

# UČINKOVITOST ROBOTSKE PODPRTE VADBE ZA IZBOLJŠANJE FUNKCIJE ROKE PRI OTROKU Z OKVARO OSREDNJEGA ŽIVČEVJA: PREGLED LITERATURE

## EFFICIENCY OF ROBOT-ASSISTED TRAINING FOR IMPROVING HAND AND ARM FUNCTION IN A CHILD WITH BRAIN IMPAIRMENT: LITERATURE REVIEW

doc. dr. Katja Groleger Sršen<sup>1, 2</sup>, dr. med.

<sup>1</sup>Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta

### Povzetek

#### Izhodišča:

Za izboljšanje funkcije roke pri otroku s hemiparetično obliko cerebralne paralize je na voljo več terapevtskih metod, od terapije z omejevanjem funkcije neokvarjene roke in vadbe soročnih aktivnosti do uporabe toksina botulina in ortoz. V zadnjem času se uveljavlja tudi robotsko podprta vadba v navideznem okolju, ki omogoča večje število ponovitev usmerjenih gibov roke, kar naj bi prispevalo k izboljšanju funkcije. S pregledom literature smo želeli preveriti, koliko so stari otroci, ki jih po svetu vključujejo v vadbo na tej napravi, s katerimi diagnozami, kakšen je protokol dela in katere teste uporabljajo za oceno izboljšanja funkcije roke.

#### Metode:

V zbirki PubMed smo s pomočjo ključnih besed »otrok«, »roka«, »robotsko podprta vadba«, »Armeo«, »rehabilitacija« poiskali vse članke, ki so bili objavljeni do 31. 1. 2022. Dodatne članke smo iskali na spletni strani proizvajalca.

#### Rezultati:

Našli smo 65 različnih člankov, vendar jih je le osem ustrezalo vključitvenim merilom. Na spletni strani proizvajalca smo našli še šest člankov o rabi naprave pri otrocih, od tega so bili glede na prvo iskanje novi trije. V raziskave vključeni otroci so bili večinoma najstniki, mlajši pa stari vsaj pet ali šest let.

### Abstract

#### Background:

Several therapeutic methods are available to improve hand function in a child with hemiparetic cerebral palsy, from constraint-induced manual therapy and bimanual therapy, to the use of botulinum toxin and orthoses. Recently, robot-assisted exercise in virtual environment has also become popular. It enables a high number of repetitions of directed hand movements, which should contribute to improving function. By reviewing the literature, we wanted to check what is the age of children included in the exercise on the ArmeoSpring Pediatric device, what are their diagnoses, what is the work protocol and what tests are used to assess the improvement of hand function.

#### Methods:

We searched the PubMed database for all articles that were published until 31st January 2022 using the with keywords »child«, »arm«, »robot-supported exercise«, »Armeo« and »rehabilitation«. Additional articles were found on the manufacturer's website.

#### Results:

We found 65 articles, but only eight of them met the inclusion criteria. On the manufacturer's website, we found six additional articles, three of which were new with respect to the first search. The included children were mostly teenagers, and the younger

Prevladovala je diagnoza cerebralna paraliza. Posamezna vadba na robotski napravi večinoma traja do 45 minut, od 2x do 5x/teden, štiri tedne. Za oceno vpliva na funkcijo roke so avtorji novejših raziskav najpogosteje uporabili Melbournski test za oceno enostranske funkcije roke in Test za oceno kakovosti funkcije zgornjega uda. Avtorji vključenih raziskav so potrdili učinkovitost robotsko podprte vadbe.

### Zaključek:

Vadba na napravi Armeo Spring Pediatric se vedno bolj uveljavlja v programih rehabilitacije otrok z enostransko okvaro funkcije roke v sklopu cerebralne paralize, pa tudi po nezgodni poškodbi in drugih okvarah možganov. Avtorji večine raziskav so poročali o pomembnem izboljšanju funkcije roke. Izboljšanje so ugotovili tudi na področju izvedbe izbranih ciljev in zadovoljstva z izvedbo.

### Ključne besede:

otrok; hemipareza; roka; funkcija; robotsko podprta vadba; ArmeoSpring

*ones were at least five or six years old. The diagnosis of cerebral palsy was predominant. Individual training on a robotic device mostly lasts up to 45 minutes, from 2 to 5 times per week, for four weeks. To assess the impact on arm function, the authors of the most recent studies mainly used the Melbourne Assessment of Unilateral Lateral Hand Function and the Quality of Upper Extremity Skills Test. The authors of the included studies confirmed the effectiveness of robot-assisted exercise.*

### Conclusion:

*Training on the Armeo Spring Pediatric device is gaining ground in rehabilitation programs for children with unilateral hand dysfunction as part of cerebral palsy, as well as after traumatic brain injury and other brain impairments. The authors of most studies have reported significant improvements in arm function. Improvements were also observed in the implementation of selected objectives and satisfaction with the implementation.*

### Key words:

*child; hemiparesis; hand; function; robot-supported exercise; ArmeoSpring*

## UVOD

Pri otrocih po enostranski okvari možganov v zgodnjem razvoju, še posebej pri otrocih s cerebralno paralizo (CP), za izboljšanje okvarjene funkcije roke uporabljamo več različnih terapevtskih pristopov. Poleg terapije z omejevanjem funkcije neokvarjene roke (*angl.* Constrained Induced Manual Therapy, CIMT) (1) so Novakova in sodelavci (2) za izboljšanje funkcije roke pri otrocih s CP kot dokazano učinkovite priporočili tudi učenje soročnih aktivnosti (3, 4), kombinacijo uporabe toksina botulina z delovno terapijo, učenje z opazovanjem aktivnosti (5, 6), učenje v obogatenu okolju (7), vadbo v domačem okolju (8) in usmerjeno vadbo glede na izbrane cilje (9). Med terapevtskimi programi, ki so verjetno učinkoviti, vendar za to (še) ni dovolj trdnih dokazov, sodijo še transkranijska električna simulacija z direktnim tokom (tDSC) (10), vadba za izboljšanje mišične moči (11), uporaba ortoz za roko in toksin botulina v kombinaciji z ortozami.

