



KLAIPĖDOS  
VALSTYBINĖ  
KOLEGIJA

**SVEIKATOS MOKSLŲ FAKULTETAS  
KINEZITERAPIJOS IR GROŽIO TERAPIJOS KATEDRA**

Monika Straukaitė

**VIRTUALIOS REALYBĖS POVEIKIS PO TRAUMINIO GALVOS SMEGENŲ  
SUŽALOJIMO**

Profesinio bakalauro baigiamasis darbas

Kineziterapijos

Studijų programos valstybinis kodas 6531GX006

Reabilitacijos mokslų studijų kryptis

Autorius Monika Straukaitė

\_\_\_\_\_

*(parašas)*

\_\_\_\_\_

*(data)*

Vadovas, lektorius Darius Einars

\_\_\_\_\_

*(parašas)*

\_\_\_\_\_

*(data)*

Klaipėda, 2020

---

## Santrauka

**Monika Straukaitė „Virtualios realybės poveikis po trauminio galvos smegenų sužalojimo“, kineziterapijos studijų programa, sveikatos mokslų fakultetas, Klaipėdos valstybinė kolegija**

**Darbo problema:** Koks virtualios realybės poveikis po trauminio galvos smegenų sužalojimo?

**Darbo objektas:** Virtuali realybė po trauminio galvos smegenų sužalojimo.

**Darbo tikslas:** Įvertinti virtualios realybės poveikį po trauminio galvos smegenų sužalojimo.

**Darbo uždaviniai:**

1. Mokslinės literatūros analizė apie trauminį galvos smegenų sužalojimą, apie kineziterapinį gydymą ir virtualios realybės panaudojimą.
2. Išanalizuoti virtualios realybės poveikį pusiausvyrai ir eisenai.
3. Išanalizuoti virtualios realybės poveikį kognityvinėms funkcijoms.

**Darbo metodai:**

1. Mokslinės literatūros analizė.
2. Sisteminė literatūros analizė.

**Išvados:** 1. Buvo atlikta mokslinės literatūros analizė, kurioje išsiaiškinta, kad trauminis galvos smegenų sužalojimas yra trijų tipų: lengvo, vidutinio sunkumo ir sunkios formos. Dažniausi sutrikimai po TGSS yra motoriniai, pažintiniai ir emociniai. Visose TGSS formose atsiranda pusiausvyros, eisenos ir kognityvinių funkcijų sutrikimai. Po TGSS dažniausiai kineziterapeutas turi gerinti statinę ir dinaminę pusiausvyrą, atkurti taisyklingą eiseną ir lavinti kognityvines funkcijas. Naudojantis naujausiomis technologijomis, tokiomis kaip virtuali realybė, galima palengvinti kineziterapeuto darbą, pasiekti geresnių rezultatų. 2. Sisteminėje literatūros analizėje buvo apžvelgti 5 tyrimai, kuriuose buvo naudojama virtuali realybė. Moksliniai tyrimai parodė, kad virtuali realybė lavina tiek statinę, tiek dinaminę pusiausvyrą, liemens kontrolę ir eiseną, visų TGSS formų pacientams, net ir per trumpą reabilitacijos laikotarpį. Po virtualios realybės terapijos, sumažėjo pacientų griuvimo rizika. 3. Remiantis analizuotais moksliniais straipsniais, galima teigti, jog virtualios realybės terapija taip pat gerina ir kognityvines funkcijas asmenims po TGSS. Tyrimuose, kognityvinių funkcijų pagerėjimai po intervencijos, buvo iširti sunkią TGSS formą patyrusiems pacientams.

**Raktiniai žodžiai:** Trauminis galvos smegenų sužalojimas, virtuali realybė, pusiausvyra, eiseną, kognityvinės funkcijos.

---

## Summary

### **Monika Straukaitė „The impact of virtual reality after traumatic brain injury“, physiotherapy study programme, Faculty of Health Sciences, Klaipeda State University of Applied Sciences**

**Study problem:** What is the impact of virtual reality after a traumatic brain injury?

**Study object:** Virtual reality after traumatic brain injury.

**Aim of the study:** To evaluate the impact of virtual reality after traumatic brain injury.

**Tasks of study:**

1. Analysis of the scientific literature on traumatic brain injury, about physiotherapy treatment and the use of virtual reality.
2. To analyze the effect of virtual reality on balance and gait.
3. To analyze the effect of virtual reality on cognitive functions.

**Study methods:**

1. Analysis of scientific literature.
2. Systematic literature analysis.

**Conclusions:** 1. An analysis of the scientific literature was performed in which it was found that there are three types of traumatic brain injury: mild, moderate, and severe. The most common disorders after TBI are motor, cognitive, and emotional. Impairment of balance, gait, and cognitive function occurs in all forms of TBI. After TBI, the physiotherapist usually needs to improve static and dynamic balance, restore correct gait, and develop cognitive functions. Using the latest technologies, such as virtual reality, it is possible to facilitate the work of a physiotherapist, to achieve better results. 2. In a systematic analysis of the literature, 5 studies using virtual reality were reviewed. Research has shown that virtual reality develops both static and dynamic balance, trunk control and gait, for patients with all forms of TBI, even during a short period of rehabilitation. After virtual reality therapy, the risk of patients collapsing decreased. 3. Based on the analyzed scientific articles, it can be stated that virtual reality therapy also improves cognitive functions in individuals after TBI. In studies, improvements in cognitive function after intervention were investigated in patients with severe TBI.

**Key words:** Traumatic brain injury, virtual reality, balance, gait, cognitive functions.

### Sąvokų žodynis

**Trauminis galvos smegenų sužalojimas** – tai sparčiai didėjanti visuomenės sveikatos problema, kuri sukelia fizinius ir psichologinius sutrikimus tiek išgyvenusiems, tiek jų artimiesiems. TGSS yra skirstomas į tris formas: lengvą, vidutinio sunkumo ir sunkią. Net ir lengviausioje formoje gali atsirasti motorinių, pažintinių ir emocinių sutrikimų, kurie įtakoja išgyvenusiųjų pusiausvyrą, eiseną ir kognityvines funkcijas.

**Virtuali realybė** – tai žaidimais pagrįsta moderni terapijos programa, kurioje asmuo sąveikauja su virtualia aplinka per judesio stebėjimo jutiklius. Žaidimų programos gali būti sukurtos remiantis tuo, kokias asmens sutrikusias funkcijas, reikia atkurti arba gerinti.

### Naudota literatūra:

1. Christopher E., Alsaffarini K. W., Jamjoom A. A. (2019). *Mobile Health for Traumatic Brain Injury: A Systematic Review of the Literature and Mobile Application Market*. Neurological Surgery, College of Medicine and Veterinary Medicine, University of Edinburgh, Edinburgh, GBR.
2. Cnossen M. C., Lingsma H. F., Tenovuo O. and others (2017). *Rehabilitation after traumatic brain injury: a survey in 70 European neurotrauma centres participating in the center – TBI study*. Center for Medical Decision Sciences, Department of Public Health, Erasmus Medical Center, Rotterdam, The Netherlands.
3. Ustinova K. I., Perkins J., Leonard W. A., Hausbeck C. J. (2014). *Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study*. Physical Therapy Department Hope Network Rehabilitation Services, Mt. Pleasant, MI, USA.
4. Ustinova K. I., Perkins J., Leonard W. A., Ingersoll C. D., Herbert H., Grace A. (2013). *Virtual Reality Game-based Therapy for Persons with TBI: A pilot study*. Physical Therapy Department Hope Network Rehabilitation Services, Mt. Pleasant, MI, USA.

**Darbe pateiktų lentelių sąrašas**

<b>Eil. Nr.</b>	<b>Lentelės pavadinimas</b>	<b>Puslapis</b>
1.	Glazgo komos skalė	14
2.	Pagrindinės mokslinių tyrimų charakteristikos	34

**Darbe pateiktų paveikslų sąrašas**

<b>Eil. Nr.</b>	<b>Paveikslo pavadinimas</b>	<b>Puslapis</b>
1.	Eisenos ciklas (Pirker W., Katzenschlager R. 2017)	16
2.	Publikacijų atrankos schema	32
3.	1 tyrimo dalyvis stovi priešais ekraną su numatytu žaidimų scenarijumi	36
4.	2 tyrimo dalyvis ir treniruočių aplinka, žaidžiant "Kinect Adventure" žaidimą	37
5.	3 tyrimo virtualios realybės simuliacija	37
6.	4 tyrimo trys VR užduotys, kurias dalyvis vykdo per virtualius užsiėmimus. (a) riedlentę, (b) kiemą ir (c) aštuonkojį. Grafikai iliustruoja vieno reprezentacinio dalyvio kūno segmento (-ų) trajektorijas, naudojamas judesių analizei	38
7.	1 tyrimo VR realybės poveikio rezultatai, testų skirtumai prieš VR, po VR ir įgūdžių išsaugojimas po VR intervencijos	39
8.	2 tyrimo dalyvio rezultatai atlikti prieš 2 savaites iki VR (I), prieš VR (II) atliktas likus vienai dienai iki intervencijos, po VR ir po 2 savaičių atlikto įgūdžių išsaugojimo patikrinimas	39
9.	4 tyrimo VR realybės poveikio rezultatai, testų skirtumai prieš VR, po VR ir įgūdžių išsaugojimas po VR intervencijos	41
10.	5 tyrimo VR realybės poveikio rezultatai dinaminio eisenos indekso ir funkcinio siekimo testo, prieš VR, po VR ir įgūdžių išsaugojimas	41

---

## Trumpiniai

**cm** – centimetrai;

**GKS** – Glazgo komos skalė;

**ir kt.** – ir kiti;

**min** – minutės;

**pav.** – paveikslas;

**proc.** – procentai;

**pvz.** – pavyzdžiui;

**s** – sekundės;

**t. y.** – tai yra;

**t. t.** – taip toliau;

**TGSS** – trauminis galvos smegenų sužalojimas;

**VR** – virtuali realybė.

---

**Turinys**

<b>Santrauka</b> .....	2
<b>Summary</b> .....	3
<b>ĮVADAS</b> .....	8
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA</b> .....	10
<b>1.1. Trauminio galvos smegenų sužalojimo simptomai, klasifikacija ir priežastys</b> .....	10
<b>1.2. Pusiausvyros sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	14
<b>1.3. Eisenos ir žingsnio fazės sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	15
<b>1.4. Kognityvinių funkcijų sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	17
<b>1.5. Reabilitacija po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	18
<b>1.6. Kineziterapija po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	20
<b>1.6.1. Kineziterapija pusiausvyrai lavinti</b> .....	23
<b>1.6.2. Kineziterapija eisenai lavinti</b> .....	25
<b>1.6.3. Kineziterapija kognityvinėms funkcijoms gerinti</b> .....	26
<b>1.7. Virtualios realybės panaudojimas pacientams po trauminio galvos smegenų sužalojimo</b> .....	28
<b>2. TYRIMO METODIKA</b> .....	31
<b>2.1. Rezultatai</b> .....	33
<b>2.2. Virtualios realybės metodo poveikio rezultatų analizė</b> .....	38
<b>2.1. Rezultatų apibendrinimas</b> .....	42
<b>PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS</b> .....	45
<b>IŠVADOS</b> .....	46
<b>LITERATŪROS SĄRAŠAS</b> .....	47

## ĮVADAS

Trauminis galvos smegenų sužalojimas yra intrakranijinis sužalojimas, kurį sukelia išorinė jėga, veikianti galvą, kuri viršija smegenų apsaugines galimybes. Ši jėga gali būti stiprus smūgis, iškeliantis gumbą, sviedinys, kulka ar net sprogdymas. Atsižvelgiant į smūgio sunkumą, tai gali sukelti kraujosruvas, kraujavimą, smegenų disfunkciją, sąmonės netekimą, atminties praradimą, neurologines anomalijas ar net mirtį. Sužalojimo poveikis gali trukti laikinai, keletą dienų arba visą likusį paciento gyvenimą. TGSS yra kritinė visuomenės sveikatos ir socialinė bei ekonominė problema visame pasaulyje, šio sužalojimo statistika kasmet didėja. Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, TGSS bus pagrindinė sveikatos problema ir pagrindinė negalios priežastis 2020 metais. Pirminė ir antrinė TGSS sukelia laikinus ir (arba) nuolatinius smegenų funkcijos sutrikimus, kurie riboja paciento veiklą, daro įtaką visuomenės dalyvavimui ir blogina gyvenimo kokybę (Dang ir kt., 2017).

Kiekvienais metais 1,6–3,8 mln. žmonių patiria trauminį galvos smegenų sužalojimą JAV, iš kurių 75 proc. laikomi lengvu. Dauguma simptomų po lengvo galvos smegenų sužalojimo yra subtilūs ir egzaminuotojas gali jų nepastebėti, todėl jautrios ir objektyvios priemonės yra būtinos. Dauguma atliktų tyrimu praneša apie pablogėjusią pusiausvyrą, kai naudojamos objektyvios priemonės tiriant pacientą, pavyzdžiui tokios kaip nestabilios platformos arba yra išbandomos laikysenos padėties sudėtingesnėmis sąlygomis (Gera ir kt., 2018).

Kineziterapija vaidina svarbų vaidmenį, norint atkurti sutrikusias funkcijas. Jos metu įvertinama paciento funkcinė būklė ir kiekvienam pacientui pritaikomi tinkami metodai ir priemonės. TGSS patyrusiems pacientams dažniausiai pasireiškia pusiausvyros, eisenos, kognityvinių funkcijų, jutimo, ataksijos ir koordinacijos sutrikimai. Visi šie veiksniai riboja asmenų mobilumą, todėl norint būti kiek galima daugiau savarankiškais, būtina kineziterapija (Lendraitienė ir kt., 2016).

Pusiausvyros sutrikimas yra vienas iš dažniausiai pasitaikančių sutrikimų po TGSS. Tyrimai rodo, kad nuo 23 proc. iki 81 proc. žmonių skundžiasi pusiausvyros sutrikimu ūminėje lengvo TGSS fazėje ir kad iki 31 proc. žmonių, turi ilgalaikius disbalanso simptomus (Gera ir kt., 2018). Galima daryti išvadą, kad vidutinio sunkumo ar sunkios TGSS formos pacientams, pasireiškia sunkesni pusiausvyros sutrikimai.

Kasmet įvyksta apie 80 000 – 90 000 naujų galvos smegenų traumų, dėl kurių asmenims atsiranda ilgalaikis neįgalumas. Vaikščiojimo sunkumai yra įprasti po TGSS dėl motorinių, jutimo ir pažinimo sutrikimų. Reabilitacijos metu iki 73 proc. TGSS sergančių asmenų gali pasiekti savarankiškumą. Tačiau dauguma žmonių, sergančių sunkiu TGSS, patiria nuolatinius ir ilgalaikius iššūkius. Todėl kineziterapeutai yra reikalingi, kad apmokytų saugiai ir taisyklingai vaikščioti ir kad parinktų tinkamą ir efektyvų reabilitacijos metodą (Buster ir kt., 2013).

Asmenys, išgyvenę TGSS, kaip anksčiau buvo minėta, patiria lėtinę negalią. Tai daro didelę

įtaką asmens gyvenimui, atsižvelgiant į pažinimo, elgesio, psichosocialinius ir fizinius veiksnius bei profesines problemas. Tarp jų kognityvinių funkcijų sutrikimai, kurie dažniausiai yra labiausiai veikianti priežastis neįgalumui ir varginanti paveiktus asmenis, šeimos narius ir visuomenę. Kognityvinis deficitas gali smarkiai pakenkti kasdieniam gyvenimui, užimtumui, socialiniams santykiams, poilsiui ir aktyviam dalyvavimui bendruomenėje (Barman ir kt., 2016). TGSS pacientams, kurie patiria kognityvinius sutrikimus, reikia skirti tokį reabilitacijos būdą, kuris sudomintų pacientą, keltų motyvaciją ir būtų efektyvus.

**Darbo aktualumas:** Pasaulyje vis daugiau tyrimų yra atliekama sužinoti virtualios realybės poveikį, įvairius sutrikimus turintiems asmenims. Ši metodika gali padėti kineziterapeutam pasiekti didesnių rezultatų TGSS patyrusiems asmenims. Virtualios realybės pagrįsti žaidimai ir aplinka yra pripažinti veiksmingu terapiniu metodu reabilituojant asmenis, kuriems yra trauminiai ar įgyti galvos ir nugaros smegenų sužalojimai. Pagrindinis VR programų komponentas yra, jų gebėjimas modeliuoti beveik bet kokio tipo aplinką ir manipuliuoti regos suvokimą, darant įtaką judamojo aparato veikimui. Daugybė tyrimų parodė apie teigiamą trumpalaikį ir ilgalaikį su VR praktika susijusį pagerėjimą pacientams, patyrusiems galvos ir nugaros smegenų trauminius sužalojimus, insultą, cerebrinį paralyžių ir Parkinsono ligą. Tačiau nėra bendros nuomonės, kaip virtualioji aplinka keičia judesių atlikimą, ypač asmenims, patyrusiems trauminius galvos smegenų sužalojimus (Schafer ir Ustinova, 2013). Todėl šis darbas skirtas apžvelgti virtualios realybės poveikį po trauminio galvos smegenų sužalojimo, išanalizuoti VR poveikį pusiausvyrai, eisenai ir kognityvinėms funkcijoms.

**Darbo problema:** Koks virtualios realybės poveikis po trauminio galvos smegenų sužalojimo?

**Darbo objektas:** Virtuali realybė po trauminio galvos smegenų sužalojimo.

**Darbo tikslas:** Įvertinti virtualios realybės poveikį po trauminio galvos smegenų sužalojimo.

**Darbo uždaviniai:**

1. Mokslinės literatūros analizė apie trauminį galvos smegenų sužalojimą, apie kineziterapinį gydymą ir virtualios realybės panaudojimą.
2. Išanalizuoti virtualios realybės poveikį pusiausvyrai ir eisenai.
3. Išanalizuoti virtualios realybės poveikį kognityvinėms funkcijoms.

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

### 1.1. Trauminio galvos smegenų sužalojimo simptomai, klasifikacija ir priežastys

Trauminis galvos smegenų sužalojimas yra auganti visuomenės sveikatos problema, kurios sergamumo skaičiai kiekvienais metais didėja visame pasaulyje. Yra įvairių sunkumų susijusių su sunkiais TGSS atvejais, kurie sukelia reikšmingus motorinius, pažintinius ir emocinius sutrikimus. Net ir lengvi sužalojimai, kurie sudaro daugiau kaip 80 proc. atvejų, gali sukelti simptomus net ir po smegenų sukrėtimo. Tai apima daugybę simptomų, suskirstytų į keturias kategorijas: somatiniai, pažintiniai, emociniai ir miego sutrikimai, kurie gali pakenkti paciento judėjimo funkcijai. Po trauminio galvos smegenų sužalojimo ar lengvo smegenų sukrėtimo, labai svarbu kuo anksčiau nustatyti ir atpažinti pacientų simptomus ir teikti reikalingą pagalbą (Christopher ir kt., 2019). Galimi šie ūminio ir poūmio etapo simptomai:

1. Sumišimas.
2. Atminties praradimas.
3. Sąmonės praradimas.
4. Galvos skausmai ir svaigimas.
5. Pykinimas ar net vėmimas.
6. Pusiausvyros sutrikimai ir bloga koordinacija.
7. Eisenos nestabilumas (Gera ir kt., 2018).

