

UČINKI VADBE Z RAZLIČNIMI FIZIOTERAPEVTSKIMI POSTOPKI, VKLJUČNO Z VADBO HOJE NA SISTEMU LOKOMAT, PRI BOLNIKIHZ MULTIPLO SKLEROZO

EFFECTS OF GAIT TRAINING WITH CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY INCLUDING ROBOT-ASSISTED GAIT TRAINING (LOKOMAT) IN PATIENTS WITH MULTIPLE SCLEROSIS

Tatjana Krizmanič, dipl. fiziot., izr. prof. dr. Gaj Vidmar, univ. dipl. psih., mag. Klemen Grabljevec, dr. med.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Izvleček

Uvod:

Eden od ciljev fizioterapije pri bolnikih z multiplo sklerozo je izboljšati funkcijo hoje. V prispevku je predstavljen vpliv vadbe hoje z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje na robotizirani napravi Lokomat, na funkcijo hoje pri bolnikih z multiplo sklerozo.

Metode:

Vključenih je bilo 20 bolnikov, 11 moških in 9 žensk. Bolniki so bili stari od 34 do 69 let, v povprečju 47 let. Devet ambulantnih bolnikov je vadilo hojo na robotizirani napravi Lokomat; enajst hospitaliziranih bolnikov je vadilo z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje na robotizirani napravi Lokomat. Pred začetkom in po obravnavah smo bolnike ocenili s testom Vstani in pojdi, testom hoje na 10 metrov in 6-minutnim testom hoje. Za vse tri teste smo izračunali opisne statistike. Rezultate testiranja pred vadbo smo primerjali z rezultati testiranja po zaključenem programu vadbe. Primerjali smo rezultate skupin, ki sta bili vključeni v ambulantno in bolnišnično obravnavo. Analizirali smo absolutno in relativno

Abstract

Introduction:

One of the main goals of physiotherapy in patients with multiple sclerosis is improving functional walking. The article addresses the effect of conventional physiotherapy and robotic-assisted gait training (using the Lokomat system) on gait function in patients with multiple sclerosis.

Methods:

Twenty patients were included, 11 men and 9 women. Their mean age was 47 years (range 34-69 years). Nine outpatients received Lokomat-assisted gait training; eleven inpatients received conventional physiotherapy including Lokomat-assisted gait training. The patients were assessed before and after the treatment program using the timed up-and-go test, the 10-meter walk test, and the 6-minute walk test. Descriptive statistics was calculated for all three tests. The baseline measures were compared with those after the treatment program. Absolute and relative improvement was compared between outpatients and inpatients. Exact nonparametric statistical tests were used.

izboljšanje. Uporabili smo eksaktne neparametrične statistične teste.

Rezultati:

Pri bolnikih je po vadbi prišlo do statistično značilnega izboljšanja rezultatov pri vseh treh testih (test vstani in pojdi: $p=0,001$; hitrost hoje na 10 m: $p=0,012$; prehojena razdalja na 6-minutnem testu hoje: $p=0,019$). Pri vseh treh testih so bolniki, ki so bili vključeni v bolnišnično obravnavo, dosegli večje povprečno in mediansko absolutno in relativno izboljšanje. Razlika med skupinama je bila statistično značilna na ravni tveganja 5% le glede relativnega izboljšanja dosežka pri 6-minutnem testu hoje ($p=0,046$) in blizu temu glede absolutnega izboljšanja dosežka pri testu hoje na 10 m ($p=0,080$).

Zaključek:

Pri bolnikih z multiplo sklerozo je priporočljiva kombinacija vadbe z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje na sistemu Lokomat. Verjetno bi dokazali statistično značilno večje izboljšanje v skupini bolnikov, ki so bili vključeni v bolnišnično obravnavo pri vseh treh časovnih testih hoje, če bi bili skupini vključenih bolnikov večji in če bi vključili bolnike z enako stopnjo bolezni.

