

■ *Izvirni znanstveni članek*

Julija Ocepek, Mia Ledinek, Nataša Bizovičar, Gaj Vidmar

Mnenje oseb po možganski kapi o vadbi na robotskih napravah za zgornji ud

Povzetek. Robotske naprave za zgornji ud predstavljajo pomembno inovacijo v medicini in se vedno pogosteje uporabljajo tudi v rehabilitacijski obravnavi bolnikov po možganski kapi. Bolnikom po možganski kapi, ki so bili na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije – Soča poleg celostne rehabilitacijske obravnave vključeni tudi v vadbo na robotskih napravah za zgornji ud, smo po pošti poslali anketni vprašalnik. Zanimalo nas je, kako ocenjujejo, sprejemajo in se odzivajo na vadbo s pomočjo robotskih naprav za zgornji ud. Ugotovili smo, da so anketirani vadbo na robotskih napravah za zgornji ud večinoma pozitivno doživljali in sprejemali. Vadba jim je predstavljala nekaj novega, zanimivega in učinkovitega za izboljšanje motorične funkcije okvarjenega zgornjega uda.

Ključne besede: možganska kap; rehabilitacijska robotika; zgornji ud; anketa; Slovenija.

User Perspectives on Robotics for Post-Stroke Upper Limb Rehabilitation

Abstract. Robotic devices for the upper limbs represent an important innovation in medicine, therefore the use of robotics in stroke rehabilitation for the upper limb is increasingly common. A questionnaire was sent by surface mail to the patients after stroke who had been rehabilitation inpatients at the University Rehabilitation Institute in Ljubljana and were involved in robotic therapy for the upper limb. The purpose of our study was to investigate the users' perspectives on robotics for post-stroke upper limb rehabilitation. In general, the respondents have a positive perspective on the robot-assisted therapy for the upper limb. They experienced it as something new and exciting. The use of robotics was also perceived as an effective for the improvement of the upper limb motor function.

Key words: stroke; rehabilitation robotics; upper limb; survey; Slovenia.

■ **Infor Med Slov** 2021; 26(1-2): 8-13

Institucije avtorjev / Authors' institutions: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana (JO, NB, GV); Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani (ML); Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Univerza na Primorskem, Koper (GV).

Kontaktna oseba / Contact person: pred. Julija Ocepek, dipl. del. ter., MSc OT, URI – Soča, Linhartova 51, 1000 Ljubljana, Slovenija. E-pošta / E-mail: julijaocepek@gmail.com.

Prispelo / Received: 12. 12. 2021. Sprejeto / Accepted: 30. 12. 2021.

Uvod

Možganska kap je eden od vodilnih vzrokov umrljivosti na svetu in vodilni vzrok zmanjšane zmoglosti.¹ Posledice, ki jih prinaša možganska kap, so okvara motorike (najpogosteje delna ali popolna ohromelost polovice telesa), motnje občutenja, motnje govora in požiranja, motnje vidnega zaznavanja in spoznavnih sposobnosti.² Zaradi okvare različnih telesnih funkcij so prisotne različne posledice na področjih vsakodnevnega delovanja, kot so hranjenje in pitje, gibanje, premeščanje, osebna higiena ter oblačenje.³

Okrevanje po možganski kapi je dolgotrajno in odvisno predvsem od obsežnosti in mesta možganske okvare ter stopnje okrevanja osrednjega živčevja.⁴ Funkcijsko okrevanje po možganski kapi je odvisno od časa – telesna kondicija bolnikov doseže vrh okoli pol leta po možganski kapi.⁵

Rehabilitacijska obravnava po možganski kapi igra pomembno vlogo pri izboljšanju funkcijskega okrevanja bolnikov.⁶ Sodoben rehabilitacijski pristop postavlja v ospredje sodelovanje z uporabnikom in upoštevanje njegovih želja pri določanju ciljev.⁷

