

## Vpliv progresivne vadbe proti uporam na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih s cerebralno paralizo

### The effects of progressive resistance training on muscle strength and function of children and adolescents with cerebral palsy

Tina Tomc Žargi<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Otroci in mladostniki s cerebralno paralizo se spoprijemajo s težavami pri nadzoru gibanja in drže, ki so med drugim tudi posledica slabe mišične zmogljivosti. Vključevanje elementov progresivne vadbe proti uporam je ena izmed metod, ki je usmerjena v vzdrževanje in pridobivanje mišične jakosti, da bi optimizirali funkcijo in tako vplivali na izboljšanje kakovosti življenja. **Metode:** Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk PubMed in Web of Science marca 2023. Pregledane so bile raziskave, objavljene po letu 2013, objavljene v angleškem jeziku. **Rezultati:** V pregled je bilo vključenih 12 raziskav. Avtorji večinoma poročajo o pozitivnem prirastu mišične jakosti ciljnih mišičnih skupin brez hujših neželenih učinkov ali povišanja mišičnega tonusa oziroma spastičnosti. Prenos v funkcijo je boljši pri programih, pri katerih so vključene vaje, ki vključujejo funkcijsko vadbo s progresivnim uporom pri višjih hitrostih gibanja, z zadostno frekvenco in količino vadbe. **Zaključek:** Pri otrocih in mladostnikih s spastično cerebralno paralizo je uporaba progresivne vadbe proti uporam smiselna in varna izbira za krepitev mišic, sta pa zaradi velike variabilnosti klinične slike za zagotavljanje optimalnih učinkov in varne izvedbe potrebna individualizacija programa in nadzor nad pravilno izvedbo izbranih vaj.

**Ključne besede:** progresivna vadba proti uporam, cerebralna paraliza, otroci, mladostniki, funkcija.

#### ABSTRACT

**Background:** Children and adolescents with mild to moderate spastic cerebral palsy experience several difficulties with motor control and posture. Combined with deficits in muscle strength this manifests as difficulties in daily activities. Including elements of progressive resistance training in therapeutic program targets maintaining and improving muscle strength aims improvements in muscle function and quality of life. **Methods:** Databases PubMed and Web of Science were reviewed in March 2023. Studies written in English language published after 2013 were included. **Results:** 12 studies were included in the final review. Most studies reported significant gains in muscle strength, with little or no adverse effects and no negative influence on muscle tone and spasticity. Transfer of strength gains into function was better with programs focusing on high velocity functional strength training with sufficient exercise frequency and volume. **Conclusions:** The use of progressive resistance training is sensible and safe option with children and adolescents with spastic cerebral palsy, however high diversity of symptoms requires individualization and expert supervision in order to achieve safe execution and optimal results.

**Key words:** Progressive resistance training, cerebral palsy, children, adolescents, function.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** asist. dr. Tina Tomc Žargi, dipl. fiziot.; e-pošta: tina.tomc-zargi@zf.uni-lj.si

Prispelo: 18.04.2023

Sprejeto: 25.05.2023

## UVOD

Cerebralna paraliza (CP), nenapredujoča trajna okvara možganov, nastala v prenatalnem ali perinatalnem obdobju, se kaže kot raznolika slika razvojnega zaostanka, katerega skupni imenovalec je motnja drže in gibanja (1). Diagnoza pokriva širok spekter kliničnih znakov z različno stopnjo težavnosti, klinična slika pa je odvisna od mesta in obsega okvare (2). Pojavnost je dva primera na 1000 rojstev v Evropi, od katerih se v 82 % izrazi spastična oblika CP, ki je posledica okvare primarnega motoričnega korteksa (2). Živčno-mišični simptomi so povezani z okvaro zgornjega motonevronskega sistema in vključujejo šibkost mišic, povišan mišični tonus ali spastičnost, zmanjšano ali odsotno sposobnost nadzora hotenega gibanja ter primanjkljaje v koordinaciji in ravnotežju (2). Čeprav je okvara osrednjega živčevja nenapredujoča, se simptomatika skozi različna obdobja življenja posameznikov pogosto spreminja, nanjo pa lahko močno vplivajo tudi pridružene motnje. Oviranost na področju grobe motorike je povezana z več dejavniki in lahko vodi v razvoj sekundarnih mišično-skeletnih zapletov, kot so mišične skrajšave, zmanjšan obseg gibljivosti, kostne deformacije in spremenjena morfoloija mišic, kar še dodatno vpliva na njihovo šibkost in izgubo funkcije.