Ključne besede:

multipla skleroza, nevrofizioterapija, vadba hoje, Lokomat

Results:

A statistically significant improvement after the treatment program was observed in the whole sample regarding all the three tests (timed up-and-go: $p=0.001$, walking speed in the 10m walk test: $p=0.012$, distance walked in 6 minutes: $p=0.019$). Inpatients achieved higher average and median absolute and relative improvement on all the three walking tests. The difference between the two groups was statistically significant at the 5% alpha-level only regarding relative improvement in the 6-minute walk test ($p=0.046$), and came close to that regarding absolute improvement in the 10 m walk test ($p=0.080$).

Conclusions:

A combination of conventional physiotherapy and robotic-assisted gait training is recommended in patients with multiple sclerosis. We would have probably proven a statistically significantly larger improvement in the inpatient group regarding all the three walking tests had the number of patients been larger and had the two groups been more comparable in terms of disease stage.

Key words:

multiple sclerosis, neurophysiotherapy, gait training, Lokomat

UVOD

Pri bolnikih z multiplo sklerozo (MS) so lahko težave pri hoji bolj izražene v kroničnem obdobju bolezni, v zgodnjem obdobju pa so lahko opazne le majhne težave. Bolniki z MS hodijo počasi, dolžina koraka se skrajša, podaljša se čas dvojne opore in poveča se asimetrija hoje. Motnje koordinacije in ravnotežja so lahko izražene že v zgodnjem obdobju bolezni. Spremenjena hoja bolnikov z MS je dodatni dejavnik tveganja za padce (1, 2), slabšo srčno-pljučno zmogljivost, utrudljivost (3) in manjšo dejavnost v okolju.

Cilj fizioterapije je izboljšati gibanje in funkcijo hoje z različnimi fizioterapevtskimi postopki (4). Različni fizioterapevtski postopki pri bolnikih z MS vključujejo vadbo za znižanje spastičnosti, vadbo za vzdrževanje obsega gibljivosti sklepov, vadbo za boljši nadzor trupa, za izboljšanje mišične moči udov, vadbo presedanja ter hoje z uporabo pripomočkov (bergle, hodulje). Z različnimi fizioterapev-

tskimi postopki lahko vzdržujemo in izboljšamo gibanje, zmanjša se utrudljivost in izboljša se hoja, s tem pa se lahko zmanjša tudi nevarnost za padce (5). Z vadbo lahko izboljšamo dinamično ravnotežje (6). Vadba pa mora biti intenzivna in bolnikovo učenje moramo spodbujati z uporabo različnih povratnih informacij. Bolniki z obsežnejšimi težavami med hojo in močno utrudljivostjo potrebujejo vadbo hoje v varnem okolju. Uporaba elektronskih naprav za vadbo hoje je lahko učinkovit dodaten terapevtski postopek. Bolniku z izrazito oslabeledostjo zagotavlja varno okolje, da lahko vzdrži ponavljajoči se vzorec hoje brez strahu pred padcem (7). Sistem za vadbo hoje na robotizirani napravi Lokomat (Hocoma AG, Volketswil, Switzerland) omogoča delno razbremenitev telesne teže, zagotovi povratno senzorično informacijo, nespremenljivost korakov in s tem simetrični vzorec hoje med celotno vadbo; omogoča tudi daljše obdobje vadbe (8). Uporaba robotskih naprav narašča, še vedno pa je malo dokazov, da robotizirana vadba hoje izboljša hojo bolj kot drugi fizioterapevtski postopki (9).

Želeli smo preveriti vpliv vadbe z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje na sistemu Lokomat, na funkcijo hoje pri bolnikih z MS ter primerjati izboljšanje med skupinama bolnikov, ki so bili vključeni v ambulantni in bolnišnični program.

METODE

Preiskovanci

Vključili smo 20 bolnikov, ki so bili v rehabilitacijski program vključeni v obdobju od januarja 2013 do avgusta 2014. Devet bolnikov je prihajalo v programe fizioterapije ambulantno, 11 je bilo sprejetih v bolnišnico. Bolniki so bili stari od 34 do 69 let, v povprečju 47 let. Za oceno funkcijskih zmožnosti smo uporabili lestvico EDSS (*angl.* Extended disability status scale (10)). Bolniki so bili ocenjeni s stopnjo od 3,5 do 6,5. Ambulantni bolniki so vadili hojo na robotizirani napravi Lokomat. Bolniki v bolnišničnem programu so imeli poleg hoje na robotizirani napravi Lokomat še vadbo z različnimi fizioterapevtskimi postopki. Podatki o trajanju in pogostosti vadbe so navedeni v rezultatih in povzeti v Tabeli 1.

