

VADBA STOJE Z ROBOTIZIRANO NAGIBNO MIZO (ERIGO) PRI PACIENTIH Z NEPOPOLNO OKVARO HRBTENJAČE – PREGLED LITERATURE

STANDING TRAINING WITH A ROBOTICALLY ASSISTED TILT TABLE (ERIGO) IN PATIENTS WITH INCOMPLETE SPINAL CORD INJURY – A LITERATURE REVIEW

Tea Čuk, dipl. fiziot., Janez Špoljar, mag. fiziot.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenija Soča, Ljubljana

Izvleček

Uvod:

Vertikalizacija pacientov po okvari hrbtenjače je v zgodnjem obdobju zdravljenja in rehabilitacije izjemnega pomena in prav zato del redne klinične prakse. Ena od možnosti za vertikalizacijo je uporaba nagibne mize. Prednost robotizirane nagibne mize Erigo (DIH Medical Group, Švica), v primerjavi z navadno nagibno mizo, je dodano ponavljajoče se korakanje v različnih stopnjah nagiba do pokončnega položaja. Sočasno ta naprava omogoča tudi električno stimulacijo mišičnih skupin spodnjih udov. Varnost in izvedljivost vadbe so raziskovali pri različnih skupinah pacientov. Glede na to smo želeli opraviti pregled literature in kritično ovrednotiti možnosti vadbe stoje na robotizirani napravi Erigo pri pacientih z okvaro hrbtenjače.

Metode:

Pregledali smo podatkovni bazi PubMed in Web of Science. Uporabili smo kombinacijo ključnih besed: "erigo" AND "spinal cord injury" OR "erigo" AND "SCI". Iz nadaljnje analize smo izključili raziskave, ki so vključevale osebe z drugimi okvarami živčevja ali zdrave preiskovance ali pa so rezultati vključevali podatke o izvedljivosti in/ali učinkovitosti drugih naprav.

Rezultati:

S kombinacijo ključnih besed smo dobili 13 zadetkov. Po odstranjenih podvojenih člankih in člankih, ki niso ustrezali vključitvenim merilom, sta ostali le dve raziskavi. Pregled

Abstract

Background:

Verticalisation of a person after spinal cord injury is of exceptional importance in the early period of treatment and rehabilitation and is therefore part of regular clinical practice. One option for verticalisation is the use of a tilt table. The advantage of the robotic tilt table Erigo (DIH Medical Group, Switzerland), compared to a conventional tilt table, is added repetitive stepping at various degrees of inclination up to the upright position. Simultaneously, this device also enables electrical stimulation of muscle groups of lower limb joints. Safety and feasibility of training have been studied in various patient groups. Given this, we wanted to conduct a literature review and critically evaluate the possibilities of standing training on the robotic Erigo device in patients with spinal cord injury.

Methods:

We reviewed the PubMed and Web of Science databases. We used the following combination of keywords: "erigo" AND "spinal cord injury" OR "erigo" AND "SCI". We excluded studies that included persons with other neurological impairments or healthy subjects, or where results included data on the feasibility and/or effectiveness of other devices.

Results:

Using the combination of keywords, we obtained 13 hits. After removing duplicate articles and articles that did not meet the inclusion criteria, only two studies remained that included patients with spinal cord injury. The literature review showed

literature je pokazal, da vadba stoje z robotizirano nagibno mizo Erigo pri osebah z okvaro hrbtenjače lahko prispeva k izboljšanju ortostatske tolerance, vendar so dokazi omejeni zaradi razlik v protokolih in majhnega števila preiskovancev. Učinkovitost kombinacije vertikalizacije s funkcionalno električno stimulacijo še ni dokončno potrjena, vendar je videti, da bi lahko izboljšala srčno-žilni odziv na pokončni položaj telesa in držo.

Zaključek:

Potrebne so nadaljnje raziskave, ki bi potrdile ali ovrgle hipotezo, da je pri pacientih z okvaro hrbtenjače korakanje z ali brez sočasne uporabe funkcionalne električne stimulacije na robotizirani nagibni mizi učinkovitejše za obvladovanje simptomov ortostatske hipotenzije.

