdymo pabaigoje:</u> 85,7 proc. tiriamųjų prireikė vieno kineziterapeuto pagalbos; 57,1 proc. tiriamųjų prireikė minimalios pagalbos; 71,4 proc. tiriamųjų naudojo alkūninius ramentus. <u>Komplikacijos:</u> skausmas ir sustingimas viršutinėje galūnėje (n = 5), kulkšnies lūžis (n = 1).	Šis tyrimas patvirtina, kad egzoskeletų naudojimas yra saugus bei efektyvus asmenims, patyrusiems NSP. Tikimasi, kad tyrimo metu gautos išvados paskatins atlikti tolimesnius klinikinius tyrimus, kuriuose būtų tiriamas, egzoskeleto naudojimo ekonomiškumas bei poveikis fizinei ir psichologinei sveikatai. Pabrėžiamas poreikis sudaryti reabilitacijos programas, kurių metu būtų naudojamas egzoskeletas.

		<p>6 <i>Priežiūra</i> – kineziterapeutas neliečia tiriamojo ir neteikia jokios pagalbos, tačiau stovi šalia dėl saugumo;</p> <p>7 <i>Nepriklausomumas</i> – tiriamasis gali vaikščioti su egzoskeletu be jokios priežiūros, vaikštynės ar ramentų pagalba;</p> <p>8 <i>Visiška nepriklausomybė</i> – tiriamasis gali vaikščioti su egzoskeletu be priežiūros ir vaikščiojimo pagalbinės priemonės.</p>		
Khan AS ir kt., 2019 [21].	<p>45 treniruotės, 5 k./sav., 60 min.</p> <p><u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, kasdienių gyvenimo veiklų imitavimas, naudojant egzoskeletą.</p>	<p>10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, ėjimo greitis, nueitas atstumas, žingsnių skaičius, PCI, ŠSD, ISNCSCI, SCATS, McGill skausmo klausimynas.</p>	<p>10 m. ėjimo testas – $0,43 \pm 0,11$ m./s.;</p> <p>6 min. ėjimo testas – $146,3 \pm 35,3$ m.;</p> <p>Ėjimo greitis – $0,28 - 0,60$ m./s.;</p> <p>Nueitas atstumas – $0,74 - 1,97$ km./val.;</p> <p>Žingsnių skaičius – 1359 ± 692 žingsnių/val.</p> <p>Ėjimo pastangos su egzoskeletu buvo maždaug 3,3 karto didesnės nei pastangos reikalingos vežimėlio varymui. Vienas tiriamasis, patyręs nepilną</p>	<p>ReWalk egzoskeletas yra daug žadantis prietaisas, skirtas treniruoti žmones, patyrusius NSP. Po 45 treniruočių naudojant egzoskeletą dalyviai gebėjo nueiti didelius atstumus, vidaus bei lauko sąlygomis. Nors apribojimai išlieka, autoriai teigia, kad egzoskeletai, tokie kaip ReWalk, suteikia galimybę vaikščioti daugeliui asmenų, kurie buvo ribojami neįgaliojo vežimėlio. Tikimasi, kad nuolatinis prietaisų tobulinimas padės, NSP patyrusiems asmenims, juos naudoti mankštos tikslais bei kasdieninėje veikloje.</p>

			<p>pažeidimą, po treniruočių galėjo vaikščioti nenaudojant egzoskeleto.</p> <p><u>Pakartotinio ištyrimo rezultatai:</u> 10 m. ėjimo testas – 0,42 ± 0,11 m./s.; 6 min. ėjimo testas – 143,1 ± 33,9 m.</p>	
Esquenazi A ir kt., 2012 [22].	<p>24 treniruotės, 3 k./sav., 60 – 90 min.</p> <p><u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, savarankiškas vaikščiojimas, naudojant egzoskeletą.</p>	<p>10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, VAS, ŠSD, Ashworth skalė.</p>	<p>10 m. ėjimo testas – 0,03 – 0,45 (vidurkis – 0,25 m./s.); 6 min. ėjimo testas – 10,8 – 150,4 m.; Nueitas atstumas nepertraukiamai – 50 – 100 m.</p> <p><u>Komplikacijos:</u> nuovargis (n = 1), odos nubrozdinimai (n = 1), galvos svaigimas (n = 2), edema (n = 3).</p> <p><u>Tiriamųjų pastebėti egzoskeleto naudojimo privalumai:</u> skausmo sumažėjimas (n = 5), sumažėjęs spazmiškumas (n = 3), pagerėjusi žarnyno funkcija (n = 5). Visi tiriamieji pabrėžė teigiamą emocinį bei psichosocialinį ReWalk naudojimosi poveikį.</p>	<p>ReWalk egzoskeletas yra naudinga bei efektyvi reabilitacijos priemonė, NSP patyrusiems pacientams. Dauguma tiriamųjų sugebėjo pasiekti tokį vaikščiojimo įgūdžių lygį, kuris būtų reikalingas vaikščiojant ribotoje bendruomenės aplinkoje. Ateityje tikimasi tolimesnio šio prietaiso tobulinimo ir pritaikymo kitoms diagnozėms.</p>

<p>Kozłowski AJ ir kt., 2015 [23].</p>	<p>24 treniruotės, 1 – 2 k./sav., 2 val.</p> <p><u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros bei eisenos įgūdžių lavinimas, vaikščiojimas įvairiomis sąlygomis, kasdienių gyvenimo veiklų imitavimas, naudojant egzoskeletą.</p>	<p>2 minučių ėjimo testas, žingsnių skaičius, ėjimo laikas, vidutinis ėjimo greitis, modifikuotas FNT, Borgo skalė, ŠSD, MET.</p> <p><u>FNT vertinimas:</u> 1 – visiškai pagalba; 2 – maksimali pagalba; 3 – vidutinė pagalba; 4 – minimali pagalba; 5 – priežiūra; 6 – savarankiškai; 7 – visiškai savarankiškai.</p>	<p>2 min. ėjimo testas – 13,8 – 24,9 m.;</p> <p>Žingsnių skaičius – 561 – 2616 žingsnių;</p> <p>Ėjimo laikas – 28 – 94 min.;</p> <p>Vidutinis greitis – 0,11 – 0,21 m./s.;</p> <p>Borgo skalė – 7,5 – 18,5 balų;</p> <p>MET – 1,6 – 2,8.</p> <p>Penki tiriamieji gebėjo vaikščioti kilimine danga ir lipti aukštyn bei žemyn rampomis, su minimalia arba vidutine pagalba; 3 tiriamieji galėjo atsistoti prie prekystalio ir savarankiškai paimti daiktą iš aukštos spintelės, o 1 – savarankiškai atidaryti duris (į vidų ir į išorę). Visi tiriamieji galėjo paspausti mygtuką, kad iškviestų liftą, tačiau paprastai kineziterapeutui reikėjo laikyti duris, kad dalyviai galėtų įlipti bei išlipti iš lifto.</p> <p>Egzoskeleto apsilvilkimo laikas – 5 – 10 min.;</p> <p>Egzoskeleto nusilvilkimo laikas – 5 min.</p> <p><u>Tiriamųjų pastebėti egzoskeleto naudojimo</u></p>	<p>Asmenys, patyrę NSP gali išmokti vaikščioti su menka pagalba arba be jos, naudodamiesi egzoskeletu. Nepriklausomai nuo pažeidimo lygmens asmenys gali išmokti naudotis šiuo prietaisu. Tolimesni tyrimai yra reikalingi, norint nustatyti egzoskeletų naudojimo svarbą namų aplinkoje ir bendruomenėje.</p>
--	---	---	--	--

			<p><u>privalumai:</u> reguliareesnė žarnyno funkcija (n = 2), pagerėjusi pusiausvyra sėdint bei laikysenos pagerėjimas (n = 2), geresnė miego kokybė (n = 3), skausmo ir spazmiškumo sumažėjimas (n = 1). Visi tiriamieji išreiškė norą tęsti vaikščiojimo treniruotes naudojant egzoskeletą.</p>	
Delgado AD ir kt., 2019 [24].	6 treniruotės, 3 k./sav., 90 min. <u>Tyrimo metu naudotą protokola sudarė:</u> pusiausvyros ir eisenos įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.	6 minučių ėjimo testas, ėjimo greitis, stovėjimo laikas, ėjimo laikas, egzoskeleto apsivilkimo bei nusivilkimo laikas, modifikuotas FNT.	6 min. ėjimo testas – $42 \pm 15,1$ m.; Ėjimo greitis – $0,12 \pm 0,04$ m./s.; Stovėjimo laikas – $38,0 \pm 11,4$ min.; Ėjimo laikas – $22,5 \pm 9,6$ min.; Egzoskeleto apsivilkimo laikas – $7,3 \pm 1,9$ min.; Egzoskeleto nusivilkimo laikas – $4,4 \pm 1,2$ min. <u>Pagalbos lygis:</u> 77 proc. tiriamųjų prireikė pagalbos bent vienoje ėjimo treniruotėje; 58 proc. tiriamųjų prireikė minimalios pagalbos vaikščiojant su prietaisu. <u>Komplikacijos:</u>	Šio tyrimo rezultatai rodo, kad vaikščiojimo treniruotės naudojant egzoskeletą gali būti saugios ir įmanomos, NSP patyrusiems asmenims. Svarbus dalykas, į kurį reikia atsižvelgti, yra tai, kad didžiausias greitis, pasiektas tyrimo metu buvo tik 0,19 m./s. Šis greitis būtų tinkamas vaikščiojimui namuose.

