

S.Reberšek, A.Kolenc, A.Klemen*, V.Zeljić*

Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani

*Univerzitetni zavod za rehabilitacijo invalidov v Ljubljani

ŠTUDIJ VPLIVA ELEKTRIČNE STIMULACIJE NA SPASTIČNOST
PRI OTROCIH S CEREBRALNO PAREZO

EFFECTS OF ELECTRICAL STIMULATION ON SPASTICITY
IN CHILDREN WITH CP

POVZETEK - Cilj študije je ugotoviti primerjavo med učinki električne stimulacije z direktnim motoričnim odgovorom in brez njega na spastičnost mišic gležnja. Za ocenjevanje spastičnosti sta bila uporabljena upor pasivnemu gibanju gležnja in Ahilov tetivni refleks. Rezultati teh meritev na petih otrocih s centralno motorično prizadetostjo kažejo, da oba načina stimulacije enako učinkujeta na tonično komponento refleksa na nateg. V pogledu fazične komponente pa zaradi premajhnega števila še ni mogoče dati zanesljivega odgovora.

ABSTRACT - The effects of electrical stimulation with direct motor response and without it on spasticity of ankle joint muscles were studied. Resistive torque of ankle joint passive movements and Achilles tendon reflex for observation of spasticity was used. An equal achievements on tonic stretch reflex with both type of stimulation on five children with CP were found. In view of phasic stretch reflex it is impossible to give a precise answer after study on such a small population of children.

1. UVOD

V terapiji otrok s centralno motorično prizadetostjo se v splošnem uporablja različne terapevtske metode za vzpostavitev dosegljivih vzorcev motorike. Zaradi sekundarnih posledic motoričnega deficita pa niso redki tudi kirurški posegi - kot na primer podaljševanje Ahilove tetive itd. Pred in po kirurških posegih so takšni otroci, vsaj v boljše usposobljenih centrih, deležni tudi takšne oblike terapije, ki je zasnovana na nevrofizioloških principih. Med temi oblikami je najbolj znana Bobath-ova metoda terapije (1,2), ki temelji na principu čim večjega števila ponavljanj (dražljaj - odgovor) motoričnih vzorcev. Skupaj s temi metodami pa se je pokazala kot izredno uporabna metoda tudi funkcionalna in terapevtska električna timulacija (3,4). Dolgoletne izkušnje pri uporabi električne stimulacije za korekcijo hoje in drže telesa (3) so pokazale, da je le-ta še posebej uspešna takrat, ko je kombinirana z drugimi terapevtskimi metodami, ko je torej vključena v teamski program rehabilitacije otrok s

centralno motorično prizadetostjo. Podobno kot velja za druge terapevtske metode, velja seveda tudi za električno stimulacijo, da ni univerzalno uporabna. To pomeni na eni strani, da ne moremo pričakovati pri vseh otrocih enakega uspeha, na drugi strani pa je lahko električna stimulacija celo kontraindicirana. Raziskave Gračanina in sodelavcev (3,4,5) so namreč pokazale, da je funkcionalna in terapevtska električna stimulacija najbolj uspešna pri otrocih s čisto spastično parezo, medtem ko so pri otrocih z atetozo ali ataksijo rezultati bistveno slabši oziroma jih ni. Tudi v primerih, ko gre za težje deformacije stopala, kot npr. valgus ali pa spastično flektorno kontrakturo, ni mogoče uporabiti električne stimulacije. V primerih pa, ko so pri otroku prisotni klinični znaki hipotonije, je električna stimulacija celo kontraindicirana, ker inhibitorni učinek električne stimulacije še dodatno poslabša ravnotežje sil, ki je potrebno za stabilno stoji in hojo.

Dosedanje študije so temeljile na stimulaciji n.peroneusa, ki s pripadajočo skupino mišic vzdržuje položaj stopala in dorzalno fleksijo stopala med hojo. Cilj opisane študije pa je določiti vpliv dodatnih načinov stimulacije na spastičnost pri otrocih s centralno motorično prizadetostjo. Študija je zaenkrat omejena le na kratkoročne učinke polurne električne stimulacije, medtem ko dolgoročne učinke spremljamo le za klasično stimulacijo preko n. peroneusa. Predvsem želimo ugotoviti, kolikšna je razlika med pasivno stimulacijo na mestu in aktivno stimulacijo med hojo za dve različni vrsti stimulacije. Da bi omogočili neposredno primerjavo z rezultati dosedanjih študij, smo izbrali za prvi način že osvojeno stimulacijo mišic dorzalne fleksije stopala preko n. peroneusa, za drugi način pa stimulacijo dermatomov S_1 , S_2 . Stimulacijo dermatomov smo izbrali zato, ker so raziskave na paraplegičnih bolnikih (6,7) pokazale, da ima lahko takšna vrsta stimulacije večji vpliv na znižanje nenormalne refleksne aktivnosti spastičnih spodnjih ekstremitet kot običajna eferentna stimulacija motoričnega živca.

