

Vadba hoje s sistemom Lokomat pri pacientu z nepopolno okvaro hrbtenjače v vratnem delu v kroničnem obdobju: poročilo o primeru

Robot-assisted gait training in patient with chronic incomplete cervical spinal cord impairment: a case report

Janez Špoljar¹

IZVLEČEK

Uvod: Izboljšanje funkcije hoje je lahko cilj tudi pri pacientih po nepopolni okvari hrbtenjače v kroničnem obdobju. Do tega cilja lahko privedejo različni fizioterapevtski postopki. Sistem Lokomat je naprava, ki lahko delno ali v celoti nadomesti ročno asistirano vadbo hoje na tekočem traku z delno razbremenitvijo telesne teže. Namen prispevka je ugotoviti, ali lahko sedemtedenska vadba z robotskim sistemom za vadbo hoje vpliva na različne vidike hoje. **Metode:** 73-letni preiskovanec je bil tri leta po začetku bolezni deležen le vadbe hoje na sistemu Lokomat v obsegu 20 obravnav v sedmih tednih. Izide smo ocenjevali s testom hoje na 10 metrov, s 6-minutnim testom hoje, z Bergovo lestvico za oceno ravnotežja, z indeksom hoje za paciente po poškodbi hrbtenjače in z lestvico prizadetosti ameriškega združenja za paciente po poškodbi hrbtenjače. **Rezultati:** Ugotovili smo izboljšanje hitrosti in vzdržljivosti hoje. Pacient je bil ob zaključku obravnave hitrejši za 16 sekund, prehodil je 23 metrov več. Začetna ocena po Bergovi lestvici za oceno ravnotežja (5 točk) se ni spremenila. Enake so ostale tudi ocene po indeksu hoje (11 točk) in lestvici prizadetosti (stopnja C). **Sklep:** Pacient je ob nespremenjenih vsakodnevnih dejavnostih kot terapijo prejemal le vadbo na lokomatu, zato lahko domnevamo, da so izboljšave hoje posledica te vadbe. Hkrati se ravnotežje, stopnja okvare ter pripomočki in pomoč med hojo niso spremenili, kar nam nakazuje pomanjkljivosti izbranega načina vadbe in potrebo po kombinaciji z drugimi postopki fizioterapije.

Ključne besede: poškodba hrbtenjače, lokomat, hoja, fizioterapija, rehabilitacija.

ABSTRACT

Background: Better gait function can be a goal even in chronic spinal cord impaired patients. Different physiotherapeutic interventions may lead to this goal. Lokomat system is a device that replaces manual assisted treadmill training with partial body weight support. The purpose of the review was to find out whether seven weeks of training with robotic system for gait training can have an influence on different aspects of gait. **Methods:** 73-year-old patient, three years after the disease, received 20 sessions of training in seven weeks only on the system Lokomat. Outcomes were measured with 10-meter walk test, 6-minute walk test, Berg balance scale, Walking index for spinal cord injury and American spinal injury association impairment scale. **Results:** We found out improvements in gait speed and endurance. At the end of the treatment the patient was 16 seconds faster and was able to walk 23 metres farther. The score on Berg balance scale remained 5. Scores on Walking index (11) and Impairment scale (level C) remained the same. **Conclusions:** We can assume that improvements of gait were due to the gait training on the Lokomat, since level of everyday activities otherwise practiced by the patient remained the same. At the same time balance, level of impairment and devices and assistance needed in walking did not change, which indicates disadvantages of the chosen way of training and necessity to combine it with other physical therapy procedures.

Key words: spinal cord injury, lokomat, gait, physical therapy, rehabilitation.

¹ Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Linhartova 51, 1000 Ljubljana, Slovenija

Korespondenca/Correspondence: Janez Špoljar, dipl. fiziot.; e-pošta: janez.spoljar@gmail.com

Prispelo: 27.09.2012

Sprejeto: 12.11.2012

UVOD

Rehabilitacija po nevroloških poškodbah temelji na treh načelih motoričnega učenja, in sicer na intenziteti vadbe, trajanju vadbe in specifičnosti nalog (1). Več vadbe prinaša več učinka (2). Specifičnost je drugo načelo (1). Najboljši način za izboljšanje motorične naloge je vadba točno te motorične naloge (3). Če želimo pacienta ponovno naučiti hoje, jo mora vaditi. Za izboljšanje motorične naloge mora biti posameznik aktivno vključen v vadbo (4). K nalogi usmerjena in specifična vadba se zdi optimalna strategija za izboljšanje motorične naloge (5). Strategije obravnave oslabiljene ali odsotne funkcije hoje temeljijo na postopkih za izboljšanje živčno-mišičnega nadzora hoje in plastičnosti živčnega sistema (6). Plastičnost hrbtenjačne živčne mreže je odvisna od vadbe (7) in je poleg supraspinalnih centrov dovzetna tudi za druge vire (8). Motorični odgovor se oblikuje z interakcijo centralnih generatorjev vzorcev hoje, ki so odgovorni za koordinirano mišično aktivnost (9), s supraspinalnim nadzorom in aferentnimi senzoričnimi prilivi (10). Centralni generatorji vzorcev so živčna mreža, ki lahko proizvaja ritmične vzorce (11), aferentni priliv jim zagotovijo dražljaji iz kožnih, mišičnih in sklepnih receptorjev (12). Ritmična aktivnost, ki jo sprožajo centralni generatorji vzorcev hoje, tudi v odsotnosti supraspinalnih prilivov, se lahko zazna z elektromiografijo, pod pogojem, da se zagotovi ritmično bilateralno gibanje spodnjih udov, ki so vsaj deloma obremenjeni s težo telesa (13). Za aktivacijo hrbtenjačne živčne mreže in s tem učinkovito vadbo pacientov z okvarami centralnega živčevja mora biti torej zagotovljen primeren aferentni priliv (14).

