

# UČINKOVITOST ROBOTIZIRANE VADBE ZGORNJIH UDOV PRI OSEBAH Z OKVARO VRATNEGA DELA HRBTENJAČE

## EFFECTIVENESS OF ROBOT-ASSISTED UPPER LIMB THERAPY FOR PEOPLE WITH CERVICAL SPINAL CORD INJURY

**Tibor Kafel, dipl. del. ter., mag. Urška Kidrič Sivec, dr. med., Urška Miklič, dipl. del. ter., Petra Grabner, dipl. del. ter., Anja Vesenjaj, dipl. del. ter., Tanja Štefančič Smisl, dipl. del. ter., Marko Vidovič, dipl. del. ter., mag. kin.**

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

### Povzetek

#### Izhodišča:

Okvara hrbtenjače ima velik vpliv na vsa področja življenja, predvsem pa gibalno oviranost. Ključna je zgodnja rehabilitacija, katere del je delovna terapija. Cilj delovne terapije pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače je vključevanje v vsakodnevne dejavnosti in produktiven življenjski slog. Dopolnitev klasičnim delovnoterapevtskim ukrepom je lahko robotsko podprto gibanje zgornjih udov, ki se nakazuje kot učinkovito za izboljšanje funkcij zgornjega uda.

#### Metode:

Izvedena je bila randomizirana kontrolirana raziskava. Sodelovalo je štirinajst oseb z okvaro vratnega dela hrbtenjače, sedem v eksperimentalni in sedem v kontrolni skupini. Poleg klasične delovnoterapevtske obravnave so bile osebe v eksperimentalni skupini deležne še desetih terapij s pomočjo robotsko podprtega gibanja. Osebe v kontrolni skupini so bile deležne dodatne ure delovne terapije. Ocenjevalni instrumenti so bili izbrani v skladu s priporočili za uporabo pri osebah z okvaro hrbtenjače.

#### Rezultati:

Osebe eksperimentalne skupine so statistično značilno napredovale pri sili stiska leve roke, občutenju ter oceni zadovoljstva in izvedbe dejavnosti ( $p < 0,05$ ). Znotraj kontrolne skupine pri funkcijskih testih ni prišlo do statistično značilnih razlik. Primerjava napredka med skupinama je pokazala statistično značilne razlike pri ocenjevanju dejavnosti, pri funkcijskih ocenjevanjih pa jih ni bilo.

### Abstract

#### Background:

*Spinal cord injury impacts all life aspects, physical dysfunction being the most prominent. Early rehabilitation is crucial, part of which is occupational therapy. The main goal of occupational therapy in people with cervical spinal cord injury is participation in everyday life and productive life style. An addition to conventional occupational therapy may also be robot-assisted therapy of the upper limbs, which shows promising efficiency in improving upper limb functions.*

#### Methods:

*A randomised control trial with fourteen participants was conducted, seven in the experimental and seven in the control group. Along the standard occupational therapy intervention, the experimental group was provided ten therapies of robot-assisted therapy and the control group received an additional hour of occupational therapy. The outcome measures used were aligned with recommendations for use in people with spinal cord injury.*

#### Results:

*Participants of the experimental group have statistically significantly increased their left hand grip strength, sensibility as well as in participation and satisfaction assessment ( $p < 0.05$ ). The control group had no statistically significant improvements of functional tests. Between-group comparison of progress showed statistically significant differences in occupational assessment, but not in functional assessments.*

**Zaključek:**

Raziskava je potrdila učinkovitost robotsko podprte terapije pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače za izboljšanje telesnih funkcij kot tudi vključevanja v vsakodnevne dejavnosti. Veliko vrednost robotsko podprte terapije vidimo predvsem kot dodatek h klasični delovnoterapevtski obravnavi, za izboljšanje na ravni telesnih funkcij.