Ključne besede:

vertikalizacija; funkcionalna električna stimulacija; ortostatska hipotenzija; poškodba hrbtenjače; rehabilitacija

that standing training with the robotic tilt table Erigo in persons with spinal cord injury may contribute to improved orthostatic tolerance, but evidence is limited due to differences in protocols and small numbers of subjects. The effectiveness of combining verticalisation with functional electrical stimulation has not yet been definitively confirmed, but it appears that it could improve cardiovascular response to upright body position and posture.

Conclusions:

Further research is needed to confirm or refute the hypothesis that stepping with or without simultaneous use of functional electrical stimulation on a robotic tilt table is more effective for managing symptoms of orthostatic hypotension in persons with spinal cord injury and has potentially better effects on patients in rehabilitation programs compared to standing on a conventional tilt table.

Keywords:

verticalisation; functional electrical stimulation; orthostatic hypotension; spinal cord injury; rehabilitation

UVOD

Okvare živčevja zajemajo skupino žilnih, nevrodegenerativnih ali poškodbenih okvar možganov, ki lahko povzročijo začasne ali trajne funkcijske motnje, odvisno od dela možganov, ki je okvarjen (1, 2). Med okvarami živčevja so posebej pomembne poškodbe hrbtenjače, možganska kap in poškodbo možganov, ki zaradi posledičnih motenj funkcij gibanja in kognitivnih funkcij vplivajo na izvajanje dejavnosti vsakodnevnega življenja in kakovost življenja pacientov. Zmanjšane funkcijske zmožnosti gibanja vključujejo upad mišične zmogljivosti, zmanjšano sposobnost hoje in ravnotežja (3, 4) in spastičnost (5).

Okvara hrbtenjače se nanaša na okvaro ali izgubo motorične in/ali senzorične funkcije v vratnem, prsnem, ledvenem ali sakralnem segmentu hrbtenjače in vključuje popolno (paraplegija ali tetraplegija) in nepopolno (parapareza ali tetrapareza) okvaro hrbtenjače in posledično hudo funkcijsko motnjo (6). Poleg tega se pri osebah z okvaro hrbtenjače nad ravno petega prsnega vretenca zaradi znižanja tonusa simpatičnega živčevja lahko zniža srčna frekvenca (7). Pri osebah z okvaro hrbtenjače nad šestim prsnim vretencem je zaradi okvare avtonomnega živčevja prisotno še težjemu uravnavanje krvnega tlaka (8). Ker refleksni simpatični odgovor na zastajanje venske krvi zaradi pokončnega položaja ni zadosten, se lahko pojavijo znaki, kot so vrtoglavica, slabost, bledica, potenje in/ali omedlevica (8, 9).

Zgodnja obravnava pacienta z okvaro živčevja je ključna za okrevanje na področju gibanja, občutenja in procesiranja dražljajev ter za vrnitev k dejavnostim vsakodnevnega življenja (10). Zgodnje

razgibavanje sklepov in spreminjanje položajev je pri osebah z okvaro hrbtenjače koristna za preprečevanje skrajšav mehko tkivnih struktur in razjed kože zaradi pritiska, stabilizacijo krvnega tlaka, srčnega utripa ter za spodbujanje pacientove motivacije za okrevanje (11).

Nagibna miza je nepogrešljiv terapevtski pripomoček za zgodnjo vertikalizacijo oseb z okvaro hrbtenjače, pri katerih se pojavlja ortostatska hipotenzija, saj omogoča počasno, ponavljajoče se in postopno dvigovanje osebe v pokončni položaj. Simptomi ortostatske hipotenzije se zmanjšajo in najpogosteje izzvenijo s postopnim in ponavljajočim se spreminjanjem položajev, najkasneje v nekaj tednih od začetka postavljanja pacienta po okvari hrbtenjače v pokončni položaj (12).

Dodatna možnost robotizirane nagibne mize Erigo (DIH Medical Group, Švica) v primerjavi z navadno nagibno mizo je ponavljajoče se korakanje med postopnim dvigom v pokončni položaj do 90° in sočasna možnost funkcionalne električne stimulacije (FES) ekstenzornih in flektornih mišičnih skupin spodnjih udov (12). Varnost in izvedljivost take vadbe so že raziskovali pri različnih skupinah oseb po okvari hrbtenjače v različnih obdobjih od začetka okvare, zato smo želeli pregledati obstoječo literaturo in povzeti ugotovitve. V pregledu dostopne literature smo želeli ugotoviti, v kolikšni meri vadba stoje z robotizirano nagibno mizo Erigo prispeva k zmanjšanju pojavljanja ortostatske hipotenzije.

