

# UČINKOVITOST UPORABE ORTOZ ZA SPODNJE UDE PRI OTROCIH S CEREBRALNO PARALIZO (CP) – PREGLED LITERATURE *EFFICIENCY OF LOWER LIMBS ORTHOSES FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY – A LITERATURE REVIEW*

doc. dr. Katja Groleger Sršen<sup>1,2</sup>, dr. med., spec. fiz. in rehab. med.

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

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

## Povzetek

Funkcijsko učinkovita hoja je pomemben terapevtski cilj pri otrocih s cerebralno paralizo (CP). Uporaba ortoz je splošno sprejet terapevtski ukrep za vzpostavljanje ali izboljšanje vzorca hoje, vendar postopek izbora ustreznega modela in individualne prilagoditve ortoz glede na težave in prevladujoč vzorec hoje v vsakdanji klinični praksi ostaja precej zapleten in zahteven. Poleg tega v literaturi še vedno ni dovolj natančnih protokolov za izbiro modela in tehničnih lastnosti. Glede na to smo želeli poiskati dokaze o učinkoviti rabi ortoz za otroke s CP v zadnjih desetih letih, ki bi lahko dopolnili poznavanje in razumevanje učinkov. V zbirki PubMed smo s pomočjo ključnih besed otrok, cerebralna paraliza in ortoza poiskali članke za obdobje 2008 - 2018. Našli smo 192 izvirnih člankov in 32 preglednih člankov; po pregledu smo ob upoštevanju izključitvenih meril izbrali 26 izvirnih člankov in tri pregledne članke. Dodatno smo našli še tri pregledne članke. Od izdaje priporočil, ki jih je leta 2008 izdalo Mednarodno združenje za protetiko in ortotiko, je bilo objavljenih nekaj novih rezultatov raziskav o učnikih ortoz za gleženj in stopalo, vendar lahko iz predstavljenih rezultatov sklepamo, da priporočila ostajajo praktično enaka.

## Ključne besede:

ortoza; spodnji udi; otrok; cerebralna paraliza; pregled

## Abstract

*Efficient walking function is an important therapeutic goal in children with cerebral palsy (CP). The use of orthosis is a generally accepted therapeutic measure to establish or improve gait pattern. The process of selecting the appropriate model and fine tuning of the individual orthosis with regard to the specifics of each individual child in daily clinical practice remains quite complex and demanding. In addition, there are still no sufficiently precise protocols in the literature for selecting the model and technical characteristics of the orthoses. Hence, we wanted to find evidence of effective use of orthoses for children with CP over the last ten years, which could add to the present knowledge and understanding. We searched the PubMed database for articles from 2008 to 2018 (key words child, cerebral palsy and orthosis). We found 192 original articles and 32 review articles; according to exclusion criteria, we selected 26 original articles and three review articles; three additional review articles were found later. Since the publication of the document issued by the International Society for Prosthetics and Orthotics in 2008, some new research results on ankle-foot orthoses have been published, but we can conclude from the presented results that the recommendations remain the same.*

## Keywords:

*orthosis; lower limbs; child; cerebral palsy; review*

## UVOD

Otroci s cerebralno paralizo (CP) predstavljajo zelo raznoliko skupino otrok s težavami na področju nadzora mišičnega tona, drže in koordinacije gibanja, občutenja, učenja, hranjenja in komunikacije, izvedbe vsakodnevnih dejavnosti in sodelovanja v ožjem in širšem socialnem okolju. Za razvrščanje otrok s CP glede na grobe gibalne sposobnosti (stopnje od I. do V.) je povsod po svetu in pri nas uveljavljen sistem za razvrščanje otrok in mladostnikov (angl. The Gross Motor Function Classification System Expanded & Revised, v nadaljevanju GMFCS) (1, 2). Sistem je zanesljivo mogoče uporabljati tudi za odrasle osebe s CP (3). Funkcijsko učinkovite hoje na srednje in daljše razdalje so sposobni otroci, mladostniki in odrasli v I. in II. stopnji GMFCS. Tisti, ki so razvrščeni v III. stopnjo, za hojo potrebujejo pripomočke, npr. ortoze ali hoduljo (1). Ortoze za hojo lahko uporabljajo tudi otroci, ki so uvrščeni v prvo in drugo stopnjo GMFCS, vendar uporaba le-teh ni pogoj za funkcionalno hojo.

Otroci s CP hodijo z bolj ali manj očitnimi težavami, med seboj pa se glede na vzorec hoje precej razlikujejo. K raznolikosti vzorca hoje prispeva mesto in obseg okvare možganov, spremenjen mišični tonus, znižana mišična moč, zmanjšana prožnost mišic (4-6), kasneje v razvoju pa vedno bolj tudi razvoj kontraktur v sklepah spodnjih udov. Tudi razlike v funkciji mišic so sorazmerne s stopnjo GMFCS (5). Vzorce hoje pri otrocih s CP je v preteklosti skušalo opisati več avtorjev (7). Večinoma sta v uporabi le dva sistema: Wintersov za osebe s hemiparetično obliko (8) in sistem Sutherlanda in Davidsa za osebe z diparetično obliko CP (9), oz. prilagojeni sistem Rhode in Grahama (10).

Funkcijsko učinkovita hoja je pomemben terapevtski cilj pri otrocih in odraslih s CP, saj jim omogoča samostojno gibanje in sodelovanje v različnih dejavnostih. Uporaba ortoz je splošno sprejet terapevtski ukrep za vzpostavljanje ali izboljšanje vzorca hoje. Cilj opreme z ortozami je izboljšanje značilnosti in vzorca hoje ali pa preprečevanje oz. zmanjšanje kontraktur v skočnem sklepu. Ortoza za gleženj in stopalo (OGS) je najpogosteje uporabljena ortoza pri otrocih s CP (11), zato smo se v tem pregledu osredinili na ta tip ortoze. Wingstrand in sodelavci (11) so v obsežno raziskavo vključili vseh 2200 otrok (58 % dečkov) v starosti od nič do 19 let (mediana 7 let) iz švedskega nacionalnega registra za spremljanje otrok s CP ter ugotovili, da OGS uporablja 1127 (51 %) otrok. Pri 10 % otrok je bil namen izboljšanje funkcioniranja, pri 11 % vzdrževanje ali izboljšanje obsega gibljivosti, pri 30 % so želeli doseči oba cilja. Uporaba OGS je bila najpogostejša pri petletnikih (67 %), pogostejša pa pri tistih z več težavami pri gibanju (70 % v IV. in V. stopnji GMFCS). Fizioterapevti so poročali, da so otroci dosegli cilje na področju funkcioniranja v 73 %, izboljšanje gibljivosti v skočnem sklepu pa v 70 %. Doseganje ciljev je bilo enako po vseh stopnjah GMFCS (11).

Z OGS zagotovimo primerno poravnavo sklepov gležnja in stopala, preprečimo patološko gibanje sklepov ter zmanjšamo vpliv patoloških refleksnih vzorcev (12). Ob pomoči računalniške analize hoje se je pokazalo, da rigidna OGS neposredno

vpliva na sile, ki delujejo na telo med stojo in hojo (13, 14). Winters je zato v svojem sistemu za razvrščanje vzorcev hoje pri otrocih s hemiparezo priporočil uporabo **OGS z zadajšnjim pesom** (angl. posterior leaf spring ankle-foot orthosis (pLAFO)), ki preprečuje ekvinski položaj le med fazo zamaha, ter **rigidno OGS** (angl. rigid, rAFO), ki pri hoji preprečuje ekvinski položaj stopala med fazo zamaha kot tudi med fazo opore (8). Tardieu je že pred več kot 30 leti (9) pisal o omejitvah opreme z ortozami pri otrocih, ki imajo nenormalen vzorec gibanja tudi v področju kolen in kolkov. Za preprečevanje razvoja kontraktur je za vzdrževanje raztega mišice soleus svetoval uporabo rigidne OGS več kot šest ur dnevno (9). V okviru razvojno-nevrološke obravnave se pogosto predpišejo ortoze, ki so bolj prožne in manj omejujejo gibanje: dinamična OGS (angl. dynamic AFO, dAFO) in OGS s sklepom (angl. hinged AFO, hAFO) (16). Te ortoze zagotavljajo manjšo podporo in stabilnost stopala in naj bi dovoljevale več aktivnosti otroka v procesu učenja hoje in krepitve mišic (16). Dinamične OGS naj bi izboljšale nadzor drže in ravnotežje (17). V literaturi so na voljo tudi priporočila o uporabi posebno oblikovanih dinamičnih OGS, npr. visoko oblikovan podplat naj bi vplival na mišični tonus preko zaviranja patoloških refleksov stopal (18-23).