Hoja na tekočem traku ponovno aktivira centralne generatorje vzorcev hoje in tako izboljša vzorce mišične aktivnosti (12). Olajševalne okoliščine, ki se uporabljajo pri vadbi hoje na tekočem traku, omogočajo začetek vadbe hoje, še preden sta ohranjanje pokončnega položaja telesa in zmogljivost za hojo ključnih mišic zadostna (15). Rezultat je hitrejša in boljše ponovno učenje hoje (16). Uporaba tekočega traku z razbremenitvijo telesne teže in ročno asistenco pri izvedbi koraka v fazi zamaha in fazi opore je že vrsto let vsakdanja praksa pri učenju hoje pacientov z nepopolno okvaro hrbtenjače (17). Kombinacija običajnih

fizioterapevtskih postopkov in vadbe hoje na tekočem traku prinaša hitrejša in večja izboljšanja hoje kot le običajna fizioterapija (18).

Pri vadbi hoje na tekočem traku morata biti prisotna vsaj dva fizioterapevta, včasih še tretji, da vzdržuje primeren položaj pacientovega trupa. Izvajanje takšne oblike vadbe je za fizioterapevte zelo naporno, zato je čas vadbe kratek. Da bi omogočili daljša obdobja vadbe s pravilnim vzorcem hoje, so razvili robotske naprave (19). V zadnjem desetletju je v rehabilitaciji pacientov po nevroloških okvarah opazno naraščajoče preizkušanje robotskih naprav (20). Ustanove so začele uvajati vadbo pacientov na robotskih napravah v vsakodnevne obravnave (21). Čeprav trenutno ni dokazov, da robotizirana vadba hoje izboljša hojo bolj kot drugi postopki za njeno izboljšanje (22), zanimanje za uporabo narašča (23). Cilji so zmanjšanje navora in porabljenega časa fizioterapevtov, izboljšanje ponovljivosti kinematičnih značilnosti hoje in podaljšanje časa vadbe (24).

Ritmična elektromiografska aktivnost v mišicah spodnjih udov pri premikajočem se tekočem traku in delni razbremenitvi telesne teže je bila ugotovljena tudi pri pacientih z nepopolno okvaro hrbtenjače v kroničnem obdobju v vratnem ali prsnem delu, ki niso zmožni hoje po ravnem (16). Ker je očitno, da funkcijski potencial živčevja, ki ga spodbuja vadba hoje, vztraja še leta po nepopolni okvari hrbtenjače (13), je smiselna intenzivna vadba hoje tudi pri pacientih z nepopolno okvaro v kroničnem obdobju. Obstajajo dokazi tretje stopnje (25), da lahko z intenzivno vadbo na tekočem traku z delno razbremenitvijo telesne teže, tudi več kot leto dni po okvari, pričakujemo dodatno funkcijsko izboljšanje hoje (26–29).

Namen poročila o primeru je preizkusiti uporabo robotskega sistema za vadbo hoje Lokomat pri pacientu z okvaro hrbtenjače v vratnem delu tri leta po okvari. Želeli smo ugotoviti, ali bo 20 obravnav vadbe hoje na tem sistemu v obdobju sedmih tednov brez drugih terapevtskih postopkov vplivalo na hitrost in vzdržljivost hoje, ravnotežje, stopnjo okvare hrbtenjače ter uporabo pripomočkov in pomoči pri hoji.