TGSS išgyvenę asmenys yra viena didžiausių neįgaliųjų grupių visame pasaulyje. Skirtingai nuo kitų neurologinių sutrikimų (pvz., Insulto, Parkinsono ligos), potrauminiai motoriniai ir funkciniai sutrikimai iš esmės skiriasi kiekvienam asmeniui. Vis dėlto, neatsižvelgiant į galvos smegenų traumos tipą, vietą ir sunkumą, daugumai asmenų, turinčių su TGSS susijusią negalę, būna sutrikusi laikysena ir motorinė koordinacija. Šie trūkumai, būdingi daugybei skirtingų kombinacijų, kurie apima, nestabilumą stovint ir vaikstant, sutrikusią eiseną, sutrikdyta rankos ir laikysenos sąveika atliekant su objektu susijusius veiksmus, trūksta abipusio rankos ir kojos priklausomumo, būna prastas rankos tikslumas ar miklumai, atsiranda sunkumai koordinuojant akių ir galvos judesius, daikto sekimo akimis arba fokusavimo į taikinį problemos. Be to, smegenų sužalojimas nebūtinai turi būti laikomas sunkiu, kad paveiktų tokias funkcijas kaip laikysenos stabilumą, kuris paveikiamas vaikstant net ir asmenims, kuriems yra lengvas smegenų sužalojimas ar smegenų sukrėtimas. Dėl šių sutrikimų sumažėja TGSS išgyvenusių asmenų gyvenimo kokybė, yra ribojamos jų galimybės dirbti ir dalyvauti socialinėje bei šeimos veikloje (Ustinova ir kt., 2013).

Nguyen ir kitų atliktame tyrime, Suomijoje vaikų populiacijos TGSS sergamumas yra 134 iš 100000 asmenų per metus, palyginti su bendrais atvejais visų amžiaus grupių 349 iš 100000 asmenų per metus. Viename Australijos tyrime šis skaičius yra žymiai mažesnis, palyginti su paauglių ir suaugusiųjų populiacija 618 iš 100000. Sukauptos TGSS paplitimo analizės duomenys rodo, kad

vaikų populiacija siekia 110 iš 100000, pagyvenusių žmonių – 166 iš 100000 asmenų, o bendras visų amžiaus grupių procentas – 295 iš 100000 asmenų. Remiantis šiais sergamumo lygio ir proporcijos įvertinimais, pagrįstai galima daryti išvadą, kad amžius prisideda prie TGSS, o didžioji dalis sužalojimų pasireiškia suaugusiųjų populiacijoje, palyginus su vaikų ar senyvo amžiaus pacientais. Taip pat buvo nustatyta lytis ir TGSS sunkumas. Nustatyta, kad didesnė vyrų dalis patiria galvos traumas nei moterys, o dauguma TGSS buvo klasifikuojami kaip lengvi. Tikėtina, kad šios tendencijos yra susijusios su tuo, kad jauni suaugę vyrai yra linkę į rizikingą elgesį, todėl padidėja galvos smegenų traumos rizika (Nguyem ir kt., 2016).

Anot, Shi ir kitų, TGSS sukelta žala skirstoma į dvi rūšis: pirminę ir antrinę smegenų traumas. Pirminis sužalojimas pradedamas fiziniu galvos pažeidimu, dėl kurio gretimi audiniai suspaudžiami ar sužeidžiami prarandant sąmonę arba išliekant sąmoningam. Antrinis sužalojimas yra sudėtingas procesas, vykstantis valandomis ar dienomis po pirminio sužalojimo, apimantis kaukolės ar sisteminės komplikacijas. Kaukolės komplikacijos gali būti smegenų edema, intrakranijinė hipertenzija, infekcija, kalcio jonų toksiškumas ir vazospazmas. Sisteminės komplikacijos dažniausiai būna išeminės ir apima hipoksemiją, hipotenziją, hipertenziją, hiperglikemiją ir hipoglikemiją. Tarp šių antrinių komplikacijų hiperglikemija TGSS sergantiems pacientams yra viena iš labiausiai paplitusių ir koreliuoja su sužalojimo sunkumu ar net klinicine mirtimi (Shi ir kt., 2016).

Smegenų sukrėtimas laikomas indikacija dviejų – trijų dienų stacionariam paciento stebėjimui, daugiausia siekiant nustatyti galimus intrakranijinius pažeidimus, tokius kaip smegenų sumušimas, hematoma, subarachnoidealinis kraujavimas, kuris gali būti besimptomis iškart po traumos. Rizika, kad intrakranijinė hematoma išsivystys vėliau nei per dvi dienas po sužalojimo, laikoma minimalia. Kiti duomenys, tokie kaip kaukolės lūžis, kuris matomas rentgeno metu, sąmonės praradimas, susijęs su trauma ar neurologinėmis anomalijomis (anizokorija, meninginio dirginimas, patologiniai refleksai, vienašalis raumenų silpnumas ar parėzė) paprastai yra indikacijos išplėsti diagnostiką. Piktnaudžiavimas alkoholiu, traukuliai ar silpnumo epizodas prieš galvos traumą yra aplinkybės, kuriomis sunku atskirti, ar sąmonės netekimas iš tikrųjų buvo traumos padarinys (Zyluk, 2015).

Lengvi trauminiai sužalojimai yra dažniausiai pasitaikantys trauminiai galvos smegenų sužalojimai, kurių dažnis gali viršyti 300 asmenų iš 100 000. Dauguma pacientų greitai atsigauna po lengvo sužalojimo, tačiau mažumai – apie 10–20 proc. – vystosi išliekantys simptomai. Nors ši mažuma mokslinių tyrimų literatūroje pripažįstama jau du dešimtmečius, šiai grupei vis dar trūksta įrodymais pagrįsto gydymo galimybių (Bergersen ir kt., 2017).

Kaip minima Bergerseno ir kitų bendraautorių straipnyje, lengvi TGSS yra daugiausiai paplitę ir sudaro ~ 85–90 proc. visų trauminių smegenų sužalojimų. Po lengvų TGSS yra pranešama apie įvairius pažintinius, emocinius ir somatinius simptomus, tarp kurių dažniausiai pasireiškia galvos

skausmas, nuovargis, galvos svaigimas, miego problemos, dirglumas, neryškus matymas ir subjektyvus dėmesio bei atminties sutrikimas. Kadangi šiems pacientams pasireiškia daugybė simptomų, autoriai mano, jog skirta intervencija, taip pat turėtų apimti simptomų palengvinimą skirtingais veikimo būdais: pažintiniais, emociniais ir somatiniais. Yra dvi diagnozės, apibūdinančios ilgalaikius simptomus po lengvo TGSS: po smegenų sukrėtimo sindromas ir po smegenų sukrėtimo sutrikimas. Yra pagrįstumo ir patikimumo problemų, susijusių su abiem diagnozėmis, ir tai gali paaiškinti, kodėl šioje srityje nėra bendro sutarimo. Aiškus skirtumas yra tas, kad pirmasis nurodo „smegenų sukrėtimo sindromą“, o antrasis nurodo „sutrikimą“ po smegenų sukrėtimo. Kai kurie mano, kad reikėtų visiškai atsisakyti termino „smegenų sukrėtimas“ (sindromas), nes pacientams dažnai būdingi labai individualūs simptomai, kurių negalima patikimai apibūdinti kaip turint vienodą sindromą (Bergersen ir kt., 2017).

Steven DeKosky ir Asken straipsnyje rašoma apie tai, kad neseniai atsirado susirūpinimas dėl pasikartojančių subklinikinių galvos smegenų traumų, kurios neperžengia stebimų ar išmatuojamų funkcinių pokyčių slenksčio, tačiau vis tiek gali sukelti neuronų aksonų įtampą. Šis susirūpinimas greičiausiai kyla dėl išvadų, kad pasikartojančios tam tikrų sporto šakų (amerikietiškas futbolas, ledo ritulys ir kitos) ir karių traumos pasireiškė kaip lėtinė trauminė encefalopatija ar atsirado struktūriniai smegenų pokyčiai, nebūtinai koreliuojantys su reikšminga, dokumentais užfiksuota smegenų sukrėtimo istorija. Paprastaiems gyventojams gresia visų įvykių TGSS rizika, atsirandanti dėl įvairių sunkumų, pavyzdžiui:

1. Kritimai iš lovos ar kopėčių, laiptais žemyn, vonioje ir kiti griuvimai yra dažniausia smegenų traumos priežastis, ypač vyresniems suaugusiems ir mažiems vaikams.
2. Susidūrimai dėl transporto priemonės, kuriuose susiduria automobiliai, motociklai ar dviračiai, ir pėstieji, patekę į tokias avarijas, yra dažna smegenų traumos priežastis.
3. Smurtas. Dažnos priežastys yra šautinės žaizdos, smurtas šeimoje, prievarta prieš vaikus ir kiti išpuoliai. Supurtytas kūdikio sindromas yra trauminis kūdikių smegenų sužalojimas, kurį sukelia smurtinis sukrėtimas.
4. Sportines galvos smegenų sužalojimo traumas gali sukelti daugelis sporto šakų, įskaitant futbolą, bokso, krepšinį, beisbolą, lakrosą, riedlenčių sportą, ritulį ir kitas didelio poveikio ar ekstremalias sporto šakas. Tai ypač dažnai pasitaiko jauniems žmonėms.
5. Sprogstamieji sprogimai ir kiti kovos sužeidimai yra dažna aktyviųjų karių personalo trauminių smegenų sužalojimų priežastis. Nors tai, kaip ši žala atsiranda, dar nėra gerai suprantama, daugelis tyrinėtojų mano, kad slėgio banga, einanti per smegenis, smarkiai sutrikdo smegenų veiklą.

Kai kurie sporto atletai ir kariškiai yra unikaliai veikiami pasikartojančių subklinikinių galvos smegenų traumų, taip pat dažnesnio lengvo TGSS. Neaišku, koku laipsniu ūmios, sunkios TGSS

sergančių pacientų išvados tiesiogiai taikomos tiems, kuriems trauma pasikartoja, tačiau tokie duomenys tikriausiai identifikuoja kandidatus, pagrindžiančius ryšį su vėlesnio gyvenimo neurodegeneracinėmis ligomis (Steven DeKosky ir Asken, 2017).

Glazgo komos skalė yra plačiausiai naudojama klinikinė balų sistema, vertinant TGSS sunkumą. Ji paprastai naudojama klasifikuojant trauminius sužalojimus į lengvas, vidutinio sunkumo ir sunkias. Asmenys, kurių GKS balas yra nuo 3 iki 8, yra klasifikuojami kaip turintys sunkią TGSS, nuo 9 iki 12 balų, kaip vidutinio sunkumo TGSS, nuo 13 iki 15 – kaip lengvą TGSS (Nguyem ir kt., 2016). Vidutinio sunkumo ar sunkus galvos smegenų sužalojimas gali sukelti ilgalaikius ar nuolatinius žmogaus sąmonės, sąmoningumo ar reagavimo būklės pokyčius. Skirtingos sąmonės būsenos apima tokias stadijas:

1. Koma. Komoje esantis žmogus nesąmoningas, nieko nežino ir nesugeba reaguoti į jokių dirgiklius. Tai atsiranda dėl didelės žalos visoms smegenų dalims. Po kelių dienų iki kelių savaičių žmogus gali išeiti iš komos arba patekti į vegetatyvinę būseną.
2. Vegetatyvinė būseną. Dėl plataus smegenų pažeidimo gali atsirasti vegetatyvinė būseną. Nors asmuo neatpažįsta aplinkos, jis gali atmerkti akis, girdėti garsus, reaguoti į refleksus ar judėti. Gali būti, kad vegetatyvinė būseną gali tapti nuolatinė, tačiau dažnai pacientai pereina į minimaliai sąmoningą būseną.
3. Minimaliai sąmoninga būseną. Minimaliai sąmoningos būsenos asmenims yra labai pakitusi sąmonė, tačiau turinti tam tikrų savimonės ar savo aplinkos supratimo požymių. Kartais tai yra pereinamoji būseną nuo komos ar vegetatyvinės būklės iki didesnio atsigavimo.
4. Smegenų mirtis. Kai smegenyse ir smegenų kamiene nėra išmatuojamo jokio aktyvumo, tai vadinama smegenų mirtimi. Asmeniui, kuriam paskelbta, kad smegenys mirė, pašalinus kvėpavimo aparatus, kvėpavimas gali nutrūkti ir galiausiai atsirasti širdies nepakankamumas. Smegenų mirtis laikoma negrįžtama (Vahdati ir kt., 2017).

<b>Akių atmerkimas</b>	Spontaninis	4
	Girdint žodinę komandą	3
	Jaučiant skausmą	2
	Nėra	1
<b>Žodinis atsakas</b>	Kalba, orientuotas	5
	Kalba, pasimetęs	4
	Netinkami žodžiai	3
	Neaiškūs garsai	2
	Nieko	1
<b>Motorinis atsakas</b>	Klauso komandos	6
	Lokalizuoja skausmą	5

	Atsitraukia (nuo skausmo)	4
	Fleksija (į skausmą)	3
	Ekstenzija (į skausmą)	2
	Nieko	1

lentelė 1. Glazgo komos skalė

Taigi, trauminis galvos smegenų sužalojimas yra labai dažnai pasitaikantis susirgimas visame pasaulyje. Ši trauma dažnai pasitaiko ne tik tarp suaugusiųjų, bet ir tarp vaikų ir pagyvenusių žmonių. Dažniausios traumos priežastys yra autoįvykiai, smurtas ir griuvimai. TGSS padariniai gali būti klasifikuojami pagal traumos sunkumą ir pobūdį. Tačiau, net ir lengviausioje TGSS formoje, gali pasireikšti motoriniai, pažintiniai, sensoriniai ir emociniai sutrikimai, kurie sąlygoja pusiausvyros, eisenos, kognityvinių funkcijų ir koordinacijos sutrikimus.

### 1.2. Pusiausvyros sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo

Pusiausvyra laikoma pagrindiniu daugelio kasdienio gyvenimo veiksmų elementu – nuo paprastų veiklų (ramybės) iki sudėtingesnių veiklų (vaikščiojimas kalbant ar keičiant kryptis). Šios skirtingos užduotys reikalauja skirtingų pusiausvyros gebėjimų komponentų, kurie paprastai skirstomi į dvi pusiausvyros rūšis: statinę ir dinaminę. Statinė pusiausvyra apibrėžiama, kaip gebėjimas išlaikyti vertikalią kūno padėtį reikiamomis pozicijomis. Dinaminė pusiausvyra apibrėžiama, kaip gebėjimas išlaikyti kūno stabilumą svorio keitimo metu, dažnai keičiant padėtį. Gebėjimas kontroliuoti pusiausvyrą grindžiamas jutiminės informacijos iš somatosensorinės, vestibulinės ir regos sistemų integracijos, veikiančios kartu su nervų-raumenų sistema, siekiant kontroliuoti kūno padėtį aplinkos atžvilgiu ir stabilizuoti kūno masės centrą (Dunsky ir kt., 2017).

Pasak Geros ir kolegų, optimali pusiausvyros kontrolė reikalauja kompleksinės jutiminės informacijos integracijos iš regos, vestibulinės ir proprioceptinės sistemos. Tinkama jutiminė integracija priklauso nuo centrinės nervų sistemos: priklauso nuo optimalaus jutimo šaltinių derinio pusiausvyrai palaikyti ir pasveria jutimo indėlius keičiantis jutimo sąlygoms. Periferinės vestibuliarinės funkcijos anomalijos, tokios kaip gerybinis paroksizminis, padėties vertigo ar otolito disfunkcija, yra užfiksuotos pacientams, patyrusiems lengva TGSS. Tačiau net ir nepažeidus periferinės vestibulinės, regos ir somatosensorinės sistemos, sunkumų atliekant statinės ir dinaminės pusiausvyros užduotis ant sudėtingo, nestabilaus paviršiaus ir sudėtingomis regos sąlygomis, gali atsirasti problemų dėl nepakankamo vestibuliarinės, regos ir somatosensorinės informacijos panaudojimo pusiausvyrai palaikyti, kai keičiasi jutimo sąlygos. Pvz. norint stovėti ar vaikščioti ant reikalavimus atitinkančių netaisyklingų paviršių, nervų sistema turi labiau pasikliauti vestibuline ir vaizdine sistema, tuo pačiu sumažindama normalią priklausomybę nuo somatosensorinės sistemos. Taigi asmuo, kuris negali tinkamai atskirti informacijos nuo jutimo duomenų, pasikeitus jutimo sąlygoms, bus mažiau stabilus nei tas, kuris gali pakartotinai įvertinti jutiminę informaciją

pusiausvyros kontrolei (Gera ir kt., 2018).

Anot, Skora ir kitų autorių, pusiausvyros sistemos sutrikimų trukmė po TGSS yra įvairi. Pacientams po galvos traumos, galvos svaigimas ar galvos sukimasis išlieka nuo vienos savaitės iki kelerių metų. Esant lengvam galvos sužalojimui, po smegenų sukrėtimo atsiranda įvairūs simptomai, įskaitant pusiausvyros sistemos sutrikimus, kurie gali trukti metus ar net ilgiau 10–15 proc. pacientų, o vidutinio sunkumo traumos atveju šis procentas padidėja iki 28 proc. Galvos svaigimas po smegenų sužalojimo taip pat yra ilgalaikio pasveikimo rizikos veiksnys. Šie straipsnio autoriai atliko tyrimą, kuriame ištyrė pacientus po TGSS. Tyrime nustatyta, kad 56 proc. pacientų galvos svaigimas atsirado iškart po traumos, o 44 proc. po kelių dienų ar kelių savaitių. Pradinio tyrimo metu pacientai taip pat pranešė apie negalavimus, susijusius su pusiausvyros ir eisenos sistema, tokius kaip vaikščiojimo nestabilumas, kurie pasireiškė 46 proc. pacientų, apie statinės pusiausvyros sutrikimą pranešė 40 proc. ir apie nesisteminius panikos priepuolius pranešė 42 proc. pacientų. Apie trumpalaikį sąmonės netekimą dėl traumos, pranešė 46 proc. pacientų, o visais atvejais sąmonės netekimas truko mažiau nei 30 minučių (Skora ir kt., 2018).

Belluscio ir kolegų straipsnyje, analizuojami tyrimai daugiausia buvo skirti sutrikusiai pusiausvyrai ir pakitusei koordinacijai tirti. Įrodyta, kad pasveikę vyrai, po TGSS, vis dar po kelerių metų turėjo sutrikusią pusiausvyrą ir sutrikusį judrumą, palyginus su sveikais kontrolinės grupės asmenimis. Atlikta apžvalga parodė, kad TGSS sergantys žmonės vaikščiojo lėčiau nei sveiki žmonės, visų pirma dėl sumažėjusio žingsnio ilgio ir nestabilumo. Autoriai pabrėžė potrauminio parkinsonizmo arba potrauminio smegenėlių sindromo poveikį, kurie trukdė vaikščioti ir išlaikyti pusiausvyrą, išgyvenusiems TGSS asmenims, taip pat buvo pastebėta apie pusiausvyros sutrikimus, susijusius su padidėjusiu kūno laikysenos svyravimu ramiai stovint ar atliekant funkcinės užduotis su pakitusiais jutimo elementais (Belluscio ir kt., 2019).

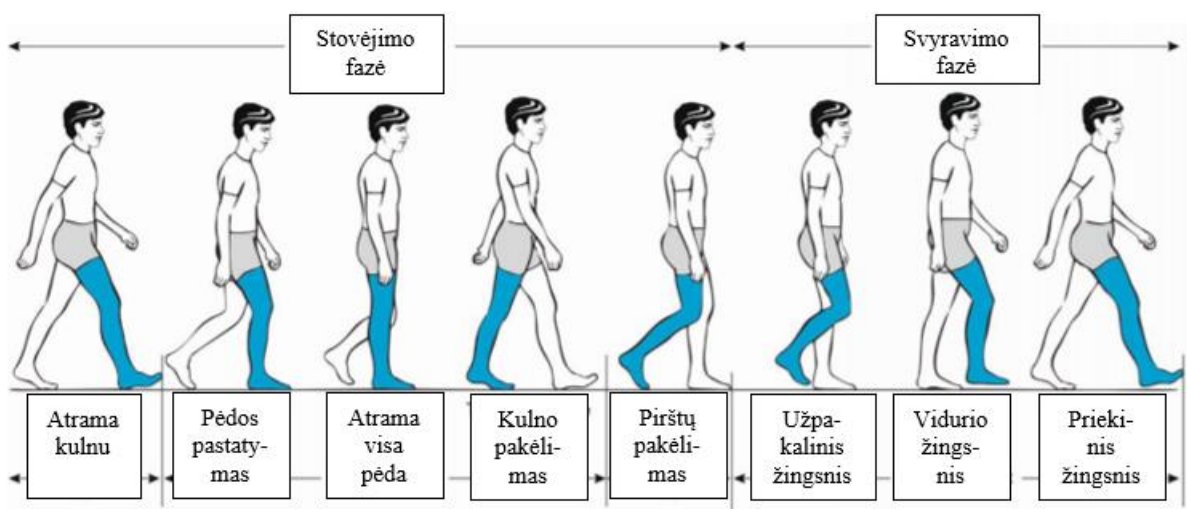
Pusiausvyros ir laikysenos sutrikimai yra dažniausios pacientų, sergančių TGSS kritimo priežastys, ribojančios tokių pacientų savarankiškumą kasdienėje veikloje. Dėl šios priežasties pusiausvyros atkūrimas yra vienas iš pirmųjų pirminės reabilitacijos tikslų pacientams po TGSS (Lendraitienė ir kt., 2018).

