



Kratkoročni in dolgoročni učinki selektivne dorzalne rizotomije na hojo pri otrocih s cerebralno paralizo – pregled literature

Short-term and long-term effects of selective dorsal rhizotomy on gait in children with cerebral palsy – literature review

Tina Tomc Žargi, Karin Kuralt

Izvleček

Izhodišča: Cerebralna paraliza (CP) je ena najpogostejših nevroloških motenj v otroštvu in je posledica nenapredujoče trajne okvare možganov. CP je skupek simptomov in znakov, ki se kažejo v motnjah drže in gibanja, pogosto pa jih spremlja spastičnost, kar omejuje premičnost in lahko povzroča bolečine ter deformacije mišično-skeletnega sistema. Selektivna dorzalna rizotomija (SDR) je nevrokirurški poseg, namenjen zmanjšanju spastičnosti in izboljšanju funkcije hoje pri otrocih s CP. Ker pa sam poseg fiziološko vpliva samo na spastičnost, populacija pa je v kontekstu klinične slike zaradi različne ravni mišične zmogljivosti precej heterogena, so funkcijski izidi lahko raznoliki. Dodatno skok v rasti in zaradi tega manj ugodno razmerje med zmogljivostjo in maso neugodno vpliva na funkcioniranje posameznikov v obdobju adolescence. Namen pregleda literature je ugotoviti, kakšen je vpliv selektivne dorzalne rizotomije na parametre hoje pri otrocih s cerebralno paralizo v različnih obdobjih po posegu.

Metode: Iskanje literature je potekalo v podatkovnih zbirkah PubMed in PEDro s pomočjo različnih kombinacij naslednjih ključnih besed: cerebral palsy, selective dorsal rhizotomy, long-term effects, short-term effects, gait. Vključene so bile raziskave, ki so se osredinjale na parametre hoje in funkcijsko zmogljivost posameznikov s CP.

Rezultati: Po pregledu 8 raziskav, ki so vključile 229 preiskovancev, so bili ugotovljeni pomembni kratkoročni učinki, kot so zmanjšanje spastičnosti in izboljšanje obsega gibljivosti sklepov ter različnih parametrov hoje, vključno z dolžino koraka, kadenco hoje in kotom napredovanja stopala. Po več kot 5 letih po posegu pa raziskave poročajo, da učinki, razen zmanjšane spastičnosti, pričnejo izzvenevati. Večji upad je opazen po 10 letih. 15 let po posegu pa se funkcijske zmožnosti približajo ravni pred operacijo oz. se bistveno ne razlikujejo od posameznikov, ki so bili deležni drugih oblik zdravljenja. Za vzdrževanje pozitivnih učinkov predvsem v obdobju adolescence in po njej je ključnega pomena za vzdrževanje funkcije poudarek na vzdrževanju mišične zmogljivosti.

Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

Korespondenca / Correspondence: Tina Tomc Žargi, e: tina.tomc-zargi@zf.uni-lj.si

Ključne besede: cerebralna paraliza; selektivna dorzalna rizotomija; spastičnost; hoja

Keywords: cerebral palsy; selective dorsal rhizotomy; spasticity; gait

Prispelo / Received: 9. 6. 2025 | **Sprejeto / Accepted:** 16. 12. 2025

Citirajte kot/Cite as: Tomc Žargi T, Kuralt K. Kratkoročni in dolgoročni učinki selektivne dorzalne rizotomije na hojo pri otrocih s cerebralno paralizo – pregled literature. Zdrav Vestn. 2026;95(1–2):23–32. DOI: <https://doi.org/10.6016/ZdravVestn.3638>



Avtorske pravice (c) 2026 Zdravniški Vestnik. To delo je licencirano pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0 mednarodno licenco.

Zaključek: Ključna ugotovitev našega pregleda literature je bila, da SDR sama po sebi dolgoročno ne pomeni nujno boljše hoje. Pomembna je dolgoročna kombinacija z ustrezno rehabilitacijo, ki ima poudarek na izboljšanju mišične zmogljivosti.

Abstract

Background: Cerebral palsy (CP) is one of the most common neurological disorders in childhood and results from a non-progressive, permanent brain injury. It is a collection of symptoms and signs characterized by posture and movement disorders, often accompanied by spasticity, which limits mobility, causes pain, and may lead to musculoskeletal deformities. Selective dorsal rhizotomy (SDR) is a neurosurgical procedure performed to reduce spasticity and improve gait in children with CP. Because the procedure physiologically affects only spasticity, and the patient population is highly heterogeneous in terms of clinical presentation due to varying levels of muscle capacity, functional outcomes can vary considerably. In addition, growth spurts during adolescence and the resulting less favourable ratio between muscle capacity and body mass may further negatively affect functional performance. The aim of this literature review is to determine the impact of selective dorsal rhizotomy on gait parameters in children with cerebral palsy across different time periods following the procedure.

Methods: Literature was searched in the PubMed and PEDro databases using various combinations of the following keywords: cerebral palsy, selective dorsal rhizotomy, long-term effects, short-term effects, and gait. Studies focusing on gait parameters and functional capacity in individuals with CP were included.

Results: Following the review of eight studies involving a total of 229 participants, significant short-term effects were identified, including a reduction in spasticity and improvements in joint range of motion as well as in various gait parameters, such as step length, gait cadence, and foot progression angle. More than five years after the procedure, however, studies report that these effects—apart from the reduction in spasticity—begin to diminish. A more pronounced decline is observed after ten years, and by fifteen years post-procedure, functional abilities approach preoperative levels or do not differ substantially from those of individuals who received other forms of treatment. To maintain positive effects, particularly during and after adolescence, preserving muscle capacity is crucial for sustaining functional performance.

Conclusion: The key finding of our literature review was that SDR alone does not necessarily result in improved gait in the long term, but that sustained benefits depend on its long-term combination with appropriate rehabilitation, with a particular emphasis on improving muscle capacity.

