

IZVABLJANJE FLEKSORSKEGA REFLEKSA PRI TRENINGU HOJE PACIENTOV S HEMIPAREZO

ELICITING OF FLEXOR REFLEX IN GAIT TRAINING OF PATIENTS WITH HEMIPARESIS

Marko Rudolf, dipl. fiziot., dr. Nika Goljar, dr. med., prof. dr. Martin Štefančič, dr.med.
Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo, Ljubljana

Izvleček

Izhodišča:

Pri lezijah zgornjih motoričnih nevronov je fleksorski (umaknitveni) refleks lažje izvabljen kot pri zdravem stanju živčevja. Pri nekaterih izbranih pacientih s spastično paraplegijo je izvabljanje refleksa že vpeljano v rutino treninga hoje. Redkeje pa uspe izvabljeni fleksijski odgovor, primeren za sinhronizacijo v ciklusu hoje pri pacientih s hemiparezo.

Metode:

Pri 15 pacientih s spastično hemiparezo smo poizkušali najti fleksijski odgovor, ki bi bil uporaben za korekcijo faze zamaha med hojo. Izmed možnih parametrov električne stimulacije smo pri prvih devetih pacientih izbrali širino impulza 0,3 ms in frekvenco 40 Hz, pri naslednjih šestih pa poleg omenjenih tudi širino impulza 0,1 ms in frekvenco 60 Hz; lokalizacija stimulacijskih elektrod je bila na medialni strani plantarne površine stopala in na lateralni strani hrbtišča stopala; jakost stimulacije je bila individualno prilagojena.

Rezultati:

Pri 13 pacientih je bilo fleksijski odgovor mogoče izvesti v testnih pogojih (položaj leže in sede), vendar je le-ta neprimeren za praktično uporabo pri treningu hoje; izvabljanje sta motila predvsem spremljajoča bolečina ob draženju in relativno hitra habituacija. Pri dveh pacientih je bila refleksna izvabljenost fleksije kolka in kolena primerna, vendar so komponenta notranje rotacije v kolku in delna supinacija ter plantarna fleksija stopala preprečevale funkcionalno aplikacijo.

Zaključki:

Ker izbrani parametri in lokalizacija električne stimulacije niso omogočali uporabnih fleksijskih odgovorov za trening hoje, bi bilo treba v nadaljnjih prizadevanjih

Abstract

Background:

The flexor (withdrawal) reflex can be more easily excited in upper motor neuron lesions than in intact state of nervous system. It is already introduced into routine gait training in selected patients with spastic paraplegia. Flexion response synchronized with gait cycle in patients with hemiparesis is rarely successful.

Methods:

Flexion response convenient for correction of the swing phase of stride was tried to be elicited in 15 patients with spastic hemiparesis. The following parameters of electrical stimulation were chosen in the first group of 9 patients: pulse width 0.3ms and frequency 40Hz; in the subsequent 6 patients, pulse width 0.1ms and frequency 60Hz were added. The stimulation electrodes were positioned at the medial side of the sole and at the lateral side of the dorsum of the foot. The intensity was individually adjusted.

Results:

In 13 patients, flexion response could be elicited during testing (in sitting and supine position), but it was inconvenient for practical use in gait training. It was disturbed mainly by painful stimulation and relatively rapid habituation. In the other two patients, the reflex was convenient regarding flexion in hip and knee, but accompanying internal rotation in hip, partial supination and plantar flexion of the foot prevented functional application.

Conclusions:

The parameters and the localization of electrical stimulation used did not bring about convenient flexion responses for gait training. Therefore, not only are further studies of suitable parameters and positioning of stimulation electrodes necessary, but also the selection of patients should be more specific.

poleg izbora parametrov stimulacije in drugih lokacij za postavitev stimulacijskih elektrod posvetiti pozornost predvsem ustreznemu izboru pacientov.

Ključne besede:

Fleksorski refleksi, električna stimulacija, spastična hemipareza, spodnji udje, trening hoje

Key words:

Flexor reflex, electrical stimulation, spastic hemiparesis, lower limbs, gait training

UVOD

Funkcionalna električna stimulacija (FES) je definirana kot električna stimulacija živčno-mišičnih struktur, katere namen je izvabljanje mišično krčenje za funkcionalne gibe. Govorimo, da se FES uporablja za zunanjo kontrolo ohromelih udov. Uporabimo jo lahko pri pacientih z lezijo zgornjih (centralnih) motoričnih nevronov, pri katerih so spodnji (periferni) motorični nevroni in celotni refleksni lok ohranjeni in njihova električna vzdražljivost ni bistveno zmanjšana.