K že uveljavljeni vadbi soročnih aktivnosti za izboljšanje funkcije roke pri otrocih s hemiparetično obliko CP smo na Oddelku za (re)habilitacijo otrok Univerzitetnega rehabilitacijskega inštituta Republike Slovenije – Soča (URI – Soča) v letu 2006 dodali CIMT. Analiza rezultatov je potrdila, da je pristop učinkovit, vendar se je ob spremljanju otrok v daljšem časovnem obdobju izkazalo, da se funkcija okvarjene (podporne) roke postopno spet poslabša (12). Vadbi za izboljšanje izbranih aktivnosti (ciljev) (13) smo v letu 2015 dodali tudi vadbo za robotski napravi Armeo Spring Pediatric (14).

## Program vadbe na napravi Armeo Spring Pediatric

V program večinoma vključujemo otroke z enostransko okvaro v sklopu cerebralne paralize, stanja po nezgodni poškodbi možganov in okvaro brahialnega plečja. Poleg tega je merilo za vključitev tudi dolžina nadlahti od 155 do 235 mm, dolžina podlahti od komolca do osi prijema od 230 do 370 mm (15). V program ne vključujemo otrok, ki imajo hudo osteoporozo, stanja po svežih poškodbah skeleta ali mehkih tkiv, močno omejeno gibljivost sklepov, motnje občutenja kože, delni izpah ramenskega sklepa ali bolečine, hudo spastičnost, diskinezije, šibke kognitivne zmožnosti, slabovidnost ali fotosenzitivno epilepsijo.

Vadbo in potek terapije individualno prilagodimo glede na potrebe in zmožnosti otroka. Pred začetkom roko, s katero bo otrok vadil, namestimo na robotsko vodeno roko, nato opravimo uvodno ocenjevanje, ki vključuje meritve obsega aktivnih gibov v ramenskem, komolčnem sklepu in zapestju (A-ROM). S to oceno določimo največji možni obseg aktivnega giba roke, s tem pa meje obsega gibanja v posameznih ravninah pri igrah. Sledi ocena obsega delovnega področja gibanja roke (A-MOVE), ki nato določa, kam na zaslonu bodo postavljeni predmeti in kakšno nalogo bo otrok lahko izvajal. Tretja ocena, ki jo opravimo, je ocena natančnosti pri potovanju z roko skozi prostor (A-GOAL). Otrok pri igri z roko potuje od točke A do točke B, pri čemer naj bi bila pot čim krajša, zadetek tarče na koncu poti pa čim bolj natančen (15).

Načrt vadbe vključuje seznam vaj in/ali ocenjevanj. Glede na izhodiščno oceno se odločimo, katere vaje oziroma ocenjevanja so potrebna za otroka, kakšen bo njihov vrstni red, zahtevnost in trajanje (lahko izbere eno, dve ali več spremenljivk). Glede na dosežke pri ocenjevanju določimo oz. prilagodimo območje vadbe in število dimenzij gibanja (od ene do treh). Poleg tega lahko prilagodimo tudi druge značilnosti, kot je npr. sila pritiska ročice. Vadbeno območje prilagodimo glede na cilj terapije, npr. za vadbo koordinacije gibanja izberemo manjše vadbeno območje, za izboljšanje obsega giba pa večje območje vadbe (15).

Vsaka od izbranih vaj ima tudi več stopenj zahtevnosti glede na število, velikost in razporeditev predmetov, ki jih je treba izbrati ali se jim izogniti, glede na slikovne podrobnosti (kako podrobno bo ozadje vaje in koliko bo motečih elementov) in trajanje igralne aktivnosti (od dveh do 15 minut). Običajno začnemo z zmanjšanim območjem gibanja, ki je otrokovo delovno območje za igro. Ko otrok pri izvajanju igre postaja bolj uspešen in obvladuje začetno delovno območje, ga lahko postopno povečujemo. Zahtevnost igre lahko povečamo tudi s hitrejšim dogajanjem v igri, podaljšanim časom igre in zmanjševanjem podpore, ki jo nudi ortoza robotske naprave. Raznolikost izvedbe omogoča tudi sproščanje ali zaklepanje gibanja v posameznem sklepu na robotski ortozi.

Glede na spodbudne rezultate, ki so jih dosegli otroci v našem terapevtskem programu (14), in stopnjo priporočila Novakove v pregledu literature v letu 2019 (2) (program je verjetno učinkovit) nas je zanimalo, kakšni so rezultati novejših raziskav v tujini, še posebej, ker je po podatkih na spletni strani podjetja, ki izdeluje Armeo Spring Pediatric, po svetu že 114 takšnih robotov (15). Zanimalo nas je, koliko so stari otroci, ki jih po svetu vključujejo v vadbo na tej napravi, s katerimi diagnozami, kakšen je protokol dela in katere teste uporabljajo za oceno izboljšanja funkcije roke.

## Metode

V zbirki PubMed smo s pomočjo ključnih besed »otrok«, »roka«, »robotsko podprta vadba«, »Armeo«, »rehabilitacija« poiskali vse članke, ki so bili objavljeni do 31. 1. 2022. Upoštevali smo vključitvena merila: članki v angleščini; originalne raziskave o učinkih vadbe na robotsko vodenih terapevtskih programih za izboljšanje funkcije roke pri otrocih, brez preglednih člankov. S pomočjo različnih kombinacij ključnih besed smo našli 65 različnih člankov, vendar jih je vključitvenim merilom ustrezalo le osem. Kar nekaj člankov je bilo s področja odraslih po možganski kapi, veliko pa tudi z ostalih področij robotike, npr. robotsko vodenega kirurškega zdravljenja. Preverili smo tudi, kateri članki so kot referenca za vadbo na Armeo Spring Pediatric na voljo na spletni strani podjetja Hocoma (15). S seznama 61 člankov je bilo le šest člankov o rabi naprave pri otrocih (od tega trije novi glede na prvo iskanje).

