

Institut za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine, Novi Sad
 Klinika za dečju habilitaciju i rehabilitaciju¹
 Medicinski fakultet, Novi Sad²
 Klinički centar Vojvodine, Novi Sad, Klinika za bolesti uva, grla i nosa³

Stručni članak
Professional article
 UDK 615.8:007.5
 DOI: 10.2298/MPNS1212507K

ROBOT - ČLAN (RE)HABILITACIONOG TIMA

ROBOT – A MEMBER OF (RE)HABILITATION TEAM

Rastislava KRASNIK¹, Aleksandra MIKOV¹, Špela GOLUBOVIĆ², Zoran KOMAZEC³ i
 Slobodanka LEMAJIĆ KOMAZEC³

Sažetak

Uvod. U procesima rehabilitacije učestvuje čitav tim stručnjaka koji su angažovani tokom dužeg vremenskog perioda. **Razvoj robotike i primena u medicini.** Intenzivnim razvojem nauke i tehnike dizajniran je veći broj robota koji se koriste u terapijske svrhe i učestvuju u procesu rehabilitacije. **Robotika u medicinskoj rehabilitaciji.** Tokom duge istorije razvoja čovečanstva poznata su brojna idejna i tehnološka rešenja za konstrukciju robota. Primenom robota u medicinskoj rehabilitaciji moguće je sprovođenje rehabilitacije perifernog i centralnog motornog neurona, uz povećavanje motivacije pacijenta za dalji oporavak i uspešnost terapije. U radu su prikazana neka tehnološka rešenja za robotom potpomognutu rehabilitaciju pacijenata različitih uzrasnih grupa i neke mogućnosti primene u postupku lečenja. **Zaključak.** Uključivanje robota u standardne fizioterapijske protokole koji podrazumevaju veći broj ponavljanja, tačno doziranje, kvalitetno osmišljavanje i prilagodjenost individualno svakom pacijentu dovede do značajnog napretka u rehabilitaciji pacijenata.

Ključne reči: Robotika; Rehabilitacija; Motorni neuron; Vežbanje; Oporavak funkcije

Summary

Introduction. The rehabilitation process involves a whole team of experts who participate in it over a long period of time. **Development of Robotics and its Application in Medicine.** The intensive development of science and technology has made it possible to design a number of robots which are used for therapeutic purposes and participate in the rehabilitation process. **Robotics in Medical Rehabilitation.** During the long history of technological development of mankind, a number of conceptual and technological solutions for the construction of robots have been known. By using robots in medical rehabilitation it is possible to implement the rehabilitation of peripheral and central motor neurons by increasing the motivation of patients for further recovery and effectiveness of therapy. The paper presents some technological solutions for robot-assisted rehabilitation of patients of different age groups and some possibilities of its use in the treatment. **Conclusion.** Using robots in standard physiotherapy protocols that involve a number of repetitions, exact dosage, quality design and adaptability to each individual patient leads to the significant progress in the rehabilitation of patients.

Key words: Robotics; Rehabilitation; Motor Neurons; Exercise Therapy; Recovery of Function

Uvod

Rehabilitacija je „proces osposobljavanja osoba sa invaliditetom za povratak u društvo, odnosno u njihovu životnu i radnu sredinu, porodicu i društvo u širem smislu, kao i na radno mesto, pod, što je moguće, povoljnijim uslovima” [1]. U svakodnevnom radu lekara-fizijatarata, pedijatarata i svih onih koji se bave lečenjem dece sreće se i termin habilitacija. Habilitacija je „proces buđenja i aktiviranja sposobnosti, odnosno, funkcija koje nikada nisu bile razvijene, ili su postojale u rudimentarnom stepenu svog razvitka i to kod dece koja imaju neko nasledno, urođeno ili, u najranijem periodu, stečeno oštećenje ili povredu” [1]. U procesima

(re)habilitacije učestvuje čitav tim stručnjaka tokom dužeg vremenskog perioda. U radu sa dečjom populacijom potrebni su kontinuirani i individualno koncipirani tretmani. Terapija pokretom (kineziterapija) bazični je deo rada sa pacijentima, ali se koriste i brojni modaliteti fizikalne terapije [2]. Intenzivnim razvojem tehnike, nastaje sve veći broj uređaja koji značajno smanjuju angažovanje terapeuta u aplikovanju određenih procedura, sve do razvoja robota, koji počinju da se koriste u terapijske svrhe i na dobrom su putu da postanu u budućnosti novi članovi (re)habilitacionog tima.