METODE

Pregledali smo podatkovni zbirki PubMed in Web of science. Iskali smo članke v angleškem jeziku, ne glede na leto objave. Uporabili smo naslednje iskalne kombinacije v angleščini: "erigo" AND "spinal cord injury" OR "erigo" AND "SCI". Upoštevali smo dve merili za vključitev raziskav: (1) raziskave, ki so preučevale takojšen vpliv vadbe stoje na robotizirani nagibni mizi Erigo pri osebah z okvaro hrbtenjače in (2) učinkovitost vadbe stoje na robotizirani nagibni mizi Erigo v povezavi s FES. Izključili smo raziskave, ki niso vključevale vadbe stoje na robotizirani nagibni mizi Erigo.

REZULTATI

Na podlagi iskalnih nizov smo s kombinacijo ključnih besed v zbirki PubMed dobili osem zadetkov, v zbirki Web of Science pet. Po odstranjenih podvojenih člankih (sedem) in člankih (štiri), ki niso ustrezali vključitvenim merilom, smo v podrobno analizo vključili dve raziskavi, objavljeni leta 2018 in 2019.

V obeh raziskavah so se avtorji osredinili na vpliv robotizirane vadbe stoje na delovanje srčno-žilnega sistema. V raziskavi je bilo skupno vključenih 38 preiskovancev (od tega 13 aktivno, 7 moških in 6 žensk). V raziskavi je sodelovalo od 6 (5) do 32 (8) preiskovancev, starih od 34 (8) do 74 let (5). V raziskavo Daunoraviciene in sod. (5) so bili poleg oseb po okvari hrbtenjače vključene tudi osebe po možganski kapi.

Tabela 1. Pregled značilnosti preiskovancev.

Table 1. Overview of participants' characteristics.

Avtorji, leto/ Authors, Year	Preiskovanci/ Participants	Starost/ Age	Spol/ M/M	Sex (N) Ž/F	Ravni okvare/ Levels of SCI	AIS
Daunoraviciene et al. 2018 (5)	SCI (3), ST (3)	58,8 ± 14,2 ^{*1}	5	1 ^{*1}	Th12, L4-L5, Th12-L2	AIS B (2), AIS C (1)
Moineau et al. 2019 (8)	SCI (32)	56,6 ^{*2}	2	5 ^{*2}	Th3, Th6, C4 (3), C5, C6 ^{*2}	AIS A (2), AIS C (3), AIS D (2) ^{*2}

Legenda/Legend: SCI – okvara hrbtenjače/spinal cord injury; ST – možganska kap/stroke; AIS – lestvica za oceno stopnje okvare hrbtenjače/AIS (American Spinal Injury Association Impairment Scale)

Opomba/Note: ^{*1} Demografske značilnosti pacientov po SCI in ST/demographic characteristics of patients with SCI and ST; ^{*2} Demografske značilnosti 7 pacientov, ki so se udeležili presejalnega testa/Demographic characteristics of 7 patients who participated in the screening test

Tabela 2. Vključitvena in izključitvena merila za vključitev v raziskavo.

Table 2. Inclusion and exclusion criteria for study participation.

Avtorji, leto/ Authors, Year	Vključitvena merila/Inclusion criteria	Izključitvena merila/Exclusion criteria
Daunoraviciene et al. 2018 (5)	Starost 40 - 74 let , travmatična ali netravmatična okvara hrbtenjače na nivoju T12 - L5 , AIS B, C , stabilno zdravstveno stanje	Starost < 40 let , okvara hrbtenjače na nivoju vratne hrbtenice, AIS A, D, E; zlomi, izpahi, nestabilno zdravstveno stanje
Moineau et al. 2019 (8)	Starost ≥ 18 let , nevrološka stopnja okvare na nivoju C4 - T6 , AIS A - D , hospitalizacija v terciarni bolnišnici, SCI < 12 tednov	Nezacepljeni zlomi spodnjih udov, demenca, kronična ledvična odpoved, nosečnost, v telesu vsajene elektronske naprave

Tabela 3. Pregled kliničnih, presejalnih testov in ostale diagnostike, uporabljene pri pacientih z okvaro hrbtenjače.**Table 3.** Overview of clinical, screening tests, and other diagnostics used in patients with spinal cord injury.

