

# MOŽNOSTI UPORABE ROBOTIKE V REHABILITACIJI ZGORNJEGA UDA PRI OSEBAH Z OKVARO HRBTENJAČE

## POSSIBILITIES OF USING ROBOTICS IN UPPER LIMB REHABILITATION FOR PERSONS AFTER SPINAL CORD INJURY

mag. Urška Kidrič Sivec, dr. med, Tibor Kafel, dipl. del. ter.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

### Povzetek

V rehabilitaciji oseb s okvaro hrbtenjače v vratnem predelu se robotika uporablja kot dopolnilo klasičnim, uveljavljenim fizioterapevtskim in delovnoterapevtskim postopkom. Potencialne prednosti njene uporabe so v povečanem številu ponovitev in zagotavljanju pomoči pri motorični izvedbi giba. S tem robotske naprave prevzamejo nalogo oslabljenih mišic, motene propriocepcije in okrnjene izvedbe ter zagotovijo podporo in pravilni vzorec giba z zgornjim udom. Zaradi majhnega števila raziskav in predvsem pomanjkanja randomiziranih kontroliranih raziskav o uporabi robotike v rehabilitaciji je raven dokazov o učinkovitosti nizka. Treba bo torej načrtovati randomizirane kontrolirane raziskave, ki bodo s svojimi izsledki natančneje opredelile učinkovitost uporabe robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah z okvaro hrbtenjače.

### Ključne besede:

robotika; rehabilitacija; zgornji ud; poškodba hrbtenjače

### Abstract

*In the rehabilitation of people with spinal cord injuries in the cervical region, robotics is used as a supplement to classical, established neurophysiotherapeutic and occupational-therapy procedures. Potential benefits include increased repetitions and assistance in motor performance. With providing support and proper upper limb movement pattern, the robots can help weakened muscles, impaired proprioception and performance. However, the level of evidence is low due to the small number of studies as well as the lack of randomised controlled trials. It will be necessary to plan randomised controlled trials, which will determine the effectiveness of the use of robotics in the rehabilitation of the upper limb in spinal cord injuries.*

### Key words:

*robotics; rehabilitation; upper limb; spinal cord injury*

## UVOD

Človeška roka je zapleten preplet sistemov, ki z natančno živčno uravnavo omogočajo cel razpon dejavnosti, zaznavanja in čustvanja. Z rokami skrbimo zase in za druge, ustvarjamo, delamo, čutimo, sporočamo. Njihov pomen se odraža tudi v vsakodnevnih izrazih, s prispodobno rok lahko namreč opišemo delo ali človeka, lahko tudi njegovo dejanje. Z izrazom roka se pogosto opiše delovanje celotnega zgornjega uda.

Poškodba hrbtenjače v vratnem predelu povzroči nevrološko okvaro, ki s spremenjeno živčno uravnavo povzroči spremembe in izgubo funkcije zgornjega uda v različnem obsegu. Ob tako velikem pomenu zgornjega uda v vsakodnevnem življenju se vsaka izguba funkcije odraža v okrnjeni samostojnosti in zmanjšanih zmožnostih, kar ima velik vpliv na kakovost človekovega življenja.

Rehabilitacijska obravnava po poškodbi hrbtenjače v vratnem predelu je zato usmerjena tudi v iskanje najprimernejših strategij

za izboljšanje funkcije zgornjega uda in načinov za večjo samostojnost ter s tem večjo kakovost življenja. V ta namen se išče tudi rešitve, ki jih ponuja sodobna tehnologija.

Od sodobnih tehnologij se v rehabilitaciji najpogosteje uporablja robotika, ki prevzema različne naloge in postaja dopolnilo klasičnim, uveljavljenim fizioterapevtskim ter delovnoterapevtskim postopkom. Glede na to, kakšne so naloge, ki jih roboti prevzemajo, jih lahko v grobem ločimo na robotske rehabilitacijske naprave (angl. robotic rehabilitation devices, RRD) in robotske asistenčne naprave (angl. robotic assistive devices, RAD).