Mednarodno združenje za protetiko in ortotiko (angl. International Society for Prosthetics and Orthotics, ISPO) je že leta 1994 organiziralo konferenco o ortotski opremi otrok s cerebralno paralizo na Univerzi Duke v ZDA (24). V kasnejših letih se je razumevanje funkcioniranja otrok s CP precej poglobilo. K temu je pomembno prispevala tudi uvedba številnih ocenjevalnih instrumentov, čemur je sledil razvoj sodobne terapevtske obravnave otrok s CP, vključno z načini izdelave in uporabe ortoz. Leta 2008 so na ISPO konferenci ponovno pripravili skupni dokument o z dokazi podprti uporabi ortoz (25). Pripravili so pregled učinkovitosti uporabe ortoz za spodnje ude s stališča kinetike in kinematike hoje, vpliva na telesne zgradbe (dolžina mišic, preprečevanje izpaha kolka) in funkcije gibanja, vpliva na dejavnosti in zbrali rezultate raziskav o tem, kako uporabo ortoz sprejemajo uporabniki (25). Zapisali so priporočila o vlogi ing. ortotike in protetike v rehabilitacijskem timu in povzeli z dokazi podprta dejstva o uporabi ortoz:

1. Pri otrocih s CP, ki hodijo, kaže, da uporaba OGS preprečuje plantarno fleksijo ter lahko izboljša učinkovitost hoje (izboljšanje časovnih in prostorskih parametrov hoje, kot so hitrost hoje, kadenca, dolžina koraka, čas enojne in dvojne opore ter kinematiko skočnega sklepa).
2. Raziskave so s pomočjo računalniške analize hoje potrdile posredne učinke uporabe OGS na kinetiko in kinematiko kolenskega in kolčnega sklepa; te učinke je mogoče optimizirati z natančno uravnavo ortoz.
3. Poraba energije pri hoji se ob uporabi OGS lahko zmanjša.
4. Vpliv OGS na fazično aktivnost mišic spodnjih udov ni pojasnjen.
5. Nejasno ostaja, kako lahko računalniško analizo učinkovitosti OGS pri hoji uporabimo pri napovedi otrokovega gibanja in učinkovitosti hoje v njegovem običajnem okolju.

[6] Dokazi o učinkih OGS na otrokovo zmožnost gibanja so si nasprotujoči. Test za oceno zmožnosti gibanja (angl. Gross Motor Function System, GMFM) (26) je občutljiv na spremembe, ki so povezane z uporabo ortoz in drugih pripomočkov za gibanje, zato bi ga lahko uporabljali za oceno učinka. Nejasno je ostalo, ali s pomočjo OGS lahko vzdržujemo oz. povečamo dolžino mišic in tako preprečimo oz. zmanjšamo razvoj deformacij. Prav tako so menili, da dolgoročni učinki uporabe ortoz niso znani. Glede na sodobno razumevanje pomena mišične moči in vzdržljivosti za vzdrževanje zmožnosti gibanja v odraslem obdobju so svetovali nadaljnje raziskave (25).

Kljub temu postopek izbora ustreznega modela in individualne prilagoditve OGS posameznemu otroku s CP glede na težave in prevladujoč vzorec hoje v vsakdanji klinični praksi ostaja precej zapleten in zahteven, hkrati pa v literaturi še vedno ni dovolj natančnih protokolov za izbiro modela in tehničnih lastnosti (27). Glede na to smo želeli poiskati dokaze o učinkoviti rabi ortoz za otroke s CP v zadnjih desetih letih, ki bi lahko dopolnili poznavanje in razumevanje učinkov, ki so jih člani ISPO že predstavili v prej omenjenih priporočilih.

## METODE

V zbirki PubMed smo s pomočjo ključnih besed otrok, cerebralna paraliza, ortoza (*angl.* child and cerebral palsy and orthosis) poiskali članke za obdobje v letih 2008 - 2018. Upoštevali smo vključitvena merila: članki v angleščini; uporaba ortoza; originalne kvantitativne raziskave. Iz pregleda smo izključili članke, ki so poročali o kombinaciji uporabe ortoz s kirurškimi posegi ali uporabo botulina ter članke o uporabi drugih metod, kot so npr. kineziotrakovi, kompresijska oblačila, funkcionalna električna stimulacija, robotsko vodena vadba hoje in vložki za čevlje.

## REZULTATI

S pregledom zbirk o učinkih ortoz za spodnje ude za otroke s cerebralno paralizo smo našli 192 člankov, ki so bili napisani v letih 2008 - 2018. Vsako leto je bilo objavljenih povprečno 16 člankov, najmanj leta 2010 (devet člankov), največ leta 2016 (23 člankov). Po pregledu vseh člankov smo ob upoštevanju izključitvenih meril izbrali 26 člankov. Poleg tega smo našli 32 preglednih člankov, vendar so bili od tega le trije o pregledu uporabe ortoz. Ostale smo izključili iz nadaljnje analize in predstavitve. Ob pregledovanju izbranih člankov smo našli še tri dodatne pregledne članke.

Najobsežnejši je bil najnovejši članek Lintanf in sodelavcev (28), ki so v svoji pregledni raziskavi v lanskem letu preiskali zbirke podatkov Pubmed, Psychinfo, Web of Science, Academic Search Premier in The Cochrane Library. Zbrali so 32 člankov z modificirano PEDRO oceno več kot 5/9, kar je ustrezalo 56 raziskavam (884 otrok). V metaanalizo zbranih podatkov so vključili podatke 51 raziskav o otrocih s CP. Glede na analizo rezulta-

tov so zaključili, da OGS zanesljivo podaljša korak ( $p < 0,001$ ), nekoliko poveča hitrost hoje ( $p < 0,00$ ) ter zmanjša kadenco ( $p < 0,001$ ). Zmerno so se izboljšali rezultati testiranja z GMFM na področju stoje ( $p = 0,004$ ) ter hoje, teka in skakanja ( $p = 0,02$ ). Izboljšali so se tudi rezultati ocene z Vprašalnikom za ocenjevanje funkcijskih možnosti (Paediatric Evaluation of Disability Inventory, PEDI (29)) ( $p < 0,001$ ). Podatki o ravnotežju in izvedbi vsakodnevnih aktivnosti niso zadoščali za zanesljive zaključke o vplivu OGS. Vse vrste ortoz (rOGS, hOGS, dOGS in supramaleolarna) so zanesljivo povečale dorzalno fleksijo v skočnem sklepu ob kontaktu stopala s tlemi ( $p < 0,001$ ) in med fazo zamaha ( $p < 0,001$ ). Uporaba ortoz je zmanjšala tudi generiranje potrebne moči v gležnju v fazi opore pri otrocih z vzorcem hoje po prstih ( $p < 0,001$ ) (28).

Neto in sodelavci (30) so leta 2012 objavili rezultate pregledne raziskave o primerjavi učinkov rigidne OGS in OGS s sklepom. Našli so sedem raziskav z oceno metodologije med 3 in 4 po merilih PEDRO. Zaključili so, da dokazi podpirajo uporabo OGS s sklepom pri otrocih s CP z manj težavami ter uporabo rigidne OGS pri otrocih s CP, ki imajo manjše zmožnosti gibanja zaradi spastičnosti in kontraktur (30).

Aboutorabi in sodelavci so v pregledni članek leta 2017 vključili rezultate 17 raziskav, v katerih so bili zapisani podatki o skupaj 1139 otrocih s CP, ki so uporabljali različne vrste OKGS (31). Le štiri raziskave so bile randomizirane kontrolirane (vključenih 209 otrok). Rezultate so povzeli tako, da so upoštevali področja Mednarodne klasifikacije funkcioniranja, zmanjšane zmožnosti in zdravja (32).

Figueiredova in sodelavci so leta 2008 objavili pregledni članek o vplivu OGS na hojo (33). Za obdobje v letih 1960 - 2006 so preiskali zbirke PubMed, Cochrane Library, PEDro, OTSeeker, Lilacs in Scielo. Našli so 20 člankov, ki so izpolnjevali merila z dokazi podprte medicine. Tudi Figueiredova s sodelavci se je odločila, da učinke OGS razvrsti glede na področja MKF. Podatke obeh omenjenih preglednih člankov (31, 33) smo dopolnili z rezultati raziskav, ki smo jih našli ob našem pregledu in vse skupaj povzeli v Tabelah 1 do 4.