1 Uvod

Cerebralna paraliza (CP) je razvojna motnja, ki se izraža kot motnja gibanja, drže ali koordinacije in je posledica nenapredujoče okvare ali poškodbe nedozorelih možganov, pridobljene med predporodno, perinatalno ali zgodnjo poporodno dobo (1). 80 % primerov CP je pridobljenih prenatalno ter nastanejo iz večinoma neznanih vzrokov. CP je najpogostejša telesna okvara v otroštvu in prizadene približno 2 otroka na 1.000 rojstev (1). Pri otrocih s CP največkrat zaznamo zmanjšane zmožnosti funkcioniranja na različnih področjih. Izrazijo se lahko primanjkljaji na področju nadzora drže, gibanja, zaznavanja (vid, sluh ipd.), hranjenja, govora ter vedenja (2). Čeprav okvara ne napreduje, se simptomi CP v različnih življenjskih obdobjih pogosto spreminjajo. Spremembe so odvisne od vpliva različnih dejavnikov, kot so učenje, otrokov razvoj ter vključenost v različne terapevtske programe. Značilni so tudi sekundarni zapleti, kot so skrajšave kit in mišic, zakrčenost sklepov, izpahi kolkov in skolioza, ki pa se običajno pojavijo kasneje v življenju (2).

Kot posledica okvare zgornjega motoričnega nevro- na se pojavlja spastičnost, ki je patološko stanje in se kaže kot povišan mišični tonus oz. povišana aktivnost mišic zaradi povečane občutljivosti refleksa na razteg. Povišan mišični tonus pogosto vpliva na premičnost, povzroča bolečino ali kasneje vodi v deformacije, ker se poskuša mišični tonus obvladovati (3).

Z namenom, da bi zmanjšali spastičnost, se pri bolnikih s CP kot ena od oblik zdravljenja izvaja nevrokirurški poseg selektivne dorzalne rizotomije (SDR). Postopek se izvaja v zgodnjem otroštvu in ima pozitivne tako kratkoročne kot dolgoročne učinke na zmanjšanje spastičnosti (4). SDR poteka tako, da nevrokirurg dorzalne živčne korenine, tj. senzorične korenine na ravni od L1 do S1, loči od ventralnih, nato pa vsako dorzalno korenino razdeli na približno 3 do 5 fasciklov. Vsak fascikel nato draži s tetaničnim dražljajem s pomočjo igelnih elektrod, hkrati pa opazuje elektromiografski (EMG) signal iz mišic miotomov L2 do S3. Na podlagi opazovanja določijo vse tiste fascikle, katerih draženje

je povzročilo najbolj nenormalen odziv, in jih kirurško prekinejo (3). To vodi v zmanjšanje spastičnosti. Treba pa se je zavedati, da se ob tem lahko mišična šibkost bolj izrazi. Zato je intenzivna podporna rehabilitacija po posegu ključnega pomena, da se doseže maksimalni možni potencial posameznika na ravni funkcije in premičnost (1). Pomembno je, da se fizioterapevtska obravnava po posegu usmerja v izboljšanje mišične zmogljivosti ter se primerno prilagodi posamezniku (5). Kirurški poseg se priporoča predvsem za otroke, starejše od 3 let, ki imajo prisotno spastično diplegijo. O najboljših učinkih pa poročajo pri bolnikih, ki spadajo v GMFCS skupini II in III, imajo inteligenčni kvocient višji od 85 in so željni premikanja ter pripravljeni sodelovati (6).

Otroci s CP imajo pogosto omejitve na področju samostojnega premikanja in hoje, kar pomembno vpliva na njihovo kakovost življenja. Pri spastični obliki CP je značilna škarjasta hoja s hojo po prstih (7), ki je primarno posledica povišanega mišičnega tonusa v adduktorjih kolčnega sklepa in plantarnih fleksorjih stopala, kar preprečuje fiziološki vzorec hoje. Pri hoji posameznikov s CP je prisotna tudi zmanjšana zmožnost selektivnega nadzora gibov, ki v kombinaciji s spastičnostjo vpliva na zmanjšano hitrost hoje, višjo kadenco ter skrajšano dolžino korakov. S postopkom SDR trajno zmanjšamo spastičnost in zato pozitivno vplivamo tudi na izboljšanje vzorca hoje. Poleg primerne mišičnega tonusa pa je za zmožnost funkcionalne hoje ključnega pomena tudi dobra stabilnost trupa oziroma nadzor drže, kar pa lahko pridobimo z vadbo za krepitev mišic (5).

Pri ocenjevanju hoje pri otrocih s cerebralno paralizo po SDR uporabljamo kombinacijo ocen grobe gibalne funkcije, kot je GMFM-66 ali GMFM-88, ter podrobnejših biomehanskih kazalnikov, saj zmanjšanje spastičnosti po posegu vpliva tako na funkcionalno mobilnost kot na kakovost gibanja. Sistematični pregledi poudarjajo, da so parametri, kot so hitrost hoje, dolžina koraka, kadenca kot napredovanja stopala (*angl.* foot progression angle) in dinamično ravnotežje ključnega pomena za razumevanje učinkov SDR, ker odslkavajo spremembe v selektivni kontroli gibanja, simetriji hoje in energijski učinkovitosti (8). Hitrost hoje je validirani kazalnik funkcionalne zmogljivosti in je povezan s stopnjo udeležbe v okolju. Zato se pogosto uporablja kot merski izid v CP (9). Prostorsko-časovni parametri, vključno z dolžino koraka in kadenco, odslkavajo reorganizacijo motoričnega nadzora po zmanjšanju spastičnosti (10), medtem ko je kót napredovanja stopala pomemben za prepoznavanje preostalih vzorcev in rotacijskih nepravilnosti, ki pogosto vztrajajo kljub

izboljšanemu mišičnemu tonusu (10). Celovita ocena tako omogoča natančnejše spremljanje rehabilitacijskih učinkov SDR in boljše načrtovanje nadaljnjih terapevtskih ukrepov. Namen našega pregleda literature je na podlagi obstoječih raziskav ugotoviti kratkoročne in dolgoročne učinke selektivne dorzalne rizotomije na vzorce in funkcionalnost hoje pri otrocih s cerebralno paralizo.

2 Metode

Iskanje literature je potekalo v elektronskih podatkovnih zbirkah PubMed ter PEDro. Literaturo smo iskali v angleškem in slovenskem jeziku. Pri iskanju ustrezne literature smo samostojno ali v kombinaciji uporabili naslednje ključne besede ali besedne zveze v angleškem jeziku: cerebral palsy, selective dorsal rhizotomy, long-term effects, short-term effects, gait. V pregledu do bile uporabljene raziskave, objavljene po letu 2008.

