

---

# PROMJENA PARADIGME U NEUROREHABILITACIJI: OD ROBOTSKIH UREĐAJA DO STIMULACIJE SREDIŠNJEG ŽIVČANOG SUSTAVA I ŠIRE

---

## Tea Schnurrer-Luke-Vrbanić

Adelmo Šegota, dr. med., specijalist fizijatar-reumatolog  
Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu, KBC Rijeka  
fizikalna@kbc-rijeka.hr

Posljednjih desetljeća zabilježen je veliki napredak u neurorehabilitaciji. Tehnike vježbanja koje se temelje na repetitivnom vježbanju koordiniranih motoričkih pokreta pokazale su se učinkovitima u poboljšanju hoda i poboljšanju funkcije gornjeg uda uz bolju kvalitetu života bolesnika. No, provođenje tehnika vježbanja u neurorehabilitaciji predstavlja značajno opterećenje za bolesnike, ali i za fizioterapeute, te ponekad s jednim bolesnikom istovremeno vježbaju dva ili tri fizioterapeuta. Stoga, kao nadogradnja individualnog pristupa vježbanju, robotika uz virtualnu stvarnost produžava vrijeme provedeno na rehabilitaciji. Robotika u neurorehabilitaciji posebno se usredotočuje na sustave - uređaje, scenarije vježbanja i strategije kontrole - usmjerene na olakšavanje oporavka oslabljenih osjetila, motoričke i kognitivne sposobnosti (1). Prvi roboti datiraju još iz ranih 1990-ih godina. Rani pokušaji bili su dio općeg trenda automatizacije teških zadataka pomoću „inteligentnih“ strojeva, uz minimalnu ljudsku intervenciju. Međutim, najvažnija značajka ovih uređaja nije njihova sposobnost „automatiziranja“ liječenja, već se radi o preciznom kvantificiranju senzomotornih performansi tijekom vježbe, u smislu kinematike kretanja i razmjene sila s ciljem korištenja mogućnosti neuroplastičnosti mozga te spinalne neuromodulacije u oporavku bolesnika. (1-3) Rehabilitacijski roboti sadašnje generacije dizajnirani su kao nadopuna, a ne zamjena, rada fizioterapeuta. Njihov dizajn, egzoskeletni/end-efekturni, provedba i modaliteti vježbi imaju korijene u inženjerstvu i neurofiziologiji, a baziraju se na tehničkim unaprjeđenjima uz dokaze učinkovitosti kroz medicinu baziranu na dokazima. (1)

Ovo predavanje obrađuje novije tehnološke pristupe robotici, neuroplastičnosti mozga i neuromodulaciji, treningu kognitivnih vještina i primjeni virtualne stvarnosti. (4) Nadalje, zbog pandemije COVID-19 i brojnih izazova s kojima se susreću zdravstveni sustavi širom svijeta, kao i sve većeg broja bolesnika koje treba liječiti uslijed starenja svjetske populacije, traže se izlazi

u jeftinijim modelima, kao što je telerehabilitacija bolesnika u kućnim uvjetima te u primjenjivoj i nosivoj robotici koja omogućuje samostalni hod u slobodnom okruženju. (4,5)

I zaključno, s obzirom na brzi rast ovog polja tehnologije, dok se čeka sljedeća generacija „high-tech“ robotskih uređaja s naprednom umjetnom inteligencijom, nesporno je da „stari“ robotski alati imaju značajnu ulogu u neurorehabilitaciji s dokazanom i klinički značajnom učinkovitosti u unaprjeđenju funkcije i kvalitete života.

Ključne riječi: robotika, neurorehabilitacija, virtualna stvarnost, neuromodulacija, umjetna inteligencija

## Literatura

1. Colombo R, Sanguineti V. An Overall Framework for Neurorehabilitation Robotics: Implications for Recovery. U: Colombo R, Sanguineti V (eds). *Rehabilitation Robotics. Technology and application*. Elsevier, 2018;15-25.
2. Rowald A, Komi S, Demesmaeker R, Baaklini E, Hernandez-Charpak SD, Paoles E et al. Activity-dependent spinal cord neuromodulation rapidly restores trunk and leg motor functions after complete paralysis. *Nature Medicine*; 2022.;260-271.
3. Calabrò RS, Cacciola A, Bertè F, et al. Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: where are we now? *Neurol Sci*. 2016;37(4):503- 514.
4. Hosseiniravandi M, Kahlaee AH, Karim H, et al. Home-based telerehabilitation software systems for remote supervising: a systematic review. *Int J Technol Assess Health Care*. 2020;36(2):113-125.
5. Calabrò RS, Müller-Eising C, Diliberti ML, et al. Who will pay for robotic rehabilitation? The growing need for a cost-effectiveness analysis. *Innov Clin Neurosci*. 2020;17(10- 12):14-16.