Merilni in testni postopki

Pred obravnavami in po njih smo za meritev hitrosti hoje uporabili test hoje na 10 metrov, za oceno vzdržljivosti hoje pa 6-minutni test hoje. Zmožnost gibanja smo ocenili s časovnim testom Vstani in pojdi.

Test hoje na 10 metrov je najpogostejše uporabljen test za oceno hoje in morda najpomembnejše objektivno merilo funkcije gibanja (11,12). Je občutljiv na spremembe hoje in globalni kazalnik zmanjšane zmožnosti. Uporablja se pri vseh skupinah bolnikov z motnjami hoje zaradi okvar srčno-žilnega, mišično-skeletnega, nevrološkega in drugih telesnih sistemov ali stanj (12). Uporablja se za začetno oceno posameznika, za dokumentiranje učinkovitosti programa zdravljenja oziroma rehabilitacije in lahko opozori na povečano tveganje za padce. Pri testu hoje na 10 m merimo čas v sekundah, ki je potreben za hojo na razdalji 10 m. Za merjenje časa smo uporabili štoparico. Bolniki so lahko med testiranjem uporabljali pripomočke za hojo, če so jih potrebovali. Test hoje na 10 m je veljaven in zanesljiv test pri bolnikih z MS in drugimi boleznimi živčevja (13).

Za bolj celostno oceno sposobnosti hoje je poleg hitrosti treba oceniti še vzdržljivost. Vzdržljivost hoje smo merili s 6-minutnim testom hoje. Pri 6-minutnem testu hoje merimo razdaljo, ki jo bolnik opravi v šestih minutah. Tudi ta test je zanesljiv in veljaven pri bolnikih z MS (12).

S časovno merjenim testom Vstani in pojdi smo ocenili premičnost bolnikov z MS. Test vključuje vsakodnevne

gibe, kot so vstajanje s stola, hoja, obrat in sedanje na stol (14). Merimo čas za izvedbo celotnega testa. Bolnik lahko pri izvedbi testa uporablja pripomočke, ki jih uporablja za hojo. Test je lahko klinična izvedbena mera funkcije spodnjih udov, zmožnosti gibanja in ocene tveganja za pojavnost padcev (14). Test je uporaben pri različnih bolnikih, kot so ortopedski bolniki, bolniki s Parkinsonovo boleznijo, bolniki z demenco, bolniki po možganski kapi in drugi. Test Vstani in pojdi uvrščajo v skupino objektivnih, zanesljivih in veljavnih funkcijskih testov (14).

Sistem Lokomat

Napravo je razvila družba Hocoma iz Švice v sodelovanju z Univerzitetno kliniko Balgrist in Tehnološkim inštitutom v Zürichu. Sistem Lokomat je medicinska naprava, ki lahko delno ali v celoti nadomesti vadbo hoje z delno razbremenitvijo na tekočem traku (15). Naprava Lokomat je sestavljena iz treh delov: naprave Levi ali Lokolift za nadzorovanje razbremenjevanja telesne teže bolnika, tekočega traku Woodway HC-Loko S555 in dveh robotiziranih ortoz za nadzor kolčnih in kolenskih sklepov. Celotni sistem upravljamo z osebnim računalnikom. Nastavljamo in spreminjamo lahko podatke o hitrosti hoje, trajanju vadbe, prehojeni razdalji in dejavnosti bolnika med vadbo. Sistem nudi številne možnosti za stopnjevanje zahtevnosti vadbe. Njegovo delovanje je podrobno opisano v slovenski (15-17) in angleški literaturi (18).