Vključitvena merila so obsegala randomizirane kontrolne raziskave ali prospektivne opazovalne (kohortne) raziskave, pri katerih je bilo besedilo v celoti dostopno. Raziskave pa so vključevale otroke ali mladostnike z diagnozo CP in so analizirale parametre hoje. V pregled literature na podlagi izključitvenih meril pa niso bili vključeni: članki o primeru, pregledni članki ter raziskave, ki so vključevale tudi drugo patologijo.

3 Rezultati

Na podlagi iskalnega niza smo našli 119 raziskav. Po odstranitvi duplikatov (41) in kasneje po natančnem pregledu naslovov, izvlečkov ter vključitvenih meril je bilo v pregled literature vključenih 8 raziskav, ki so analizirale biomehanske parametre hoje in oceno spastičnosti. Pri analizi hoje so bili vključeni obsegi gibljivosti sklepov spodnjih udov, ravnotežje, kadenca, hitrost hoje, dolžina koraka, indeks odstopanja hoje ter kót napredovanja stopala. Spastičnost so ocenjevali s pomočjo Modificirane Ashworthove lestvice, grobo gibalno funkcijo pa z lestvico GMFM-88.

V 5 raziskavah so se avtorji osredinili na preučevanje kratkoročnih učinkov SDR na parametre hoje pri otrocih s CP. Ti so ponovne meritve izvedli v časovnem okviru od 12 do 18 mesecev po SDR (11-15), medtem ko so v 3 spremljali tudi dolgoročne učinke, v katerih so ponovne meritve izvedli po več kot 5 letih po SDR (16-18). V raziskave je bilo skupno vključenih 229 preiskovancev obeh spolov. Značilnosti preiskovancev so predstavljene v [Tabeli 1](#).

Tabela 1: Značilnosti preiskovancev.

Raziskava	Število	Spol	Povprečna starost	GMFCS
Nordmark et al., 2008	P=35	P: 24M/11Ž	4,5 leta	I-1, II-8, III-10, IV-15, V-1
Rumberg et al., 2016	P=18 K=11	P: 8M/10Ž K: 5M/6Ž	P=6,3 leta K=6,6 leta	I-III
Jiang et al., 2022	P=32	P: 26M/6Ž	5,9 leta	I-13, II-14, III-5
O'sullivan et al., 2019	P=29 K=18	P: 17M/12Ž K: 12M/6Ž	P=6,4 leta K=6,1 leta	I-III
Bakir et al., 2013	P=12 K=11	P: 7M/5Ž K: 6M/5Ž	P=6,1 leta K=6,5 leta	I-III
Ates et al., 2020	P=10	P: 5M/5ŽM	6,2 leta	I-III
Munger et al., 2017	P=24 K=11	P: 11M/13Ž K: 4M/7Ž	P=4,9 leta K=5,8 leta	/
Tedroff et al., 2014	P=18	P: 14M/4Ž	4,7 leta	I-3, II-5, III-3, IV-6, V-1

Legenda: M – moški spol; Ž – ženski spol; P – preiskovalna skupina; K – kontrolna skupina; / – ni podatka; GMFCS – *angl.* Gross Motor Function Classification System.

3.1 Vključitvena in izključitvena merila za SDR

V raziskavah so uporabili različna merila, na podlagi katerih so določili, kdo je primeren kandidat za poseg. V vseh 8 raziskavah je bil pogoj za SDR spastična oblika CP, ostala merila pa so se nekoliko razlikovala. Med izključitvene dejavnike so v 2 raziskavah uvrstili distonijo ter ataksijo (13,16), poleg tega pa so v 5 raziskavah za izključitveno merilo navedli tudi različne skeletne deformacije oz. že prej prisotne mehkoaktivne skrajšave (11-14,16). Natančna vključitvena in izključitvena merila, ki so jih v raziskavah uporabili, so navedena v Tabeli 2.

3.2 Spastičnost

Raziskovalce je v 6 raziskavah zanimalo, kako SDR vpliva na mišični tonus pri preiskovancih (11,12,14,16-18). Vse vključene raziskave so spastičnost ocenjevale z uporabo modificirane Ashworthove lestvice. V 3 raziskavah (11,12,14) so ugotovili statistično pomembno kratkoročno zmanjšanje spastičnosti, in sicer so vsi ponovno ocenjevali mišični tonus v obdobju enega leta po SDR. Prav tako pa so to dokazali tudi v raziskavi (18), v kateri so meritve izvedli pred SDR, 6, 12 in 18 mesecev po SDR, 3 leta po SDR, 5 let po SDR ter 17 let po operaciji. Dokazali so, da se mišični tonus najbolj spremeni v kratkoročnem obdobju po SDR, a tudi po dolgem obdobju statistično pomembno ostane nižji kot pred posegom. Natančni podatki so predstavljeni v Tabeli 3.

3.3 Obseg gibljivosti sklepov

V raziskavi (16) so začetne meritve pasivnega obsega gibljivosti spodnjih udov s pomočjo goniometrije ponovili najprej po 6 mesecih po operaciji, ko so dobili statistično pomembno izboljšanje rezultatov ($p < 0,001$). Z meritvami po daljšem obdobju pa so ugotovili, da se vrednosti po poteku časa slabšajo. Natančni podatki so predstavljeni v Tabeli 4.

3.4 Analiza hoje

V 6 raziskavah (11-15,17) so opravili analizo hoje. Opazovali so naslednje parametre: ravnotežje in simetrijo (11), dolžino koraka (13,14), kadenco koraka (12,14), kót napredovanja stopala (13,14). Na podlagi teh parametrov pa so v 3 raziskavah izračunali indeks odstopanja hoje (12,13,18). Natančni rezultati so predstavljeni v Tabeli 5.

3.5 Rezultati lestvice grobih gibalnih funkcij

V 4 raziskavah so primerjali rezultate Lestvice grobih gibalnih funkcij GMFM-88 pred SDR z rezultati, ki so jih pridobili po opravljenem posegu (12,14,16,18). Izmed vseh vključenih raziskav sta 2 spremljali učinke 5 let (16) ali več po posegu, in sicer 10 in 17 let (18). Vse raziskave poročajo, da so se rezultati kratkoročno statistično pomembno ($p < 0,01$) izboljšali. Raziskave

Tabela 2: Vključitvena in izključitvena merila.