Avtorji, leto / Authors, Year	Klinični testi/ Clinical tests	Presejalni testi/ Screening tests	Ostala diagnostika/ Other diagnostics
Daunoraviciene et al. 2018 (5)	Modificirana Ashworthova lestvica* ¹ (MAS), Bergova lestvica (BBS)* ¹	Vrednosti HR* ⁵ , RR* ⁶	Ocena čustvenega stanja, intervju (subjektivno mnenje)
Moineau et al. 2019 (8)	Lestvica neodvisnosti oseb z okvaro hrbtenjače, 25 min sit-up test* ² , bilateralno merjenje debeline m. quadriceps* ³ , merjenje mišične moči* ⁴	Vrednosti RR* ⁶	

Legenda/Legend: MAS - lestvica za oceno zvišanega mišičnega tonusa/MAS (Modified Ashworth Scale) - scale for assessing increased muscle tone; BBS - Bergova lestvica za oceno ravnotežja/Berg Balance Scale for evaluating balance

Opombe/Notes: *¹ Ocenjevalne lestvice za klinično oceno pacientov z okvaro hrbtenjače/assessment scales for the clinical evaluation of patients with spinal cord injury; *² Preiskovanca so pasivno postavili v sedeč položaj/ the subject was passively placed in a seated position; *³ UZ slikanje m. rectus femoris in vastus lateralis/ ultrasound imaging of m. rectus femoris and vastus lateralis; *⁴ ročni dinamometer/hand dynamometer; *⁵ HR – srčni utrip/heart rate, *⁶ RR – krvni tlak/blood pressure

**Slika 1.** Preiskovanec v pokončnem položaju med vadbo na napravi Erigo.**Figure 1.** Participant in an upright position during training on the Erigo device.

Vadba stoje z robotizirano nagibno mizo je tako združevala te metode s postopno vertikalizacijo (od 0 do 90 stopinj); pri tem je omogočala nenehno gibanje, podobno korakanju, ki je pacientu omogočalo vodeno gibanje spodnjih udov v širokem nizu gibalnih vzorcev in obremenitev (Slika 1).

Pacienti so na robotizirani nagibni mizi ležali na hrbtu in bili pritrjeni s pasovi za medenico, trup in ramena. Spodnji udi so bili nameščeni v manšeta, ki so bile nastavljene tako, da so zagotovile obremenitev pacientovega stopala. Stegna preiskovancev so bila v manšeta pritrjena z mehкими trakovi, stopala pa so bila pritrjena na gibljive stopalne plošče, kar je omogočilo delovanje venske črpalke. Razpon gibanja za kolčne in kolenske sklepe vsakega spodnjega uda je bil izmerjen s senzorji robotiziranega dela naprave, programska oprema pa je nadzirala gibe v določenih mejah razpona gibanja. Frekvenco korakov je bilo mogoče zvezno prilagajati med 0 in 80 korakov/min, z enakimi fazami iztegovanja in upogibanja kolkov in kolen (13). V vsaki vadbeni seji so postopoma povečevali hitrost korakanja. Korakanje je bilo povsem pasivno, pri čemer so raziskovalci opazovali tudi, kako so preiskovanci prenašali maksimalno obremenitev v pokončnem položaju (5). Terapevtska protokola obeh raziskav, vključenih v pregled, sta predstavljena v Tabeli 4.

Tabela 4. Terapevtski protokoli raziskav.**Table 4.** Therapy protocols of the studies.