## Rezultati

Podatki o starosti otrok, protokolu dela, ocenjevalnih instrumentih in rezultatih raziskav so povzeti v Tabeli 1. Raziskave so razvrščene po letnici objave članka.

Otroci, ki so bili vključeni v raziskave o oceni učinka vadbe na robotski napravi Armeo Spring Pediatric, so bili večinoma najstniki, mlajši pa stari vsaj pet ali šest let. Večinoma so bili v vadbo vključeni otroci s CP. Posamezna vadba na robotski napravi je potekala od 25 ali 30 (16) do 45 minut (17, 18). Otroci so bili v vadbo vključeni od 2x do 5x/teden, programi so večinoma trajali štiri tedne (17, 18). V nekaj primerih je bilo skupno trajanje vadbe od 300 do 410 minut (16), večinoma pa dlje, 900 (17, 18) ali celo več kot 1000 minut (19). V raziskavah je viden trend daljšanja časa vadbe z leti, čeprav povsem jasnega pravila ni.

Za oceno vpliva na funkcijo roke so avtorji novejših raziskav najpogosteje uporabili Melbournski test za oceno enostranske funkcije roke (*angl.* Melbourne Assessment of Uni-lateral Hand Function, MUUL) (20) in Test za oceno kakovosti funkcije zgornjega uda (*angl.* Quality of upper Extremity skills test, QUEST) (21), ostale teste pa redkeje. Kar v štirih raziskavah so učinek vadbe ocenjevali s pomočjo kinematike oz. ocene poseganja; drugi so želeli oceniti ev. vpliv na aktivacijo mišic (EMG), koordinacijo vida in gibanja ter zmožnost zapisovanja. Nekaj avtorjev raziskav je želelo ugotoviti, kako vadba na robotski napravi vpliva na spastičnost oz. obseg in način grobega gibanja ter mišično moč (Tabela 1). Le v redkih primerih so avtorji razmišljali, da bi preverili tudi morebitni napredek na področju izvedbe in zadovoljstva z izvedbo izbranih ciljnih aktivnosti ali napredek pri širšem naboru funkcijskih zmožnosti (Tabela 1). Tako so Turconi in sod. (22) poleg ocene funkcije roke analizirali tudi morebitno izboljšanje na področju aktivnosti in sodelovanja: kode o drobno gibalnih spretnostih (D440), uporabi roke (D445), skrbi zase (D510, D540) in pisanju ter komunikaciji (D170, D360.1). Do izboljšanja je prišlo tudi pri aktivnostih, ki niso bile vključene v vadbo (pisanje, zmožnost diskriminacije vidnih dražljajev). Avtorji menijo, da verjetno zaradi vidne povratne informacije in spodbujanja vidne pozornosti, ki jo potrebujejo otroci med vadbo na robotski napravi (22).

## Razprava

Zanimalo nas je, koliko so stari otroci, ki jih v raziskavah v tujini vključujejo v vadbo na Armeo Spring Pediatric, s katerimi diagnozami, kakšen je protokol dela in katere teste uporabljajo za oceno izboljšanja funkcije roke.

Starost najmlajših otrok od pet do šest let je pogojena z dolžino otrokove roke. Zaradi tehničnih značilnosti naprave je pogoj za vključitev v vadbo dolžina nadlahti vsaj 155 mm, dolžina podlahti od komolca do osi prijema pa vsaj 230 mm. V večino raziskav so bili vključeni samo otroci s CP (16, 23–26, 28, 29). Avtorji dveh raziskav so v vadbo na Armeo Spring vključili tudi otroke in mladostnike po nezgodni poškodbi možganov (NPM) (18, 27). Večina raziskav je predvidela protokol dela 45 minut, vsaj 3x/ teden, štiri tedne (Tabela 1). Le v eni od raziskav so otroke v program vadbe vključevali 2x/dan (22). Uporabljeni testi za spremljanje učinka vadbe so bili predvsem na začetku zelo raznoliki, v zadnjem obdobju pa se avtorji odločajo predvsem za uporabo testov MUUL in QUEST (Tabela 1). Slednji je namenjen oceni

**Tabela 1:** Glavne značilnosti raziskav o učinkovitosti vadbe na robotsko vodeni vadbi za izboljšanje funkcije okvarjene roke.**Table 1:** Main features of research studies on efficiency of robotic guided training for improvement of impaired hand/arm function.