V pregledu člankov smo našli tudi članek Houxa in sodelavcev (78), ki so se spraševali, pri kateri mejni vrednosti plantarne fleksije stopala (ekvinusni položaj) pride do pomembnih sprememb v kinematiki in kinetiki gibanja spodnjega uda pri zdravih otrocih. Opremili so jih z OGS, s katerimi so omejili gibanje desnega skočnega sklepa na  $+10^\circ$  dorzalne fleksije stopala,  $0^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $-20^\circ$  plantarne fleksije stopala in največjo možno plantarno fleksijo stopala. Analizo so opravili pri hitrosti hoje 1m/s. Ugotovili so, da postane večina kinematičnih in kinetičnih sprememb pomembnih pri  $10^\circ$  plantarne fleksije stopala. V sagitalni ravnini se pojavi povečano krčenje kolena ob začetnem dotiku stopala, povečano krčenje ali pretirano iztegovanje v fazi opore ter povečan nagib medenice naprej. Povečal se je tudi varusni položaj kolena ter obračanje stopala navznoter, zmanjšala se je addukcija v kolku. Fleksijski moment stopala je bil v fazi opore dvofazen, zmanjšalo se je generiranje največje moči v

stopalu in ekstenzijski moment v kolenu, ob tem se je povečal ekstenzijski moment v kolku. Spremembe so se pojavile tudi na levem spodnjem udju, kjer otrokom niso namestili OGS (povečanje plantarne fleksije v skočnem sklepu, zmanjšano krčenje kolena v fazi zamaha (78). Te ugotovitve bi nam lahko dodatno pomagale pri odločanju, kdaj je oprema z OGS res potrebna.

V klinični praksi se pojavlja tudi nameščanje ortoz v nočnem času. Čeprav uporaba ortoz v nočnem času ne moti spanja (79), pa je taka uporaba vprašljiva. Tako so Zhao in sodelavci (80) primerjali učinkovitost uporabe hOGS pri hodečih otrocih s CP, ki so ortoze uporabljali podnevi oz. v kontrolni skupini ponoči. V eno od obeh skupin so naključno razdelili 112 otrok s CP, s povprečno starostjo 2,5 let, GMFCS stopnje I ali II. Vsi otroci so bili vključeni v enak standardni terapevtski program 5-krat tedensko, osem tednov zapored. Spremljali so obseg gibljivosti v skočnem sklepu in funkcioniranje ocenili z GMFM. Pri manjši skupini otrok so za spremljanje uporabili tudi površinsko elektromiografijo. Izboljšanje rezultatov GMFM so našli pri obeh skupinah otrok, vendar večje pri skupini, ki je OGS uporabljala preko dneva. Ugotovili so tudi povečan obseg gibljivosti v skoč-

nem sklepu, vendar brez razlik med obema skupinama otrok. Pri skupini otrok, ki so OGS uporabljali preko dneva, so ugotovili manjšo aktivnost mišice gastrocnemius, pri tistih z nočnimi ortozami pa poleg tega še manjšo aktivnost mišice tibialis anterior (80). Še več, Maas in sodelavci (81) so v raziskavo vključili 28 hodečih otrok s CP (starost med 4 in 16 let) in jih opremili z ortozami za koleno, gleženj in stopalo (OKGS) z Ultraflex sklopom, ki so jo uporabljali vsaj šest ur vsako drugo noč, eno leto. Glede na rezultate so zaključili, da otroci OKGS z dinamičnim gležnjem in fiksiranim kolenom sprejemajo slabo in le ta ne prepreči nastanka kontrakture. Kar nekaj otrok je zaradi poslabšanja obsega gibljivosti v skočnem sklepu predčasno zaključilo sodelovanje v raziskavi, saj so potrebovali dodatne terapevtske ukrepe (81).

V pregledu raziskav smo se posvetili vplivom različnih OGS, vendar naj omenimo še raziskave o ortozah, ki naj bi preprečile izpah kolka, sicer pogost zaplet pri otrocih s CP v IV. in V. stopnji GMFCS. Miller in sodelavci (82) so opravili pregled 24 raziskav v več elektronskih zbirkah in vključili raziskave, s katerimi so pri otrocih s CP z radiološko oceno preverili učin-

**Tabela 1:** Vpliv uporabe ortoz za gleženj in stopalo na telesne funkcije pri otrocih s cerebralno paralizo.

**Table 1:** Effect of ankle-foot orthoses on body functions in children with cerebral palsy.

Telesne funkcije in zgradbe Body functions and structures	Učinek Effect	Vrsta ortoze Type of orthosis	Primerjava Comparison	Referenca raziskave References
<i>Časovne in prostorske značilnosti hoje</i>				
dolžina koraka	podaljšanje dolžine koraka	rOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja; zdravi vs. otroci s HP, DP	34 - 37
		frOGS	HP, DP; primerjava z boso hojo	42, 43
		dOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	46
kadenca	povečanje	rOGS, hOGS, dOGS, pLOGS	DP; hoja z ortozo vs. bosa hoja	27, 40, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 50 - 52, 54, 55
		frOGS	DP; hoja z ortozo vs. bosa hoja	42
	brez sprememb	rOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja; zdravi vs. otroci s HP, DP	34
		rOGS, hOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja; zdravi vs. otroci s HP, DP	35
frOGS		DP; ortozo vs. bosa hoja	43	
čas enojne opore	povečanje	rOGS, hOGS, pLOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	27, 50, 56
		dOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	46
		rOGS, hOGS, dOGS, pLOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	40, 41, 44, 57
simetrija hoje	izboljšanje	hOGS	HP; hoja z ortozo vs. bosa hoja;	35, 37, 59
		rOGS, hOHS, dOGS, pLOGS	Primerjava med ortozami vs. bosa hoja	40, 41, 44, 45, 47 - 49, 50 - 52

**Legenda:** DP – dipareza, HP – hemipareza, rOGS – rigidna ortozo za gleženj in stopalo; hOGS – s sklopom; pLOGS – z zadajšnjim peresom; frOGS – antigravitacijska; dOGS – dinamična  
**Legend:** DP – diaparessis, HP – hemiparesis, rOGS – rigid ankle-foot orthosis (AFO), hOGS – AFO with joint, pLOGS – AFO with posterior leaf spring, frOGS – Zero G AFO, dOGS – dynamic AFO



**Tabela 2:** Vpliv uporabe ortoz za gleženj in stopalo na kinematiko in kinetiko pri otrocih s cerebralno paralizo.**Table 2:** Influence of ankle foot orthosis on kinematics and kinetics in children with cerebral palsy.

Telesne funkcije in zgradbe Body functions and structures	Učinek Effect	Vrsta ortoza Type of orthosis	Primerjava Comparison	Referenca raziskave References
<i>Kinematika</i>				
Trup	povečanje kotne hitrosti trupa v frontalni ravnini	OGS	CP in otroci v tipičnem razvoju	59
	večje gibanje trupa in hrbtenice med hojo	OGS	DP; ortoza vs. bosa hoja	60
Kolki	brez sprememb	frOGS	DP; ortoza vs. bosa hoja	38
Koleno	Povečanje obsega giba	rOGS	primerjava hoje z OGS z uravnava in brez	34
	Izboljšanje iztega kolena v fazi opore	rOGS	DP; primerjava hoje z OGS z uravnava in brez	39
	Preprečevanje hiperekstenzije v kolenu	hOGS	DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	39, 41, 42
		rOGS	HP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	35
		pOGS	HP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	
	zmanjšanje fleksije ob dotiku tal in pretiranega iztega v fazi opore	frOGS	DP; pokrčen vzorec hoje vs. zdravi otroci	61, 62
		h/rOGS	DP - pokrčen vzorec hoje; primerjava med različno rigidnimi OGS z zaporo spredaj	63
	brez razlike v fazi opore	rOGS vs. rfOGS	DP - pokrčen vzorec hoje; primerjava hoje z obema OGS; razlike ni	53
		rOGS	DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja; DP	35
		rOGS, dOGS	DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	46
Povečanje fleksije v kolenu ob dotiku in v fazi zamaha	rOGS, hOGS in dOGS	Vzorec z dostopanjem na prste: hoja z ortoza vs. bosa hoja	47, 56	
Skočni sklep	Povečanje dorzifleksije v gležnju ob dotiku tal in v fazi zamaha	rOGS, hOGS	HP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	35
		dOGS	DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	46
	Zmanjšanje maksimalne plantarne fleksije v fazi opore in v fazi zamaha	rOGS, hOGS, pLOGS	HP, DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja; najbolj učinkovita hOGS	40, 47, 64, 65
		rOGS, hOGS, dOGS, pLOGS	hoja z ortozami vs. bosa hoja; brez razlike med ortozama	47, 56, 66
	Zmanjšanje plantarne fleksije v fazi opore	rOGS, dOGS	DP; primerjava hoje z obema ortozama vs. bosa hoja	45, 65
	Zmanjšanje gibanja v sagitalni ravnini med fazo opore	frOGS	HP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	37, 44, 49, 58, 64, 65, 67, 68, 69
Stopalo	Povečanje notranje rotacije stopala v fazi zamaha	OGS	DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	54

**Legenda:** DP – dipareza, HP – hemipareza, rOGS – rigidna ortoza za gleženj in stopalo; hOGS – s sklepom; pLOGS – z zadajšnjim peresom; frOGS – antigravitacijska; dOGS – dinamična

**Legend:** DP – diaparesis, HP – hemiparesis, rOGS – rigid ankle-foot orthosis (AFO), hOGS – AFO with joint, pLOGS – AFO with posterior leaf spring, frOGS – Zero G AFO, dOGS – dynamic AFO

**Tabela 3:** Vpliv uporabe ortoz za gleženj in stopalo na kinetiko pri otrocih s cerebralno paralizo.**Table 3:** Effect of ankle-foot orthosis on kinetics in children with cerebral palsy.