Avtorji, leto/ Author, Year	Protokoli raziskav/ Research protocols	Pogostost obravnav/ Frequency of treatments
Daunoraviciene et al. 2018 (5)	Naklon: 20° > 40°, 60° in 80° - 3, 5, 7, 10 min Korakanje: 10 - 20 min FES * ¹ : 5 min Trajanje: 20 - 40 min	10 obravnav fizioterapije, ki so vključevale vadbo stoje na nagibni mizi
Moineau et al. 2019 (8)	30 min vadbe stoje z Erigom v kombinaciji s FES * ¹	3 – 5 obravnav/teden, 4 tedne Za pilotno študijo so bile potrebne le 3 obravnave.

Legenda/Legend: FES*¹ - funkcionalna električna stimulacija/functional electrical stimulation

Vadba pokončnega položaja z robotizirano nagibno mizo je bila v raziskavi Daunoraviciene in sod. (5) izvedena v skladu z naslednjim protokolom. Vertikalizacija preiskovanca se je začela pri 20° in se postopoma povečevala na 40°, 60° in 80°, pri čemer so opazovali sistolični in diastolični krvni tlak, prisotnost bolečine in čustva pacienta. Vertikalizacijo so v maksimalnem položaju ohranjali 3, 5, 7 in 10 minut, medtem ko so nenehno spremljali stanje pacienta. Če je bil preiskovanec stabilen pri 20° vertikalizacije, so začeli s pasivnimi gibi spodnjih udov za 10 do 20 min, pri čemer je bil omejen razpon giba v kolku od 60° do 75° fleksije, v kolenu do 90° fleksije ter v gležnju pri 20° do 30°.

Vadba pokončnega položaja z robotizirano nagibno mizo ni smela povzročati bolečin, zato je bila vadba prekinjena, če so se pojavile bolečine. Če je bil preiskovanec stabilen po prvi vadbi in je pokončni položaj dobro prenašal (ortostatska toleranca, sistolični in diastolični krvni tlak), so aktivirali FES in jo uporabljali 5 minut. Uporabo FES so prekinili, če je preiskovanec čutil bolečine, nelagodje ali nenadno utrujenost. Tako se je skupni čas vsake vadbe povečeval od 20 do 40 minut.

V raziskavi Moineau in sod. (8) so poročali o 30-minutni vadbi pokončnega položaja z Erigom v kombinaciji s FES. Podrobnega opisa protokola raziskave v članku niso navedli.

RAZPRAVA

S pregledom literature smo želeli ugotoviti, v kolikšni meri vadba stoje z robotizirano nagibno mizo Erigo prispeva k izboljšanju ortostatske tolerance. Raziskavi sta bili po številu in značilnostih pacientov sicer primerljivi, a sta se precej razlikovali v merilnih metodah in raziskovalnih protokolih, kar je otežilo neposredno primerjavo rezultatov.

Vključitvena merila obeh raziskav so se med seboj razlikovala tako glede starosti preiskovancev kot tudi ravni okvare hrbtenjače in ocene po lestvici AIS (Lestvica za oceno stopnje okvare hrbtenjače; *angl.* American Spinal Injury Association Impairment Scale). Avtorji Daunoraviciene in sod. (5) so v raziskavo vključili tudi osebe po preboleli možganski kapi (Tabeli 1, 2).

Navedena izključitvena merila so se med raziskavama razlikovala, ključna izključitvena merila so bila nestabilno zdravstveno stanje (5), zlomi in izpahi (5, 8) ter nosečnost (8). Obe raziskavi sta za presejalni test izbrali vrednosti krvnega tlaka (5, 8), medtem ko so se klinični testi za spremljanje učinka vadbe med seboj razlikovali (Tabela 3). Daunoraviciene in sod. (5) so vključili oceno čustvenega stanja, kar je pri pacientih z okvaro hrbtenjače tudi zelo pomembno.

V raziskavi Daunoraviciene in sod. (5) je bil protokol podrobneje opisan, vendar niso natančno opredelili, kako pogosto (koliko obravnav na teden) so program izvajali ter koliko tednov (Tabela 4). Rezultati raziskav o učinkih vadbe z robotizirano nagibno mizo kažejo spodbudne rezultate tudi pri pacientih z okvaro hrbtenjače, vendar pa je treba upoštevati tudi sekundarne posledice same okvare.