Pri rehabilitacijski obravnavi zgornjega uda je pomembno izbrati tisto vrsto terapije, ki bo izboljšala okrevanje zgornjega uda brez uporabe kompenzacijskih gibov.⁸ Poznamo različne terapevtske pristope, kot so terapija z omejevanjem, terapija z zrcalom, funkcionalna električna stimulacija, vadba v navidezni resničnosti in vadba na robotskih napravah.⁹ Na področju gibalne rehabilitacije oseb po možganski kapi predstavlja vadba na robotskih napravah novejšo, inovativno obliko.¹⁰ Prednost rehabilitacije s pomočjo vadbe na robotskih napravah za zgornji ud je zagotavljanje večje količine ponavljajoče se vadbe, ki je ciljno usmerjena v določeno nalogo.¹¹

V raziskavi smo želeli ugotoviti, kako osebe po možganski kapi, ki so v sklopu celostne rehabilitacije vključene v obravnavo s pomočjo robotskih naprav za zgornji ud, ocenjujejo, sprejemajo in se odzivajo na tovrstno terapijo. Zanimale so nas njihove izkušnje pred, med in po večtedenskim izvajanjem obravnave.

Metode

Za potrebe raziskave smo oblikovali anketni vprašalnik. Sestavljen je iz 34 vprašanj in trditev večinoma zaprtega tipa, ki opisujejo mnenja in izkušnje anketirancev. Pri tem so imeli možnost izbire odgovora na tri- ali petstopenjski lestvici Likertovega

tipa ter odgovora "da" ali "ne". Izjema je bilo vprašanje, pri katerem so morali anketiranci izbrati med dvema ponujenima možnostma (vadba na robotskih napravah ali klasična delovna terapija) glede na to, kje so doživljali več oziroma prijetnejše občutke med izvajanjem terapije. Pet vprašanj je bilo odprtega tipa. Zanimalo nas je subjektivno mnenje anketirancev o prednostih in slabostih vadbe na robotskih napravah za zgornji ud. Klinične podatke o bolniku smo pridobili iz zdravstvene dokumentacije (spol, starost, vrsta možganske kapi, stran možganske kapi, vrsta robotske naprave).

Anketiranje je potekalo po pošti. Anketirani so na dom prejeli anketni vprašalnik in izjavo o zavestni in prostovoljni privolitvi za udeležbo v raziskavi. Oboje so morali priložiti v ovojnico in ju poslati nazaj. Zbiranje podatkov je potekalo med 6. 4. 2021 in 29. 4. 2021.

Udeleženci

V raziskavo smo vključili osebe po možganski kapi, ki so bile deležne celostne rehabilitacijske obravnave in vadbe s pomočjo robotskih naprav za zgornji ud, na Oddelku za rehabilitacijo bolnikov po možganski kapi na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije – Soča (URI – Soča). Vključitveni kriteriji so bili: diagnoza možganske kapi, vključitev v celostno rehabilitacijsko obravnavo na Oddelku za rehabilitacijo bolnikov po možganski kapi na URI – Soča med letom 2018 in 2020, brez večjih kognitivnih primanjkljajev (dosežek na Kratkem preizkusu spoznavnih sposobnosti vsaj 25 točk), brez motenj vida, zmožnost vzdrževanja sedečega položaja in vključitev v vadbo s pomočjo robotskih naprav (Pablo, Amadeo ali Armeo Spring). Izključitveni dejavniki so bili: prisotnost bolečine v okvarjenem zgornjem udu, degenerativne spremembe sklepov okvarjenega zgornjega uda, izguba občutljivosti na okvarjenem zgornjem udu in epilepsija. Skupaj je ustrezalo kriterijem 38 oseb, ki smo jim nato poslali pošto. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko URI – Soča.