Telesne funkcije in zgradbe Body functions and structures	Učinek Effect	Vrsta ortoze Type of orthosis	Primerjava Comparison	Referenca raziskave References
<i>Kinetika</i>				
Kolk	povečan ext./flex. moment v kolku	rOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	34
		OGS s karbonsko vzmetjo	HP; hoja z ortozo vs. bosa hoja	37
		brez sprememb	rOGS, hOGS in pLOGS	DP, hoja z ortozo vs. bosa hoja
Koleno	povečan ext./flex. moment v kolenu	rOGS	hoja z ortozo vs. bosa hoja	34
	izboljšanje sagitalnega momenta v kolenu	frOGS	DP; hoja z ortozo vs. bosa hoja	43
	brez sprememb	rOGS, hOGS in pLOGS		40, 41
Gleženj	povečano generiranje moči v fazi pred zamahom	hOGS	Hoja z ortozo vs. bosa hoja	45
	povečanje mehanične energije v fazi opore	pLOGS		70
	povečanje plantarnega fleksijskega momenta	rOGS, hOGS, dOGS in pLOGS		44, 45, 47, 57, 65, 68
	zmanjšana največja moč v gležnju v fazi opore	rOGS, pOGS		71
	zmanjšana moč odziva	hOGS		58
	zmanjšana največja absorpcija moči v prvi polovici faze opore	dOGS		46
	zmanjšana največja absorpcija moči v prvi polovici faze opore	dOGS, hOGS, dOGS		51, 64

**Legenda:** DP – dipareza, HP – hemipareza, rOGS – rigidna ortozo za gleženj in stopalo; hOGS – s sklepom; pLOGS – z zadajšnjim peresom; frOGS – antigravitacijska; dOGS – dinamična

**Legend:** DP – diaparesis, HP – hemiparesis, rOGS – rigid ankle-foot orthosis (AFO), hOGS – AFO with joint, pLOGS – AFO with posterior leaf spring, frOGS – Zero G AFO, dOGS – dynamic AFO

kovitost ortoz. Zaključili so, da je raven dokazov nizka, nobena od vključenih raziskav pa ni dokazala pomembnega učinka. Podobno smo v manjši pilotski študiji ugotavljali tudi na oddelku za rehabilitacijo otrok (83), v kateri nismo mogli potrditi, da nameščanje ortoze SWASH prepreči izpah kolka niti da stabilno sedenje s to ortozo izboljša funkcioniranje rok.

## RAZPRAVA

Ortoza za gleženj in stopalo (OGS) je najpogosteje uporabljena ortozo pri otrocih s CP (11). Z njo želimo izboljšati funkcijske zmožnosti ali pa preprečiti oz. zmanjšati kontrakturo v skočnem sklepu. Podatkov o deležu otrok s CP v Sloveniji, ki uporabljajo ortozo, nimamo, sklepamo pa lahko, da so podatki podobni tistim v švedskem registru otrok s CP, kjer OGS uporablja približno polovica otrok (11). Podobno so poročali tudi avtorji raziskave podatkov nacionalnega registra na Danskem (84). Ti so tudi ugotovili, da ortozo redkeje uporabljajo otroci v III. do V. stopnji GMFCS (84).

Zanimali so nas torej dokazi o učinkih OGS pri otrocih s CP. V poročilu ISPO iz leta 2008 so zapisali, da so avtorji večine raziskav poročali o povečanju hitrosti hoje ob uporabi OGS pri hemiparezi, medtem ko pri diparezi ni bilo enoznačnih zaključkov (25). Tudi novejša raziskava kažejo različne učinke, večinoma v prid povečanju hitrosti pri hemiparezi in diparezi. Rezultati še vedno niso enoznačni, saj se hitrost hoje lahko tudi zmanjša (rOGS pri diparezi (55) ali pa se ne spremeni (hOGS pri hemiparezi (55))). Prav tako so v večini raziskav, ki so bile vključene v poročilo ISPO, pokazali, da se je kadenca pri otrocih s hemiparezo ob uporabi različnih OGS zmanjšala. Pri otrocih z diparezo so bili rezultati manj enoznačni (25). Novejša študija Riesa in sodelavcev je pokazala, da pri uporabi rigidne OGS in antigravitacijske OGS pri otrocih z diparezo in pokrčenim vzorcem hoje ni razlik (53). Znano je bilo tudi, da uporaba OGS omogoča daljši korak v primerjavi z boso hojo, tako pri otrocih s hemiparezo kot diparezo. Menili so, da bi del učinka lahko pripisali uporabi čevljev, za katere so prav tako potrdili, da omogočajo daljši korak tudi brez OGS. Te ugotovitve sicer potrjujejo

**Tabela 4:** Vpliv uporabe ortoz za gleženj in stopalo na aktivnosti pri otrocih s cerebralno paralizo.**Table 4:** Influence of ankle foot orthosis on activity in children with cerebral palsy.

Aktivnosti	Učinek	Vrsta ortoze	Primerjava	Referenca raziskave
Poraba energije	manjša	rOGS	Manjša poraba pri plastični v primerjavi z drugimi modeli OGS	69
		hOGS	HP	33
		pOGS	tetrapareza	68
		frOGS	DP; ortoza vs. bosa hoja	69
		rOGS, hOGS, pLOGS	ortoza vs. bosa hoja	37, 38, 49, 70
	brez razlike	hOGS z vzmetjo	DP, pokrčen vzorec hoje	60
		rOGS	DP, ortoza vs. bosa hoja	71
		hOGS	DP, HP	68
		rOGS, hOGS, pLOGS	ortoza vs. bosa hoja	53
		večja	hOGS	ortoza vs. bosa hoja
Hitrost hoje	povečanje	rOGS	ortoza vs. bosa hoja; večje izboljšanje pri DP kot pri HP	32, 68
		hOGS	HP,	34, 55
		hOGS	DP; ortoza vs. bosa hoja	52
		rOGS, hOGS, dOGS, pLOGS	HP, DP; hoja z ortoza vs. bosa hoja	37, 38, 41-48
	zmanjšanje	rOGS	DP; ortoza vs. bosa hoja	32, 52, 55, 71
	brez razlike	hOGS	HP ortoza vs. bosa hojanacij	52
Funkcijske aktivnosti	izboljšanje GMFM	rOGS, hOGS, pLOGS	DP, ortoza vs. bosa hoja	37, 41, 74 - 76
	brez razlike GMFM	rOGS	DP, HP; ortoza vs. bosa hoja	41, 53
	nezanesljive spremembe	OGS	CP hemipareza (? število korakov v enem dnevu)	77
	Gillette indeks hoje	rOGS	Zmanjšanje zmožnosti za 10 % (neznačilno)	68
	izboljšanje PEDI	rOGS, hOGS, pLOGS	HP (brez izboljšanja pri DP)	41, 58

**Legenda:** DP – dipareza, HP – hemipareza, rOGS – rigidna ortoza za gleženj in stopalo; hOGS – s sklepom; pLOGS – z zadajšnjim peresom; frOGS – antigravitacijska; dOGS – dinamična

**Legend:** DP – diaparesis, HP – hemiparesis, rOGS – rigid ankle-foot orthosis (AFO), hOGS – AFO with joint, pLOGS – AFO with posterior leaf spring, frOGS – Zero G AFO, dOGS – dynamic AFO

rezultati novjših raziskav (54, 55), vendar Ries (27) s sodelavci trdi, da oprema z OGS pri otrocih s CP zanesljivo izboljša le dolžino koraka, zato meni, da bi bilo potrebno izdelati bolj učinkovite algoritme za opremo z ustreznimi OGS glede na značilnosti in potrebe otrok s CP.