			odos nubrozdinimai (n = 2), odos reakcija nuo prietaiso kontakto su oda (n = 1).	
McIntosh K ir kt., 2019 [25].	25 treniruotės, 3 k./sav., 1 val. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros ir eisenos įgūdžių lavinimas, vaikščiojimas vidaus sąlygomis ant lygių paviršių, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, žingsnių skaičius, Borgo skalė, VAS, ŠSD, stovėjimo laikas, ėjimo laikas.	10 m. ėjimo testas – 0,40 ± 0,04 m./s.; 6 min. ėjimo testas – 117,1 ± 11,7 m.; Žingsnių skaičius – 1245 ± 49 žingsnių; Borgo skalės vertinimas – 3,0 – 3,1 balų treniruotės viduryje bei pabaigoje; 74,6 proc. treniruotės laiko buvo praleidžiama vaikstant arba stovint. <u>Komplikacijos:</u> odos problemos (n = 2), apatinės nugaros dalies skausmas (n = 1), griuvimai (n = 1). Tiriamųjų atsiliepimai apie tyrimą buvo teigiami, jie teigė, kad pagerėjo nuotaika, psichologinė būsena ir fizinė jėga. Taip pat atkreipė dėmesį į šeimos bei draugų padrąsinimą. Pastebėtas skausmo kontrolės ir šlapimo pūslės bei žarnyno funkcijos pagerėjimas. Dažniausiai pastebėtas neigiamas aspektas buvo ribotas, tyrimo metu,	NSP patyrusių pacientų reabilitacijos metu (<6 mėn. po traumos), vaikščiojimas naudojant egzoskeletą yra saugus bei įmanomas. Nepaisant daugelio galimų medicininių komplikacijų po NSP, tyrime nenustatyta jokių didelių nepageidaujamų reiškinių, susijusių su egzoskeleto naudojimu. Didėjant gydymo seansų skaičiui, buvo nustatyta, jog pailgėjo vaikščiojimo laikas, padidėjo ėjimo greitis ir įveikti atstumai. Atsižvelgiant į galimą funkcinę egzoskeletų naudą, ankstyvos reabilitacijos metu ir duomenų trūkumą šioje srityje, šio tyrimo rezultatai patvirtina būsimų tyrimų svarbą, skirtų tirti egzoskeletų naudojimą kartu su standartine reabilitacija, NSP patyrusiems asmenims.

			pasiūlytų vaikščiojimo užsiėmimų skaičius.	
Baunsgaard CB ir kt., 2017 [26].	24 treniruotės, 8 savaites, 3k./sav. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros ir eisenos įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, stotis – eiti testas, Berg pusiausvyros skalė, WISCI II, LEMS, Borgo skalė, ŠSD, odos būklės vertinimas naudojantis <i>European Pressure Ulcer Advisory Panel</i> klasifikacijos sistema, ISNCSCI.	<u>Traumą neseniai patyrusių tiriamųjų grupė:</u> 10 m. ėjimo testas – 28,6 (20,0 – 37,1) s.; Stotis – eiti testas – 31,3 (23,8 – 38,8) s.; Berg pusiausvyros skalė – 31,5 (24,6 – 38,4) balų; WISCI II – 12,8 (11,0 – 14,7) balų. <u>Pakartotinio ištyrimo rezultatai:</u> 10 m. ėjimo testas – 26,0 (17,5 – 34,4) s.; Stotis – eiti testas – 28,3 (20,8 – 35,8) s.; Berg pusiausvyros skalė – 33,3 (26,4 – 40,2) balų; WISCI II – 13,7 (11,8 – 15,5) balų. <u>Lėtinę traumą patyrusių tiriamųjų grupė:</u> 10 m. ėjimo testas – 27,3 (14,3 – 40,3) s.; Stotis – eiti testas – 27,2 (13,2 – 41,2) s.; Berg pusiausvyros skalė – 28,9 (16,3 – 41,5) balų; WISCI II – 13,7 (10,4 – 17,0) balų.	EKSO egzoskeletas yra saugus ir patikimas prietaisas, skirtas asmenims, sergantiems paraplegija, tetraplegija, esant lėtiniais bei neseniai patirtiems sužalojimams. Rezultatai įrodo prietaiso naudą eisenos funkcijai ir pusiausvyrai. Tyrimo rezultatai įrodo tolimesnių tyrimų svarbą ateityje, skirtų palyginti egzoskeleto naudojimo efektyvumą eisenos lavinimui, su kitų tipų eisenos treniruotėmis.

			<u>Pakartotinio ištyrimo rezultatai:</u> 10 m. ėjimo testas – 27,0 (14,0 – 40,0) s.; Stotis – eiti testas – 28,7 (14,7 – 42,6) s.; Berg pusiausvyros skalė – 29,0 (16,4 – 41,6) balų; WISCI II – 13,9 (10,6 – 17,2) balų. Borgo skalės vertinimas atitiko „lengvą“ – „šiek tiek sunkų krūvį.“	
Guanzioli E ir kt., 2019 [27].	8 savaites, 3 k./sav., 60 min. <u>Tyrimo metu naudotą protokolą sudarė:</u> pusiausvyros ir eisenos įgūdžių lavinimas, naudojant egzoskeletą.	10 metrų ėjimo testas, 6 minučių ėjimo testas, stotis – sėstis laikas.	<u>Pirma grupė:</u> 10 m. ėjimo testas – 98,20 ± 48,20 s. (*p<0,05); 6 min. ėjimo testas – 50,08 ± 16,94 m. (*p<0,05); Stotis – sėstis laikas – 16,60 ± 5,86 s. <u>Antra grupė:</u> 10 m. ėjimo testas – 29,13 ± 9,66 s. (*p<0,05); 6 min. ėjimo testas – 112,44 ± 21,87 m. (*p<0,05); Stotis – sėstis laikas – 10,25 ± 3,92 s. 1 grupės rezultatai rodo ryšį tarp svorio, ūgio, neurologinio pažeidimo lygio ir tiriamųjų veiklos lygio. 2 grupės rezultatai rodo	ReWalk egzoskeletas leidžia pacientams, patyrusiems NSP, pradėti savarankiškai vaikščioti. Skirtinga egzoskeletų programinė įranga pagerina eisenos charakteristikas, atsižvelgiant į neurologinį pažeidimo lygmenį, o ne į paciento antropometrinius parametrus. Šio tyrimo rezultatai įrodo, jog pacientai, patyrę pilną NSP krūtininiame ar žemesniame lygmenyje, geba tiksliau kontroliuoti egzoskeletą. Neurologinio pažeidimo lygis yra vienintelis parametras, galintis paveikti tiriamojo motorinę veiklą. Reikalingi tolimesni ilgalaikiai tyrimai, kurių metu būtų siekiama nustatyti, ar šie aspektai gali būti susiję ir su geresniu

			koreliaciją tik tarp neurologinio pažeidimo lygio ir veiklos lygio.	„subjekto – egzoskeleto įkūnijimu“.
--	--	--	---	-------------------------------------

Pastaba: FNT – funkcinis nepriklausomumo testas, ŠSD – širdies susitraukimų dažnis, NSP – nugaros smegenų pažeidimas, D-QUEST – Duch version of the Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology, SUS – System Usability Scale, n – tiriamųjų skaičius, ISNCSCI – international Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, VAS – vizualinė analoginė skausmo skalė, ADAPPS – Appraisals of Disability: Primary and Secondary Scale, ATD-PA – Assistive Technology Device Predisposition Assessment, PCI – physiological cost index, SCATS – The Spinal Cord Assessment Tool for Spasticity, MET – metabolinis ekvivalentas, WISCI II – Walking Index for Spinal Cord Injury, LEMS – Lower Extremity Motor Score.

*– rezultatai statistiškai reikšmingi.

4.4. Rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų

10 metrų ėjimo testas buvo atliktas 89 tiriamųjų naudojusiu ReWalk egzoskeletą [14, 17, 19, 21, 22, 27], 48 – Indego [16, 18] ir 99 – EKSO [19, 20, 25, 26]. Naudojant ReWalk egzoskeletą testo rezultatai svyravo nuo 0,25 iki 0,45 m./s. [14, 17, 19, 21, 22]. Tiriamųjų naudojusiu Indego – 0,22 – 0,45 m./s. [16, 18]. O naudojant EKSO egzoskeletą – 0,25 – 0,40 m./s. [19, 20, 25, 26]. Tiriamųjų naudojusiu ReWalk vidutinis greitis buvo 0,38 m./s., Indego – 0,33 m./s., o EKSO – 0,31 m./s. Didžiausias vidutinis greitis buvo pasiektas tiriamųjų, naudojusiu Indego egzoskeletą – 0,45 m./s. (pažeidimo lygmuo Th9 – L1) [18]. Lėčiausias vidutinis greitis taip pat buvo pasiektas naudojant Indego – 0,22 m./s. (pažeidimo lygmuo C5 – C6) [18]. Detalesnė informacija, apie 10 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimą, pateikta aštuntoje lentelėje (8 lentelė).