Fizioterapevtski postopki vadbe

Pri uveljavljenih pristopih vadbe hoje uporabljamo znanje in ugotovitve različnih ustaljenih nevrofizioterapevtskih pristopov. Glede na stopnjo zmožnosti gibanja, funkcijske zmožnosti bolnika z MS in zmanjšano zmožnost hoje se fizioterapevt odloči za izbiro dejavnosti, s katerimi poskuša pri bolniku doseči funkcionalno in čim bolj pravilno hojo. Bolniki so vadili za boljšo stabilnost in simetrijo drže trupa, za izboljšanje ravnotežja v različnih položajih ter za boljše prenose teže telesa na spodnje ude. Izvajali so vaje za krepitev mišične moči, izboljšanje pasivne gibljivosti ter izboljšanje vzdržljivosti in hitrosti pri hoji.

Statistična analiza

Za vse tri teste hoje smo izračunali opisne statistike. Rezultate meritev pred vadbo smo primerjali z rezultati meritev po zaključenem programu vadbe. Izboljšanje smo primerjali med obema skupinama bolnikov. Analizirali smo absolutno izboljšanje (za test Vstani in pojdi je bila to razlika med začetno in končno meritvijo, za test hoje na 10 m in 6-minutni test hoje pa razlika med končno in začetno meritvijo) in relativno izboljšanje (absolutno izboljšanje deljeno z začetno meritvijo, izraženo v odstotkih). Uporabili smo nepa-

rametrične statistične teste, saj so porazdelitve izboljšanja izrazito odstopale od normalne. Pri 6-minutnem testu hoje smo nadomestili manjkajoče meritve z vrednostjo 0 (trije bolniki niso mogli opraviti meritev niti pred vadbo niti po njej, dva bolnika sta opravila meritev samo pred vadbo, en bolnik pa po zaključeni vadbi). To je omogočilo izračun absolutnega napredovanja in relativnega napredovanja pri bolnikih z eno opravljeno meritvijo, bolnikom, ki testa niso opravili niti enkrat, pa smo zaradi nespremenjenega stanja pripisali nično relativno napredovanje.

REZULTATI

Vključenih je bilo 20 bolnikov, ki so bili v program fizioterapije vključeni od januarja 2013 do avgusta 2014, od tega je bilo 11 moških in devet žensk. Devet bolnikov je bilo v programe fizioterapije vključenih ambulantno, 11 jih je bilo vključenih v bolnišnični program. Značilnosti obeh skupin so opisane v Tabeli 1.

Tabela 1: Značilnosti skupine bolnikov z multiplo sklerozo v ambulantnem in bolnišničnem programu.

Značilnosti bolnikov	Ambulantni program	Bolnišnični program
Število	9	11
Starost (povprečje, razpon)	50 let (38 – 62 let)	45 let (35 – 69 let)
Stopnja EDSS	5,3 (3,5 – 6,5)	6,1 (5,5 – 6,5)
Trajanje vadbe v fizioterapiji (minut/dan)	/	45
Trajanje rehabilitacije (tedni)	/	3 – 5
Povprečen čas vadbe na Lokomatu (minut/dan)	34	32
Število obravnav na Lokomatu	6 – 25	5 – 18
Trajanje programa vadbe na Lokomatu (tedni)	2 – 8	2 – 5

Legenda: EDSS – Razširjena lestvica funkcijske okvare (angl. Expanded Disability Status Scale)

V skupini ambulantnih bolnikov je pri enem bolniku prišlo do ponovnega zagona bolezni, zato je zaključil vadbo hoje na Lokomatu po šesti obravnavi. Ena ambulantna bolnica je imela 25 vadb hoje na Lokomatu, trije bolniki so imeli po 16 obravnav, eden je imel 12 in trije bolniki 10 obravnav. Bolniki, ki so bili vključeni v bolnišnični program vadbe, so bili v programu od tri do pet tednov. Petkrat na teden so imeli program fizioterapije z različnimi fiziotera-

pevskimi postopki, vključujoč dvakrat do petkrat na teden vadbo hoje na sistemu Lokomat.

Rezultati so pokazali, da je prišlo na vseh treh testih hoje (Vstani in pojdi, hoja na 10 m in 6-minutni test hoje) po terapiji do statistično značilnega izboljšanja za celoten vzorec bolnikov. Rezultati so prikazani v Tabeli 2.