OPIS PRIMERA

Predstavitel preiskovanca

V poročilo o primeru je bil vključen 73-letni moški, tri leta po začetku bolezni. Podpisal je izjavo o prostovoljnem sodelovanju. Bolezen se je začela z mrzlicami, visoko temperaturo in bolečinami v predelu vratu ter z mravljinčenjem po zgornjih udih. Sprejet je bil na Infekcijsko kliniko, kmalu po sprejemu sta se razvili sepsa in tetraplegija. Zaradi obsežne otekline v predelu orofarinksa so opravili magnetno resonanco (MR) vratnega predela, ki je pokazala epiduralni absces na območju C1–C4 z delno destrukcijo vretenc C2 in C3 ter utesnitvijo hrbtenjače. Narejena je bila laminektomija C1–C3 in drenaža abscesa. Po operaciji je prišlo do spontanega pnevmotoraksa in ledvične odpovedi. Stanje se ni izboljševalo, kontrolna MR je pokazala še prisoten absces z odrinjeno hrbtenjačo na ravni C3 in C4. Meseč dni po prvi operaciji so ponovno drenirali absces. Zaradi dolgotrajne umetne ventilacije in tetraplegije je bilo odvajanje od ventilatorja težavno. Stanje je še dodatno poslabšala pljučnica, ki pa so jo uspešno pozdravili. Zatem se je stanje postopoma začelo izboljševati, po petih mesecih so začeli opuščati vratno ortozo. Ves čas so izvajali intenzivno fizioterapijo, začeli so ga posedati v invalidski voziček. Na Univerzitetni rehabilitacijski inštitut je bil sprejet devet mesecev po začetku bolezni. Samostojnega sedenja brez hrbtnih opore ni bil zmožen, deset mesecev po začetku bolezni smo ga začeli postavljati v oporno stojalo s hrbtnim naslonom. Enajst mesecev po začetku bolezni je bil zmožen kratkotrajne stoji v navadnem opornem stojalu. Ob koncu petmesečne rehabilitacije je hodil le ob delni razbremenitvi telesne teže in pomoči fizioterapevta. Za razdaljo deset metrov je potreboval eno minuto, v šestih minutah je prehodil 45 metrov. Ob vključitvi v to raziskavo je hodil z dvema berglama in pomočjo ene osebe na kratke razdalje (do 100 metrov).

Predstavitel naprave

Lokomat je naprava, ki lahko delno ali v celoti nadomesti manualno asistirano vadbo hoje z delno razbremenitvijo na tekočem traku (15). Njegovo delovanje je izčrpno in podrobno opisano v slovenski (15, 30) in angleški (24) literaturi. V sodelovanju z Univerzitetno kliniko Balgrist in Tehnološkim inštitutom v Zürichu ga je razvilo

švicarsko podjetje Hocoma. Pri ideji, načrtovanju in izdelavi so sodelovali tako fizioterapevti in zdravniki kot inženirji elektrotehnike in strojništva. Sestavljen je iz sistema za delno ali popolno razbremenjevanje telesne teže, tekočega traku in dveh električnih ortoz. Lokomatove sklepe za kolk in koleno poganjajo linearni pogoni, integrirani v ohišje segmentov robota (31). Prav tako zaznavajo pacientovo aktivnost v smeri fleksije in ekstenzije kolčnih in kolenskih sklepov. Pasivni mehanizem dviganja zagotavlja dorzalno fleksijo gležnja med fazo zamaha (30). Fizioterapevt ima celoten postopek vadbe pod nenehnim nadzorom, vadba je za pacienta popolnoma varna.

Ocenjevalni postopki

Pred raziskavo, po desetih obravnavah, po dvajsetih obravnavah in tri mesece od zadnje obravnave smo hitrost hoje izmerili s testom hitrosti hoje na 10 metrov, vzdržljivost hoje s 6-minutnim testom hoje in ravnotežje z Bergovo lestvico za oceno ravnotežja. Uporabo pripomočkov in pomoči pri hoji na deset metrov smo testirali z indeksom hoje za paciente po poškodbi hrbtenjače (angl. Walking index for spinal cord injury - WISCI II), stopnjo okvare hrbtenjače pa z lestvico prizadetosti ameriškega združenja za paciente po poškodbi hrbtenjače (angl. American spinal injury association impairment classification scale – ASIA).

Odbor za pripravo kliničnih smernic mednarodne kampanje za zdravljenje parez po poškodbi hrbtenjače (angl. The international campaign for cures of spinal cord injury paralysis (ICCP) Clinical guidelines panel) je nedavno objavil priporočilo, da se za oceno hoje pri pacientih po okvari hrbtenjače uporablja kombinacija indeksa hoje WISCI II in časovno merjenih testov hoje (32). Indeks hoje WISCI II je sprejet, veljaven in zanesljiv indeks za klinično oceno zmožnosti hoje pri pacientih z okvaro hrbtenjače (33, 34). Natančno opiše, katere pripomočke preiskovanec uporablja med hojo in koliko pomoči potrebuje med hojo na 10 metrov (35). Lestvica je dvajsetstopenjska, pri čemer 0 pomeni, da preiskovanec ne more hoditi niti s pomočjo, 20 pa pomeni, da preiskovanec prehodi 10 metrov brez uporabe pripomočkov ali pomoči.