8 lentelė. 10 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų

Egzoskeleto gamintojas	Autorius	Rezultatai (vidurkis)
ReWalk	Yang A ir kt. [14]	0,40 m./s.
	Benson I ir kt. [17]	0,30 – 0,45 m./s.
	Hong E ir kt. [19]	0,42 m./s.
	Khan AS ir kt. [21]	0,43 m./s.
	Esquenazi A ir kt. [22]	0,25 m./s.
	Guanziroli E ir kt. [27]	98,20 s.; 29,13 s.
Indego	Tefertiller C ir kt. [16]	0,37 m./s.
	Hartigan C ir kt. [18]	0,22 m./s.; 0,26 m./s.; 0,45 m./s.
EKSO	Hong E ir kt. [19]	0,27 m./s.
	Gagnon DH ir kt. [20]	0,25 m./s.
	McIntosh K ir kt. [25]	0,40 m./s.
	Baunsgaard CB ir kt. [26]	28,6 s.; 27,3 s.

6 minučių ėjimo testas buvo atliktas 89 tiriamųjų naudojusiu ReWalk egzoskeletą [14, 17, 19, 21, 22, 27], 48 – Indego [16, 18] ir 45 – EKSO [19, 24, 25]. Naudojant ReWalk egzoskeletą testo rezultatai svyravo nuo 10,8 iki 150,4 metrų. [14, 17, 19, 21, 27]. Tiriamųjų naudojusiu Indego – 64 – 121 m. [16, 18]. O naudojant EKSO – 42 – 117,1 m. [19, 24, 25]. Tiriamųjų naudojusiu ReWalk vidutinis, testo metu nueitas atstumas buvo lygus 117,25 m., Indego – 92,13 m., o EKSO – 85,3 m. Didžiausias vidutinis atstumas buvo nueitas naudojant ReWalk egzoskeletą – 148,44 metrai [19]. Mažiausias atstumas, naudojant EKSO egzoskeletą – 42 metrai [24]. Detalesnė informacija, apie 6 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimą, pateikta devintoje lentelėje (9 lentelė).

9 lentelė. 6 metrų ėjimo testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų

Egzoskeleto gamintojas	Autorius	Rezultatai (vidurkis)
ReWalk	Yang A ir kt. [14]	129 m.
	Benson I ir kt. [17]	0,25 – 0,48 m./s.
	Hong E ir kt. [19]	148,44 m.
	Khan AS ir kt. [21]	146,3 m.
	Esquenazi A ir kt. [22]	10,8 – 150,4 m.
	Guanziroli E ir kt. [27]	50,08 m.
Indego	Tefertiller C ir kt. [16]	107,5 m.
	Hartigan C ir kt. [18]	64 m.; 76 m.; 121 m.
EKSO	Hong E ir kt. [19]	96, 79 m.
	Delgado AD ir kt. [24]	42 m.
	McIntosh K ir kt. [25]	117,1 m.

Stotis – eiti testą atliko 38 tiriamieji naudoję ReWalk egzoskeletą [17, 19], 32 – Indego [16] ir 74 – EKSO [19, 26]. Naudojant ReWalk tiriamųjų testo rezultatai svyravo nuo 48,8 iki 53,41 s. [17, 19]. Tiriamųjų naudojusių Indego – 83,6 s. [16]. O naudojant EKSO – 31,3 – 72,22 s. [19, 26]. Tiriamųjų naudojusių ReWalk egzoskeletą vidutinis laikas buvo 51,11 s., Indego – 83,6 s., o EKSO – 43,57 s. Greičiausiai testą atliko tiriamieji naudoję EKSO egzoskeletą – 31,3 s. [26]. Ilgiausiai testą užtruko atlikti tiriamiesiems, naudojusiems Indego egzoskeletą – 83,6 s. [16]. Detalesnė informacija, apie stotis – eiti testo rezultatų palyginimą, pateikta dešimtoje lentelėje (10 lentelė).

10 lentelė. Stotis – eiti testo rezultatų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų

Egzoskeleto gamintojas	Autorius	Rezultatai (vidurkis)
ReWalk	Benson I ir kt. [17]	48,8 s.
	Hong E ir kt. [19]	53,41 s.
Indego	Tefertiller C ir kt. [16]	83,6 s.
EKSO	Hong E ir kt. [19]	72,22 s.
	Baunsgaard CB ir kt. [26]	31,3 s.

Pasireiškusios komplikacijos buvo aprašytos šešiuose tyrimuose. Straipsniuose nebuvo pranešta apie labai rimtus nepageidaujamus reiškinius. Tyrimuose, kurių metu buvo naudojamas Indego egzoskeletas komplikacijos nebuvo aprašytos. Naudojant ReWalk egzoskeletą, dažna komplikacija buvo odos nubrozdinimai [14, 22]. Naudojant EKSO egzoskeletą, odos nubrozdinimą patyrė du tiriamieji [24]. Tiriamieji, kurie naudojo ReWalk rečiau skundėsi skausmo padidėjimu [15], nei tiriamieji naudoję EKSO [20, 25]. Rimčiausios komplikacijos

pasireiškusios naudojant EKSO egzoskeletą buvo griuvimas [25] bei lūžis [20]. Detalesnė informacija apie tyrimų metu pasireiškusias komplikacijas pateikta vienuoliktoje lentelėje (11 lentelė).

11 lentelė. *Pasireiškusių komplikacijų palyginimas tarp skirtingų egzoskeleto gamintojų*

Pasireiškusios komplikacijos	Egzoskeleto gamintojas	
	ReWalk	EKSO
Odos nubrozdinimai	14	2
Nuovargis	1	-
Skausmas	4	6
Spazmiškumas	1	-
Lūžiai	-	1
Griuvimai	-	1
Galvos svaigimas	1	-
Edema	3	-
Kitos nepatikslintos odos problemos	2	3

Tiriamųjų atsiliepimai apie EKSO egzoskeleto naudojimą buvo teigiami [23, 25]. Jie pastebėjo didelę egzoskeleto naudojimo naudą [25] bei išreiškė norą toliau tęsti treniruotes naudojant prietaisą [23]. Tyrimai, kurių metu buvo naudojamas ReWalk egzoskeletas, taip pat aprašė teigiamą tiriamųjų patirtį naudojant prietaisą [15, 22]. Tačiau Benson I ir kt. pranešė, jog ReWalk egzoskeletas neatitiko didelių tiriamųjų lūkesčių [17].

Atsižvelgiant į autorių pateiktas išvadas, apie skirtingų egzoskeletų naudojimo galimybes, dauguma jų pabrėžė, jog yra reikalingi tolimesni tyrimai, skirti įvertinti prietaisų naudojimo galimybę namų bei bendruomenės aplinkoje [14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25]. Didžioji dalis tyrimų, kurių metu naudotas EKSO egzoskeletas, pabrėžė, jog prietaisas yra saugus [20, 24, 25, 26], naudojant jį asmenys gali judėti namų aplinkoje [24] ir įsitraukti į kasdienę veiklą [19]. Tyrimuose, kurių metu buvo naudojamas Indego egzoskeletas, taip pat pabrėžiamas prietaiso saugumas [16] bei galimybė juo naudotis bendruomenės aplinkoje [18]. O tyrimai, kuriuose naudotas ReWalk teigia, jog prietaisas yra saugus [14] ir tinkamas naudoti kasdieniame gyvenime [14, 19, 22]. Tačiau kitų tyrėjų teigimu, ReWalk turi daug trūkumų, kasdienio gyvenimo naudojimui [15].

5. TYRIMO REZULTATŲ APTARIMAS

Šios sisteminės literatūros apžvalgos tikslas buvo ieškoti ir analizuoti naujausius mokslinius tyrimus, kuriuose nagrinėjamas egzoskeleto tipo roboto naudojimo efektyvumas ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje. Į apžvalgą įtraukta keturiolika tyrimų, kuriuose buvo ištirti nugaros smegenų pažeidimą (NSP) patyrę asmenys. Pasirinktuose straipsniuose buvo naudojami įvairūs vertinimo metodai, tokie kaip 10 metrų ir 6 minučių ėjimo testai, stotis – eiti testas, naudojami įvairūs klausimynai, taip pat vertinamas žingsnių skaičius, ėjimo greitis ir kt. Šioje apžvalgoje dažniausiai aprašyti NSP lygiai, buvo tarp ketvirto ir dešimto krūtininio slankstelio (Th4 – Th10). Contreras – Vidal JL ir kt. atliktoje apžvalgoje, sužalojimas dešimtame krūtininiame slankstelyje (Th10) buvo dažniausiai aprašytas pažeidimo lygis, įtrauktuose straipsniuose [30]. O Tan K su bendraautorais, rezultatuose nurodo, jog dažniausiai aprašytas nugaros smegenų pažeidimo lygis buvo šeštasis krūtininis slankstelis (Th6) [31]. Žmonių patyrusių aukštesnio lygio NSP liemens kontrolė yra blogesnė. Tačiau rezultatai rodo, kad asmenų, patyrusių tokio pobūdžio pažeidimą, siekiančių atkurti eiseną, skaičius didėja.

