

VPLIV APLIKACIJE BOTULINSKEGA TOKSINA V PLANTARNE FLEKTORNE MIŠICE STOPALA NA VZOREC HOJE PRI OTROCIH S CEREBRALNO PARALIZO

EFFECT OF BOTULINUM TOXIN APPLICATION INTO PLANTAR FLEXOR MUSCLES ON GAIT PATTERN OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

mag. Janez Krajnik, univ. dipl. inž. fiz., asist. prim. Hermina Damjan, dr. med., prof. dr. Zlatko Matjačić, univ. dipl. inž. el., Igor Tomšič, univ. dipl. org., Marta Gorišek, dipl. fiziot., Irena Vrečar, dipl. fiziot., prof. dr. Imre Cikajlo, univ. dipl. inž. el., Ana Klemen, dipl. fiziot., asist. mag. Aleš Pražnikar, dr. med*., asist. mag. Katja Groleger Sršen, dr. med.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

* Univerzitetni klinični center, Nevrološka klinika, Ljubljana

Izvleček

Izhodišča:

Uporaba botulinskega toksina (BT) za zmanjševanje mišične spastičnosti pri osebah s cerebralno paralizo (CP) je že več let uveljavljena v klinični praksi. Na URI-Soča ga uporabljamo že približno osem let. Hkrati pa ob tem ves čas spremljamo in ocenjujemo, kako uporaba BT vpliva na spremembo vzorca hoje pri posamezniku s CP. V članku smo želeli predvsem predstaviti postopke, po katerih ocenjujemo uspešnost uporabe BT pri otrocih s CP, za dodatno ponazoritev pa predstavljamo rezultate uspešnosti uporabe pri dveh otrocih s hemiparetično obliko CP.

Metode:

Učinek BT na vzorec hoje smo spremljali in vrednotili s kliničnim testiranjem skeletno-mišičnega sistema ter meritvami hoje s sistemom "Vicon MX". Slednji je vključeval tudi meritve reakcijske sile na dveh ploščah. Poleg tega smo uporabili še površinsko EMG za oceno aktivnosti desetih najpomembnejših mišic spodnjih udov. Meritve in analizo hoje smo opravili praviloma en teden pred aplikacijo BT in 6 tednov po njej.

Rezultati:

Ker smo BT aplicirali predvsem v mišici triceps surae in tibialis posterior in ker je bilo pri obeh izbranih otrocih največ težav s položajem stopala, smo se pri prikazu rezultatov omejili v glavnem na spremenljivke,

Prispelo: 18. 8. 2010

Sprejeto: 9. 11. 2010

Abstract

Background:

The use of botulinum toxin (BT) for spasticity alleviation in children with cerebral palsy (CP) is a well-established clinical practice at the University Rehabilitation Institute in Ljubljana. Its main objective is to improve impaired gait in children with hemiparetic and diparetic CP before the adolescence. The aim of this paper is to present methods used in the evaluation of application of BT.

Methods:

Effects of BT were evaluated by clinical testing of musculoskeletal system and gait measurement with an optoelectronic system (Vicon MX), including also two force plates and a surface EMG from 10 most important muscles of the lower limbs. Measurements and analyses were performed one week before BT injection and 6 weeks after BT injection.

Results:

Illustrative results of analyses performed on two hemiparetic children are presented. One case illustrates a fairly successful treatment while the other shows only minor changes in gait pattern after application of BT.

ki prikazujejo biomehaniko in sposobnost nadzora položaja in gibanja stopala, gležnja in kolena. Prikazana sta primera dveh otrok, eden z dobrim, drugi pa s slabšim odgovorom na aplikacijo BT.

Zaključek:

Iz rezultatov klinične analize in meritev lahko povzamemo, da so učinki aplikacije BT zelo različni. Domnevamo, da so vzrok za razlike med rezultati analize hoje otrok, pri katerih so plantarne flektorne mišice najbolj prizadete, verjetno tudi okvare notranje in peronealne mišične skupine, ki imata tudi pomemben vpliv na položaj stopala pri hoji.

Ključne besede:

botulinski toksin, spastičnost, otroci, cerebralna paraliza, učinki, klinično testiranje, meritve hoje, študija primera

Conclusion:

The effects of therapies were rather diverse. We suppose that children with poor function of plantar flexor muscles are having different level of impairments of deeper layer of muscles for plantar flexion and peroneal group, which are known to have important function in foot control and movement.

Key words:

botulinum toxin, spasticity, children, cerebral palsy, effects, clinical testing, gait measurement, case study

UVOD

Cerebralna paraliza (CP) pomeni nenapredujočo poškodbo možganov, do katere pride zaradi različnih vzrokov v času nosečnosti, tik pred porodom, med porodom ali kmalu po rojstvu otroka. Značilne spremembe v sposobnostih vzdrževanja drže in pri gibanju so posledica poškodbe možganskih centrov za nadzor drže in gibanja. Pogosto jo spremljajo še dodatne okvare različnih čutil, zmanjšane zmožnosti sporazumevanja in mišljenja. Cerebralni paralizirani je pogosto pridružena tudi epilepsija. Kasneje se v razvoju otroka in odrasle osebe razvijejo še sekundarni skeletno-mišični zapleti, kot npr. skolioza, skrajšave mišic, izpah kolka ipd. Osnovna okvara možganov sicer ne napreduje, klinični znaki in posledice pri posameznikovem funkcioniranju pa so z razvojem vedno bolj opazni.

