

REHABILITACIJSKA OBRAVNAVA OTROKA PO ZLOMU SPODNJEGA DELA NADLAHTNICE IN POŠKODBI ŽIVCEV: PRIKAZ PRIMERA

REHABILITATION OF A CHILD AFTER A FRACTURE OF THE LOWER PART OF THE UPPER ARM AND NERVE INJURY: A CASE STUDY

Eva Grudnik¹, dipl. del. ter., Anita Pesek¹, dipl. del. ter., Andreja Istenič¹, dipl. del. ter.,
Neža Grum¹, dipl. del. ter., doc. dr. Katja Groleger Sršen^{1,2}, dr. med.

¹ Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana

Izvleček

Izhodišča:

Robotsko podprta rehabilitacija za izboljšanje funkcije zgornjega uda prispeva k senzomotoričnemu učenju, ponovni vzpostavitvi funkcionalnosti in povečanju neodvisnosti pri posameznikih z različnimi vrstami poškodb ali bolezni. Ena od možnosti za rehabilitacijo roke po poškodbi perifernih živcev je uporaba robotske naprave AMADEO®, ki lahko preko interaktivne vadbe izboljša aktivno gibljivost prstov in funkcijske prijeme, omogoča natančnejše spremljanje napredka, ponovljive gibe ter prilagajanje vadb glede na potrebe posameznika.

Metode:

V analizo primera je bila vključena 6-letna deklica. Po zlomu spodnjega dela leve nadlahtnice nedominantnega zgornjega uda in okvari radialnega, medialnega in ularnega živca je imela ob vključitvi v terapevtski program omejeno aktivno gibanje prstov roke. Prisotna je bila flektorna kontraktura v distalnih interfalangealnih sklepih. Napredek smo merili s standardiziranimi instrumenti. Za področje dejavnosti smo uporabili Kanadski test izvedbe dejavnosti (*angl.* Canadian Occupational Performance Measure, COPM). Za oceno funkcije rok smo uporabili Test za ocenjevanje podporne roke (*angl.* The Assisting Hand Assessment, AHA), dinamometer (*angl.* Jamar Digital Hand Dynamometer), Test škatle in kock (*angl.* Box and blocks test, B&B), Test devetih zatičev

Abstract

Background:

Robot-assisted rehabilitation to improve upper limb function contributes to sensorimotor learning, functional restoration, and increased independence in individuals with various types of injuries or diseases. One option for hand rehabilitation after peripheral nerve injury is the use of the AMADEO® robotic device, which can improve active finger mobility, functional grips, enable more precise progress monitoring, repetitive movements, and adaptation of exercises according to individual needs.

Methods:

A 6-year-old girl was included in the case study. Following a fracture of the lower part of the left humerus of her non-dominant upper limb and damage to the radial, median, and ulnar nerves, she had limited active finger movement upon entering the therapeutic program. Flexor contracture was present in the distal interphalangeal joints. Progress was measured using standardised instruments. For the domain of activities, the Canadian Occupational Performance Measure (COPM) was used. For hand function assessment, the Assisting Hand Assessment (AHA), a dynamometer (Jamar Digital Hand Dynamometer), Box and Blocks Test (B&B), Nine-Hole Peg Test (NHPT), and Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP) were used. Test results showed significantly impaired hand function (scores below norms). The girl was enrolled in robot-assisted training using the AMADEO® device. Rehabilitation took place at the

(angl. Nine-Hole Peg Test, NHPT) in Southamptonski testi za ocenjevanje roke (angl. Southampton Hand Assessment Procedure, SHAP). Rezultati testov so pokazali pomembno okrnjeno funkcijo roke (dosežki pod normativi). Deklico smo vključili v robotsko podprto vadbo na napravi AMADEO®. Rehabilitacija je potekala na Oddelku za (re)habilitacijo otrok in mladostnikov na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije Soča.

Rezultati:

Rezultati pred pričetkom treninga na robotski napravi: dinamometrija – leva: 0 kg, desna: 4,9 kg; Test škatle in kock – leva: 11 kock, desna: 39 kock; Test 9 zatičev – leva: ne zmore, desna: 27 s; Southamptonski testi za ocenjevanje roke (skupna ocena) – leva: 31 točk, desna: 88 točk. Rezultati po kirurškem zdravljenju in ob zaključku terapijske obravnave: dinamometrija – leva: 2,3 kg, desna: 9,0 kg; Test škatle in kock – leva: 43 kock, desna: 60 kock; Test 9 zatičev – leva: 46,65 s, desna: 18,90 s; Southamptonski testi za ocenjevanje roke (skupna ocena) – leva: 81 točk, desna: 99 točk.

Zaključek:

Robotsko podprta rehabilitacija se je izkazala kot učinkovita metoda pri obravnavi otroka po zlomu spodnjega dela nadlahtnice in poškodbi več živcev. Po končanem programu so ponovljene ocene s testi pokazale pomembno izboljšanje funkcije roke.

Ključne besede:

otrok; roka; periferni živec; poškodba; robotsko podprta rehabilitacija; AMADEO®

Department of Pediatric Rehabilitation at the University Rehabilitation Institute, Republic of Slovenia.

Results:

Results before training on the robotic device: dynamometry – left: 0 kg, right: 4.9 kg; Box and Blocks Test – left: 11 blocks, right: 39 blocks; Nine-Hole Peg Test – left: unable, right: 27 s; Southampton Hand Assessment Procedure (total score) – left: 31 points, right: 88 points. Results after surgical treatment and finished occupational therapy program: dynamometry – left: 2.3 kg, right: 9.0 kg; Box and Blocks Test – left: 43 blocks, right: 60 blocks; Nine-Hole Peg Test – left: 46.65 s, right: 18.90 s; Southampton Hand Assessment Procedure (total score) – left: 81 points, right: 99 points.

Conclusion:

Robot-assisted rehabilitation has proven to be an effective method in treating a child after a fracture of the lower part of the forearm and damage to multiple nerves. After completing the program, repeated assessments with tests showed a significant improvement in hand function.