Treniruočių protokolai buvo panašūs visuose tyrimuose ir susidėjo iš tokių veiklų, kaip mokymasis atsistoti bei atsisėsti, pusiausvyros išlaikymas stovint, žingsniavimo įgūdžių lavinimas bei ėjimas naudojant egzoskeletą. Tyrimų metu buvo taikomos saugos priemonės, siekiant užtikrinti dalyvių saugumą ir pasitikėjimą, mokantis naudotis, nauju pagalbiniu prietaisu. Šešių tyrimų metu buvo taikomas sudėtingesnės formos mokymas, susijęs su kasdieniu gyvenimu [15, 16, 17, 18, 21, 23]. Pagrindinės veiklos – vaikščiojimas nelygiais paviršiais, kilimine danga, šaligatviu, lipimas laiptais, įlipimas bei išlipimas iš lifto, valgio gaminimas, apsipirkimas parduotuvėje ir kt. Nors šios veiklos buvo atliekamos su priežiūra, rezultatai rodo, kad egzoskeletas palengvina savarankišką užduočių, susijusių su namų ir bendruomenės aplinka, atlikimą.

Sisteminės apžvalgos rezultatai parodė, jog buvo didelis skirtumas tarp treniruočių skaičiaus ir viso mokymo laikotarpio trukmės, net ir tarp tyrimų, kuriuose naudojami tie patys egzoskeletai. Bendras treniruočių skaičius svyravo nuo 5 iki 55. Dauguma į apžvalgą įtrauktų tyrimų dalyviai buvo patyrę pilną nugaros smegenų pažeidimą, paprastai mažiau nei 5 proc. tokių asmenų, turi galimybę vaikščioti be kontaktinės fizinės pagalbos [32]. Po egzoskeleto mokymo programos nedidelė dalis, apžvalgoje nagrinėjamų straipsnių tiriamųjų, galėjo vaikščioti savarankiškai naudojant egzoskeletą, be jokios kontaktinės pagalbos [14, 18, 19]. Kadangi, kai kuriuose tyrimuose treniruočių programos buvo apribotos tik penkiomis ar šešiomis sesijomis [18, 24], tikėtina, kad tikimybė vaikščioti be pagalbos, gali būti šiek tiek didesnė,

taikant ilgesnės trukmės mokymo programas, kuriose pabrėžiamas saugus egzoskeleto naudojimas bei aplinkos svarba.

Daug aplinkybių gali turėti įtakos tam, ar asmuo, patyręs NSP, galės įtraukti egzoskeleto naudojimą į savo kasdienį gyvenimą. Talaty M ir kt. atliktame tyrime buvo pranešta, kad neurologinis sužalojimo lygis, amžius, liekamoji motorinė funkcija viršutinėse galūnėse ir spazmiškumas turi įtakos galutinėm pacientų, patyrusių nugaros smegenų pažeidimą, eisenos charakteristikom [33]. Kitų autorių teigimu, asmens galimybė naudoti egzoskeletą priklausys nuo to, ar lengva užsidėti, nusivilkti ir transportuoti prietaisą, padėjėjo poreikio, viršutinių galūnių motorinės funkcijos ir žmogaus gyvenamosios aplinkos [34, 35]. Galimybei apsivilkti ir nusivilkti egzoskeletą, įtakos gali turėti individualūs veiksniai, tokie kaip viršutinių galūnių funkcija, gebėjimas išlaikyti pusiausvyrą sėdint, taip pat specifinės egzoskeleto savybės, pvz., įrenginio svoris ir moduliškumas [36]. Šioje sisteminėje apžvalgoje nagrinėjamuose tyrimuose, egzoskeleto apsivilkimo laikas svyravo tarp 5 ir 10 minučių [16, 23, 24], o nusivilkimo – 2 – 5 minučių [16, 23, 24]. Juszcak M ir kt. tyrimo metu, naudojant Indego egzoskeletą, nustatyta, kad asmenys, patyrę pažeidimus Th9 – L1 lygiuose, greičiau apsivilko ir nusivilko prietaisą nei tie, kurių NSP lygis buvo aukštesnis (Th1 – Th8) [37]. 8 savaičių trukmės tyrime, kuriame buvo naudojamas ReWalk egzoskeletas, 87 proc. tiriamųjų, patyrusių NSP Th1 ir žemesniame lygmenyje, galėjo užsidėti prietaisą savarankiškai – jau po 24 treniruočių [38]. Bryce TN ir kt. teigia, kad egzoskeletas būtų laikomas tinkamu naudoti bendruomenėje ir namuose, asmenys turi gebėti savarankiškai užsidėti ir nusiimti prietaisą per 5 minutes ar greičiau [39]. Nors dauguma tyrimų dalyvių, įtrauktų į šią apžvalgą, nepasiekė tokių rezultatų, galima tikėtis, jog nuolat naudojant prietaisą bei praktikuojantis, naudotojai galės pasiekti didesnę greitį, savarankiškai apsivilkant bei nusivilkant bet kurią pasirinktą egzoskeletą [40]. Kitų autorių teigimu, egzoskeleto nusivilkimo laikas trunka apie 10 minučių [41] ir paprastai būna trumpesnis nei apsivilkimo laikas, kuris kai kuriais atvejais gali siekti iki 30 minučių [42].

Viena iš dažniausiai aptarinėjamų ir tyrinėjamų su egzoskeletais susijusių temų – greitis. Literatūroje teigiama, kad greitis yra vienas iš svarbiausių veiksnių, prisidedančių prie galimybės naudoti egzoskeletą namų aplinkoje ir bendruomenėje [43]. Sisteminės apžvalgos rezultatai parodė, jog asmenys patyrę nugaros smegenų pažeidimą, naudojantis egzoskeletu, galėjo vaikščioti 0,22 – 0,45 m./s. greičiu, atliekant 10 metrų ėjimo testą [14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25]. van Hedel HJA nustatė minimalų (0,44 m./s.) ir vidutinį (0,88 m./s.) ėjimo greitį, reikalingą NSP patyrusiems asmenims, eiti be priežiūros už namų ribų [44]. Šie minimalūs greičiai yra panašūs į greitį, reikalingą saugiai pereiti pėsčiųjų perėją [45]. Kitų autorių teigimu, vidutinis greitis, reikalingas pereiti sankryžą su šviesoforu, yra lygus 0,49 m./s. [46]. Forrest GF su

bendraautorais tyrimo metu nustatė, jog vidutinis greitis, judėjimui bendruomenėje, asmenims patyrusiems nepilną NSP, yra lygus 0,44 m./s. [47].

Literatūroje nurodytas ėjimo greitis, naudojant egzoskeletą skiriasi ir yra įtakojamas daugelio veiksnių. Pirma, greitis priklauso nuo pačio egzoskeleto. Į sisteminę apžvalgą įtrauktuose tyrimuose, tiriamieji pasiekė 0,38 m./s. greitį naudojant ReWalk egzoskeletą [14, 19, 21, 22], 0,33 m./s. greitį naudojant Indego [16, 18] ir 0,31 m./s. greitį naudojant EKSO [19, 20, 25]. Louie DR ir kt. sisteminėje apžvalgoje nurodė, jog vidutinis greitis, naudojant EKSO egzoskeletą buvo lygus 0,14 m./s., naudojant ReWalk – 0,28 m./s. ir naudojant Indego – 0,31 m./s. [48]. Šie skirtingi rezultatai rodo galimą egzoskeleto greičių intervalą, bet gali neatspindėti maksimalaus ėjimo greičio, kurį galima pasiekti naudojant prietaisą. Nepaisant greičio atskaitos taško, galima sutikti, kad vaikščiojant bendruomenėje reikia didesnio nei 0,40 m./s. greičio.

Greitis taip pat gali turėti įtakos žmogaus gebėjimui veiksmingai panaudoti egzoskeletą, širdies ir kraujagyslių sistemos naudai [49]. Didesnis greitis gali leisti asmenims pasiekti didesnę fizinę krūvį, taigi ir didesnę kardiometabolinės naudos sveikatai lygį. Kitaip tariant, didesnis greitis gali leisti žmonėms nueiti daugiau žingsnių per dieną ir pasiekti minimalų žingsnių skaičių, rekomenduojamą širdies ir kraujagyslių ligų prevencijai (5000 „mažo aktyvumo“ suaugusiems arba 10 000 žingsnių per dieną) [50]. Šioje sisteminėje apžvalgoje, nagrinėjamuose straipsniuose, vidutinis žingsnių skaičius nueitas per dieną svyravo nuo 1190 iki 3226 žingsnių [15, 19, 20, 23].

Nueitas atstumas ir greitis yra 2 eisenos parametrai, tiesiogiai susiję su vaikščiojimu bendruomenėje ir namų aplinkoje [45]. Literatūroje teigiama, jog priklausomai nuo bendruomenės paskirties vietos, reikia nueiti nuo 16 iki 677 metrų [45]. Įtrauktuose tyrimuose, atstumas, nueitas 6 minučių ėjimo testo metu svyravo nuo 42 iki 148,44 metrų [14, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27]. Tiriamųjų naudojusių ReWalk egzoskeletą vidutinis, testo metu nueitas atstumas buvo lygus 117,25 m. [14, 19, 21, 27], Indego – 92,13 m. [16, 18], o EKSO – 85,3 m. [19, 24, 25]. Tan K ir kt. sisteminės apžvalgos rezultatuose nurodoma, jog vidutis nueitas atstumas, nepriklausomai nuo egzoskeleto buvo lygus 108,9 metrams [31]. Tyrimų, kurių metu buvo naudojamas EKSO egzoskeletas nueitas atstumas buvo 84,7 m., 94,9 m. – Indego ir 115,9 m. – ReWalk [31]. Norint pasiekti bendruomenės vietas, kuriose dažnai lankosi vyresni žmonės, reikia nueiti nuo 20 iki 381 metro, o prekybos centruose ir parduotuvėse atstumai viršija 560 m. [45]. Kituose šaltiniuose teigiama, jog vaikščiojant bendruomenėje, žmonės privalo nueiti 315 metrų atstumą nepertraukiamai, 0,44 m./s. greičiu ir sugebėti užlipti tris laiptus su arba be turėklų [51, 51].