Tabela 2: Opisne statistike za teste hoje pred terapijo in po njej, rezultati statističnih testov ter razlika med meritvama za celoten vzorec bolnikov.

Test	Opisne statistike	Pred terapijo	Po terapiji	<i>p</i> (EWTTPR)	Absolutno izboljšanje	Relativno izboljšanje
VP(s)	Povprečje (SO)	19,3 (10,9)	16,5 (9,5)	0,001	2,8 (3,7)	12% (16%)
	Mediana (razpon)	15,5 (8..51)	13,6 (7..46)		2,4 (-2,9..11,6)	13% (-20%..44%)
H10m (m/s)	Povprečje (SO)	0,71 (0,35)	0,82 (0,35)	0,012	0,11 (0,17)	21% (29%)
	Mediana (razpon)	0,57 (0,23..1,419)	0,82 (0,26..1,61)		0,06 (-0,14..0,52)	13% (-13%..98%)
H6min (m)	Povprečje (SO)	165 (156)	200 (160)	0,019	35 (78)	30% (51%)
	Mediana (razpon)	135 (0..630)	205 (0..650)		15 (-100..290)	13% (-100%..100%)

Legenda: EWTTPR – eksaktni Wilcoxonov test predznačenih rangov; VP(s) – test Vstani in pojdi; H 10m (m/s) – hitrost hoje na 10 m; H 6min (m) – prehojena razdalja v 6 minutah; SO – standardni odklon.

Izboljšanje testov hoje smo primerjali tudi med skupinama, ki sta bili vključeni v ambulantno in bolnišnično obravnavo. Rezultati so prikazani v Tabeli 3. Pri vseh treh testih so bolniki v bolnišnični obravnavi v povprečju dose-

gli večje absolutno in relativno izboljšanje; razlika je bila statistično značilna na ravni tveganja 5% le glede dosežka na 6-minutnem testu hoje.

Tabela 3: Primerjava izboljšanja med skupinama bolnikov, ki so bili vključeni v ambulantno in bolnišnično obravnavo.

Program					<i>p</i>
Izboljšanje	Test	Opisne statistike	ambulantni (n=9)	bolnišnični (n=11)	(ETMW)
Absolutno	Vstani in pojdi (s)	Povprečje (SO)	2,8 [5,3]	2,8 [1,9]	0,503
		Mediana (razpon)	1,0 [-2,9..11,6]	2,6 [0,2..7,3]	
	Hoja 10 m (m/s)	Povprečje (SO)	0,02 [0,15]	0,17 [0,16]	0,080
		Mediana (razpon)	0,03 [-0,14..0,29]	0,16 [-0,04..0,52]	
	Hoja 6 min (m)	Povprečje (SO)	15 [65]	51 [87]	0,412
		Mediana (razpon)	10 [-100..150]	20 [-10..290]	
Relativno	Vstani in pojdi (s)	Povprečje (SO)	8% [23%]	15% [9%]	0,412
		Mediana (razpon)	9% [-20%..44%]	15% [2%..28%]	
	Hoja 10 m (m/s)	Povprečje (SO)	8% [25%]	31% [30%]	0,112
		Mediana (razpon)	4% [-13%..67%]	32% [-4%..98%]	
	Hoja 6 min (m)	Povprečje (SO)	6% [52%]	49% [44%]	0,046
		Mediana (razpon)	3% [-100%..100%]	43% [-8%..100%]	

Legenda: ETMW – eksaktni test Manna in Whitneyja; SO – standardni odklon

Opazene korelacije (Tabela 4) so bile v pričakovani smeri. Večje izboljšanje je bilo povezano s slabšim stanjem pred terapijo. Pri testu Vstani in pojdi je to pomenilo višjo številsko vrednost meritve, pri testih hoje 10 m in 6-minutnem

testu pa nižjo hitrost oziroma krajšo razdaljo. Kot statistično značilno in najizraziteje povezani s stanjem pred terapijo sta se pokazali absolutno izboljšanje na testu Vstani in pojdi ter relativno izboljšanje na 6-minutnem testu hoje.