Otroci z blago do zmerno obliko CP stopnje I do III po sistemu za razvrščanje otrok s CP glede na grobo gibalno funkcijo (*angl. Gross Motor Classification System – GMFCS*) (3), v 60 do 70 % usvojijo samostojno hojo s pripomočki ali brez njih neke med šestim in dvanajstim letom starosti. Kljub temu pa njihova oviranost vpliva na vsakodnevne dejavnosti tako, da so v primerjavi z vrstniki v zaostanku (1, 4). Pri številnih se med 20. in 40. letom starosti pojavita poslabšanje funkcije hoje in pospešena izguba mišične zmogljivosti (5–7), kar lahko posledično vodi v splošno nižanje ravni telesne dejavnosti ter povečanje s tem povezanih tveganj za razvoj sekundarnih boleznih in zapletov (8, 9).

Ker je izguba mišične jakosti eden izmed ključnih dejavnikov za poslabšanje funkcije posameznikov s CP, se pri otrocih in mladostnikih v terapiji uporablja vadba proti uporu. Kot ena izmed primernih tehnik se v literaturi pogosto omenja progresivna vadba proti uporu (PVPU), ki velja za

zlati standard krepitve mišic in preprečevanja mišične šibkosti tako pri posameznikih z značilnim potekom razvoja (10) kot tudi pri otrocih in mladostnikih s CP (11). Učinki PVPU so pri populaciji s CP tema, s katero se raziskovalci veliko ukvarjajo. Nedavni pregledi literature poročajo o pozitivnih učinkih na izboljšanje mišične jakosti (12), vendar učinki na grobo motoriko v funkciji ostajajo nejasni (11), prav tako je veliko polemike o najprimernejšem protokolu za doseganje najboljših učinkov (13).

Namen pregleda literature je ugotoviti, kakšni so učinki različnih programov progresivne vadbe proti uporu pri otrocih in mladostnikih z blago do zmerno spastično obliko CP na mišično zmogljivost in funkcijo, ter na podlagi novejših literatur ugotoviti najpomembnejše dejavnike, ki vplivajo na uspešnost intervencij PVPU pri tej populaciji.

## METODE

Pregled literature je bil izveden marca 2023. Literatura je bila iskana v angleškem jeziku v podatkovnih zbirkah PubMed in Web of Science z naslednjim iskalnim nizom: »progressive resistance training« (Title/Abstract) AND »cerebral palsy« in »progressive resistance exercise« (Title/Abstract) AND »cerebral palsy« (Title/Abstract). Uporabljene so bile raziskave, objavljene v angleškem jeziku po letu 2013.

Vključitvena merila so obsegala randomizirane kontrolirane raziskave in kontrolirane klinične poskuse, v katerih so izvajali intervencije s progresivno vadbo proti uporu. Raziskave so vključevale otroke in/ali mladostnike z diagnozo spastične cerebralne paralize. Izključitvena merila so obsegala posameznike, ki so bili neposredno pred intervencijo na aplikaciji botulin toksina, preiskovance, ki so bili deležni operativnega zdravljenja manj kot šest mesecev pred vključitvijo v raziskavo, študije primerov ter intervencije z drugimi tipi vadbe.

## REZULTATI

Na podlagi iskalnega niza je bilo v obeh podatkovnih zbirkah najdenih 40 rezultatov. Dva članka sta bila dodana po pregledu virov metaanalize. Po odstranjenih duplikatih (7) in pregledu naslovov, izvlečkov ter dostopnosti v dostopnosti v polnem besedilu (33) je bilo na koncu