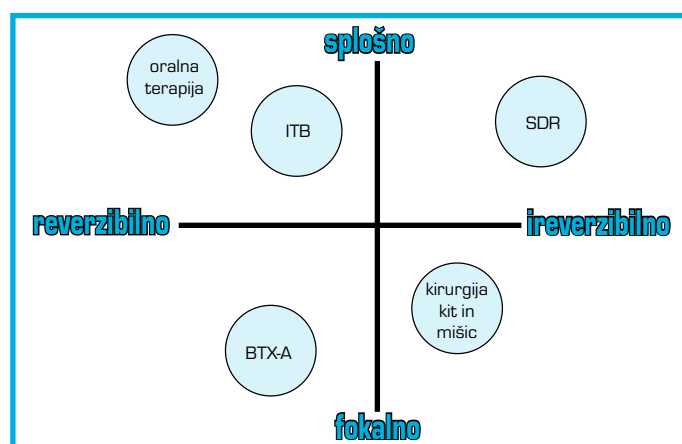
Splošna pojavnost CP je med 2 in 2.5 ‰. Obstaja več sistemov za razvrščanje oseb s CP. Najenostavnejši nam pove, kateri del telesa je najbolj prizadet – hemipareza, dipareza in tetrapareza. Najbolj pogosta oblika je dipareza, nekoliko redkejša hemipareza, še bolj redka pa tetrapareza. Živčno-mišična okvara vključuje izgubo selektivnega nadzora gibanja, nenormalen mišični tonus, ki poruši ravnotežje pri funkcionalnem delovanju agonistov in antagonistov. Posledica tega so motnje pri koordinaciji gibanja, opazna pa je tudi oslabeledost mišic. Te okvare preprečujejo, da bi otrok lahko razvil normalne vzorce vzdrževanja drže in gibanja. Gage (1) za to navaja štiri glavne vzroke:

- povečan, od hitrosti odvisen tonični refleks na nateg,
- mišično oslabeledost,
- povečano ko-aktiviranje antagonistov in
- povečano togost v sklepkih.

Povečan mišični tonus vodi v razvoj dinamične kontrakture mišic, ki lahko postopoma preide v statično, kar pomeni,

da se mišica skrajša zaradi zavrte rasti vlaken v vzdolžni smeri. V daljšem obdobju to lahko povzroči znatne težave pri gibanju. Tipičen primer je npr. ekvinusni položaj stopala in nezmožnost dostopa na peto pri večini otrok s CP, ki sta predvsem posledica spastičnih plantarnih flektornih mišic.

Skupni in osnovni cilj vseh terapevtskih postopkov in/ali posegov za zmanjšanje mišične spastičnosti pri osebah s CP je povečanje funkcionalne zmogljivosti in zmanjšanje drugih težav, ki so povezane z njo. V klinični praksi uporabljajo več metod za zmanjšanje spastičnosti (1, 2). Shematično so predstavljene na sliki 1. Vsaka od metod ima svoje prednosti in slabosti. Terapija z zdravili v obliki tablet in intratekalno dovajanje baklofena (ITB) imata reverzibilne posledice, delujeta pa na celotno telo (tablete) ali na ožje področje telesa (ITB – hrbtenjača z živci in pripadajočimi mišicami).



Slika 1: Metode za zmanjševanje mišične spastičnosti.

Selektivna dorzalna rizotomija (SDR) ima učinke na širšem področju telesa in ima ireverzibilne posledice. Lokalni operativni posegi (npr. podaljšava tetiv ali mišic) so omejeni na ožji del telesa, lahko pa imajo širši vpliv na biomehaniko gibal-

nega sistema, ki je le deloma reverzibilna. Botulinski toksin (BT) ima lokalni in reverzibilni učinek in je zato v mnogih primerih zelo primerna terapija. Vsi omenjeni terapevtski pristopi so pogosto združeni z dodatnimi fizioterapevtskimi postopki, lahko tudi z nameščanjem mavčnih škornjev.

Vsi tovrstni terapevtski postopki temeljijo na še vedno nezadostnih spoznanjih o značilnostih mišične spastičnosti oziroma o njeni odvisnosti od vseh spremljajočih simptomov, ki se med seboj prepletajo in so različno izraženi pri posameznih osebah s CP. Sedaj je splošno sprejeta ugotovitev (1), da gre pri spastičnosti za nevrofiziološke in mišične okvare. Zato so lahko številni terapevtski ukrepi za lajšanje posledic teh okvar (raztegovanje mišic, mavčenje sklepov, uporaba opornic, rizotomija, intratekalni baklofen, BT, električna stimulacija) le delno in v različnih primerih različno učinkoviti.

Botulinski toksin tip A (BTX-A) razmeroma lahko injiciramo v mišico brez uporabe anestezije in se dokaj dobro razporedi po mišici. V mišici povzroči delno ohromelost, tako da zavre izločanje acetilholina v živčno-mišičnem stiku in s tem prenos signala iz motoričnega nevrona na mišična vlakna. BTX-A ne poškoduje živčnih končičev ali živčno-mišičnega stika (3). Videti je, da BTX-A za daljše obdobje bolj ohromi hitre mišice (npr. m. gastrocnemius) kot počasne (npr. m. soleus). Delež blokiranih stikov je odvisen od uporabljenega odmerka in seveda tudi od oddaljenosti živčno-mišičnih stikov od mesta aplikacije. V literaturi (4-6) priporočajo odmerke od 3-6 enot/kg telesne teže, najmanjši, ki še imajo učinek, pa so od 1 do 2 enoti/kg. Vsekakor morajo biti odmerki manjši od 12 enot/kg, ker taki že lahko povzročijo sistemsko toksičnost. Po podatkih iz literature spastičnost popusti po 24-72 urah, klinično pomemben učinek pa traja od 3 do 6 mesecev.

Glavna indikacija za uporabo BTX-A je lokalno nenormalno povečan dinamični mišični tonus. Najbolj učinkovita je uporaba pri pacientih z dinamičnimi skrajšavami mišic in ko ne gre za okvaro večjega števila mišic. Pri bolj zapleteni klinični sliki z izraženimi statičnimi skrajšavami in deformacijami je učinek pomembno slabši oziroma ga sploh ni. Dober učinek lahko pričakujemo zlasti pri osebah s primerno ohranjenim selektivnim nadzorom delovanja mišic. Merilo, ki ga uporabljamo v klinični praksi, da mišično spastičnost ovrednotimo kot splošno, je hudo okvarjeno delovanje več kot štirih velikih mišic. V takih primerih običajno uporabljamo terapevtske ukrepe, ki so na sliki 1 prikazani kot splošni (tablete, ITB in SDR).

Priporočljiva je zgodnja obravnava spastičnosti, da bi čim bolj odložili razvoj statičnih kontraktur in potrebnih kirurških posegov. Izkušnje kažejo, da je najprimernejša starost za vključevanje v terapevtske programe med prvim in petim letom, to je obdobje gibalnega razvoja, ko so možnosti za vplivanje na potek bolezni največje (4). Ker BT deluje relativno dolgo, ga skupaj z drugimi konzervativnimi, neki-

ruškimi postopki zdravljenja lahko učinkovito uporabljamo v večletnem obdobju (7, 8). Izbira mišic, v katere bomo aplicirali BT, je odvisna od okvare le-teh. Najpogosteje izbrana je mišica triceps surae. Največ študij o vplivu BT na mišično spastičnost so izpeljali z ocenjevanjem učinkov po aplikaciji BT v m. gastrocnemius, posebno začetne študije o primernosti, odmerkih in učinkih (9-12).