2. MERILNI METODI

Študija je načrtovana kot uvodna, ki naj da odgovor na vprašanje, v kateri smeri, poleg že poznane, je še smiselno razmišljati o vplivu stimulacije na spastičnost pri otrich s spastično parezo. Glede na to smo za ocenjevanje stanja spastičnosti izbirali med tistimi metodami, ki dajo klinično uporabne rezultate

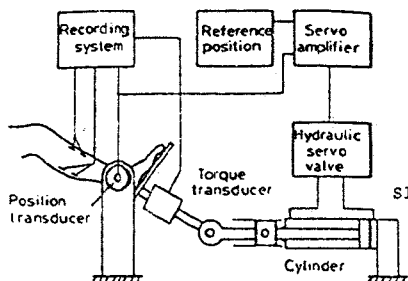
in ki hkrati ne obremenjujejo otroka s predolgim časom trajanja meritve ali povzročajo boleče posege, ki imajo še zlasti pri otrocih za posledico odklonilne reakcije. Gre torej za metode merjenja, pri katerih je možno vsaj delno vzpostaviti otrokovo motivacijo za meritev in s tem omejiti vpliv hotene kontrakcije na dobljene rezultate. Odločili smo se za meritev upora pasivnemu gibanju pri različnih hitrostih, na osnovi katere je mogoče sklepati o posameznih značilnih vzorcih, ki nastopajo pri spastičnosti v mišicah gležnja (8). Princip meritve je zasnovan na zunanjem pogonskem sistemu, ki giblje stopalo v smeri dorzalne in plantarne fleksije po vnaprej predpisani trajektoriji giba (sl. 1). V našem primeru smo za pogonski sistem uporabili elektrohidravlični servosistem s pozicijsko povratno zanko. V mehanskem prenosnem delu, ki premočrtno gibanje hidravličnega valja spreminja v krožnega, je vgrajeno telo odjemnika momenta rotacije, kateri preko ustreznega mostičnega ojačevalnika daje signal upora vsiljenemu gibanju. Za detekcijo refleksne aktivnosti obeh mišičnih skupin gležnja, ki se javlja kot odgovor na takšno vsiljeno gibanje stopala in preko njega na nateg in krčenje agonistične in antagonistične mišične skupine, smo uporabili diskaste elektrode (srebro-srebrov klorid) premera 1 cm, katere smo namestili paroma, v medsebojni razdalji 3 cm, nad mišici tibialis anterior in soleus. Vse štiri signale (2 kanala EMG, pozicija in moment upora) smo med meritvijo zapisovali na papirni trak štirikanalnega Brush pisalnika in na magnetofonski trak. Za oceno upora pasivnemu gibanju smo uporabili povprečno vrednost povprečnega upora pri štirih različnih frekvencah (0.1, 0.5, 1 in 2 Hz) gibanja po sinusni trajektoriji pozicije v gležnju. Povprečna vrednost upora pri vsaki posamezni frekvenci je bila izračunana na osnovi desetih zaporednih nihajev gležnja. Za posamezni rezultat smo jemali maksimalno vrednost upora znotraj ene periode

$$F = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} r_i \max$$

$r_i \max$ - maksimalna vrednost upora pasivnemu gibu znotraj ene periode

za $f = 0.1, 0.5, 1, 2 \text{ Hz}$. $j = 1, 2, 3, 4$

Poleg upora pasivnemu gibanju smo za grobo oceno ekscitabilnosti v refleksni zanki izbrali meritev Ahilovega tetivnega refleksa. Ta meritev je



Slika 1: Shematski prikaz merilnika upora pasivnemu gibanju gležnja

znana in splošno uporabljana v nevrofiziologiji, zato je ne bomo podrobneje opisovali, omeniti pa moramo, katere parametre refleksa smo uporabili v študiji. Znano je, da je amplituda odgovora na udarec po Ahilovi tetivi zelo neponovljiva, zato se uporablja za oceno ekscitabilnosti v splošnem le razmerje te amplitude z maksimalno vrednostjo direktnega motoričnega odgovora na električno stimulacijo (M-vala). Ker je pri otrocih s centralno motorično prizadetostjo lahko še posebej prizadeta recipročna inhibicija, tako da pride celo do recipročne ekscitacije (9), smo za oceno stanja ekscitabilnosti motoričnega nevrona vzeli razmerje maksimalnih amplitud odgovorov v mišici tibialis anterior in soleus na udarec po Ahilovi tetivi. Pri vsaki meritvi je bil izračunan povprečen vzorec odgovora, sestavljen iz 32 zaporednih izvajanj tetivnega refleksa, ki so si sledili v časovnem razmaku 2 s.