Keywords:

child; upper extremity; peripheral nerve; injury; robot-assisted rehabilitation, AMADEO®

UVOD

Omejena funkcija zgornjega uda pomembno vpliva na sposobnosti otroka pri izvajanju dnevnih aktivnosti, na njegovo socialno vključenost, kakovost življenja ter izpolnjevanje življenjskih vlog. Zdravljenje in rehabilitacija po poškodbi zgornjega uda zahtevata celovit pristop, ki lahko vključuje tako konzervativne kot kirurške metode zdravljenja. Zlomi in poškodbe živcev lahko vplivajo na gibljivost posameznih sklepov, mišično moč in občutenje roke. Cilj terapijske obravnave je izboljšati funkcijo roke ter otroku omogočiti čim večjo samostojnost na področju dnevnih aktivnosti, na primer pri oblačenju, hranjenju, pisanju in igri. V tem kontekstu igra delovna terapija ključno vlogo (1, 2).

Poleg klasičnih pristopov v rehabilitaciji, se v sodobni medicini vse bolj uveljavljajo inovativne tehnologije, ki lahko prispevajo k boljšim in hitrejšim rezultatom terapijskega procesa. Robotsko podprta rehabilitacija lahko predstavlja učinkovit dodatek h klasični delovni terapiji, vendar pa je uporaba tovrstnih pristopov

odvisna od vrste poškodbe ali stanja posameznika. Z natančnimi, ponavljajočimi se gibi in prilagoditvijo terapije posameznikovim potrebam in ciljem roboti olajšajo delo terapevtom, pacientom pa nudijo visoko-intenzivno, ciljno usmerjeno rehabilitacijo. Poleg tega omogočajo objektivno merjenje in beleženje napredka. Nekatere študije so pokazale, da lahko ponavljajoče se in visoko intenzivne vaje prispevajo k izboljšanju funkcije zgornjega uda po okvari (3).

Za izboljšanje grobega gibanja zgornjega uda (tj. gibanje v ramen-skem, komolčnem in zapestnem sklepu) in koordinacije zgornjega uda v rehabilitaciji uporabljamo Arneo® Spring Pediatric, medtem ko za izboljšanje funkcije roke in prstov uporabljamo robotsko napravo AMADEO®. Obe robotski napravi delujeta na principu interaktivne vadbe in omogočata izvedbo različnih terapijskih vaj ter simulacije gibanja. Izboljšanje funkcije zgornjega uda pomembno vpliva na izvajanje vsakodnevnih aktivnosti (4, 5, 6).

Namen prispevka je predstaviti terapevtsko obravnavo otroka po zlomu spodnjega dela nadlahtnice in poškodbi perifernih živcev, s poudarkom na uporabi robotske naprave AMADEO®, ki omogoča izvajanje pasivnih, asistiranih ali aktivnih vaj. Poleg tega lahko naprava pomaga pri obvladovanju kontraktur, poveča selektivno gibljivost prstov in spodbuja uporabo različnih prijemov (5). Prikazati smo želeli inovativni pristop z uporabo robotsko podprte rehabilitacije, ki prispeva k izboljšanju funkcije zgornjega uda.

METODE

Preiskovanka

V analizo primera je bila vključena 6-letna deklica po zlomu spodnjega dela nadlahtnice in okvari radialnega, medialnega in ularnega živca levo. Deklica se je poškodovala v Makedoniji 14. 06. 2021 pri padcu s kolesom. Zaradi zloma spodnjega dela leve nadlahtnice nedominantnega zgornjega uda je bila obravnavana konzervativno, namestili so ji mavec. Zaradi otekanja prstov so že dve uri po odpustu opravili pregled, vendar so mavec razrezali šele po dveh tednih in ga razrahljali. Mavec so odstranili po treh tednih, ob tem pa ugotovili, da je na volarni strani zgornjega dela podlakti prisotna rana. Deklica z roko praktično ni gibala.

Skoraj štiri tedne po poškodbi je bila pregledana v UKC Ljubljana, kjer je rentgensko slikanje pokazalo suprakondilarni zlom distalnega humerusa levo s periostalno reakcijo. Elektromiografska (EMG) preiskava je pokazala znake popolne aksonotmeze radialnega, medialnega in ularnega živca levo, distalno od komolca. Deklici so izdelali položajno opornico za zapestje in prste ter jo vključili v program rehabilitacije. Osem tednov po poškodbi so se v UKC Ljubljana odločili za kirurško zdravljenje. Narejena je bila revizija defekta fascije volarno ter kritje defekta z lokalnim režnjem, kritje granulacijske rane pa z avtotransplantatom delne debeline kože, ki je bil odvzet z levega stegna. Po posegu je prejela opornico za začasno imobilizacijo komolca ter zapestja. Pet dni po odpustu v domačo oskrbo je opravila kontrolo, na kateri se je pokazalo, da se je transplantat na obeh straneh premaknil ter se ni oprijel. Lokalni reženj je bil sicer vitalen, odvzemno mesto pa zaceljeno. Prisotna je bila flektorna kontraktura v komolcu 10°, nakazala je približno 15° aktivne fleksije, gibljivost v zapestju in prstih v predelu PIP sklepov je bila omejena. Področje zapestja in dlani dorzalno je bilo rahlo otečeno, ob testiranju senzibilitete je navajala zmanjšan občutek za dotik po dorzalni strani prstov in dlani. Deklica je nato nadaljevala s prevezami ter programom terapije. Opornico je redno uporabljala. Na kontrolnem pregledu v oktobru so jim pokazali pravičen način masaže brazgotine ter svetovali redno masažo v domačem okolju. Izdelali so ji kompresijski rokav. EMG preiskavo so ponovili 25. 10. 2021, ob tem niso ugotovili prepričljivih elektrofizioloških znakov reinervacije v mišicah roke.