Za objektivno vrednotenje učinkov BT je verjetno najbolj pomembna neposredna sprememba dinamičnih lastnosti mišice, tj. zmanjšanje dinamične tonične aktivnosti, ki vodi v začasno podaljšanje mišice (12). Statične kontrakture se lahko zmanjšajo šele po daljšem obdobju z ustreznim raztegovanjem v programu fizioterapije. Zmanjšanje spastičnosti ima seveda tudi velik vpliv na obseg gibov v sklepih, ki jih nadzirajo posamezne mišice (11-13). Ob zmanjšanih skrajšavah in mišični napetosti lahko z ustreznim terapevtskim programom vplivamo na izboljšanje gibalnih vzorcev in s tem podaljšamo učinek BT ter celo za daljši čas izboljšamo gibalne vzorce.

METODE DELA

V raziskavo smo vključili 10 otrok s CP, starih med 5 in 13 let, s hemiparezo, in 8 otrok, starih med 7 in 13 let, z diparezo. Pred vključitvijo v študijo so bili otroci že vključeni v terapevtske programe, ki so vključevali aplikacijo BT, uporabo funkcionalne električne stimulacije, uporabo ortoz, nameščanje mavčnih škornjev, operativno podaljšanje Ahilove tetive in uporabo poviška v čevljih. Izbira terapevtskih postopkov je bila odvisna od ocenjene stopnje okvare in posledično zmanjšanih funkcijskih sposobnosti posameznega otroka s CP. Vsi otroci so bili vključeni v redne programe nevrofizioterapije.

Funkcijske posledice spastičnosti smo ocenili s kliničnim pregledom, meritvami in z računalniško analizo hoje. Rezultate, ki smo jih dobili s kliničnim testiranjem, smo uporabili kot pomoč pri vrednotenju rezultatov računalniške analize hoje. Na osnovi rezultatov smo se odločili o izbiri potrebnih terapevtskih postopkov. Ena od pomembnih odločitev je bila, ali je uporaba BT primerna, nato pa tudi, pri katerih mišicah bi ga uporabili in v kakšnem odmerku.

Vsem otrokom smo BT injicirali v m. triceps surae, petim otrokom s hemiparezo in trem z diparezo pa še v m. tibialis posterior. Petim otrokom z diparezo smo BT injicirali v mišice na obeh spodnjih udih, dvema pa le na stran z večjo okvaro. Enemu smo BT injicirali dodatno še v stegenske strune in adduktorne mišice. Odmerek smo izbrali po priporočilih iz literature (4-6) in glede na ocenjeno stopnjo mišične spastičnosti (3-12 enot/kg telesne teže).

Meritve in analizo hoje smo opravili praviloma en teden pred aplikacijo BT in 6 tednov po njej. Poleg kliničnega pregleda smo opravili še meritve hoje s sistemom "Vicon 370" oziroma "Vicon MX" (Vicon Motion Systems Ltd., UK). Sistem je

vključeval tudi dve plošči AMTI (Advanced Mechanical Technology Inc., USA) za merjenje reakcijske sile in 16-kanalni sistem za merjenje površinske EMG (Telemetry 16, Noraxon/Neurodata, USA/Wien). Označevalce, ki določajo telesne segmente smo nalepili na mesta, kot jih zahteva računalniški model za izračun osnovnih dolžinskih in časovnih parametrov, kinematike in kinetike hoje (16). Izbrali smo namestitvev za spodnji del telesa (Lower Body Model) in mu dodali še označevalca na desetem prsnem vretencu in spodnjem robu prsnice, ki sta omogočila približno določanje položaja trupa med hojo. S površinsko EMG smo merili obojestransko na mišicah oz. mišičnih skupinah: m. soleus, m. gastrocnemius, m. tibialis anterior, m. rectus femoris in m. biceps femoris. Pri meritvah s sistemom "Vicon 370" smo zbirali kinematične podatke (koordinate označevalcev) s frekvenco 50 Hz, pri Vicon MX pa s frekvenco 100 Hz. Analogne signale iz merilnih plošč in EMG smo zajemali s frekvenco 1000 Hz.

Oseba, pri kateri želimo opraviti računalniško analizo hoje, mora med hojo po prostoru spontano, na primeren način stopiti na merilno ploščo. To pomeni, da je v fazi opore plošča obremenjena samo z enim stopalom in s celotno silo. To otroci s CP pri meritvah pogosto težko izvedejo, saj med hojo ne stopijo vedno prav na ploščo ali pa stopijo le z delom stopala. Meritve smo zato ponavljali, dokler nismo za vsako stopalo dobili vsaj tri primerne zadetke in s tem enako število kasneje izračunanih kinetičnih spremenljivk. Spremljali smo tudi število dvojnih korakov za kinematične količine in EMG signale. V analizah smo jih uporabili med 15 in 20. Pri meritvah in analizah smo uporabljali standardne programske pakete podjetja "Vicon Motion Systems" (Workstation, Nexus, BodyBuilder in Polygon), ki smo jih dopolnili z lastnimi moduli za izračun položaja trupa, težišča in položaja prijemališča reakcijske sile na podplatu (COP). Ker standardna programska oprema izračuna povprečne spremenljivke in parametre glede na levo/desno stran, smo za naše potrebe razvili tudi dodatne programe, ki omogočajo povprečenje glede na bolj/manj okvarjeno stran telesa.