Šiek tiek rečiau naudojamas tyrimo metodas buvo stotis – eiti testas. Testo rezultatų vidurkiai tarp tyrimų svyravo nuo 27,2 iki 83,6 sekundžių [16, 17, 19, 26]. Duddy D ir kt. sisteminės apžvalgos rezultatai buvo panašūs – 33,4 – 76,16 s. [53]. Įtrauktų tyrimų metu fiziologiniai poreikiai vaikščiojant egzoskeletu sudarė 3 MET, o tai sudaro 24 – 35 proc. didžiausio deguonies pasisavinimo fizinio krūvio metu asmenims, patyrusiems NSP [54]. Šie duomenys rodo, kad naudojant egzoskeletą, NSP patyrę asmenys gali užsiimti tokio intensyvumo fizine veikla, kuri suteikia naudos sveikatai bei nesukelia greito nuovargio. Juntamas krūvis, vaikščiojant su egzoskeletu, atitiko gana lengvą ar lengvą krūvį, o tai reiškia, kad žmogus gali vaikščioti ilgą laiką. Ši teiginį patvirtina faktas, kad keliuose į šią apžvalgą įtrauktuose tyrimuose, mokymo programos, truko iki 2 valandų, per vieną sesiją [14, 23].

Svarbu pažymėti, kad tyrimuose, kurių metu buvo naudojami sudėtingi treniruočių protokolai, nebuvo pranešta apie rimtus nepageidaujamus reiškinius, susijusius su egzoskeleto naudojimu [15, 16, 17, 18, 23]. Dauguma nepageidaujamų reiškinių, apie kuriuos pranešta, buvo nedideli, įskaitant odos nubrozdinimus [14, 22, 24], skausmą [15, 20, 25], griuvimą [25], lūžį [20] bei kitas odos problemas [15, 24, 25]. Neseniai atlikta metaanalizė nurodė, jog nepageidaujami reiškiniai, buvo odos paraudimai, įbrėžimai, edema ir kulkšnies patempimai [32]. Kitos literatūroje minimos komplikacijos yra sustingimas ar diskomfortas, ortostatinė hipotenzija [55, 56]. Nors griuvimai paminėti tik viename tyrime, jie yra neišvengiami, kai egzoskeletai naudojami namų ar bendruomenės aplinkoje. Tai yra vienas iš pagrindinių rizikos veiksnių visiems pagalbiniams vaikščiojimo įrenginiams, todėl egzoskeleto gamintojai turėtų toliau kurti programinę įrangą, kuri galėtų sumažinti griuvimo riziką ir padidintų naudotojų saugumą [57].

Sisteminėje literatūros apžvalgoje nagrinėjamų tyrimų dalyviai pastebėjo daug teigiamų aspektų, susijusių su egzoskeleto naudojimu. Pagrindiniai privalumai buvo skausmo bei spazmiškumo sumažėjimas [15, 22, 23], socialinės būklės ir psichinės sveikatos pagerėjimas [15, 22, 25]. Duddy D ir kt. atliktos sisteminės apžvalgos, skirtos įvertinti egzoskeletų naudojimo naudą kardiovaskulinės sistemos funkcijai ir eisenai, rezultatuose nurodomi duomenys, apie egzoskeleto naudojimo privalumus, buvo panašūs [53]. Literatūroje teigiama, jog kiti prietaiso naudojimo privalumai yra sumažėjusi kūno riebalų masė bei padidėjęs mineralinis kaulų tankis [58]. Kiti šaltiniai nurodo, kad ėjimo funkcijos gerinimas, didina sąnarių judesių amplitudes [59], o tai suteikia galimybę žmogui atlikti kasdienės užduotis. Judrumas ir galimybė savarankiškai atlikti paprastus kasdienes darbus gali pagerinti žmogaus gyvenimo kokybę [60].

Dalyvių atsiliepimai po vaikščiojimo treniruočių naudojant egzoskeletą buvo teigiami [15, 22, 23, 25]. Tačiau Benson I ir kt. nurodė, jog ReWalk egzoskeletas neatitiko didelių tiriamųjų

lūkesčių [17]. Autoriai nurodė, jog dauguma tyrimo dalyvių nepastebėjo teigiamo poveikio gyvenimo kokybei bei prietaiso naudojimo naudos [17]. Nepaisant minėto tyrimo rezultatų, literatūroje teigiama, kad po treniruočių naudojant egzoskeletą, tiriamieji pastebėjo pasitenkinimo savimi pagerėjimą [61, 62] bei streso lygio sumažėjimą [61]. Egzoskeletas leido tiriamiesiems atsistoti tiesiai ir kalbėti su kitais žmonėmis akių lygyje, būtent todėl pagerėjo jų psichologinė ir emocinė būseną [61]. Be fizinės ir psichinės sveikatos gerinimo, tyrimai parodė, kad tiriamieji manė, jog egzoskeletas leido jiems labiau sutelkti dėmesį į eiseną, pusiausvyrą ir stabilumą nei bet kuri kita pagalbinė ėjimo priemonė [63].

Ši sisteminė literatūros apžvalga turi keletą trūkumų. Nors į šią apžvalgą buvo įtraukta 14 tyrimų, tiktais vienas tyrimas buvo randomizuotas atsitiktinių imčių. Atitinkamai, visi į šią apžvalgą įtraukti straipsniai, nebuvo senesni nei 10 metų. Tačiau nebuvo rasta ir įtraukta naujausių, pastaraisiais metais, publikuotų tyrimų. Taip pat apžvalgos apribojimus apima, pasirinktų tyrimų imties dydžiai, kurie buvo labai skirtingi. Nors tyrimų, kuriuos sudarė mažesnė imtis ($n = 7 - 11$), išvados atitiko tyrimų, sudarytų iš didesnių imčių ($n > 12$), rezultatus. Tyrimo charakteristikos (egzoskeleto modelis, treniruočių trukmė, rezultatų matavimas) buvo nevienalytės, todėl buvo sudėtinga palyginti rezultatus. Tik vieno tyrimo metu egzoskeletas buvo naudojamas tiriamųjų namuose, likusiųjų tyrimų – klinikinėje aplinkoje, imituojant namų arba bendruomenės aplinką.

6. IŠVADOS

1. Egzoskeletus galima saugiai naudoti, kaip ėjimo funkcijos lavinimo intervenciją, nugaros smegenų pažeidimus patyrusiems asmenims. Po egzoskeleto treniruočių tiriamieji pagerino šešių minučių bei dešimties metrų ėjimo testo rezultatus, taip pat padidėjo ėjimo greitis, atstumas ir bendras žingsnių skaičius.

2. Mobilumo rezultatai, apie kuriuos pranešta tyrimuose, įrodo, kad egzoskeletų naudojimas yra naudingas norint judėti klinikinėje aplinkoje. Egzoskeleto treniruotė gali būti veiksmingas būdas didinti nugaros smegenų pažeidimą – patyrusio asmens mobilumą ir savarankiškumą.

3. Sisteminės literatūros apžvalgos rezultatai įrodo, kad naudojant egzoskeletą galima saugiai judėti realiomis sąlygomis. Egzoskeletų naudojimas bendruomenėje gali būti ribotas, tačiau jų naudojimas namų aplinkoje yra galimas.

7. PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

1. Siekiant naudoti egzoskeletą svarbu nusistatyti realius lūkesčius, nes prietaiso naudojimo galimybės gali labai skirtis tarp asmenų. Galutinis egzoskeleto naudojimo tikslas yra ne pakeisti vežimėlį, o sukurti papildomą judėjimo ar mankštos priemonę.

2. Rekomenduojame specialistams integruoti mobilumo bei eisenos lavinimo treniruočių programas, kurių metu naudojamas egzoskeletas, į asmenų patyrusių nugaros smegenų pažeidimus, reabilitacijos procesą.

3. Atsižvelgiant į tai, kad egzoskeletai yra palyginti nauja technologija, ypač asmeniniam naudojimui, literatūroje yra spragų. Rekomenduojame, jog būsimi tyrimai būtų sutelkti į egzoskeleto naudojimo namuose ir bendruomenėje poveikį. Tokio pobūdžio tyrimai galėtų padėti pateisinti egzoskeletų naudojimo asmenims, patyrusiems nugaros smegenų pažeidimus, vertę.

8. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Font-Llagunes JM, Lugris U, Clos D, Javier Alonso F, Cuadrado J. Design, control, and pilot study of a lightweight and modular robotic exoskeleton for walking assistance after spinal cord injury. *J Mech Robot*. 2020;12(3).
2. Palermo AE, Maher JL, Baunsgaard CB, Nash MS. Clinician-focused overview of bionic exoskeleton use after spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2017;23(3):234–44.
3. Schließmann D, Nisser M, Schuld C, Gladow T, Derlien S, Heutehaus L, Weidner N, Smolenski U, Rupp R. Trainer in a pocket - proof-of-concept of mobile, real-time, foot kinematics feedback for gait pattern normalization in individuals after stroke, incomplete spinal cord injury and elderly patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2018; 15:44.
4. Gorgey AS, Sumrell R, Goetz LL. Exoskeletal Assisted Rehabilitation After Spinal Cord Injury. Fifth Edit. *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*. Elsevier Inc.; 2019. 440-447.e2 p.
5. Sale P, Russo EF, Russo M, Masiero S, Piccione F, Calabrò RS, Filoni S. Effects on mobility training and de-adaptations in subjects with Spinal Cord Injury due to a Wearable Robot: a preliminary report. *BMC Neurology*. 2016;16:12.
6. Manns PJ, Hurd C, Yang JF. Perspectives of people with spinal cord injury learning to walk using a powered exoskeleton. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2019;16:94.
7. Lee SH, Lee HJ, Chang WH, Choi BK, Lee J, Kim J, Ryu GH, Kim YH. Gait performance and foot pressure distribution during wearable robot-assisted gait in elderly adults. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2017;14:123.
8. Spungen AM, Bauman WA, Biswas K, Jones KM, Snodgrass AJ, Goetz LL, et al. The design of a randomized control trial of exoskeletal-assisted walking in the home and community on quality of life in persons with chronic spinal cord injury. *Contemp Clin Trials*. 2020;96(July):106102.
9. Kandilakis C, Sasso-Lance E. Exoskeletons for Personal Use After Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021;102(2):331–7.
10. van Dijsseldonk RB, Vriezolk JE, Keijsers NLW, Geurts ACH, van Nes IJW. Needs and Wishes for the Future Exoskeleton: an Interview Study Among People With Spinal Cord Injury With Community-based Exoskeleton Experience. *Res Sq*. 2020;preprint:1–16. Prieiga per

interneta: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-135258/v1>.

11. Bissolotti L, Nicoli F, Picozzi M. Domestic use of the exoskeleton for gait training in patients with Spinal Cord Injuries: Ethical Dilemmas in clinical practice. *Front Neurosci*. 2018;12(FEB):1–5.

12. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. Prieiga per interneta: doi: 10.1136/bmj.n71.

13. Thomas J, Kneale D, McKenzie JE, Brennan SE, Bhaumik S. Chapter 2: Determining the scope of the review and the questions it will address. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022)*. Cochrane, 2022. Prieiga per interneta: www.training.cochrane.org/handbook.

14. Yang A, Asselin P, Knezevic S, Kornfeld S, Spungen AM. Assessment of in-hospital walking velocity and level of assistance in a powered exoskeleton in persons with spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2015;21(2):100–9.

15. van Dijsseldonk RB, van Nes IJW, Geurts ACH, Keijsers NLW. Exoskeleton home and community use in people with complete spinal cord injury. *Sci Rep*. 2020;10(1):1–8. Prieiga per interneta: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72397-6>.

16. Tefertiller C, Hays K, Jones J, Jayaraman A, Hartigan C, Bushnik T, et al. Initial outcomes from a multicenter study utilizing the indigo powered exoskeleton in spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2018;24(1):78–85.

17. Benson I, Hart K, Tussler D, Van Middendorp JJ. Lower-limb exoskeletons for individuals with chronic spinal cord injury: Findings from a feasibility study. *Clin Rehabil*. 2016;30(1):73–84.

18. Hartigan C, Kandilakis C, Dalley S, Clausen M, Wilson E, Morrison S, et al. Mobility outcomes following five training sessions with a powered exoskeleton. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2015;21(2):93–9.

19. Hong EK, Gorman PH, Forrest GF, Asselin PK, Knezevic S, Scott W, et al. Mobility Skills With Exoskeletal-Assisted Walking in Persons With SCI: Results From a Three Center Randomized Clinical Trial. *Front Robot AI*. 2020;7(August).

20. Gagnon DH, Escalona MJ, Vermette M, Carvalho LP, Karelis AD, Duclos C, et al.

Locomotor training using an overground robotic exoskeleton in long-term manual wheelchair users with a chronic spinal cord injury living in the community: Lessons learned from a feasibility study in terms of recruitment, attendance, learnability, performance. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15(1):1–12.

21. Khan AS, Livingstone DC, Hurd CL, Duchcherer J, Misiaszek JE, Gorassini MA, et al. Retraining walking over ground in a powered exoskeleton after spinal cord injury: A prospective cohort study to examine functional gains and neuroplasticity. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1):1–17.

22. Esquenazi A, Talaty M, Packel A, Saulino M. The Rewalk powered exoskeleton to restore ambulatory function to individuals with thoracic-level motor-complete spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(11):911–21.

23. Kozlowski AJ, Bryce TN, Dijkers MP. Time and effort required by persons with spinal cord injury to learn to use a powered exoskeleton for assisted walking. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2015;21(2):110–21.

24. Delgado AD, Escalon MX, Bryce TN, Weinrauch W, Suarez SJ, Kozlowski AJ. Safety and feasibility of exoskeleton-assisted walking during acute/sub-acute SCI in an inpatient rehabilitation facility: A single-group preliminary study. *J Spinal Cord Med.* 2020;43(5):657–66. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/10790268.2019.1671076>.

25. McIntosh K, Charbonneau R, Bensaada Y, Bhatiya U, Ho C. The Safety and Feasibility of Exoskeletal-Assisted Walking in Acute Rehabilitation After Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(1):113–20. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.09.005>.

26. Baunsgaard CB, Vig Nissen U, Katrin Brust A, Frotzler A, Ribeill C, Kalke YB, et al. Gait training after spinal cord injury: Safety, feasibility and gait function following 8 weeks of training with the exoskeletons from Ekso Bionics article. *Spinal Cord.* 2018;56(2):106–16. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1038/s41393-017-0013-7>.

27. Guanziroli E, Cazzaniga M, Colombo L, Basilico S, Legnani G, Molteni F. Assistive powered exoskeleton for complete spinal cord injury: Correlations between walking ability and exoskeleton control. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019;55(2):209–16.

28. Higgins JPT, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Sterne JAC. Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3. Cochrane, 2022. Prieiga per internetą: www.training.cochrane.org/handbook.

29. Sterne JAC, Hernán MA, McAleenan A, Reeves BC, Higgins JPT. Chapter 25: Assessing risk of bias in a non-randomized study. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022). Cochrane, 2022. Prieiga per internetą: www.training.cochrane.org/handbook.
30. Contreras-Vidal JL, Bhagat NA, Brantley J, Cruz-Garza JG, He Y, Manley Q, et al. Powered exoskeletons for bipedal locomotion after spinal cord injury. *J Neural Eng*. 2016;13(3).
31. Tan K, Koyama S, Sakurai H, Teranishi T, Kanada Y, Tanabe S. Wearable robotic exoskeleton for gait reconstruction in patients with spinal cord injury: A literature review. *J Orthop Transl*. 2021;28 (December 2020):55–64. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.01.001>.
32. Miller LE, Zimmermann AK, Herbert WG. Clinical effectiveness and safety of powered exoskeleton-assisted walking in patients with spinal cord injury: systematic review with meta-analysis. *Med Devices (Auckl)*. 2016;9:455–66.
33. Talaty M, Esquenazi A, Briceno JE. Differentiating ability in users of the ReWalk powered exoskeleton: An analysis of walking kinematics. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*. 2013.
34. Fritz H, Patzer D, Galen SS. Robotic exoskeletons for reengaging in everyday activities: promises, pitfalls, and opportunities. *Disabil Rehabil*. 2019;41(5):560–3. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1398786>
35. Kim HS, Park JH, Lee HS, Lee JY, Jung JW, Park SB, et al. Effects of Wearable Powered Exoskeletal Training on Functional Mobility, Physiological Health and Quality of Life in Non-ambulatory Spinal Cord Injury Patients. *J Korean Med Sci*. 2021;36(12):1–15.
36. Ralfs L, Hoffmann N, Weidner R. Method and test course for the evaluation of industrial exoskeletons. *Appl Sci*. 2021;11(20):1–19.
37. Juszczak M, Gallo E, Bushnik T. Examining the effects of a powered exoskeleton on quality of life and secondary impairments in people living with spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2018;24(4):336–42.
38. van Dijsseldonk RB, Rijken H, van Nes IJW, van de Meent H, Keijsers NLW. Predictors of exoskeleton motor learning in spinal cord injured patients. *Disabil Rehabil*. 2021;43(14):1982–8. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1689578>.
39. Bryce TN, Dijkers MP, Kozlowski AJ. Framework for assessment of the usability of lower-