Robotske naprave za zgornji ud

Robotske naprave za zgornji ud glede na njihovo mehansko strukturo delimo v dve skupini. Prve so eksoskeletne robotske naprave, ki omogočajo natančno določitev kinematične konfiguracije človeka, saj so podobne človeškemu zgornjemu udu. Z udom so povezane v več točkah in osi njihovih sklepov se skladajo z osmi človeških sklepov. Primeri eksoskeletnih robotov so Armeo Spring, Armeo Power in Myomo. Druga skupina so končni efektorski sistemi, ki so vezani na pacienta preko ene distalne

točke (npr. najbolj distalni del okvarjenega zgornjega uda) in se njihovi sklepi ne skladajo s človeškimi sklepi. Sila, ki jo tvori distalni del uda, sočasno spremeni položaj drugih sklepov, kar oteži izolirano gibanje posameznega sklepa. To so: InMotion, Burt, Kinarm in REAplan.¹⁰

V nadaljevanju so na kratko predstavljene robotske naprave za zgornji ud Pablo, Amadeo in Armeo Spring, na katerih so bolniki izvajali vadbo.

Robotska naprava *Armeo Spring* predstavlja ergonomski eksoskeletni sistem. Namenjen je za vadbo s celotnim zgornjim udom, od rame do prstov. Osebi zagotavlja ponavljajoče se gibe v virtualnem okolju, podpira težo zgornjega uda, ciljno spodbuja in usmerja osebo h gibanju, da doseže zastavljene cilje. Gibalni vzorci, ki jih naloge zahtevajo, so osnovni vzorci gibanja, ki se uporabljajo pri izvedbi aktivnosti v vsakdanjem življenju. *Armeo Spring* deluje po načelu trirazsežnega okolja. Povezan je z distalno ročko, ki ima vgrajen senzor, ki zazna silo oprijema in spusta virtualnih predmetov med izvajanjem računalniško podprtih ciljno usmerjenih nalog. Poleg tega senzori zaznajo vse aktivne gibe zgornjega uda in vse izvedene kote posameznih sklepov. Količino gravitacijske pomoči izbere terapevt. Terapevt je pri tem pozoren na zahtevnost naloge, saj mora biti naloga izvedljiva, da jo oseba zmore opraviti, a vendar dovolj zahtevna, da ji predstavlja izziv. Naloge, ki jih mora oseba izpolniti v času terapije, so zasnovane tako, da jo motivirajo. Oseba po končani nalogi prejme povratno informacijo o uspešnosti.¹²

Robotska naprava *Amadeo* je namenjena za rehabilitacijo obeh rok. Omogoča terapije za posamezne prste. Primerna je tako za otroke kot za odrasle. Prednost uporabe *Amadea* je individualna prilagodljivost in nastavljivost. Terapevt prilagodi višino mize, položaj ročke naprave in položaj podlakti v supinaciji ali pronaciji ter smer gibanja prstov pred vsako izvedeno vadbo za optimalno izvajanje terapije. Terapevt nastavi tudi intenzivnost sile, hitrost in obseg giba. Sistem omogoča tri vrste možnosti opravljanja vadbe, in sicer pasivno, aktivno in asistirano. Po končani vadbi oseba takoj dobi vpogled v objektivne rezultate opravljene naloge, ki zajemajo ocene mišične moči, obsega giba, mišičnega tonusa in pojav spastičnosti.¹³

Robotska naprava *Pablo* je namenjena za vadbo roke, nadlahti in podlahti, rame in trupa. Primerna je za osebe vseh starosti, v vseh fazah rehabilitacije. *Pablo* deluje po načelu senzorja in uporablja brezžično tehnologijo Bluetooth. Naprava s pomočjo vgrajenega senzorja meri moč stiska, način prijema,

obseg aktivnega giba, izteg, upogib rok ter gibanje celega telesa, ki zajema glavo, zgornja uda in trup. Namenjena je tudi vadbi pronacije in supinacije podlahti, ekstenzije in fleksije zapestja ter beleženju sile pritiska pincetnega, triprstnega, lateralnega in medprstnega prijema. Senzorji zaznajo tudi minimalne gibe, ki jih s prostim očesom ne opazimo. Vadbe so v obliki terapevtskih računalniških iger, ki delujejo motivacijsko, v sproščnem okolju in so ciljno usmerjene. Po končani vadbi dobita terapevt in uporabnik rezultate o uspešnosti, kar prav tako deluje vzpodbudno, saj gre za enostavno spremljanje napredka.¹⁴