Tabela 4: Povezava izboljšanja s stanjem pred terapijo.

		Korelacija z izboljšanjem	
Test	Statistika	absolutnim	relativnim
Vstani in pojdi (s)	Spearmanov ro	0,665	0,365
	P	0,001	0,114
Hoja 10 m (m/s)	Spearmanov ro	-0,143	-0,374
	P	0,548	0,104
Hoja 6 minut (m)	Spearmanov ro	0,003	-0,551
	P	0,990	0,012

RAZPRAVA

V raziskavi smo želeli oceniti učinek vadbe hoje z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje s sistemom Lokomat, na funkcijo hoje pri bolnikih z MS v bolnišnični obravnavi in učinek vadbe hoje na sistemu Lokomat pri bolnikih z MS v ambulantni obravnavi. Rezultati testov pred vadbo in po njej so za celoten vzorec bolnikov pokazali, da je prišlo do statistično značilnega izboljšanja pri vseh treh testih. Različni avtorji (7, 19) so poročali o značilnem izboljšanju hitrosti hoje, boljših rezultatih 6-minutnega testa hoje tako pri skupini bolnikov, ki je vadila hojo na sistemu Lokomat, kot pri skupini, ki je vadila hojo z različnimi fizioterapevtskimi postopki. V naši študiji so pri vseh treh testih bolniki v bolnišnični obravnavi dosegli večje povpreč-

no in mediansko absolutno in relativno izboljšanje, razlika med skupinama pa je bila jasno statistično značilna le glede relativnega izboljšanja dosežka na 6-minutnem testu hoje (in mejno statistično značilna glede absolutnega izboljšanja dosežka na testu hoje na 10 m). Schwartz in sod. (20) so poročali, da se je na koncu obravnave bolnikov statistično značilno izboljšala razdalja pri 6-minutnem testu hoje, hitrost hoje na 10 metrov pa samo pri skupini, ki je vadila hojo z različnimi fizioterapevtskimi postopki; rezultati testa Vstani in pojdi so se statistično značilno izboljšali pri skupini, ki je bila vključena v vadbo hoje na sistemu Lokomat.

Naša raziskava je pokazala tudi povezavo izboljšanja s funkcijskim stanjem pred vadbo, ocenjenim s testi hoje. Večje izboljšanje je bilo povezano s slabšim funkcijskim

stanjem pred vadbo pri testu Vstani in pojdi, testu hoje na 10 metrov in 6-minutnem testu hoje. Kot najizraziteje povezano s stanjem pred terapijo se je pokazalo absolutno izboljšanje na testu Vstani in pojdi ter relativno izboljšanje na 6-minutnem testu hoje.

Našo študijo težko primerjamo z drugimi, ker sta imeli vključeni skupini preiskovancev različno intenzivnost obravnave. Ambulantni bolniki so imeli v povprečju vadbo hoje dvakrat do trikrat na teden, bolniki v bolnišničnem programu pa so imeli petkrat na teden vadbo z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključno z vadbo hoje s sistemom Lokomat. V raziskavo je bilo vključeno majhno število bolnikov, imeli so tudi različno stopnjo obolenja. Rezultati so pokazali, da lahko pri bolnikih z MS dosežemo večje izboljšanje pri časovnih testih hoje z intenzivno fizioterapijo z različnimi fizioterapevtskimi postopki, vključujoč vadbo hoje na sistemu Lokomat.

ZAKLJUČEK

Pri bolnikih z multiplo sklerozo je zaželena kombinacija različnih fizioterapevtskih postopkov, vključujoč vadbo hoje na sistemu Lokomat. V raziskavo bi morali vključiti večje število bolnikov ter izenačene pare bolnikov po spolu, starosti in stopnji bolezni, s čimer bi verjetno dokazali statistično značilno večje izboljšanje v skupini bolnikov v bolnišničnem programu na vseh treh časovnih testih hoje.