Avtorji/ Authors	Udeleženci (povprečna starost)/ Participants (mean age)	Protokol/ Protocol	Ocenjevalni instrumenti/ Evaluation measurements	Rezultati/ Results
Turconi et al., 2015 [22]	N=10 CP, dipareza (11,2 leta)	45 minut 10x/teden 4 tedne	Tapkanje s konico prsta, QUEST, MUUL, VMI, VPS, MAS, NEPSY II, MKF	izboljšanje funkcije roke, ne pa tudi zmanjšanje spastičnosti ali povečanje mišične moči; prenos na aktivnosti vsakodnevnega življenja; brez ocene o daljšem učinku
Peri et al., 2016 [23]	N=14 CP (ni podatka o obliki) (8 do 16 let)	30 minut 4–5x/teden 3–4 tedne	MUUL ocena z lastnim indeksom izvedbe	statistično značilno izboljšanje; predlog indeksa za oceno izvedbe nalog
Krishnaswamy et al., 2016 [24]	N=6 CP, hemipareza (10,8 leta)	30–40 min 3x/teden 6–8 tednov	JTT, BBT, AHA	napredek viden pri nekaterih otrocih
Picelli et al., 2017 [16]	N=10 CP, hemipareza (14,2 leta); kontrolna skupina 11 zdravih vrstnikov	30 minut 5x/teden 2 tedna; vadba na napravi z neokvarjeno roko oz. dominantno roko	NPH, JTT, TPK	začetni dosežki z neokvarjeno roko otrok s CP so bili nižji od dosežkov zdravih vrstnikov z dominantno roko; izboljšanje ocen JT in TPK
Keller et al., 2017 [25]	N=11 CP, različne oblike (13,3 leta)	70 minut v treh dneh	kinematika, BBT, MUUL	izboljšanje dosežka pri izbrani igri na Armeo Spring in pri BBT; tudi še en dan po vadbi
El-Shamy, 2017 [26]	N=30 (6–8 let) CP, hemipareza; naključno razdeljeni v dve skupini (Armeo Spring ali običajna delovna terapija)	45 minut 3x/teden 12 tednov	MAS, QUEST	Otroci po vadbi na Armeo so dosegli značilno boljše rezultate v primerjavi z otroki v običajni terapiji.
Beretta et al., 2018 [27]	N=18 NPM, CVI, encefalitis: hemipareza (12,2 leta), povprečno 1,25 leta od poškodbe, začetka bolezni	1. del: 45 minut 5x/teden 4 tedni fizioterapija za učenje grobega in finega gibanja 2. del: 4 tedne 3 ure/dan CIMT ali 45 minut 5x/teden Armeo	QUEST, MUUL, GMFM, kinematika pri poseganju v vodoravni in navpični ravnini	funkcijsko izboljšanje v skupini CIMT največje; značilno izboljšanje pri MUUL v skupini Armeo, čeprav je bila ta skupina v izhodišču slabša; značilno izboljšanje pri QUEST po fizioterapiji
Biffi et al., 2018 [18]	N=21 (CP) 10,8 leta N=22 (NPM) 14,4 leta	45 minut 5x/teden 4 tedne	QUEST, MUUL, kinematika	klinično pomembno izboljšanje v obeh skupinah pri obeh testih; izboljšanje hitrosti, tekočem gibanju, natančnosti gibov in kinematiki gibanja (natančnost, hitrost, gladkost gibanja, učinkovitost gibanja)
Cimolin et al., 2018 [28]	N=21 CP, hemipareza kontrolna skupina (N=15)	45 minut 5x/teden 4 tedne	QUEST, MUUL, kinematika	izboljšanje pri vseh dosežkih, vključno s trajanjem gibanja, hitrostjo in gladkostjo gibanja
Roberts et al., 2020 [29]	N=31 CP, hemipareza	kombinacija CIMT z vadbo 6 ur/dan + 30 minut robotske vadbe/dan 14 dni	AHA, MUUL, COPM	klinično in statistično pomembno izboljšanje dosežkov AHA in COPM; MUUL le statistično pomembno izboljšanje; učinki so vztrajali tudi 6 mesecev po zaključku

**Legenda/Legend:** CP – cerebralna paraliza/cerebral palsy; NPM – nezgodna poškodba možganov/traumatic brain injury; QUEST – Test za oceno kakovosti funkcije zgornjega uda/Quality of Upper Extremities Skills Test; MUUL – Melbournski test za oceno enostranske funkcije roke/Melbourne Assessment of Uni-lateral Hand Function; VMI – Beery-Buktenica razvojni test za oceno vidno-motorične integracije/Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration; VPS – Test za oceno vidnega zaznavanja/Test of Visual Perceptual Skills; MKF – Mednarodna klasifikacija funkcioniranja/International classification of functioning; JTT – Jebsen-Taylor test za oceno funkcije roke/Jebsen-Taylor Test of Hand Function; BBT – Test škatle in kocke/Box and block test; AHA – Test za oceno podporne roke/Assisting Hand assessment; NPH – Test 9 zatičev/Nine Peg Hole test; TPK – Test palice in kladiva; MAS – Modificirana Ashworthova lestvica/Modified Ashworth scale; GMFM – Test za oceno grobih zmožnosti gibanja/The Gross Motor Function measure; PEDI – Vprašalnik za oceno funkcijskih zmožnosti otroka/Pediatric Evaluation of Disability Inventory; COPM – Kanadski test za ocenjevanje izvedbe dejavnosti/Canadian Occupational Performance Measure

kakovosti gibanja (21), ki ni nujno povezana z boljšo funkcijo pri otrocih s CP (22). Še posebej se je pri tej skupini otrok pomembno zavedati, da so njihove funkcijske težave zelo zapletene. Za vključevanje otrok s CP v vadbo na robotski napravi namreč poleg motenj občutenja položaja telesa izziv za izvajanje programa predstavljajo tudi težave pri načrtovanju in izvedbi gibanja, motnje vida in sluha, vidno-prostorske koordinacije, motnje pozornosti, slabše razumevanje navodil in slabše učenje. Glede na pogostnost teh motenj je treba otroke s CP usmerjeno pregledati in opraviti dodatne preiskave. Še posebej pomemben je podatek, da imajo otroci s hemiparetično obliko CP okvaro vida precej pogosto, kar v 78 % (30), redkeje pa težave pri prepoznavanju barv (31). Za izključitev homonimne hemianopsije ali težav z vidno pozornostjo na strani hemipareze pri tej skupini otrok Dutton svetuje presejanje z delom vprašalnika za presejanje otrok z motnjami vida (32): Pusti hrano na levi ali desni strani krožnika? Ali otrok težko najde začetek vrstice, ko bere? Ali težko najde naslednjo besedo, ko bere? Se težko umakne prometu? Se zaleti v podboj vrat ali delno odprta vrata? Spreglela slike ali besede na eni strani revije, knjige? (32).