Analiza podatkov

Zaradi majhnega vzorca in opisne narave raziskave smo uporabili le opisno statistiko. Grafično smo prikazali frekvenčne porazdelitve odgovorov na nekatera vprašanja.

Rezultati

Pravilno izpolnjen anketni vprašalnik je vrnilo 24 (63 %) oseb, 18 (75 %) moških in 6 (25 %) žensk. Od teh jih je bilo 6 (25 %) vključenih v rehabilitacijsko obravnavo leta 2018, 12 (50 %) leta 2019 in 6 (25 %) leta 2020.

Povprečna starost anketiranih je bila 54 let (SD 12 let). Bili so razdeljeni v tri starostne skupine: od 30 do 44 let, od 45 do 59 let in od 60 let naprej.

Triindvajset oseb se je med izvedbo vadbe na robotskih napravah za zgornji ud počutilo varno in sproščeno. Od tega je enajst oseb izbralo odgovor "Počutil sem se zelo sproščeno," enajst oseb je izbralo odgovor "Počutil sem se sproščeno," ena oseba odgovor "Niti se nisem, niti sem se počutil sproščeno" in ena oseba odgovor "Nisem se počutil sproščeno." Večina oseb (22) je bila motiviranih za izvajanje vadbe na robotskih napravah za zgornji ud, od tega jih je 14 izbralo odgovor "Zelo sem bil motiviran," 7 jih je izbralo "Sem bil motiviran," ena oseba je izbrala odgovor "Nisem bil motiviran" in ena oseba "Sploh nisem bil motiviran." Glede zahtevnosti nalog na robotskih napravah za zgornji ud je 6 oseb izbralo odgovor "Sploh ni bilo težko," 8 oseb je izbralo "Ni bilo težko," 6 oseb je izbralo "Niti ni bilo, niti je bilo težko" in 4 osebe so izbrale odgovor "Težko." Petim osebam vadba na robotskih napravah "Sploh ni predstavljala fizičnega napora," 9 osebam "Ni predstavljala fizičnega napora," 8 oseb je izbralo odgovor "Niti ni, niti je predstavljala fizičen napor" in dvema osebama je vadba "Močno predstavljala fizičen napor." Dvaindvajsetim osebam se med vadbo na

robotskih napravah ni pojavila bolečina. Enajst oseb je izbralo odgovor "Sploh ni bila močna bolečina," 8 oseb je izbralo odgovor "Ni bila močna" in 4 osebe so izbrale odgovor "Niti ni bila, niti je bila močna."

Slika 1 prikazuje ocene anketiranih o zanimivosti oziroma zabavnosti vadbe na robotskih napravah za zgornji ud. Triindvajsetim osebam se je vadba zdelo zabavna oziroma zanimiva.



Slika 1 Odgovori na vprašanje o zanimivosti oziroma zabavnosti vadbe na robotskih napravah za zgornji ud ($N=24$).