Raziskava	Vključitvena merila	Izključitvena merila
Normark et al., 2008	<ul style="list-style-type: none"> • spastična diplegija, • mlajši od 7 let, • spastičnost, • želja in motiviranost za hojo. 	<ul style="list-style-type: none"> • distonija, • ataksija, • popravljene predhodne mehkotkivne skrajšave, • predhodne ortopedске operacije.
Rumberg et al., 2016	<ul style="list-style-type: none"> • bilateralna spastična CP, • GMFCS I-III, • dobra posturalna kontrola. 	<ul style="list-style-type: none"> • okvare ekstrapiramidnega sistema, • skeletne deformacije.
Jiang et al., 2022	<ul style="list-style-type: none"> • spastična CP, • od 3 do 14 let, • dobra kognitivna sposobnost, • podpora staršev. 	<ul style="list-style-type: none"> • deformacije mišično-skeletnega sistema.
O'Sullivan et al., 2019	<ul style="list-style-type: none"> • bilateralna spastična CP, • od 4 do 14 let, • GMFCS II-III, • dobra kognitivna sposobnost, • analiza hoje (pred in po SDR), • dobra moč spodnjih udov in trupa, • spastičnost, ki ovira premikanje. 	<ul style="list-style-type: none"> • popravljene predhodne mehkotkivne skrajšave, • distonija, • ataksija, • atetoza.
Bakir et al., 2013	<ul style="list-style-type: none"> • bilateralna spastična CP, • od 3 do 10 let, • GMFCS I-III, • odsotnost mehkotkivnih skrajšav, • visoka stopnja motivacije. 	<ul style="list-style-type: none"> • otroci brez premikanja, • predhodne ortopedске operacije, • deformacije mišično-skeletnega sistema, • prisotnost mehkotkivnih skrajšav.
Ates et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> • spastična diplegija, • do 18 let, • analiza hoje (največ 18 mesecev pred in po SDR). 	/
Munger et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> • spastična diplegija, • od 16 do 25 let, ob ponovnih meritvah, • analiza hoje pred SDR, • SDR opravili v Gillette ali Shriners Hospital for Children med letoma 1995 in 2005. 	/
Tedroff et al., 2014	<ul style="list-style-type: none"> • spastična diplegija, • od 2 do 9 let, • prisotna spastičnost, • normalna kognitivna sposobnost, • zmožnost samostojnega premikanja. 	<ul style="list-style-type: none"> • togost, • ataksija, distonija, hipotonija, • popravljene predhodne mehkotkivne skrajšave.

Legenda: / – ni podatka; CP – cerebralna paraliza; SDR – selektivna dorzalna rizotomija; GMFCS – *angl.* Gross Motor Function Classification System.

poročajo o pomembnem izboljšanju v rangi 3–13 točk (12,14,16) v obdobju 12–18 mesecev po posegu, 15–17 točk v obdobju 3 leta po posegu (16,18) in 25 točk v obdobju 5 let po posegu (16). Tedroff in sod. pa so 10 let po posegu poročali o značilnem upadu GMFCS za 13 točk ($p=0,022$) glede na vrednosti v obdobju 3 leta po posegu in še o dodatnem značilnem upadu za 4 točke 17 let po posegu ($p=0,005$). V primerjavi z vrednostmi pred operacijo groba gibalna funkcija po 17 letih ni bila več statistično značilno boljša (18).

4 Razprava

V pregledu literature smo se osredinili na preučevanje kratkoročnih in dolgoročnih učinkov SDR na parametre hoje pri otrocih s CP.

Pregledane raziskave kažejo, da SDR trajno zmanjša spastičnost, saj so v 6 raziskavah (11,12,14,16-18) dokazali, da se je spastičnost po SDR statistično pomembno zmanjšala že po prvih 6 mesecih ter ostala nespremenjena daljše obdobje (18). S postopkom SDR se torej

Tabela 3: Rezultati ocen spastičnosti.

Raziskava	Vrednosti MAS pred SDR	Vrednosti MAS po SDR	Časovna umestitev meritev
Nordmark et al., 2008	/	/*	5 let po SDR
Rumberg et al., 2016	1,4	0,7*	6–12 mesecev po SDR
Jiang et al., 2022	3 (adduktorji kolka) 4 (m. gastrocnemius) 4 (m. soleus) 2 (fleksorji kolena)	1* (adduktorji kolka) 3* (m. gastrocnemius) 2* (m. soleus) 1* (fleksorji kolena)	379+/-189 dni po SDR
Bakir et al., 2013	1,5 +/- 0,4	0,6+/- 0,5*	12 mesecev po SDR
Munger et al., 2017	3 (adduktorji kolka) 2 (fleksorji kolena) 2 (fleksorji kolka) 3 (plantarni fleksorji) 3 (m. rectus femoris)	1* (adduktorji kolka) 1* (fleksorji kolena) 1* (fleksorji kolka) 1* (plantarni fleksorji) 1* (m. rectus femoris)	več kot 8 let po SDR
Tedroff et al., 2014	3 (aduktorji kolka) 2 (fleksorji kolena) 4 (plantarni fleksorji)	1* (adduktorji kolka) 1* (fleksorji kolena) 1* (plantarni fleksorji)	17 let po SDR

Legenda: * – statistično značilno izboljšanje ($p < 0,05$); SDR – selektivna dorzalna rizotomija; / – ni podatka.

spastičnost v veliki meri zmanjša. Hkrati pa se bolj izrazi šibkost mišic, kar prav tako vpliva na funkcijo pri dnevni dejavnosti, in nadzor drže, ki se lahko takoj po

operaciji prehodno celo poslabša (16). Pomembno je, da se posameznike po SDR vključi v intenzivno vsakodnevno terapevtsko obravnavo, ki temelji na vadbi za

Tabela 4: Rezultati meritev obsega gibljivosti.