Preglednica 1: Značilnosti preiskovancev in tip intervencije

Avtorji	Populacija	Intervencija	Trajanje
Taylor et al. 2013 (14)	Mladostniki 14–22 let n = 48 GMFCS I–III	I: individualizirana PVPU na napravah 3 seti, 10–12 ponovitev 60–80 % 1RM C: standardna obravnava	12 tednov 2 x na teden
Van Vulpen et al. 2017 (18)	Otroci 4–10 let n = 22 GMFCS I–II	I: funkcijska PVPU s treningom eksplozivnosti 3 seti, 6–8 ponovitev, do odpovedi C: ista skupina otrok, predhodno 14 tednov, standardna obravnava	14 tednov 3 x na teden
Gillett et al. 2018 (19)	Mladostniki 15–30 let n = 17 GMFCS I–II	I: funkcijska aerobna vadba PVPU več setov, 6–12 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden
Hegarty et al. 2019 (16)	Otroci 14 ± 3 leta n = 9 GMFCS I–III	I: izolirana PVPU za ciljne mišične skupine in dvig na prste 4 seti, 5 ponovitev, 65 % MVIC C: /	6 tednov 3 x na teden
Gillett et al. 2019 (20)	Mladostniki 15–30 let n = 17 GMFCS I–III	I: PVPU in funkcijska aerobna vadba PVPU: 5 vaj proti uporam za spodnje ude, več setov 6–12 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden
Fosdahl et al. 2019 (21)	Otroci 7–15 let n = 37 GMFCS I–III	I: Raztezanje in funkcijska PVPU (hoja po stopnicah, počepi, dvigi na prste z bremenom) 2 seta, 12 ponovitev, po 8. tednu 3 seti, 8 ponovitev C: standardna obravnava	16 tednov 3 x na teden
Kaya Kara et al. 2019 (22)	Otroci 7–16 let n = 30 GMFCS I	I: funkcijske vaje potiska z nogami – 60–80 % 1RM z dodajanjem 10 % 1RM, 2 tedna, 3 seti, pliometrične vaje – 3 seti, 6 ponovitev vaje za ravnotežje C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden 90 min.
Fosdahl et al. 2019 (17)	Otroci 10,2 ± 2,3 leta n = 37 GMFCS I–III	I: PVPU za spodnji ud (hoja po stopnicah, počepi, dvigi na prste z bremenom 8 RM) 2 seta, 12 ponovitev, po 8. tednu 3 seti, 8 ponovitev aktivno in pasivno raztezanje zadnjih mišic stegna C: standardna obravnava	16 tednov 3 x na teden
Ryan et al. 2020 (23)	Mladostniki 10–19 let n = 64 GMFCS I–III	I: PVPU za plantarne fleksorje, progresivno od 12RM do 6RM, 4–8 setov C: standardna obravnava	10 tednov 3 x na teden
Cho in Lee 2020 (24)	Otroci 6–13 let n = 25 GMFCS I–III	I: funkcijska PVPU, 5/10/15 ponovitev s 5/10/35 % povečevanje na 2 tedna C: standardna obravnava	6 tednov 3 x na teden 30 min.
Theis et al. 2021 (25)	Mladostniki 10–18 let n = 33 GMFCS I–III	I: PVPU – unilateralne vaje za plantarne fleksorje; progresivno od 12RM do 6RM, 4–8 setov C: standardna obravnava	10 tednov 3 x na teden
Hanssen et al. 2022 (15)	Otroci 8,3 ± 2,0 let n = 49 GMFCS I–III	I: PVPU za spodnje ude (OKV in ZKV) 60–80 % 1RM 3 seti, 10 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3–4 x na teden

CP – cerebralna paraliza, GMFCS – sistem za razvrščanje otrok s CP glede na funkcijo grobega gibanja, I – interventna skupina, C – kontrolna skupina, PVPU – progresivna vadba proti uporam, RM – ponovitveni maksimum.