**Ključne besede:**

okvara hrbtenjače; robotsko podprta terapija; delovna terapija; rehabilitacija; zgornji ud

**Conclusion:**

*This study confirmed the effectiveness of robot-assisted therapy in people with cervical spinal cord injury for improving body functions as well as participation in everyday occupations. Robot-assisted therapy is a valuable addition to conventional occupational therapy for improving body functions.*

**Key words:**

*spinal cord injury; robot assisted therapy; occupational therapy; rehabilitation; upper limb*

**UVOD**

Na svetu je vsako leto med 250 in 500 tisoč novih primerov oseb z okvaro hrbtenjače (OH). OH je kompleksno stanje, pri katerem je v ospredju gibalna prizadetost, vendar ima velik vpliv na vsa področja življenja prizadete osebe kot tudi njene okolice (2), zato je zelo pomembna zgodnja, celostna rehabilitacija (3, 4). Del te je tudi delovna terapija. Njen cilj pri osebah z OH je čim večje vključevanje v vsakodnevne dejavnosti in produktiven življenjski slog (5). To dosežemo z uporabo različnih delovnoterapevtskih ukrepov, ki se v grobem delijo na prilagoditve (okolja ali izvedbe dejavnosti), ukrepe za vzpodbujanje vključevanja in izboljšanje telesnih funkcij (6). Slednje temelji na vzpodbujanju živčne reorganizacije (adaptacijske spremembe živčnih lastnosti) (7). Pri osebah z OH se živčna reorganizacija dogaja kot modifikacija že obstoječih živčnih povezav ali s formiranjem novih (8). Internevroni hrbtenjače ustvarijo nove povezave, ki pošiljajo descendne informacije iznad ravni poškodbe pod raven poškodbe (9). Plastičnost hrbtenjače omogoči preslikavo ukazov motoričnega korteksa v spinalne poti, kar je bistveno za hoteno gibanje po OH (10). Reorganizacijo in z njo motorično okrevanje (9) dodatno vzpodbujajo senzorni vnosi kot dotik in propriocepcija preko aferentnih nevronov. Proces živčne reorganizacije se lahko dodatno vzpodbudi, če so vzorci mišične aktivacije povezani z dosego vedenjskih ciljev in specifičnimi senzornimi informacijami (9). To lahko dosežemo z delovnoterapevtskimi ukrepi. Pomanjkljivost klasične delovnoterapevtske obravnave je, da je za osebe z OH v začetnih fazah rehabilitacije precej naporna in zato te osebe niso sposobne izvesti veliko ponovitev dejavnosti. (6). Za izboljšanje gibanja in vzpodbujanje živčne reorganizacije po OH je namreč poleg specifičnosti gibalnih nalog pomembno tudi večje število ponovitev določenega gibalnega vzorca (11). Dopolnitev klasičnim delovnoterapevtskim ukrepom pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače je zato lahko tudi robotsko podprto gibanje zgornjih udov (12). Najpogostejša naprava za izvajanje robotsko podprtega gibanja je eksoskelet. Eksoskeletne naprave imajo mehanske sklepe, zato se popolnoma prilagajajo uporabnikovemu udu in pomagajo pri izvedbi giba. Eksoskelet se pripne na celoten zgornji

ud in omogoči interakcijo v virtualno okolje (12). Njegova glavna prednost je, da lahko med eno terapijo izvedemo veliko število ponovitev z možnostjo prilagajanja intenzivnosti, težavnosti in obsega giba glede na sposobnosti posameznika (13). Pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače se potencial robotsko podprtega gibanja kaže za izboljšanje funkcij zgornjih udov (15). Vendar razsežnost učinkovitosti robotsko podprtega gibanja pri tej populaciji še ni podprta s kakovostnimi randomiziranimi raziskavami z veliko sodelujočimi (12).

Namen raziskave je bil ugotoviti učinkovitost robotsko podprtega gibanja pri osebah po okvari vratnega dela hrbtenjače za izboljšanje funkcij zgornjih udov ter uporabnikovo subjektivno zaznavanje morebitnih sprememb pri izvedbi vsakodnevnih dejavnosti.

**METODE****Preiskovanci**

Izvedli smo randomizirano kontrolirano raziskavo. Zasnova raziskave je upoštevala priporočila, podana v smernicah CONSORT 2010 (16) za nefarmakološke prospektivne randomizirane raziskave. Raziskava je potekala med marcem 2021 in februarjem 2022 v prostorih Univerzitetnega rehabilitacijskega inštituta Republike Slovenije – Soča (URI – Soča). V njej je sodelovalo štirinajst oseb z okvaro vratnega dela hrbtenjače, sedem v eksperimentalni in sedem v kontrolni skupini.

Sodelovali so pacienti hospitalizirani na III. nevrološkem oddelku URI – Soča s poškodbeno ali nepoškodbeno okvaro vratnega dela hrbtenjače. Sodelovanje v raziskavi je bilo prostovoljno, v kar so sodelujoči privolili pisno. Predhodno smo jih seznanili z namenom raziskave in načinom obdelave podatkov. Izvajanje raziskave je odobrila Komisija za medicinsko etiko za presojo etičnosti raziskovalnega predloga URI – Soča (št.: 035-1/2021-1/2-7).