Pretekle raziskave so pokazale, da se trajanje enojne opore pri uporabi različnih OGS podaljša pri otrocih s hemiparezo in diparezo (25), novejša raziskava tega niso ovrgle (37). V poročilu ISPO so zapisali tudi, da OGS, ki omejuje gibanje skočnega sklepa, zmanjša generiranje moči in absorpcijo energije. Razmišljali so o možnosti, da bi karbonska vlakna lahko vplivala na generiranje moči, pri tem pa ne bi bilo potrebno žrtvovati nadzora nad kinematiko skočnega sklepa (25). S porabo energije so se v novejšem času precej ukvarjali Kerkum in sodelavci (63, 85),

ki so raziskovali vpliv različnih vzmeti pri hOGS. Morda prinaša novost raziskava Tavernese in sodelavcev, ki so se posvetili učinkom OGS s karbonsko vzmetjo. V raziskavo so vključili rezultate skupine 15 otrok s hemiparetično obliko CP (WINTERS hoja tip I-II) (86). Sicer niso našli pomembnih razlik v prid modularne OGS s karbonsko vzmetjo, so pa prepričani, da je tako ortoza lažje natančno prilagoditi posameznemu otroku glede na vzorec hoje in funkcioniranje (86).

Iz preteklih raziskav je bilo tudi dokaj jasno, da različni modeli OGS pozitivno vplivajo na kinematiko v skočnem sklepu. Rigidne OGS ter ortoze z blokado plantarne fleksije najbolj preprečujejo dostop na sprednji del stopala. Ta dva modela OGS se najbolj izkažeta tudi za obvladovanje pretirane dorzalne fleksije stopala, ki je značilna na pokrčen vzorec hoje. Povečano

dorzalno fleksijo, ki se pojavlja v zadnjem delu faze opore ob uporabi hOGS, je potrebno analizirati v povezavi z dolžino mišice gastrocnemius in morebitnim negativnim učinkom na kinematiko kolka in kolena (25). Na tem področju v novejših člankih ni bilo novosti.

Pri uporabi OGS je pomembna tudi poravnava stopala, vendar v preteklosti nismo mogli zapisati jasnih priporočil (25). Tudi v našem naboru člankov ni bilo pomembnih novosti, je pa Danino s sodelavci opozoril na povečanje notranje rotacije stopala v fazi zamaha in opore pri otrocih z diparezo, ki so uporabljali OGS. Tega učinka niso našli pri skupini otrok s hemiparezo (84). Menimo, da je v klinični praksi pomembno, da to težavo opazimo in jo skušamo odpraviti z natančno uravnavo ortoze in obutve.

O neposrednem učinku različnih OGS na kinetiko in kinematiko kolena je poročalo več avtorjev (25). Uporaba rigidne OGS ali OGS s sklepom, ki omejuje plantarno fleksijo, lahko zmanjša hiperekstenzijo v kolenu. Na pretirano pokrčenost kolena je mogoče vplivati z uporabo rigidne OGS ali ortoze z omejitvijo dorzalne fleksije v skočnem sklepu. Za optimalen učinek je zelo pomembno, da je OGS dobro uravnana (25). Na tem področju je bilo v zadnjih letih kar nekaj člankov (34, 61, 62, 63), ki so potrdili te zaključke. Našli pa smo tudi članke, v katerih so avtorji zapisali, da uporaba dOGS ni vplivala na koleno v fazi opore (46) oz. da ni bilo razlike v pokrčenosti ob primerjavi rOGS in grfOGS (53).

Na voljo je tudi nekaj dokazov, da uporaba OGS vpliva tudi na kinetiko in kinematiko kolčnega sklepa. Kritični dejavniki za vpliv na antigravitacijsko silo so dovoljen obseg giba v skočnem sklepu pri fleksibilni OGS in hOGS ter togost rOGS. Pomembna je tudi natančna uravnava ortoze in ustrezna obutev (25). Skladno s temi ugotovitvami je Jagadamma s sodelavci poročal o povečanem ekstenzijsko-fleksijskem momentu v kolku pri uporabi rOGS (34). O morebitnem vplivu uporabe OGS na gibanje medenice je le malo dokazov in tudi v novejši literaturi o tem nismo našli podatkov.

Pri oceni učinkovitosti ortoz se avtorji raziskav večinoma zanašajo na računalniško analizo hoje, saj klinična analiza hoje, kljub uporabi sistemov za razvrščanje (8-10), ni zanesljiva. Dobsonova s sodelavci (7) meni, da je kakovost metodologije razvoja teh sistemov slaba, zato so sistemi nezanesljivi. Še več, Kawamura in sodelavci so pokazali, da lahko s kliničnim opazovanjem zanesljivo opišemo le pokrčenost kolena v fazi začetnega stika stopala s tlemi ter nagnjenost medenice (89). Bistvena prednost računalniške analize v primerjavi s klinično oceno hoje je ta, da omogoča zbiranje podatkov tako s področja kinematike (gibanje delov telesa v prostoru) kot tudi kinetike (sile, ki so vključene v nastanek tega gibanja). Uporaba računalniške analize je sicer časovno zahtevna, a zelo pomembna za zanesljivo oceno učinka ortoz.

Manj jasna je uporabnost različnih funkcijskih testov za oceno gibanja oz. hoje z ortozami. Danino in sodelavci (87) so v raziskavi, v katero so vključili 53 raziskav o vplivih uporabe

OGS pri otrocih s CP, pred kratkim pokazali, da so se rezultati ocenjevanja z Gillete indeksom hoje sicer izboljšali za 9,3 %, vendar ne statistično značilno. Rezultati the Gait Deviation Index (GDI) (90) in the Gait Profile Score (GPS) (91) se niti niso izboljšali. V pregledu, ki smo ga objavili, je verjetno dovolj občutljiv GMFM, ki so ga že v dokumentu ISPO 2008 predlagali kot uporabnega za spremljanje učinkov OGS (25).

Kljub uporabi računalniške analize hoje in dovolj občutljivih testov za spremljanje učinkov OGS se pri izvedbi raziskav pojavlja kar nekaj vprašanj. Prvo vprašanje je, koliko časa otroci s CP sploh uporabljajo ortoze. Raziskava Maas in sodelavcev (92) je pokazala, da starši pri poročanju o času uporabe ortoz niso zanesljivi. Za dejansko oceno uporabe ortoz so v raziskavi uporabili toplotne senzorcje in ugotovili, da se čas uporabe ortoz, o katerem so poročali starši, zelo razlikuje od dejansko ugotovljenega časa. Vendar teh rezultatov ne gre posploševati, saj so ugotovili tudi velike razlike med starši. Kratek čas uporabe ortoz je zato lahko eden od možnih vzrokov za slabšo učinkovitost ortoz. Na uporabo ortoz lahko vplivajo prepričanja staršev. O tem je v literaturi zelo malo podatkov (25). Starši otrok z diparezo, ki so uporabljali dOGS, so menili, da ortoze vplivajo na spremembe v drži, stabilnosti gležnja in stopala, nadzora drže in poravnave in na izboljšanje izvedbe vsakodnevnih aktivnosti (92).

Avtorji več študij so analizirali kinematične in kinetične značilnosti hoje pri normalnem vzorcu hoje (93-96). Skupna ugotovitev študij je bila, da je ključni element, ki pri normalni hoji omogoča dobro nadzorovano in energetske učinkovito hojo, antigravitacijska sila (angl. ground reaction force, GRF), ki je poravnana glede na sklepe spodnjih udov. Vendar to pri osebah z abnormnim vzorcem hoje ni vedno mogoče. Drugo vprašanje, ki se pojavlja, je optimizacija ali natančno uravnavanje in prilagajanje izdelane OGS posameznemu otroku. Vsako OGS je po tehničnem preskusu potrebno še dokončno uravnati (25), saj lahko OGS brez dokončne uravnave povzroči dodatne nevrološko-biomehanečne težave. Postopek dokončne uravnave OGS mora biti del standardne klinične prakse (97). Poleg tega je potrebno tudi uravnavanje OGS in obutve (98). Cilj končne uravnave je čim boljša poravnava sklepov spodnjih udov v vseh fazah hoje. Uravnava vključuje nameščanje različne prilagoditve na podplatu čevlja, ki olajšajo hojo (102, 103) in prilagoditve prožnosti stopalnega dela OGS (103).