V večini študij, s katerimi so ocenjevali izboljšanje hoje po tleh, so raziskovalci v svoje protokole vključili časovno merjene teste hitrosti in vzdržljivosti hoje (36). Test hitrosti hoje na 10 metrov je standardizirana funkcijska ocena hitrosti hoje (37, 38). Test je veljaven in zanesljiv merilni inštrument za ocenjevanje hoje pri pacientih z okvaro hrbtenjače (34). Pri testu z ročno štoparico merimo čas, ki ga pacient potrebuje za hojo na 10 metrov (39). Pacient lahko uporablja pripomočke, ki jih navadno uporablja med hojo. Šestminutni test hoje meri vzdržljivost in je dokazano zanesljiv za uporabo pri pacientih z okvaro hrbtenjače (34, 40). Tudi pri tem testu lahko pacient uporablja običajne pripomočke za hojo. Test je bil izveden skladno s predpisanim standardiziranim postopkom (34), pacient je bil deležen spodbud za hitro, vendar varno hojo. Odčitana je bila razdalja, ki jo je prehodil v šestih minutah.

Bergova lestvica za oceno ravnotežja je za paciente z okvaro hrbtenjače primerna ocena ravnotežja v stoječem položaju (41). Lestvica je zanesljiva (42, 43) in je dobro soodvisna z indeksom hoje WISCI II in testom hitrosti hoje na 10 metrov (43). Ravnotežje smo ocenjevali po predpisanem postopku (44).

Lestvica ASIA za oceno stopnje okvare hrbtenjače vsebuje pet stopenj, in sicer A, B, C, D in E (45). V skupino A spadajo pacienti s popolno okvaro hrbtenjače brez kakršne koli senzorične ali motorične aktivnosti pod ravno okvare. V skupino E spadajo pacienti z normalno motorično in senzorično aktivnostjo.

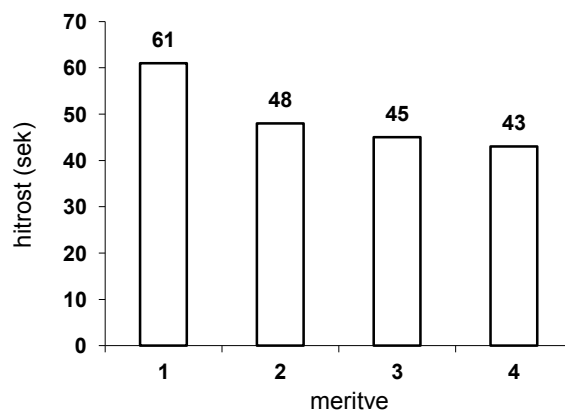
Postopki intervencije

Preiskovanec je bil deležen le vadbe hoje na lokomatu. V obdobju sedmih tednov je opravil dvajset vadb. V prvih šestih tednih je opravil tri vadb na teden, v zadnjem tednu dve vadb. Hitrost tekočega traku je bila ves čas vadbe in vseh dvajset obravnav 1,5 km/h. V prvih petih vadbah je bila razbremenitev telesne teže 35 kilogramov (50 % telesne teže), v nadaljnjih obravnavah 30 kilogramov (43 % telesne teže). Hoja je trajala od 30 do 38 minut, glede na dnevne zmožnosti, povprečno pa 34 minut. Sila vodenja je bila v prvih dveh vadbah nastavljena na 100 %, v vseh naslednjih na 80 %, kar pomeni, da je lahko samostojno spremenil pravičen vzorec hoje sistema

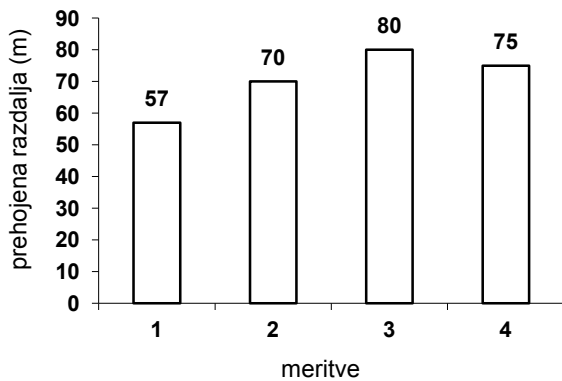
za 20 %. Preiskovanca smo ves čas hoje spodbujali k čim aktivnejši hoji. Če smo na zaslonu za prikaz povratnih informacij opazili slabo sodelovanje, smo ga prosili, naj sodeluje aktivneje. Prehrojena razdalja se je gibala med 544 in 951 metri, v povprečju 835,7 metra.

REZULTATI

Napredoval je v hitrosti hoje na testu hitrosti hoje na 10 metrov in v vzdržljivosti hoje na 6-minutnem testu hoje. Pri prvem merjenju je razdaljo desetih metrov prehodil v 61 sekundah, pri tretjem v 45 sekundah in pri zadnjem v 43 sekundah (slika 1). V šestih minutah je ob prvem merjenju prehodil 57 metrov, ob tretjem 80 metrov in tri mesece po obravnavi 75 metrov (slika 2). Na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja in indeksu hoje WISCI II ter lestvici ASIA so bile ocene enake na vseh štirih merjenjih. Na indeksu hoje WISCI II je bil na vseh ocenjevanjih ocenjen z 11. Ocena pomeni zmožnost hoje na 10 metrov z dvema berglama in pomočjo ene osebe. Na Bergovi lestvici za oceno ravnotežja je pri vseh ocenjevanjih dosegel 5 točk. Zmogel je le varno sedenje 2 minuti na stolu brez opore za hrbet s stopali na tleh in presedanje s pomočjo ene osebe. Po lestvici ASIA je ostal v skupini C, v katero spadajo pacienti z nepopolno okvaro hrbtenjače z ohranjeno motoriko pod ravno okvare, pri več kot polovici ključnih mišic pod ravno okvare je ocena manj kot 3 (45).