## Vključitveni kriteriji

Vključitveni kriteriji za sodelovanje v raziskavi so bili okvara vratnega dela hrbtenjače, zmožnost gibanja zgornjih udov v razbremenitvi, starost 18 let ali več, sposobnost sedenja eno uro, zmožnost razumevanja navodil za izvajanje robotsko podprtega gibanja. Izključitveni kriteriji so bili prisotnost bolnišnične okužbe, zaradi katere mora oseba ostati v izolaciji, telesna okvara zaradi drugega vzroka kot OH in nezmožnost razumevanja navodil pri izvajanju robotsko podprtega gibanja. Kontraindikacije za izvajanje robotsko podprtega gibanja so enake kot za klasično delovno terapijo. Osebe, primerne za sodelovanje v raziskavi, je izbrala odgovorna zdravnica specialistka fizikalne in rehabilitacijske medicine.

## Protokol raziskave

V raziskavo je bilo vključenih 14 oseb. Vse so bile v klasično delovnoterapevsko obravnavo vključene petkrat tedensko po 60 minut v obdobju petih tednov, individualno zasnovano glede na njihove potrebe, želje in zmožnosti. Osebe so bile naključno razdeljene v dve skupini po 7 oseb. Randomizacijo je izvedel vodja raziskave z uporabo funkcije "RAND" v programu Microsoft Excel (17).

V prvi skupini so bile osebe ob dosegu vključitvenih kriterijev poleg standardne delovnoterapevtske obravnave deležne še desetih terapij s pomočjo robotsko podprtega gibanja, dva- do trikrat tedensko po eno uro, pol ure z vsako roko. Osebe druge skupine so bile poleg standardne deležne še dodatne delovnoterapevtske obravnave, časovno enakovredne terapiji z robotsko podprtim gibanjem oseb prve skupine.

Prvih pet obravnav je bilo na napravi za prste in roko Amadeo, drugih pet na eksoskeletni napravi za grobe gibe zgornjih okončin z razbremenitvijo Armeo Spring. Ocenjevalni instrumenti so bili izbrani v skladu s priporočili za uporabo pri osebah z OH (19). Ocenjevanja so bila izvedena pred prvo obravnavo in po zaključku desetih obravnav.

## Ocenjevalni inštrumenti

Primarni ocenjevalni instrumenti so bili Stopenjsko redefinirano ocenjevanje moči, zaznavanja in prijemanja (*angl.* The Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (GRASSP) version 2 ali GRASSP myelopathy) ter ročni elektronski dinamometer (Jamar Plus+ Digital Hand Dynamometer®). GRASSP je bil zasnovan za ugotavljanje funkcij zgornjih udov pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače in preverjanje učinkovitosti terapevtskih ukrepov pri tej populaciji. Poda nam informacije o: 1. mišični moči zgornjih udov, ocenjeni z ročnim mišičnim testom; 2. občutenju prstov, ocenjenim s Semmes-Weinstein monofilamenti; in 3. spretnosti rok in prstov (20). Uporabljen je bil že v podobnih raziskavah (21), hkrati pa je zanesljiv in veljaven ocenjevalni instrument (22). Z ročnim elektronskim dinamometerom merimo jakost stiska roke. Za zanesljivost rezultatov uporabljamo standardiziran postopek (23).

Merjenje moči stiska z dinamometerom je časovno učinkovito ocenjevanje, ki je občutljivo na spremembe. Uporabljen je bil že v raziskavah, ki so podobne naši in v katerih so sodelovale osebe z okvaro vratnega dela hrbtenjače (15). Sekundarni ocenjevalni instrument je bil Kanadski test izvajanja dejavnosti (*angl.* Canadian Occupational Performance Measure, COPM). COPM je na dokazih temelječ, na uporabnika usmerjen delovnoterapevtski ocenjevalni instrument (24). S COPM-om prepoznamo težave, ki osebe omejujejo pri vključevanju v vsakodnevne dejavnosti in so za njih pomembne. Je občutljiv na spremembo subjektivnega zaznavanja izvedbe vsakodnevnih dejavnosti (25).