### **1.3. Eisenos ir žingsnio fazės sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo**

Ėjimas yra įprasta kasdienio gyvenimo veikla ir kartu labai sudėtinga. Tai apima visus nervų sistemos lygius, daugelį raumenų ir kaulų sistemos dalių, taip pat širdies ir kvėpavimo sistemą. Žmogaus eisenos modeliui didelę įtaką daro amžius, asmenybė ir nuotaika. Be to, tam tikrą vaidmenį vaidina socialiniai ir kultūriniai veiksniai: pavyzdžiui, dideliuose miestuose gyvenantys žmonės vaikšto žymiai greičiau nei kaimo vietovėse gyvenantys asmenys. Eisenos ir pusiausvyros sutrikimų paplitimas pastebimai didėja su amžiumi, tačiau vis dažniau atsiranda ir tarp jaunesnio amžiaus žmonių. Eisenos sutrikimai gali smarkiai paveikti gyvenimo kokybę ir apriboti nukentėjusiųjų

asmeninį savarankiškumą. Be to, pusiausvyros ir eisenos problemos gali būti kritimo priežastimi, kurie sukelia sunkius žmonių sužalojimus. Vaikščiojimas yra jautrus bendros sveikatos būklės rodiklis, o pats pasirinktas vaikščiojimo greitis yra glaudžiai susijęs su individualia žmonių gyvenimo trukme. Tačiau eisenos sutrikimai ir kritimai dažniausiai nepakankamai diagnozuojami ir dažnai nepakankamai įvertinami. Eisenos eigos sutrikimai daugumoje neurologijos vadovėlių nėra konkrečiai aptariami. Gydytojai dažnai nėra pakankamai apmokyti įvertinti eisena, o ašiniai motoriniai simptomai paprastai yra mažiau aprašomi medicininėse ataskaitose nei kitos neurologinės apžiūros dalys (Pirker ir Katzenschlager, 2016).

Inicijuojant eisena reikalinga stabili, vertikali kūno padėtis. Funkciniai pozos refleksai yra būtini norint išlaikyti stabilią kūno padėtį ir ją tam tikrą laiką išlaikyti. Norint pradėti vaikščioti, viena koja pakeliama ir nukreipiama į priekį, sulenkiant klubą ir kelį. Atraminės priešingos kojos ir liemens raumenų aktyvinimas, kūno svorio centrą perkelia pernešant koją ir į priekį. Paskui perkeliama kojos kulnas dedamas ant žemės. Kūno svoris pamažu pernešamas į pėdą, o po to – labiau į kojų pirštus. Vidutinio stovėjimo metu priešinga koja pakeliama ir dedama į priekį, kol kulnas padedamas ant žemės. Tuo tarpu kūnas laikomas vertikaliai, pečiai ir dubuo lieka santykinai lygūs, o kiekviena ranka svyruoja puslankiu pagal koja. Eigos ciklas yra padalintas į stovėsenos ir svyravimo fazes. Stovėjimo fazė sudaro maždaug 60 proc. eigos ciklo ir yra padalinta į atramos kulnu, pėdos pastatymą, atrama visa pėda, kulno pakėlimą, pirštų pakėlimą, užpakalinis žingsnis, vidurio žingsnis ir priekinis žingsnis fazes. Stovėjimo fazės pradžioje ir pabaigoje abi kojos yra padėtos ant žemės. Kiekvienas iš dviejų kojos padėjimo laikotarpių trunka maždaug 10–12 proc. eisenos ciklo. Svyravimo fazė užima maždaug 40 proc. eisenos ciklo ir yra padalinta į pirštų pakėlimą, užpakalinis žingsnis, vidurio žingsnis ir priekinis žingsnis fazes, žiūrėti 1 paveikslėlyje (Pirker ir Katzenschlager, 2016).



pav. 1. Eisenos ciklas (Pirker W., Katzenschlager R. 2017)

Kaip teigia Pirker ir Katzenschlager, savo straipsnyje, eisenos sutrikimų priežastys dažniausiai būna neurologinės (pvz., jutimo ar motorikos sutrikimai), ortopedinės problemos (pvz.,

osteoartritas ir skeleto deformacijos) ir medicininės būklės (pvz., širdies nepakankamumas, kvėpavimo nepakankamumas, periferinių arterijų okliuzinė liga ir nutukimas). Jei eisenos sutrikimas prasideda ūmiai, turėtų būti atsižvelgiama į smegenų kraujagyslių, stuburo ir nervų arba raumenų pakitimo priežastis, taip pat į neigiamą vaistų poveikį ir psichinius sutrikimus. Galimos medicininės priežastys yra širdies ir kvėpavimo ar medžiagų apykaitos sutrikimai ir infekcijos (Pirker ir Katzenschlager, 2016).

Belluscio ir kolegų straipsnyje, rodoma, jog eisenos analizė buvo naudojama keliuose seniau atliktuose tyrimuose, kurie teigia, kad žmonės, kenčiantys nuo TGSS, paprastai turi eiseną žymiai lėtesniu greičiu ir trumpesniu žingsniu. Taip pat teigia, kad eisenos analizė, pusiausvyros ir vestibuliarinio tyrimo, gali patvirtinti subtilius biomechaninius pokyčius tarp TGSS sergančių pacientų, net jei motoriniai sutrikimai kliniškai nėra akivaizdūs. Šių autorių atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad asmenims, sergantiems sunkiu TGSS, sumažėjęs žingsnio greitis kartu su padidinta žingsnio trukme, gali būti susijęs su potrauminiu parkinsonizmu. Be to, galima spėlioti, kad sunkia forma TGSS sergantys žmonės ilgina savo žingsnio trukmę, kad kompensuotų eisenos nestabilumą ir neutralizuotų kritimo baimę. Šis reikšmingas eisenos sutrikimas buvo pastebėtas, nepaisant to, kad buvo suteiktas optimalus medikamentinis gydymas, patvirtinantis labai glaudų ryšį tarp pakitusios eisenos ir laikysenos nestabilumo šioje TGSS pacientų populiacijoje (Belluscio ir kt., 2019).

#### **1.4. Kognityvinių funkcijų sutrikimai po trauminio galvos smegenų sužalojimo**

Kognityvinė disfunkcija yra tokia pat svarbi problema pacientų po trauminio galvos smegenų sužalojimo. Kaip minima Lendraitienės ir kitų autorių straipsnyje, kognityvinė disfunkcija yra dažniausiai pasitaikantis sutrikimas po TGSS. Dėl šių priežasčių kognityvinė reabilitacija, apimanti ir atstatymą, ir prarastų funkcijų kompensavimą, yra būtina pacientams po TGSS (Lendraitienė ir kt., 2018).

Tarp daugelio lengvo TGSS pasekmių, kognityvinių funkcijų sutrikimas gali būti svarbiausias atsižvelgiant į jo įtaką ilgalaikiai disfunkcijai. Pastebėta, kad lengvas TGSS pažeidžia daugelį pažinimo sričių, įskaitant vykdomąją funkciją, mokymąsi ir atmintį, dėmesį ir informacijos apdorojimo greitį. Įrodymai rodo, kad vienas smegenų sukrėtimas gali sutrikdyti neurologinius pažinimo pagrindus. Sutrikimas yra didelis, todėl lengvai aptinkamas ankstyvuojant etapui po traumos, tačiau ilgalaikiai rezultatai neaiškūs daugiausia dėl tyrimų trūkumo. Nustatyta, kad vienas lengvas TGSS sukelia patofiziologinius pokyčius smegenyse. Tarp šių patofiziologinių pokyčių yra pakitusi baltųjų medžiagų struktūra ir funkcijos, taip pat būdingas pakitęs neurotransmiterio aktyvumas ir vėliau gali pakisti smegenų jautrumo lygis (McInnes ir kt., 2017).

Vienas iš kognityvinių funkcijų sutrikimų, pasireiškiančių po TGSS yra dėmesio stoka. Barman ir bendra autoriai apibūdina dėmesį kaip „sudėtingą psichinę veiklą, kuri remiasi tuo, kaip individas gauna ir pradeda apdoroti vidinius ir išorinius dirgiklius“. Dėmesio stoka dažniau

patiriamos asmenims, sergantiems sunkia TGSS forma, ir tai gali apimti nuolatinio dėmesio sunkumus, tokius kaip, uždelstas reakcijos laikas, išsiblaškymai, sumažėjęs informacijos apdorojimo greitis ir sutrikęs dvigubas ar daugiafunkcinis darbas (pvz., vaikščiojimas ir kalbėjimas vienu metu). Atminties sutrikimas yra vienas iš labiausiai paplitusių pažinimo sutrikimų po TGSS. Dažnai tai yra pirmoji funkcija, kuri yra pastebima, ir viena iš paskutinių funkcijų, kurią reikia atkurti atkūrimo procese. Dar vienas iš sutrikimų – bendravimas, tai yra labai sudėtingas procesas, apimantis tiek žodinės, tiek neverbalinės informacijos apdorojimą. Kalbos ir komunikacijos sutrikimą TGSS galima suskirstyti į keturias pagrindines grupes: apraksija, afazija, dizartrija ir pažintinio bendravimo sutrikimas. Apraksija yra nesugebėjimas atlikti tam tikrus tikslingus veiksmus, nepaisant nepažeistų motorinių ir jutimo kelių. Kalbos tipas ir kalbos sutrikimas priklauso nuo smegenų sužalojimo masto ir vietos. Afazija – tai visiškas arba dalinis kalbos praradimas, kuris pasireiškia dėl kalbos zonų pakenkimo, galvos smegenų žievėje. Esant afazijai sutrinka kalbėjimas, kalbos supratimas, skaitymas, rašymas, skaičiavimas. Dizartrija – tai centrinės kilmės kalbos sutrikimas, kuris pasireiškia ne tik daugialypiais tarimo trūkumais, dėl motorinės kalbinės veiklos nepakankamumo, bet apimantis artikuliaciją, balsą, kvėpavimą, mimiką, prozodiją. Kognityvinio arba netinkamo bendravimo po TGSS sutrikimas gali pakenkti socialiniam bendravimui ir reintegracijai, o tai galiausiai gali sukelti nemalonių ar gėdinančių išgyvenimų (Barman ir kt., 2016).

Taigi, kognityviniai sutrikimai po TGSS yra dažni, kurie lemia negalią ir sergamumą. Dažniausi kognityvinių funkcijų sutrikimai po TGSS yra dėmesio stoka, atminties nebuvimas, kalbos ir komunikacijos sutrikimai.

### **1.5. Reabilitacija po trauminio galvos smegenų sužalojimo**

Pacientai, sergantys vidutinio sunkumo ar sunkia TGSS, dažniausiai nukreipiami į I lygio traumų centrus, kur reabilitacijos procesas pradedamas akcentuojant tokias problemas kaip rijimas, kontraktūros, opus skausmas ir neuroelgesio sutrikimai. Iš ūmios terapijos skyriaus pacientai gali būti nukreipti į specializuotas stacionarines ar ambulatorines reabilitacijos įstaigas, slaugos įstaigas arba, pavyzdžiui, į neuropsichiatrines palatas psichiatrinėse ligoninėse. Pacientas, patyręs potrauminę amneziją, kurio dėmesys ir fizinė būklė leidžia atlikti 2 arba 3 terapijos seansus, maždaug po 10–15 minučių per parą, paprastai nukreipiamas į stacionarinę reabilitacijos skyrių. Pacientai, turintys sąmonės sutrikimų, lėtai atsigaunantys ar turintys rimtų neuroelgesio problemų, gali būti nukreipti į slaugos įstaigas ar psichiatrines ligonines. Tačiau nėra gerai priimtų algoritmų, pagrindžiančių tolesnio gydymo pasirinkimą. Nors vis daugėja įrodymų, kad tiek ūmios, tiek poūminės reabilitacijos intervencijos yra naudingos pacientams, kurie yra po TGSS, reabilitacijos specifinės sudedamosios dalys, veikimo mechanizmas ir veiksmingumas vis dar nėra visiškai išsiaiškintos. Dėl to gali būti didelių TGSS reabilitacijos struktūros ir proceso ypatybių trūkumų. Struktūros nurodo sąlygas, kuriomis teikiama reabilitacinė pagalba (pvz., reabilitacijos stacionaro skyrių, personalą, patalpas), o

procesai – gydymo ir siuntimo politiką (Cnossen ir kt., 2017).

Reabilitacijos etapai paprastai skirstomi į ūmią reabilitaciją, poūmią reabilitaciją ir pooperacinę reabilitaciją. Ūminė reabilitacija atliekama komos ir panikos ar susijaudinimo būsenose, kurios pagrindinis tikslas yra užkirsti kelią komplikacijoms, sureguliuoti jutimo signalą ir padidinti judrumą. Poūmė (paprastai stacionarinė) reabilitacija yra skirta palengvinti funkcionavimą, o pagrindiniai jos tikslai yra optimalus fizinis ir pažintinis funkcionavimas, nepriklausomumas nuo aktyvaus kasdienio gyvenimo bei susidorojimas su nauja gyvenimo situacija. Pooperacinis reabilitacijos etapas apima ambulatorinę terapiją, skatinančią socialinį dalyvumą ir grįžimą į bendruomenę (Sveen ir kt., 2016).

Cnossen ir kitų, buvo atliktas tyrimas, siekiant išsiaiškinti ūmios reabilitacijos stacionare struktūros ir proceso charakteristikas, taip pat pacientų patyrusių galvos smegenų traumą, nukreipimą į pooperacinę priežiūrą visoje Europoje. Tyrime dalyvavusios medicinos įstaigos nurodė, kad pacientus, sergančius TGSS, reabilitacijos gydytojai konsultuoja intensyviosios terapijos skyriuje ir palatoje. Didžiojoje dalyje centrų pacientai gali konsultotis su kineziterapeutais, ergoterapeutais, logopedais, dietologais, socialiniais darbuotojais ir (arba) reabilitacijos slaugytojais. Pusėje tirtų centrų vyko pacientų konsultacijos ir su neuropsichologais. Daugumoje Europos šalių, daugiadisciplininėse komandose, kineziterapija buvo apibrėžta kaip visavertė daugiadalykės reabilitacijos paslauga, o ne kaip atskira reabilitacijos priemonė (Cnossen ir kt., 2017).

Tačiau reikia atsiminti, kad veiksminga pacientų reabilitacija po galvos smegenų sužalojimo nesukelia vien naujų ryšių tarp atskirų smegenų struktūrų. Pagrindinė reabilitacijos sąlyga yra atnaujintas stabilizavimas, tai yra visos sistemos atstatymas. Tai jokia būdu nėra lengva užduotis, nes smegenų sužalojimo atvejais sutrinka visos smegenų veiklos, o ne tik pažeista sritis. Tai susiję su tuo, kad tam tikroje veikloje dalyvauja įvairios ir dažnai nutolusios struktūros. Pvz., priešingai nei plačiai laikomasi įsitikinimų, teisingą pažintinės veiklos eigą garantuoja ne tik žievės sritys, bet ir subkortikinės struktūros bei smegenų kamienas. Dėl to kiekvienam pacientui, kuris patyrė galvos smegenų traumą, gali tekti susidurti su unikaliu proto būsenos svyravimu – tai, kas pasireiškia kintamos ligos įvaizdžiu, taip pat dažnai nenumatytu pačių pacientų elgesiu (Chantsoulis ir kt., 2015).

Taigi, reabilitacija po TSGG yra sunkus ir ilgas procesas. Po traumos sutrikimai pasireiškia biologiniu aspektu tai – neurologinių ir pažintinių sutrikimų forma, o socialiniu aspektu tai sukelia sutrikimus paciento ankstesnėje aplinkoje, asmeniniu aspektu tai sukelia asmenybės pokyčius. Todėl šeima dažnai tvirtina, kad pacientas nėra tas pats asmuo po smegenų sužalojimo, koks buvo prieš traumą. Po galvos smegenų traumas atsirandantys simptomai gali būti dinamiški ir gali pasikeisti sveikimo ir reabilitacijos metu. Dinamiškas jų pobūdis, susijęs su sveikimo eiga ir taikoma reabilitacija (Chantsoulis ir kt., 2015).

## 1.6. Kineziterapija po trauminio galvos smegenų sužalojimo

Reabilitacija ankstyvuoją ligos laikotarpį (ūminė reabilitacija) išlieka pagrindine TGSS sergančių pacientų gydymo dalimi. Kineziterapijos taikymas šiems pacientams ankstyvuoją stacionarinį reabilitacijos laikotarpį (po ūminės reabilitacijos) yra nepaprastai svarbus užtikrinant fizinį aktyvumą ir pažinimo funkcijų atkūrimą. Kineziterapija yra reabilitacijos sudedamoji dalis, nukreipta į įvairių komplikacijų (pneumonijos, kontraktūrų, tromboembolijos ir kt.) prevenciją, motorinių funkcijų gerinimą, pusiausvyros ir judesių koordinacijos treniravimą bei kognityvinių funkcijų gerinimą. Kineziterapija apima pacientų stebėjimą ir vertinimą, naudojant įvairius standartizuotus ir nestandartizuotus testus bei skales, ir gautų rezultatų vertinimą (Lendraitienė ir kt., 2016).

Lendraitienės ir kitų bendraautorių atliktame tyrime, su pacientais po sunkaus TGSS, reabilitacija apėmė du laikotarpius: ūminis laikotarpis nuo sužalojimo iki būklės stabilizavimo (smegenų traumos skyriuje; ūminė reabilitacija) ir nuo būklės stabilizavimo iki funkcijų atkūrimo (neuroreabilitacijos skyriuje; pooperacinė reabilitacija). Abiejų grupių pacientams buvo atlikti keturi funkcinės ir psichinės būklės įvertinimai. Ūminės reabilitacijos metu pacientai buvo įvertinti galvos smegenų traumos skyriuje prieš atliekant fizinės kineziterapijos procedūras ir prieš išleidžiant paskutinės kineziterapijos procedūros metu. Pooperacinės reabilitacijos metu tyrimas vyko neuroreabilitacijos skyriuje. Įvertinimai taip pat buvo atlikti prieš kineziterapiją ir po. Pacientai kiekvieną dieną dalyvavo individualiose procedūrose. Kiekviena procedūra buvo atliekama du kartus per dieną, paprastai užtrukdavo 30–60 minučių. Po ūminės reabilitacijos kiekvienam pacientui sudaromas individualus reabilitacijos planas. Atlikęs išsamų paciento patikrinimą, kineziterapeutas įvertino paciento motorikos (raumenų tonusą, raumenų jėgą, pusiausvyrą, judesių koordinaciją ir propriocepciją) bei pažintines (atminties, suvokimo ir motyvacijos) funkcijas, sudarydamas individualų fizinės terapijos planą. Kineziterapijos procedūrų trukmė ir pratimų sudėtingumas, pakartojimų skaičius ir pratimų intensyvumas buvo pritaikyti individualiai, atsižvelgiant į paciento sąmonės būseną, amžių ir fizinę būklę. Kineziterapijos programą sudarė gydymas padėtimi, pasyvūs ir aktyvūs pratimai, skirti sustiprinti galūnių ir liemens raumenis, padidinti judesių amplitudę, pagerinti judesių koordinaciją ir pusiausvyrą, treniruoti funkcinis judesius. Be to, buvo treniruojamos pažintinės funkcijos. Pacientai buvo mokomi sutelkti dėmesį į atliekamą judesį, buvo motyvuoti prisiminti ir suvokti žodinę informaciją bei suskaičiuoti atliktus judesius. Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti kineziterapijos poveikį pacientų patyrusių sunkių TGSS, motorinės ir psichinės būklės atstatymui, atsižvelgiant į komos trukmę ūmios ir pooperacinės reabilitacijos metu. Tyrimo populiaciją sudarė pacientai, kurių sąmonės lygis buvo nuo 3 iki 8 pagal Glazgo komos skalę. Pacientai buvo suskirstyti į 2 grupes, pagal komos trukmę, taip: 1 grupė, pacientai, kurie buvo komoje iki 1 savaitės, ir 2 grupė, pacientai, kurie komoje buvo ilgiau nei 2 savaites. Įvertinus motorinę ir

psichinę būklę, pacientai, kurie buvo komoje iki 1 savaitės, po kineziterapijos ūmios reabilitacijos metu pasveiko žymiai geriau nei tie, kurie komoje buvo ilgiau nei 2 savaites. Šio tyrimo išvada tokia, kad ūmios reabilitacijos pacientų motorinė ir psichinė būklė atsigavo žymiai geriau tiems, kurie komoje buvo trumpesnę laiką (Lendraitienė ir kt., 2016).