Slika 1: Hitrost hoje v sekundah na testu hitrosti hoje na 10 metrov pri vseh štirih meritvah



Slika 2: Prehojena razdalja v metrih na 6-minutnem testu hoje pri vseh štirih meritvah

RAZPRAVA

Intenzivni in aktivno naravnani rehabilitacijski programi lahko posameznikom z okvaro hrbtenjače skozi vse življenje prinesejo pomembno funkcijsko izboljšanje (46). Ker se pri pacientih z okvaro hrbtenjače v kroničnem obdobju (več kot eno leto po okvari) pričakuje bistveno manj spontanega popravljanja kot prej, se zdijo raziskave učinkovitosti terapevtskih postopkov v tem obdobju smiselne. Spremembe v akutnem obdobju po okvari je namreč težko pripisati le fizioterapevtskim in drugim postopkom v rehabilitaciji, ker ne vemo, koliko je k popravljanju prispevalo spontano okrevanje (39).

Preiskovanec v tej raziskavi je kot terapijo prejemal le intenzivni program vadbe hoje na sistemu Lokomat. Njegov način življenja in raven aktivnosti sta ostala enaka. Zato obstaja velika verjetnost, da sta se hitrost in vzdržljivost hoje pri tem preiskovancu izboljšali predvsem zaradi vadbe hoje na sistemu Lokomat. Da sta se izboljšala oba vidika hoje, ni presenetljivo, pri pacientih z okvaro hrbtenjače sta namreč močno soodvisna (47). Wirz in sodelavci (26) so po študiji dvajsetih pacientov z nepopolno okvaro hrbtenjače v kroničnem obdobju prav tako poročali o pomembnem izboljšanju hitrosti in vzdržljivosti hoje. Njihovi preiskovanci so na sistemu hodili osem tednov po tri- do petkrat na teden. Prav tako kot v našem primeru se uporaba pripomočkov za hojo in/ali pomoči po indeksu hoje WISCI II ni pomembno spremenila. Tudi drugi preiskovalci so poročali o pomembnih izboljšavah hitrosti hoje po ravnem (48), pa tudi o pomembnem izboljšanju po indeksu hoje WISCI II

pri treh od štirih preiskovancev, kar je v neskladju z rezultati naše raziskave.

Izboljšanje hitrosti hoje se sicer zdi logična posledica katere koli intenzivne in v funkcijo usmerjene (specifične) vadbe (49). Field-Fotejeva in sodelavci (49) so namreč merili hitrost hoje po dvanajsttedenski vadbi hoje s štirimi različnimi pristopi: vadba hoje po ravnem, vadba hoje na tekočem traku s funkcionalno električno stimulacijo (FES) in brez nje ter vadba hoje na sistemu Lokomat. Statistično pomembnih razlik med vadbami pri rezultatih hitrosti hoje niso ugotovili.

Harkema in sodelavci (46) so v študijo zajeli 196 preiskovancev z nepopolno okvaro hrbtenjače v kroničnem obdobju s stopnjo okvare C in D po lestvici ASIA. Izpostavili so jih intenzivni lokomotorni vadbi, tudi na tekočem traku v delni razbremenitvi telesne teže. V skupini ASIA C-preiskovancev se je hitrost hoje izboljšala iz $0,05 \pm 0,13$ m/s na $0,18 \pm 0,3$ m/s po povprečno 47 obravnavah, ki so trajale približno dve uri. Njihov program je bil zastavljen širše in je obsegal daljše čase obravnav skozi daljše obdobje kot v naši raziskavi. Poleg izboljšav hitrosti so poročali tudi o izboljšanju prehojene razdalje in izboljšanju ravnotežja po Bergovi lestvici. Pacient je pri hoji na lokomatu razmeroma togo vpet v električni ortozi, sistem mu razen vertikalnega gibanja telesa med hojo dodatnega gibanja in vadbe ravnotežja ne omogoča. Zato ni nenavadno, da se ravnotežje pri našem preiskovancu ni izboljšalo, čeprav so drugi avtorji (50) v nedavni študiji na podobnem robotskem sistemu ugotavljali 7-odstotno izboljšanje na Bergovi lestvici po osemtedenski vadbi. Avtorji navedene raziskave (50) so poudarili, da je učinkovitost robotsko asistirane vadbe na tekočem traku z delno razbremenitvijo telesne teže mogoče izboljšati tako, da poskušamo pacienta čim bolj aktivno vključiti v vadbo, kar pa poudarja tudi pristop ponovnega motoričnega učenja. Eden izmed ugodnih učinkov, ki ga povzročijo robotske naprave, je, da učijo pacienta uporabljati svoje telo bolj učinkovito (21). Z večjo učinkovitostjo gibanja lahko deloma pojasnimo izboljšave hitrosti in vzdržljivosti hoje, čeprav se stopnja okvare in uporaba pripomočkov niso spremenili.