## Preglednica 2: Izhodni podatki in ključni rezultati

Avtorji	Izhodni podatki	Rezultati
Taylor et al. 2013 (14)	– MIVC – 1RM potisk z nogami – 6MWT	– brez pomembnih razlik med skupinama in znotraj skupine pri parametrih hoje – 27 % večja jakost ciljnih mišičnih skupin v I skupini ( $p < 0,05$ ) – povprečno 17-% izboljšanje potiska z nogami v I-skupini ( $p = 0,001$ )
Van Vulpen et al. 2017 (18)	– MIVC PF – 1MWT – vzdržljivost hoje – testi sprintov 2 x – GMFM-66	– pomembno izboljšanje po intervenciji ( $p < 0,001$ ) – 34/27 % MVIC (slabša/boljša stran) – 13 % hitrost hoje – testa sprinta 83 % (MPST) in 56 % (SRT) – GMFM-66
Gillett et al. 2018 (19)	– volumen PF in TA (MRI) – MVIC PF – EMG – morfologija mišice – funkcijska moč (30s RM test) – 6MWT	– pomembno izboljšanje v I-skupini v primerjavi s C-skupino – volumen mišic PF in TA na obeh udih ( $p = 0,003$ ) – maksimalna izometrična moč PF ( $p = 0,031$ ) – funkcijska moč ( $p \leq 0,001$ ) – 6 MWT ( $p = 0,006$ )
Hegarty et al. 2019 (16)	– MIVC PF, E kolena, F / E kolka – 6MWT – 10-min. test hoje	– pomembno izboljšanje izometrične moči vseh testiranih mišic ( $p = 0,0022 - p \leq 0,0001$ ) – brez pomembnih razlik pri oceni parametrov hoje
Gillett et al. 2019 (20)	– ocena kinetike in kinematike hoje (dolžina koraka, hitrost hoje, maksimalna dorzifleksija začetni fazi opore)	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupino in znotraj C-skupine
Fosdahl et al. 2019 (21)	– izokinetični navor E/F kolena 60/s – aktivni in pasivni poplitealni kot – ocena spastičnosti po Tardieujevi lestvici	– brez pomembnih razlik med skupinama pri nobeni od merjenih spremenljivk
Kaya Kara et al. 2019 (22)	– MIVC E/F kolena, PF – 1RM potisk z nogami – 15m šprint – 1MWT – vstani in pojdi test – GMFM-E	– pomembno izboljšanje v I-skupini ( $p < 0,05$ ) – GMFM-E, – mišične jakosti vseh merjenih mišičnih skupin, – 1MWT in test sprinta, – TUG, – 1 RM za obe nogi
Fosdahl et al. 2019 (17)	– kinematika kolena (GDI) – hitrost hoje – dolžina koraka – 6MWT	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupino – pomembno izboljšanje rezultatov 6MWT v obeh skupinah ( $p < 0,05$ )
Ryan et al. 2020 (23)	– MIVC PF – učinkovitost hoje (kisikov dolg) – vprašalnik o sodelovanju – premer ahilove tetive – morfologija m. gastrocnemius – GMFM-66	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupinama v nobenem od parametrov – I-podskupina z GMFCS II dolgoročni rezultati: nižji kisikov dolg ( $p = 0,05$ ), večji volumen m gastrocnemius ( $p = 0,005$ ) in višje vrednosti vprašalnika o sodelovanju ( $p = 0,022$ ) v primerjavi s C-skupino
Cho in Lee 2020 (24)	– MIVC E kolena – morfologija mišice – mišični tonus – poplitealni koti – funkcijski test dosega – GMFM-88	– pomembno povečanje jakosti m quadriceps v I-skupini, – pomembna razlika med I- in C-skupino ( $p < 0,05$ ) – pomembno večji presek m. quadriceps v I-skupini – pomembno izboljšanje GMFM-ocene v I-skupini
Theis et al. 2021 (25)	– MIVC PF – raven telesne dejavnosti – togost ahilove tetive in m gastrocnemius – kinematika hoje – aktivacija m gastrocnemius – GMFM-66	– pomembno povečanje poplitealnih kotov v I-skupini – povprečno 34,3-odstotno povečanje mišične jakosti takoj po intervenciji – povprečno 33,5-odstotno povečanje po 22. tednih glede na izhodiščne meritve ( $p$ ni podan) – raven mišične aktivacije, ugotovljena kot ključni napovedni dejavnik uspešnosti PVPU
Hanssen et al. 2022 (15)	– MVIC E/F kolena, PF – volumen mišic – 1MWT – funkcijski testi – morfologija mišice – GMFM	– pomembno povečanje MVIC in volumna m. gastrocnemius in m. rectus f. – izboljšanje pri funkcijskem testu vstajanja in stopanja vstran ( $p \leq 0,004$ ) v I-skupini – pomembne razlike med I- in C-skupino v jakosti F-kolena in unilateralnem dvigu na prste ( $p \leq 0,008$ )

*1RM – en ponovitveni maksimum, 6MWT – šestminutni test hoje, 1MWT – enominutni test hoje, TUG – vstani in pojdi test, GDI – indeks deviacije hoje, MIVC – maksimalne hotene izometrične kontrakcije, GMFM – mera grobih gibalnih funkcij, PF – plantarni fleksorji, E – ekstentorji, F – fleksorji, TA – tibialis anterior, MRI – slikanje z magnetno resonanco, MPST – Muscle power sprint test, SRT – 10m shuttle run test.*

v pregled vključenih 12 raziskav (enajst RCT in en kontroliran klinični poskus), objavljenih od leta 2013 (14) do 2022 (15). V vseh raziskavah so avtorji ovrednotili učinke programov PVPU takoj po koncu intervencije, v šestih raziskavah pa so vrednotili tudi dolgoročne učinke od 10 do 14 tednov po koncu programa. V raziskave je bilo skupno vključenih 388 preiskovancev obeh spolov z blago do zmerno obliko spastične CP. Značilnosti preiskovancev so predstavljene v preglednici 1. Intervencije z vadbo proti uporabi so trajale od šest (16) do 16 tednov (17). Podrobnosti programov PVPU, intenzivnost, trajanje in frekvenca vadbe so predstavljeni v preglednici 1.

V raziskavah so spremljali več izhodnih parametrov za oceno uspešnosti intervencije. Izhodni podatki in ključni rezultati so predstavljeni v preglednici 2.