V preglednem članku je Eddisonova iz širokega nabora člankov izbrala le 15 člankov o uravnavanju OGS in obutve, v katerih so avtorji poročali o učinkovitosti uravnavanja in izboljšanih lastnostih antigravitacijske sile (101). Večina študij je bila pomankljiva, saj avtorji niso dovolj natančno poročali o postopku izdelave OGS in prilagajanja le-te. Jagadamma (88) s sodelavci je edini natančno poročal o vseh parametrih uravnave, vendar je bila skupina preiskovancev zelo majhna (pet otrok s CP). O pomenu natančnega uravnavanja OGS so pisali tudi Kerkum in sodelavci (102). Pri 15 otrocih s CP, s pokrčenim vzorcem hoje, so preverili, ali lahko s prilagajanjem togosti OGS s sklepom in zaporo spredaj še izboljšajo učinek OGS. Ponovne meritve tri mesece kasneje so pokazale zmanjšano porabo energije (blizu



statistične značilnosti) in manjšo pokrčenost kolena v fazi opore ( $p=0,006$ ). Podobno glede na rezultate skupine 15 otrok s hemiparetično obliko CP (WINTERS hoja tip I-II) Tavernese E (86) s sodelavci predlaga uporabo karbonske OGS, ki jo je zaradi modularne zgradbe mogoče natančno prilagoditi posameznemu otroku glede na vzorec hoje in funkcioniranje.

Na rezultate študij bi morda lahko vplival tudi čas, ki je otroku na voljo, da se prilagodi na ortozo, vendar so Kerkum in sodelavci (103) pokazali, da med začetno meritvijo desetih časovno-prostorskih, kinematičnih in kinetičnih spremenljivk in kontrolno meritvijo po štirih tednih ni bilo nobenih pomembnih razlik. V raziskavo so vključili 10 otrok s CP (8 dečkov, povprečna starost 10,2 let, GMFCS stopnji I. in II.), ki so hodili s pretirano pokrčenimi kolena v fazi opore. Skupina je relativno majhna, poleg tega teh ugotovitev ni mogoče kar tako posplošiti na vse vrste ortoz in vse vzorce hoje pri otrocih s CP.

Težava pri vrednotenju rezultatov raziskav o učinkovitosti OGS je po mnenju Ridgewella (104) tudi ta, da so podatki o preiskovancih pomanjkljivi, prav tako pa tudi podatki o tehničnih lastnostih ortoz in testnih protokolih. Glede na rezultate pregleda literature so izdelali vprašalnik za zbiranje podatkov in oceno kakovosti raziskav ter pripravili smernice dobre prakse za poročanje o rezultatih raziskav. Predvsem so poudarili, da je potrebno zagotoviti čim bolj homogene skupine preiskovancev ter dovolj natančno opisati ortoze, tako da bi bilo raziskavo mogoče ponoviti in doseči enake rezultate. Podobno so razmišljali tudi Eddisonova in sodelavci (105), ki so leta 2017 objavili rezultate pregledne raziskave o tem, ali imamo na voljo dovolj informacij o oblikovanju in materialih za OGS. Ugotovili so, da večina avtorjev raziskav o učinkih OGS ne poroča o materialih, iz katerih so izdelane OGS, le v dveh primerih so avtorji poročali o togosti ortoz. Avtorji nobene od vključenih raziskav niso utemeljiti meril za izbor ortoz, ki so jih preverjali. Glede na to so Eddisonova in sodelavci menili, da pomanjkanje ali odsotnost teh podatkov o materialih postavlja vprašanja o veljavnosti rezultatov, onemogoča ponavljanje raziskave in je za klinike v praksi lahko zavajajoče.

## ZAKLJUČEK

Ortoza za gleženj in stopalo je zelo pogost pripomoček, ki ga uporabljajo otroci s cerebralno paralizo. Postopek opreme z ustreznimi ortozo je zapleten, saj zahteva natančno analizo vzorca hoje ter poznavanje vplivov različnih modelov OGS na kinetiko, kinematiko in funkcijo hoje. Od izdaje priporočil, ki jih je izdalo Mednarodno združenje za protetiko in ortotiko, je bilo objavljenih nekaj novih rezultatov raziskav o učinkih OGS, vendar lahko iz predstavljenih rezultatov sklepamo, da priporočila ostajajo praktično enaka. Predvsem pa ostajajo enaka priporočila za izvedbo raziskav, v katerih avtorji še vedno pomanjkljivo poročajo o materialih, lastnostih OGS in protokolih dela.

## Literatura:

1. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997; 39: 214–23.
2. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M. GM-FCS – E & R: gross motor function classification system: expanded and revised. Canchild centre for childhood disability research, Institute for applied health sciences, McMaster University, Hamilton; 2007. Dostopno na: [https://canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/058/original/GMFCS-ER\\_English.pdf](https://canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/058/original/GMFCS-ER_English.pdf) (citirano 8. 3. 2019).
3. McCormick A, Brien M, Plourde J, Wood E, Rosenbaum P, McLean J. Stability of the gross motor function classification system in adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2007; 49(4): 265–69.
4. Wiley ME, Damiano DL. Lower -extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1998; 40: 100-7.
5. Eek MN, Beckung E. Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2008; 28(3): 366-71.
6. Mathewson MA, Lieber RL. Pathophysiology of muscle contractures in cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2015; 26(1): 57–67.
7. Dobson F, Morris ME, Baker R, Graham HK. Gait classification in children with cerebral palsy: a systematic review. *Gait Posture.* 2007; 25: 140–52.
8. Winters TF, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg (Am).* 1987; 69: 437-41.
9. Sutherland DH, Davids JR. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin Orthopaedics Related Res.* 1993; 288: 139-47.
10. Rodda J, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *European Journal of Neurology.* 2001; 8(5): 98-108.
11. Wingstrand M, Hägglund G, Rodby-Bousquet E. Ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: a cross sectional population-based study of 2200 children. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014; 15: 327.
12. Middleton E, Hurley G, McIlwan J. The role of rigid and hinged polypropylene ankle-foot-orthoses in management of cerebral palsy: a case study. *Prosthet Orthot Int.* 1988; 12: 129-35.
13. Meadows CB. The influence of polypropylene ankle-foot orthoses on the gait of cerebral palsied children [PhD thesis]. Strathclyde: University of Strathclyde; 1984.
14. Butler PB, Thompson N, Major RE. Improvement in walking performance of children with cerebral palsy: preliminary results. *Dev Med Child Neurol.* 1992; 34: 567–76.