Konec novembra 2021 je deklica prišla na prvi ambulantni pregled k zdravnici Oddelka za (re)habilitacijo otrok in mladostnikov na URI Soča. Ob pregledu je bila rana v predelu levega komolca v celoti zaceljena, vidna je bila večja brazgotina, ki je bila na otip čvrsta, slabo pomična na podlagi. Gibljivost v komolcu je

bila omejena, prisotna je bila flektorna kontraktura. Roka je bila hladnejša na otip, prisotna je bila flektorna kontraktura v DIP sklepih prstov, delno je zmogla gib s palcem. Na področju skrbi zase je bila deklica delno samostojna. Pomoč druge osebe je potrebovala pri aktivnostih, ki so zahtevale koordinacijo, soročno izvedbo, uporabo moči in drobno-gibalne spretnosti (npr. oblačenje/slačenje, obuvanje/sezuvanje nogavic, urejanje pričeske, rokovanje s šolskim orodjem). Deklica je bila samostojna v gibanju in komunikaciji. Pred poškodbo je obiskovala redni vrtec.

Deklica je bila 15. 3. 2024 sprejeta na Kirurško kliniko UKC Ljubljana zaradi predvidenega kirurškega zdravljenja ob pomankljivi funkciji v področju distalnega dela roke. Opravljena je bila transpozicija mišice brachioradialis ter dela extensor carpi radialis longus na flexor pollicis longus. Prav tako pa je bila izvedena transpozicija extensor carpi radialis longus na flexor digitorum profundus II-V. Kasneje po odpustu je prišlo v področju rane do bakterijske okužbe, zdravljena je bila z antibiotikom. Ob pregledu pri zdravnici v URI Soča je bila rana na koži po kirurškem zdravljenju zaceljena. Spontano je deklica levo roko držala rahlo pokrčeno. Nakazana je bila flektorna kontraktura v komolcu ter rahlo omejena supinacija (80°) in pronacija (80°). Dorzalna fleksija zapestnega sklepa je znašala 35°, ularna abdukcija pa 5°. Omejeni so bili gibi ekstenzije prstov. Ostale gibljivosti so bile v mejah normale. V funkciji je deklica roko nekoliko manj uporabljala kot ob zaključku prejšnje obravnave. Pri izvedbi osnovnih dnevnih aktivnosti je zopet potrebovala več pomoči.

Ocenjevalni instrumenti

Za oceno na področju aktivnosti ter telesnih funkcij in zgradb smo uporabili naslednje ocenjevalne instrumente:

- Kanadski test izvedbe dejavnosti (*angl.* Canadian Occupational Performance Measure, COPM), ki so ga izdelali za spremljanje napredka pri aktivnostih, ki jih izbere posamezni preiskovanec. Izvede se ga v obliki polstrukturiranega intervjuja. S pomočjo COPM preiskovanec opredeli težave in omejitve v izvajanju aktivnosti na različnih področjih človekovega delovanja. Za vsako izbrano aktivnost določi oceno od 1 do 10 za izvedbo dejavnosti in svoje zadovoljstvo z izvedbo le-teh. Izpostavljene aktivnosti nam pomagajo pri skupnem postavljanju ciljev obravnave. COPM nam je v pomoč, da se v terapevtskem programu osredinimo na področja, ki so preiskovancu pomembna, poleg tega pa imajo preiskovanci večji interes in pripravljenost na sodelovanje (7, 8).
- Test za ocenjevanje podporne roke (*angl.* The Assisting Hand Assessment, AHA) je standardiziran test, ki temelji na opazovanju in je namenjen oceni in opisu, kako uspešno otrok z enostransko motnjo funkcioniranja uporablja okvarjeno (podporno) roko pri izvedbi soročne aktivnosti. Uporablja se ga pri otrocih s hemiplegično obliko cerebralne paralize ali okvaro brahialnega pleteža, v starosti od 18 mesecev do 12 let (9).
- Merjenje mišične moči rok z dinamometrom (*angl.* Jamar Digital Hand Dynamometer): dinamometer je instrument, ki omogoča ocenjevanje grobe moči prijema. Lahko se uporablja

kot presejalno orodje za merjenje moči zgornjega dela telesa in celotne moči (10).

- Test škatle in kock (*angl.* Box and Blocks test, B&B) je standardiziran ocenjevalni instrument, namenjen merjenju spretnosti koordinacije roke pri osebah z različnimi diagnozami in z različno zmanjšanimi ročnimi spretnostmi. Cilj je, da preiskovanec v eni minuti iz enega prostora škatle v drugi prostor prenese čim več kock, pri čemer mora z roko prečkati srednjo linijo telesa oz. pregrado med obema deloma škatle. Preiskovanec lahko hkrati prenese zgolj eno kocko (11).
- Test devetih zatičev (*angl.* Nine-Hole Peg Test, NHPT) je namenjen oceni finomotoričnih spretnosti. Preiskovanec mora zatiče čim hitreje enega za drugim vstaviti v luknjice in nato nazaj v posodo. Izid testa je povprečni čas, ki ga preiskovanec porabi za izvedbo treh ponovitev s posameznim udom. Slabša kot je finomotorika, daljši je čas, potreben za dokončanje naloge (12).
- Southamptonski test za ocenjevanje roke (*angl.* Southampton Hand Assessment Procedure, SHAP), s katerim ocenimo enoročne funkcijske prijeme roke. Test je sestavljen iz 26 časovno merjenih nalog, ki so razdeljene na dva dela. V prvem delu preverimo sposobnost oblikovanja različnih prijemov, pri čemer uporabimo lažje in težje predmete različnih oblik. Drugi del vsebuje 14 simuliranih dnevnih aktivnosti (13).

Terapevtski program

Januarja 2022 je bila deklica prvič vključena v delovnoterapevtsko obravnavo na URI Soča. Ob prvem srečanju smo izvedli polstrukturirani intervju COPM, v katerem je izpostavila težave pri oblačenju/slačenju in obuvanju nogavic. Ker deklica ni bila zmožna oblikovati prijema, meritev mišične moči z dinamometrom in ocena funkcije rok z ocenjevalnimi instrumenti BBT, NHPT ter SHAP ni bila mogoča. Da bi pridobili vpogled v to, kako deklica uporablja okvarjeno roko pri izvedbi soročnih aktivnostih, smo izvedli test AHA (Tabela 2).