Avtorji v pregled vključenih raziskav zmožnosti vida pri vključevanju otrok v terapevtski program večinoma niso upoštevali. Turconi in sodelavci so kot merilo upoštevali vidno ostrino več kot 3/10 po Snellenu, kar ustreza normalni ali le blago zmanjšani vidni ostrini (22). Ker so vključili otroke z diparetično obliko CP, po GMFCS lestvici od 1. do 4. stopnje (Lestvica za razvrščanje otrok s CP glede na grobe zmožnosti gibanja) (33), bi pri njih lahko pričakovali težave ne le pri vidni ostrini, temveč tudi pri zaznavanju vidnih dražljajev, torej pri sposobnosti razumeti, kaj vidimo, kar vpliva na načrtovanje gibanja pri aktivnosti rok (34). Upoštevali so tudi oceno kognitivnih zmožnosti in ugotovili, da imajo otroci v raziskovalni skupini precej boljše besedne kot nebesedne sposobnosti. Skupni dosežki so bili mejni glede na normativne vrednosti za zdrave vrstnike, vendar niso bili povezani s stopnjo GMFCS in MACS (Lestvica za razvrščanje otrok s CP glede na funkcijo rok (35)) (22).

Keller in sodelavci so pri naboru otrok s CP upoštevali starost, zmožnost razumevanja navodil, funkcijo rok (MACS 3. stopnja ali manj) in zmožnost, da sedijo v pokončnem položaju 45 minut (25). Izključili so otroke, ki imajo motnje vida, na svetlobo občutljivo obliko epilepsije, so bili zdravljeni kirurško ali s toksinom botulina. Funkcijske zmožnosti na področju grobega gibanja so opredelili s stopnjo GMFCS (1. do 4.), celostno funkcioniranje z Lestvico funkcijske neodvisnosti (FIM). Zanimivo je, da so v vadbo vključili zelo mešano skupino otrok s CP (tudi otroke z distonijo in ataksijo), kljub temu pa so lahko ugotovili pomembno izboljšanje tako kinematičnih značilnosti gibanja roke kot tudi funkcijskih zmožnosti, vključno s tistimi, ki jih otroci niso vadili, kar kaže na prenos naučenih funkcijskih zmožnosti gibanja. Ker je bil protokol vadbe zelo kratek (70 minut v treh dneh), ni prišlo do pomembnega izboljšanja dosežkov pri testu MUUL, hkrati pa so otroci izboljšanje ostalih dosežkov zadržali od 24 ur do največ osem dni. Upad zmožnosti je pričakovan, saj je za dolgotrajnejši učinek potreben precej daljši program. To so potrdili že Friellova in sodelavci (36), ki so uporabili enopulzno transkranično

magnetno stimulacijo (TMS) za priklic gibanja izbranih mišic prstov in zapestja okvarjene roko in potrdili, da je intenzivna vadba (strukturirana soročna CIMT 6 ur/dan, 15 dni, skupno 90 ur) značilno povečala površino motorične skorje, pri čemer je bilo povečanje vidno tako po zaključku vadbe (23,3 %) kot tudi ob ponovni oceni po šestih mesecih (34,9 %). Povečanje je bilo statistično pomembno večje od enako obsežne nestrukturirane vadbe v kontrolni skupini mladostnikov s CP. Razporeditev otrok glede na ipsilateralno ali kontralateralno inervacijo okvarjene roke je bila enakomerna med obema skupinama. Napredek otrok je bil odvisen od načina vadbe in neodvisen od strani inervacije (36). Potrdili so tudi, da se površina motorične skorje, ki je odgovorna za aktivnost okvarjene roke, brez usmerjenega programa vadbe ne spremeni. Stopnja procesov plastičnosti naj bi bila enaka pri ipsi- in kontralateralni inervaciji okvarjene roke. Ker je do funkcijskega napredka prišlo pri obeh skupinah otrok, so zaključili, da lahko do izboljšanja funkcije pride tudi brez jasnih sprememb v motorični skorji; to so potrdili že v eni od predhodnih raziskav (37). Avtorji kar nekaj raziskav (17, 18, 22) so upoštevali potrebo po večji intenzivnosti vadbe v raziskovanem obdobju.

Ena redkih raziskav z radomizirano raziskovalno in kontrolno skupino (26) je primerjala učinkovitost vadbe na Armeo Spring z običajno delovno terapijo. Pomislek ob rezultatih je ta, da so se odločili za spremljanje učinka na spastičnost z Modificirano Ashworthovo lestvico (*angl.* Modified Ashworth Scale, MAS) in kakovost gibanja s QUEST (*angl.* Quality of Upper Extremity Skills Test). Otroci v terapevtski skupini so sicer dosegli statistično značilno boljše rezultate kot tisti v kontrolni skupini ( $p < 0,05$ ). Za MAS je znano, da je zanesljivost pri ocenjevanju vprašljiva (38). Pri oceni s QUEST je bila razlika med skupinama 5,5 točke, pri čemer je najmanjša klinično pomembna razlika (MCID) za QUEST 4,89 točke (39). Vprašanje je tudi, ali je QUEST res primeren ocenjevalni instrument za oceno učinkovitosti vadbe na Armeo Spring, kar so omenjali že Turconi in sodelavci (22). Menili so, da MUUL bolje pokaže izboljšanje funkcije kot QUEST; MUUL je pripravljen za oceno funkcije, QUEST pa za oceno značilnosti gibanja; ni vpliva na moč ali spastičnost.

Cimolin in sodelavci (28) so v kontrolno skupino povabili zdrave otroke, za oceno funkcije podporne roke pa uporabili MUUL ter instrumentalno 3D-analizo gibanja med doseganjem. Tudi Picelli in sodelavci (16) so v kontrolno skupino povabili skupino zdravih otrok. Vsi vključeni otroci s CP razen enega so bili uvrščeni v 1. ali 2. stopnjo, kar pomeni, da so imeli zelo malo težav pri izvedbi različnih soročnih aktivnosti. Avtorji so za primerjavo analizirali dosežke skupine zdravih otrok, ki pa ni bila vključena v vadbni program. Ugotovili so, da imajo otroci s CP slabše dosežke tudi pri vključevanju neokvarjene roke (glede na dosežke zdravih otrok z dominantno roko), kar bi lahko bilo povezano s slabšim načrtovanjem aktivnosti na osnovi anticipacije. Funkcija neokvarjene roke pri otrocih s CP se je po vadbi na Armeo Spring izboljšala. Avtorji (16) izhajajo iz dejstva, da je načrtovanje gibanja zmožnost, da že pri prvem poskusu prijema predmeta zmoremo upoštevati zahteve naloge, tako da si pomagamo z našo notranjo podobo oz. predstavo o značilnostih tega predmeta (40). Ta koncept začne otrok razumevati že pri dveh letih in ga v celoti osvoji