## Statistična analiza podatkov

Za analizo podatkov smo uporabili statistični program IBM SPSS Statistics 24 (za okolje Mac; IBM Corp., Armonk, NY, ZDA). Izračunali smo opisne statistike (povprečje, standardni odklon) in preverili skladnost z normalno porazdelitvijo (s Shapiro–Wilkovim testom W). Razlike v povprečnih vrednostih spremenljivk smo pred obravnavo in po njej statistično testirali s parnim t-testom, za razlike med skupinama pa smo uporabili t-test za neodvisne vzorce. Mejo statistične značilnosti smo postavili pri  $p < 0,05$ .

## REZULTATI

V raziskavo je bilo vključenih 14 oseb (tri ženske in enajst moških). Pri devetih osebah je bil vzrok okvare hrbtenjače poškodba, pri petih je bila okvara nepoškodbenega vzroka. Osebe so bile naključno razdeljene v dve skupini, kjer sta bili h klasični delovnoterapevtski obravnavi dodani še robotsko podprta terapija ali dodatna ura delovne terapije. Povprečna starost je bila 55 let (SO 16 let). Vse osebe so bile ob odpustu samostojne pri izvajanju vsakodnevnih dejavnosti. Ostali osnovni podatki oseb so predstavljeni v Tabeli 1. Za vse obravnavane spremenljivke smo izračunali opisne statistike. Ocene posameznih spremenljivk pred intervencijo in po njej so predstavljene v tabelah 2 in 3.

Osebe znotraj skupine, kjer je bilo dodano robotsko podprto gibanje, so statistično značilno napredovale pri jakosti stiska leve roke ( $p < 0,05$ ). Statistično značilen napredek za obe roki se je pokazal pri ocenjevanju občutenja, mišične moči in COPM-a (ocena zadovoljstva in izvedbe) ( $p < 0,05$ ). V skupini, kjer je bila dodana delovna terapija, do statistično značilnega napredka pri funkcijskih testih ni prišlo. Pri subjektivni oceni izvedbe in zadovoljstva (COPM) znotraj obeh skupin je parni t-test zaznal statistično značilen napredek.

Primerjava med skupinama ni pokazala statistično značilnih razlik (funkcijsko ocenjevanje), razen pri ocenjevalnem inštrumentu COPM. Pri postavki izvedba so se v skupini z dodatno uro delovne terapije ocenili v povprečju za  $-1,9$  (SO 1,4) točke slabše. V skupini z dodano robotsko podprto terapijo pa je bila ocena v povprečju za  $3,6$  (SO 1,9) točke višja. Statistično značilne razlike so se prav tako pojavile pri napredku v oceni zadovoljstva. Osebe, ki so bile deležne robotsko podprtega gibanja, so bile z izvedbo različnih vsakodnevnih dejavnosti bolj zadovoljne.

**Tabela 1: Osnovne značilnosti vključenih oseb.****Table 1: Characteristics of participants.**

Karakteristike/ Characteristics	Robotsko podprta terapija/ Robot assisted therapy	Delovna terapija/ Occupational therapy	Skupaj/ Pooled sample
Spol/Sex N (%)			
Ženska/Female	1 (15)	2 (28)	3 (21)
Moški/Male	6 (85)	5 (72)	11 (79)
Starost (leta)/Age (years)			
Povprečje (SD)/Mean (SD)	52,4 (14,7)	56,7 (18,6)	54,6 (16,3)
Trajanje okvare/Chronicity of injury N (%)			
Subakutna/Subacute	5 (27)	6 (85)	11 (79)
Kronična/Chronic	2 (28)	1 (15)	3 (21)
Vrsta poškodbe/Type of injury (%)			
Poškodbena/Traumatic	5 (72)	4 (57)	9 (64)
Nepoškodbena/Non-traumatic	2 (28)	3 (43)	5 (36)
Dominanca/Dominant hand N (%)			
Desna/Right	5 (72)	7 (100)	12 (86)
Leva/Left	2 (28)	0 (0)	2 (14)