Robotske rehabilitacijske naprave prevzemajo naloge terapevta s tem, da omogočijo povečano število ponovitev giba zgornjega uda in zagotavljajo pomoč pri motorični izvedbi giba. S tem prevzamejo nalogo oslabljenih mišic, motene proprioceptije in okrnjene izvedbe ter zagotovijo podporo in pravilni vzorec giba z zgornjim udom, ki ga oseba z okvaro hrbtenjače v vratnem predelu zaradi motene živčne uravnave ne zmore ustrezno izvesti. Glede na podporo, ki jo nudijo, ločimo naprave, ki zagotovijo končni izvedbeni del giba, običajno v zapestju in prstih (npr. Amadeo®), ter naprave, ki z zunanjo podporo celotnemu zgornjemu udu v obliki eksoskeleta omogočijo gib celotni kinematični verigi zgornjega uda (npr. Armeo®).

Robotske asistenčne naprave so namenjene pomoči pri izvedbi aktivnosti, predvsem dnevnih. Njihova prednost je, da omogočajo izvedbo dnevnih aktivnosti v domačem okolju. Potrebujemo pa natančno sprotno uravnavanje ob vsaki uporabi (npr. Obi®).

Uporabo robotike v rehabilitaciji zgornjega uda lahko kombiniramo tudi z uporabo računalniških iger in izzivov ter navidezne resničnosti, z neinvazivno možgansko stimulacijo ter s postopki BMI (angl. Brain Machine Interface) s ciljem olajšanja izvedbe, motivacije in izboljšanja funkcije.

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kakšne so možnosti uporabe robotike zgornjih udov v rehabilitaciji oseb z okvaro v vratnem delu hrbtenjače ter posledično kako učinkovita je.

## METODE

V podatkovnih zbirkah PubMed, zbirki člankov na spletni strani ICoS (International Spinal Cord Society), spletni strani COCHRANE ter objavah projekta SCIRE (angl. Spinal Cord Injury Research Evidence) smo iskali pregledne članke o uporabi robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah z okvaro hrbtenjače. Uporabili smo ključne besede: robotika, rehabilitacija, zgornji ud, okvara hrbtenjače (angl. rehabilitation, robotic, upper limb, spinal cord injury).

## REZULTATI

V podatkovni zbirki PubMed smo našli 138 člankov. V zbirki člankov na spletni strani ICoS smo z vnosom ključnih besed našli 89 člankov, od katerih so bili pregledni članki isti kot v podatkovni zbirki PubMed.

Na spletni strani COCHRANE nismo našli nobenih ustreznih priporočil. V okviru projekta SCIRE poteka stalno spremljanje rehabilitacijskih postopkov s priporočili, eden od spremljanih rehabilitacijskih ukrepov je tudi uporaba robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah po poškodbi hrbtenjače. Na podlagi pregleda objavljenih raziskav so nato podana priporočila SCIRE o uporabi robotike v rehabilitaciji zgornjega uda (10). Po pregledu rezultatov in povzetkov zbranih objav je bilo za namen našega pregleda primernih devet preglednih prispevkov (Tabela 1).

## RAZPRAVA

Pri osebah s poškodbo hrbtenjače je uporaba robotike namenjena predvsem vzpostavitvi hoje in omogočanju premikanja (10). V rehabilitaciji zgornjega uda se je robotika do nedavnega uporabljala le sporadično, v dostopni literaturi prevladujejo posamične študije primerov, raziskav je malo, vanje je vključeno majhno število preiskovancev, pogosto brez kontrolne skupine, ocenjevalne metode so različne. Zaradi tega je primerjava med posameznimi raziskavami otežena (1, 3, 4, 6–8, 10). Posledično je zelo težko narediti dober pregledni prispevek z jasnimi zaključki glede na vrednost dokazov.