Kineziterapeutas gali įvertinti pacientus po TGSS su Rancho Los Amigos skale, ji taip pat žinoma kaip Ranchos skalė, yra plačiai pripažinta medicinos skalė, naudojama apibūdinti pažintinius ir elgesio modelius, pastebėtus pacientų, patyrusių smegenų traumas, jiems atsigaunant po traumos. Iš pradžių ji sukūrė galvos sužalojimo komanda Rancho Los Amigos ligoninėje Downey mieste, Kalifornijoje, kad galėtų įvertinti pacientus, kurie pabunda iš komos. Pradinio smegenų sužalojimo paciento įvertinimo metu jis dažnai naudojamas kartu su Glazgo komos skale. Tačiau skirtingai nuo Glazgo komos skalės, ji naudojama visą atsigavimo laikotarpį ir neapsiriboja pradiniu įvertinimu. Jame atsižvelgiama į paciento sąmonės būseną ir jo priklausomybę nuo pagalbos atliekant pažinimo ir fizines funkcijas. Yra 10 šios skalės lygių:

I lygis: neatsakoma: reikalinga visa pagalba. Nereaguoja į išorinius dirgiklius.

II lygis: bendras atsakymas: reikalinga visa pagalba. Į išorinius dirgiklius reagoja nenuosekliai ir netikslingai. Atsakymai dažnai yra vienodi, nepaisant stimulo.

III lygis: vietinis atsakas: reikalinga visa pagalba. Nenuosekliai ir konkrečiai reagoja į išorinius dirgiklius. Atsakymai yra tiesiogiai susiję su dirgikliu, pavyzdžiui, pacientas pasitraukia arba artikuliuoja dėl skausmingų dirgiklių. Labiau reagoja į pažįstamus žmones (draugus ir šeimą), palyginti su nepažįstamais žmonėmis.

IV lygis: sumišęs, susijaudinęs: reikalinga maksimali pagalba. Asmuo yra hiperaktyvios būklės, turėdamas keistą ir netikslingą elgesį. Demonstruoja susijaudinusių elgesį, kuris labiau kyla iš vidinės sumaišties, o ne iš išorinės aplinkos. Trūksta trumpalaikės atminties.

V lygis: sumišęs, netinkamai susijaudinęs: reikalinga maksimali pagalba. Parodo padidėjusį nuoseklumą sekant ir reaguojant į paprastas komandas. Į sudėtingesnes komandas, atsakymai nėra tikslingi ir yra atsitiktiniai. Elgesys ir verbalizavimas dažnai yra netinkami, o individas atrodo sumišęs. Jei veiksmai ar užduotys yra pademonstruoti, asmuo gali atlikti užduotis, bet pats to nedaro. Sutrikusi atmintis, sunku išmokyti naują informaciją. Tas asmuo, kuris skiriasi nuo IV lygio, neparodo susijaudinimo dėl vidinių dirgiklių. Tačiau juos gali sujaudinti nemalonūs išoriniai aplinkos dirgikliai.

VI lygis: sumišęs, adekvatus: reikalinga vidutinė pagalba. Geba nuosekliai vykdyti paprastas komandas. Gali atsiminti mokomus dalykus dėl pažįstamų užduočių, kurias jie atliko prieš traumą (valydami dantis, plaudami veidą), tačiau nesugeba atsiminti naujų užduočių. Parodo padidėjusį supratimą apie save, situaciją ir aplinką, tačiau nežino apie konkrečius sutrikimus ir saugumo problemas. Atsakymai gali būti neteisingi, nepaisant atminties sutrikimų, tačiau tinkami atsižvelgiant

į situaciją.

VII lygis: automatinis, adekvatus: reikalinga minimali pagalba kasdienio gyvenimo įgūdžiams. Orientuojasi į įprastus gyvenimo įgūdžius. Geba automatiškai atlikti kasdienę rutiną, nesukeldamas jokios painiavos. Demonstruojami dalykai, skirti ne tik pažįstamoms užduotims atlikti, bet ir naujoms užduotims bei mokymuisi. Pakankamai paviršutiniškai žino savo diagnozę, bet nežino apie konkrečius sutrikimus. Toliau demonstruoja išvalgos stoką, sumažėjusį sprendimų priėmimą ir supratimą apie saugumą. Pradeda domėtis socialine ir pramogine veikla struktūrizuotose vietose. Reikia bent minimalios priežiūros mokymosi ir saugos tikslais.

VIII lygis: tikslingas, adekvatus: reikalinga pagalba budint. Nuosekliai orientuojasi į asmenį, vietą ir laiką. Savarankiškai vykdo pažįstamas užduotis neblaškančioje aplinkoje. Geba naudoti pagalbinius atminties įrenginius, norėdamas prisiminti dienos tvarkaraštį. Pripažįsta kitų emocijas būsenas ir tinkamai reaguoja į tai. Parodo atminties pagerėjimą ir gebėjimą įtvirtinti praeities ir ateities įvykius. Dažnai prislėgtas, dirgus ir žemas nusivylimo slenkstis.

IX lygis: tikslingas, adekvatus: pagalbos teikimas pagal pareikalavimą. Geba pereiti tarp skirtingų užduočių ir jas savarankiškai atlikti. Suvokia ir pripažįsta sutrikimus, kai jie trukdo vykdyti užduotis, ir sugeba naudoti kompensacines strategijas, kad galėtų susidoroti. Negali savarankiškai numatyti kliūčių, kurios gali atsirasti dėl sutrikimo. Su pagalba geba galvoti apie veiksmų ir sprendimų padarinius. Pripažįsta kitų žmonių emocinius poreikius. Toliau demonstruoja depresiją ir žemą nusivylimo slenkstį.

X lygis: adekvatus: nepriklausomas. Gali atlikti užduotis įvairiose aplinkose, darydamas ilgesnį laiką arba naudojant reikalingus prietaisus. Geba kurti savo atminties išsaugojimo metodus ir priemones. Savarankiškai numato kliūtis, kurios gali atsirasti dėl sutrikimų, ir imasi taisomųjų veiksmų. Geba savarankiškai priimti sprendimus ir tinkamai elgtis, tačiau gali pareikalauti daugiau laiko ar kompensacinių strategijų. Gali turėti periodišką depresijos laikotarpį ir žemą nusivylimo slenkstį, dėl patiriamo streso. Geba tinkamai bendrauti, su kitais asmenimis, socialinėse situacijose (Lin, 2019).

Kaip teigia Schafer ir Ustinova, TGSS išgyvenę asmenys yra viena didžiausių neįgaliųjų grupių visame pasaulyje. Šiai grupei yra taikoma kineziterapijos rehabilitacija, kol pacientai pasiekia tam tikrą atsigavimo lygį. Autoriai mano, kad keista, jog ši populiacija niekada nebuvo pagrindinis tikslas, kuriant ir testuojant virtualios realybės programas. Įprasti po traumos sutrikimai apima nenormalią eiseną, nestabilumą stovint ir vaikstant, rankų ir liemens ataksiją bei rankų miklumo stoką, tačiau tuom sutrikimai neapsiriboja. Be to, daugiau nei 50 proc. pacientų, patyrusių sunkius galvos smegenų sužalojimus, turi tam tikros formos regos suvokimą, atsirandantį dėl regos atminties, regos erdvių ryšių ar regos motorikos integracijos sutrikimo. Šios gretutinės komplikacijos apsunkina VR technologijos įgyvendinimą TGSS sergančių pacientų rehabilitacijoje. Tačiau manoma,

kad virtuali realybė yra efektyvus būdas norint pasiekti didesnių rezultatų reabilitacijoje (Schafer ir Ustinova, 2013).

Pacientams, turintiems neurologinių sutrikimų, sumažėja gyvenimo kokybė ir padidėja depresijos simptomų rizika, o tai gali kliudyti jų galimybėms atlikti kasdienės reabilitacijos programas, tokias kaip kineziterapija ar fizioterapija. Kineziterapijos tęstinumo metu būtina atsižvelgti į tokius veiksnius, kaip pasirinkimas ir malonumas, kad būtų galima konkrečiai nustatyti, kaip asmuo dalyvaus programose. Manoma, kad teigiamos emocinės reakcijos yra susijusios su aukšta vidine motyvacija ir yra svarbus žmogaus elgesio reguliavimo procesas. Todėl emociniai atsakai į gydymo seansus, gali būti svarbūs gydymo režimo, motyvacijos, priėmimo ir palaikymo reabilitacijos procese numatytojais (Niedermeier ir kt., 2017).

### **1.6.1. Kineziterapija pusiausvyrai lavinti**

Po TGSS būna sutrikusi pusiausvyros kontrolė, tai yra, sutrinka gebėjimas išlaikyti kūno masės centrą atramos fazėje. Šie sutrikimai išlieka kelerius ar daugiau metų po sužalojimo, ypač asmenims, sergantiems sunkesne TGSS forma (Perez ir kt., 2018). Norint išlaikyti pusiausvyrą, reikia tuo pat metu nuolat apdoroti informaciją iš kelių sistemų, įskaitant jutiminę informaciją (regimąją, vestibulinę ir proprioceptinę), pažintinę integraciją (ypač dėmesio ir vykdomąsias funkcijas), smegenų funkciją. Šio mechanizmo sudėtingumas paaiškina, kodėl pacientai patyrę TGSS turi pusiausvyros sutrikimus, nes ši liga dažnai siejama su centrinės ir periferinės nervų sistemos, jutimo organų, raumenų ir kaulų sistemos bei kitų funkcijų disfunkcijomis. Pusiausvyros ir laikysenos kontrolės sutrikimai yra ne tik labai paplitę, bet ir dažnai yra kritimo priežastis, taip pat riboja pacientų savarankiškumą kasdieniniame gyvenime. Todėl pusiausvyros atkūrimas yra vienas iš pagrindinių reabilitacijos tikslų pacientams po TGSS (Llorens ir kt., 2013).

Llorens ir bendraautorų teigimu, neseniai įgytos žinios apie sveikų ir sužeistų smegenų plastiškumą visiškai pakeitė strategijas, kaip atkurti sutrikusias funkcijas, atsirandančias dėl TGSS. Šiandien gydytojai vieningai sutinka, kad pacientų atsigavimas (ir ne tik motorinis atsigavimas) po smegenų sužalojimo bus veiksmingesnis ten, kur ankstyva ir intensyvi terapija bus orientuota į atkuriamą užduotį. Be to, autoriai mini, kad rezultatai yra dar palankesni funkcinio lygiu, jei treniruotės apima specifinius jutiminius atsiliepimus. Šis paprastas ir kartu revoliucingas požiūris greitai įsisavintas naujosiomis technologijomis. Tai ypač būdinga sistemoms, leidžiančioms tyrėjams kurti reabilitacijos programas, kurios atitiktų smegenų plastiškumo principus (pakartojimas ir užduoties specifiškumas natūralioje, turtingoje ir motyvuojančioje aplinkoje). Geras pavyzdys yra virtualios realybės grindžiamos sistemos, jų naudojimas neuroreabilitacijos srityje auga, ir jie duoda akivaizdžiai teigiamų rezultatų (Llorens ir kt., 2013). Lietuvoje, taip pat virtualios realybės lavinimo sistemos tampa vis populiareesnės, tačiau ne visos įstaigos gali sau tai leisti.

Tobulėjant technologijoms, reabilitacijos priemonės, kurios gali ištirti modeliuojamą realią

aplinką, vis dažniau naudojamos motorinėms funkcijoms atkurti ir pusiausvyros disfunkcijai pašalinti. Virtualiosios realybės technologija yra sukurta kompiuterinės ir programinės įrangos aplinkoje, leidžiančioje pasineriantiems vartotojams generuoti vaizdinius, bei įgyti interaktyvią patirtį trimatėje vaizdinėje erdvėje, kuria vartotojams siekiama sudaryti tikros aplinkos išpūdį. Virtualią realią aplinką sukuria virtualios realybės technologijos, sutelkdamos dėmesį į tris savybes: autonomiją, sąveiką ir būties jausmą. Pacientai, suvokę trūkumus ir motorinę disfunkciją, reabilitacijos treniruotėse gali naudoti virtualiosios realybės technologijas, kad kuo geriau atsigtų, sutrikus motorinei funkcijai. Ši technika, taip pat gali iš dalies arba visiškai pagerinti sutrikusias kūno funkcijas, tokias kaip pusiausvyros nestabilumas. Todėl, po šio gydymo pacientai gali pasiekti visišką savarankiškumą, o virtualios realybės mokymai gali leisti kai kuriems iš jų dirbti savarankiškai, pagerinant jų gyvenimo kokybę (Mao ir kt., 2014).

Mao ir kiti teigia, jog paprastai manoma, kad subalansuoti kūną galima suderinus tris pagrindines sistemas, įskaitant regos, vestibulinį ir proprioceptinį pojūtį. Dauguma tyrimu parodė, kad prefrontalinė žievė yra viena iš svarbiausių smegenų sričių kontroliuojant žmogaus pusiausvyrą. Pagrindinis proprioceptinės ir somatosensorinės sistemos vaidmuo yra pajusti paskirstytus lytėjimo įvesties dirgiklius nervų lygyje ir pateikti ryšį tarp galūnių padėties ir centrinės nervų sistemos. Vestibulinė sistema, esanti vidinėje ausyje, naudojama galvos judesiui ir padėčiai erdvėje valdyti ir suvokti. Sutrikus smegenų funkcijai, sumažėja šių sistemų funkcija. Kai viena ar dvi iš šių sensorinių įvesties sistemų yra nefunkcionalios, atsiranda įvairūs kompensuojamieji reiškiniai sistemose, kurios nėra sutrikusios. Straipsnyje minima, kad Virk ir kt. pasiūlė, jog tokia adaptacija gali vykti kasdieniame gyvenime ar virtualioje aplinkoje. Naudojant virtualią aplinką, skirtą lavinti akių ir galvos judesius, galima pagerinti ne tik vyresnio amžiaus žmonių pusiausvyrą, bet ir turintiems tam tikrus sutrikimus asmenis, galima sumažinti riziką nugriūti (Mao ir kt., 2014).

Pusiausvyra stovint yra pagrindinė daugelio su svorio atrama, susijusių užduočių sudedamoji dalis ir joje naudojama daugybė jutimo elementų. Paprastai pusiausvyrą galima apibūdinti kaip sugebėjimą išlaikyti kūno svorio centrą ant atramos taško su minimaliu pasvirimu ar maksimaliu tvirtumu. Chethana ir kitų straipsnyje rašoma, kad laikysenos kontrolė kelia didelius dėmesio reikalavimus, atsižvelgiant į kūno sudėjimą, asmens amžių ir pusiausvyros galimybes. Dėl kritimo patirtos traumos sukelia dideles problemas senyvo amžiaus žmonėms, sportininkams ir pacientams, kenčiantiems nuo cukrinio diabeto bei turintiems neurologinių sutrikimų. Keletas posturalaus stabilumo ir pusiausvyros tyrimų buvo sutelkti į laikysenos pobūdį ir jo galimas pasekmes nestabilumui: žemės jėgos reakcijos skirtos balanso įvertinimui; iššūkiai, kylantys dėl vidutinio šoninio laikysenos stabilumo, žengiant greitą žingsnį į viršų; vibracijos jutimo, regėjimo ir vestibulinės asimetrijos poveikis kontroliuojant sveikų pagyvenusiu asmenų laikyseną; žmogaus laikysenos reakcijos į skirtingo dažnio apatinių galūnių raumenų vibracijas; vizualinio poveikio kūno

laikysenai ir pusiausvyrai vertinimas; valdymo modelių taikymas analizuojant žmogaus kūno padėtį; pacientų, kuriems chirurginiu būdu patvirtinti vienašaliai vestibuliarinio audinio pažeidimai, laikysenos kontrolės ir pažinimo procesų sutrikimų tyrimas; senėjimo ir juslinės reintegracijos įtakos dėmesio poreikiams, norint išlaikyti kūno laikyseną, tyrimas; pusiausvyros atsigavimo po insulto tyrimas; ryšio ištyrimas tarp lėtinio kulkšnies nestabilumo ir laikysenos nestabilumo. Štai tokie tyrimai randami literatūroje, kuriuose daromi daugybę tyrimų, susijusių su kūno padėties stabilumo analize, naudojant inercinį jutimą, optinę judesio fiksavimo sistemą, jėgos plokšteles ir kt. Vienaime tyrime ištyrė galimybę įvertinti detales, susijusias su žmogaus pusiausvyra ir stabilumu įvairiuose kontekstuose (Chethana ir kt., 2015).

Yra daug nestabilių platformų, tokių kaip alpinistinės lentos, vinguriuojančios, svyruojančios lentos, stabilumo minkštos pagalvės ir kt., naudojamos pusiausvyrai, koordinavimo įgūdžiams ir svorio paskirstymui pagerinti, išvengti kritimų ir išvengti su sportu susijusių sužeidimų. Daug tyrimų įrodė, kad stabilūs ir nestabilūs paviršiai lavina pusiausvyrą, tačiau ne taip motyvuoja pacientus, kaip naujosios technologijos. (Chethana ir kt., 2015). Nestabilių paviršių, platformų metodika yra labai plačiai naudojama medicinos įstaigose, tiek Lietuvoje tiek užsienyje, nes tai yra pigiai prieinamas reabilitacijos būdas.

### **1.6.2. Kineziterapija eisenai lavinti**

Eisenos disfunkcija yra viena iš pagrindinių sričių, kuriai reikalinga motorinė reabilitacija po smegenų sužalojimo. Kadangi gebėjimas vaikščioti daro didelę įtaką asmens judėjimui, funkcinės ir kontroliuojamos eigos trūkumai yra susiję su asmens saugumu, savarankiška veikla ir gyvenimo kokybe. Pacientams, sergantiems TGSS, sumažėja greitis ir žingsnio ilgis, sutrinka pusiausvyros palaikymas stovint ir einant. Koordinuoti eisenos ir pusiausvyros sutrikimai paprastai išlieka ir po to, kai paciento galimybės savarankiškai vaikščioti yra atkurtos. Todėl šie sutrikimai silpnina judėjimo funkciją ir pablogina šios populiacijos eiseną (Kim ir kt., 2016).

Kineziterapeutams įprastas eisenos mokymas yra sunkus, nes nors pacientams naudingos ilgos eisenos treniruotės, dideli fiziniai šių užsiėmimų krūviai riboja jų trukmę. Kadangi kiekvienoje treniruotėje atliekami šimtai žingsnių kartojimų, terapeutams tampa sudėtinga palengvinti simetriškus kinematinis abiejų apatinių galūnių žingsnių modelius. Funkciniai įprastinių reabilitacijos programų rezultatai rodo, kad šių programų intensyvumas yra nepakankamas tiems, kuriems yra neuromotorinė disfunkcija. Didelio intensyvumo ir ilgai trunkantys fiziniai pratimai yra gyvybiškai svarbūs norint gauti patenkinamus rezultatus, susijusius su bendrąja sveikata ir kasdienia pacientų, turinčių neuromotorinę disfunkciją, veikla (Volpini ir kt., 2016).