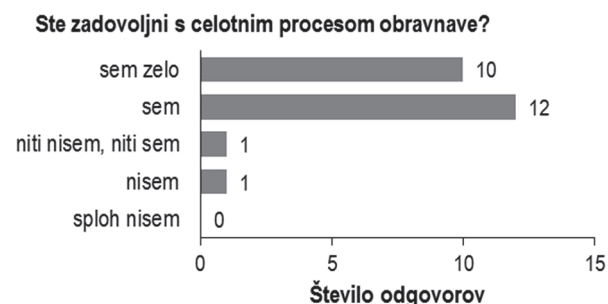
Pri primerjavi med vadbo na robotskih napravah in klasično delovno terapijo nas je zanimalo, kje so bili udeleženci bolj motivirani, samozavestni, sproščeni, kje so imeli večji občutek nelagodja, varnosti, zadovoljstva po končani terapiji ter kje je bila večja uspešnost in učinkovitost. Ena oseba ni odgovorila na vprašanja. Tisti, ki so bili neopredeljeni, so kot ustrežnejšo označili tako vadbo na robotskih napravah kot delovno terapijo. V večini primerov so bili anketiranci bolj motivirani, samozavestni, zadovoljni, uspešni in imeli večji občutek varnosti pri izvajanju vadbe na robotskih napravah za zgornji ud. Bolj sproščeno pa so se večinoma počutili na klasični delovni terapiji. Odgovori so prikazani na sliki 2.

	vadba na robotskih napravah	delovna terapija	neopredeljen	ni odgovora
motivacija	15	4	4	1
samozavest	13	5	4	2
sproščenost	6	10	5	3
lagodnost	7	8	2	7
varnost	10	6	5	3
zadovoljstvo	10	6	6	2
uspešnost	13	3	6	3

Slika 2 Primerjava doživljanja vadbe na robotskih napravah in delovne terapije ($N=24$).

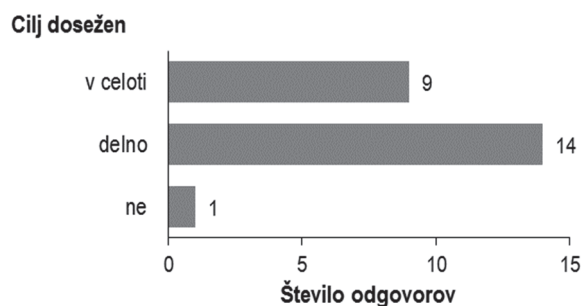
Anketiranci so na petstopenjski lestvici ocenili zadovoljstvo s celotnim procesom obravnave na robotskih napravah za zgornji ud. Velika večina jih je

bila zadovoljnih s celotnim procesom obravnave na robotskih napravah za zgornji ud (slika 3).



Slika 3 Odgovori na vprašanje o zadovoljstvu s celotnim procesom obravnave ($N=24$).

Po opravljeni vadbi na robotskih napravah je 14 oseb delno doseglo svoje zastavljene cilje, 9 oseb v celoti in ena oseba ni dosegla zastavljenega cilja (slika 4). Pri vseh osebah razen ene je bilo prisotno izboljšanje funkcije zgornjega uda zaradi vadbe na robotskih napravah; med njimi je 5 oseb izbralo odgovor "zelo velik napredek," 15 oseb "bil je napredek," 3 osebe so izbrale odgovor "niti ni bilo, niti je bil napredek" in ena oseba je izbrala odgovor "ni bilo napredka." Dvaindvajset oseb je menilo, da bi morala vsaka rehabilitacijska obravnava bolnika po možganski kapi vsebovati vadbo na robotskih napravah, dve osebi pa sta bili nasprotnega mnenja.



Slika 4 Samoocena uspešnosti doseganja ciljev po končani rehabilitaciji ($N=24$).

Razprava

Več avtorjev^{15,16,17} trdi, da ima vadba na robotskih napravah lahko pozitiven vpliv na izboljšanje funkcijskih sposobnosti oseb po možganski kapi. V nevrorehabilitacijo se vedno pogosteje vključuje robotska tehnologija. Zanimalo, ali so se osebe med vadbo z napredno tehnologijo počutile varno in sproščeno.¹⁸ Med našimi anketiranci so se vsi razen enega počutili varno pri izvajanju vadbe na robotskih napravah. Več kot polovici oseb vadba na robotskih napravah ni predstavljala fizičnega napora.