V literaturi sicer navajajo številne potencialne prednosti uporabe robotike v rehabilitaciji zgornjega uda. Njena prednost je večje število ponovitev istega giba (1), lahko z izbranimi nalogami, ki se izvajajo ob robotsko podprtem zgornjem udu, ter z vključevanjem celotne kinematične verige oziroma kot pomoč pri končni izvedbi giba. Predpostavljajo, da lahko s pomočjo uporabe robotike vplivamo na plastičnost osrednjega živčevja s principom učljivosti in izboljšane zavedanja giba tako v motorični izvedbi kot tudi v zavedanju proprioceptivnega dela giba (1). S tem bi lahko izboljšali funkcijo roke in izvajanje dnevnih aktivnosti ter povečali kakovost življenja oseb z okvaro hrbtenjače v vratnem predelu (5).

Kljub dobro opredeljenim teoretičnim predpostavkam pri uporabi robotike v rehabilitaciji je zaradi majhnega števila raziskav ter zlasti pomanjkanja randomiziranih kontroliranih raziskav raven dokazov o učinkovitosti nizka. Nakazuje se njihova učinkovitost pri motorični izvedbi giba, motivaciji za sodelovanje v rehabilitacijskih postopkih in pri posameznih raziskavah tudi pri izboljšanju izvajanja dnevnih aktivnosti (5, 10).

Raziskave o uporabi robotike v rehabilitaciji zgornjega uda omejuje relativno majhna pojavnost poškodb in okvar hrbtenjače v vratnem predelu na milijon prebivalcev, težja dostopnost do robotike zaradi visoke cene v primerjavi s klasičnimi rehabilitacijskimi postopki ter različni ocenjevalni instrumenti za oceno napredka. Tudi nekatere večje ustanove za rehabilitacijo oseb z okvaro hrbtenjače robotskih naprav pri svojem delu še ne uporabljajo.

Ob večji dostopnosti robotskih naprav za rehabilitacijo zgornjega uda ter ob upoštevanju priporočil za uporabo ocenjevalnih orodij v rehabilitaciji oseb z okvaro hrbtenjače (11) pričakujemo, da bo izvedenih čedalje več randomiziranih kontroliranih raziskav, ki bodo s svojimi izsledki natančneje opredelile učinkovitost uporabe robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah z okvaro

**Tabela 1:** Pregledni prispevki o možnosti uporabe robotike v rehabilitaciji oseb z okvaro vratne hrbtenjače in njeni učinkovitosti.**Table 1:** Review articles on the possibility of using robotics in the rehabilitation of persons with cervical spinal cord injury and its effectiveness.

Avtorji/Authors	Letnica objave/ Year of publication	Število zajetih raziskav/ Number of eligible studies	Zaključek/Conclusion
Lu et al. [3]	2015	16	Za oceno učinkovitosti uporabe robotike v rehabilitaciji zgornjega uda so potrebne dodatne raziskave.
Cheung et al. [8]	2017	11[0]	Za uporabo robotike v rehabilitaciji zgornjega uda niso našli nobene kontrolirane randomizirane raziskave.
Mekki et al. [1]	2018	Opisni pregled področja	Uporaba robotike v rehabilitaciji zgornjega uda je v porastu, možnosti so velike, raziskav je malo.
Singh et al. [7]	2018	12	Vključevanje sodobnih tehnologij v rehabilitacijo zgornjega uda je še v eksperimentalni fazi, nakazujejo se potencialne koristi, potrebne bodo dodatne raziskave.
Dunkelberger et al. [4]	2020	Opisni pregled področja	Uporaba sodobnih tehnologij je v eksperimentalni fazi, potrebna je standardizacija rezultatov.
Morone et al. [2]	2021	11	Nakazuje se izboljšanje kakovosti giba in funkcije roke ob uporabi robotike, vendar je zaradi heterogenosti raziskav težko posplošiti izsledke. Potrebne bodo dodatne raziskave.
Khalid et al. [5]	2021	28 (6 pri okvarah hrbtenjače)	Uporaba lahko vodi v motorično izboljšanje. Potrebne so dodatne raziskave in razvoj robotskih naprav za uporabo tudi v domačem okolju.
Grampurohit et al. [6]	2021	7	Vidno je pomankanje raziskav o uporabi visoko aktivnih ukrepov pri osebah z okvaro hrbtenjače.
Harvey et al. [9]	2021	27	Raven dokazov za izboljšanje SCIM/FIM ob uporabi različnih terapevtskih postopkov, vključno z uporabo robotike, pri osebah z okvaro hrbtenjače je nizka.
SCIRE (Spinal Cord Injury Research Evidence) [10]	2022	9	Uporaba robotike v rehabilitaciji lahko izboljša funkcijo zgornjega uda, vendar je raven dokazov nizka.