Raziskava	Meritve pred SDR	Meritve po SDR	Statistično pomembne značilnosti	Časovna umestitev meritev
Nordmark et al., 2008	/	/	$p < 0,001$ (abd. kolka, poplitealni kot, DF)	6 mesecev po SDR, nato pa se postopno manjšajo obsegi giba.
Jiang et al., 2022	DF: 2,5° Fleks. kolena: 34°	DF: 8,2° Fleks. kolena: 27,8°	$p < 0,001$ $p < 0,01$	1 leto po SDR.
Ates et al., 2020	Pasivni obseg giba DF (iztegnjeno koleno): 0° DF (pokršeno koleno): 10°	DF (iztegnjeno koleno): 10° DF (pokršeno koleno): 15°	$p < 0,0001$ $p < 0,0001$	1 leto po SDR.
	Aktivni obseg giba PF: 29,54° DF (med hojo): 7,15°	PF: 13,10° DF (med hojo): 11,93°	$p < 0,0001$ $p < 0,0001$	
Tedroff et al., 2014	Abd. kolka: 30° Ekst. kolena: 1° Poplitealni kot: 54° DF: 2°	Abd. kolka: 43° Ekst. kolena: 3° Poplitealni kot: 38° DF: 10°	$p < 0,05$	3 leta po SDR.
		Abd. kolka: 37° Ekst. kolena: -8° Poplitealni kot: 51° DF: 1°	Ni statistično pomembne razlike.	17 let po SDR.

Legenda: abd. – abdukcija; fleks. – fleksija; ekst. – ekstenzija; DF – dorzalna fleksija stopala; PF – plantarna fleksija stopala; SDR – selektivna dorzalna rizotomija; / – ni podatka.

Tabela 5: Rezultati analize hoje.

Raziskava	Merjeni parametri	Statistično pomembne značilnosti	Časovna umestitev meritev
Rumberg et al., 2016	Ravnotežje (hitrost nihanja, amplituda nihanja, povprečni radialni premik).	↓*hitrosti nihanja ($p<0,007$) ↓* amplitude nihanja ($p<0,006$) ↓*povprečni radialni premik ($p<0,002$)	6–12 mesecev po SDR.
O'Sullivan et al., 2019	Dolžina koraka GDI FPA	↑*dolžina koraka (0,2 m- 0,3 m; $p<0,01$) ↑*GDI (62,7 – 69,2; $p<0,01$) ↑*FPA (4° NR- $14,5^{\circ}$ ZR; $p<0,01$)	1 leto po SDR.
Jiang et al., 2022	Kadenca koraka GDI	↓*kadenca koraka (1,99- 1,8 koraka/sekundo) ↑* GDI ($57\pm 9,9$ - $63,1\pm 8,7$; $p<0,001$)	1 leto po SDR.
Bakir et al., 2013	Kadenca koraka Hitrost hoje FPA	↓*kadenca hoje (2,46- 2,17 koraka/ sekundo; $p=0,006$) ↑*hitrost hoje (0,8 m/s – 0,93 m/s) ↑*FPA ($8,6^{\circ}$ NR – $2,6^{\circ}$ ZR; $p>0,04$)	1 leto po SDR.
Munger et al., 2017	GDI	↑*GDI (61,1 – 70,2; $p<0,05$)	10–17 let po SDR.

Legenda: ↑* – statistično pomembno izboljšanje; ↓* – statistično pomembno zmanjšanje; GDI – indeks odstopanja hoje (*angl.* Gait Deviation Index); FPA – kot napredovanja stopala (*angl.* Foot Progression Angle); NR – notranja rotacija; ZR – zunanja rotacija; SDR – selektivna dorzalna rizotomija.

krepitev mišic trupa in spodnjih udov, saj le tako lahko dosežejo optimalne učinke v smislu izboljšane funkcije in premičnosti (16).

Med pozitivne učinke zmanjšanja spastičnosti med drugim sodi pomembno povečanje obsega gibljivosti v prizadetih sklepih. Zmanjšanje spastičnosti v adduktorjih kolčnega sklepa je pomembno vplivalo na povečanje pasivnega obsega giba v smeri abdukcije v kolčnem sklepu. Prav tako pa je zmanjšanje spastičnosti v plantarnih fleksorjih statistično pomembno vplivalo na povečanje pasivnega obsega giba v smeri dorzalne fleksije stopala (11). Potrebno pa je poudariti, da kljub dejstvu, da je spastičnost pri večini ostala zmanjšana daljše obdobje, raziskovalci ugotavljajo, da se je pasivni obseg giba po 10 letih začel postopno ponovno zmanjševati (18). Sklepamo, da bi to lahko bila posledica zmanjšane možnosti hotene aktivacije mišic, kar vodi do pomanjkanja gibanja. Posledice so skrajšave tetiv in mišic prizadetih sklepov. Za preprečevanje nastanka skrajšav tetiv in mišic ni izjemnega pomena le zgodnja, ampak tudi dolgoročna fizioterapevtska obravnava, usmerjena v krepitev mišic, ohranjanje gibljivosti in preprečevanje skrajšav (17).

V 3 raziskavah (12-14) so s pomočjo video analize in 3D sistemov analizirali hojo pred posegom SDR in po njem. V eni od raziskav (13) so ugotovili, da se je dolžina koraka po SDR statistično pomembno podaljšala in je bila po posegu primerljiva z dolžino koraka pri otrocih primerljive starosti brez motenj v gibalnem

razvoju. Posledica daljšega koraka je bila tudi pomembno zmanjšana kadenca korakov med prehojeno razdaljo, ki so jo opazili po SDR.

Do izboljšanja je prišlo tudi v povprečni hitrosti hoje (14), kar je lahko posledica daljšega koraka, boljšega ravnotežja in pravilnejšega vzorca hoje. Sprememba v hitrosti hoje nakazuje pomembno izboljšanje. Toda kljub primerljivi dolžini koraka ostaja hitrost hoje otrok s CP še vedno nižja v primerjavi z otroki brez motenj v gibalnem razvoju. Ti običajno hodijo s povprečno hitrostjo 1,14 m/s (14).

Na podlagi meritev gibanja središča pritiska na pritiskovni plošči so v eni od raziskav (11) ugotovili, da se po postopku SDR statistično pomembno zmanjša hitrost nihanja telesa v vse smeri. Poleg tega pa so dokazali, da se pomembno zmanjša tudi povprečni radialni premik centra telesa od njegovega težišča. To nakazuje, da otroci v kratkoročnem obdobju po SDR lažje nadzirajo držo med hojo in nato lažje okrevaajo po nepričakovanih motnjah oz. ovirah. Izboljšanje ravnotežja pri posameznikih s CP po postopku SDR je ključnega pomena, saj to kasneje vpliva na učinkovitejše premikanje, kar omogoči zmanjšanje porabe energije za nadzor drže pri vsakodnevnih dejavnostih (11).