Eiseną sudaro kelios savybės, įskaitant laiko, erdvės ir kintamumo savybes, kurios gali dar labiau diferencijuoti patologinį poveikį, todėl norint iširti specifinius ligos ar sužalojimo požymius, labai svarbu išmatuoti kelias eisenos ypatybes. Dauguma eisenos tyrimų po lengvo TGSS buvo

sutelkti ties išskirtinėmis eisenos charakteristikomis (t. y. pirmiausia eisenos greičiui), tikriausiai dėl lengvo matavimo ir siekiant išvengti daugybės statistinių netikslumų. Eisenos greitis yra daugelio eisenos bruožų sandauga. Nors jis parodo aktyvumą ir yra jautrus patologijai bei amžiui, jis nėra specifinis ir todėl gali neatspindėti tikslaus pagrindinio sutrikimo. Pavyzdžiui, eisenos greitis nėra aiškus ir neatspindi subtilių ir pasirinktinių eisenos pokyčių, atsirandančių dėl sužeidimo ar ligos. Atrankiniai eisenos ypatybių nustatymai yra gyvybiškai svarbūs norint patologiją išsiaiškinti, nustatyti specifinius traumos ar ligos progresavimo požymius ir nustatyti patologijos poveikį susijusį su eisenos ir kitomis savybėmis (pvz., pažinimo, jutimo funkcija ir t.t.). Pavyzdžiui, skirtingos kognityvinės sritys ir smegenų sritys turi selektyvų ryšį su konkrečiomis eisenos ypatybėmis (tempas, kintamumas, ritmas ir t.t.), todėl, ištyrus įvairius eisenos aspektus, gali būti lengviau išsiaiškinti, kokie yra nervų sistemos sutrikimai dėl lengvo TGSS. Be to, sergantieji lėtine lengva TGSS paprastai turi nuolatinių simptomų, nesusijusių su eisenos greičiu, tačiau gali būti susijusių su kitomis pavienėmis eisenos savybėmis (Stuart ir kt., 2019).

Eisenos lavinimo metodikų yra labai įvairių, kineziterapeutui svarbu lavinti taisyklingą eiseną ir formuoti taisyklingą žingsnio fazę, jog pacientas eidamas laikytų pusiausvyrą ir išvengtų kritimų, galėtų savimi pasirūpinti ir būti savarankišku.

### **1.6.3. Kineziterapija kognityvinėms funkcijoms gerinti**

Kognityvinės reabilitacijos tikslas, po TGSS yra – sustiprinti asmens gebėjimą apdoroti ir interpretuoti informaciją, taip pat pagerinti asmens galimybes priimant svarbius sprendimus. Barman ir bendraautorai teigia, kad kognityvinė reabilitacija labiausiai tinka gerai motyvuotiems ir funkciškai nepriklausomiems asmenims, turintiems lengvus ar vidutinio sunkumo pažinimo sutrikimus. Kognityvinė reabilitacija negali būti laikoma savarankiška terapija asmenims, turintiems kognityvinių funkcijų nepakankamumą. Reabilitacija visada parodo daugiau naudos, kai būna skiriama kaip daugiadisciplininis / tarpdisciplininis požiūris. Daugiadisciplininis komandos požiūris apima gydytoją, neuropsichologus, logopedą, ergoterapeutus, kineziterapeutą ir socialinius darbuotojus. Kognityvinė reabilitacija susideda iš įvairių intervencijų, tačiau literatūroje sutariama, kad kognityvinė reabilitacija turi būti pritaikyta individualiems poreikiams. Tyrimai padalija kognityvinę reabilitacijos terapiją į du komponentus: atkuriamąjį ir kompensuojamąjį. Atkuriamojo požiūrio tikslas yra sustiprinti, įtvirtinti ar atkurti sutrikusius įgūdžius. Tai apima pakartotinius standartizuotų, vis sunkesnių sunkumų pažinimo testus, nukreipiančius į konkrečias pažinimo sritis (pvz., atrankinį dėmesį, naujos informacijos atmintį). Kompensacinis požiūris moko keletos būdų, kaip apeiti ar kompensuoti sutrikusią funkciją. Įvairūs autoriai praneša, kad kaip kompensaciniai metodai, veiksmingai naudojamos pagalbinės technologijos, tokios kaip kalendoriai, elektroninės atminties įtaisai, žadintuvai ar priminimai (Barman ir kt., 2016).

Dėmesį galima žymiai pagerinti mokant specialių įgūdžių po trauminių galvos smegenų

sužalojimo. Dėmesio proceso mokymas yra tiesioginio dėmesio mokymo programa, skirta atstatyti ir pagerinti regimąjį ir klausos dėmesį. Šis mokymas nukreiptas į penkis dėmesio komponentus: sutelktas dėmesys, nuolatinis dėmesys, selektyvus dėmesys, kintamasis dėmesys ir suskaidytas dėmesys. Treniruočių programą sudaro užduotys, kurių hierarchinė progresija didėja, kai reikia vis daugiau dėmesio, pereinant nuo paprastų iki sudėtingų dėmesio išblaškymų (Barman ir kt., 2016).

Kognityvinės reabilitacijos terapijos intervencijomis siekiama atkurti arba kompensuoti atminties trūkumą. Atkuriamieji atminties intervencijos metodai apima žodžių sąrašą, pastraipų išklausimą, vaizdinius vaizdus ir mnemonines strategijas. Barman ir bendraautorių išanalizuoto tyrimo rezultatai teigia, kad atminties atkūrimo procedūros, tokios kaip atminties mokymas, kompiuterinė kognityvinė reabilitacija yra naudinga TGSS sergantiems asmenims, norintiems išsaugoti ilgalaikę atmintį. Nepaisant to, buvo nustatyta, kad kompiuterinės strategijos yra naudingos norint pagerinti bendrą pažintinį funkcionavimą, dėmesį, atmintį ir vykdomuosius įgūdžius. Yra rimtų įrodymų, patvirtinančių išorinės atminties naudojimą siekiant kompensuoti TGSS sergančių asmenų atminties sutrikimus. Kompensacinis strategijos mokymas, įskaitant vidinės strategijos mokymą (pvz., vaizdinius vaizdus) ir išorinės atminties kompensavimą (pvz., nešiojamosios knygutės, užrašinės), yra efektyvūs būdai, esant lengviems atminties sutrikimams po TGSS. Atminties nešiojamoji knygutė paprastai sudaro orientacijos skyrius (informacija apie sužeidimus), atminties žurnalas, kalendorius, darbų sąrašas, transportavimas (žemėlapiai, viešojo transporto tvarkaraštis ir taksi telefonų numeriai), vardai ir kiti (Barman ir kt., 2016).

Kalbos funkcijos yra labai susijusios po TGSS asmenų funkcinė ir pažintinė būkle. Kai kurie tyrimai rodo, kad pragmatiniai kalbos įgūdžiai, socialinis elgesys ir kognityviniai mokymai kartu su psichoterapija emociniam prisitaikymui gali žymiai pagerinti TGSS asmenų socialinio bendravimo įgūdžius. Buvo nustatyta, kad grupinės intervencijos ir specializuota kompiuterinė ir internetinė mokymo medžiaga, yra papildomi naudingi metodai atstatyti socialinio bendravimo įgūdžius po TGSS. Manoma, kad sergantiems apraksija, gestų pratimai padeda pagerinti kasdienio gyvenimo veiklų funkcijas (Barman ir kt., 2016).

Kita vertus, reikia nepamiršti, kad reabilitacija apima ne tik kognityvinių funkcijų apribojimų gerinimą, bet ir fizinius bei psichosocialinius klausimus. Kognityvinė reabilitacijos terapija, kaip taisyklė, yra skirta išimtinai individualių funkcijų vykdymui (pvz., dėmesio, atminties, sąmoningumo) ir apima įvairias procedūras, kurias sveikatos priežiūros personalas atlieka daugelyje sričių. Paprastai šeima ar paciento globėjai aktyviai dalyvauja šiame procese. Pagrindinis šios reabilitacijos tikslas yra suteikti pacientui, patyrusiam galvos smegenų traumą, pagrįstą priežastį grįžti į normalų gyvenimą rekonstruojant ar kompensuojant prarastas funkcijas. Rekonstrukcija reiškia naują prarastų funkcijų vykdymą, o kompensacija siekiama pritaikyti pacientą esamiems sutrikimams įveikti. Kognityvinių funkcijų apribojimų reabilitacijos atlikimo būdai yra beveik tokie

pat unikalūs, kaip ir pačių pacientų įvairovės unikalumas (Chantsoulis ir kt., 2015).

### **1.7. Virtualios realybės panaudojimas pacientams po trauminio galvos smegenų sužalojimo**

Kognityvinės ir fizinės reabilitacijos programos yra pagrindinės priemonės, gerinančios TGSS sergančių pacientų klinikinius rezultatus, optimizuojant veiklą, funkcijas, efektyvumą, produktyvumą, dalyvumą ir gyvenimo kokybę. Jos grindžiamos kompensacinėmis ir adaptacinėmis strategijomis ir skiriasi priklausomai nuo paciento galimybių ir negalios laipsnio. Trauminis galvos smegenų sužalojimas apima įvairias etiologijas, taip pat struktūrinius ir molekulinis traumų modelius, kurie diktuoja skirtingas prognostines ypatybes ir galimas reakcijas į reabilitacinę terapiją. Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad atsižvelgiant į pažinimo ir jutimo sutrikimų laipsnį, mankšta gali pagerinti rezultatus, naudojant skirtingus reabilitacijos programų metodus, tačiau trūksta įrodymų, patvirtinančių optimalių pacientų reabilitacinių intervencijų laiką, tipą ir intensyvumą. Pavyzdžiui, pacientams, sergantiems sunkia TGSS forma, reabilitacija dažnai būna atidėta, kol jie išleidžiami iš intensyviosios terapijos skyriaus, arba sunkiausiais atvejais atliekama tik su minimaliais tikslais, kuriais siekiama apriboti spastiškumą. Svarbu tai, kad kognityvinė reabilitacija poūmioje TGSS stadijoje yra retai svarstoma. Dėl šių priežasčių rekomenduojama naudoti modernius metodus siekiant įvertinti su TGSS susijusius trūkumus ir kurti bei vertinti naujas reabilitacines intervencijas. Vis tobulėjanti technologija, tokia kaip virtuali realybė, yra naujas šiam tikslui skirtas įrankis ir gali suteikti po TGSS pacientų priežiūros komandoms naujas strategijas, lengvai prieinamas ir lovoje gulintiems pacientams. Nuo devintojo dešimtmečio pabaigos virtualios realybės terminas buvo naudojamas apibūdinti 3D sintetinę aplinką, kurią sukuria kompiuterinė grafika, kurioje vartotojas jaučiasi esąs viduje. VR galima apibūdinti kaip „patobulintą žmogaus ir kompiuterio sąsajos formą, leidžiančią vartotojui natūralistiniu būdu bendrauti su kompiuterio sukurtą aplinką ir pasinerti į ją“. Dėl savo lankstumo, buvimo jausmo (t. y. „Buvimo ten“ jausmo) ir emocinio įsitraukimo, VR buvo išbandyta atliekant motorinę ir kognityvinę reabilitaciją, pasiekiant gerų rezultatų. Pacientams, patyrusiems insultą, VR programų skaičius sparčiai didėja, nes yra įtakingų įrodymų, rodančių, kad po VR pagerėjo motorinių funkcijų atkūrimas ir kasdienis gyvenimas. Todėl vis sparčiau ši technologija yra naudojama TGSS patyrusiems pacientams, tiriamas jos poveikis ir rezultatai (Zanier ir kt., 2018).

Zanier ir bendraautorių straipsnyje teigiama, jog Dahdah ir kiti, kaip terapinį instrumentą, pademonstravo, kad virtuali realybė, gali būti naudojama kaip veiksminga neuroreabilitacinė priemonė siekiant sustiprinti vykdomąsias funkcijas ir apdoroti informaciją poūmiu laikotarpiu, pateikiant įrodymus apie teigiamą virtualios realybės sudarytų protokolų poveikį. VR, kaip terapinė priemonė, taip pat yra naudojama kognityvinėms funkcijoms gerinti, pavyzdžiui, dėmesio mokymui, po sunkios TGSS formos, nustatyti teigiami rezultatai ankstyvajame atsigavimo etape, atliekant

specifinę užduotį ir siekiant sustiprinti nuolatinį dėmesį. Galiausiai nustatyta, kad virtualūs protokolai, sudaryti iš komercinių žaidimų, yra veiksmingi šalinant ir gydant pusiausvyros ir eisenos sutrikimus (Zanier ir kt., 2018).

Daug mokslinių tyrimų susijusių su virtualia realybe, yra atlikti įgytam galvos smegenų sužalojimui, šis sužalojimas nuo TGSS skiriasi tuo, kad sužalojimo priežastis yra ne išorinis veiksnys, o vidinis (aneurizma, auglys, insultas, infekcijos ir t.t.). Įgyto smegenų sužalojimo pasekmės yra labai panašios į TGSS. Pagrindinės atsirandančios fizinės problemos yra spastika, raumenų silpnumas, riboti judesiai ir koordinacijos sutrikimai. Šių problemų padariniai yra tokie, kaip ribota laikysenos kontrolė, eisenos sutrikimas ir kritimo rizika, dėl pusiausvyros sutrikimo. Taip pat pažymimi kognityvinių funkcijų sutrikimai (Albiol-Perez ir kt., 2014). Gomez ir kitų atliktame tyrime yra stebimas poveikis „eBaViR“ sistemos, pagrįstos „Nintendo Wii Balance Board“, kurią sukūrė medicinos terapeutai. Tai nestabili platforma, sujungta su kompiuteriu, kuriame atliekamos įvairios užduotys. Ši sistema naudojama siekiant pagerinti įgytą smegenų sužalojimą turinčių pacientų padėti pusiausvyroje per motyvacinius ir adaptyvius pratimus. Galutinę tyrimo imtį sudarė 11 vyrų ir 6 moterys. Pacientams, kuriems buvo taikoma „eBaViR“ sistema, reikšmingai pagerėjo statinė pusiausvyra (pagal Bergo pusiausvyros skalę ir pagal funkcinį siekimo testą), palyginti su pacientais, kuriems buvo atliktas tradicinis gydymas, paremtas kineziterapijos treniruotėmis. Gydomo metu nė vienoje grupėje nebuvo rimtų nepageidaujamų reiškinių. Rezultatai parodė, kad „eBaViR“ yra saugi ir efektyvi tradicinio gydymo alternatyva, siekiant pagerinti statinę pusiausvyrą po galvos smegenų sužalojimo. Šie rezultatai paskatino stiprinti virtualų gydymą naujais pratimais, ir atlikti naujus tyrimus (Gomez ir kt., 2011).

Manivannan ir kiti teigia, kad VR yra kaip „interaktyvų virtualių vaizdų ekranas, kuris įtikina vartotojus, kad jie yra panirę į sintetinę erdvę“. Minima, kad sparti technologijų pažanga reiškia, kad vis labiau įmanoma „įtikinti vartotojus, kad jie yra panardinti“, pasitelkdami įvairius būdus, tokius kaip ant galvos montuojami akiniai, trimačiai (3D) ekranai, vairasvirtės, pirštines ir nerangus grįžtamasis ryšys iš robotų. Yra vis daugiau įrodymų, kad VR yra naudojama kognityvinėje reabilitacijoje po TGSS, sergant šizofrenija, depresija, neurodegeneraciniais sutrikimais ir demencija. Iš esmės VR technologija yra vertinga priemonė vertinant, diagnozuojant ir gydant lėtinius neurologinius ir psichinius sutrikimus. Tai gerai tinka šiam tikslui dėl kelių priežasčių: pirma, tai suteikia saugią aplinką kasdienio gyvenimo veiklai; antra, tai suteikia galimybę pritaikyti gydymo būdą asmeniui; trečia, užduotys gali būti subjektyviai linksmos, taip apeinant problemas, susijusias su sumažėjusia motyvacija (Manivannan ir kt., 2018).

Ustinovos ir bendraautorių straipsnyje minima, jog virtualios realybės terapiją sudaro daugybė VR pratimų, kurie atkartoja įprastinę mankštos ir veiklos seką, kuri skirta atkurti daugumai kūno funkcijų, pagrindinės yra laikysenos ir koordinacijos anomalijos, pusiausvyra ir eisena po

trauminių galvos smegenų sužalojimų. Jų tirta VR terapija, palyginti naujas požiūris VR taikomosiose programose, pateikiant sudėtingą žaidimais pagrįstą sprendimą, kurio turinys logiškai vystosi nuo paprastų vienos rankos judesių iki sudėtingų viso kūno veiksmų, orientuotų į užduotis. Šio tyrimo tikslas buvo ištirti VR terapijos efektyvumą atkuriant motorinius ir funkcinis sutrikimus nedidelėje lengvo ir vidutinio sunkumo TGSS patyrusių asmenų grupėje. Efektyvumas buvo patikrintas bandomojoje grupėje, kurioje dalyvavo 9 dalyviai, sergantys TGSS. Jie baigė 15 sesijų, kurių kiekviena truko maždaug 50 minučių. Dauguma dalyvių pagerino kūno laikyseną, pusiausvyrą, eiseną ir viršutinių galūnių judesius. Pratimai buvo atlikti prižiūrime aplinkoje, kad būtų nustatyti saugos kriterijai (Ustinova ir kt., 2013).

Taigi, virtuali realybė yra modernus, įdomus, keliantis motyvaciją ir tyrimais įrodytas efektyvus reabilitacijos būdas, norint atkurti ar pagerinti kūno funkcijas, tokias kaip pusiausvyrą, eiseną, laikyseną, koordinaciją ar net kognityvines funkcijas.

## **2. TYRIMO METODIKA**

### **Mokslinės literatūros paieška**

Buvo vykdoma mokslinių publikacijų paieška duomenų bazėse, tokiose kaip: PubMed, Science direct, Tylor&Francis ir ResearchGate, atlikta pagal kiekvienai bazei pritaikytą paieškos strategiją. Atliekant paiešką buvo naudoti raktiniai žodžiai: traumatic brain injury, TBI, virtual reality, severe, moderate, mild. Nenustatant atrankos ir atmetimo kriterijų, iš viso buvo rasti 599 straipsniai.