Z nevrofiziološkega stališča razlikujemo dve vrsti FES: eferentno FES, če želimo mišično kontrakcijo in gibe neposredno nadzorovati, in aferentno FES, če je učinek stimulacije posreden in vplivamo na modifikacijo motoričnega odgovora (»outputa«) (1, 2). Tako ločimo dva glavna namena uporabe FES: izvabljanje nadzorovane funkcionalne gibe paraliziranih ali paretičnih udov kot tudi oslabiti »sprostitvene fenomene« (oslabiti povečan mišični tonus in nenadzorovane spontane gibe, kot so spazmi, tremor, klonus) (1). V klinični praksi izvajamo oboje; izvabljanje direktne odgovore v stimuliranih mišicah in izvabljanje različne reflekse, sprožene s stimulacijo aferentnih živcev, kot tudi kožno-mišične reflekse.

V ospredju našega zanimanja je fleksorski refleksi, imenovan tudi umaknitveni refleksi spodnjih udov. Nevrofiziološko je to obrambni polisinaptični odgovor, ki nastopi z nociceptivnim draženjem kože (3). Draženje je lahko mehansko ali električno. Pri fleksorskem refleksu nastopi fleksija draženega uda in lahko tudi ekstenzija drugega uda, ki ga ne dražimo (»cross extension reflex« - navzkrižno izvabljanje).

Sherrington je v svojem izvornem poročilu o nociceptivnem fleksorskem refleksu opisal, da ima ta refleksi receptivno polje, ki vključuje kožo celotnega spodnjega uda do dimelj spredaj, perineuma medialno in ishiadične regije zadaj, čeprav je najlaže izvabljan na stopalu (4). Opis, da refleksni vzorci znatno variirajo glede na lokalizacijo ipsilateralnega kožnega dražljaja, je podal Hagbarth (5); menil je, da poleg vzorcev fleksorskega refleksa obstajajo lokalni ekstenzorski refleksi, ki jih je mogoče izvabljanje pretežno na kožnih predelih nad ekstenzorskimi mišicami. Gassel (6) kasneje ni mogel povsem pritrlditi Hagbarthovim eksperimentalnim zaključkom, ki so sicer izhajali iz predhodnih študij s poskusnimi živalmi. Glede na ugotovitve, ki so jih podali

Kugelberg in sod. (7), pa se receptivna polja fleksorskega in ekstenzorskega refleksa v znatni meri prekrivajo; refleksi, ki ga izvabljanje z draženjem določenega predela, je na splošno rezultat ravnovesja med dvema nasprotnima reakcijama: ena od teh je dominantna, druga pa je prikrita. Tako je pri motnjah suprasegmentalne (piramidne) kontrole ekstenzorski refleksi zmanjšani ali odpravljeni in fleksorski dominira v večjem delu receptivnega polja.

Kakorkoli že, raziskovalcem refleksne motorične aktivnosti je znano, da so ipsilateralni ekstenzorski refleksi lahko izvabljanje tudi z draženjem kože ali kožnih živcev in da modifikacija dražljajev, apliciranih na senzorične živce, včasih spreminja izvabljanje motorični odgovor od fleksorskega do ekstenzorskega refleksa. V rudimentarnem pogledu sodi v ta sklop tudi znak Babinskega.

DOSEDANJE IZKUŠNJE V SVETU IN PRI NAS

Predlogi, da bi različne preostale refleksne mehanizme in tudi fleksorski refleksi izkoristili pri obnovi motorične aktivnosti ohromelih udov pri pacientih s centralnimi motoričnimi lezijami, so bili podani že pred desetletji. Dimitrijević, ki je poročal o modifikaciji hoje pacientov s hemiplegijo, je opisal, kako je mogoče doseči efekt dorzalne fleksije stopala in prstov samo s senzorično stimulacijo kože; navajal je tudi možnost sprožanja kompenzacijske notranje rotacije v kolku s stimulacijo safenskega živca (*n. saphenus*) v začetku faze opore (8). Campos pa je v opisu izkušnje dveletne evalvacije funkcionalne elektronske peronealne opornice pri pacientih s hemiplegijo omenil, da pri nekaterih pacientih prihaja do fleksijskega odgovora stimuliranega spodnjega uda, tako da se pojavlja poleg dorzifleksije stopala še fleksija v kolenu in kolku (9). Tudi na podlagi naših izkušnje lahko potrdimo, da je pri nekaterih pacientih s spastično hemiparezo, pri katerih smo izvajali FES peronealnega živca, prišlo do tega pojava.