V raziskavi Daunoraviciene in sod. (5) sta dva preiskovanca (z okvaro hrbtenjače in po možganski kapi) po vadbi stoje na Erigu s pomočjo FES čutila bolečino in hitro utrujenost. Avtoriji so poročali, da zaradi slabega zdravstvenega stanja in zdravstvenih zapletov (npr. zvišan krvni tlak, omotica, utrujenost in splošna oslabelelost) vsi pacienti z okvaro hrbtenjače niso zmogli zaključiti cikla vadbe. Eden od treh pacientov z okvaro hrbtenjače je tako opravil šest od desetih načrtovanih obravnav zaradi poslabšanja zdravstvenega stanja zaradi ponavljajoče se okužbe.

V zgodnji rehabilitaciji pacientov z okvaro živčevja bi vključevanje vadbe stoje z robotizirano nagibno mizo s FES in pasivnimi gibi lahko zmanjšala tveganje za sekundarne zaplete in izboljšala funkcionalne rezultate (tj. zmanjšala ortostatsko hipotenzijo, izboljšača nadzor drže in sposobnost hoje); še vedno pa ni znano, ali ima kombinacija nagibne mize s FES boljši učinek vadbe na ortostatsko hipotenzijo v primerjavi z vadbo stoje na običajni nagibni mizi brez sočasne uporabe FES (5, 8).

V raziskavi Daunoraviciene in sod. (5) navajajo, da so osebe po okvari hrbtenjače dvomile v učinkovitost vadbe na napravi Erigo. V raziskavi je vertikalizacija s FES kot dodatek k običajni fizioterapiji v akutnem obdobju po okvari hrbtenjače (kot tudi po možganski kapi) zmanjšala pojavljanje ortostatke hipotenzije ter prispevala k izboljšani regulaciji krvnega tlaka in srčne frekvence (5). Vadba stoje z robotizirano nagibno mizo je učinkovito izboljšala nadzor drže v stoječem položaju in statično ravnotežje pri osebah po okvari hrbtenjače. Zgodnja vadba stoje z robotizirano nagibno mizo ni izboljšala sposobnosti hoje pri pacientih z okvaro hrbtenjače. Vpliv FES na ortostatsko hipotenzijo po okvari hrbtenjače je lahko pomemben dodatek k zmanjševanju srčno-žilnih sprememb med posturalnim ortostatskim stresom ob spremembi položaja. Aktivna stoja, ki poudarja obremenitev telesa s težo, naj bi spodbujala živčno-mišični sistem pod ravno okvare pri pacientih z okvaro hrbtenjače in bi tako lahko vplivala na odziv na ortostatski stres z izboljšanjem vračanja krvi v srce (6).

Motivacijo in aktivno sodelovanje pacientov z okvaro hrbtenjače je v akutnem obdobju težko doseči (5), saj nanj vplivajo negativna čustva, primerjave z drugimi pacienti, pričakovanja o okrevanju in počasno napredovanje (13). Trajanje desetih obravnav v subakutnem obdobju je bilo v tej raziskavi prekratko, da bi dosegli funkcijsko okrevanje pri pacientih z okvaro hrbtenjače. To bi se lahko odražalo v njihovem zadovoljstvu in mnenju. Če bi v raziskavi sodelovali tudi pacienti z okvaro hrbtenjače z boljšo hoteno aktivnostjo, bi rezultati morda pokazali učinke robotizirane vadbe stoje na zmogljivost mišic spodnjih udov in bolj pozitivne čustvene parametre. Ker je bil v raziskavi Daunoraviciene in sod. (5) glavni cilj proces vertikalizacije, se niso osredinjali na neprijetne dogodke in psihološke parametre.

Moineau in sod. (8) so izvedli pilotno raziskavo, v kateri sta celoten raziskovalni protokol zaključila zgolj dva preiskovanca z okvaro hrbtenjače. Opravila sta eno ocenjevalno in tri vadbene obravnave z Erigom; o učinkih na simptome ortostatske hipotenzije, spremembo krvnega tlaka in srčnega utripa raziskovalci niso niti poročali. Ortostatska hipotenzija v subakutnem obdobju

je bila med pacienti v bolnišnici, v kateri so izvajali raziskavo, manj razširjena in manj ovirajoča, kot so pričakovali. Pomanjkanje časa zunaj siceršnjega rehabilitacijskega programa je prav tako onemogočalo vključitev višjega števila preiskovancev (8).