- extremity robotic exoskeletal orthoses. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015;94(11):1000–14.
40. Rodríguez-Fernández A, Lobo-Prat J, Font-Llagunes JM. Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. *J Neuroeng Rehabil.* 2021;18(1):1–21. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00815-5>.
41. Bortole M, Venkatakrishnan A, Zhu F, Moreno JC, Francisco GE, Pons JL, et al. The H2 robotic exoskeleton for gait rehabilitation after stroke: Early findings from a clinical study Wearable robotics in clinical testing. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12(1):1–14. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-015-0048-y>.
42. Kolakowsky-Hayner SA, Crew J, Moran S, Shah A. Safety and feasibility of using the eksotm bionic exoskeleton to aid ambulation after spinal cord injury. *J Spine.* 2013;4:3. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.4172/2165-7939.S4-003>.
43. Alamro RA, Chisholm AE, Williams AMM, Carpenter MG, Lam T. Overground walking with a robotic exoskeleton elicits trunk muscle activity in people with high-thoracic motor-complete spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15(1):1–11.
44. van Hedel HJA. Gait speed in relation to categories of functional ambulation after spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009; 23:343-50.
45. Salbach NM, O'Brien K, Brooks D, et al. Speed and distance requirements for community ambulation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95:117-28.
46. Andrews AW, Chinworth SA, Bourassa M, Garvin M, Benton D, Tanner S. Update on distance and velocity requirements for community ambulation. *J Geriatr Phys Ther.* 2010;33:128–34.
47. Forrest GF, Hutchinson K, Lorenz DJ, Buehner JJ, VanHiel LR, Sisto SA, et al. Are the 10 meter and 6 minute walk tests redundant in patients with spinal cord injury? *PLoS One.* 2014;9.
48. Louie DR, Eng JJ, Lam T. Gait speed using powered robotic exoskeletons after spinal cord injury: a systematic review and correlational study. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12:82.
49. Gorgey AS, Wade R, Sumrell R, Villadelgado L, Khalil RE, Lavis T. Exoskeleton training may improve level of physical activity after spinal cord injury: a case series. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2017;23: 245-55.
50. Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, et al. How many steps/day are enough? For adults. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011;8:79.

51. Dennett AM, Taylor NF, Mulrain K. Community ambulation after hip fracture: completing tasks to enable access to common community venues. *Disabil Rehabil.* 2012;34(9): 707–714.
52. Snowdon DA, Sounthakith V, Kolic J, Brooks S, Scanlon S, Taylor NF. Many inpatients may not be physically prepared for community ambulation on discharge from a publicly funded rehabilitation centre: a cross-sectional cohort study. *Disabil Rehabil.* 2021;43(25):3672–9. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1745906>.
53. Duddy D, Doherty R, Connolly J, McNally S, Loughrey J, Faulkner M. The effects of powered exoskeleton gait training on cardiovascular function and gait performance: A systematic review. *Sensors.* 2021;21(9).
54. Asselin P, Knezevic S, Kornfeld S, et al. Heart rate and oxygen demand of powered exoskeleton-assisted walking in persons with paraplegia. *J Rehabil Res Dev.* 2015;52(2):147–158.
55. Forte G, Leemhuis E, Favieri F, Casagrande M, Giannini AM, Gennaro L De, et al. Exoskeletons for Mobility after Spinal Cord Injury: A Personalized Embodied Approach. *J. Pers. Med.* 2022, 12, 380.
56. Pais-Vieira C, Allahdad M, Neves-Amado J, Perrotta A, Morya E, Moioli R, et al. Method for positioning and rehabilitation training with the ExoAtlet® powered exoskeleton. *MethodsX.* 2020;7:100849. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100849>.
57. Liamtrakoolpanich P, Sanngoen W. Implementation of fall detection for war-exoskeleton robot. *Int J Mech Eng Robot Res.* 2020;9(2):287–92.
58. Karelis A, Carvalho L, Castillo M, Gagnon D, Aubertin-Leheudre M. Effect on body composition and bone mineral density of walking with a robotic exoskeleton in adults with chronic spinal cord injury. *J. Rehabil. Med.* 2017;49, 84–87.
59. White HSF, Hayes S, White M. The Effect of Using a Powered Exoskeleton Training Programme on Joint Range of Motion on Spinal Injured Individuals: A Pilot Study. *Int. J. Phys. Ther. Rehabil.* 2015;1.
60. Raab K, Krakow K, Tripp F, Jung M. Effects of training with the ReWalk exoskeleton on quality of life in incomplete spinal cord injury: A single case study. *Spinal Cord Ser. Cases* 2016; 2, 15025.
61. Stearns-Yoder KA, Brenner LA. Novel Psychological Outcomes with Ekso Bionics

Technology. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2018;99, e70–e71.

62. Heinemann AW, Jayaraman A, Mummidisetty CK, Spraggins J, Pinto D, Charlifue S, Tefertiller C, Taylor HB, Chang SH, Stampas A; et al. Experience of Robotic Exoskeleton Use at Four Spinal Cord Injury Model Systems Centers. J. Neurol. Phys. Ther. 2018;42, 256–267.

63. Read E, Woolsey C, McGibbon CA, O’Connell C. Physiotherapists’ Experiences Using the Ekso Bionic Exoskeleton with Patients in a Neurological Rehabilitation Hospital: A Qualitative Study. Rehabil. Res. Pr. 2020; 2020, 1–8.

9. PRIEDAI

9.1. Priedas. Egzoskeletų charakteristika

12 lentelė. Skirtingų egzoskeletų charakteristikos

	ReWalk	Indego	EKSO
Gamybos šalis	Izraelis	Jungtinės Valstijos	Jungtinės Valstijos
Vidutinė kaina eurais	70,000 – 85,000 €	80,000 – 140,000 €	100,000 – 150,000 €
Baterijos veikimo laikas (valandos)	2 val.	1,5 val.	1 val.
Baterijos įkrovimo laikas (valandos)	4 val.	4 val.	1 val.
Prietaiso svoris (kilogramai)	23,3 kg.	12 – 13 kg.	23 kg.
Maksimalus naudotojo ūgis (centimetrai)	160 – 190 cm.	155 – 191 cm.	158 – 188 cm.
Maksimalus naudotojo svoris (kilogramai)	100 kg.	113 kg.	100 kg.
Patvirtintas NSP lygis	≤Th4 – Th7	≤Th4 – Th7	C4 ir žemesnis
Veikimo principas	ReWalk susideda iš 4 pagrindinių dalių: save laikančios konstrukcijos su dvišaliais klubo ir kelio sąnarių varikliais; kuprinė su įkraunamomis baterijomis ir valdymo bloku; belaidis nuotolinio valdymo pultas, naudingas norint perjungti keturis skirtingus režimus; paleidimo sistema, naudinga pradėti kiekvieną žingsnį. Egzoskeletas valdomas belaidžiu režimo parinkikliu, kuris nešiojamas ant vartotojo riešo. Pasvirimo jutiklis leidžia atlikti iš anksto nustatytą klubo ir kelio judesį, kuris lemia žingsnį į priekį.	Indego susideda iš 5 komponentų: klubo segmento; dešinės ir kairės šlaunies segmento bei dešinės ir kairės blauzdos segmento. Judėjimą klubų ir kelių srityje užtikrina 4 varikliai, esantys kiekvienoje viršutinėje kojos dalyje, kartu su integruotais jutikliais ir valdikliais. Įtaisyti mikroprocesoriai gauna signalus iš integruotų jutiklių, kurie suteikia grįžtamąjį ryšį/informaciją apie vartotojo laikyseną ir pakrypimo pusę.	EKSO susideda iš 4 dalių: elektrinių variklių, skatinančių klubo ir kelių sąnarių judėjimą; pasyviosios spyruoklės; pėdų plokštės ir kuprinės, kurioje yra kompiuteris, baterijos maitinimo šaltinis ir laidinis valdiklis. Egzoskeletas pritvirtinamas prie vartotojo kūno dirželiais per pėdas, blauzdas ir šlaunis, pilvą ir pečius. Galūnių ir dubens segmentai yra reguliuojami pagal naudotojo kojų ilgį, o segmentas per dubenį reguliuojamas pagal klubų plotį ir klubų pasvyrimo kampą.

Indikacijos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Paraplegija arba parėzė po nugaros smegenų pažeidimo; ○ Asmuo turi turėti likusias rankos ir peties funkcijas, kad galėtų naudoti ramentus; ○ Toleruoja ilgalaikį stovėjimą vertikaliajoje padėtyje. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Paraplegija arba parėzė po nugaros smegenų pažeidimo; ○ Asmuo turi turėti likusias rankos ir peties funkcijas, kad galėtų naudoti ramentus; ○ Toleruoja ilgalaikį stovėjimą vertikaliajoje padėtyje; ○ Maksimalus klubų plotis: 42,2 cm.; ○ Šlaunikaulio ilgis: 35 – 47 cm.; ○ Spastiškumo balas (Ashworth skalė) 3 arba mažesnis. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Insultas, nugaros smegenų pažeidimas ar kitos neurologinės būklės; ○ Pakankama raumenų jėga rankose.
Kontraindikacijos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sunkūs neurologiniai sužalojimai; ○ Sunkios gretutinės medicininės ligos: infekcijos, kraujotakos, širdies ar plaučių ligos, spaudimo sutrikimai, opos; ○ Sunkus spastiškumas (Ashworth skalė 4 balai); ○ Dubens lūžiai; ○ Kontraktūros; ○ Psichinės ligos arba kognityviniai sutrikimai; ○ Nėštumas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kontraktūros klubuose, keliuose ar kulkšnyse; ○ Giliųjų venų trombozė; ○ Ortostatinė hipotenzija; ○ Kognityviniai sutrikimai; ○ Regėjimo sutrikimai; ○ Odos problemos, egzoskeleto devėjimo kūno vietose; ○ Lūžiai; ○ Nėštumas. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Spastiškumas; ○ Odos problemos, egzoskeleto devėjimo kūno vietose; ○ Nėštumas; ○ Stuburo nestabilumas; ○ Psichinės ligos arba kognityviniai sutrikimai; ○ Giliųjų venų trombozė.