V 2 raziskavah, vključenih v naš pregled (13,14), so merili kot napredovanja stopala (FPA), ki je ključni kazalnik rotacijske poravnave spodnjega uda med hojo in pomembno vpliva na stabilnost, simetrijo in energijsko učinkovitost hoje. Novejše raziskave z večsegmentnimi

modeli stopala kažejo, da notranji zasuk FPA (*angl.* in-toeing) pri otrocih s cerebralno paralizo izhaja iz kompleksne interakcije femoralne anteverzije, torzije golenice ter deformacij posameznih stopalnih segmentov (9). Ta odstopanja so povezana z manj stabilno oporo, krajšim korakom, počasnejšo hojo in večjimi kompenzacijskimi vzorci, ki dvigujejo energetski strošek hoje (19). Raziskavi našega pregleda literature poročata, da se FPA po SDR statistično pomembno izboljša zaradi spremembe rotacije golenice iz notranje v zunanjo kot posledica zmanjšanja spastičnosti, in sicer tako v adduktorjih kolka kot v plantarnih fleksorjih. Več zunanje rotacije golenice pa prispeva k bolj optimalni usmeritvi stopala, boljšemu ravnotežju in zato k ustrežnejšemu vzorcu hoje.

Na podlagi vseh pridobljenih podatkov o parametrih hoje so raziskovalci v 3 raziskavah (11,13,17) izračunali indeks odstopanja hoje (GDI), ki izraža stopnjo odstopanja kinematičnega vzorca hoje posameznika od normativa (tj. hoje zdravih posameznikov). Razvili so ga z namenom, da omogoči enostavno, zanesljivo in primerljivo oceno resnosti patološkega vzorca hoje na podlagi tridimenzionalne analize hoje. Ugotovili so, da se je GDI po SDR statistično pomembno izboljšal. Posebej pa je treba opozoriti na primerjalno kohortno študijo Mungerja in sod., ki je pokazala, da dolgoročno izboljšanje kakovosti hoje, izraženo z indeksom odstopanja hoje, ni večje pri posameznikih po SDR v primerjavi s kontrolno skupino brez SDR, temveč je bilo celo statistično izrazitejše v skupini brez kirurškega posega (17).

Kljub trajnemu zmanjšanju spastičnosti v skupini po SDR raziskava (17) ni pokazala boljših dolgoročnih izidov glede hoje, funkcionalne mobilnosti, bolečine ali kakovosti življenja. To pa postavlja pod vprašaj paradigmo odprave spastičnosti kot glavnega cilja zdravljenja za izboljšanje funkcije hoje pri cerebralni paralizi. So pa dolgoročno posamezniki brez SDR za vzdrževanje optimalnega vzorca hoje potrebovali več različnih ortopedskih operacij. Potrebovali so tudi več zdravil proti spastičnosti v primerjavi s skupino po SDR, pri kateri je bilo potrebnih dodatnih ukrepov manj. Iz tega lahko sklepamo, da SDR ni nujno edini način, s katerim lahko dolgoročno vplivamo na parametre hoje, temveč da obstaja več različnih (kirurških) postopkov za obravnavo enake težave. Ne glede na izbiro kirurških postopkov pa je ključnega pomena redna v funkcijo usmerjena vadba s krepitvijo mišic, zlasti pa motiviranost posameznika, da doseže izboljšanje funkcionalnosti hoje (17). Izboljšanje pozitivno vpliva na kakovost življenja (11).

S pomočjo lestvice grobih gibalnih funkcij

(GMFM-88) so raziskovalci v 4 raziskavah (12,14,16,18) dokazali pomembno izboljšanje grobih gibalnih funkcij po SDR. V vseh 4 raziskavah so spremljali rezultate GMFM v obdobju od 1 leta po SDR ali več, saj zaradi šibkosti mišic v prvih 6 mesecih po SDR na področju grobih gibalnih funkcij ni mogoče pričakovati pomembnih sprememb (16). Raziskave poročajo o izboljšavah po obdobju 1 leta, Nordmark in sod. pa poročajo o največjem izboljšanju po 3 letih, ko posamezniki pridobijo mišično zmogljivost; prav tako pa se v tem obdobju lahko že naučijo novih spretnosti (16). Čeprav SDR zmanjša spastičnost za daljše obdobje, to ne velja za izboljšanje grobih gibalnih funkcij, saj na slednje vpliva veliko različnih dejavnikov. Pri otrocih s cerebralno paralizo po SDR vidimo značilen vzorec: po začetnem izboljšanju grobe motorike in hoje v prvih nekaj letih po operaciji sledi stagnacija. Nato pa se postopno poslabša funkcija hoje v času pubertete in zgodnje odraslosti. Na to jasno kažejo dolgoročne kohortne študije in sistematični pregled Tedroffa in sod. (10+ let po SDR), ki ugotavljajo, da po 10 letih in več ni dokazljivega funkcionalnega presežka rezultatov SDR v primerjavi z običajno terapijo v kombinaciji z dodatnimi protispastičnimi in ortopedskimi posegi (npr. botulin toksin, ortopedske operacije ipd.) (18). To pripisujemo predvsem spremembi razmerja med telesno zmogljivostjo in telesno maso, ki je značilna za to obdobje pospeška v rasti. Pri adolescentih s CP mišična moč absolutno sicer narašča. Ker pa telesna masa narašča še hitreje, zato moč, normalizirana na telesno maso (N/kg), z leti pada. Davids in sod. so pri 255 otrocih z diplegično CP (8–19 let) pokazali, da se normalizirana moč spodnjih udov statistično značilno zmanjšuje za približno 0,84 N/kg/leto kljub absolutnemu porastu moči, kar vpliva na zmožnost samostojne hoje (20).