ZAKLJUČEK

Vpliv vadbe pokončnega položaja z robotizirano nagibno mizo ostaja slabo raziskan. Raziskave so med seboj raznolike in vključujejo majhno število preiskovancev, pa vendar lahko prispevajo k razumevanju primerov dobre prakse v zgodnji rehabilitaciji.

Izsledki pregledanih raziskav kažejo, da je bila vadba stoje z robotizirano nagibno mizo v kombinaciji s FES v zgodnji rehabilitaciji varna in učinkovita za postopno izboljšanje delovanja srčno-žilnega sistema, ortostatskih reakcij in nadzora pokončnega položaja.

Na možnost analize učinkov robotizirane vadbe stoje vpliva več dejavnikov, vključno z velikostjo vzorca ter številom obravnav vertikalizacije. V klinični fizioterapevtski praksi je njena uporaba smiselna predvsem v začetni fazi rehabilitacije, pri izboljšanju ortostatske tolerance, pa vendar bi bila smiselna uporaba Eriga s FES in korakanjem tudi v poznejših fazah rehabilitacije. Za potrditev učinkovitosti robotizirane vadbe pokončnega položaja so potrebne raziskave visoke kakovosti z naključno izbrano kontrolno skupino.

Literatura:

1. Garlet AB, Righi NC, Schardong J, Della Méa Plentz R. Effects of robotic rehabilitation using the Erigo® device on patients with neurological injury: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2024;19(4):1135-44.
2. Feigin VL, Nichols E, Alam T, Bannick M, Beghi E, Blake N, et al. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990-2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016. *Lancet Neurol*. 2019;18(5):459-80.
3. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American heart association/American stroke Association. *Stroke*. 2019;50(12):e344-e418.
4. Aqueveque P, Ortega P, Pino E, Saavedra F, Germany E, Gómez B. After stroke movement impairments: a review of current technologies for rehabilitation. In: Uner Tan, ed. *Physical disabilities - therapeutic implications*. Rijeka: InTech; 2017:85-116.
5. Daunoraviciene K, Adomaviciene A, Svirkis D, Griškevičius J, Juocevicius A. Necessity of early-stage verticalization in patients with brain and spinal cord injuries: preliminary study. *Technol Health Care*. 2018;26 Suppl 2:613-23.
6. Furlan JC, Noonan V, Singh A, Fehlings MG. Assessment of impairment in patients with acute traumatic spinal cord injury: a systematic review of the literature. *J Neurotrauma*. 2011;28(8):1445-77.
7. Rempel L, Sachdeva R, Krassioukov AV. Making the Invisible Visible: Understanding Autonomic Dysfunctions Following Spinal Cord Injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2025 Feb;36(1):17-32.
8. Moineau B, Brown A, Brisbois L, Zivanovic V, Miyatani M, Kapadia N, et al. Lessons learned from the pilot study of an orthostatic hypotension intervention in the subacute phase following spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2019;42 Suppl 1:176-85.
9. Ilman A, Stiller K, Williams M. The prevalence of orthostatic hypotension during physiotherapy treatment in patients with an acute spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2000;38(12):741-7.
10. Røe C, Tverdal C, Howe EI, Tenovuo O, Azouvi P, Andelic N. Randomized controlled trials of rehabilitation services in the post-acute phase of moderate and severe traumatic brain injury - a systematic review. *Front Neurol*. 2019;10:1-11.
11. Calabrò RS, Naro A, Russo M, Leo A, Balletta T, Saccà I, et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization?: a pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restor Neurol Neurosci*. 2015;33(5):671-81.
12. Czell D, Schreier R, Rupp R, Eberhard S, Colombo G, Dietz V. Influence of passive leg movements on blood circulation on the tilt table in healthy adults. *J Neuroeng Rehabil*. 2004;1(1):4.
13. Unger J, Singh H, Mansfield A, Hitzig SL, Lenton E, Musselman KE. The experiences of physical rehabilitation in individuals with spinal cord injuries: a qualitative thematic synthesis. *Disabil Rehabil*. 2019;41(12):1367-83.