Na možnost izvabljanja fleksorskega odgovora celotnega spodnjega uda pri paraplegikih z enim samim stimulacijskim kanalom je opozoril že Liberson, pionir sodobne FES (10). Valenčič in sod. so ob izvajanju FES peronealnega živca pri pacientih s paraparezo, pri nekaterih pacientih opazili fle-

ksijo v kolenu, ki je pri hoji brez stimulacije ni bilo (11). Pri pacientih s popolno paraplegijo kot posledico lezije zgornjih motoričnih nevronov pa je izvabljanje fleksorskega refleksa za fazo zamaha pri hoji že vrsto let rutina v rehabilitaciji gibal (12).

Praktično uporabo izvabljanja fleksorskega refleksa v klinične namene pri pacientih s hemiplegijo sta podrobno opisala Lee in Johnston (13); vlak električnih impulzov sta aplicirala na določeno področje kože, da bi z indukcijo fleksorskega refleksa aktivirala več mišic simultano in sprožila ter podprla fazo zamaha v ciklusu hoje. Izbrala sta tri predele kože: plantarno površino stopala, hrbtišče noge in distalni zadajšnji del stegna. Testirala sta šest pacientov s hemiplegijo, od katerih pri enem nista mogla izvesti fleksorskega refleksa s stimulacijo na podplatu, pri drugem pa ne na zadajšnjem delu stegna. Uporabila sta frekvenco impulzov 30 Hz, širino impulzov 3 ms, zadostno jakost toka za izvabljanje refleksa. Pri tem sta ugotovila, da je med temi področji bila najmanj moteča stimulacija na stopalu. Trajanje refleksa je bilo mogoče prilagajati s spreminjanjem trajanja vlaka impulzov in je variiralo od 100 do 700 ms. Ocenjevala sta, da ta tehnika nudi primerno sredstvo za korekcijo faze zamaha pri treningu hoje pacienta s hemiplegijo.

Kvesić (14) je študiral obnašanje fleksorskega refleksa ob uporabi različnih parametrov električne stimulacije pri različnih patoloških stanjih pri sedmih pacientih (s hemiparezo, paraparezo in paraplegijo). Izhajal je iz hipoteze, da se refleksni odgovori izvablajo s stimulacijo aferentnih živcev. Površinske elektrode je namestil nad senzorične živce: *n. peroneus superficialis*, *n. suralis*, *n. saphenus* in *n. cutaneus femoris posterior*. Opazoval je vpliv stimulacijske amplitude, frekvence in trajanja vlaka impulzov na magnitudo fleksorskih odgovorov. Ugotovil je, da je mogoče s spremembo amplitude stimulacije nadzorovati velikost refleksnega odgovora. Pri izbiri frekvence pa se je odločil za nižje, in sicer ne višje od 50 Hz, zaradi dveh razlogov: ker naj bi se po Grovesu in sod. (15) refleksni odgovor počasneje habituiral pri nižjih kot pa pri višjih frekvencah in ker stimulacija z višjimi frekvencami povzroča bolečino pri pacientih z ohranjeno senzibilnostjo. Potrdil je možnost izvabljanja kompleksnih funkcionalnih gibov z enokanalno stimulacijo kožnih aferentnih živcev s tem, da bi refleksne odgovore izvabljali in nadzorovali s frekvencami od 10 do 50 Hz in napetostjo od 40 do 160 V, ob širini impulza 0,3 ms ter trajanju vlaka impulzov od 300 do 700 ms.