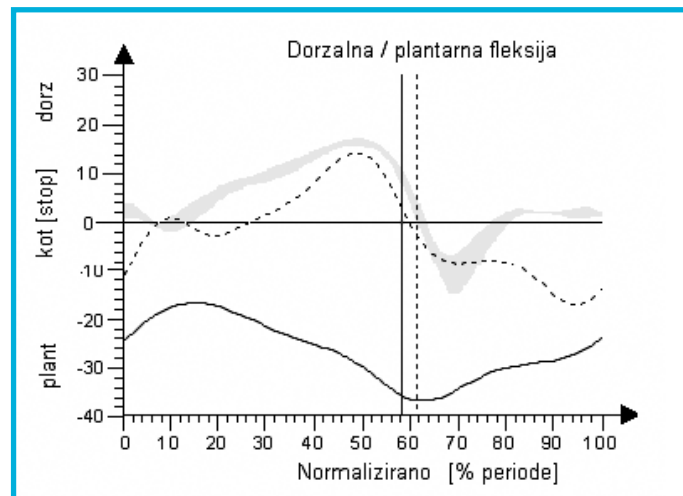
REZULTATI

V nadaljevanju bomo predstavili rezultate učinka BT, ki smo jih ugotovili pri dveh otrocih iz skupine desetih otrok s hemiparezo. Rezultati analize hoje pri prvem otroku so pokazali pomembno izboljšanje vzorca hoje, medtem ko je bila pri drugem otroku sprememba neznatna.

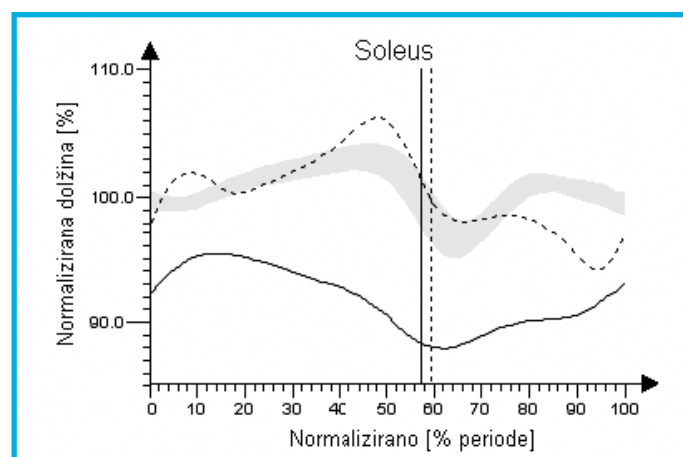
Primer z ugotovljenim pomembnim izboljšanjem vzorca hoje

V vseh grafih polna krivulja predstavlja prikazano spremenljivko pred aplikacijo BT, črtkana pa po aplikaciji. Širša, siva področja predstavljajo normative (interval standardne deviacije), ki smo jih povzeli po literaturi (17), deloma pa izmerili sami pri skupini desetih zdravih odraslih oseb.

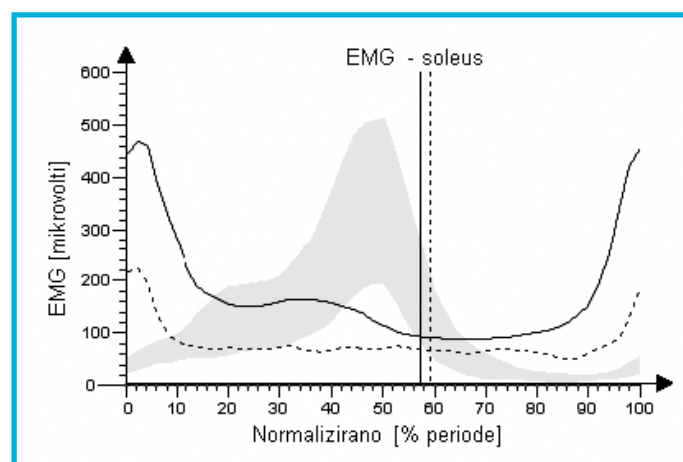
Petletni otrok z levostransko hemiparezo je hodil izrazito po prstih. BT je smo injicirali v m. triceps surae in m. tibialis posterior. Velike vrednosti plantarne fleksije stopala v celotnem ciklusu hoje (slika 2), velika skrajšava m. soleus (slika 3) in huda spastičnost z refleksom na nateg v m. soleus (slika 4) kažejo, da je moteno predvsem funkcioniranje m. soleus.



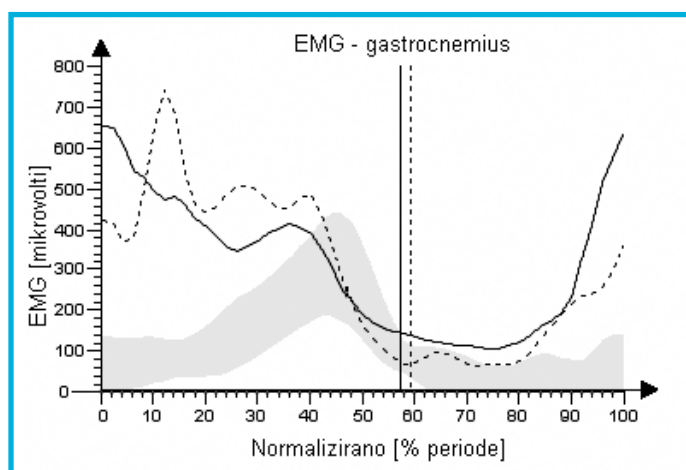
Slika 2: Dorzalna/plantarna fleksija levega stopala.



Slika 3: Normalizirana dolžina mišice soleus na levi strani.



Slika 4: Močno povečana aktivnost mišice soleus ob dostopu (refleks na nateg).



Slika 5: Aktivnost mišice gastrocnemius na levi strani.

Funkcioniranje mišice gastrocnemius (slika 5) verjetno ni bistveno spremenjeno, ker je njena aktivnost ob dostopu na prste in upognjeno koleno kot tudi v zaključni opori primerno funkcionalna. Malo moteno funkcioniranje mišice gastrocnemius potrjuje tudi njena aktivnost po aplikaciji BT. Njena aktivnost je dokaj podobna aktivnosti pred aplikacijo BT. Nekoliko je zmanjšana aktivnost ob dostopu, kar je razumljivo, ker je zaradi spremenjenega položaja stopala manjši dorzalni navor reakcijske sile. V fazi enojne opore je aktivnost povečana, kar pripisujemo ohromitvi delovanja nekaj motoričnih enot (verjetno globljih), površinske, iz katerih v največji meri zajemamo EMG signale, pa so bile zaradi funkcionalnih potreb sedaj bolj aktivne. V začetnem zamahu je aktivnost manjša kot pred aplikacijo BT.