V terapevtski situaciji smo se nato sprva posvetili vadbi izpostavljenih aktivnosti. Izvajali smo pripravljalne in namenske aktivnosti za oblačenje in slačenje zgornjega in spodnjega dela. Preizkušali smo različne načine izvedbe in prilagoditve aktivnosti ter deklico spodbujali k iskanju lastnih strategij, s katerimi bi bila čim bolj samostojna in uspešna.

Vključili smo tudi terapijo z ogledalom, ki je pogosto uporabljena metoda v rehabilitaciji po poškodbah ali obravnavi bolečine in pozitivno vpliva na gibalne in funkcijske sposobnosti okvarjenega zgornjega uda. Terapija vključuje tri faze. Faza 1 vključuje ogled slik zgornjih udov in prepoznavanje, ali gre za desno ali levo stran telesa. Faza 2 vključuje vizualizacijo izvedbe motorične naloge, v fazi 3 pa se pacient osredini na odsev gibanja neokvarjenega zgornjega uda v ogledalu. Kot terapevtski pripomoček uporabljamo ogledalo na podstavku. Na odsevno stran ogledala pacient postavi zgornji ud, ki ni okvarjen, na neodsevno pa okvarjenega. Med izvajanjem terapije pacient giblje le z neokvarjenim udom in spremlja zrcalno sliko v ogledalu. Vizualni priliv, ki ga omogoča

ogledalo, naj bi izzval vizualni spomin o gibanju okvarjenega uda, ko le-ta še ni bil okvarjen. Mehanizme delovanja terapije z ogledalom povezujejo tudi z mentalno vadbo. Glede na dosedanje raziskave se svetuje, da terapija z ogledalom v povprečju traja štiri tedne, od 3-7-krat na teden, trajanje posamezne terapevtske obravnave pa od 20 do 30 minut. Staršem smo predali navodila in seznam vaj, terapijo z ogledalom so nato samostojno izvajali v domačem okolju (14, 15).

Deklica je kmalu po vključitvi v terapevtski program zbolela, zaradi česar je bila nekaj časa odsotna. S programom smo lahko nadaljevali konec januarja 2022. Za izboljšanje funkcije in grobega gibanja leve roke smo deklico vključili v vadbo na robotski napravi Armeo® Spring Pediatric. Ta uporablja vzmetni mehanizem za pasivno podporo in dvigovanje otrokove roke, kar olajša izvajanje aktivnih gibov v rehabilitaciji zgornjega uda. Pred vadbo smo na robotski napravi izmerili aktivno gibljivost ramenskega, komolčnega in zapestnega sklepa, kar omogoča pravilno nastavitve naprave za izvedbo terapevtskih vaj v dosegljivem obsegu gibanja. Vadbo in potek terapije smo individualno prilagodili glede na potrebe in zmožnosti deklice – izbrali smo ustrezne vaje in določili njihovo zahtevnost in trajanje (6, 16). Pri deklici smo se usmerili v izboljšanje aktivnega krčenja in iztegovanja komolca, supinacije in pronacije podlakti ter dorzalne fleksije zapestja, saj je imela pri naštetih gibih največ težav. Terapevtski program smo izvajali v obliki ambulantne obravnave, povprečno eno terapevtsko uro (45 minut), 3-krat tedensko. V marcu 2022 se je po opravljenih 14 obravnava na napravi Armeo® Spring Pediatric funkcija roke izboljšala do te mere, da smo lahko opravili prvo oceno z ostalimi ocenjevalnimi instrumenti (Tabele 3 do 6).

Glede na rezultate začetnih ocenjevanj in izpostavljene aktivnosti po COPM smo se odločili za nadaljevanje terapevtske vadbe na robotski napravi AMADEO®. Ta robotska naprava omogoča postopno izboljšanje gibljivosti in moči prstov. Na prstne blazinice namestimo magnetne, ki jih nato pripnemo na magnetne na robotski napravi. Podlaket vpnemo na manšeto ustrezne velikosti. Začetne meritve na robotski napravi vključujejo merjenje spastičnosti, mišičnega tonusa, moči in aktivne gibljivosti prstov v smeri krčenja in iztegovanja (4, 5). Glede na deklitine zmožnosti in cilje smo določili nabor vaj, preko katerih smo spodbujali izboljšanje aktivne gibljivosti prstov, uporabo različnih prijemov ter posledično povečali samostojnost v dnevnih aktivnostih. S terapevtsko vadbo na robotski napravi AMADEO® je pričela konec marca leta 2022, devet mesecev po poškodbi. Terapevtski program smo izvajali v obliki ambulantnih obiskov, ki so trajali eno terapevtsko uro (45 minut), 3-krat tedensko, 12 tednov.

Z namenom ohranjanja pridobljene funkcije in nadaljnega izboljšanja smo avgusta 2023 deklico znova vključili v program celostne rehabilitacije, ki je obsegal delovnoterapevtsko in fizioterapevtsko obravnavo. V sklopu fizioterapije je bila izmerjena aktivna gibljivost sklepov levega zgornjega uda. Meritve so pokazale flektorno kontrakturo v komolcu, omejeno supinacijo (60°) in pronacijo (80°). Dorzalna fleksija zapestja znaša 50°, gibi ekstenzije prstov pa so omejeni. V delovni terapiji smo ocenili funkcijo rok in jo ponovno vključili v trening funkcije leve roke na robotski napravi

AMADEO®. Deklica je bila v program vključena 3 tedne, opravila je 24 obravnav, po 45 minut, 2-krat/dan.