Dokazi o prednostih katerega koli pristopa vadbe hoje nasproti drugemu ne obstajajo (22, 36, 51, 52). V lanski študiji sta Field-Fotejeva in Roacheva (53) primerjali različne načine dvanajsttedenske vadbe hoje pri kroničnih pacientih; hojo na tekočem traku z ročno asistenco ali s FES, hojo po ravnem s FES in hojo na lokomatu. Razlik v hitrosti in vzdržljivosti hoje nista ugotovili, sta pa domnevali, da bi bili rezultati drugačni, če bi parametri vadbe zahtevali od pacienta na lokomatu aktivnejšo hojo. Študija kinematike med testom hoje na 10 metrov pri enakih načinih vadbe prav tako ni odkrila statistično pomembnih razlik med skupinami (54). Postopno zniževanje sile vodenja pri vadbi z robotskim sistemom naj bi izboljšalo izid vadbe (55). To smo v našem primeru storili tudi mi. Pri tej možnosti, ki nam jo omogoča naprava, pa smo lahko v dilemi. Pretirano znižanje sile vodenja namreč povzroči vzorec hoje, ki ga pacient sicer uporablja in ki ga želimo izboljšati. Pretirana pomoč sistema pa lahko vodi v pacientovo pasivnost, zato predvidevamo, da bo naslednja generacija robotskih naprav za vadbo hoje omogočala pacientu podporo v fazi hoje, v kateri je šibkejši, in zmanjšala podporo v fazi hoje, v kateri to ni potrebno (angl. assist-as-needed) (20). Taka vadba se je pri miših že izkazala za učinkovito (56). S sedanjo tehnologijo avtorji predlagajo progresivno vključevanje nepredvidljivih pogojev vadbe, ko to stanje pacienta dopušča (21). Če bi dodali napravi možnost meritev srčnega in metabolnega odgovora pacientov, bi bile robotske naprave dobro zaokrožen dodatek rehabilitacijskim ustanovam (20).

Dosedanje izkušnje pri nas in v tujini zahtevajo dodaten napor v smeri raziskovanja ne le učinkovitosti robotskih naprav za vadbo hoje, temveč predvsem raziskovanja optimalnih parametrov vadbe za paciente z okvaro hrbtenjače v različnih obdobjih. V poročilu uporabljen sistem in podobni sistemi so v rehabilitaciji postali stalnica, smer razvoja je začrtana in je ni več mogoče ustaviti. Tehnologija se razvija, naša naloga je, da ostanemo zvesti fizioterapevtskemu poslanstvu in jo pametno uporabimo pacientom in sebi v prid. Še vedno je veliko neznank, ki jih moramo odkriti, da bi pacientom omogočili čim bolj učinkovito vadbo hoje. Možnost ponuditi pacientom daljša obdobja specifične, ponavljajoče

se in hkrati raznolike, v funkcijo usmerjene vadbe ter obenem ergonomsko in fizično manj zahtevno delo za fizioterapevte nam daje zagon za naprej. Ne nazadnje tudi izjave zadovoljnih uporabnikov nikakor ne bi smele biti zanemarljive.

SKLEP

Preizkus uporabe robotske naprave Lokomat za vadbo hoje pri pacientu z nepopolno okvaro hrbtenjače v vratnem delu v kroničnem obdobju je bil uspešen. Po sedemtedenski vadbi hoje sta se izboljšali hitrost in vzdržljivost hoje po tleh. Vendar pa je pacient tudi po vadbi uporabljal enake pripomočke za hojo in potreboval enako mero pomoči kot ob začetku vadbe. Po vadbi se ravnotežje ni izboljšalo, tudi stopnja okvare hrbtenjače se ni spremenila.