**Legenda/Legend:** N = število oseb/number of participants, SO = standardni odklon/standard deviation

## RAZPRAVA

Pri robotsko podprtem gibanju so uporabniki izpostavljeni velikemu številu ponovitev gibanja z možnostjo prilagajanja intenzivnosti glede na uporabnikove zmožnosti (13). V naši raziskavi smo uporabili dve različni napravi. Z eno so sodelujoči izvajali gibe s celotnim zgornjim udom, z drugo pa izolirane gibe distalnih delov zgornjih udov z možnostjo dodatnih senzornih vnosov v obliki vibracij. Napravama je skupna možnost razbremenjevanja in sprotnega prilagajanja težavnosti. Robotsko podprto gibanje je smiselni dodatek h klasični delovni terapiji, ki pogosto ne zagotovi tolikšnega števila ponovitev določenih gibov, kar pa je ključnega pomena za vzpodbujanje živčne reorganizacije za izboljšanje telesnih funkcij (11). To se kaže tudi v naši raziskavi. V skupini, ki je bila deležna robotsko podprtega gibanja, so se statistično značilno izboljšali tako sila stiska, mišična moč mišic zgornjih udov kot tudi občutenje sodelujočih. Podobno so v sistematičnem pregledu literature ugotovili tudi Khalid, Alnajjar, Gochoo in sod. (26), in sicer da je redna in sistematična uporaba robotiziranih naprav učinkovita pri izboljšanju funkcij roke oseb z okvaro vratnega dela hrbtenjače. Vsekakor pa je treba poudariti, da pri osebah z nekaj ohranjene funkcije in občutenja pričakujemo boljši napredek kot pri tistih brez nje (3,4). V naši raziskavi ni sodeloval nihče s popolno odsotnostjo gibanja. V tem primeru bi rezultati lahko bili drugačni. To sklepamo na podlagi raziskave Vanmulken in sod. (27), kjer pri osebah s popolno OH po robotsko podprtem gibanju niso ugotovili nobenega napredka.

Potencialna omejitev naše raziskave je, da so bile vanjo vključene osebe v subakutni kot tudi kronični fazi po OH. Velja namreč, da

imajo tisti v subakutnih fazah boljše izhodišče za napredovanje (3,4). Kljub temu lahko pri osebah s kronično OH prav tako pričakujemo statistično značilno izboljšanje funkcije zgornjih udov, pod pogojem, da je ob začetku obravnav ohranjenih vsaj nekaj funkcij (28–30). Na podlagi vsega omenjenega sklepamo, da je robotsko podprto gibanje lahko učinkovito za izboljšanje telesnih funkcij in ga je smiselno uporabljati v rehabilitaciji pri osebah z nepopolno okvaro vratnega dela hrbtenjače.

V kontrolni skupini ni prišlo do statistično značilnega napredka funkcijskih testov. Vzrok za to bi lahko bilo manjše število ponovitev gibov. Zbogar in sod. (31) navajajo, da oseba v uri delovnoterapevtske obravnave izvede v povprečju zgolj 42 ponovitev, medtem ko jih lahko v eni obravnavi s pomočjo robotsko podprtega gibanja tudi več sto (32). V tem oziru je robotsko podprto gibanje superiorno pri vzpodbujanju živčne reorganizacije preko masovnega utrjevanja gibov (11). Vsekakor pa ima omejitve v svoji specifičnosti za doseganje ciljev, povezanih z izvedbo vsakodnevnih dejavnosti. Na gibanju temelječo terapijo je treba za najboljše rezultate rehabilitacije (11) dopolnjevati s treningom ustreznih spretnosti, potrebnih za vključevanje v vsakodnevne dejavnosti, kar se v naši raziskavi vidi v rezultatih COPM-a. Napredek je sicer opazen v obeh skupinah, vendar so se med njima pokazale statistično značilne razlike pri izvedbi in zadovoljstvu v prid osebam, ki so bile deležne robotsko podprtega gibanja.

Naše rezultate pa je treba interpretirati zadržano. Vsi sodelujoči v raziskavi so bili v dnevni aktivnosti samostojni. Poleg tega je COPM subjektivno ocenjevanje. Da raziskava ni bila izvedena slepo, lahko vpliva na posameznikovo oceno, kar ima lahko za

**Tabela 2:** Razlika v merjenih vrednostih znotraj in med skupinama, funkcijski testi.**Table 2:** Differences in outcome measures within and between groups, functional tests.