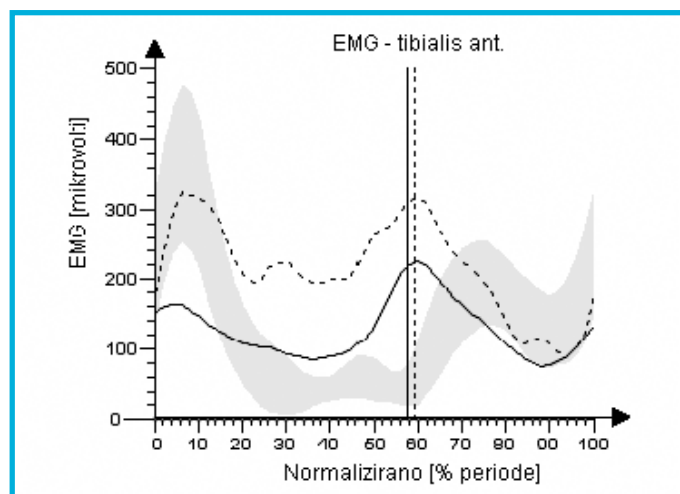
Glavno vlogo m. soleus pri izraziti plantarni fleksiji potrjuje povezanost med zmanjšanjem fleksije in zmanjšanjem aktivnosti m. soleus po aplikaciji BT. Oblika krivulje aktivnosti sicer še vedno kaže na primarni vzrok, vendar je očitno velik del motoričnih enot po aplikaciji BT neaktiven. Goniogram gležnja (slika 2) in graf dolžine m. soleus (slika 3), kažeta, da je skrajšava ohromljene mišice še dinamična. Močno povečana plantarna fleksija v zaključnem zamahu, ki jo očitno povzroči tudi m. gastrocnemius, je funkcionalna zaradi dostopa na sprednji del stopala.

Zakaj ni dostopa na peto? Funkcioniranje m. tibialis anterior (slika 6) glede na prikazano aktivnost ni spremenjeno, vendar pa je verjetno spastičnost globljih plantarnih flektornih mišic (razen m. gastrocnemius) prevelika, da bi omogočila potrebno dorzalno fleksijo za dostop na peto.

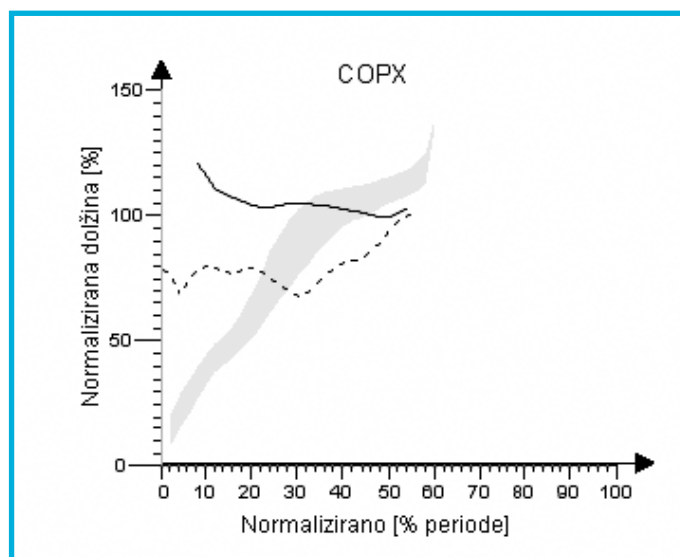
Na spastičnost m. flexor hallucis longus in m. flexor digitorum longus kaže tudi to, da otrok pri kliničnem testu ne zmore dvigniti sprednjega dela stopala in da ni pomika COP na prste ob odzivu (slika 7).

Aktivnost m. quadriceps je povečana v celotnem ciklusu hoje, še posebej po dostopu in v fazi zamaha (slika 8). Po dostopu m. quadriceps poskrbi za hitro iztegnitev kolena, ki ga reakcijska sila potem do zaključne opore drži v pretiranem

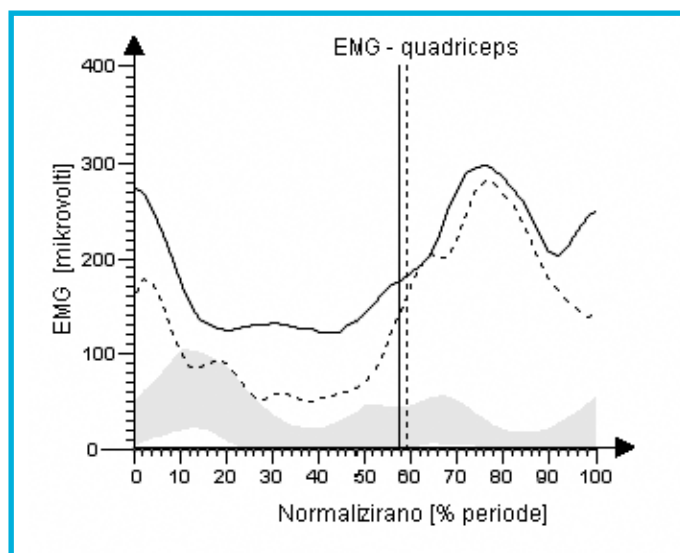
iztegu (slika 9), in za nagib medenice naprej, kar skrajša zavorni interval reakcijske sile.



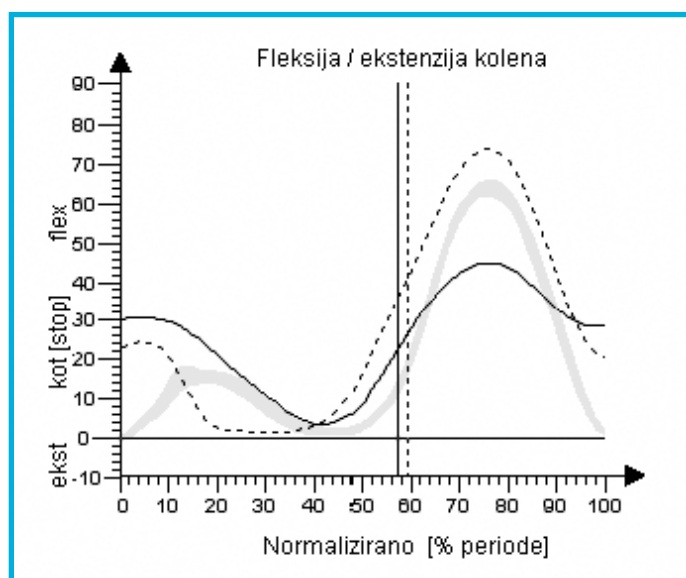
Slika 6: Aktivnost mišice tibialis anterior na levi strani