Razvoj robotike i primena u medicini

Tokom duge istorije tehnološkog razvoja čovečanstva poznata su brojna idejna i tehnička rešenja za konstrukciju robota. Sačuvane su skice i planovi

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržalo Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije, Projekat br. III 44008.

Skraćenice

- R.U.R – *Rossumovi Univerzalni Roboti*
 KASPAR – *Kinesics And Synchronisation in Personal Assistant Robotics*
 MIME – *Mirror Image Movement Enabler*
 FES – funkcionalna električna stimulacija
 CIMT – *Constraint Induced Movement Therapy*

Leonarda da Vinčija za izradu androida [3]. Pojam „robot” prvi put se sreće u drami R.U.R (*Rossumovi Univerzalni Roboti*) Karela Čapeka iz 1920. godine [4]. Intenzivni razvoj robotike povezan je sa stvaranjem numerički kontrolisanih mašina od 1955. godine. Od sedamdesetih godina prošlog veka sprovedeno je više istraživačkih programa sa ciljem stvaranja različitih vrsta humanoidnih robota [5]. Robotika je grana tehnologije koja se bavi dizajnom, konstrukcijom i korišćenjem robota, a termin „robotika” prvi put upotrebio je pisac naučne fantastike Isak Asimov [6]. Razvoj robotike u bivšoj Jugoslaviji bio je vezan za Beogradsku školu robotike, kada je tim stručnjaka pod rukovodstvom akademika Miomira Vukobratovića proizveo uređaj namenjen kontroli stajanja, ali i hodanja kod pacijenata sa paraplegijom [7].

Robotika u medicinskoj (re)habilitaciji

Primena robota u medicinskoj (re)habilitaciji je u ekspanziji, sa velikim brojem idejnih rešenja i prototipova koji mogu da pomognu u određenim, ali ne i u svim fazama rehabilitacije pacijenata. Pri primeni robota u svakodnevnom radu postoje i brojne teškoće. Potrebno je savladati strah pacijenta, naročito ako su pacijenti deca [8]. Primenom ovih tehničkih rešenja može se povećati motivisanost pacijenata za dalji nastavak i uspešnost procesa (re)habilitacije [9]. Roboti koji se primenjuju u radu sa decom moraju biti niži od deteta, a spoljašnji izgled, odnosno dizajn, veoma je značajan. Deca stupaju u različite interakcije sa robotom, a uspešnost terapije zavisi od toga da li pacijent prihvata ovu vrstu interakcije ili ne. U radu sa decom najčešće se koriste roboti koji svojim izgledom podsećaju na mladunce različitih životinja, ali i humanoidni roboti. Robot *Paro*, dizajniran u vidu mladunca foke, ima posebne senzore koji reaguju na dodir otvaranjem i zatvaranjem očiju. U radu sa odraslim osobama najčešće se primenjuju humanoidni roboti, ali su i roboti koji podsećaju na praistorijske životinje (kao robot *Pleo*, dizajniran u formi dinosaurusu) bili prihvaćeni od starijih pacijenata [10]. Posebno dizajniran robot *Roball* podseća na malu lopticu, koristi se za podsticanje razvoja govora, motoričkih, intelektualnih i socijalnih veština kod dece uzrasta do 24 meseca [11]. U izradi robota velika se pažnja mora posvetiti njegovom licu, koje treba da bude izražajno i što sličnije ljudskom, sa velikim izražajnim očima, kopcima koji se pokreću, sa imitacijom pokretanja usana, uz funkciju pokretanja glave. Materijal od kojih se pravi robot mora biti indiferentan. U sastav-



Slika 1. Robot Kismet [13]

Fig 1. Robot Kismet (13)

ne delove robota spadaju i veštački pneumatski mišići, koji omogućuju veću elastičnost pri pokretanju pojedinih delova robota [12]. Spoljašnjost robota može biti obojena različitim bojama, što približnije realnim nijansama koje se sreću u prirodi. Postoje određene vrste robota koje su konstruisane tako da prikazuju određeni izraz lica – robot *Kismet* (Slika 1) [13]. Ovaj tip robota se koristi u terapiji koja za cilj ima poboljšanje funkcije mimične muskulature (pacijent ponavlja i uvežbava podizanje obrva, zatvaranje očnih kapaka, osmehuje se).