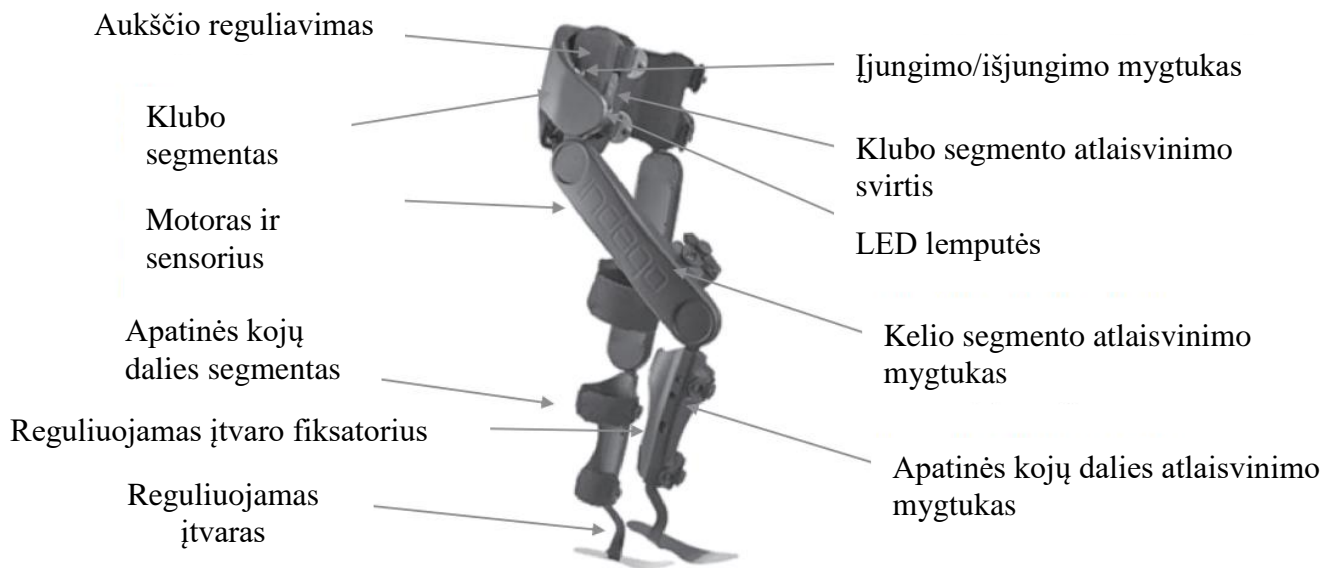
Lentelė parengta remiantis: *Powered Lower Limb Exoskeletons for Spinal Cord Injury. ISCRR Horizon Scanning: Brief. 2016.*

9.2. Priedas. ReWalk egzoskeleto sistema



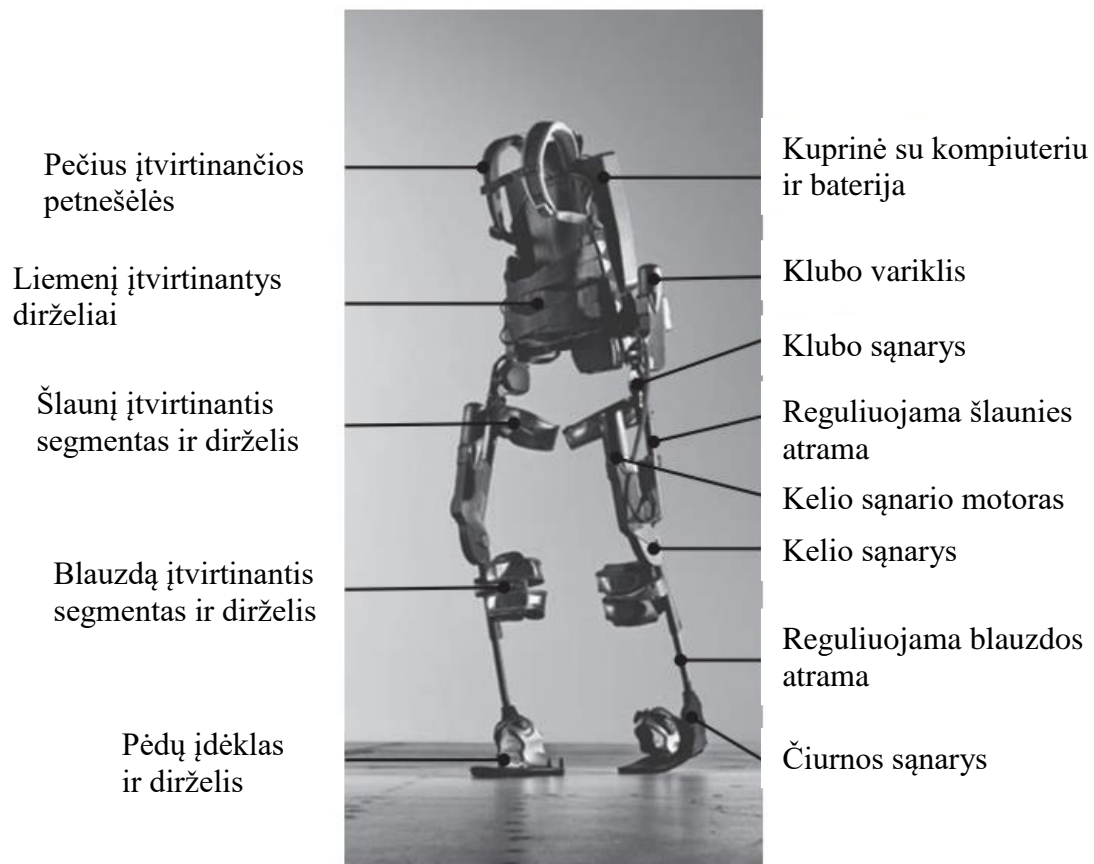
2 pav. *ReWalk egzoskeleto sistemos dalys*[Guanziroli E ir kt., 2019]

9.3. Priedas. Indego egzoskeleto sistema



3 pav. Indego egzoskeleto sistemos dalys [Tefertiller C ir kt., 2018]

9.4. Priedas. EKSO egzoskeleto sistema



4 pav. EKSO egzoskeleto sistemos dalys [Kozłowski AJ ir kt., 2015]

9.5. Priedas. Sisteminės literatūros apžvalgos protokolas

PAVADINIMAS	Egzoskeletų naudojimo efektyvumas nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje: sisteminė literatūros apžvalga.
VADOVAS	Dr. Svetlana Lenickienė
VYKDYTOJAS	Gabrielė Romanenkaitė
DARBO ATLIKIMO LAIKOTARPIS	2021 m. rugsėjo mėn. – 2022 m. balandžio mėn.
DARBO TIKSLAS	Nustatyti egzoskeletų naudojimo efektyvumą nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje, analizuojant atliktus mokslinius tyrimus.
DARBO KLAUSIMAS	Ar egzoskeletų naudojimas efektyvus – nugaros smegenų pažeidimus patyrusių pacientų ėjimo funkcijai ir mobilumui aplinkoje?
PAIEŠKOS STRATEGIJA	
Duomenų bazės, kuriose atliekama paieška	Publikacijų paieška buvo atliekama pagal paieškos strategiją <i>PubMed (MEDLINE)</i> ir <i>Web of Science (Clarivate Analytics)</i> duomenų bazėse.
Straipsnių įtraukimo kriterijai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Moksliniai straipsniai publikuoti nuo 2012 iki 2022 metų; 2. Publikacijos anglų kalba; 3. Aprašomas egzoskeletų naudojimas kasdieniame gyvenime; 4. Tyrimai atlikti su žmonėmis; 5. Tyrimas atliktas bet kurioje pasaulio šalyje; 6. Kiekybiniai tyrimai (kohortiniai, klinikiniai atsitiktinių imčių, pilotiniai bei stebėjimo tyrimai); 7. Rodikliai matuojami subjektyviais arba objektyviais metodais.
Straipsnių neįtraukimo kriterijai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sisteminės literatūros apžvalgos, metaanalizės; 2. Kokybiniai tyrimai; 3. Tyrimai atlikti su vaikais iki 18 metų;

	<p>4. Pasikartojantis straipsnis;</p> <p>5. Tyrimai, kuriuose nebuvo vertinama eisena arba mobilumas.</p> <p>6. Tyrimai, kurių metu nebuvo naudojamas egzoskeleto tipo robotas.</p>
Vertinamosios baigtys	Nustatyti egzoskeletų naudojimo efektyvumą, pacientų patyrusių nugaros smegenų pažeidimus, ėjimo funkcijos ir mobilumo aplinkoje pagerėjimui nepriklausomai nuo taikyto tyrimo metodo.
Paieškos žodžiai (anglų kalba)	<i>spinal cord injury AND exoskeleton device OR robot assisted therapy OR robotic exoskeleton OR exoskeleton AND gait OR mobility OR home environment OR personal.</i>