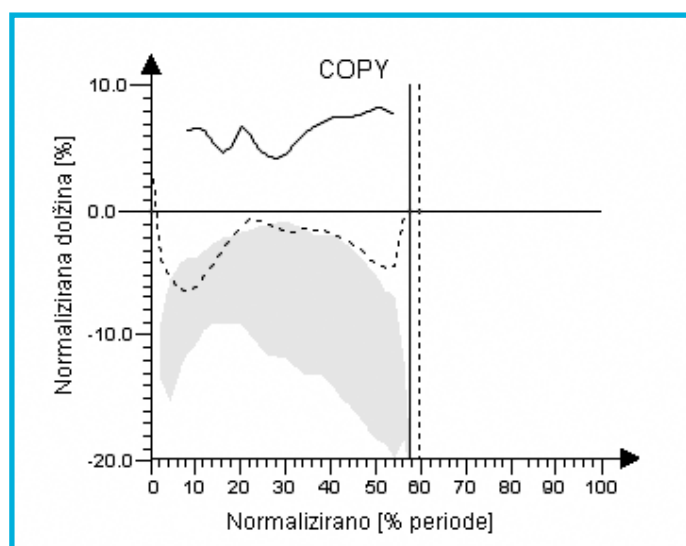
Slika 7: Potek COP v smeri hoje.



Slika 8: Aktivnost mišice quadriceps na levi strani.



Slika 9: Spremenjeni goniogram kolena na levi strani.

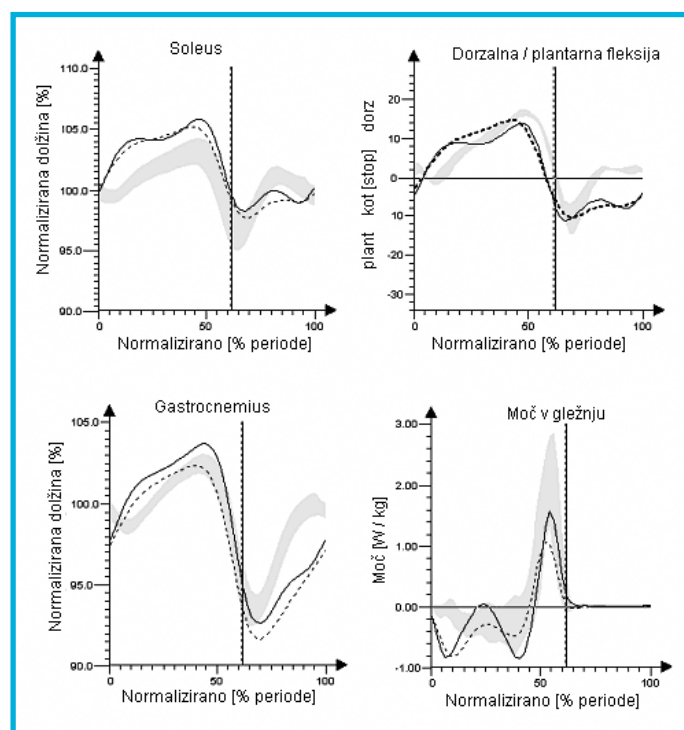


Slika 10: Zmanjšanje supinacije na levi strani.

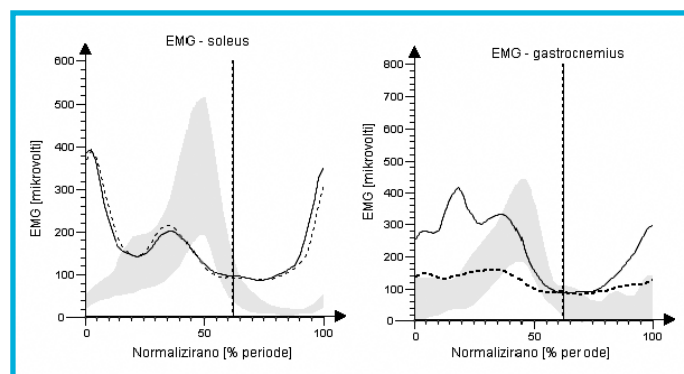
Iz opisanega bi lahko sklepali, da so bile spastične vse plantarne flektorne mišice, še najmanj, če sploh, pa m. gastrocnemius. Aplikacija BT v m. soleus in m. tibialis posterior (zmanjšanje supinacije oziroma obremenitve lateralnega dela stopala, slika 10) je bila očitno uspešna. Ker se je po njej pojavilo pretirano iztegovanje kolena, je aplikacija BT vprašljiva le za m. gastrocnemius.

Primer z ugotovljenim majhnim izboljšanjem vzorca hoje

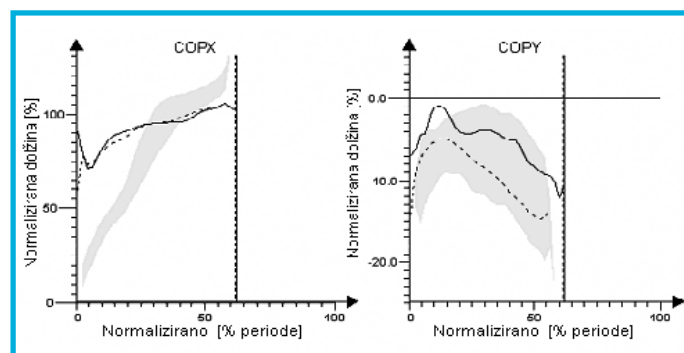
Šestletnemu otroku z zmerno desnostransko hemiparezo smo zaradi njegove hoje po prstih BT injicirali v m. triceps surae. Glede na goniogram gležnja, dolžino m. soleus in m. gastrocnemius, generirano moč v gležnju ter EMG aktivnost obeh mišic (sliki 11 in 12) bi težko sodili o znatni spastičnosti m. triceps surae.



Slika 11: Normirane dolžine m. soleus in m. gastrocnemius ter goniogram in moč gležnja.



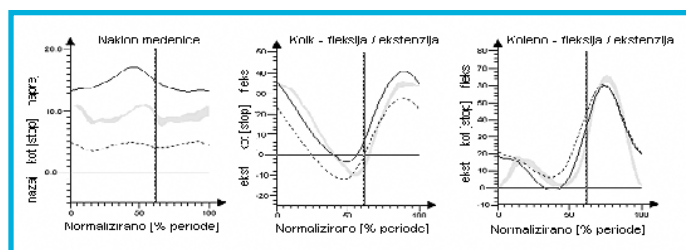
Slika 12: Aktivnosti m. soleus in m. gastrocnemius.