Ocenjevalni instrumenti / Outcome measures	Robotsko podprta terapija/ Robot assisted therapy		Delovna terapija/ Occupational therapy		p (med skupinama/ between- groups)
	Povprečje (SO)/ Mean (SD)	p	Povprečje (SO)/ (Mean (SD)	p	
Sila stiska leva roka PRED/Grip strength of left hand BEFORE	12,4 (10,9)	0,053	19,2 (7,1)	0,076	0,931
Sila stiska leva roka PO/Grip strength of left hand AFTER	22,6 (17,9)		21,9 (8,5)		
Δ sila stiska leva roka/Δ grip strength of left hand	10,1 (11,1)		2,7 (3,2)		0,132
Sila stiska desna roka PRED/Grip strength of right hand BEFORE	16,2 (12,7)	<b>&lt;0,05</b>	15,2 (10,3)	0,388	0,265
Sila stiska desna roka PO/Grip strength of right hand AFTER	26,7 (15,3)		17,9 (12,6)		
Δ sila stiska desna roka/Δ grip strength of right hand	10,51 (11,0)		2,7 (7,6)		0,150
MMT leva roka PRED/ MMT left hand BEFORE	35,1 (12,4)	<b>&lt;0,05</b>	43,4 (5,2)	0,098	0,798
MMT leva roka PO/ MMT left hand AFTER	44,9 (6,9)		45,7 (5,1)		
ΔMMT leva roka/ΔMMT left hand	9,71 (6,1)		2,3 (3,0)		<b>&lt;0,05</b>
MMT desna roka PRED/ MMT right hand BEFORE	38,9 (11,5)	<b>&lt;0,05</b>	32,9 (10,8)	0,050	0,154
MMT desna roka PO/ MMT right hand AFTER	46,3 (5,9)		38,3 (12,1)		
Δ MMT desna roka/Δ MMT right hand	7,4 (6,5)		5,4 (5,8)		0,557
Občutenje leva roka PRED / Sensibility left hand BEFORE	7,3 (4,6)	<b>&lt;0,05</b>	8,3 (2,8)	0,111	0,935
Občutenje leva roka PO/ Sensibility left hand AFTER	9,1 (3,9)		9,3 (2,2)		
Δ občutenje leva roka/Δ sesibility left hand	1,87 (0,9)		1,0 (1,4)		0,205
Občutenje desna roka PRED/ Sensibility right hand BEFORE	8,3 (4,4)	<b>&lt;0,05</b>	7,3 (4,7)	0,172	0,735
Občutenje desna roka PO / Sensibility right hand AFTER	8,7 (4,6)		7,9 (4,5)		
Δ občutenje desna roka/Δ sesibility right hand	0,4 (0,7)		0,6 (0,9)		0,768

**Legenda/Legend:** N = število oseb/number of participants), SD = standardni odklon/SD = standard deviation, Δ = razlika znotraj skupine/in group difference, PRED = ocenjevanje pred začetkom raziskave/BEFORE = assessment at the beginning of the study), PO = ocenjevanje po končani raziskavi/AFTER = assessment at the end of the study, MMT = ocena ročne mišičnega testiranja/manual muscle testing

**Tabela 3:** Razlika v merjenih vrednostih znotraj in med skupinama, ocena izvajanja dejavnosti.**Table 3:** Differences in outcome measures within and between groups, occupational assessment.

Ocenevalni instrumenti/ Outcome measures	Robotsko podprta terapija/ Robot assisted therapy		Delovna terapija/Occupational therapy		$\rho$ (med skupinama/ between-groups)
	Povprečje (SO)/ Average (SD)	$p$	Povprečje (SO)/ Average (SD)	$p$	
COPM izvedba PRED/COPM performance BEFORE	3,3 (1,8)	<b>&lt;0,05</b>	6,9 (1,8)	<b>&lt;0,05</b>	<b>&lt;0,05</b>
COPM izvedba PO/COPM performance BEFORE	2,8 (2,2)		4,6 (1,5)		
$\Delta$ COPM izvedba/ $\Delta$ COPM performance	3,6 (1,9)		- 1,9 (1,4)		0,096
COPM zadovoljstvo PRED/ COPM satisfaction BEFORE	3,3 (2,3)	<b>&lt;0,05</b>	4,7 (2,9)	<b>&lt;0,05</b>	0,170
COPM zadovoljstvo PO/ COPM satisfaction AFTER]	7,4 (1,8)		5,6 (2,5)		
$\Delta$ COPM zadovoljstvo/ $\Delta$ COPM satisfaction	4,1 (2,4)		0,9 (0,7)		<b>&lt;0,05</b>

**Legenda/Legend:** N = število oseb/number of participants, SO = standardni odklon/SD = standard deviation,  $\Delta$  = razlika znotraj skupine/within-group difference, PRED = ocenjevanje pred začetkom raziskave/BEFORE = assessment at the beginning of the study, PO = ocenjevanje po končani raziskavi/AFTER = assessment at the end of the study, COPM = kanadski test izvajanja dejavnosti/Canadian Occupational Performance Measure

posledico drugačno zaznavanje napredka. Jung in sod. (33) v svoji raziskavi, ki je metodološko podobna naši, niso opazili statistično značilnih razlik med učinkovitostjo robotsko podprtega gibanja in delovno terapijo pri osebah z vratno okvaro hrbtenjače za izboljšanje vsakodnevnih dejavnosti. Vendar Khalid, Alnajjar, Gochoo in sod. (26) navajajo ugoden vpliv robotsko podprtega gibanja na kakovost življenja preko več vključevanja v vsakodnevne dejavnosti. Zagotovo bi bilo v prihodnjih podobnih raziskavah za merjenje vključevanja v vsakodnevne dejavnosti smiselno uporabiti objektivni ocenjevalni instrument.