LITERATURA

1. Ferris DP, Sawicki GS, Domingo A (2005). Powered lower limb orthosis for gait rehabilitation. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 11 (2): 34–49.
2. Schmidt RA, Lee TD (2005). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 322.
3. Henry FM (1968). Specificity vs. Generality in learning motor skill. In: Brown RC, Kenyon GS, eds. *Classical studies on physical activity*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 331–340.
4. Kaelin-Lang A, Sawaki L, Cohen LG (2005). Role of voluntary drive in encoding an elementary motor memory. *J Neurophysiol* 93 (2): 1099–103.
5. Dobkin BH, Duncan PW (2012). Should body weight-supported treadmill training and robotic-assistive steppers for locomotor training trot back to the starting gate? *Neurorehabil Neural Repair* 26 (4): 308–17.
6. Lam T, Eng JJ, Wolfe DL, Hsieh JTC, Whittaker MA (2007). A systematic review of the efficacy of gait rehabilitation strategies for spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 13 (1): 32–57.
7. Segal RL, Wolf SL (1994). Operant conditioning of spinal stretch reflexes in patients with spinal cord injuries. *Exp Neurol* 130: 202–13.
8. Manella KJ, Torres J, Field-Fote EC (2010). Restoration of walking function in an individual with chronic complete (AIS A) spinal cord injury. *J Rehabil Med* 42 (8): 795–8.
9. Grillner S (1985). Neurobiological basis of rhythmic motor acts in vertebrates. *Science* 228 (4696): 143–9.
10. Mackay-Lyons M (2002). Central pattern generation of locomotion: a review of evidence. *Phys Ther* 82 (1): 69–81.

11. Field-Fote EC (2000). Spinal cord control of movement: implication for locomotor rehabilitation following spinal cord injury. *Phys Ther* 80 (5): 477–84.
12. Jezernik S, Schaerer R, Colombo G, Morari M (2003). Adaptive robotic rehabilitation of locomotion: a clinical study in spinally injured individuals. *Spinal Cord* 41 (12): 657–66.
13. Dobkin BH, Harkema S, Requejo P, Edgerton VR (1995). Modulation of locomotor-like EMG activity in subjects with complete and incomplete spinal cord injury. *J Neuro Rehabil* 9 (4): 183–190.
14. Dietz V (2009). Body weight supported gait training: from laboratory to clinical setting. *Brain Res Bull* 78 (1): 1–6.
15. Špoljar J, Obreza P (2011). Ponovno učenje hoje pri pacientu z okvaro hrbtenjače v vratnem delu s sistemom Lokomat: poročilo o primeru. *Fizioterapija* 19 (Suppl 6): 27–34.
16. Dietz V, Colombo G, Jensen L (1994). Locomotor activity in spinal man. *Lancet* 344 (8932): 1260–3.
17. Obreza P, Koželj D, Petrica K, Kurnik S, Kočar B (2003). Trening hoje na tekočem traku pri ljudeh s spinalno poškodbo. *Fizioterapija* 11 (1): 49–56.
18. Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, Mauritz KH (1995). Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke* 26 (6): 976–81.
19. Wirz M, Bastianen C, de Bie R, Dietz V (2011). Effectiveness of automated locomotor training in patients with acute incomplete spinal cord injury: a randomized controlled multicenter trial. *BMC Neurol* 11: 60–5.
20. Hidler J, Hamm LF, Lichy A, Groah SL (2008). Automating activity-based interventions: the role of robotics. *J Rehabil Res Dev* 45 (2): 337–44.
21. Hidler J, Sainburg R (2011). Role of robotics in neurorehabilitation. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 17 (1): 42–9.
22. Swinnen E, Duerinck S, Baeyens J, Meeusen R, Kerckhofs E (2010). Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *J Rehabil Med* 42 (6): 520–6.
23. Marchal-Crespo L, Reinkensmeyer JD (2009). Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *J Neuroeng Rehabil* 6: 20.
24. Winchester P, Querry R (2006). Robotic orthoses for body weight-supported treadmill training. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 17 (1): 159–72.
25. Eng JJ, Teasell RW, Miller WC, Wolfe DL, Townson AF, Aubut J, Abramson C, Hsieh JTC, Connolly S, Konnyu K (2007). Spinal cord injury rehabilitation evidence: method of the SCIRE systematic review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 13 (1): 1–10.
26. Wirz M, Zemon DH, Rupp R, Scheel A, Colombo G, Dietz V, Horny TG (2005). Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. *Arch Phys Med Rehabil* 86 (4): 672–80.
27. Effing TW, van Meeteren NL, van Asbeck FW, Prevo AJ (2006). Body weight-supported treadmill training in chronic incomplete spinal cord injury: a pilot study evaluating functional health status and quality of life. *Spinal Cord* 44 (5): 287–96.
28. Hornby TG, Zemon DH, Campbell D (2005). Robotic-assisted, body-weight-supported treadmill training in individuals following motor incomplete spinal cord injury. *Phys Ther* 85 (1): 52–66.
29. Behrman AL, Lawless-Dixon AR, Davis SB, Bowden MG, Nair P, Phadke C, Hannold EM, Plummer P, Harkema SJ (2005). Locomotor training progression and outcomes after incomplete spinal cord injury. *Phys Ther* 85 (12): 1356–71.
30. Munih M, Bajd T, Mihelj M (2009). Bio-kooperativna vloga rehabilitacijske robotike. *Rehabilitacija* 8 (1): 27–33.
31. Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V (2000). Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev* 37 (6): 693–700.
32. Steeves JD, Lammertse D, Curt A, Fawcett JW, Tuszynski MH, Ditunno JF, Ellaway PH, Fehlings MG, Guest JD, Kleitman N, Bartlett PF, Blight AR, Dietz V, Dobkin BH, Grossman R, Short D, Nakamura M, Coleman WP, Gaviria M, Privat A (2007). Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury (SCI) as developed by the ICCP panel: clinical trial outcome measures. *Spinal Cord* 45 (3): 206–21.
33. Ditunno JF Jr, Barbeau H, Dobkin BH, Elashoff R, Harkema S, Marino RJ, Hauck WW, Apple D, Basso DM, Behrman A, Deforge D, Fugate L, Saulino M, Scott M, Chung J (2007). Validity of the walking scale for spinal cord injury and other domains of function in a multicenter clinical trial. *Neurorehabil Neural Repair* 21 (6): 539–50.
34. van Hedel JH, Wirz M, Dietz V (2005). Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: validity and reliability of three walking tests. *Arch Phys Med Rehabil* 86 (2): 190–6.
35. Ditunno PL, Ditunno JF Jr (2001). Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. *Spinal Cord* 39 (12): 654–56.
36. Tefertiller C, Pharo B, Evans N, Winchester P (2011). Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review. *J Rehabil Res Dev* 48 (4): 387–416.