Osebe po možganski kapi se lahko znajdejo v globokih stiskah, so nemotivirane, nimajo ciljev in želja. Soočanje s posledicami bolezni lahko vpliva na duševno zdravje in to lahko privede tudi do depresije.¹⁹ Udeleženci v naši raziskavi (22 od 24 oseb) so odgovorili, da so bili motivirani za izvajanje vadbe na robotskih napravah za zgornji ud, pri čemer so vsi razen enega izbrali najvišje ovrednotena odgovora. Vadba na robotskih napravah torej vpliva na motivacijo, spodbuja motorično učenje, osebo navdihuje, sproža občutek zabave, tekmovalnosti in željo po interakciji.²⁰

Vadba na robotskih napravah v nevrorehabilitaciji predstavlja nov, intenziven in zanimiv prisot.^{15,21,22} Rezultati naše raziskave potrjujejo, da so zaradi dinamičnosti vadbe in vključenosti robotike osebe sproščene in motivirane, ob tem se zabavajo in izboljšujejo svojo motoriko. Vsi anketiranci razen enega so vadbo na robotskih napravah doživljali kot zabavno oziroma zanimivo. Tudi s celotnim procesom obravnave na robotskih napravah za zgornji ud so bili vsi razen enega zadovoljni ali zelo zadovoljni. Sklenemo lahko, da so bili anketiranci zadovoljni s pristopom in načinom terapije.

V primerjavi z delovno terapijo je bila večina anketiranih bolj motiviranih, samozavestnih, zadovoljnih, uspešnih in z večjim občutkom varnosti pri vadbi na robotskih napravah. Bolj sproščeno pa so se večinoma počutili pri klasični delovni terapiji. Čeprav je bilo v celoti vzeto več odgovorov v prid vadbi na robotskih napravah, ne moremo splošiti, da vsi pacienti lažje in bolje sprejemajo tako vadbo. Ker je bilo nekaj neopredeljenih in ker kljub visoki stopnji odziva več kot tretjina oseb, ki smo jim poslali anketni vprašalnik, tega ni izpolnila, dobljenih rezultatov ne moremo šteti za reprezentativne za celotno populacijo bolnikov po možganski kapi, ki pri bolnišnični rehabilitaciji uporabljajo robotske naprave za zgornji ud.

Dobili smo tudi odgovore na odprta vprašanja o prednostih in slabostih vadbe na robotskih napravah za zgornji ud. Kot prednosti so anketiranci navedli neprestano dogajanje, drugačno oziroma novo vrsto terapije, zabavo, individualen pristop, večjo dinamičnost, hitro in učinkovito terapijo, hitro vidne rezultate, individualno delo brez pomoči delovne terapevtke, raztezanje, prijetne impulze, nove spretnosti, izboljšanje motorike, večjo pozornost, pravilno in ponovno izvedbo posameznih gibov ter merljiv napredek. Pacienti na tovrstno terapijo prihajajo iz različnih življenjskih obdobj in okolij. Literatura²³ kot prednost uporabe robotskih naprav izpostavlja zdravljenje z večjimi koristmi, z manj

stranskih učinkov in nov način rehabilitacijske obravnave ter razbremenitev zdravstvenega osebja; slabosti pa naj bi bili težje vzpostavljanje zaupanja pri uporabi naprav ter težave s splošnim sprejemanje nove tehnologije. Anketiranci v naši raziskavi so kot slabost vadbe na robotskih napravah za zgornji ud izpostavili prekratko trajanje vadbe, pri čem lahko sklepamo, da so bili zadovoljni s samim procesom obravnave. To potrjujejo odgovori na zadnje vprašanje anketnega vprašalnika, ki je nudilo možnost poljubnega komentarja, saj so anketiranci poleg hvaležnosti ponovno izpostavili večino zgoraj navedenih prednosti.