Glede na rezultate naše raziskave je za najboljši možen izid rehabilitacije oseb z nepopolno okvaro vratnega dela hrbtenjače priporočljiv dodatek robotsko podprtega gibanja h klasični delovni terapiji. Raziskava je imela zelo majhen in razmeroma heterogen vzorec sodelujočih, zato je treba njene izsledke interpretirati zadržano. Kljub temu so rezultati v skladu s trenutnim prepričanjem o uporabnosti robotsko podprtega gibanja pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače (26, 34), zato menimo, da imajo klinično vrednost vsaj za rehabilitacijske ustanove.

## ZAKLJUČEK

Rezultati naše raziskave nakazujejo, da bi robotsko podprto gibanje lahko predstavljalo učinkovito dopolnilno terapevtsko metodo klasični delovnoterapevtski obravnavi pri osebah z okvaro vratnega dela hrbtenjače za izboljšanje telesnih funkcij kot tudi kakovosti vključevanja v vsakodnevne dejavnosti. Za večjo veljavnost bi bilo treba izvesti podobne raziskave z večjim in bolj homogenim vzorcem.

## Literatura:

1. Bickenbach J, Boldt I, Brinkhoff M, Chamberlain J, Cripps R, Futzharris M, et al. A global picture of spinal cord injury. In: Bickenbach J, ed. International perspectives on spinal cord injury. Geneva: World Health Organization; 2013:11–42.
2. Bickenbach J, Biering-Sørensen F, Knott J, Shakespeare T, Stucki G, Tharion G, et al. Understanding spinal cord injury. In: Bickenbach J, ed. International perspectives on spinal cord injury. Geneva: World Health Organization; 2013:1–10.
3. Alizadeh A, Dyck SM, Karimi-Abdolrezaee S. Traumatic spinal cord injury: an overview of pathophysiology, models and acute injury mechanisms. *Front Neurol.* 2019;10:282.
4. McDonald JW, Sadowsky C. Spinal-cord injury. *Lancet.* 2002;359(2):417–25.
5. Atkins MS, Bashar JC. Occupational therapy and the care of individuals with spinal cord injury. North Bethesda: AOTA; 2015. Dostopno na: <https://www.aota.org/-/media/Corporate/Files/AboutOT/Professionals/WhatIsOT/RDP/Facts/SCI-fact-sheet.pdf> (citirano 28. 1. 2022).
6. Atkins MS. Spinal cord injury. In: Radomsky MV, Latham CAT, eds. Occupational therapy for physical dysfunction. 7th ed. Philadelphia: Wolter Kluwer Health, Lippincott Williams and Wilkins; 2014:1168–214.
7. Sandrow-Feinberg HR, Houllé JD. Exercise after spinal cord injury as an agent for neuroprotection, regeneration and rehabilitation. *Brain Res.* 2015;1619:12–21.
8. Raineteau O, Schwab ME. Plasticity of motor systems after incomplete spinal cord injury. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2(4):263–73.
9. Courtine G, Sofroniew MV. Spinal cord repair: advances in biology and technology. *Nat Med.* 2019;25:898–908. Dostopno na: <https://www.nature.com/articles/s41591-019-0475-6.pdf?origin=ppub> (citirano 28. 1. 2022).