## RAZPRAVA

V pregledu literature smo se osredotočili na učinke programov PVPU na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih z blago do zmerno obliko spastične CP. Kot najpomembnejši kazalnik učinkovitosti vadbe proti uporabi velja povečanje mišične jakosti. V našem pregledu so prirast mišične jakosti spremljali v devetih raziskavah (14–16, 19, 21–25). V vseh raziskavah so spremljali jakost mišic spodnjih udov, saj je bila tudi vadba usmerjena primarno v krepitev mišic spodnjih udov in trupa. V sedmih raziskavah avtorji poročajo o pomembnem povečanju jakosti ciljanih mišičnih skupin v interventni skupini, medtem ko v eni raziskavi niso izmerili pomembnih izboljšav (23), v drugi pa se je jakost mišic sicer povečala, ni pa dosegla praga statistične pomembnosti (21). Razen Fosdahlove in sodelavcev (21), ki so za oceno jakosti uporabili izokinetične meritve koncentričnih navorov fleksorjev in ekstenzorjev kolena, so v vseh raziskavah vrednotili maksimalne hotene izometrične kontrakcije. Čeprav pri meritvi izokinetičnih navorov pri kotni hitrosti 60°/s izboljšanje ni bilo veliko, avtorji poročajo o nakazanem pozitivnem trendu prirasta mišične jakosti ekstenzorjev in fleksorjev kolena. V slednji raziskavi je bilo v intervencijo vključenih več kot 16 terapevtov, ki so načrtovali in nadzorovali izvedbo vadbe, kar lahko pomeni veliko variabilnost v programu in razumevanju parametrov progresivnosti ter se posledično lahko kaže v rezultatih. Jakosti maksimalnih hotenih

izometričnih kontrakcij istih mišičnih skupin so se pomembno izboljšale znotraj skupine, pa tudi v primerjavi s C-skupino v treh raziskavah (15, 16, 24), v katerih so raziskovalci poročali o 22 do 26-% povečanju jakosti ekstenzorjev kolena in celo o do 97-% povečanju jakosti fleksorjev kolena (15).

Jakost izometričnih kontrakcij plantarnih fleksorjev se je v obsegu od 25 do 77 % pomembno izboljšala v šestih raziskavah (14–16, 19, 22, 25), ugotovitve Ryana in sodelavcev (23) pa niso pokazale pomembnega napredka. Kljub skupno manjšemu prirastu jakosti v slednji raziskavi pa so testi podskupin pokazali pomembno večji volumen m. gastrocnemius in nižji kisikov dolg v I-podskupini, ki je vključevala le preiskovance z GMFCS II. stopnje. Čeprav je bil program zelo natančno specificiran in individualno prilagojen posamezniku, bi manjši prirast mišične jakosti lahko pripisali dejstvu, da je skupina opravila le tretjino vadbenih enot pod nadzorom terapevta, takrat, ko je bila opravljena tudi prilagoditev bremena. Preostale vadbene enote so bile opravljene v domačem okolju, kjer kljub vodenemu dnevniku aktivnosti ni bilo mogoče zagotoviti nadzora nad pravilno in redno izvedbo. V raziskavah, v katerih so spremljali tudi prirast volumna plantarnih fleksorjev in m. tibialis anterior (15, 19) ter m. quadriceps femoris (15, 24), ta sovpada s prirastom mišične jakosti.

Čeprav literatura navaja, da je izometrična jakost dober napovedni dejavnik dinamičnih zmogljivosti (27, 28), pa v literaturi pri posameznikih s CP pogosto zasledimo slab prenos pridobljene jakosti v funkcijo (29, 30). Tudi v našem pregledu literature kljub večinoma dobrim rezultatom na ravni mišične jakosti ugotovljamo, da so pokazatelji prenosa v funkcijo v pregledanih raziskavah neenotni. Čeprav v vseh protokolih v grobem sledijo smernicam za načrtovanje PVPU pri mladostnikih z značilnim razvojem (31) in pri tistih s CP (13), iz rezultatov lahko sklepamo, da sta pri otrocih in mladostnikih s CP zelo pomembni tudi izbira vaj ter prilagoditev okolja glede na starost in zmogljivost. Boljši prenos v funkcijo v primerjavi z izoliranimi vajami raziskovalci ugotavljajo pri programih, ki so poleg klasične vadbe proti uporabi vključevali predvsem elemente funkcijske vadbe, pliometrijo in vaje za agilnost. Van Vulpen in sodelavci (18) so s programom funkcijske PVPU pri višjih hitrostih

dosegli pomembno izboljšanje hitrosti hoje in boljše rezultate pri testih sprintov, pomembne izboljšave pa so vztrajale tudi pri testiranju 14 tednov po koncu programa. O izboljšavah rezultatov šestminutnega in enominutnega testa hoje poročajo še v treh raziskavah (17, 19, 22), poleg testov hoje pa raziskovalci navajajo tudi izboljšanje funkcijske moči (19), testa funkcijskega dosega (24), testov vstajanja s stola in stopanja vstran (15) ter časovno merjenega testa vstani in pojdi (22).