O uspešni stimulaciji aferentnega kraka fleksorskega refleksa, sinhroniziranega s ciklusom hoje pri pacientih po možganski kapi, poročajo tudi Quintern in sod. v randomizirani, kontrolirani klinični študiji, v katero je bilo vključenih 38 pacientov (16). Stimulacijska mesta so bila: plantarna stran in hrbtišče stopala ter lateralni ali medialni predel kolena. Stimulacijski parametri so bili: frekvenca 40 Hz, širina impulzov 0,32 ms, amplituda toka pa naravnana na izvabljanje vidnega fleksorskega refleksa pod bolečinskim pragom

(20-80 mA). Pacienti, ki so bili deležni obravnave z električno stimulacijo, so dosegli boljše rezultate v funkcionalni hoji (večja hitrost, boljša kakovost hoje) kot pacienti v kontrolni skupini. Avtorji menijo, da tovrstna terapija nudi možnosti za širšo klinično uporabo v nevrološki rehabilitaciji.

METODE

Dosedanje izkušnje z uporabo fleksorskega refleksa pri pacientih s hemiparezo smo želeli sistematično preveriti v naši klinični praksi. Načrtovali smo, da bi v letu 2007 v to predhodno študijo vključili 10 pacientov s spastično hemiparezo, ki bi bili tudi sicer vključeni v trening za izboljšanje kinematike hoje. Tiste paciente, pri katerih bi z izvabljanjem fleksorskega refleksa na prizadetem spodnjem udu uspeli dobiti funkcionalno ugoden gib, bi vključili v tovrstni trening. V študijo pa smo dejansko vključili 15 odraslih pacientov, in sicer: 11 moških in 4 ženske, 10 z desnostransko in 5 z levostransko spastično hemiparezo zmerne stopnje; najnižja starost je bila 40 let, najvišja 74 let in povprečna starost 58 let. Pri 14 pacientih je bila hemipareza posledica prebolele možganske kapi (pri dveh zaradi hemoragije, pri ostalih zaradi ishemične lezije), pri enem pacientu pa je šlo za stanje po operaciji možganskega tumorja. Najkrajša doba od nastopa okvare do testiranja je bila 1 mesec, najdaljša 2 leti, povprečna pa 6 mesecev in pol. Splošno zdravstveno stanje pacientov je bilo stabilno, tako da so lahko aktivno sodelovali pri fizioterapiji. Večina jih je bila že sposobna stoje in hoje na krajše razdalje ob pomoči fizioterapevta (pribl. 10 m), dva izmed njih pa tudi na srednje razdalje (nekaj 10 m). Pacienti so bili hospitalizirani v Inštitutu Republike Slovenije za rehabilitacijo zaradi celovite rehabilitacijske obravnave. Pri aplikaciji električne stimulacije so bile upoštevane indikacije in kontraindikacije ter previdnostni ukrepi za nizkofrekvenčno elektroterapijo.

Najprej smo pretehtali možne parametre in lokacije stimulacije za izvabljanje fleksorskega refleksa, ki so v literaturi že opisani kot primerni. Priporočeni parametri se namreč med avtorji nekoliko razlikujejo. Določili smo širino impulza 0,3 ms in frekvenco stimulacije 40 Hz. Uporabili smo stimulator za klinično uporabo FES AM-15 z napetostnim izhodom in monofaznimi pravokotnimi impulzi, jakost stimulacije pa je bila individualno naravnana. Uporabili smo površinske samolepilne okrogle stimulacijske elektrode PALS-Axelgaard, s premerom 3,2 cm. Za postavitev stimulacijskih elektrod smo izbrali medialni (vbokli) del stopala in lateralni del hrbtišča stopala, lokaciji, kjer naj bi bil fleksorski refleks najlaže izvabljev. Stimulirali smo na paretični strani (ipsilateralna stimulacija).

Omenjene parametre smo uporabili pri prvih 9 pacientih. Ker dobljeni odgovori niso bili zadovoljivi glede na pričakovani gib, primeren za korekcijo faze zamaha pri hoji, smo pri naslednjih 6 pacientih, poleg opisanih, uporabili še drugačno širino impulza (0,1 ms) in drugačno frekvenco (60 Hz), ob

prav tako individualno prilagojeni jakosti stimulacije. Pacienti so bili testirani v dveh položajih, leže na hrbtu in sede na robu postelje. Trajanje stimulacije je bilo različno glede na odzivnost testiranih oseb: najmanj eno minuto z istimi ali z večjimi parametri.