Slika 13: Vpliv BT na potek COP.

Zaradi precejšnje in nespremenjene plantarne fleksije v zamahu, nespremenjene EMG aktivnosti v m. soleus ter skoraj nespremenjenega poteka COP vzdolž stopala (slika 13) bi lahko ocenili, da odmerek BT, injiciran v m. soleus in m. gastrocnemius, ni imel velikega učinka.

Pri deloma oslABLjenem m. triceps surae (supinatorne mišice) je nekoliko povečana pronacija/everzija stopala, kar bi lahko kazalo na spastičnost mišic peroneus longus in peroneus brevis. Ta dva bi skupaj z delno spastično mišico soleus lahko bila vzrok za veliko plantarno fleksijo v fazi zamaha in gibanje COP samo v metatarzalnem področju, brez prenosa na prste ob odzivu (slika 13). Glede na način obremenitve stopala kaže, da je aktivnost m. tibialis anterior ohranjena, vendar je mišica prešibka, da bi lahko premagala spastičnost plantarnih flektornih mišic. V kolenu je v fazi opore prisoten večji upogib, kljub zmanjšani aktivnosti mišice gastrocnemius, kar je verjetno posledica večje aktivnosti iztegovalk kolka/upogibalk kolena. Ta se odraža v močno povečanem iztegovanju v kolku in vzravnani medenici (slika 14). Ugotovljene spremembe so zato verjetno posledica hotene spremembe nadzora proksimalnih sklepov.



Slika 14: Spremembe v nagibu medenice, povečani ekstenziji v kolku in fleksiji v kolenu

RAZPRAVA

Število otrok s CP, ki so v naši ustanovi vključeni v terapevtske programe za zmanjševanje posledic spastičnosti, je vsako leto precej veliko, vendar je populacija otrok zelo heterogena. Otroci se razlikujejo po oblikah in stopnjah okvar ter posledičnih motnjah funkcioniranja, različni pa so bili tudi terapevtski postopki, s katerimi so jih pred aplikacijo BT zdravili. Glede na to je precej težavno zagotoviti homogeno skupino otrok, ki bi jih vključili v študijo. V raziskavo smo sicer vključili več otrok s cerebralno paralizo, vendar smo v prispevku predstavili le dva primera otrok s hemiparetično obliko CP po aplikaciji BT.

Glede na rezultate kliničnih analiz in meritev pri izbranih skupinah bi lahko povzeli, da so učinki aplikacije zelo različni. To smo opazovali tudi z dvema izbranimi primeroma. Skušali smo pojasniti odstopanja od naših pričakovanj. Pojasnilo ima seveda lahko večjo ali manjšo verjetnost. Za večjo zanesljivost pojasnila bi morda potrebovali še dodatne podatke in/ali pa bolj zanesljive klinične teste, ki so sicer v primerjavi z meritvami v nekaterih pogledih bolj celostni, vendar pa manj objektivni in bolj kvalitativni.

Osnovna domneva je, da je za CP značilen primarni fleksijski vzorec, ki se z različno intenzivnostjo razvije v posameznih mišičnih skupinah, ki nadzirajo gibanje v

sklepih. Temu vzorcu se pogosto pridruži sekundarni ekstenzijski vzorec. Predvidevamo, da takrat, ko se taka motnja aktivnosti mišic najbolj kaže v plantarni skupini flektornih mišic, ni prizadeta le površinska plast, ampak verjetno tudi notranja in peronealna (18). Glede na to predvidevamo, da bi z boljšim poznavanjem motenega funkcioniranja ostalih plantarnih flektornih mišic lahko dosegli boljši učinek aplikacije BT.

Analiza poteka COP nam lahko v določeni meri pomaga pri ugotavljanju stopnje okvare globoke plasti plantarnih flektornih mišic in peronealne skupine mišic, ki so poleg plantarnih flektornih mišic tudi pronatorne ali supinatorne mišice. Prav tako ne smemo zanemariti možnosti, da je moteno tudi funkcioniranje plantarnih flektornih mišic sprednjega dela stopala (m. flexor hallucis longus in m. flexor digitorum longus), ki vplivajo na funkcijo t. i. tretjega vrtilišča, kjer znaten navor generirajo prav te flektorne mišice. Aplikacija BT v m. triceps surae delno razkrije funkcijo preostalih plantarnih flektornih mišic. Če je njihovo funkcioniranje spremenjeno, se to pokaže v spremenjenem poteku COP.

Pri dosedanjih analizah vplivov BT na vzorec hoje so domnevali, da bi lahko s krepitvijo m. tibialis anterior dosegli pomembno povečanje obsega dorzalne fleksije. Menimo, da taka pričakovanja v primerih, ko je spastičnost plantarnih flektornih mišic precejšnja, niso utemeljena. Mišica je prešibka, da bi bila ustrezen antagonist plantarnim flektornim mišicam. Iz grafov navorov v gležnju lahko vidimo, da se maksimalni dorzalni navor (efektivni navor agonistov – tibialis anterior in antagonistov – plantarne flektorne mišice), ki ga ta mišica izvede pri normalni hoji, pojavi ob dostopu na peto in je vsaj 10-krat manjši od navora, ki ga povzroči teža telesa v fazi enojne opore. Navor teže stopala v zamahu pa je še približno 10-krat manjši od navora pri dostopu na peto. Tudi meritve selektivnega navora z opornico kažejo, da je maksimalni navor plantarnih flektornih mišic približno 3-4-krat večji od navora dorzalnih flektornih mišic. Uporaba površinske FES za dvig stopala pri spastičnih plantarnih flektornih mišicah zato večinoma ne more dati pomembnih rezultatov. Znano pa je, da je uporaba implantiranega stimulatorja za dvig stopala pri pacientu po kapi dokaj učinkovita (19). Morda pa bi bila uporaba površinske FES za stimulacijo m. tibialis anterior primerna, če bi nam z BT uspelo dovolj ohromiti plantarne flektorne mišice, da bi jih ob stimulaciji lahko raztegovali.