### **Straipsnių panaudojimo atrankos kriterijai sisteminėje literatūros analizėje**

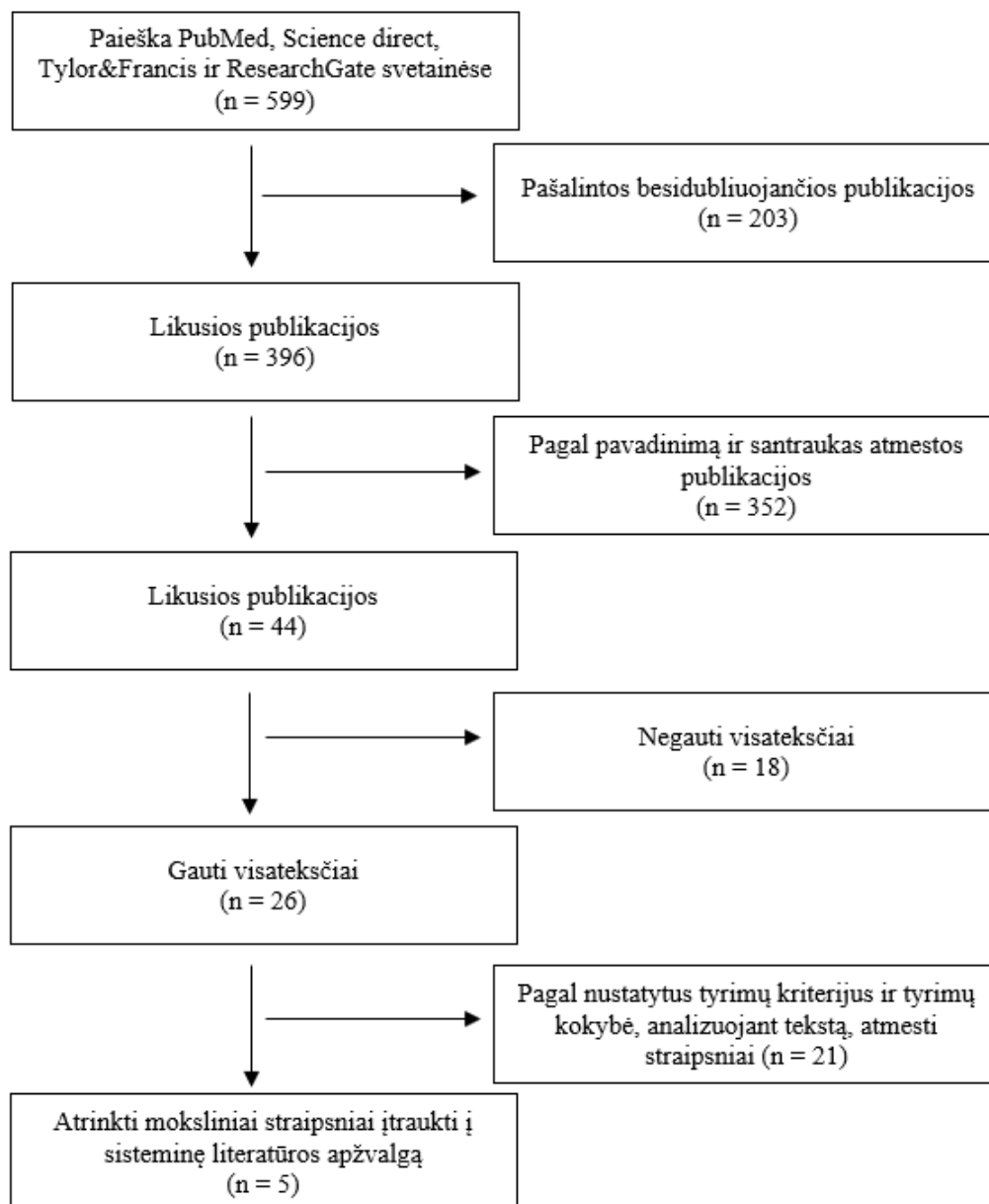
1. Moksliniai straipsniai, kuriuose atliktas tyrimas ne senesnis nei 7 metų senumo.
2. Tyrimų tipas: kontroliuojami klinikiniai tyrimai, kurių metu buvo vertinamas virtualios realybės poveikis pacientams po trauminio galvos smegenų sužalojimo (TGSS).
3. Tyrimo dalyviai: pacientai nuo 18 metų iki 55 metų, po lengvo, vidutinio sunkumo arba sunkios formos trauminio galvos smegenų sužalojimo.
4. Tyrime taikoma virtuali realybė.
5. Diagnostiniai tyrimai: atlikti kineziterapiniai testavimai prieš ir po virtualios realybės, tirta pusiausvyra, eisenos ir kognityvinės funkcijos.
6. Tyrimai atlikti visame pasaulyje.

### **Publikacijų atmetimo kriterijai**

1. Tyrimai senesni nei 7 metai.
2. Tyrimai, kuriuose tiriama jaunesni asmenys nei 18 metų.
3. Tyrimai, kuriuose nebuvo naudojama virtuali realybė.
4. Tyrimai parašyti ne anglų kalba.

### **Publikacijų atranka**

Straipsnių atranka vykdyta pagal tyrimo atmetimo kriterijus, kurie nurodyti aukščiau. Mokslinių straipsnių tinkamumas, nustatytiems kriterijams buvo vertinamas dviem etapais. Pirmojo etapo metu pašalintos besidubliuojančios publikacijos, atrinkti straipsniai ir tyrimai, kurie pagal straipsnio pavadinimą ir santraukoje pateiktą informaciją galimai atitiko tyrimų atmetimo kriterijus. Taip pat, buvo atmesti straipsniai, kurie buvo negauti visateksčiai. Šiame etape atrinkti 26 straipsniai. Antrajame etape vertinta tyrimų atitiktis nustatytiems kriterijams ir tyrimų kokybė, analizuojant viso teksto straipsnius. Antrojo etapo metu atrinkti 9 straipsniai. Įvertinus straipsnius, ir atmetus, tuos kuriuose nebuvo vykdomi tyrimai, papildomai atmesti 4 straipsniai. Iš viso į sisteminę apžvalgą įtraukti 5 tyrimai. Mokslinių publikacijų atrankos procesas ir kiekvieno vertinimo etapo rezultatai pateikti 2 pav.



pav. 2. Publikacijų atrankos schema

### Duomenų paėmimas ir tvarkymas

1. Bendra informacija: pavadinimas, autoriai, šalis, publikacijos metai.
2. Tyrimo charakteristika: tipas, trukmė.
3. Tyrimo dalyvių charakteristikos: dalyvių įtraukimo ir atmetimo kriterijai, dalyvių skaičius, lytis, vyrų ir moterų skaičius, amžius.
4. Tiriama rodikliai: pusiausvyros testai, eisenos testai ir kognityvinių funkcijų testai, jų rezultatų kitimas prieš ir po virtualios realybės.

## 2.1. Rezultatai

### Tyrimų apibūdinimas

Į sisteminę apžvalgą įtraukti 5 tyrimai. Iš jų 2 tyrimuose taikytos atvejo analizės, kituose 3 tyrimuose buvo vykdomi kontroliuojamų imčių tyrimai. Visi tyrimai atlikti JAV, tik skirtinguose medicinos centruose. 3 tyrimai atlikti 2013 metais, 1 tyrimas 2014 metais ir 1 tyrimas 2017 metais. Atrinktuose tyrimuose, bendras tiriamųjų skaičius buvo 56 asmenys, iš jų 24 moterys ir 32 vyrai. Tyriamųjų amžius buvo nuo 18 metų iki 47 metų.

Eil. Nr.	Tyrimo autoriai, pavadinimas ir metai:	Tyrimo trukmė:	Dalyvių skaičius, lytis, amžius, traumos sunkumas:	Kiek laiko praėjus nuo TGSS atliekamas tyrimas?
1.	Ustinova, Perkins, Leonard ir kt. Virtual Reality Game-based Therapy for Persons with TBI: A pilot study. (2013)	Terapiją apėmė 15 sesijų, kurių kiekviena truko maždaug 50–55 minutes, 2–4 kartus per savaitę, 5–7 savaites iš eilės.	Dalyvavo 9 asmenys, iš jų: 6 vyrai, 3 moterys. Amžiaus: 32±9 metų. Patyrę lengvo arba vidutinio sunkumo TGSS.	Asmenys, kurie dalyvavo tyrime, TGSS buvo patyrę įvairiai, nuo 2 metų iki 14 metų.
2.	Paavola, Oliver ir Ustinova. Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report. (2013)	10 užsiėmimų.	Vienas asmuo, vyras, 29 metų amžiaus. Patyręs sunkią galvos smegenų traumą.	Trauma įvyko prieš 9 metus.
3.	O'Neil, Skeel ir Ustinova. Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI. (2013)	10 žaidimo sesijų po ~1h.	Intervencinėje grupėje dalyvavo 15 asmenų, iš jų: 8 moterys, 7 vyrai. Amžiaus vidurkis 32,5 (diapazonas nuo 18 iki 44 metų). Visi asmenys buvo patyrę vidutinio sunkumo arba sunkų TGSS. Tačiau vienas asmuo buvo pašalintas iš tyrimo. Kontrolinėje grupėje dalyvavo 15 sveikų asmenų, iš jų: 8 moterys, 7 vyrai. Amžiaus vidurkis 33,4 (diapazonas nuo 18 iki 47 metų).	Buvo paimtas vidurkis – asmenys patyrė TGSS maždaug prieš 10 metų.
4.	Ustinova, Perkins, Leonard ir Hausbeck. Virtual reality game-based therapy for	Vyko 15 sesijų, kurių kiekviena truko 50–55	Tyrime dalyvavo 15 asmenų, iš jų 10 vyrų, 5 moterys. Visi asmenys buvo patyrę lengvą arba vidutinio sunkumo TGSS.	Asmenys patyrė TGSS, prieš 1 metus – 10 metų.

	treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study. (2014)	minutes, 2–3 kartus per savaitę, iš viso 5–6 savaites iš eilės.	Amžius: 30.6 ± 8.5 metų.	
5.	Chanpimol, Seamon, ir kt. Using Xbox kinect motion capture technology to improve clinical rehabilitation outcomes for balance and cardiovascular health in an individual with chronic TBI. (2017)	8 savaitės.	Vienas asmuo, vyras, 37 metų amžiaus. Patyręs sunkią galvos smegenų traumą.	Asmuo patyrė traumą prie 16 metų.

lentelė 2. Pagrindinės mokslinių tyrimų charakteristikos

### Tyrimuose atlikti testai, jų rezultatai prieš virtualios realybės taikymą

1 tyrime buvo atlikti šie testai:

1. Bergo pusiausvyros testas, dalyviai surinko nuo 34 iki 53 taškų, o  $\leq 45$  balai rodo didelį kritimo pavojų.
2. Ataksijos vertinimo testas, dalyviai surinko nuo 2 iki 21 balo, 35 balai rodo sunkią ataksijos formą.
3. Funkcinis siekimo testas, dalyviai siekė į priekį nežengdami žingsnio nuo 25,4 cm iki 39,37 cm.
4. Funkcinis ėjimo testas (Tai 8 elementų dinaminio eisenos indekso modifikacija), dalyviai surinko nuo 10 iki 28 taškų,  $\leq 22$  taškai rodo didelę kritimo riziką.
5. Nei vienas iš dalyvių neturėjo rimtų kognityvinių funkcijų ar elgesio sutrikimų, todėl nebuvo daromi jokie testai.

2 tyrime buvo atlikti šie testai:

1. Bergo pusiausvyros testas, dalyvis surinko 33 taškus.
2. Ataksijos vertinimo testas, dalyvis surinko 26 balus.
3. Funkcinis ėjimo testas, dalyvis surinko 10 balų.
4. Vizualinio suvokimo galimybės buvo įvertintos atliekant motorinio vizualinio suvokimo testą. Šis testas matuoja regimąją atmintį, regos erdvinius ryšius ir regos motorinę integraciją. Tai bandymas, skirtas nustatyti silpnus suvokimo trūkumus. 145 balas rodo geriausią įmanomą rezultatą, o  $100 \pm 15$  taškų balas rodo vidutinį rezultatą. Pacientas gavo 64 balus, o tai rodo reikšmingą regėjimo suvokimo trūkumą.

5. Ray-Osterreith kompleksinių figūrų testas buvo naudojamas įvertinti visus konstruktyvius sugebėjimus, paprašant dalyvio nukopijuoti abstrakčią figūrą iš stimuliavimo kortelės į tuščią kortelę. Tyrimo dalyvis gavo 2 balus, palyginti su maksimaliu įmanomu 36 balu, kuris rodo didelį regos-suvokimo ir regos-motorinių įgūdžių trūkumą.

3 tyrime buvo atlikti šie testai:

1. Ataksijos vertinimo testas, dalyviai surinko nuo 5 iki 21 balo.
2. Bergo pusiausvyros testas, dalyviai surinko nuo 39 iki 56 taškų.
3. Funkcinis ėjimo testas, dalyvių vidurkis 21,57 balo. Tai rodo vidutine kritimo rizika.
4. Taip pat buvo atlikti testai iširti 8 kognityvinių funkcijų sritis, tokias kaip žodinė atmintis, regimoji atmintis, informacijos apdorojimo greitis, vizualinis gebėjimas ir t.t.

4 tyrime buvo atlikti šie testai:

1. Bergo pusiausvyros testas, dalyviai surinko nuo 36 iki 53 taškus.
2. Funkcinis ėjimo testas, dalyviai surinko nuo 10 iki 28 balų.
3. Ataksijos vertinimo testas, dalyviai surinko nuo 2 iki 26 balų.
4. Funkcinis siekimo testas, dalyviai siekė į priekį nežengdami žingsnio nuo 22,8 cm iki 39 cm.
5. Buvo atliktas Sent Luiso universiteto psichinės būklės testas, visi dalyviai viršijo 21 balą, tai reiškia, kad nėra arba yra lengvų kognityvinių funkcijų sutrikimų.

5 tyrime buvo atlikti šie testai:

1. Dinaminio eisenos indekso testas.
2. Funkcinis siekimo testas.
3. Atliekamas stabilumo testas ant „NeuroCom Balance Master“ aparato.
4. Taip pat buvo atliekami testai širdies ir kraujagyslių sistemos aktyvumo rodikliams nustatyti.

### **Tyrimuose naudota virtuali realybė**

1 tyrime naudojant „WorldViz“ programinę įrangą buvo sukurti žaidimai, kartu su kompiuterinė grafika – sukurta naudojant „Alia’s Maya“ paketą 3D formato animaciją. Žaidimų sistemoje buvo „Dell Alienware M18“ grafikos greitintuvas integruotas su „Kinect Motion“ jutikliu. Vaizdai buvo projektuojami ir rodomi 82 colių ekrane. Kiekvienas dalyvis turėjo jutiklį, vaizduojantį dalyvio judesį. Buvo galima naudoti keturis pagal užsakymą sukurtus VR žaidimus / scenarijus, kurių kiekvienas kartojamas po 1 min. „Aštuonkojo“ ir „Kiemo“ žaidimai yra skirti treniruoti dinaminę pusiausvyrą ir rankos bei laikysenos koordinaciją, kartu pasiekiant judantį taikinį (debesėlį aštuonkojuose) arba „palietus“ nejudantį taikinį (gėlę kieme). „Laivo“ žaidimas kelia iššūkį laikysenos stabilumui jutiminėse konfliktinėse sąlygose, kurias sukuria judantis regos dirgiklis

(imituojantis valtį, judančią bangomis prieš nejudančią sausumos masę). „Riedlentė“ skirta statinei ir dinaminei laikysenos kontrolei, judrumui ir lipimo ant laiptelio formavimui pacientams, sergantiems TGSS. Žaidimų scenarijuje rodomas gatvėje judančios riedlentės, tikslas yra išvengti suklypimo ar smogimo kliūtims, kūno svorį perkeliančią kairę arba į dešinę, į priekį ar atgal, lipant ant kojos ir lipant laiptais (jei tai įmanoma dalyviui). Visos žaidimo užduotys leidžia žengti per kelis sunkumų lygius (pvz., padidėja greitis, kliūčių dažnis ir atstumas iki objekto, kurį norima perimti). Už sėkmingą kiekvieno žaidimo atlikimą apdovanojama daugybe taškų, kurie kaupiasi per visą žaidimų sesiją. Pagrindinis tikslas yra surinkti kuo daugiau taškų iki žaidimo pabaigos. Visas žaidimo procesas prižiūrimas kineziterapeuto.



**pav. 3.** 1 tyrimo dalyvis stovi priešais ekraną su numatytu žaidimų scenarijumi

2 tyrime virtualios realybės terapiją sudarė daugybė serijų „Kinect Adventure“, sukurtų „Xbox 360 Kinect“ pultui. Žaidimai buvo projektuojami į 82 colių ekraną. Vyko 10 užsiėmimų, kurių kiekvienas truko maždaug 50–55 minutes ir buvo suplanuotas 3 kartus per savaitę, 4 savaites iš eilės. Kiekvieną užsiėmimą, sudarė trys bandymai iš eilės, po 5 žaidimus iš „Kinect Adventure“ serijos. Visi žaidimai buvo žaidžiami pagrindiniame lygyje. Pirmąją tyrimo dieną paciento buvo paprašyta užpildyti vieną turą, kiekvieno žaidimo, kaip įvadą. Balai buvo dokumentuojami kaip atskaitos taškas. Antrosios sesijos metu buvo rengiami techniniai mokymai, po kiekvieno žaidimo, po kiekvieno turo bandymų. Ši terapija apėmė kūno svorio perkėlimo gerinimą, žingsnių į šonus / į priekį / atgal, pritūpimo ir kontroliuojamų viršutinių galūnių judesius, kurie yra komponentai, kurių reikia norint sėkmingai žaisti kiekviename žaidime. Po šios sesijos nebuvo organizuojami jokie kiti oficialūs mokymai, išskyrus retkarčiais patikrinama ar tiriamasis prisimena žodžius ir svarbią informaciją, reikalingą tyrimui. Pacientui buvo liepta surinkti kuo daugiau balų. Siekiant išvengti kritimo

pavojaus, pacientas buvo saugomas per visą žaidimų praktiką. Kineziterapeutas studentas stovėjo už paciento (ar šalia jo), kol žaidė žaidimus, ir neleido jam prarasti pusiausvyros dėl per didelio kūno poslinkio.



**pav. 4.** 2 tyrimo dalyvis ir treniruočių aplinka, žaidžiant „Kinect Adventure“ žaidimą

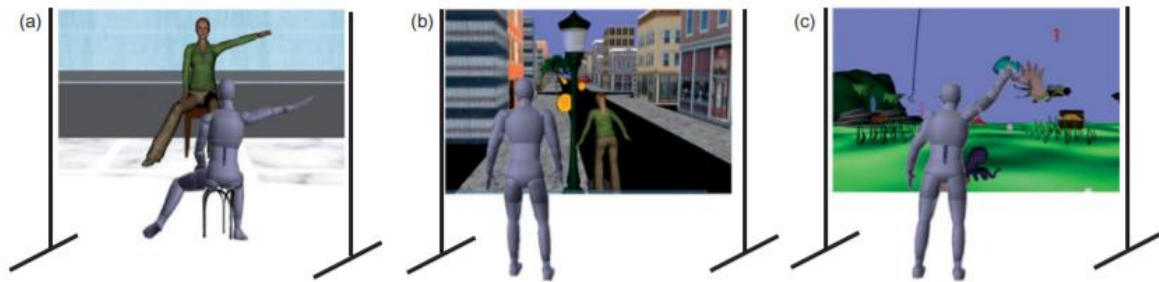
3 tyrime žaidimų sistemą sudarė „Dell Mobile Precision M6500“ nešiojamas kompiuteris, su grafikos projektoriumi, integruota su 6 kamerų sistema, judesiui fiksuoti. Dalyvio sąveika, su modeliuojama virtualia aplinka, vyko per pirštines, kurios buvo dėvimos ant rankos, jos turėjo sensorius, kurie tiksliai atkūrė realaus laiko kinematinius modelius. Taip pat buvo naudojami lengvi akiniai, kurie nevaržė dalyvių judesių. Žaidimų užduotys buvo sukurtos naudojant „WorldViz“ programinę įrangą kartu su kompiuterine grafika – sukurta naudojant „Alia’s Maya“ paketą 3D formato animaciją. Dalyviai sesijos metu 10 kartų praktikavo žaidimą „Aštuonkojai“. Kiekviename žaidime buvo apie 20–25 judesius, iš viso po 200–250 judesių pakartojimų per sesiją. Žaidimo tikslas buvo išpūsti kuo daugiau burbulų, pasiekiant juos kaire ar dešine ranka; kiekvienas iššokęs debesėlis uždirbo dalyviams tašką. Norint išvengti nuovargio, tarp tyrimų reikėjo leisti 1–2 minutes poilsio (stovint arba sėdint). Vidutiniškai kiekvienas žaidimų užsiėmimas truko ~1 valandą, įskaitant laiką pačioms pratyboms ir poilsiui.



**pav. 5.** 3 tyrimo virtualios realybės simuliacija

4 tyrime virtualios realybės terapija susidėjo iš žaidimų užduočių, skirtų viso kūno pusiausvyrai iš naujo treniruoti, įskaitant rankos koordinavimą, laikyseną ir eiseną. Žaidimai buvo žaidžiami su „Kinect Motion“ jutikliu ir suprojektuoti į 82 colių ekrane. Visi žaidimai buvo tokie

patys kaip ir 1 tyrime, nes buvo atliktas tame pačiame medicinos centre, tik tyrime dalyvavo kiti dalyviai.