Po dodatnem kirurškem zdravljenju in transpoziciji tetiv (marec 2024) je bila 23. 4. 2024 ponovno sprejeta v celostno strnjeno obravnavo na URI Soča. V fizioterapiji je opravila začetne meritve; pokazale so izboljšanje aktivne gibljivosti v smeri supinacije (80°) in zmanjšanje gibljivosti v smeri dorzalne fleksije zapestja (35°). Za robotsko podprto rehabilitacijo smo uporabili enak program vadbe kot nazadnje.

Statistične metode

Opisno smo primerjali dosežke ocenjevanj, ki smo jih uporabili pri rehabilitaciji.

REZULTATI

Ob vključitvi v terapijski program januarja 2022 je povprečna ocena izvedbe in zadovoljstva z izvedbo pri COPM znašala 5,5 točke (Tabela 1). Težave pri izvedbi aktivnosti so se pri deklici pojavljale predvsem zaradi zmanjšane mišične moči, aktivne gibljivosti prstov in nezmožnosti oblikovanja prijema. Ob zaključeni rehabilitaciji junija 2022 je ocena po COPM pokazala izboljšanje dekličine ocene izvedbe (za 3,2 točke) in zadovoljstva z izvedbo (za 4,2 točke) (Tabela 1).

S testom AHA smo ugotovili, da je bila integracija roke dobra, pri izvedbi posameznih aktivnosti jo je ovirala predvsem nezmožnost oblikovanja prijema. Levo roko je priključila v soročno aktivnost vedno, ko je bilo to naravno ali koristno. Predmete si je večinoma namestila v podporno roko (levo) ob pomoči desnice. Po zaključeni vadbi na robotski napravi Armeo® smo test ponovili. Deklica je dosegla 57/80 točk (Tabela 2).

Groba mišična moč v obeh zgornjih udih je bila pomembno zmanjšana. Rezultati so bili daleč pod normativnimi vrednostmi za dekličino starostno skupino. Kljub vadbi na robotski napravi sprva ni prišlo do izboljšanja grobe mišične moči v levi roki. Manjši napredek je bilo mogoče opaziti kasneje v rehabilitaciji (Tabela 3) (17).

Pri testu B&B je deklica z desno roko dosegla normativne vrednosti. Rezultati testa z levo roko so odstopali glede na normative. Deklica je postopoma napredovala na področju grobega gibanja. Po kirurškem posegu v marcu 2024 so bili dosežki prehodno slabši, nato so se do zaključka programa ponovno izboljšali (Tabela 4) (18).

Tabela 2. Rezultati Testa AHA za ocenjevanje podporne roke.

Table 2. Results of the Assisting Hand Assessment.

	Število točk / Score
Prvo ocenjevanje / 1st assessment (3. 1. 2022)	49 / 80
Drugo ocenjevanje / 2nd assessment (24. 3. 2022)	57 / 80

Testa NHPT deklica pred pričetkom vadbe na robotski napravi AMADEO® ni zmoгла izvesti. Pri izvedbi jo je ovirala omejena aktivna gibljivost v smeri supinacije, nezmožnost uporabe pincetnega ali triprstnega prijema in težave z rokovanjem s predmetom v roki. Za izvedbo finomotoričnih aktivnosti je še vedno potrebovala podaljšan čas. Izboljšanje je bilo očitno, vendar je bil rezultat ob zaključku še vedno pod normativnimi vrednostmi. Dosežki z desno roko so bili v mejah normativov (Tabela 5) (19).

Tabela 1. Rezultati ocene s Kanadskim testom izvedbe dejavnosti ob začetku in koncu rehabilitacije.

Table 1. Canadian Occupational Performance Measure results at the beginning and the end of rehabilitation.

	Začetno ocenjevanje / 1st assessment (3. 1. 2022)		Končno ocenjevanje / 2nd assessment (30. 6. 2022)	
IZBRANE AKTIVNOSTI / CHOSEN ACTIVITIES	P1	S1	P2	S2
Striženje / Cutting with scissors	6	6	9	10
Barvanje / Colouring	9	9	8	10
Oblačenje hlač / Putting on trousers	4	4	9	10
Slačenje hlač / Taking off trousers	8	8	10	10
Sezuvanje in obuvanje nogavic / Putting on and taking off socks	3	3	7	9
Sezuvanje in obuvanje čevljev / Putting on and taking off shoes	3	3	9	9
Povprečje / Mean	5,5	5,5	8,7	9,7

Legenda / Legend: P – ocena izvedbe aktivnosti/evaluation of performance; S – ocena zadovoljstva/evaluation of satisfaction; 1 – začetna ocena/assessment at the beginning; 2 – ocena ob koncu obravnave/assessment at the end.

Dosežki prvega testiranja s SHAP so pokazali zmanjšano funkcijo leve roke. Ob nadaljnjem spremljanju ob vključevanju v terapevtski program je prišlo do izboljšanja vseh prijemov. Pri izvedbi posameznih nalog je bilo mogoče opaziti manj nadomestnega gibanja. Težave so ostajale pri prijemu in dvigu težjih predmetov. Aktivnosti, ki zahtevajo fino motoriko ali uporabo moči, so bile zanjo naporne. Potrebovala je podaljšan čas izvedbe (Tabela 6). Upoštevali smo normativne vrednosti

za otroke od 7. leta naprej. Dosežki z levo roko so bili daleč pod mejo normativnih vrednosti (20).