Vsak pacient si pred začetkom delovne terapije ali vadbe na robotskih napravah zastavi cilje. Več kot polovici anketiranih so se cilji pri vadbi na robotski napravi delno izpolnili, slabi tretjini v celoti, le ena oseba pa ni izpolnila ciljev. Pri vseh anketiranih razen enega je po končani vadbi na robotski napravi prišlo do izboljšanja funkcije zgornjega uda. To potrjuje, da ima vadba na robotskih napravah pozitivne učinke na izboljšanje motoričnih funkcij okvarjenega zgornjega uda.^{24,25} Zato ne preseneča, da so vsi anketiranci razen dveh menili, da bi morala vsaka rehabilitacijska obravnava bolnika po možganski kapi vsebovati tudi vadbo na robotskih napravah. Osebi, ki se s tem ne strinjata, sta to utemeljili z argumentom, da si mora pacient robotsko napravo predstavljati kot zabavo in mora tovrstna vadba imeti smisel za njegovo bolezensko stanje, kar pa ne drži v vseh primerih.

Zaključek

V rehabilitacijski obravnavi se vedno pogosteje uporabljajo robotske naprave. Za optimalne rezultate je smiselno izbrati kombinirano obliko obravnave, ki vsebuje vadbo na robotskih napravah in klasično delovno terapijo. V prvi vrsti je uporabniku potrebno nuditi takšno vrsto terapije, ki bo najbolje vplivala na izid rehabilitacijske obravnave. Potrebno je biti pozoren tudi na uporabnikove želje in cilje.

Anketiranci, ki so bili vključeni v raziskavo, so v veliki večini dobro sprejeli vadbo na robotskih napravah za zgornji ud. Med vadbo na robotskih napravah so se zabavali, pridobili so novo izkušnjo, ki je bila zanimiva, drugačna, hitra in učinkovita. Pogosta želja je bila, da bi vadba trajala dalj časa. V primerjavi s klasično delovno terapijo vsi vključeni niso imeli enotnega mnenja, so pa rezultati v splošnem pokazali večjo naklonjenost vadbi na robotskih napravah.