že do starosti osem let (40). Jansen in sodelavci (41) menijo, da sta v načrtovanje gibanja vključeni obe polobli, kar temelji na dokazih o različnih obojestranskih in kontralateralnih aktivacijah v precentralnem girusu med gibanjem; domnevajo, da prve odražajo načrtovanje gibanja, druge njegovo izvajanje. Godwin je poročal, da otroci s CP ne uporabljajo enakih senzomotoričnih strategij za spretno gibanje rok kot zdrave osebe; uporabljali naj bi počasnejše strategije, z elementi, ki jih sicer obvladujejo že zdravi dveletniki (41). Tako sklepa tudi več avtorjev glede na izbiro začetnega oprijema, ki zagotavlja udobno držo na začetku zaporedja gibov namesto optimizacije udobja končne drže, kot je pogosto opaziti pri zdravih osebah (42). Vendar raziskave kažejo tudi, da je to z dolgotrajno vadbo mogoče tudi spremeniti (40, 43); še več, učenje predhodnih strategij, pridobljenih z neokvarjeno roko, je mogoče prenesti in uporabiti ob gibanju z okvarjeno roko (43). Glede na rezultate raziskave Picelli in sodelavci menijo, da bi bila lahko robotsko podprta vadba za neokvarjeno roko koristna za izboljšanje spretnosti rok in načrtovanja gibanja pri osebah s hemiparetično obliko CP (16). Temu v prid govorijo tudi ugotovitve raziskave Turconija s sodelavci (22). Kognitivne zmožnosti sicer niso bile ključne za izboljšanje dosežkov, vendar menijo, da ima vključevanje kognitivnih funkcij pomembno vlogo pri napredku, verjetno na račun izboljšanja strategij, ki jih otroci uporabljajo pri izvedeni aktivnosti. Poleg tega so mnenja, da se vaje na Armeo Spring nanašajo bolj na procese od »spodaj navzgor« (angl. bottom up), kjer načrtovanje, strategije in nadomestne aktivnosti manj vplivajo na zmogljivost kot na specifične vidike učinkovitosti gibanja (22).

V dve raziskavi so bili vključeni tudi otroci s hemiparezo po nezgodni poškodbi možganov ali možganski kapi (18, 29). Ti otroci so bili v program vadbe vključeni vsaj 12 mesecev po poškodbi (Tabela 1). Biffi in sodelavci so pri merilih za vključevanje otrok s CP in otrok po nezgodni poškodbi možganov (NPM) upoštevali funkcijo rok (MACS od 1. do 3. stopnje) (18). Pri kognitivnih sposobnostih so se zadovoljili s tem, da so otroci razumeli navodila, niso imeli učnih ali vedenjskih težav ter težav z vidom ali sluhom v takšni meri, da bi vplivale na njihovo funkcioniranje in sodelovanje. Otroci so bili poleg vadbe na Armeo Spring vključeni še v program fizioterapije v enakem obsegu. Analiza dosežkov otrok je pokazala, da sta MUUL in QUEST pokazala pomembno povezanost z indeksi, ki opisujejo usmerjenost gibanja, natančnost naloge in gladkost poti pri izvajanju gibanja. Povezanost po mnenju avtorjev potrjuje veljavnost teh indeksov pri ocenjevanju izida pri populaciji otrok s CP ali NPM (18), kar je skladno s pregledom literature, ki so ga opravili Tran in sodelavci (44).

Podobno so o možnosti ocenjevanja učinkovitosti vadbe na Armeo Spring razmišljali Peri in sodelavci (23). Želeli so izdelati algoritem za oceno otrokove izvedbe nalog, pri čemer so za vsak posamezni izračun dosežka (Pi) upoštevali razmerje med posameznim dosežkom pri trenutni igri (Si) in najvišjim možnim dosežkom (SiTOT) glede na razmerje med časom, potrebnim za zaključek trenutne igre (Ti), in časom, ki je na voljo za zaključek te igre (TiTOT), množeno s faktorjem D (težavnost), ki je odvisen od težavnosti trenutne igre, vrste prijema in potrebnega nadzora, ki ga potrebuje otrok med igro (23). S pomočjo dosežkov vključenih

otrok so poiskali najvišje dosežke za posamezno igro in tako primerjali različne igre. Kot izhodišče za spremljanje napredka otrok so izračunali mediano za izvedbo posamezne igre (Pi) na začetku raziskave, nato konec drugega tedna in še enkrat v četrtem tednu programa. Za oceno sočasne veljavnosti so otroke ocenili tudi s testom MUUL in potrdili povezanost med izboljšanimi vrednostmi P in dosežki pri testu MUUL (23).

Avtorji treh raziskav so preverjali učinkovitost med različnimi terapijami ali kombinacije terapij. Krishnaswamy in sodelavci so nekaj otrok poleg vadbe na Armeo Spring vključili tudi v fizioterapijo (24). Ker niso poročali o značilnostih otrok, poleg tega pa je skupina preiskovancev najmanjša od vseh v pregled vključenih raziskav, so rezultati raziskave nizke kakovosti. Bolj zanesljivi so rezultati Roberta in sodelavcev (29), ki so želeli preveriti, ali lahko s pomočjo vadbe Armeo Spring pri otrocih s hemiparetično obliko CP še povečajo učinek CIMT. Za oceno so uporabili Test za oceno podperne roke (angl. Assistive Hand Assessment, AHA) (45), MUUL in Kanadski test za ocenjevanje izvedbe dejavnosti (angl. Canadian Occupational Performance Measure, COPM) (46) – pred vadbo, po vadbi in 6 mesecev po zaključku tabora. Našli so klinično in statistično pomembno izboljšanje soročnih aktivnosti (AHA), izboljšanje izvedbe in zadovoljstva z izvedbo (COPM). Dosežki MUUL so bili statistično značilno izboljšani, ne pa tudi klinično pomembno. Učinki so vztrajali tudi šest mesecev po zaključku vadbe (29).