hrbtenjače. Temu se pridružujemo tudi v naši ustanovi (12). V pričujočem zborniku je namreč objavljen tudi prispevek o naših ugotovitvah, ki zaenkrat nakazujejo učinkovitost.

## ZAKLJUČEK

Uporaba robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah z okvaro hrbtenjače lahko ob že uveljavljenih rehabilitacijskih postopkih doprinese k izboljšanju funkcije zgornjega uda in posledično k izboljšanju kakovosti življenja. Ugotavljamo, da je uporaba robotike na tem področju pravzaprav še močno omejena, morda tudi zaradi dostopnosti naprav. Za natančnejšo opredelitev koristi robotike v rehabilitaciji zgornjega uda pri osebah z okvaro hrbtenjače v vratnem predelu bo potrebnih več randomiziranih kontroliranih raziskav, ki nam bodo dale jasnejše informacije tako o uporabnosti kot tudi o učinkovitosti.

## Literatura:

- Mekki M, Delgado AD, Fry A, Putrino D, Huang V. Robotic rehabilitation and spinal cord injury: a narrative review. *Neurotherapeutics*. 2018;15(3):604–17.
- Morone G, de Sire A, Martino Cinnera A, 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.
- Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, Galea MP. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2015;29(1):3–13.
- Dunkelberger N, Scheerer EM, O'Malley MK. A review of methods for achieving upper limb movement following spinal cord injury through hybrid muscle stimulation and robotic assistance. *Exp Neurol*. 2020;328:113274.
- 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;16:1–15.
- Grampurohit N, Bell A, Duff SV, Mulcahey MJ, Thielen CC, Kaplan G, et al. Highlighting gaps in spinal cord injury research in activity-based interventions for the upper extremity: a scoping review. *NeuroRehabilitation*. 2021;49(1):23–38.
- 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.
8. Cheung EYY, Ng TKW, Yu KKK, Kwan RLC, Cheing GLY. Robot-assisted training for people with spinal cord injury: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(11):2320–2331.e12.
  9. Harvey LA, Glinsky JV, Chu J. Do any physiotherapy interventions increase spinal cord independence measure or functional independence measure scores in people with spinal cord injuries? A systematic review. *Spinal Cord.* 2021;59(7):705–15.
  10. SCIRE (Spinal Cord Injury Research Evidence). Dostopno na: <https://scireproject.com/evidence/rehabilitation-evidence/upper-limb/pharmacological-interventions/robotics/> (citirano 2. 3. 2022).
  11. Steeves JD, Lammertse D, Curt A, Fawcett JW, Tuszynski MH, Ditunno JF, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury (SCI) as developed by the ICCP panel: clinical trial outcome measures. *Spinal Cord.* 2007;45(3):206–21.
  12. Šuc L, Vidovič M, Ocepek J. Robotsko podprta delovnoterapevtska obravnava zgornjega uda nevroloških bolnikov: pregled literature in študija primera. V: Burger H, Goljar N. ur. *Izboljšave v klinični praksi: zbornik predavanj: 31. dnevi rehabilitacijske medicine*, Ljubljana, 1. in 2. oktober 2020. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenija - Soča; 2020:101–10.