15. Tardieu C, Lespargot A, Tabary C, Bret MD. For how long must the soleus muscle be stretched each day to prevent contracture? *Dev Med Child Neur.* 1988; 30: 3–10.
16. Morris C. A review of the efficacy of lower-limb orthoses used for cerebral palsy. *Dev Med Child Neur.* 2002; 44(3): 205–11.
17. Hylton NM. Postural and functional impact of dynamic AFO's and foot orthoses in a paediatric population. *J Prost Orth.* 1990; 2(1): 40–53.
18. Pratt DJ. Dynamic foot orthoses. Principles and application. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000; 90(1): 24–9.
19. Bronkhorst A, Lamb G. An orthosis to aid in reduction of lower limb spasticity. *Orthot Prosthet.* 1987; 41(2): 23–8.
20. Curtis E. Dynamic ankle foot orthosis – tone inhibiting. *APCP Journal.* 1995: 20–30.
21. Ford C, Grotz R, Shamp J. The neurophysiological ankle-foot orthosis. *Clin Prosthet Orthot.* 1986; 10: 15–23.
22. Lohman M, Goldstein H. Alternative strategies in tone-reducing AFO design. *J Prost Orth.* 1993; 5: 21–4.
23. Duncan WR, Mott DH. Foot reflexes and the use of the “inhibitive cast”. *Foot Ankle.* 1983; 4(3): 145–8.
24. Condie DN, Gross Meadows CB, eds. Report of a consensus conference on lower limb orthotic management of cerebral palsy, Duke University, Durham, N. Carolina, 10 - 12 November, 1994. Dostopno na: [https://cdn.ymaws.com/www.ispoint.org/resource/resmgr/4\\_EXCHANGE/Conference\\_on\\_the\\_Lower\\_Limb.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ispoint.org/resource/resmgr/4_EXCHANGE/Conference_on_the_Lower_Limb.pdf) (citirano 10. 12. 2018).
25. Moriss C, Condie D, eds. Recent developments in health-care for cerebral palsy: implications and opportunities for orthotics, Oxford, 8-11 September 2008. (Dostopno na: [https://cdn.ymaws.com/www.ispoint.org/resource/resmgr/4\\_EXCHANGE/ispo\\_cp\\_report\\_oxford\\_2008.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ispoint.org/resource/resmgr/4_EXCHANGE/ispo_cp_report_oxford_2008.pdf) (10. 12. 2018).
26. Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M. Gross motor function measure (GMFM-66 & GMFM-88) user's manual. London: Mac Keith Press; 2002.
27. Ries AJ, Novacheck TF, Schwartz MH. The efficacy of ankle-foot orthoses on improving the gait of children with diplegic cerebral palsy: a multiple outcome analysis. *PM R.* 2015; 7(9): 922-9.
28. Lintanf M, Bourseul JS, Houx L, Lempereur M, Brochard S, Pons C. Effect of ankle-foot orthoses on gait, balance and gross motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018; 32(9): 1175-88.
29. Hayley SM, et al. *Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI)*. Boston: New England Medical Centre Hospitals; 1992.
30. Neto HP, Collange Grecco LA, Galli M, Santos Oliveira C. Comparison of articulated and rigid ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: a systematic review. *Pediatr Phys Ther* 2012; 24(4): 308-12.
31. Aboutorabi A, Arazpour M, Ahmadi Bani M, Saedi H, Head JS. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: a systematic review. *Ann Phys Rehabil Med* 2017; 60(6): 393-402.
32. International classification of functioning, disability and health: ICF. Geneva, World Health Organization; 2001: 12-7.
33. Figueiredo EM, Ferreira GB, Maia Moreira RC, Kirkwood RN, Fetters L. Efficacy of ankle-foot orthoses on gait of children with cerebral palsy: systematic review of literature. *Pediatr Phys Ther.* 2008; 20(3): 207-23.
34. Jagadamma KC, Coutts FJ, Mercer TH, Herman J, Yirrell J, Forbes L, et al. Optimising the effects of rigid ankle foot orthoses on the gait of children with cerebral palsy (CP) - an exploratory trial. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2015; 10(6): 445-51.
35. Hayek S, Hemo Y, Chamis S, Bat R, Segev E, Wientroub S, et al. The effect of community-prescribed ankle-foot orthoses on gait parameters in children with spastic cerebral palsy. *J Child Orthop.* 2007; 1(6): 325–32.
36. Van Gestel L, Molenaers G, Huenaearts C, Seyler J, Desloovere K. Effect of dynamic orthoses on gait: a retrospective control study in children with hemiplegia. *Dev Med Child Neur.* 2008; 50(1): 63-7.
37. Schweizer K, Brunner R, Romkes J. Upper body movements in children with hemiplegic cerebral palsy walking with and without an ankle-foot orthosis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2014; 29(4): 387–94.
38. Lucarelli PR, Lima Mde O, Lucarelli JG, Lima FP. Changes in joint kinematics in children with cerebral palsy while walking with and without a floor reaction ankle-foot orthosis. *Clinics (Sao Paulo).* 2007; 62(1): 63–8.
39. Butler P, Farmer S, Stewart C, Jones P, Forward M. The effect of fixed ankle foot orthoses in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2007; 2(1): 51–8.
40. Buckon CE, Thomas SS, Jakobson-Huston S, Sussman M, Aiona M. Comparison of three ankle-foot orthosis configurations for children with spastic hemiplegia. *Dev Med Child Neur.* 2001; 43(6): 371-8.
41. Buckon CE, Thomas SS, Jakobson-Huston S, Moor M, Sussman M, Aiona M. Comparison of three ankle-foot orthosis configurations for children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neur.* 2004; 46(9): 590-8.
42. Abd El-Kafy EM. The clinical impact of orthotic correction of lower limb rotational deformities in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2014; 28(10): 1004-14.
43. Rogozinski BM, Davids JR, Davis RB 3rd, Jameson GG, Blackhurst DW. The efficacy of the floor-reaction ankle-foot orthosis in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg.* 2009; 91(10): 2440–7.
44. Radtka AS, Skinner SR, Dixon DM, Johanson ME. A comparison of gait with solid, dynamic, and no ankle foot orthoses in children with spastic cerebral palsy. *Phys Ther.* 1997; 77(4): 395– 409.
45. Radtka SA, Skinner SR, Johanson ME. A comparison of gait with solid and hinged ankle-foot orthoses in children

- with spastic diplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2005; 21: 303-10.
46. Wren TA, Dryden JW, Mueske NM, Dennis SW, Healy BS, Rethlefsen SA. Comparison of 2 orthotic approaches in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2015; 27(3): 218-26.
  47. Lam WK, Leong JC, Li YH, Hu Y, Lu WW. Biomechanical and electromyographic evaluation of ankle foot orthosis and dynamic ankle foot orthosis in spastic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2005; 22(3): 189-97.
  48. Abel MF, Juhl GA, Vaughan CL, Damiano DL. Gait assessment of fixed ankle-foot orthoses in children spastic diplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998; 79(2): 126-33.
  49. Dursun E, Dursun N, Alican D. Ankle-foot orthoses: effect on gait in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*. 2002; 24(7): 345-7.
  50. White H, Jenkins J, Neace WP, Tylkowski C, Walker J. Clinically prescribed orthoses demonstrate an increase in velocity of gait in children with cerebral palsy: a retrospective study. *Dev Med Child Neur*. 2002; 44(4): 227-32.
  51. Romkes J, Brunner R. Comparison of dynamic and a hinged ankle-foot orthosis by gait analysis in patients with hemiplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2002; 15: 18-24.
  52. Maltais D, Bar-Or O, Galea V, Pierrynowski M. Use of orthoses lowers the O<sub>2</sub> cost of walking in children with spastic cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33: 320-5.
  53. Ries AJ, Schwartz MH. Ground reaction and solid ankle-foot orthoses are equivalent for the correction of crouch gait in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neur*. 2019; 61(2): 219-25.
  54. Danino B, Erel S, Kfir M, Khamis S, Batt R, Hemo Y, et al. Influence of orthosis on the foot progression angle in children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2015; 42(4): 518-22.
  55. Bennett BC, Russell SD, Abel MF. The effects of ankle foot orthoses on energy recovery and work during gait in children with cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012; 27(3): 287-91.
  56. Smiley SJ, Jacobsen FS, Mielke C, Johnston R, Park C, Ovaska GJ. A comparison of the effects of solid, articulated, and posterior leaf-spring ankle-foot orthoses and shoes alone on gait and energy expenditure in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Orthopedics*. 2002; 25(4): 411-5.
  57. Brunner R, Meier G, Ruepp T. Comparison of a stiff and spring-type ankle-foot orthosis to improve gait in spastic hemiplegic children. *J Pediatr Orthop*. 1998; 18: 719-26.
  58. Balaban B, Yasar E, Dal U, Yazicioglu K, Mohur H, Kalyon TA. The effect of hinged ankle-foot orthosis on gait and energy expenditure in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil*. 2007; 29: 139-44.
  59. Degelean M, De Borre L, Salvia P, Pelc K, Kerckhofs E, De Meirleir L, et al. Effect of ankle-foot orthoses on trunk sway and lower limb intersegmental coordination in children with bilateral cerebral palsy. *J Pediatr Rehabil Med*. 2012; 5(3): 171-9.
  60. Swinnen E, Baeyens JP, Van Mulders B, Verspecht J, Degelean M. The influence of the use of ankle-foot orthoses on thorax, spine, and pelvis kinematics during walking in children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2018 ; 42(2): 208-13.
  61. Bahramizadeh M, Mousavi ME, Rassafiani M, Aminian G, Ebrahimi I, Karimlou M, et al. The effect of floor reaction ankle foot orthosis on postural control in children with spastic cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2012; 36(1): 71-6.
  62. Böhm H, Matthias H, Braatz F, Döderlein L. Effect of floor reaction ankle-foot orthosis on crouch gait in patients with cerebral palsy: What can be expected? *Prosthet Orthot Int*. 2018; 42(3): 245-53.
  63. Kerkum YL, Buizer AI, van den Noort JC, Becher JG, Harlaar J, Brehm MA. The effects of varying Ankle Foot Orthosis stiffness on gait in children with spastic cerebral palsy who walk with excessive knee flexion. *PLoS One*. 2015; 10(11): e0142878.
  64. Carlson WE, Vaughan CL, Damiano DL, Abel MF. Orthotic management of gait in spastic diplegia. *Am J Phys Med Rehabil*. 1997; 76(3): 219-25.
  65. Rethlefsen S, Kay R, Dennis S, Forstein M, Tolo V. The effects of fixed and articulated ankle-foot orthoses on gait patterns in subjects with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 1999; 19(4): 470-4.
  66. Smith PA, Hassani S, Graf A, Flanagan A, Reiners K, Kuo KN, et al. Brace evaluation in children with diplegic cerebral palsy with a jump gait pattern. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(2): 356-65.
  67. Butler PB, Thompson N, Major RE. Improvement in walking performance of children with cerebral palsy: preliminary results. *Dev Med Child Neur*. 1992; 34: 567-76.
  68. Hainsworth F, Harrison MJ, Sheldon TA, Roussounis SH. A preliminary evaluation of ankle orthoses in the management of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neur*. 1997; 39(4): 243-7.
  69. Crenshaw S, Herzog R, Castagno P, Richards J, Miller F, Michaloski G, et al. The efficacy of tone-reducing features in orthotics on the gait of children with spastic diplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2000; 20(2): 210-6.
  70. Ounpuu S, Bell KJ, Davis RB 3rd, DeLuca PA. An evaluation of the posterior leaf spring orthosis using joint kinematics and kinetics. *J Pediatr Orthop*. 1996; 16(3): 378-84.
  71. Brehm MA, Harlaar J, Schwartz M. Effect of ankle-foot orthoses on walking efficiency and gait in children with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2008; 40: 529-34.
  72. Caliskan Uckun A, Celik C, Ucan H, Ordu Gokkaya NK. Comparison of effects of lower extremity orthoses on energy expenditure in patients with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*. 2014; 17(6): 388-92.
  73. Mossberg KA, Linton KA, Friske K. Ankle-foot orthoses: effect on energy expenditure of gait in spastic diplegic children. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990; 71(7): 490-4.
  74. Vanwala JJ, Diwan S, Shah S, Vyas N. Effect of ankle foot orthosis on energy expenditure index and gait speed in spa-