Beretta in sodelavke (27) so otroke in mladostnike s hemiparezo različne etiologije (Tabela 1) vključile v program fizioterapije, CIMT in Armeo Spring. Rezultati so pokazali, da je CIMT najbolj učinkovit za izboljšanje dosežkov na kliničnih funkcijskih lestvicah (predvsem izboljšanje proksimalnih gibov), fizioterapija pa za izboljšanje kinematike (predvsem vpliv na distalne gibe). Vadba na Armeo Spring je omogočila izboljšanje izvedbe nalog, ki so zahtevale gibanje v navpični ravnini. Viden je bil tudi večji trend izboljšanja učinkovitosti gibanja in zmanjšanje nadomestnih gibov v ramenskem sklepu glede na ostale terapije. Zaključili so, da so te terapevtske metode med seboj komplementarne, zato jih velja ponuditi otroku oz. mladostniku s hemiparezo v kombinaciji različnih protokolov, odvisno od zastavljenih ciljev (27).

## ZAKLJUČEK

Vadba na Armeo Spring Pediatric se vedno bolj uveljavlja v programih rehabilitacije otrok z enostransko okvaro funkcije roke v sklopu cerebralne paralize, pa tudi po nezgodni poškodbi in drugih okvarah možganov. Med merili za vključevanje se premalo upošteva morebitne motnje vida pri otrocih. Avtorji večine raziskav so uporabili daljši protokol vadbe (45 min/dan, 3–5x/teden, štiri tedne) in poročali o pomembnem izboljšanju funkcije roke. Izboljšanje so ugotovili tudi na področju izvedbe izbranih ciljev in zadovoljstva z izvedbo. Za višjo raven dokazov o učinkovitosti, predvsem z randomizacijo, ustrezno kontrolno skupino otrok in naborom ustreznih ocenjevalnih instrumentov, bodo potrebne dodatne raziskave.

## Literatura:

1. Hoare BJ, Wallen MA, Thorley MN, Jackman ML, Carey LM, Imms C. Constraint-induced movement therapy in children with unilateral cerebral palsy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;4(4):CD004149.
2. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020;20(2):3.
3. Ferre CL, Brandao M, Surana B, Dew AP, Moreau NG, Gordon AM. Caregiver-directed home-based intensive bimanual training in young children with unilateral spastic cerebral palsy: a randomized trial. *Dev Med Child Neurol.* 2017;59(5):497–504.
4. Brandao MB, Mancini MC, Ferre CL, Figueiredo PRP, Oliveira RHS, Goncalves SC, et al. Does dosage matter? A pilot study of hand-arm bimanual intensive training (HABIT) dose and dosing schedule in children with unilateral cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatric.* 2018;38(3):227–42.
5. Buccino G, Arisi D, Gough P, Aprile D, Ferri C, Serotti L, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54(9):822–8.
6. Sgandurra G, Ferrari A, Cossu G, Guzzetta A, Fogassi L, Cioni G. Randomized trial of observation and execution of upper extremity actions versus action alone in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013;27(9):808–15.
7. Morgan C, Novak I, Badawi N. Enriched environments and motor outcomes in cerebral palsy: systematic review and meta-analysis. *Pediatrics.* 2013;132(3):e735–46.
8. Novak I, Berry J. Home program intervention effectiveness evidence. *Phys Occup Ther Pediatric.* 2014;34(4):384–9.
9. Toovey R, Bernie C, Harvey AR, McGinley JL, Spittle AJ. Task-specific gross motor skills training for ambulant school-aged children with cerebral palsy: a systematic review. *BMJ Paediatr Open.* 2017;1(1):e000078.
10. Saleem GT, Crasta JE, Slomine BS, Cantarero GL, Suskauer SJ. Transcranial direct current stimulation in pediatric motor disorders: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2019;100(4):724–38.
11. Rameckers EAA, Janssen-Potten YJM, Essers IMM, Smeets RJEM. Efficacy of upper limb strengthening in children with cerebral palsy: a critical review. *Res Dev Disabil.* 2014;36:87–101.
12. Groleger Sršen K, Korelc Primc S, Brezovar D, Brodnik J, Damjan H, Pihlar Z, et al. Improvement of hand function after a constraint induced therapy. In: *From myth to evidence: final program and abstracts' book. 21st Annual Meeting of the European Academy of Childhood Disability, 3rd - 6th June 2009, Vilnius, Lithuania. Vilnius: [s. n.], 2009:46.*
13. Korelc Primc S, Groleger Sršen K. Kakšne cilje si v programu delovne terapije postavljajo otroci s cerebralno paralizo? *Rehabilitacija.* 2019;18(1):16–24.
14. Groleger Sršen K, Snedic A, Istenič A. Six months follow-up results after robotic guided training in children with unilateral impairment of upper limb. Dostopno na <https://www.egms.de/static/de/meetings/efr2019/19efr023.shtml> (citirano 15. 2. 2022).
15. Armeo Spring Pediatric. Dostopno na: <https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/> (citirano 15. 2. 2022).
16. Picelli A, La Marchina E, Vangelista A, Chemello E, Modenese A, Gandolfi M, et al. Effects of robot-assisted training for the unaffected arm in patients with hemiparetic cerebral palsy: a proof-of-concept pilot study. *Behav Neurol.* 2017;2017:8349242.
17. Beretta E, Cesareo A, Biffi E, Schafer C, Galbiati S, Strazzer S. Rehabilitation upper limb in children with acquired brain injury: a preliminary comparative study. *J Healthc Eng.* 2018 Mar 14;2018:4208492.
18. Biffi E, Maghini C, Cairo B, Beretta E, Peri E, Altomonte D, et al. Movement velocity and fluidity improve after Armeo® spring rehabilitation in children affected by acquired and congenital brain diseases: an observational study. *Biomed Res Int.* 2018 Nov 18;2018:1537170.
19. Bishop L, Gordon AM, Kim H. Hand robotic therapy in children with hemiparesis: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2017;96(1):1–7.
20. Randall M, Carlin JB, Chondros P, Reddihough D. Reliability of the Melbourne assessment of unilateral upper limb function. *Dev Med Child Neurol.* 2001;43(11):761–7.
21. DeMatteo C, Law M, Russell D, Pollock N, Rosenbaum P, Walter S. QUEST: Quality of upper extremity skills test. Hamilton: Neurodevelopmental research unit, Chedoke campus, Chedoke-McMasters hospital; 1992.
22. Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Peri E, Servodio Iammarone F, Gagliardi C. Can new technologies improve upper limb performance in grown-up diplegic children? *Eur J Phys Rehabil Med.* 2016;52(5):672–81.
23. Peri E, Biffi E, Maghini C, Servodio Iammarrone F, Gagliardi C, Germiniasi C, et al. Quantitative evaluation of performance during robot-assisted treatment. *Methods. Inf Med.* 2016;55(1):84–8.
24. Krishnaswamy S, Coletti DJ, Berlin H, Friel K. Feasibility of using an arm weight supported training system to improve hand function skills in children with hemiplegia. *Am J Occup Therapy.* 2016;70(6):7006220050p1-7006220050p7.
25. Keller JW, van Hedel HJA. Weight-supported training of the upper extremity in children with cerebral palsy: a motor learning study. *J Neuroeng Rehabil.* 2017;14(1):87.
26. El-Shamy SM. Efficacy of Armeo® robotic therapy versus conventional therapy on upper limb function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil.* 2018;97:164–9.
27. Beretta E, Cesareo A, Biffi E, Schafer C, Galbiati S, Strazzer S. Rehabilitation of upper limb in children with acquired brain injury: a preliminary comparative study. *J Healthc Eng.* 2018;2018:4208492.
28. Cimolin V, Germiniasi C, Galli M, Condoluci C, Beretta E, Piccinini L. Robot-assisted upper limb training for hemiplegic children with cerebral palsy. *J Dev Phys Disabil.* 2019;31(1):89–101.
29. Roberts H, Shierk A, Clegg NJ, Baldwin D, Smith L, Yeatts P, et al. Constraint induced movement therapy camp for children with hemiplegic cerebral palsy augmented by use of an exoskeleton to play games in virtual reality. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2021;41(2):150–65.
30. Mercuri E, Spano M, Bruccini G, Firsone M, Trombetta J, Blandino A, et al. Visual outcome in children with congenital hemiplegia: correlation with MRI findings. *Neuropediatrics.* 1996;27(4):184–8.
31. Costa MF, Pereira JC. Correlations between color perception and motor function impairment in children with spastic cerebral palsy. *Behav Brain Funct.* 2014;10: 22.
32. Dutton GN, Calvertb J, Cockburnd D, Ibrahim H, Macintyre-Beonc C. Visual disorders in children with cerebral palsy: the implications for rehabilitation programs and school work. *Eastern J Med.* 2012;17(4):178–87.