**pav. 6.4** tyrimo trys VR užduotys, kurias dalyvis vykdo per virtualius užsiėmimus. (a) riedlentę, (b) kiemą ir (c) aštuonkojį. Grafikai iliustruoja vieno reprezentacinio dalyvio kūno segmento (-ų) trajektorijas, naudojamas judesių analizei

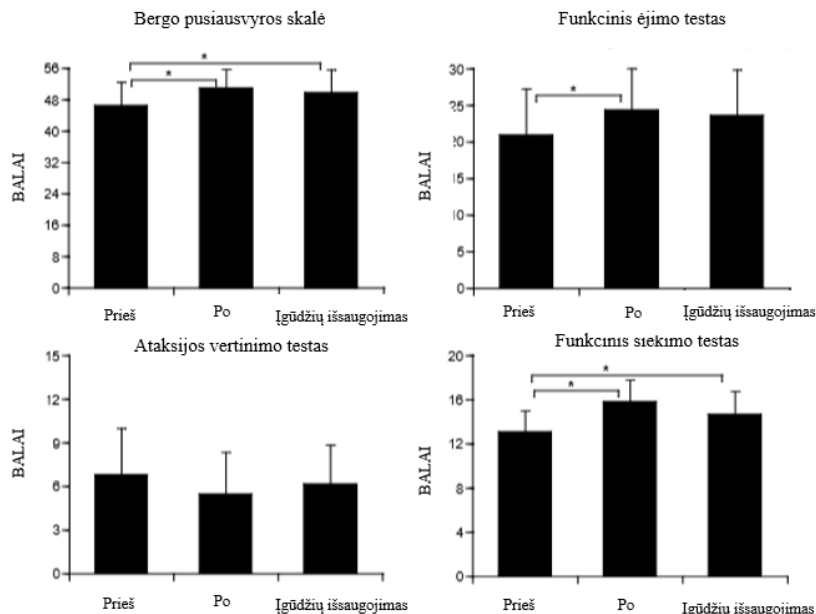
5 tyrime dalyvis baigė 15 prižiūrimų VR mokymo sesijų per aštuonias savaites. VR intervencijos buvo vykdomos privačioje ambulatorinės fizinės medicinos ir reabilitacijos tarnybos patalpose, siekiant sumažinti blaškymąsi ir suteikti pakankamai erdvės intervencijai. „Xbox One“ ir „Kinect“ jutiklis buvo naudojami su 45 colių „Samsung“ televizoriumi. Prireikus kineziterapeutas saugojo dalyvį iš už nugaros, kad būtų išvengta judesio jutiklio trukdžių. Iš viso kiekviena sesija truko nuo 50 iki 60 minučių. Intervencijai buvo naudojami du „Xbox One Kinect“ žaidimai, vadinami „Shape Up“ ir „Kinect Sports: Rivals“, siekiant iššūkio tiek širdies, tiek kraujagyslių bei pusiausvyros sistemoms. Buvo pasirinktas miniatiūrų rinkinys, skirtas dinaminės pusiausvyros, statinės pusiausvyros ir širdies bei kraujagyslių sistemos tinkamumo sritims, kurios buvo tinkamos dalyviui remiantis klinikiniu vertinimu. Norint atlikti viso kūno judesius, išlaikant laikysenos stabilumą ir judesio tikslumą, visuose žaidimuose reikėjo integruoti vaizdinę ir vestibulinę informaciją. Per visą intervenciją dalyviui buvo leista rinktis žaidimus, kurie, jo manymu, buvo patraukliausi ir maloniausi. Kiekvienas žaidimas truko nuo 1:30 iki 4:00 min. Pirmos 10 minučių buvo naudojamos apšilimui. Poilsio pertraukėlės buvo leidžiamos, nes dalyvis jų reikalavo. Po 25 minučių intervencijos buvo padaryta 5 minučių pertrauka, kad būtų galima pakeisti „Xbox“ konsolės žaidimą.

## 2.2. Virtualios realybės metodo poveikio rezultatų analizė

Visuose tyrimuose buvo tirtas VR poveikis pacientų pusiausvyrai, daugumoje tyrimų buvo tirta eisena, ataksija, taip pat kognityvinės funkcijos, viename tyrime, taip pat buvo tirtas širdies ir kraujagyslių sistemos aktyvumas.

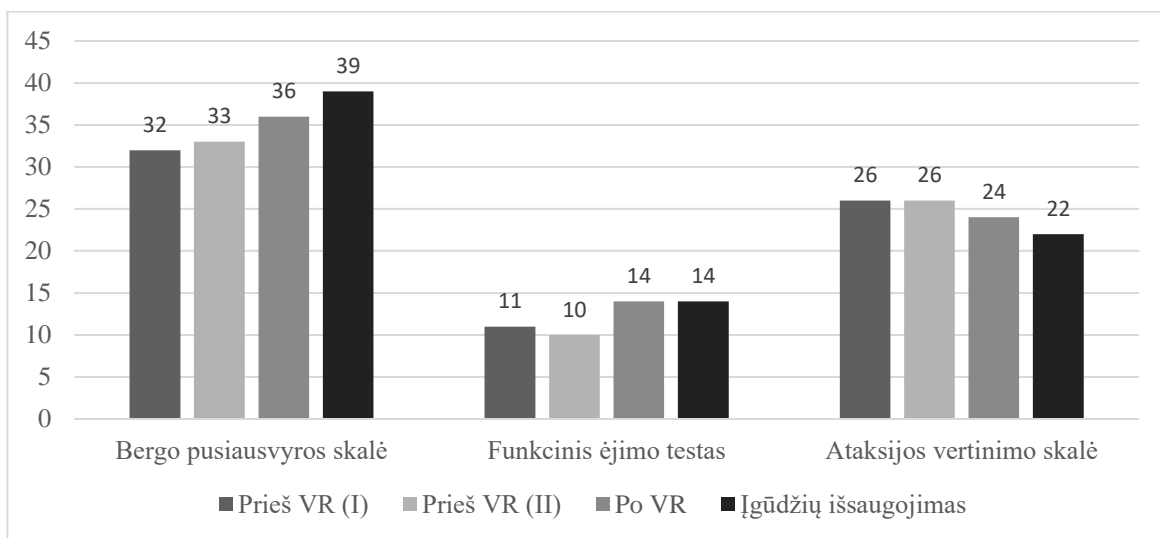
Ustinovas ir kt., tyrime (1 tyrimas), terapiją baigė dalyviai, kurie buvo patyrę lengvą arba vidutinio sunkumo TGSS, jie skirtingai padidino visų 4 testų rezultatus, kaip parodyta 7 paveiksle. Tiksliau, Bergo pusiausvyros skalės balai padidėjo nuo  $46,4 \pm 6,0$  iki  $50,8 \pm 4,8$  balo, o funkcinis ėjimo testas, pagerėjo nuo  $20,8 \pm 6,1$  iki  $24,3 \pm 5,6$  balo. Didžiausi pokyčiai buvo stebimi funkcinio siekimo teste. Dalyviai padidino atstumą nuo  $33 \pm 4,8$  cm iki  $39,87 \pm 5$  cm. Visi šie pagerėja reiškiniai išliko ir po tyrimo tirtame intervale, reikšmingų balų pokyčių nebuvo pastebėta. VR taip pat sumažino

ataksijos simptomus, o Ataksijos skalės balai pagerėjo nuo  $6,7 \pm 3,2$  iki  $5,4 \pm 2,9$  balo.



**pav. 7.1** tyrimo VR realybės poveikio rezultatai, testų skirtumai prieš VR, po VR ir įgūdžių išsaugojimas po VR intervencijos

Paavola, Oliver ir Ustinovos atliktame tyrime (2 tyrimas), dalyvis, kuris buvo prieš 9 metus patyręs sunkią TGSS formą, baigęs žaidimų praktiką pacientas iš esmės pagerino klinikinius balus, kaip parodyta 8 paveiksle. Jo visų testų įvertinimai, po VR, viršijo  $\pm 2$  balais, palyginti su prieš VR darytais testų įvertinimais. Vertinant Bergo pusiausvyros testą balas pagerėjo 4 balais, o išlikusių įgūdžių testas – 7 balais. Funkcinio ėjimo testo balai, parodė paciento rezultatų pasikeitimą nuo  $11 \pm 0,7$  balo iki 14 balų. Ataksijos vertinimo skalėje, ataksijos sunkumas taip pat buvo šiek tiek sumažintas - 2 balais nuo  $26 \pm 0$  iki 24. Svarbu paminėti, kad visi šie pokyčiai išliko ir po 2 savaičių po VR intervencijos.

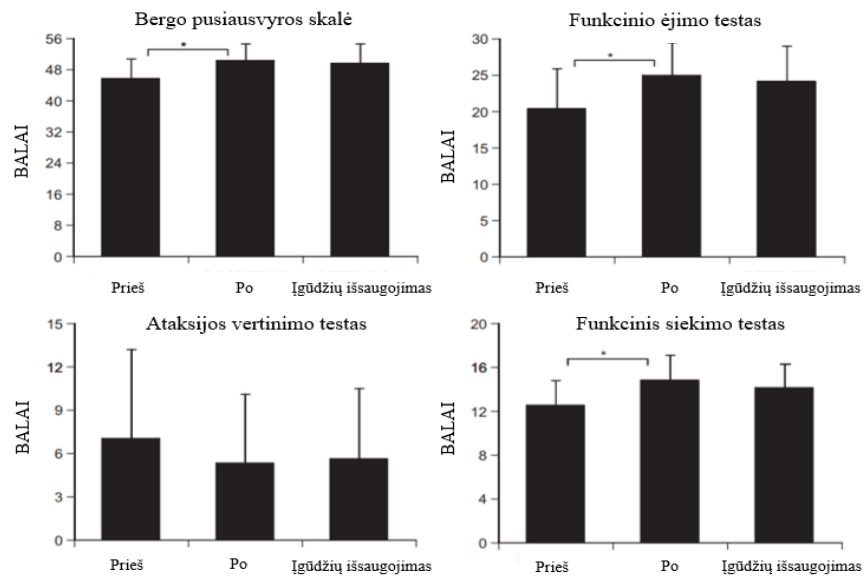


**pav. 8.2** tyrimo dalyvio rezultatai atlikti prieš 2 savaites iki VR (I), prieš VR (II) atliktas likus vienai dienai iki intervencijos, po VR ir po 2 savaičių atlikto įgūdžių išsaugojimo patikrinimas

O'Neil, Skeel ir Ustinovas, atliktame tyrime (3 tyrimas), buvo dvi tiriamosios grupės, viena grupė intervencinė, kurioje buvo asmenys patyrę vidutinio sunkumo arba sunkų TGSS, prieš maždaug 10 metų, kontrolinėje grupėje dalyvavo sveiki asmenys. Siekiant palyginti virtualiosios realybės užduoties rezultatus skirtingose grupėse, buvo ištirti vidutiniai skirtumai, naudojant nepriklausomus imties t-testus. Kiekvienam dalyviui buvo atlikti atskiri skaičiavimai abiem motorikos mokymosi etapams. Kontrolinės grupės našumas buvo žymiai didesnis nei TGSS grupės tiek ankstyvojo, tiek vėlyvojo etapo metu, tai rodo, kad kontrolinė grupė buvo pajėgi atlikti aukštesnį lygį nei intervencinė grupė. Be to, kontrolinės grupės mokymosi lygis ankstyvoje stadijoje buvo žymiai greitesnis nei TGSS grupės, tačiau šis skirtumas neišlaikytas vėlyvajame mokymosi etape. Suporuoti t-testų rezultatai, lyginant pirmojo ir paskutiniojo testo rezultatus, paaiškėjo, kad abi grupės parodė reikšmingą pagerėjimą visuose testuose. Lyginant abiejų grupių rezultatus, buvo išanalizuota, kad intervencinė grupė parodė žymiai didesnę virtualiosios realybės balų kintamumą, nei kontrolinė grupė. Be atskirų testų balų, kiekvienai iš aštuonių kognityvinių funkcijų sričių taip pat buvo sudaryti sudėtiniai balai. Kontrolinei grupei sekėsi geriau nei TGSS grupei. Kiekviena priemonė visose aštuoniuose kognityvinėse srityse, parodė reikšmingus skirtumus tarp grupių. Įvairiomis priemonėmis pacientų rezultatai svyravo nuo žemo, vidutinio iki sunkaus sutrikimo. Tačiau, rezultatai parodė, kad kognityvinių funkcijų sritys intervencinėje grupėje pagerėjo, po VR terapijos. Kalbant apie bendrus rodiklius, prieš tyrimą buvo iškelta hipotezė, kad kognityvinių funkcijų testų balai, susiję su motorine kūno veikla (pusiausvyra, eiseną) ir regimąja atmintimi, bus labiau priklausomi vienas nuo kito. Atrodo logiška, kad regimosios atminties ir erdvinės erdvės gebėjimai būtų labiausiai koreliuojami su atlikimu, dėl bendrų virtualios realybės žaidimo reikalavimų; Dalyviai turėjo išlįsti į kosmosą, kad išdygtų burbuliukai, šiam procesui reikėjo tiek pusiausvyros sugebėjimų, tiek kognityvinių funkcijų. Rezultatai parodė, kad po VR realybės, dalyvių pusiausvyros ir eisenos rodikliai pagerėjo, bet nežymiai. Padarytos išvados, kad pacientams po vidutinio sunkumo ir sunkaus TGSS reiktų ilgesnio VR terapijos laikotarpio, nes šiems asmenims dėl pusiausvyros, eisenos ir kognityvinių funkcijų sutrikimo yra sunkiau atlikti užduotis ir jas įsisavinti.

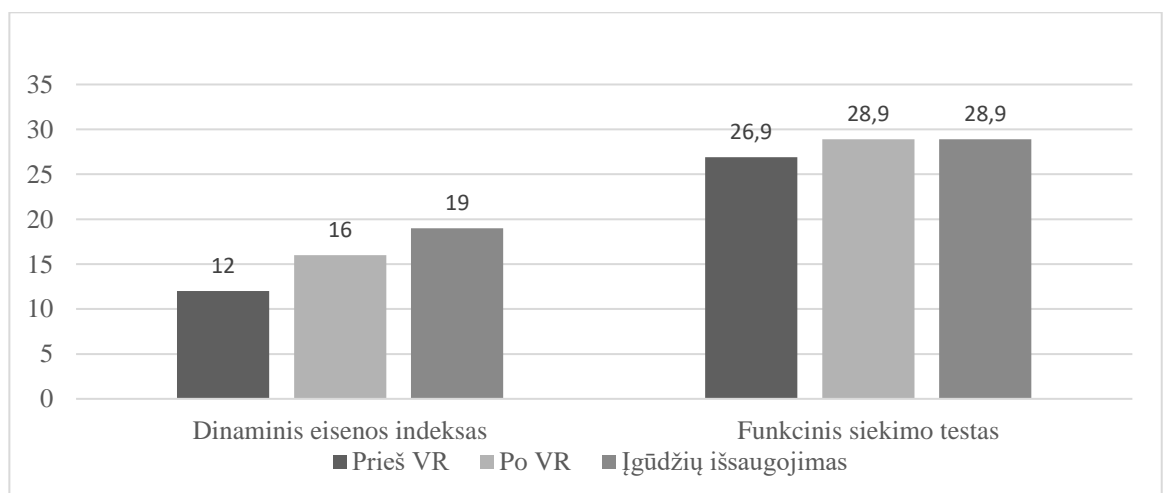
Ustinovas, Perkins, Leonard ir kt., atliktame tyrime (4 tyrimas), dalyvavo asmenys patyrę lengvą arba vidutinio sunkumo TGSS, prieš 1 – 10 metų. Visi dalyvavę asmenys, buvo praėję įprastines kineziterapijos programas prieš daugelį metų, nes pasiekė tam tikrą lygį, po kurio vistiek buvo išlikę tiek stabilumo sutrikimai, tiek funkciniai trūkumai. Tai buvo patvirtinta atliekant pakartotinius išankstinius klinikinius testus iki VR terapijos programos pradžios. Baigę terapiją, dalyviai skirtingai pagerino visų keturių testų balus, kaip parodyta 9 paveiksle. Konkrečiai, Bergo pusiausvyros skalės balai padidėjo 4,5 balo nuo  $45,6 \pm 5,15$  iki  $50,2 \pm 4,4$  balo. Funkcinis ėjimo testas pagerėjo 4,6 balo nuo  $20,3 \pm 5,6$  iki  $24,9 \pm 4,6$ . Didžiausi pokyčiai buvo stebimi funkcinio siekimo teste, kuriame dalyviai padidino atstumą 5,84 cm nuo  $31,75 \pm 5,3$  cm iki  $37,5 \pm 5,3$  cm. VR terapija

taip pat sumažino ataksijos simptomus. Nors balai pagerėjo 1,7 balo nuo  $7,0 \pm 6,2$  iki  $5,3 \pm 4,8$  balo, šis skirtumas reikšmingo lygio nepasiekė.



pav. 9. 4 tyrimo VR realybės poveikio rezultatai, testų skirtumai prieš VR, po VR ir ilgūdžių išsaugojimas po VR intervencijos

Chanpimol, Seamon ir kt., atliktame tyrime (5 tyrimas), dalyvavo vienas asmuo, kuris prieš 16 metų patyrė sunkią TGSS. Dalyvis pastebimai pagerino dinaminę pusiausvyrą, tačiau statinės pusiausvyros matmenys nepakito. Dalyvio dinaminė pusiausvyra, intervencijos metu, pastebimai padidėjo. Jo gebėjimas perkelti savo kūno centrą į priekį, remiantis jo funkcinio siekimo testo duomenimis parodė reikšmingą pagerėjimą. Atliktas stabilumo testas ant „NeuroCom Balance Master“, parodė nenuoseklius pagerėjimus ir tendencijų pokyčius įvairiose fazėse, taip įrodant pastebimus, nors ir nereikšmingus, patobulinimus visomis stabilumo reikiamomis kryptimis. Ryškiausias pastebėjimas šiame tyrime buvo dalyvio pagerėjimas dinaminėje pusiausvyroje – kūno laikysenos stabilumas stebint eiseną. Rezultatai pateikti 10 paveiksle. Taip pat, šiam dalyviui buvo stebimas širdies ir kraujagyslių sistemos aktyvumo pagerėjimas.



pav. 10. 5 tyrimo VR realybės poveikio rezultatai dinaminio eisenos indekso ir funkcinio siekimo testo, prieš VR, po VR ir ilgūdžių išsaugojimas

### Sisteminės analizės tyrimų palyginimas

Sisteminėje apžvalgoje analizuojami 5 tyrimai, kuriuose buvo tiriami asmenys patyrę trauminį galvos smegenų sužalojimą. Ne visus tyrimus galima lyginti tarpusavyje, norint sužinoti, kuri VR programa yra efektyviausia. Lyginant pirmąjį tyrimą su ketvirtuoju, juose buvo atliekamos VR procedūros naudojant tas pačias užduotis ir tokia pat kompiuterinę techniką. Abiejuose tyrimuose dalyvavo dalyviai patyrę lengvą arba vidutinio sunkumo TGSS, asmenys buvo panašaus amžiaus. Abu tyrimai turėjo VR terapijos 15 sesijų ir abu tyrimai truko 5-7 savaites. Lyginant gautus rezultatus, abiejuose tyrimuose jie panašūs. Bergo pusiausvyros skalė tiek viename tiek kitame tyrime pagerėjo apytiksliai 4 balais, funkcinio ėjimo testo balai ketvirtame tyrime 1,5 balo geresnis nei pirmame. Funkcinio siekimo testo balai pirmajame tyrime 1,5cm geresni, o ataksijos skalė abiejuose tyrimuose sumažėjo po 1,5 - 1,7 balo. Šiuose tyrimuose nebuvo tiriamos kognityvinės funkcijos, nes prieš pradėdant tyrimą, tarp dalyvių nebuvo pastebėti sunkūs jų sutrikimai. Lyginant šiuos du tyrimus (1 ir 4 tyrimą) su 3 tyrimu, jo trukmė buvo trumpesnė ir pacientai buvo patyrę vidutinio sunkumo ir sunkų TGSS. Šiame tyrime didesnis dėmesys buvo skirtas kognityvinėms funkcijoms ir buvo lyginamos dvi grupės: intervencinė ir kontrolinė. 3 tyrime VR terapijai buvo pasitelktos pirštinės su sensoriais ir lengvi akiniai, bet žaidimai ir užduotys tokios pat, kaip 1 ir 4 tyrimuose. 3 tyrime buvo užfiksuoti pusiausvyros ir eisenos pagerėjimai, kognityvinių funkcijų rodikliai buvo žymiai geresni nei prieš tyrimą.