Reference

1. Wafa HA, Wolfe CDA, Emmett E, Roth GA, Johnson CO, Wang T: Burden of stroke in Europe: thirty-year

- projections of incidence, prevalence, deaths, and disability-adjusted life years. *Stroke* 2020; 51(8): 2418-2427. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.029606>
2. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G: Stroke rehabilitation. *Lancet* 2011; 377(9778): 1693-1702. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
 3. Legg LA, Lewis SR, Schofield-Robinson OJ, Drummond A, Langhorne P: Occupational therapy for adults with problems in activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 7(7): CD003585. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003585.pub3>
 4. Goljar N, Javh M, Rudolf M et al.: Storitve telerehabilitacije na domu za osebe po preboleli možganski kapi. *Rehabilitacija* 2016; 15(3): 63-69. https://ibmi.mf.uni-lj.si/rehabilitacija/vsebina/Rehabilitacija_2016_No3_p_63-69.pdf (10. 12. 2021)
 5. Chumblor NR, Li X, Quigley P, Morey MC, Rose D, Griffiths P, et al.: A randomized controlled trial on stroke telerehabilitation: the effects on falls, self-efficacy and satisfaction with care. *J Telemed Telecare* 2015; 21(3): 139-143. <https://doi.org/10.1177/1357633X15571995>
 6. Straudi S, Fregni F, Martinuzzi C, Pavarelli C, Salvioli S, Basaglia N: tDCS and robotics on upper limb stroke rehabilitation: effect modification by stroke duration and type of stroke. *Bio Med Res Int* 2016; 5068127. <https://doi.org/10.1155/2016/5068127>
 7. Jesenšek Papež B: Določanje ciljev rehabilitacije pri pacientih, napoteni na fizioterapijo. *Rehabilitacija* 2018; 17(supl. 1): 54-58. https://ibmi.mf.uni-lj.si/rehabilitacija/vsebina/Rehabilitacija_2018_S1_p05_4-058.pdf (10. 12. 2021)
 8. Engineer ND, Kimberley TJ, Prudente CN, Dawson J, Tarver WB, Hays SA: Targeted vagus nerve stimulation for rehabilitation after stroke. *Front Neurosci* 2019; 13: 280. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00280>
 9. Carpinella I, Lencioni T, Bowman T et al.: Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomised controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* 2020; 17(10): 10. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-0646-1>
 10. Duret C, Grosmaire AG, Krebs HI: Robot-assisted therapy in upper extremity hemiparesis: overview of an evidence-based approach. *Front Neurol* 2019; 10:412. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00412>
 11. Fasoli SE, Adans-Dester CP: A paradigm shift: rehabilitation robotics, cognitive skills training, and function after stroke. *Front Neurol* 2019; 10: 1088. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.01088>
 12. *Armeo Spring*. Volketswil, Switzerland 2021: Hocoma. <https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/> (7. 4. 2021)
 13. *Amadeo*. Graz, 2021: Tyro Motion. <https://tyromotion.com/en/products/amadeo/> (7. 4. 2021)
 14. *Pablo*. Graz 2021: Tyro Motion. <https://tyromotion.com/en/products/pablo/> (7. 4. 2021)
 15. Kim GY, Lim SY, Kim HJ et al.: Is robot-assisted therapy effective in upper extremity recovery in early stage stroke? A systematic literature review. *J Phys Ther Sci* 2017; 29(6): 1108-12. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1108>
 16. Goffredo M, Iacovelli C, Russo E et al.: Stroke gait rehabilitation: a comparison of end-effector, over ground exoskeleton, and conventional gait training. *Appl Sci* 2019; 9(13): 2627. <https://doi.org/10.3390/app9132627>
 17. Turchetti G, Mazzoleni S, Dario P, Saldi D, Guglielmelli E: The impact of robotic technology on neuro-rehabilitation: preliminary results on acceptability and effectiveness. *Value Health* 2015; 18(7): A363-A364. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2015.09.712>
 18. Guidali M, Keller U, Klamroth-Marganska V, Nef T, Riener R: Estimating the patients's contribution during robot-assisted therapy. *J Rehabil Res Dev* 2013; 50(3): 379-394. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2011.09.0172>
 19. Zhong B, Niu W, Broadbent E, McDaid A, Lee TMC, Zhang M: Bringing psychological strategies to robot-assisted physio therapy for enhanced treatment efficacy. *Front Neurosci* 2019; 13: 984. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00984>
 20. Lee KW, Kim SB, Lee JH, Lee SJ, Kim JW: Effect of robot-assisted game training on upper extremity function in stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2017; 41(4): 539-546. <https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.4.539>
 21. Ferreira FMRM, Chaves MEA, Oliveira VC, Van Petten AMVN, Vimieiro CBS: Effectiveness of robot therapy on body function and structure in people with limited upper limb function: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2018; 13(7): e0200330. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200330>
 22. Colomer C, Baldoví A, Torromé S et al.: Efficacy of Armeo Spring during the chronic phase of stroke. Study in mild to moderate cases of hemiparesis. *Neurologia* 2013; 28(5): 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.04.017>
 23. Rožanec A, Lahajnar S: Digitalne tehnologije za zdravstvene storitve prihodnosti. *IMS* 2019; 24(1-2): 45-52. https://ims.mf.uni-lj.si/ims_archive/24/24-08.pdf (10. 12. 2021)
 24. Sale P, Infarinato F, Del Percio C et al.: Electroencephalographic markers of robot-aided therapy in stroke patients for the evaluation of upper limb rehabilitation. *Int J Rehabil Res* 2015; 38(4): 294-305. <https://doi.org/10.1097/MRR.000000000000125>
 25. Palermo E, Hayes DR, Russo EF, Calabrò RS, Pacilli A, Filoni S: Translational effects of robot-mediated therapy in subacute stroke patients: an experimental evaluation of upper limb motor recovery. *Peer J* 2018; 6: e5544. <https://doi.org/10.7717/peerj.5544>