Roboti se mogu koristiti i u terapiji različitih vidova poremećaja ponašanja kod dece. Autizam obuhvata široki spektar razvojnih poremećaja, koji ima različite manifestacije [14]. Karakterišu ga poremećaj socijalne interakcije, komunikacije i neobičajeni obrasci pri dečjoj igri. Kod dece koja imaju autizam važno je postepeno učenje i razumevanje emocija i njihove facijalne ekspresije. Robot KASPAR (*Kinesics And Synchronisation in Personal Assistant Robotics*) može da prikaže izraz sreće, iznenađenja ili tuge, pri čemu postepeno uči dete da ih razlikuje i imitira u različitim socijalnim situacijama [15]. Robot KASPAR ima facijalnu ekspresiju sa manje složenosti nego pravo ljudsko lice, što pomaže deci sa autizmom da se bolje koncentrišu na lice robota [15]. Roboti koji se koriste u medicinskoj (re)habilitaciji mogu imati različite nivoe pokretljivosti. Mobilni roboti su opremljeni većim brojem internih i eksternih senzora, a kontrola ro-

bota je moguća pomoću kompjutera, ili je bežična kontrola [16]. Roboti koji se koriste za pozicioniranje i transfer bolesnika imaju najčešće točkove ili neku vrstu pokretnog stalka, platforme, sa različitim stepenima slobode pokreta između pojedinih delova konstrukcije [17].

Jedna od najčešćih indikacija za sprovođenje (re)habilitacionog tretmana su oštećenja centralnog motornog neurona, najčešće nakon cerebrovaskularnog infarkta. Ranom rehabilitacijom može se značajno uticati na povećanje stepena oporavka pacijenta, koristeći osobinu plasticiteta nervnog sistema [18]. U većem broju centara u poslednjih deset godina razvijeno je više egzoskeletnih sistema za robotom potpomognutu rehabilitaciju gornjih ekstremiteta, od kojih su najpoznatiji MIT manus, MIME (*Mirror Image Movement Enabler*) i drugi [19]. Uz pomoć ovih sistema moguće je uvežbavanje pasivnih i aktivnih pokreta aficiranog ekstremiteta, ali i bimanuelnih aktivnosti [19]. Kineziterapija sa ciljem povećanja obima pokreta, naročito u palcu i kažiprstu može se sprovoditi i uz pomoć posebne elektronske senzorne rukavice ili pomoću aparata za funkcionalnu električnu stimulaciju (FES) [20]. Od pacijenta se traži da izvrši jednostavne zadatke, da podiže i spušta ili premešta predmete različitog oblika i veličine sa jednog mesta na drugo. Uvežbavaju se različiti hvatovi i jača se gruba mišićna snaga aficiranog ekstremiteta [21]. Na taj način se ubrzava proces oporavka, poboljšava se motorička kontrola šake, kao i fina motorika [22]. Kod nekih robota postoji mogućnost praćenja pokreta i na ekranu, kada pacijent ima i vizuelni fitbek izvedenog zadatka. Fizioterapeut nadgleda određenu aktivnost pacijenta u interakciji sa robotom i po potrebi se uključuje [23]. Kod dece sa cerebralnom paralizom koja imaju narušenu motoriku gornjih ekstremiteta robot potpomognutu terapija može omogućiti povećanje mišićne snage i obima pokreta, uz poboljšanje bimanuelnih aktivnosti [24]. Uz ovu terapiju može se koristiti i CIMT (*constraint induced movement therapy*), koja podrazumeva primenu ortoza na zdravoj ruci sa ciljem inhibicije aktivnosti ove ruke, pri čemu se istovremeno potencira što veće korišćenje aficirane ruke [24]. Kod pacijenata sa paraplegijom mogu se koristiti posebne ortoze, koje u sebi sadrže veći broj senzora u različitim tačkama, tako da se na ekranu dobija posebna vrsta povratne vizuelne informacije, tokom boravka pacijenta na pokretnoj traci, uz suspenziju. Tokom tretmana postepeno se povećava zadata brzina, a analizira se poboljšanje preostalih motoričkih sposobnosti, brzina hoda, dužina i broj koraka, mišićna snaga i pokretljivost zglobova [25]. Uključivanje robota u standardne fizioterapijske protokole, koji podrazumevaju veliki broj ponavljanja, tačno doziranje, da su osmišljeni i prilagodljivi pacijentu, može da dovede do značajnog napretka u (re)habilitaciji. Smatra se da primena robota omogućava kraći vremenski period potreban za postizanje terapijskih ciljeva koji su