Kakšne so torej možnosti, da bi dosegli izboljšanje hoje pri otrocih z mišično spastičnostjo? V naši ustanovi imamo na voljo kar nekaj od možnih ukrepov, ki so naštetih v sliki 1. Pri ostalih naštetih ukrepih sodelujemo z drugimi zdravstvenimi ustanovami. V zadnjem času je precej spodbudnih informacij o selektivni dorzalni rizotomiji (20), ki je v Sloveniji še ne uporabljamo. Morda bomo v prihodnosti uspeli razrešiti težave, ki so posledica mišične spastičnosti, vključiti vse ukrepe, ki so na voljo, in uspešnost tudi natančno ovrednotiti

s kliničnimi testi in z računalniško analizo hoje. S pomočjo slednje bomo morda znali tudi bolj natančno oceniti delovanje mišično-skeletnega sistema ter bolj natančno ugotoviti primarne vzroke za moteno funkcioniranje ter njihove kompenzacijske posledice.

ZAKLJUČKI

Naše izkušnje z uporabo BT so dale primerljive rezultate z rezultati študij, ki jih najdemo v literaturi. Prepričani smo, da lahko naše analize zaradi orodij in analitičnih metod, ki smo jih uporabili, nekoliko bolje osvetlijo razloge, zakaj so učinki aplikacije BT pri precej podobnih kliničnih slikah pacientov dokaj različni. Rezultati kažejo, da uporaba BT vzorca hoje v nobenem primeru ne poslabša, kljub temu pa so učinki lahko različni. Rezultati samo potrjujejo znano dejstvo, kako zapleten je gibalni sistem. Ker je pri osebah s CP stopnja okvare lahko precej različna, tudi zmanjševanje posledic ne more biti preprosto in enako pri vseh primerih. Menimo, da bi bilo potrebno nekoliko natančneje analizirati stopnjo spastičnosti in skrajšave posameznih mišic, tudi tistih, ki niso lahko dosegljive s površine, imajo pa pomembno funkcijo pri hoji.

Tudi do sedaj smo se trudili, da bi naše klinično in instrumentalno ocenjevanje razvijali tako, da bi našli odgovore na ta vprašanja. Želimo si, da bi lahko še bolj natančno opredelili obseg mišične spastičnosti in jo uspešno zmanjšali z uporabo BT. Bolniki morajo biti nato vključeni tudi v intenziven program fizioterapije, ki omogoča učenje bolj pravilnih vzorcev hoje, predvsem pri tistih z bolj ohranjenim hotenim nadzorom gibanja. Večjo intenzivnost in uspešnost celotnega programa bi verjetno lahko dosegli s ustreznimi strokovnimi in tehničnimi zmogljivostmi, pri čemer med slednje nedvomno sodi tudi primerna oprema s sodobnimi napravami za učenje avtomatizirane hoje.

Literatura:

- Gage JR, ed. The treatment of gait problems in cerebral palsy. London: Mac Keith Press, 2004.
- Graham HK, Aoki KR, Autti-Rämö I, Boyd RN, Delgado MR, Gaebler-Spira DJ, et al. Recommendations for the use of botulinum toxin type A in the management of cerebral palsy. *Gait Posture* 2000; 11(1): 67-79.
- Lieber R, Steinman S, Barash I, Chambers H. Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. *Muscle Nerve* 2004; 29(5): 615-27.
- Wall SA, Chait LA, Temlett JA, Perkins B, Hillen G, Becker P. Botulinum A chemodenervation: a new modality in cerebral palsied hands. *Br J Plast Surg* 1993; 46(8): 703-6.
- Koman LA, Paterson Smith B, Balkrishnan R. Spasticity associated with cerebral palsy in children: guidelines for the use of botulinum A toxin. *Paediatr Drugs* 2003; 5(1): 11-23.
- Sutherland D, Kaufman K, Wyatt M, Chambers H, Mubarak S. Double-blind study of botulinum A toxin injections into the gastrocnemius muscle in patients with cerebral palsy. *Gait Posture* 1996; 4(4): 269-79.
- Flett PJ, Stern M, Waddy H, Connell M, Seeger D, Gibson K. Botulinum toxin A versus fixed cast stretching for dynamic calf tightness in cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 1999; 35(1): 71-7.
- Flett PJ. Rehabilitation of spasticity and related problems in childhood cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 2003; 39(1): 6-14.
- Sätilä H, Iisalo T, Pietikäinen T, Seppänen RL, Salo M, Koivikko M, et al. Botulinum toxin treatment of spastic equinus in cerebral palsy: a randomized trial comparing two injection sites. *Am J Phys Med Rehabil* 2005; 84(5): 355-65.
- Polak F, Morton R, Ward C, Wallace WA, Doderlein L, Siebel A. Double-blind comparison study of two doses of botulinum toxin A injected into calf muscles in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44(8): 551-5.
- Thompson NS, Baker RJ, Cosgrove AP, Cory IS, Graham HK. Musculoskeletal modeling in determining the effect of botulinum toxin on the hamstrings of patients with crouch gait. *Dev Med Child Neurol* 2008; 40(9): 622-5.
- Eames NW, Baker R, Hill N, Graham K, Taylor T, Cosgrove A. The effect of botulinum toxin A on gastrocnemius length: magnitude and duration of response. *Dev Med Child Neurol* 1999; 41(4): 226-32.
- Koman LA, Mooney JF 3rd, Smith BP, Walker F, Leon JM. Botulinum toxin type A neuromuscular blockade in the treatment of lower extremity spasticity in cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Pediatr Orthop* 2000; 20(1): 108-15.
- Ubhi T, Bhakta B, Ives H, Allgar V, Roussounis S. Randomised double blind placebo controlled trial of the effect of botulinum toxin on walking in cerebral palsy. *Arch Dis Child* 2000; 83(6): 481-7.
- Roslyn NB, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A: 1-year follow-up using gross motor function measure. *Eur J Neurol* 2001; 8(5): 120-6.

16. Davis III RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci* 1991; 10: 575-87.
17. Winter DA. Biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. 2nd ed. Waterloo: University of Waterloo Press, cop. 1991.
18. Perry J. The use of gait analysis for surgical recommendations in traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 1999; 14(2): 116-35.
19. Rozman J, Krajnik J, Gregorič M. Selective stimulation of the common peroneal nerve for hemiplegia: long-term clinical follow-up. *Basic Appl Myol* 2004; 14(4): 223-9.
20. Wikipedia. Rhizotomy. Dosegljivo na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rhizotomy>