- stic cerebral palsy children: an observational study. *Int J Contemp Pediatrics*. 2014; 1(1): 17-9.
75. Suzuki N, Shinohara T, Kimizuka M, Yamaguchi K, Mita K. Energy of expenditure of diplegic ambulation using flexible plastic ankle foot orthoses. *Bull Hosp Jt Dis*. 2000; 59(2): 76-80.
  76. Dalvand H, Dehghan L, Feizi A, Hosseini SA, Amirsalari S. The impacts of hinged and solid ankle-foot orthoses on standing and walking in children with spastic diplegia. *Iran J Child Neurol*. 2013; 7(4): 12-9.
  77. Bjornson K, Zhou C, Fatone S, Orendurff M, Stevenson R, Rashid S. The effect of ankle-foot orthoses on community-based walking in cerebral palsy: a clinical pilot study. *Pediatr Phys Ther*. 2016; 28(2): 179-86.
  78. Houx L, Lempereur M, Rémy-Néris O, Brochard S. Threshold of equinus which alters biomechanical gait parameters in children. *Gait Posture*. 2013; 38(4): 582-9.
  79. Mol EM, Monbaliu E, Ven M, Vergote M, Prinzie P. The use of night orthoses in cerebral palsy treatment: sleep disturbance in children and parental burden or not? *Res Dev Disabil*. 2012; 33(2): 341-9.
  80. Zhao X, Xiao N, Li H, Du S. Day vs. day-night use of ankle-foot orthoses in young children with spastic diplegia: a randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013; 92(10): 905-11.
  81. Maas JC, Dallmeijer AJ, Oudshoorn BY, Bolster EAM, Huijting PA, Jaspers RT, et al. Measuring wearing time of knee-ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: comparison of parent-report and objective measurement. *Disabil Rehabil*. 2018; 40(4): 398-403.
  82. Miller SD, Juricic M, Hesketh K, Mclean L, Magnuson S, Gasior S, et al. Prevention of hip displacement in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2017; 59(11): 1130-8.
  83. Groleger Sršen K, Korelc S, Dolinar M. Ali uporaba ortoza za kolk z medenično košaro pri otrocih s cerebralno paralizom vpliva na zmožnosti sedenja in funkcijo rok? *Rehabilitacija*. 2017; 16(2): 50-8.
  84. Rackauskaite G, Uldall PW, Bech BH, Østergaard JR. Impact of child and family characteristics on cerebral palsy treatment. *Dev Med Child Neurol* 2015; 57(10): 948-54.
  85. Kerkum YL, Brehm MA, Buizer AI, van den Noort JC, Becher JG, Harlaar J. Defining the mechanical properties of a spring-hinged ankle foot orthosis to assess its potential use in children with spastic cerebral palsy. *J Appl Biomech*. 2014; 30(6): 728-31.
  86. Tavernese E, Petrarca M, Rosellini G, Di Stanislao E, Pisano A, Di Rosa G, et al. Carbon Modular Orthosis (Ca.M.O.): an innovative hybrid modular ankle-foot orthosis to tune the variable rehabilitation needs in hemiplegic cerebral palsy. *NeuroRehab*. 2017; 40(3): 447-57.
  87. Danino B, Erel S, Kfir M, Khamis S, Batt R, Hemo Y, et al. Are gait indices sensitive enough to reflect the effect of ankle foot orthosis on gait impairment in cerebral palsy diplegic patients? *J Pediatr Orthop*. 2016; 36(3): 294-8.
  88. Jagadamma KC, Owen E, Coutts FJ, Herman J, Yirrell J, Mercer TH, et al. The effects of tuning an ankle-foot orthosis footwear combination on kinematics and kinetics of the knee joint of an adult with hemiplegia. *Prosthet Orthot Int*. 2010; 34(3): 270-6.
  89. Kawamura CM, de Moraes Filho MC, Barreto MM, de Paula Asa SK, Juliano Y, Novo NF. Comparison between visual and three-dimensional gait analysis in patients with spastic diplegic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2007; 25(1): 18-24.
  90. Schwartz MH, Rozumalski A. The Gait Deviation Index: a new comprehensive index of gait pathology. *Gait Posture*. 2008; 28(3): 351-7.
  91. Baker R, McGinley JL, Schwartz MH, Beynon S, Rozumalski A, Graham HK, et al. The gait profile score and movement analysis profile. *Gait Posture*. 2009; 30(3): 265-9.
  92. Maas J, Dallmeijer A, Huijting P, Brunstrom-Hernandez J, van Kampen P, Bolster E, et al. A randomized controlled trial studying efficacy and tolerance of a knee-ankle-foot orthosis used to prevent equinus in children with spastic cerebral palsy. *Clin Rehabil*. 2014; 28(10): 1025-38.
  93. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. *Human walking*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1981.
  94. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. 2nd ed. New York: Wiley; 1990.
  95. Perry J. *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare: Slack; 1992.
  96. Perry J, Burnfield JM. *Gait analysis: normal and pathological function*. 2nd ed. Thorofare: Slack; 2010.
  97. Best practice, use of ankle-foot orthoses following stroke. Healthcare improvement Scotland. Dostopno na: [http://www.healthcareimprovementscotland.org/previous\\_resources/best\\_practice\\_statement/ankle-foot\\_orthoses\\_stroke.aspx](http://www.healthcareimprovementscotland.org/previous_resources/best_practice_statement/ankle-foot_orthoses_stroke.aspx) (citirano 25. 1. 2019).
  98. Cook TM, Cozzens B. The effects of heel height and ankle foot orthosis configuration on weight line location: a demonstration of principles. *Orthot Prosthet*. 1976; 30(4): 43-6.
  99. Owen E. Shank angle to floor measures of tuned 'ankle-foot orthosis footwear combinations' used with children with cerebral palsy, spina bifida and other conditions. *Gait Posture*. 2002; 16 Suppl. 1: S132-33.
  100. Owen E. A clinical algorithm for the design and tuning of ankle-foot orthosis footwear combinations (AFOFCs) based on shank kinematics. *Gait Posture*. 2005; 22 Suppl 1: S36-37.
  101. Eddison N, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combination on the gait parameters of children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2013; 37(2): 95-107.
  102. Kerkum YL, Harlaar J, Buizer AI, van den Noort JC, Becher JG, Brehm MA. An individual approach for optimizing ankle-foot orthoses to improve mobility in children with spastic cerebral palsy walking with excessive knee flexion. *Gait Posture*. 2016; 46: 104-11.



103. Kerkum YL, Brehm MA, van Hutten K, van den Noort JC, Harlaar J, Becher JG, et al. Acclimatization of the gait pattern to wearing an ankle-foot orthosis in children with spastic cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015; 30(6): 617-22.
104. Ridgewell E, Dobson F, Bach T, Baker R. A systematic review to determine best practice reporting guidelines for AFO interventions in studies involving children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2010; 34(2): 129-45.
105. Eddison N, Mulholland M, Chockalingam N. Do research papers provide enough information on design and material used in ankle foot orthoses for children with cerebral palsy? A systematic review. *J Child Orthop*. 2017; 11(4): 263-71.