zadati na početku tretmana [26]. Roboti koji imitiraju pokrete konja, mogu se koristiti za uvežbavanje balansa i pokretljivosti trupa, što su inače primarni efekti koji se dobijaju tokom hipoterapije ili terapijskog jahanja [27]. U procesu (re)habilitacije hoda mogu da se koriste različite vrste egzoskeletnih ortoza [28]. Ispred pacijenta se postavlja i ogledalo kako bi dobio povratnu informaciju o položaju svih segmenata tela u prostoru i tako poboljšala posturalna svesnost. Postupak se može ponavljati više puta tokom dana, tokom dužeg vremenskog



Slika 2. Lokomat [30]

Fig. 2. Locomat [30]

perioda [29]. Primenom egzoskeleta za donje ekstremitete kao što je *Lokomat*, postiže se trening hoda koji je značajan deo tretmana u neurorehabilitaciji (Slika 2) [30].

Pokreti ortoza postavljenih na donje ekstremitete sinhronizovani su sa brzinom pokretne trake, što pacijentu daje osećaj sigurnosti, eliminiše strah, naročito kod pacijenata sa različitim neuromišićnim bolestima progresivnog toka [31]. Roboti koji učestvuju u (re)habilitaciji hoda imaju prednosti jer je u toku tretmana moguće sprovoditi veći broj koraka uvek istim ritmom i brzinom, što praktično nije moguće ako tretman sprovodi sam terapeut [29,31].

Zaključak

Prilagodavanje robota potrebama različitih vrsta terapija dovodi do veće primene robota u različitim tretmanima kako dece, tako i odraslih. Roboti su se pokazali kao značajan član (re)habilitacionog tima pogotovo u terapijama gde je neophodno puno ponavljanja ili dodatni stimulus kako bi pacijent što pravilnije i kvalitetnije obavio postavljeni zadatak. Sa napretkom tehnologije u budućnosti se očekuje smanjenje cene robota, a samim tim i veća dostupnost, tj. šira upotreba robota u različitim vrstama terapija. Na ovaj način roboti neće biti samo povremeni, već stalni članovi (re)habilitacionog tima.