33. Palisano RJ, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston MH. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification system. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50(10):744–50.
34. Auld M, Boyd R, Moseley GL, Johnston L. Seeing the gaps: a systematic review of visual perception tools for children with hemiplegia. *Disabil Rehabil*. 2011;33(19–20): 1854–65.
35. Eliasson AC, Krumlinde-Sundholm L, Rosblad B, Beckung E, Arner M, Ohrvall AM, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol*. 2006;48:549–54.
36. Friel KM, Kuo HC, Fuller J, Ferre CL, Brandao M, Carmel JB, et al: Skilled bimanual training drives motor cortex plasticity in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;30(9):834–44.
37. Friel K, Chakrabarty S, Kuo HC, Martin J. Using motor behavior during an early critical period to restore skilled limb movement after damage to the corticospinal system during development. *J Neurosci*. 2012;32(27):9265–76.
38. Mutlu A, Livanelioglu A, Gunel MK. Reliability of Ashworth and Modified Ashworth scales in children with spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9:44.
39. Law M, Cadman, D, Rosenbaum P, DeMatteo C, Walter S, Russel D. Neurodevelopmental therapy and upper-extremity inhibitive casting for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1991;33:379–87.
40. Goodwin AW. Sensorimotor coordination in cerebral palsy. *Lancet*. 1999;353(9170):2090-1.
41. Janssen L, Meulenbroek RGJ, Steenbergen B. Behavioral evidence for left-hemisphere specialization of motor planning. *Exp Brain Res*. 2011;209(1):65–72.
42. Kirkpatrick EV, Pearse JE, Eyre JA, Basu AP. Motor planning ability is not related to lesion side or functional manual ability in children with hemiplegic cerebral palsy. *Exp Brain Res*. 2013;231(2):239–47.
43. Gordon AM, Charles J, Duff SV. Fingertip forces during object manipulation in children with hemiplegic cerebral palsy. II: bilateral coordination. *Dev Med & Child Neurol*. 1999;41(3):176–85.
44. Tran VD, Dario P, Mazzoleni S. Kinematic measures for upper limb robot-assisted therapy following stroke and correlations with clinical outcome measures: a review. *Med Eng Phys*. 2018;53:13–31.
45. Krumlinde-Sundholm L, Holmefur M, Kottorp A, Eliasson AC. The assisting hand assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49(4):259–64.
46. Law M, Baptiste S, McColl M, Opzoomer A, Polatajko H, Pollock N. The Canadian occupational performance measure: an outcome measure for occupational therapy. *Can J Occup Ther*. 1990;57(2):82–7.