V puberteti pride do izrazitega ravnega pospeška z velikim prirastom telesne mase, medtem ko se mišična moč pri CP ne prilagodi enakovredno. Opažamo manjši prirastek moči, slabšo eksplozivno moč in počasnejšo hitrost razvoja sile (20). To pomeni, da postane vsak korak energetsko bolj potraten, hoja počasnejša in manj učinkovita, kar je povezano z upadom grobe funkcije in s spremembami prostorsko-časovnih parametrov hoje tudi pri otrocih, ki so pred puberteto po SDR jasno napredovali. Pomembno se je zavedati, da s pomočjo GMFM lahko ocenimo zgolj kvantitativne vidike zmogljivosti otrok, ne pa tudi, kako kakovostno je bila SDR izvedena (21). Za vzdrževanje grobih gibalnih funkcij je ključnega pomena vzdrževanje mišične zmogljivosti, kar je plod tako samostojnega dela posameznika kot tudi kakovosti različnih terapij in fizioterapevtskih

obravnav, v katere je posameznik vključen.

Ugotovitve našega pregleda literature so v skladu z ugotovitvami drugih avtorjev, ki navajajo, da dolgoročni učinki po SDR kažejo, da se kljub doslednemu in trajnemu zmanjšanju spastičnosti zgodnje izboljšanje grobe gibalne funkcije in hoje pri večini otrok s cerebralno paralizo ne ohrani popolnoma v obdobjih adolescence in odraslosti. Večina vključenih študij poroča o izboljšanju GMFM in prostorsko-časovnih parametrov hoje v prvih letih po posegu. Vendar se ti učinki pogosto ne razlikujejo od pričakovanega naravnega razvoja glede na GMFCS referenčne krivulje. Dosežejo vrh približno 3 leta po SDR in nato stagnirajo ali upadejo pri dolgoročnem spremljanju vsaj 10 let ali več (8). Avtorji poudarjajo, da so razpoložljivi dokazi nizke ravni, in sicer z izrazito heterogenimi metodami in visokim tveganjem pristranskosti, kar dodatno omejuje možnost sklepanja o dolgoročni funkcionalni koristi SDR.

Za optimalni izid SDR je pomembna tudi izbira vključitvenih in izključitvenih dejavnikov, na podlagi katerih kirurgi določijo, kdo je primeren kandidat za SDR. V vseh 8 raziskavah, vključenih v naš pregled literature, je bilo glavno vključitveno merilo oblika CP, kajti v vseh raziskavah so uporabili le bolnike s spastično diplegijo. Poleg tega so si bili raziskovalci večinoma enotni tudi v določitvi starostnega obdobja, kdaj naj bi operacijo izvedli, in sicer od 2. do 14. leta starosti otroka, pri čimer so mlajši otroci v nadaljevanju potrebovali manj nadaljnjih ortopedskih operacij. Eden pomembnejših vključitvenih dejavnikov, ki vpliva na izid operacije, pa je tudi zadostna mišična moč in stabilnost trupa. Pomembni izključitveni dejavniki, ki so se ponovili v večini raziskav, pa so bili tudi prisotnost skeletnih deformacij, skrajšav tetiv in mišic, distonija in ataksija.

Omejitve našega pregleda literature so bile predvsem te, da v vseh raziskavah niso spremljali učinkov SDR dolgoročno. Večina raziskav (11-15) je izvedla ponovne meritve v roku 1 leta po SDR in nato na podlagi tega oblikovala zaključke o učinkovitosti SDR. Prav tako bi bilo pomembno, da bi v študije vključili večje število preiskovancev, saj SDR na vsakega posameznika lahko vpliva drugače. Poleg tega pa so v vsaki raziskavi upoštevali različna vključitvena in izključitvena merila,

ki prav tako zelo pomembno vplivajo na izid operacije. V raziskavah, ki bodo sledile, bi bilo potrebno poenotiti.

Pomembno bi bilo opraviti tudi več raziskav, ki bi vključevale različne vrste rehabilitacije. Ta je zelo pomembna v fazi po opravljenem kirurškem posegu. Kasneje bi lahko na podlagi tega dokazali, kakšna vrsta fizioterapevtskih obravnav najboljše dopolnjuje poseg SDR in katera vrsta rehabilitacije zagotavlja najboljše učinke SDR.

5 Zaključek

S pregledom literature smo želeli preučiti kratkoročne in dolgoročne učinke SDR na parametre hoje pri otrocih s CP. Pregledanih je bilo 8 raziskav, na podlagi katerih bi lahko zaključili, da s SDR dosežemo pozitivne učinke, ki se predvsem kažejo v zmanjšanju spastičnosti, povečanem obsegu gibljivosti sklepov ter z izboljšanjem grobih gibalnih funkcij. Prav tako pa SDR kratkoročno izboljša parametre hoje, in sicer se izboljšajo: dolžina koraka, hitrost hoje, GDI in ravnotežje, kar pa vztraja le do obdobja pubertete. Po približno 10 letih pa so se, po raziskavah sodeč, številni izboljšani parametri začeli slabšati in se po 17 letih približali vrednostim pred posegom. To kaže, da SDR sama po sebi ne zagotavlja dolgoročnih izboljšav na področju funkcije hoje brez ustrezne podporne terapije oz. rehabilitacije. Posebno pozornost pa je treba posvetiti obdobju pubertete, ko se pojavijo pospeški v rasti in pridobivanju telesne mase, kar negativno vpliva na moč, normalizirano na telesno maso. Na podlagi teh ugotovitev lahko zaključimo, da redne ciljne nevrofizioterapevtske obravnave bolnikov s CP, usmerjene v krepitev mišic in v funkcijo usmerjeno vadbo, s prehodom v zgodnjo odraslost ne bi smeli zaključiti.

Izjava o navzkrižju interesov

Avtorici nimava navzkrižja interesov.

Viri financiranja

Za raziskavo nismo prejeli nobenih virov financiranja.

Literatura

1. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2(1):15082. DOI: 10.1038/nrdp.2015.82 PMID: 27188686
2. Groleger Sršen K. Klinične smernice za diagnostiko in spremljanje otrok s cerebralno paralizo v rehabilitaciji. *Rehabilitacija* (Ljubljana). 2014;13(1):84-96.