REZULTATI

Odgovori, ki smo jih poskušali izvabiti, niso ustrezali kriterijem za gib, ki bi bil uporaben za korekcijo faze zamaha pri hoji, in s tem za uvedbo v trening hoje za naše paciente. Tudi med obema izbranimi širinama impulzov in frekvencama nismo dobili bistveno drugačnih refleksnih odgovorov. Poleg variabilnosti smo se soočili predvsem s težavami, kot sta bolečina ob stimulaciji in habituacija refleksnega odgovora. Najpogostejša ovira pri omenjenih poskusih je bila prav bolečina, ki se je pri večini pacientov pojavila že pri relativno nizki jakosti stimulacije, še preden nam je uspelo izvabiti ustrezen fleksijski gib; seveda je bilo treba v teh primerih stimulacijo takoj prekiniti, ko je bila bolečina še blaga in znosna. Nadaljnji pojav pri nekaterih pacientih, pri katerih je bilo mogoče eno od oblik fleksorskega refleksa izvabiti brez motečih bolečin, pa je bila relativno hitra habituacija fleksorskega odgovora, kar je seveda preprečevalo uvedbo izvabljanja refleksa v trening hoje. Pri dveh pacientih smo v testnem položaju izvabili zadovoljivo fleksijo kolka in kolena, vendar kompleksen gib med hojo ni bil uporaben; nastopila je komponenta premočne notranje rotacije spodnjega uda in delna supinacija ter plantarna fleksija stopala, kar je onemogočalo izvedbo funkcionalnega koraka; med poskusi takšne hoje pa je prihajalo do motenj ravnotežja.

RAZPRAVA

Koristnosti uporabe izvabljanja fleksorskega refleksa z izbranimi parametri in lokacijo stimulacije pri naših pacientih nismo mogli potrditi, vendar smo s to predhodno študijo pridobili precej dragocenih izkušenj. S poskusi, da bi našli ustrezen fleksijski odziv, uporaben za trening hoje pacientov s hemiparezo, velja sicer nadaljevati. Poleg primernih parametrov stimulacije bi bilo treba preveriti izvabljanje fleksorskega refleksa tudi na drugih mestih, ustreznih za postavitev stimulacijskih elektrod, kjer ne bi prihajalo do moteče bolečine. Pomembno vlogo pri tem imajo nekatere podrobnosti, kot so izbira drugačnih elektrod (drugačna velikost in oblika, izbira različnih materialov, drugačna razdalja med elektrodami), preveriti bi bilo treba vpliv vrste izhoda električnega stimulatorja (napetostni ali tokovni izhod) itd. Predvsem pa bi bilo treba posvetiti pozornost izbiri pacientov; videti pa je, da je možen izbor kandidatov ozek. Morda bi se dalo pri določenih pacientih ob drugih možnih ukrepih še izboljšati kinematiko že vzpostavljene hoje tudi z izvabljanjem fleksorskega refleksa, sinhroniziranega s fazo zamaha koraka. Osredotočiti bi se kazalo

na tiste paciente, ki sicer že samostojno hodijo, pri katerih je med hojo težava zlasti pomanjkljiva fleksija v kolku in kolenu ob spremljajoči cirkumdukciji spodnjega uda v fazi zamaha (Wernicke-Mannov tip hoje).

Pri tem se nam ponuja primerjava z uporabo fleksorskega refleksa pri treningu hoje izbranih pacientov s spastično paraparezo in tudi klinično popolno paraplegijo, pri katerih se ta refleks rutinsko izvablja za fazo zamaha v ciklusu hoje. Vendar pri teh pacientih zaradi spremljajočih izpadov senzibilnosti, bolečina večinoma ne moti tovrstne stimulacije. Stabilnost pokončnega položaja med hojo pri teh pacientih omogoča opora na hodulje, pri nekaterih tudi na bergle. Poleg tega smo dokazali, da je pri ustaljenem načinu dve-oziroma štiri-kanalne FES pri hoji paraplegikov stimulacija tako aferentna kakor tudi eferentna (17).

ZAKLUČKI

Ker izbrani parametri in lokalizacija električne stimulacije niso omogočali uporabnih fleksijskih odgovorov za trening hoje, bi bilo treba v nadaljnjih prizadevanjih poleg izbora parametrov stimulacije in drugih lokacij za postavitev stimulacijskih elektrod posvetiti pozornost predvsem ustreznemu izboru pacientov.