Literatura

1. Savić K, Mikov A. Rehabilitacija dece i omladine. 4. izd. Novi Sad: Ortomedics; 2007.
2. Mihajlović V. Terapijski fizikalni modaliteti. 4. izd. Podgorica: Grafo; 2011.
3. Wikipedia: the free encyclopedia. Robotika. [updated 2011 Dec 15; cited 2011 Dec 17]. Available from: <http://sr.wikipedia.org/w/index.php>
4. Wikipedia, the free encyclopedia. Karel Capek. [updated 2010 Jan 16; cited 2011 Dec 17]. Available from: <http://sr.wikipedia.org/sr/karel-capek>
5. Hillman M. Rehabilitation robotics: from past to present: a historical perspective. Proceedings of the 8th ICORR International conference on rehabilitation robotics, April 22-25, 2003. KAIST, Republic of Korea: Human-friendly Welfare Robot System Engineering Research Centre. 2003. p. 101-5.
6. Wikipedia, the free encyclopedia. Robotics. [update 2011 Apr 20; cited 2011 Dec 17]. Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>
7. Vukobratović M. Belgrade school of robotics. *Facta Univ Mechan Automat Control Robotics* 2000;2(10):1349-76.
8. Torrey C. How robots can help. Communication strategies that improve social outcomes (doctoral thesis). Pittsburgh: School of Computer Science, Carnegie Mellon University; 2009.
9. Dautenhahn K. Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2007;362(1480):679-704.
10. Pitsch K, Koch B. How infants perceive the toy robot Pleo: an exploratory case study on infant-robot-interaction. Proceedings of the second international symposium on New frontiers in human-robot interaction. Leicester: Society for study of artificial intelligence; 2010. p. 80-7.
11. Michaud F, Laplante JF, Larouche H, Duquette A, Caron S, Letourneau C, et al. Autonomous spherical mobile robot for children development studies. International Interconnect Technology Conference IEEE, 7-9 June 2004. *IEEE Transact Syst Man Cybernet* 2005;35(4):471-80.
12. Daerden F, Lefeber D. Pneumatic artificial muscles actuators for robotic and automation. *Eur J Mech Environ Eng* 2002;47:10-21.
13. Robot Kismet. Image. [Wikipedia.org](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Kismet_robot_20051016.jpg). [cited 2011 Dec 7]. Available from: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Kismet_robot_20051016.jpg
14. Golubović S. Specifičnosti osnove autizma. *Beogradska defektološka škola* 2005;(3):139-48.
15. Blow M, Dautenhahn K, Appleby A, Nehaniv C, Lee D. The art of designing robot faces-dimensions for human robot interaction. [updated 2011 Jan 20; cited 2012 Febr 29]. Available from: http://robotcub.org/misc/papers/06_Blow_et_al_HRI.pdf
16. Todorović D, Paunović I, Đorđević GS. Jedan metod lokalizacije mobilnog robota u prostoru. Naučno-stručni simpozijum Informacione tehnologije, Jahorina, 18-20 mart 2009. *Infoteh-Jahorina* 2009;8:806-9.
17. Wagner C. "Silver robots" and "robotic nurses"? Japanese robot culture and elderly care. Demographic change in Rad je primljen 21. III 2012.
Recenziran 19. VII 2012.
Prihvaćen za štampu 18. X 2012.
BIBLID.0025-8105:(2012):LXV:11-12:507-510.
- Japan and the EU: comparative perspective. 1.ed. Düsseldorf: Düsseldorf University Press GmbH; 2010. p. 131-54.
18. Rossini P, Dal Forno G, Vernieri F, Altamura C. Suvremene integrirane tehnologije u proceni plasticiteta mozga posle povreda. *Psihijatr Danas* 2006;38(2):151-70.
19. Lum P, Burgar C, Shor P, Majmundar M, Van der Loss M. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:952-9.
20. Plavšić A, Švirtlih L, Stefanović A, Jović S, Đurović A, Popović M. Efekti funkcionalne električne terapije na oporavak motorne funkcije gornjeg ekstremiteta kod pacijenata nakon moždanog udara: iskustva i smernice za dalje. *Med Pregl* 2011;64(5-6):299-303.
21. Demeši-Drljan Č, Mikov A, Krasnik R, Jakovljević-Karaba D, Filipović K, Tomašević-Todorović S. Functional electric stimulation of children with cerebral palsy: a pilot study. *Health Med* 2011;5(3):522-7.
22. Nathan D, Johnson M, Mc Guire J. Design and validation of low-cost assistive glove for hand assessment and therapy during activity of daily living-focused robotic stroke therapy. *J Rehabil Res Dev* 2009;46(5):587-602.
23. Flin N, Smith J, Tripp C, White M. Effects of robotic-aided rehabilitation on recovery of upper extremity function in chronic stroke: a single case study. *Occup Ther Int* 2009;16(3-4):232-43.
24. Fluet G, Qiu Q, Kelly D, Parikh H, Ramirez D, Saleh S, et al. Interfacing a haptic robotic system with complex virtual environments to treat impaired upper extremity motor function in children with cerebral palsy. *Dev Neurorehab* 2010;13(5):335-45.
25. Lam T, Pahl K, Krassioukov A, Eng J. Using robot-applied resistance to augment body-weight-supported treadmill training in an individual with incomplete spinal cord injury. *Phys Ther* 2011;91(1):143-51.
26. Kutner N, Zhang R, Butler A, Wolf S, Alberts J. Quality-of-life change associated with robotic-assisted therapy to improve hand motor function in patients with subacute stroke: a randomised clinical trial. *Phys Ther* 2010;90(4):493-504.
27. Herrero P, Asensio A, Garcia E, Marco A, Olivian B, Ibarz A, et al. Study of the therapeutic effects of an advanced hippotherapy simulator in children with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *BMC Musc Dis* 2010;16:11-71.
28. Castelli E. Robot-mediated rehabilitation in children. *DMCN* 2011;53(3):9.
29. Westlake K, Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. *J Neuroeng Reh* 2009;6:18-23.
30. Locomat. Image. [Wikipedia.org](http://www.medgadget.com/archives/img/4152local.jpg&imgrefurl). [cited 2011 Dec 7]. Available from: <http://www.medgadget.com/archives/img/4152local.jpg&imgrefurl>
31. Matjačić Z. Aplikacija robotskih sistema za potporu kretanja kod ljudi sa oslabljenim mišićima za stajanje i hod. *Zdrav Vestn* 2004;73(2):43-5. (Slo).