37. Rossier P, Wade DT (2001). Validity and reliability comparison of a 4 mobility measures in patients presenting with neurologic impairment. *Arch Phys Med Rehabil* 82 (1): 9–13.
38. van Hedel JH, Wirz M, Dietz V (2008). Standardized assessment of walking capacity after spinal cord injury: the European network approach. *Neurol Res* 30 (1): 61–73.
39. Benito-Penalva J, Edwards DJ, Opisso E, Cortes M, Lopez-Blazquez R, Murillo N, Costa U, Tormos JM, Vidal-Samsó J, Valls-Solé J (2012). Gait training in human spinal cord injury using electromechanical systems: effect of device type and patient characteristics. *Arch Phys Med Rehabil* 93 (3): 404–12.
40. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR, Williams SR, Donovan WH (2008). Outcome measure for gait and ambulation in the spinal cord injury population. *J Spinal Cord Med* 31 (5): 487–99.
41. Lemay JF, Nadeau S (2010). Standing balance assessment in ASIA D paraplegic and tetraplegic participants: concurrent validity of the Berg Balance Scale. *Spinal Cord* 48 (3): 245–50.
42. Behrman A, Harkema SJ (2000). Locomotor training after human spinal cord injury: a series of case studies. *Phys Ther* 80 (7): 688–700.
43. Wirz M, Müller R, Bastiaenen C (2010). Falls in persons with spinal cord injury: validity and reliability of the Berg Balance Scale. *Neurorehabil Neural Repair* 24 (1): 70–7.
44. Berg K, Wood-Dauphinee SL, Williams JL (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 83 (2): 7–11.
45. Maynard FM Jr, Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF Jr, Donovan WH, Ducker TB, Garber SL, Marino RJ, Stover SL, Tator CH, Waters RL, Wilberger JE, Young W (1997). International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord* 35 (5): 266–74.
46. Harkema SJ, Schmidt-Read M, Lorenz D, Edgerton VR, Behrman AL (2011). Balance and ambulation improvements in individuals with chronic incomplete spinal cord injury using locomotor training-based rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 93 (9): 1508–17.
47. Kim CM, Eng JJ, Whittaker MW (2004). Level walking and ambulatory capacity in persons with incomplete spinal cord injury: relationship with muscle strength. *Spinal Cord* 42 (3): 156–62.
48. Winchester P, McColl R, Querry R, Foreman N, Mosby J, Tansey K, Williamson J (2005). Changes in supraspinal activation patterns following robotic locomotor therapy in motor-incomplete spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* 19 (4): 313–24.
49. Field-Fote EC, Lindley SD, Sherman AL (2005). Locomotor training approaches for individuals with spinal cord injury: a preliminary report of walking-related outcomes. *J Neurol Phys Ther* 29 (3): 127–37.
50. Wu M, Landry JM, Schmit BD, Hornby TG, Yen S (2012). Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in human spinal cord injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 93 (5): 782–9.
51. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M (2008). Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev*.
52. Wessels M, Lucas C, Eriks I, de Groot S (2010). Body weight-supported gait training for restoration of walking in people with an incomplete spinal cord injury: a systematic review. *J Rehabil Med* 42 (6): 513–19.
53. Field-Fote E, Roach KE (2011). Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 91 (1): 48–60.
54. Nooijen CFJ, ter Hoeve N, Field-Fote EC (2009). Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach. *J Neuroeng Rehabil* 6: 36.
55. Hornby TG, Campbell DD, Zemon DH, Kahn JH (2005). Clinical and quantitative evaluation of robotic-assisted treadmill walking to retrain ambulation after spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 11 (2): 1–17.
56. Cai LL, Fong AJ, Otoshi CK, Liang Y, Burdick JW, Roy RR, Edgerton VR (2006). Implications of assist-as-needed robotic step training after a complete spinal cord injury on intrinsic strategies of motor learning. *J Neurosci* 26 (41): 10564–68.