Zaenkrat pa ugotavljamo, da je pri treningu hoje pacientov s spastično hemiparezo primerneje uporabljati že uveljavljene metode površinske električne stimulacije. Predvsem je to eno-kanalna stimulacija debela skupnega peronealnega živca, ki se dejansko veliko uporablja, ali pa manj uporabljene oblike kot je dvo-kanalna stimulacija kombinacije dveh živcev ali mišičnih skupin ali pa celo večkanalna. Dvo- in večkanalno FES udov bi v naši klinični praksi vsekakor kazalo pogosteje uporabljati.

LITERATURA

1. Dimitrijević MR, Gračanin F, Prevec T, Trontelj J. Electronic control of paralyzed extremities. *Biomed Eng*, 1968 Jan; 3(1): 8-14, 19.
2. Gračanin F. Functional electrical stimulation in control of motor output and movements. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1978; (34): 355-368.
3. Faganel J. Študij nevrofizioloških parametrov fleksorskega refleksa v normalnih in patoloških razmerah: magistrsko [i.e. magistrsko] delo. V Ljubljani: [J. Faganel], 1971. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta.
4. Sherrington CS. Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex, and reflex stepping and standing. *J Physiol (London)* 1910; 40(1-2): 28-121.

5. Hagbarth KE. Spinal withdrawal reflexes in human lower limbs. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1960; 23: 222-227.
6. Gassel MM. The Mole in skin areas adjacent to extensor muscles in motor neuron excitability: evidence bearing on the physiology of Babinski's response. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1970; 33(1): 121-126.
7. Kugelberg E, Eklund K, Grimby L. An electromyographic study of the nociceptive reflexes of the lower limb. Mechanism of the plantar responses. *Brain* 1960; 83: 394-410.
8. Dimitrijević MR. Externally controlled impaired ambulation by use of multisite nerve stimulation. In: *The 4th International Symposium on External Control of Human Extremities*, Dubrovnik, August 28 – September 2, 1972. Printed and issued at: Houston, Texas, USA: Texas Institute for Rehabilitation and Research, [1972]: 49-62c.
9. Campos R. Clinical appraisal of a two year experience with functional electrical stimulation at TIRR. In: *The 4th International Symposium on External Control of Human Extremities*, Dubrovnik, August 28 – September 2, 1972. Printed and issued at: Houston, Texas, USA: Texas Institute for Rehabilitation and Research, [1972]: 100-111.
10. Liberson WT. Functional electrical stimulation in paraplegics and »Reflex walking«, Abstracts of Acad. Cong. PMR meeting. Repr. in *Arch Phys Med Rehabil* 1973; 54: 588.
11. Valenčič V, Marinček Č, Bajd T. The pattern recognition based analysis of paraparetic patient's gait under the influence of bilateral stimulation. In: *Advances in External Control of Human Extremities: proceedings of the 6th International Symposium on ECHE*, Dubrovnik, August 28 – September 1, 1978. Belgrade: Yugoslav Committee for Electronics and Automation, 1978: 351-360.
12. Kralj A, Bajd T, Turk R, Krajnik J, Benko H. Gait restoration in paraplegic patients: a feasibility demonstration using multichannel surface electrodes FES. *J Rehabil Res Dev* 1983; 20(1): 3-20.
13. Lee KH, Johnston R. Electrically induced flexion reflex in gait training of hemiplegic patients: induction of the reflex. *Arch Phys Med Rehabil* 1976; 57(1): 311-314.
14. Kvesić Z. Električno kontrolisanje refleksa kod čovjeka: magistarski rad. V Ljubljani: [Z. Kvesić], 1980. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko.
15. Groves PM, Lee D, Thompson RF. Effects of stimulus frequency and intensity on habituation and sensitization in acute spinal cat. *Physiol Behav* 1969; 4: 383-388.
16. Quintern J, Krewer C, Bisle G, Husemann B, Heller S. Enhancement of gait retraining by electrical stimulation of flexor reflex afferents in acute stroke patients: a randomized, controlled clinical study. In: Wood D, Taylor P, eds. *9th Annual Conference of the International FES Society and the 2nd Conference of FESnet: proceedings of IFESS-FESnet 2004*, Bournemouth, UK, September 6-9, 2004. Bournemouth, UK: Bournemouth University, 2004: 56-58.
17. Štefančič M. Myoelectrical activity of stimulated muscles by FES. In: Karčnik T, Veltink P, Jaeger R, eds. *7th Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society: IFESS 2002 proceedings*, Ljubljana, June 25-29, 2002. Ljubljana: Ministry of Education, Science and Sport of the Republic of Slovenia, 2002: 98-99.