Pri večini raziskav, v katerih je opazen prenos v funkcijo, so vadbeni programi usmerjeni v funkcijsko vadbo, prav tako so vključeni elementi gibanja z višjo hitrostjo, kar vsaj delno lahko pojasnimo z ugotovitvami Moreaujeve in sodelavcev (32), ki poročajo, da je hitrost razvoja sile v primerjavi z zdravimi pri posameznikih s CP lahko zmanjšana tudi do 70 %. Glede na to, da pri populaciji s CP mišična šibkost ni edini omejitveni dejavnik funkcije, temveč se pojavljajo težave tudi na področju motoričnega načrtovanja, hitrosti razvoja sile, ravnotežja, nadzora drže in gibčnosti (14), lahko sklepamo, da mora biti vadba poleg progresivnosti bremena usmerjena čim bolj v funkcijo oziroma v specifično gibalno nalogo, ki jo želimo izboljšati. Poleg mišične jakosti tako želimo ciljano vplivati tudi na koordinacijo, vzdržljivost in agilnost (33).

Mera grobih gibalnih funkcij se je v našem pregledu literature izboljšala v petih (15, 18, 22, 24, 25) od sedmih raziskav, pri čemer pri programih, ki so vključevali funkcijsko vadbo, avtorji poročajo tudi o boljših dolgoročnih rezultatih (18, 25). Večinoma so se avtorji osredotočali na kategorijo E, ki spremlja dejavnosti hoje, teka in poskokov, ter kategorijo D, ki ocenjuje dejavnosti stoje, kar se glede na cilje vadbene programa zdi smiselno. Kljub temu se v nekaterih raziskavah (15, 24) odločajo tudi za vrednotenje rezultatov celotne lestvice, ki vključuje tudi oceno dejavnosti leže, v sedečem položaju in plazenje ter kotaljenje.

Eden izmed največjih pomislov fizioterapevtov pri implementaciji visokointenzivnih programov s progresivnim uporabi pri posameznikih s spastično obliko CP je pojav neželenih učinkov in povečanja mišičnega tonusa ter spastičnosti. Kljub visoki intenzivnosti uporabljenih programov rezultati kažejo, da neželenih učinkov povečanja mišičnega

tonusa in mišične togosti ni, prav tako so drugi neželeni učinki redki. V nobeni izmed pregledanih študij raziskovalci ne poročajo o neželenih učinkih, povezanih z vadbo, zaradi katerih bi preiskovanci morali vadbo prekiniti. Pojavljajo se posamezni primeri zapoznele mišične bolečine in bolečin v posameznih sklepih, ki pa so prehodnega značaja in niso vplivali na funkcijo in izvedbo programa. Raziskovalci, ki so spremljali spastičnost in mišično togost, poročajo, da se ta med izvedbo programa ni povečala (15, 18, 19, 21, 24, 34, 35), nasprotno, Cho in Lee (24) poročata celo o pomembnem izboljšanju meritev poplitealnih kotov znotraj interventne skupine, in tudi v primerjavi s kontrolno skupino. O podobnih rezultatih poročajo tudi Fosdahlova in sodelavci (21) v svoji raziskavi, v kateri so PVPU kombinirali z raztezanjem, izboljšave mišičnega tonusa v interventnih skupinah pa podpirajo tudi ugotovitve drugih raziskav (36, 37). Tudi zaključki nedavne metaanalize (38) potrjujejo varnost in učinkovitost programov PVPU pri populaciji s spastično CP ter poročajo o pozitivnih dolgoročnih učinkih na mišično jakost.

Dolgoročne učinke so v našem pregledu literature spremljali v šestih raziskavah (14, 17, 18, 21, 23, 25), v katerih dobri izidi 12 oziroma 14 tednov po koncu intervencije ostajajo predvsem v raziskavah, v katerih so vključevali elemente večjih hitrosti gibanja (18, 25), Taylor in sodelavci (14) pa poročajo o dolgoročnem izboljšanju subjektivnega občutka funkcijske pamičnosti v interventni skupini.