10. Lu P, Tuszynski MH. Introduction to neuroscience letters special issue: Plasticity and Regeneration After Spinal Cord Injury. *Neurosci Lett*. 2017;652:1–2.
11. Backus D. Exploring the potential for neural recovery after incomplete tetraplegia through nonsurgical interventions. *PM R*. 2010;12 Suppl 2:S279–85.
12. Robotics. SCIRE. Dostopno na: <https://scireproject.com/evidence/rehabilitation-evidence/upper-limb/pharmacological-interventions/robotics/> (citirano 28. 1. 2022).
13. Duret C, Mazzoleni S. Upper limb robotics applied to neurorehabilitation: an overview of clinical practice. *NeuroRehabilitation*. 2017;41:5–15.
14. Mehrholz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(11):CD006876.
15. Singh H, Unger J, Zariffa J, Pakosh M, Jaglal S, Craven BC, et al. Robot-assisted upper extremity rehabilitation for cervical spinal cord injuries: a systematic scoping review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2018;13(7):704–15.
16. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. *Ann Intern Med*. 2010;152(11):726–32.
17. Microsoft Excel for Mac (16.55) [Computer program]. Microsoft; 2022. Dostopno na: <https://office.microsoft.com/excel> (citirano 28. 1. 2022).
18. Karanicolas PJ, Farrokhyar F, Bhandari M. Practical tips for surgical research: blinding: who, what, when, why, how? *Can J Surg*. 2010;53(5):345–8.
19. Fawcett JW, Curt A, Steeves JD, Coleman WP, Tuszynski MH, Lammertse D, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury as developed by the ICCP panel: Spontaneous recovery after spinal cord injury and statistical power needed for therapeutic clinical trials. *Spinal Cord*. 2007;45(3):190–205.
20. What is GRASSP? GRASSP. Dostopno na: <https://grassptest.com/what-is-grassp/> (citirano 28. 1. 2022).
21. Yozbatiran N, Francisco GE. Robot-assisted therapy for the upper limb after cervical spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2019;30(2):367–84.
22. Graded redefined assessment of strength, sensibility and prehension (GRASSP). SCIRE. Dostopno na: <https://scireproject.com/outcome-measures/list-sci/upper-limb/graded-redefined-assessment-of-strength-sensibility-and-prehension-grassp/> (citirano 28. 1. 2022).
23. Hand-held dynamometer: grip strength. Chicago: Abilitylab; 2022. Dostopno na: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/hand-held-dynamometer-grip-strength> (citirano 28. 1. 2022).
24. COPM: The Canadian Occupational Performance Measure. Dostopno na: <https://www.thecopm.ca/> (citirano 28. 1. 2022).
25. About the COPM. Dostopno na: <http://www.thecopm.ca/about/> (citirano 28. 1. 2022).
26. Khalid S, Alnajjar F, Gochoo M, Renawi A, Shimoda S. Robotic assistive and rehabilitation devices leading to motor recovery in upper limb: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2021:1–15 [v tisku]. doi: 10.1080/17483107.2021.1906960.
27. Vanmulken DAMM, Spooren AIF, Bongers HMH, Seelen HAM. Robot-assisted task-oriented upper extremity skill training in cervical spinal cord injury: a feasibility study. *Spinal Cord*. 2015;53(7):547–51.
28. Francisco GE, Yozbatiran N, Berliner J, O'Malley MK, Pehlivan AU, Kadivar Z, et al. Robot-assisted training of arm and hand movement shows functional improvements for incomplete cervical spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(10):171–7.
29. Cortes M, Elder J, Rykman A, Murray L, Avedissian M, Stampa A, et al. Improved motor performance in chronic spinal cord injury following upper-limb robotic training. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(1):57–65.
30. Osuagwu BAC, Timms S, Peachment R, Dowie S, Thrussell H, Cross S, et al. Home-based rehabilitation using a soft robotic hand glove device leads to improvement in hand function in people with chronic spinal cord injury : a pilot study. *J Neuroeng Rehabil*. 2020;17(1):40.
31. Zbogar D, Eng JJ, Miller WC, Krassioukov AV, Verrier MC. Movement repetitions in physical and occupational therapy during spinal cord injury rehabilitation. *Spinal Cord*. 2017;55(2):172–9.
32. Zariffa J, Kapadia N, Kramer JLK, Taylor P, Alizadeh-Meghraz M, Zivanovic V, et al. Feasibility and efficacy of upper limb robotic rehabilitation in a subacute cervical spinal cord injury population. *Spinal Cord*. 2012;50:220–6.
33. Jung JH, Lee HJ, Cho DY, Lim J-E, Lee BS, Kwon SH, et al. Effects of combined upper limb robotic therapy in patients with tetraplegic spinal cord injury. *Ann Rehabil Med*. 2019;43(4):445–57.
34. Morone G, De Sire A, Cinnera AM, Paci M, Perrero L, Invernizzi M, et al. Upper limb robotic rehabilitation for patients with cervical spinal cord injury: a comprehensive review. *Brain Sci*. 2021;11(12):1630.