LITERATURA

- Gunn HJ, Newell P, Haas B, Marsden JF, Freeman JA. Identification of risk factors for falls in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Phys Ther*. 2013; 93 (4): 504-13.
- Cameron MH, Thielman E, Mazumder R, Bourdette D. Predicting falls in people with multiple sclerosis: fall history is as accurate as more complex measures. *Mult Scler Int*. 2013; 2013: 496325.
- Morris M, Cantwell C, Vowels L, Dodd KJ. Changes in gait and fatigue from morning to afternoon in people with multiple sclerosis. *J Neural Neurosurg Psychiatry*. 2002; 72 (3): 361-5.
- Mayston MJ. Problem solving in neurological physiotherapy – setting the scene. V: Edwards S. *Neurological physiotherapy: a problem-solving approach*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002: 3-19.
- Dodd KJ, Taylor NF, Shields N, Prasad D, McDonald E, Gillan A. Progressive resistance training did not improve walking but can improve muscle performance, quality of life and fatigue in adults with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Mult Scler*. 2011; 17 (11): 1362-74.
- Vaney C, Gattlen B, Lugon-Moulin V, Meichtry A, Hausmann R, Foinant D, et al. Robotic-assisted step training (Lokomat) not superior to equal intensity of over-ground rehabilitation in patients with multiple sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012; 26 (3): 212-21.
- Beer S, Aschbacher B, Manoglou D, Gamper E, Kool J, Kesselring J. Robot-assisted gait training in multiple sclerosis: a pilot randomized trial. *Mult Scler*. 2008; 14 (2): 231-6.
- Hidler J, Hamm LF, Lichy A, Groah SL. Automating activity-based interventions: the role of robotics. *J Rehabil Res Dev*. 2008; 45 (2): 337-44.
- Tefertiller C, Pharo B, Evans N, Winchester P. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review. *J Rehabil Res Dev*. 2011; 48 (4): 387-416.
- Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*. 1983; 33 (11): 1444-52.
- Wade DT. *Measurement in neurological rehabilitation*, 1st ed. Oxford: Oxford University Press; 1992.
- Puh U. Test hoje na 10 metrov. *Fizioterapija*. 2014; 22 (1): 45-53.
- Jakovljević M, Šćepanović D, Hlebš S, Puh U. Ocenjevanje motoričnih funkcij bolnikov z multiplo sklerozo. *Fizioterapija*. 2012; 20 (1): 5-12.
- Jakovljević M. Časovno merjeni test vstani in pojdi: pregled literature. *Fizioterapija*. 2013; 21 (1): 38-47.
- Špoljar J, Obreza P. Ponovno učenje hoje pri pacientu z okvaro hrbtenjače v vratnem delu s sistemom Lokomat: poročilo o primeru. V: Puh U, ur. *Z dokazi podprta fizioterapija*. 14. kongres fizioterapevtov Slovenije: zbornik predavanj, Laško, 13. in 14. maj 2011. Ljubljana: Društvo fizioterapevtov Slovenije - strokovno združenje, 2011: 27-34.
- Špoljar J. Vadba hoje s sistemom Lokomat pri pacientu z nepopolno okvaro hrbtenjače v vratnem delu v kroničnem obdobju: poročilo o primeru. *Fizioterapija*. 2013; 21 (1): 56-63.
- Munih M, Bajd T, Mihelj M. Bio-kooperativna vloga rehabilitacijske robotike. V: Marinček Č, ur. *Rehabilitacija v prihodnosti*. 20. jubilejni dnevi rehabilitacijske medicine: zbornik predavanj, Ljubljana, 3. in 4. april 2009. Ljubljana: Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo, 2009: 27-33.
- Winchester P, Querry R. Robotic orthoses for body weight-supported treadmill training. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2006; 17 (1): 159-72.
- Lo AC, Triche EW. Improving gait in multiple sclerosis using robot-assisted, body weight supported treadmill training. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008; 22 (6): 661-71.
- Schwartz I, Sajin A, Moreh E, Fisher I, Neeb M, Forest A, et al. Robot-assisted gait training in multiple sclerosis patients: a randomized trial. *Mult Scler*. 2012; 18 (6): 881-90.