Kljub spodbudnim izsledkom raziskav pa je treba opozoriti na izzive in omejitve posplošitve rezultatov, na katere opozarja tudi večina avtorjev v našem pregledu. Ker je populacija otrok in mladostnikov s spastično CP zelo raznolika, sta za uspeh intervencije ključni individualizacija in prilagoditev programa. Izbrati je treba dejavnosti, ki jih posameznik pri zadostni intenzivnosti lahko izvede z razmeroma dobro tehniko in v polnem obsegu giba, zato je zelo pomembno, da se vadba s to populacijo zaradi specifik diagnoze in variabilnosti klinične slike ter pridruženih motenj, koliko je le mogoče, izvaja pod nadzorom primerno usposobljenega terapevta s poglobljenim znanjem s področja kinezioterapije in nevrofizioterapije. Možne so tudi kombinacije domačega programa in programov v ambulanti oziroma telovadnici, če

imamo na voljo primerne pripomočke in infrastrukturo. Pri individualizaciji se je izkazalo, da je pomemben napovedni dejavnik uspešnosti osnovna raven jakosti in mišične aktivacije (23), zato je treba pri načrtovanju programa upoštevati vstopno zmogljivost. Individualno je treba presoditi tudi glede uporabe ortoz in drugih pripomočkov med vadbo. Kljub načeloma dobri udeležbi v pregledanih raziskavah moramo biti glede na potrebno dolgotrajnost programov pozorni tudi na izbiro in prilagoditev vaj, dejavnosti in okolja vadbe posameznikovi starosti in interesom, saj tako ohranjamo motivacijo za udeležbo in sodelovanje pri programu.

## ZAKLJUČKI

Iz pregleda literature lahko sklepamo, da je progresivna vadba proti uporu pri otrocih in mladostnikih s CP varna in koristna izbira in bi jo bilo smiselno vključiti v terapevtske programe. Zaradi boljšega prenosa pridobljene mišične zmogljivosti v funkcijo je primerno vključiti dejavnosti, ki vključujejo tudi višje hitrosti gibanja in so čim bolj specifično usmerjeni v funkcijo, ki jo želimo izboljšati. Pomembno je, da vadbeni protokoli glede intenzivnosti čim bolj sledijo smernicam za načrtovanje vadbe proti uporu za mladostnike in otroke s CP ter da program individualiziramo in sproti prilagajamo glede na posameznikovo osnovno zmogljivost, napredovanje, cilje ter sposobnost izvedbe predpisanega programa in vaj. Sprotna ocena in analiza pravilne izvedbe nam omogočata prilagoditve in varno izvedbo, zato se zdi smiselno, da se vadba izvaja pod nadzorom, če ne gre drugače, vsaj periodično. Z individualizirano funkcijsko vadbo proti uporu lahko torej pomembno vplivamo na izboljšanje funkcije in posledično na boljšo kakovost življenja otrok in mladostnikov s CP.

## LITERATURA

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol Suppl*; 109: 8–14.
2. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, et al. (2016). Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers* 2: 15082.
3. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M (2007). GMFCS – E & R gross motor function classification system, expanded and revised. CanChild Centre of Childhood Disability Research, McMaster University.
4. Beckung E, White-Koning M, Marcelli M, McManus V, Michelsen S, Parkes J, et al. (2008). Health status of children with cerebral palsy living in Europe: a multi-centre study. *Child Care Health Dev* 34(6): 806–14.
5. Strauss D, Brooks J, Rosenbloom L, Shavelle R (2008). Life expectancy in cerebral palsy: an update. *Dev Med Child Neurol* 50(7): 487–93.
6. Day SM, Wu YW, Strauss DJ, Shavelle RM, Reynolds RJ (2007). Change in ambulatory ability of adolescents and young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 49(9): 647–53.
7. Bottos M, Feliciangeli A, Sciuto L, Gericke C, Vianello A (2001). Functional status of adults with cerebral palsy and implications for treatment of children. *Dev Med Child Neurol* 43(8): 516–28.
8. Ryan JM, Crowley VE, Hensey O, Broderick JM, McGahey A, Gormley J (2014). Habitual physical activity and cardiometabolic risk factors in adults with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 35(9): 1995–2002.
9. Ryan JM, Hensey O, McLoughlin B, Lyons A, Gormley J (2014). Reduced moderate-to-vigorous physical activity and increased sedentary behavior are associated with elevated blood pressure values in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 94(8): 1144–53.
10. Medicine ACoS. American College of Sports Medicine position stand. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41(3): 687–708.
11. Mockford M, Caulton JM. Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. (2008). *Pediatr Phys Ther* 20(4): 318–33.
12. Liang X, Tan Z, Yun G, Cao J, Wang J, Liu Q, et al. (2021). Effectiveness of exercise interventions for children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med* 53(4): jrm00176.
13. Verschuren O, Ada L, Maltais DB, Gorter JW, Scianni A, Ketelaar M (2011). Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Phys Ther* 91(7): 1130–9.
14. Taylor NF, Dodd KJ, Baker RJ, Willoughby K, Thomason P, Graham HK (2013). Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 55(9): 806–12.
15. Hanssen B, Peeters N, De Beukelaer N, Vannerom A, Peeters L, Molenaers G, et al. (2022). Progressive resistance training for children with cerebral palsy: a