Tabela 3. *Meritev grobe mišične moči z dinamometrom med rehabilitacijo.*

Table 3. *Measuring gross muscle strength with a dynamometer during rehabilitation.*

Datum / Date	Leva roka (normativ/izmerjena vrednost) Left hand (normative/measured value)	Desna roka (normativ/izmerjena vrednost) Right hand (normative/measured value)
24. 3. 2022	12,3 kg (SO: 2) / 0 kg	13 kg (SO: 2) / 4,9 kg
30. 6. 2022	12,3 kg (SO: 2) / 0 kg	13 kg (SO: 2) / 5,8 kg
21. 8. 2023	12,3 kg (SO: 2) / 2,7 kg	13 kg (SO: 2) / 7,5 kg
7. 9. 2023	12,3 kg (SO: 2) / 2,9 kg	13 kg (SO: 2) / 9,4 kg
23. 4. 2024	16 kg (SO: 3,8) / 1,7 kg	15 kg (SO: 3,1) / 9,6 kg
23. 5. 2024	16 kg (SO: 3,8) / 2,3 kg	15 kg (SO: 3,1) / 9,0 kg

Tabela 4. *Rezultati Testa škatle in kock med rehabilitacijo.*

Table 4. *Results of the Box and Blocks Test during rehabilitation.*

Datum / Date	Leva roka (normativ/izmerjena vrednost) Left hand (normative/measured value)	Desna roka (normativ/izmerjena vrednost) Right hand (normative/measured value)
24. 3. 2022	44,2 (SO: 6,6) / 11 kock (blocks)	44,7 (SO: 7,0) / 39 kock (blocks)
30. 6. 2022	44,2 (SO: 6,6) / 27 kock (blocks)	44,2 (SO: 6,6) / 45 kock (blocks)
21. 8. 2023	48,7 (SO: 4,4) / 35,6 kock (blocks)	50,3 (SO: 5,2) / 47 kock (blocks)
7. 9. 2023	48,7 (SO: 4,4) / 37,5 kock (blocks)	50,3 (SO: 5,2) / 52,2 kock (blocks)
23. 4. 2024	53,9 (SO: 6,3) / 30 kock (blocks)	55,4 (SO: 7,0) / 62 kock (blocks)
23. 5. 2024	53,9 (SO: 6,3) / 43 kock (blocks)	55,4 (SO: 7,0) / 60 kock (blocks)

Tabela 5. *Dosežki pri Testu devetih zatičev med rehabilitacijo.*

Table 5. *Results of the Nine-Hole Peg Test during rehabilitation.*

Datum/ Date	Leva roka (normativ/izmerjena vrednost) Left hand (normative/measured value)	Desna roka (normativ/izmerjena vrednost) Right hand (normative/measured value)
24. 3. 2022	25,9 s (SO: 5,2) / 0 s	22,5 s (SO: 2,3) / 27 s
30. 6. 2022	25,9 s (SO: 5,2) / 155,71 s	22,5 s (SO: 2,3) / 23,66 s
21. 8. 2023	25,9 s (SO: 5,2) / 56,04 s	22,5 s (SO: 2,3) / 19,03 s
7. 9. 2023	25,9 s (SO: 5,2) / 44,46 s	22,5 s (SO: 2,3) / 19,50 s
23. 4. 2024	21,2 s (SO: 3,2) / 74 s	18,7 s (SO: 1,9) / 15,05 s
23. 5. 2024	21,2 s (SO: 3,2) / 46,65 s	18,7 s (SO: 1,9) / 18,90 s

Tabela 6. Dosežki pri Southamptonskemu testu za ocenjevanje roke med rehabilitacijo.**Table 6.** Results of the Southampton Hand Assessment Procedure during rehabilitation.

Datum/ Date	Skupna ocena/ Index of Function Score	
	Leva roka/ Left hand	Desna roka/ Right hand
24. 3. 2022	31	88
30. 6. 2022	45	89
21. 8. 2023	71	96
7. 9. 2023	74	98
23. 4. 2024	52	95
23. 5. 2024	81	99

Legenda/ Legend: SO - standardni odklon/standard deviation

Opomba/ Note: Kot zadovoljiv se za dekličino starostno skupino (7 let) šteje rezultat z oceno – leva roka: 82 (SO: 8,0); desna roka: 83 (SO: 8,6). Kot zadovoljiv se za dekličino starostno skupino (8 let) šteje rezultat z oceno – leva roka: 92 (SO: 5,5); desna roka: 91 (SO: 8,1)./ For the girl's age group (7 years), the score is considered satisfactory with a score of – left hand: 82 (SD: 8.0); right hand: 83 (SD: 8.6). For the girl's age group (8 years), the score is considered satisfactory with a score of – left hand: 92 (SD: 5.5); right hand: 91 (SD: 8.1).

RAZPRAVA

Z analizo primera smo želeli prikazati potek in rezultate rehabilitacije otroka po zlomu spodnjega dela nadlahtnice in poškodbi vseh treh perifernih živcev, s poudarkom na delovnoterapevtski obravnavi. Glede na zelo pomanjkljivo funkcijo zgornjega uda distalno (rezultati začetne ocene) še več kot pol leta po okvari perifernega živčevja ter izbrane ciljne aktivnosti smo se odločili, da deklico vključimo v robotsko podprto vadbo na napravi AMADEO®. Pri oceni izboljšanja funkcije roke smo upoštevali dosežke ocen funkcijskega stanja ter ocene izvedbe in zadovoljstva z izvedbo izbranih ciljnih aktivnosti.

Wallen in Stewart (1) v svojem članku opozarjata, da lahko omejena funkcija zgornjih udov pomembno vpliva na samostojnost posameznika na področju dnevnih aktivnosti. Glede na to je bilo na začetku obravnave pomembno izvesti polstrukturirani intervju COPM, s pomočjo katerega je deklica izpostavila zanj problematična področja. To nam je bilo v pomoč pri postavljanju ciljev in načrtovanju terapevtskega programa. Deklica je po COPM izpostavila pet njej pomembnih aktivnosti, pri katerih je imela težave ali je potrebovala pomoč druge osebe (Tabela 1). Vse sodijo v nabor ožjih vsakodnevnih aktivnosti. Pri izvedbi teh aktivnosti jo je najbolj ovirala zmanjšana zmožnost aktivnega gibanja s prsti leve roke v smeri fleksije in ekstenzije, zmanjšana mišična moč in nezmožnost oblikovanja prijema. Tako pomembno zmanjšane zmožnosti so bile skladne z zelo nizkimi dosežki pri testiranju funkcije leve roke (Tabele od 3 do 6).