3. Spazzapan P, Bosnjak R, Rodi Z, Kos N, Groleger K, Velnar T. Selective dorsal rhizotomy: short-term results and early experiences with a newly established surgical treatment in Slovenia. *J Integr Neurosci*. 2022;21(3):90-6. DOI: [10.31083/j.jin2103090](https://doi.org/10.31083/j.jin2103090) PMID: [35633171](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35633171/)
4. Abd-Elmonem AM, Ali HA, Saad-Eldien SS, Rabiee A, Abd El-Nabie WA. Effect of physical training on motor function of ambulant children with diplegia after selective dorsal rhizotomy: A randomized controlled study. *NeuroRehabilitation*. 2023;53(4):547-56. DOI: [10.3233/NRE-230098](https://doi.org/10.3233/NRE-230098) PMID: [38143389](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38143389/)
5. Nicolini-Panisson RD, Tedesco AP, Folle MR, Donadio MV. Selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy: selection criteria and postoperative physical therapy protocols. *Rev Paul Pediatr*. 2018;36(1):9. PMID: [29412426](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29412426/)
6. Chan SH, Yam KY, Yiu-Lau BP, Poon CY, Chan NN, Cheung HM, et al. Selective dorsal rhizotomy in Hong Kong: multidimensional outcome measures. *Pediatr Neurol*. 2008;39(1):22-32. DOI: [10.1016/j.pediatrneurol.2008.03.017](https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2008.03.017) PMID: [18555169](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18555169/)
7. Krigger KW. Cerebral palsy: an overview. *Am Fam Physician*. 2006;73(1):91-100. PMID: [16417071](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16417071/)
8. Tedroff K, Hägglund G, Miller F. Long-term effects of selective dorsal rhizotomy in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2020;62(5):554-62. DOI: [10.1111/dmcn.14320](https://doi.org/10.1111/dmcn.14320) PMID: [31342516](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31342516/)
9. Schallig W, Piening M, Quirijnen L, Witbreuk MM, Buizer AI, van der Krogt MM. Multi-segment foot kinematics during gait in children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2024;110:144-9. DOI: [10.1016/j.gaitpost.2024.03.014](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.03.014) PMID: [38608379](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38608379/)
10. Gómez-Pérez C, Vidal Samsó J, Puig Diví A, Medina Casanovas J, Font-Llagunes JM, Martori JC. Relationship between spatiotemporal parameters and clinical outcomes in children with bilateral spastic cerebral palsy: clinical interpretation proposal. *J Orthop Sci*. 2023;28(5):1136-42. DOI: [10.1016/j.jos.2022.08.011](https://doi.org/10.1016/j.jos.2022.08.011) PMID: [36216726](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36216726/)
11. Rumberg F, Bakir MS, Taylor WR, Haberl H, Sarpong A, Sharankou I, et al. The Effects of Selective Dorsal Rhizotomy on Balance and Symmetry of Gait in Children with Cerebral Palsy. *PLoS One*. 2016;11(4). DOI: [10.1371/journal.pone.0152930](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152930) PMID: [27043310](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27043310/)
12. Jiang W, Jiang S, Yu Y, Zhan Q, Wei M, Mei R, et al. Improvement of the gait pattern after selective dorsal rhizotomy derives from changes of kinematic parameters in the sagittal plane. *Front Pediatr*. 2022;10. DOI: [10.3389/fped.2022.1047227](https://doi.org/10.3389/fped.2022.1047227) PMID: [36619509](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36619509/)
13. O'Sullivan R, Leonard J, Quinn A, Kiernan D. The short-term effects of selective dorsal rhizotomy on gait compared to matched cerebral palsy control groups. *PLoS One*. 2019;14(7). DOI: [10.1371/journal.pone.0220119](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220119) PMID: [31361785](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31361785/)
14. Bakir MS, Gruschke F, Taylor WR, Haberl EJ, Sharankou I, Perka C, et al. Temporal but not spatial variability during gait is reduced after selective dorsal rhizotomy in children with cerebral palsy. *PLoS One*. 2013;8(7). DOI: [10.1371/journal.pone.0069500](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069500) PMID: [23922724](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23922724/)
15. Ates F, Brandenburg JE, Kaufman KR. Effects of Selective Dorsal Rhizotomy on Ankle Joint Function in Patients With Cerebral Palsy. *Front Pediatr*. 2020;8:75. DOI: [10.3389/fped.2020.00075](https://doi.org/10.3389/fped.2020.00075) PMID: [32185154](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32185154/)
16. Nordmark E, Josenby AL, Lagergren J, Andersson G, Strömbad LG, Westbom L. Long-term outcomes five years after selective dorsal rhizotomy. *BMC Pediatr*. 2008;8(1):54-69. DOI: [10.1186/1471-2431-8-54](https://doi.org/10.1186/1471-2431-8-54) PMID: [19077294](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19077294/)
17. Munger ME, Aldahondo N, Krach LE, Novacheck TF, Schwartz MH. Long-term outcomes after selective dorsal rhizotomy: a retrospective matched cohort study. *Dev Med Child Neurol*. 2017;59(11):1196-203. DOI: [10.1111/dmcn.13500](https://doi.org/10.1111/dmcn.13500) PMID: [28786493](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28786493/)
18. Tedroff K, Löwing K, Åström E. A prospective cohort study investigating gross motor function, pain, and health-related quality of life 17 years after selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2015;57(5):484-90. DOI: [10.1111/dmcn.12665](https://doi.org/10.1111/dmcn.12665) PMID: [25523506](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25523506/)
19. Lennon N, Church C, Wagner D, Niiler T, Henley J, Miller F, et al. Kinematic Changes throughout Childhood in Youth with Cerebral Palsy: Influence of Age and Orthopaedic Surgery. *Children (Basel)*. 2024;11(10):1240. DOI: [10.3390/children11101240](https://doi.org/10.3390/children11101240) PMID: [39457205](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39457205/)
20. Davids JR, Oeffinger DJ, Bagley AM, Sison-Williamson M, Gorton G. Relationship of Strength, Weight, Age, and Function in Ambulatory Children With Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(5):523-9. DOI: [10.1097/BPO.0000000000000320](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000320) PMID: [25264553](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25264553/)
21. Sargut TA, Haberl H, Wolter S, Tafelski S, van Riesen A, Linhard M, et al. Motor and functional outcome of selective dorsal rhizotomy in children with spastic diplegia at 12 and 24 months of follow-up. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(10):2837-44. DOI: [10.1007/s00701-021-04954-5](https://doi.org/10.1007/s00701-021-04954-5) PMID: [34417878](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34417878/)