Lyginant atvejo analizes (2 ir 5 tyrimai), kuriose buvo pacientai po sunkaus TGSS, juose buvo naudojamos „Xbox“ konsolės, tačiau su skirtingais žaidimais ir skirtingomis užduotimis. Taip pat šiuose tyrimuose buvo atliekami skirtingi kineziterapiniai testai, tačiau abiejuose tyrė ir pusiausvyrą ir eisena. 2 tyrime buvo papildomai atliekami kognityvinių funkcijų testai, o 5 tyrime labiau koncentruojamasi į širdies ir kraujagyslių sistemos aktyvumą. 2 tyrime buvo pastebėti Bergo pusiausvyros skalės pagerėjimai 4 balais, funkcinio ėjimo testo rezultatas 3 balais buvo geresnis. 5 tyrime po intervencijos, dalyvio dinaminės pusiausvyros rodikliai buvo geresni, o atlikus stabilumo testus su „NeuroCom Balance Mast“ aparatu, buvo pastebėti įvairūs pagerėjimai visomis stabilumo kryptimis.

Nors šie tyrimai savaip skirtingi, bet jie parodė vienodus rezultatus, tokius kaip – pusiausvyros, eisenos ir kognityvinių funkcijų pagerėjimus.

#### 2.1. Rezultatų apibendrinimas

Šia sisteminė literatūros apžvalga buvo siekiama išanalizuoti mokslinius straipsnius, kuriuose buvo naudojama virtualios realybės terapija, asmenims po trauminio galvos smegenų sužalojimo. Taip pat, siekiant išsiaiškinti virtualios realybės poveikį asmenų po TGSS pusiausvyrai, eisenai ir kognityvinėms funkcijoms.

Tyrimuose baigus VR terapiją, daugumai dalyvių pagerėjo kūno laikysena, pusiausvyra, eisena, sumažėjo ataksija ir kai kuriuose tyrimuose pagerėjo kognityvinės funkcijos, jos labiau buvo tiriamos pacientams, kurie buvo patyrę sunkia TGSS formą. Kognityvinės funkcijos netgi ir praėjus 10 metų po traumos buvo sutrikusios ir tiems asmenims, kurie patyrė lengvą ar vidutinio sunkumo traumą. Kaip pabrėžė keli autoriai, virtuali realybė leidžia praktikuoti realistiškoje, saugioje ir motyvuojančioje aplinkoje. Panaudojant judesius, panašius į atliktus lygiaverčiame fiziniame pasaulyje, VR užduotys gali apimti elementus, būtinus sėkmingai atkurti motorinius ir kognityvinius sugebėjimus. Galima pastebėti, kad daugumoje analizuotų tyrimu, buvo naudojami „Xbox“ konsolės žaidimai, kartu su „Kinect Motion“ jutikliu. Keliuose tyrimuose buvo naudojami tie patys žaidimai: „Aštuonkojis“, „Riedlentė“ ir „Kiemas“. Šie žaidimai reikalavo tiek statinės, tiek dinaminės pusiausvyros, tai pat dalyviams tekdavo siekti virtualioje aplinkoje esančius daiktus, kurie pagerino funkcinio siekimo testą. 3 tyrimuose, šis testas buvo pagerintas, todėl autoriai darė prielaidą, kad pagerėjo liemens kontrolė ir laikysena. Tyrimuose, kuriuose buvo tiriama po vieną asmenį, gauta informacija parodė, kad net pacientams, kuriems yra sunkių su TGSS susijusių anomalijų, gali būti naudingi „Xbox Kinect“ parametrai, palyginti su trumpu reabilitacijos laikotarpiu. Šiais atvejais dalyviai pademonstravo daugelio judesių atlikimo charakteristikų ir bendrųjų taškų pagerėjimą įvairiuose žaidimuose, kurie gali būti priskiriami mokymosi efektui, bet ir palyginti per trumpą laiką pagerino klinikinius rezultatus. Taip pat, autoriai mini, jog VR terapija kelia asmenų motyvaciją, kurią sustiprina VR žaidimų konkurencinis pobūdis ir sunkumai pasiekiant tam tikrus žaidimo lygius. Tyrimuose virtualus žaidimas buvo sėkmingai naudojamas reabilituoti asmenis, kuriems buvo trauminis galvos smegenų sužalojimas. Teigiama, kad „Xbox Kinect“ žaidimų pultas kartu su „Kinect Adventure“ žaidimų serijomis yra ekonomiškai, įmanoma ir efektyvi reabilitacijos priemonė.

Daugumoje tyrimu, asmenys buvo tiriami praėjus 10 ar net 16 metų po TGSS, vienetai tiriamųjų buvo patyrę traumą prieš 1 metus. Tai rodo, kad neužtenka tik kelių mėnesių, ar poros metų atkurti kai kurias motorines ar neurologines funkcijas. Todėl šie asmenys gali ir po kineziterapinio gydymo jausti pusiausvyros sutrikimus, vis dar gali kamuoti eisenos problemos, kurios gali įtakoti pacientų griuvimo riziką. Autoriai daro prielaidą, kad ateityje terapija gali būti taikoma nuotoliniu būdu per telereabilitaciją. Ši reabilitacija būtų prižiūrima namuose, naudojant nemokamą vaizdo konferenciją, VR terapija gali būti pasiekama vartotojui patogiu laiku ir vietoje. Tai gali sumažinti kineziterapeutų poreikį keliauti į klientų namus ir reabilitacijos klinikas, tai būtų naudinga kaimo vietovėse, ypač svarbu atsižvelgiant į medicinos paslaugų teikėjų trūkumą kaimuose. Tačiau atsižvelgiant į užduotis VR terapijos metu, svarbu būtų išspręsti galimas saugos problemas. Kadangi, kai kurie VR žaidimai yra skirti žaisti stovint, todėl gali atsirasti kritimo rizika. Visi analizuoti tyrimai, buvo atliekami su kineziterapeuto priežiūra, siekiant išvengti griuvimų. Todėl, gydantis

---

namuose pacientams, turintiems sunkesnę pusiausvyros sutrikimo formą, reiktų naudoti saugumo priemones. Tai galėtų būti globėjai, artimieji arba tam tikri saugos diržai.

Pagrindiniai šios sisteminės literatūros apžvalgos trūkumai yra tokie, kad tyrimuose buvo skirtingi tiriamųjų skaičiai, 2 tyrimuose buvo atliktos atvejo analizės, kituose buvo tiriamos grupės. Dar vienas trūkumas, kad tarp tiriamųjų buvo didelis metų skirtumas laikotarpio praėjusio nuo traumos, todėl rezultatai gali būti netikslūs. Taip pat, ne visuose tyrimuose buvo atlikti vienodi pacientų testavimai, kai kuriuose nebuvo atlikti kognityvinių funkcijų tyrimai. Tačiau rezultatai parodė, kad VR gerina pusiausvyrą, eiseną ar net kognityvines funkcijas.

---

### **PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS**

1. Vadovaujantis sisteminės literatūros analizės rezultatais, virtuali realybė rekomenduojama, siekiant lavinti pusiausvyrą, eiseną ir kognityvines funkcijas, po trauminio galvos smegenų sužalojimo.
2. Virtuali realybė išvengia pacientų monotoniškumo ir gali padėti kineziterapeutui juos motyvuoti.
3. Kineziterapeutams rekomenduojama taikant virtualią realybę pacientams, stebėti juos procedūros metu, stovėti šalia jų ir saugoti, kad nenugriūtų. Skirti lengvesnes užduotis, jei to reikia ir skatinti atlikti lėtai, bet taisyklingai.
4. Rekomenduojama, virtualią realybę taikyti kartu su įprastomis kineziterapinėmis procedūromis, jog būtų pasiekti didesni reabilitacijos rezultatai.

---

## IŠVADOS

1. Buvo atlikta mokslinės literatūros analizė, kurioje išsiaiškinta, kad trauminis galvos smegenų sužalojimas yra trijų tipų: lengvo, vidutinio sunkumo ir sunkios formos. Dažniausi sutrikimai po TGSS yra motoriniai, pažintiniai ir emociniai. Visose TGSS formose atsiranda pusiausvyros, eisenos ir kognityvinių funkcijų sutrikimai. Po TGSS dažniausiai kineziterapeutas turi gerinti statinę ir dinaminę pusiausvyrą, atkurti taisyklingą eisena ir lavinti kognityvines funkcijas. Naudojantis naujausiomis technologijomis, tokiomis kaip virtuali realybė, galima palengvinti kineziterapeuto darbą, pasiekti geresnių rezultatų.
2. Sisteminėje literatūros analizėje buvo apžvelgti 5 tyrimai, kuriuose buvo naudojama virtuali realybė. Moksliniai tyrimai parodė, kad virtuali realybė lavina tiek statinę, tiek dinaminę pusiausvyrą, liemens kontrolę ir eisena, visų TGSS formų pacientams, net ir per trumpą reabilitacijos laikotarpį. Po virtualios realybės terapijos, sumažėjo pacientų griuvimo rizika.
3. Remiantis analizuotais moksliniais straipsniais, galima teigti, jog virtualios realybės terapija taip pat gerina ir kognityvines funkcijas asmenims po TGSS. Tyrimuose, kognityvinių funkcijų pagerėjimai po intervencijos, buvo ištirti sunkią TGSS formą patyrusiems pacientams.

**LITERATŪROS SĄRAŠAS**

1. Albiol-Perez S., Gil-Gomez J. A., Llorens R., Alcaniz M., Font C. C. (2014). *The Role of Virtual Motor Rehabilitation: A Quantitative Analysis Between Acute and Chronic Patients With Acquired Brain Injury*. S. Albiol-P'erez is with the Departamento de Inform'atica e Ingenier'ia de Sistemas, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain.
2. Barman A., Chatterjee A., Bhide R. (2016). *Cognitive Impairment and Rehabilitation Strategies After Traumatic Brain Injury*. Department of Physical Medicine and Rehabilitation, All India Institute of Medical Sciences, Bhubaneswar, Odisha, India. Priega internetu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4904751/>
3. Belluscio V., Bergamini E., Tramontano M., Bustos A. O. and others (2019). *Gait Quality Assessment in Survivors from Severe Traumatic Brain Injury: An Instrumented Approach Based on Inertial Sensors*. Department of Movement, Human and Health Sciences, University of Roma.
4. Bergersen K., Halvorsen J. O., Tryti E. A., Taylor S. I., Olsen A. (2017). *A systematic literature review of psychotherapeutic treatment of prolonged symptoms after mild traumatic brain injury*. Department of Psychology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
5. Buster T., Burnfield J., Taylor A. P., Stergiou N. (2013). *Lower Extremity Kinematics During Walking and Elliptical Training in Individuals With and Without Traumatic Brain Injury*. Movement and Neurosciences Center, Institute for Rehabilitation Science and Engineering, Madonna Rehabilitation Hospital, Lincoln, Nebraska.
6. Chanpimol S., Seamon B., Hernandez H., Harris-Love M., Blackman M. R. (2017). *Using Xbox kinect motion capture technology to improve clinical rehabilitation outcomes for balance and cardiovascular health in an individual with chronic TBI*. Physical Medicine and Rehabilitation Service, Veterans Affairs Medical Center, Washington, DC, USA.
7. Chantsoulis M., Mirski A., Rasmus A., Kropotov J. D., Pachalska M. (2015). *Neuropsychological rehabilitation for traumatic brain injury patients*. Academy of Physical Education, Department of Physiotherapy, Wroclaw, Poland.
8. Chethana K., Guru Prasad A. S., Vikranth H. N., Varun H., Omkar S. N., Asokan S. (2015). *Fiber Bragg Grating Sensor Based Instrumentation to Evaluate Postural Balance and Stability on an Unstable Platform*. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering.
9. Christopher E., Alsaffarini K. W., Jamjoom A. A. (2019). *Mobile Health for Traumatic Brain Injury: A Systematic Review of the Literature and Mobile Application Market*. Neurological Surgery, College of Medicine and Veterinary Medicine, University of Edinburgh, Edinburgh, GBR.

10. Cnossen M. C., Lingsma H. F., Tenovuo O. and others (2017). *Rehabilitation after traumatic brain injury: a survey in 70 European neurotrauma centres participating in the center – TBI study*. Center for Medical Decision Sciences, Department of Public Health, Erasmus Medical Center, Rotterdam, The Netherlands.
11. Dang B., Chen W., He W., Chen G. (2017). *Rehabilitation Treatment and Progress of Traumatic Brain Injury Dysfunction*. Department of Rehabilitation Medicine, Zhangjiagang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Suzhou 215600, China.
12. Dunsky A., Zeev A., Netz Y. (2017). *Balance Performance Is Task Specific in Older Adults*. The Academic College at Wingate, Wingate Institute, Netanya, Israel.
13. Gera G., Chesnutt J., Mancini M., Horak F. B., King L. A. (2018). *Inertial Sensor-Based Assessment of Central Sensory Integration for Balance After Mild Traumatic Brain Injury*. Military medicine.
14. Gomez A. G., Llorens R., Alcaniz M., Colomer C. (2011). *Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury*. Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano, Universitat Politècnica de València, C. Vera s/n, 46022 Valencia, Spain.
15. Kim S. J., Shin Y. K., Yoo G. E., Chong H. J., Cho S. R. (2016). *Changes in gait patterns induced by rhythmic auditory stimulation for adolescents with acquired brain injury*. Annals of the New York academy of sciences.
16. Lendraitienė E., Buraitytė U., Petruševičienė D., Varžaitytė L. (2018). *The Relationship Between the Recovery of Balance and Cognitive Functions During Physiotherapy in Patients with Traumatic Brain Injury*. Lithuanian University of Health Sciences, Department of Rehabilitation.
17. Lendraitienė E., Petruševičienė D., Savickas R., Žemaitaitė I., Mingaila S. (2016). *The impact of physical therapy in patients with severe traumatic brain injury during acute and post-acute rehabilitation according to coma duration*. Department of Rehabilitation, Medical Academy of Lithuanian University of Health Sciences, Lithuania.
18. Lin K. (2019). *Rancho Los Amigos*. University of Miami. Prieiga internetu: [https://www.statpearls.com/kb/viewarticle/28228?utm\\_source=pubmed](https://www.statpearls.com/kb/viewarticle/28228?utm_source=pubmed)
19. Llorens R., Colomer-Font C., Alcaniz M., Noe-Sebastian E. (2013). *BioTrak virtual reality system: Effectiveness and satisfaction analysis for balance rehabilitation in patients with brain injury*. Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain.
20. Manivannan S., Al-Amri M., Postans M., Westacott L. J., Gray W., Zaben M. (2018). *The Effectiveness of Virtual Reality Interventions for Improvement of Neurocognitive Performance After Traumatic Brain Injury: A Systematic Review*. Intracranial Neurotherapeutics (BRAIN) (Drs

- Postans and Gray), School of Medicine, and School of Healthcare Sciences, College of Biomedical and Life Sciences (Mr Al-Amri), Cardiff University, Cardiff, United Kingdom.
21. Mao Y., Chen P., Li L., Huang D. (2014). *Virtual reality training improves balance function*. Dongfeng Huang, Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China. Prieiga internetu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4211206/>
  22. McInnes K., Friesen C. L., MacKenzie D., Westwood D. A., Boe S. G. (2017). *Mild Traumatic Brain Injury (mTBI) and chronic cognitive impairment: A scoping review*. School of Physiotherapy, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada.
  23. Nguyem R., Fiest K. M., McChesney J., Kwon C., Jette N, and others (2016). *The International Incidence of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis*. The Canadian journal of neurological sciences.
  24. Niedermeier M., Ledochowski L., Mayr A., Saltuari L., Kopp M. (2017). *Immediate affective responses of gait training in neurological rehabilitation: a randomized crossover trial*. Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, and Department of Neurology, State Hospital Hochzirl, Hochzirl, Austria.
  25. O'Neil. R. L., Skeel R. L., Ustinova K. I. (2013). *Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI*. Department of Physical Therapy, Central Michigan University, Mount Pleasant, MI, USA.
  26. Paavola J. M., Oliver K. E., Ustinova K. I. (2013). *Use of X-box Kinect Gaming Console for Rehabilitation of an Individual with Traumatic Brain Injury: A Case Report*. Department of Physical Therapy, Central Michigan University, Mt. Pleasant, MI, USA.
  27. Perez O. H., Green R. E., Mochizuki G. (2018). *Characterization of Balance Control After Moderate to Severe Traumatic Brain Injury: A Longitudinal Recovery Study*. American Physical Therapy Association.
  28. Pirker W., Katzenschlager R. (2016). *Gait disorders in adults and the elderly*. Wiener klinische Wochenschrift The Central European Journal of Medicine.
  29. Schafer A. Y., Ustinova K. (2013). *Does use of a virtual environment change reaching while standing in patients with traumatic brain injury?* Department of Physical Therapy, Central Michigan University, Mount Pleasant, MI, USA.
  30. Shi J., Dong B., Mao Y., Guan W., Cao J., Zhu R., Wang S. (2016). *Review: Traumatic brain injury and hyperglycemia, a potentially modifiable risk factor*. Department of Neurosurgery, The Third Affiliated Hospital of Soochow University, Changzhou, China.
  31. Skora W., Stanczyk R., Pajor A., Korczynska M. (2018). *Vestibular system dysfunction in patients after mild traumatic brain injury*. Balance Disorder Unit, Otolaryngology Department, Medical

- University of Lodz, Norbert Barlicki Memorial University Hospital No. 1, Poland.
32. Steven T. DeKosky, Asken B. M. (2017). *Injury cascades in TBI-related neurodegeneration*. Departments of Neurology and Neuroscience, McKnight Brain Institute, University of Florida, Gainesville, FL, USA.
33. Stuart S., Parrington L., Morris R., Martini D. N., Fino P. C., King L. (2019). *Gait measurement in chronic mild traumatic brain injury: A model approach*. Department of Neurology, Oregon Health and Science University, Portland, OR, USA.
34. Sveen U., Roe C., Sigurdardottir S., Skandsen T. and others (2016). *Rehabilitation pathways and functional independence one year after severe traumatic brain injury*. European journal of physical and rehabilitation medicine.
35. Ustinova K. I., Perkins J., Leonard W. A., Hausbeck C. J. (2014). *Virtual reality game-based therapy for treatment of postural and co-ordination abnormalities secondary to TBI: A pilot study*. Physical Therapy Department Hope Network Rehabilitation Services, Mt. Pleasant, MI, USA.
36. Ustinova K. I., Perkins J., Leonard W. A., Ingersoll C. D., Herbert H., Grace A. (2013). *Virtual Reality Game-based Therapy for Persons with TBI: A pilot study*. Physical Therapy Department Hope Network Rehabilitation Services, Mt. Pleasant, MI, USA.
37. Vahdati S. S., Ghobadi J., Bazavar M., Seifar F. (2017). *Comparison of interrater reliability and predictive validity of FOUR score and Glasgow Coma Scale in multi traumatic patients*. Medical student, neuroscience research center, students research committee, Tabriz University of medical sciences, Tabriz/Iran.
38. Volpini M., Bartenbach V., Pinotti M., Riener R. (2016). *Clinical evaluation of a low-cost robot for use in physiotherapy and gait training*. Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering.
39. Zanier E. R., Zoerle T., Lernia D. D., Riva G. (2018). *Virtual Reality for Traumatic Brain Injury*. Stefania Mondello, Università degli Studi di Messina, Italy.
40. Zyluk A. (2015). *Indications for CT scanning in minor head injuries: A review*. Department of General and Hand Surgery, Pomeranian Medical University in Szczecin, Szczecin, Poland.