Avtorji več raziskav poudarjajo pomembnost intenzivne in ponavljajoče se vadbe na robotski napravi (3, 16, 21). V pregledu literature so Groleger Sršen in sodelavci potrdili učinkovitost

robotsko podprte rehabilitacije za izboljšanje funkcije roke pri otrocih in nato primerjali različne protokole vadbe (16). Avtorji, ki so poročali o pomembnem izboljšanju funkcije roke, so večinoma uporabili daljši protokol vadbe (povprečno 45 min/dan, 3-5-krat/ teden, 4 tedne) (16). Količina vadbe in postavitev protokola pomembno vplivata na doseganje ciljev in izboljšanje funkcije. Za izboljšanje zmožnosti gibanja je potreben večji skupni obseg vadbe (30 do 40 ur), kot pa če je obravnava usmerjena zgolj v doseganje ciljev ali v iskanje strategij za lažjo izvedbo. Jackman in sodelavci so v svoji raziskavi ugotovili, da so otroci bolj motivirani za vadbo in lahko potrebujejo krajši skupni čas vadbe (14 do 25 ur), če si izberejo lastne, individualne cilje (21). V naši analizi primera je bila deklica v obravnavo sprva vključena 12 tednov, s srečanji 3-krat tedensko, po 45 minut, kar skupno znaša 27 ur treninga na AMADEO®. Ob nadaljnjih obravnavah smo jo vključili v bolj strnjen program (3 tedne, s srečanji 2-krat dnevno, po 45 minut), skupno 24 vadbenih enot. Ob tako intenzivnem programu vadbe na robotski napravi z deklico dnevnih aktivnosti v terapevtskih prostorih nismo izvajali.

S pomočjo robotsko podprte rehabilitacije in uporabe navidezne resničnosti lahko še povečamo otrokov interes in njegovo pripravljenost za sodelovanje. Ustvarjanje določene stopnje zabave preko iger in virtualne resničnosti lahko poveča otrokovo pozornost in vztrajnost v rehabilitacijskem procesu (3). Pri izboru iger smo sledili dekličinemu napredku, tako da smo upoštevali ravno pravšnjo stopnjo težavnosti, poleg tega pa ohranjali njeno motivacijo za nadaljnjo vadbo. Pričeli smo z aktivnimi asistiranimi vajami za povečanje obsega gibljivosti v smeri krčenja in iztegovanja prstov, nato pa postopoma prešli na zahtevnejše igre z eno- ali dvodimenzionalnimi gibi. Iz vadbe funkcijskih prijemov smo prešli na selektivne gibe prstov in vaje proti upor. Zahtevnost igre smo povečali tudi s hitrejšim dogajanjem v igri ali podaljšanim časom igre, kot je to opisano tudi v drugih raziskavah (5, 16).

Poleg stopnjevanja težavnosti vadbe na robotski napravi in napredka v funkciji smo opazili tudi uspešen prenos pridobljenih veščin v izvedbo izbranih ciljnih aktivnosti. Deklica je oceno s COPM izboljšala za več kot tri oz. celo štiri točke (Tabela 1), kar je po naših kliničnih izkušnjah velika razlika. Tudi avtorji COPM menijo, da je sprememba v oceni izvedbe in zadovoljstva z izvedbo aktivnosti, ki je večja od dveh točk, klinično pomembna (8). Po drugi strani pa McCollova s sodelavci glede na rezultate pregledne raziskave (22) tej oceni klinično pomembne razlike nasprotuje. Opravili so namreč pregled 100 raziskav in poročali, da so COPM uporabili za oceno učinkovitosti osmih vrst terapevtskih pristopov v okviru delovne terapije, vendar z rezultati raziskav niso podprli meje dveh točk za klinično pomembno razliko.

Prvo ocenjevanje na področju funkcije roke, ki smo ga glede na sposobnosti deklice lahko izvedli, je bil test AHA. Z njim pridobimo vpogled v to, kako otrok uporablja okvarjeno (podporno) roko pri soročnih aktivnostih. Po zaključenem treningu na robotski napravi Armeo® smo test ponovili, saj je bilo to edino ocenjevanje (poleg COPM), s katerim smo lahko merili napredek v začetni fazi rehabilitacije. Deklica je ob drugem ocenjevanju dosegla 8 točk več (Tabela 2), kar precej presega mejo za klinično pomembno razliko (4 točke ali več) (9).

Kasneje v rehabilitaciji se je funkcija roke izboljšala do te mere, da smo napredek lahko merili tudi z ostalimi ocenjevanji. Boljši dosežki le-teh prav tako kažejo na izboljšanje v funkciji. Rezultate meritev mišične moči z dinamometrom ter testov B&B in NHPT smo nato primerjali z normativnimi vrednostmi, pri katerih pa je deklica še vedno odstopala glede na sovrstnike (Tabele od 3 do 6) (17 – 19). Številne raziskave poročajo o uporabnosti omenjenih ocenjevanj za merjenje napredka pri robotsko podprti rehabilitaciji, saj nam le-te omogočajo vpogled v grobe in finomotorične spretnosti ter grobo mišično moč (16, 23). Za uporabljena ocenjevanja na področju funkcije rok ni raziskanih ali določenih mej za klinično pomembne razlike. Rezultate lahko zgolj primerjamo z normativnimi vrednostmi določene starostne skupine (17 – 19). Za natančnejšo oceno enoročnih funkcijskih prijemov in njihovo uporabo pri izvedbi simuliranih dnevnih aktivnosti smo v našem primeru uporabili test SHAP (Tabela 6). Normativov za otroke v starosti 6 let sicer ni, vendar nam da test dober vpogled v sposobnost oblikovanja prijemov in njihov prenos v funkcijo oz. aktivnost (20).

Rezultati ocenjevalnih instrumentov so potrdili, da je robotsko podprta rehabilitacija učinkovita metoda za izboljšanje funkcije roke, zastavljen protokol pa je bil dovolj intenziven. Pomembno je upoštevati edinstvenost vsakega primera otroka z omejeno funkcijo roke in prilagajanje terapevtskih pristopov njihovim specifičnim potrebam in ciljem. Čeprav so raziskave, vključno z našo, pokazale obetavne rezultate pri uporabi robotskih naprav, so potrebne nadaljnje raziskave za še boljše razumevanje in optimizacijo njihove uporabe pri rehabilitaciji otrok po poškodbah (24, 25).