- randomized controlled trial evaluating the effects on muscle strength and morphology. *Front Physiol* 13: 911162.
16. Hegarty AK, Kurz MJ, Stuberg W, Silverman AK (2019). Strength Training Effects on Muscle Forces and Contributions to Whole-Body Movement in Cerebral Palsy. *J Mot Behav* 51(5): 496–510.
  17. Fosdahl MA, Jahnsen R, Kvalheim K, Holm I (2019). Effect of a combined stretching and strength training program on gait function in children with cerebral caltsy, GMFCS level I & II: a randomized controlled trial. *Medicina (Kaunas)* 55(6).
  18. van Vulpen LF, de Groot S, Rameckers E, Becher JG, Dallmeijer AJ (2017). Improved walking capacity and muscle strength after functional power-training in young children with cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 31(9): 827–41.
  19. Gillett JG, Lichtwark GA, Boyd RN, Barber LA. Functional anaerobic and strength taining in young adults with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 2018; 50(8): 1549–57.
  20. Gillett JG, Lichtwark GA, Boyd RN, Carty CP, Barber LA (2019). The effect of combined functional anaerobic and strength training on treadmill gait kinematics and kinetics in ambulatory young adults with cerebral palsy. *Gait Posture* 70: 323–9.
  21. Fosdahl MA, Jahnsen R, Kvalheim K, Holm I (2019). Stretching and progressive resistance exercise in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Pediatr Phys Ther* 31(3): 264–71.
  22. Kaya Kara O, Livanelioglu A, Yardımcı BN, Soylu AR (2019). The effects of functional progressive strength and power training in children with unilateral cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 31(3): 286–95.
  23. Ryan JM, Lavelle G, Theis N, Noorkoiv M, Kilbride C, Korff T, et al. (2020). Progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy: the STAR randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 62(11): 1283–93.
  24. Cho HJ, Lee BH (2020). Effect of functional pogrressive resistance exercise on lower extremity structure, muscle tone, dynamic balance and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Children (Basel)* 7(8).
  25. Theis N, Noorkoiv M, Lavelle G, Ryan J (2021). Predictors of treatment response to progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy. *Phys Ther* 101(12).
  26. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine* 45(7): 596–606.
  27. Juneja H, Verma SK, Khanna GL (2010). Isometric strength and its relationship to dynamic performance: a systematic review. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy* 6(2): 60–9.
  28. McGuigan MR, Winchester JB (2008). The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *J Sports Sci Med* 7(1): 101–5.
  29. Park EY, Kim WH (2014). Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 35(2): 239–49.
  30. Franki I, Desloovere K, De Cat J, Feys H, Molenaers G, Calders P, et al. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *J Rehabil Med* 44(5): 385–95.
  31. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res* 23(5 Suppl): S60–79.
  32. Moreau NG, Holthaus K, Marlow N (2013). Differential adaptations of muscle architecture to high-velocity versus traditional strength training in cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 27(4): 325–34.
  33. Faigenbaum AD, Lloyd RS, Myer GD (2013). Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatr Exerc Sci* 25(4): 591–604.
  34. Damiano DL, Vaughan CL, Abel MF (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 37(8): 731–9.
  35. Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, Dorey FJ (2001). The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 81(6): 1215–23.
  36. Stubbs PW, Diong J (2016). The effect of strengthening interventions on strength and physical performance in people with cerebral palsy (PEDro synthesis). *Br J Sports Med* 50(3): 189–90.
  37. Scholtes VA, Dallmeijer AJ, Rameckers EA, Verschuren O, Tempelaars E, Hensen M, et al. (2008). Lower limb strength training in children with cerebral palsy – a randomized controlled trial protocol for functional strength training based on progressive resistance exercise principles. *BMC Pediatr* 8: 41.
  38. Bania TA, Taylor NF, Chiu HC, Charitaki G (2022). What are the optimum training parameters of



progressive resistance exercise for changes in muscle function, activity and participation in people with cerebral palsy? A systematic review and meta-regression. *Physiotherapy* 119: 1–16.