ZAKLJUČEK

Robotsko podprta vadba s pomočjo naprave AMADEO® se je izkazala kot učinkovita metoda za izboljšanje funkcije roke pri otrocih po poškodbi zgornjega uda. Študija primera je pokazala pomembne izboljšave v funkcionalnem stanju deklice, kar je potrdilo tudi povečano zadovoljstvo in samostojnost pri izvajanju dnevnih aktivnosti. Intenzivnost vadbe in prilagodljivost terapevtskih pristopov glede na individualne potrebe otroka sta ključna dejavnika pri doseganju uspeha v rehabilitaciji.

Literatura:

- Wallen M, Stewart K. Upper limb function in everyday life of children with cerebral palsy: description and review of parent report measures. *Disabil Rehabil.* 2015; 37(15):1353–61.
- Yamamoto H, Takeda K, Koyama S, Morishima K, Hirakawa Y, Motoya I, et al. Relationship between upper limb motor function and activities of daily living after removing the influence of lower limb motor function in subacute patients with stroke: a cross-sectional study. *Hong Kong J Occup Ther.* 2020;33(1):12–7.
- Moulaei K, Bahaadinbeigy K, Haghdostd AA, Nezhad MS, Sheikhtaheri A. Overview of the role of robots in upper limb disabilities rehabilitation: a scoping review. *Arch Public Health.* 2023;81(1):84.
- Jung J, Lee H, Cho D, Lim JE, Lee B, Kwon S, et al. Effects of combined upper limb robotic therapy in patients with tetraplegic spinal cord injury. *Ann Rehabil Med.* 2019; 43:445–57.
- Amadeo: finger-hand-rehabilitation. *Bahnhofgürtel: Tyromotion.* Dostopno na: <https://tyromotion.com/en/products/amadeo/> (citirano 13. 3. 2024).
- Armeo spring pediatric. Dostopno na: <https://www.hocoma.com/solutions/armeio-spring/> (citirano 19. 3. 2024).
- Švajger A, Pihlar Z, Šuc L. Ocenjevanje v delovni terapiji: metode na ravni dejavnosti in sodelovanja ter vpliva okolja v rehabilitaciji. *Rehabilitacija.* 2016;15(1):33–43.
- Carswell A, McColl MA, Baptiste S, Law M, Polatajko H, Pollock N. The Canadian Occupational Performance Measure: a research and clinical literature review. *Can J Occup Ther.* 2004;71:210–22.
- The Assisting Hand Assessment. Dostopno na: <https://ahanetwork.se/assessments/> (citirano: 26. 3. 2024).
- Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing.* 2011;40(4):423–9.
- Liang KJ, Chen HL, Shieh JY, Wang TN. Measurement properties of the box and block test in children with unilateral cerebral palsy. *Sci Rep.* 2021;11(1):20955.
- Moreno-Morente G, Hurtado-Pomares M, Terol Cantero MC. Bibliometric analysis of research on the use of the Nine Hole Peg Test. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(16):10080.
- Kyberd P, Murgia A, Gasson M, Tjerks T. Case studies to demonstrate the range of application of the Southampton Hand Assessment Procedure. *Br J Occup Ther.* 2009; 72:212–8.
- McGee C, Skye J, Van Heest A. Graded motor imagery for women at risk for developing type I CRPS following closed treatment of distal radius fractures: a randomized comparative effectiveness trial protocol. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):202.
- Pišek I, Hlebsš S, Puh U. Terapija z ogledalom za zgornji ud pri pacientu po možganski kapi – poročilo o primeru. *Rehabilitacija.* 2012;11(1):64–9.
- Groleger Sršen K. Učinkovitost robotsko podprte vadbe za izboljšanje funkcije roke pri otroku z okvaro osrednjega živčevja: pregled literature. *Rehabilitacija.* 2022;21(1):88–95.
- Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers, S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66(2):69–74.
- Jongbloed-Pereboom M, Nijhuis-van der Sanden MW, Steenbergen B. Norm scores of the box and block test for children ages 3-10 years. *Am J Occup Ther.* 2013;67(3):312–8.
- Poole JL, Burtner PA, Torres TA, McMullen CK, Markham A, Marcum ML, et al. Measuring dexterity in children using the Nine-hole Peg Test. *J Hand Ther.* 2005;18(3):348–51.
- Šuc L, Pihlar Z, Kovačič T, Poljšak I, Renuša A, Ribanović A, et al. Normativni podatki za Southamptonski test za ocenjevanje roke (SHAP) za otroke v Sloveniji. *Rehabilitacija.* 2018;17(2):4–11.
- Jackman M, Lannin N, Galea C, Sakzewski L, Miller L, Novak I. What is the threshold dose of upper limb training for children with cerebral palsy to improve function? A systematic review. *Aust Occup Ther J.* 2020;67(3):269–80.
- McColl MA, Denis CB, Douglas KL, Gilmour J, Haveman N, Petersen M, et al. A clinically significant difference on the COPM: a review. *Can J Occup Ther.* 2023;90(1):92–102.

23. Baldan F, Turolla A, Rimini D, Pregolato G, Maistrello L, Agostini M, et al. Robot-assisted rehabilitation of hand function after stroke: development of prediction models for reference to therapy. *J Electromyogr Kinesiol.* 2021;57:102534.
24. Johansen T, Sørensen L, Kolskår KK, Strøm V, Wouda MF. Effectiveness of robot-assisted arm exercise on arm and hand function in stroke survivors - a systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Assist Technol Eng.* 2023;26:10:20556683231183639.
25. Sale P, Lombardi V, Franceschini M. Hand robotics rehabilitation: feasibility and preliminary results of a robotic treatment in patients with hemiparesis. *Stroke Res Treat.* 2012;2012:820931.