3. IZBIRA BOLNIKOV IN PROTOKOL MERITVE

V študij so bili vključeni otroci s spastično diplegijo in otroci s spastično hemiplegijo, pri katerih ni bilo vidnih kliničnih znakov atetoze ali ataksije. Torej takšni, ki so bili kandidati za kasnejšo funkcionalno in terapevtsko električno stimulacijo. Dodaten pogoj je bil tudi pozitiven rezultat FES testa (glej 4,5). Po končanem kliničnem testiranju smo opravili štiri meritve na vsakem otroku. Časovni razmak med posameznimi meritvami je bil najmanj 7 dni, da eventualni zapozneli učinki stimulacije iz prejšnje meritve ne bi vplivali na rezultat. Meritve so sledile v naslednjem vrstnem redu: prva meritev je bila namenjena vplivu stimulacije n. peroneusa med hojo, druga vplivu stimulacije n. peroneusa na mestu, tretja vplivu stimulacije dermatomov na mestu in zadnja vplivu stimulacije dermatomov med hojo. Vsakič je stimulacija trajala pol ure,

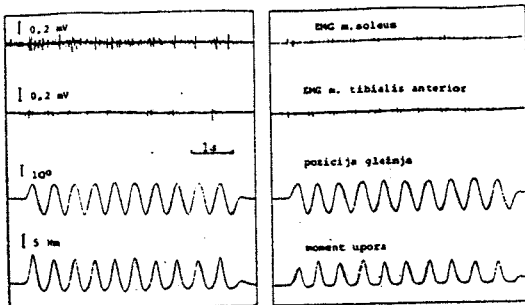
pred pričetkom stimulacije pa smo opravili celotno meritev (upor pasivnemu gibanju in ATR), da bi dokumentirali trenutno stanje otroka. Takoj po stimulaciji smo opravili drugo meritev v enakih pogojih kot prvo.

4. REZULTATI MERITEV

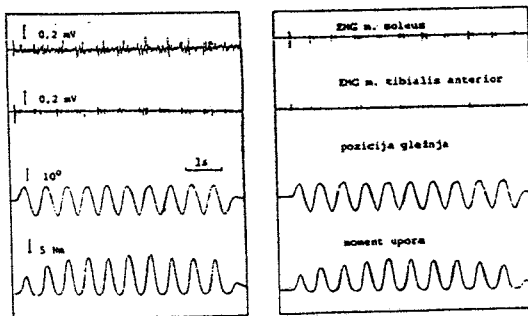
Po opisanem protokolu je bilo doslej izmerjenih pet otrok. Od teh smo pri treh ugotovili merljivo znižanje povprečnega upora pasivnemu gibanju v velikosti 10-20 % vrednosti, ki je bila izmerjena neposredno pred aplikacijo stimulacije, pri ostalih dveh pa so bile spremembe neznačilne. Znižanje upora pasivnemu gibanju je sočasno spremljala tudi sprememba vzorcev EMG aktivnosti v obeh mišicah (tibialis anterior in soleus), ki se je pokazala kot znižanje tonične komponente refleksa na nateg, pri tem pa v nobenem primeru nismo opazili pomembnejše spremembe hitrostno odvisne komponente refleksa na nateg. Na sliki 2 je podana tipična sprememba upora po stimulaciji n. peroneusa v primerjavi s stanjem tik pred stimulacijo.

Na sliki 3 pa je podana enaka primerjava za stimulacijo dermatomov S_1, S_2 . Iz obeh slik je mogoče razbrati, da je šlo v obeh primerih za približno enako relativno spremembo upora pasivnemu gibanju, čeprav je potrebno poudariti, da je bil po absolutnem iznosu upor večji pred stimulacijo dermatoma kot pred stimulacijo n. peroneusa. Razlog temu je seveda spreminjajoče se stanje tonične aktivnosti in spastičnosti v splošnem. Prav tako lahko iz slik razberemo, da je šlo tako v enem kot drugem primeru za spremembo tonične komponente EMG aktivnosti v obeh mišicah, ki se je po stimulaciji bistveno znižala. Glede vzorca EMG aktivnosti zaenkrat ne bi mogli trditi, da nastopa kakšna kvalitativna razlika med obema načinoma stimulacije.

Primer meritve Ahilovega tetivnega refleksa je podan na sliki 4. Za izračun razmerja med odgovorom v mišici tibialis in soleus je bila v vseh primerih vzeta vrednost odgovora med točkama 2 in 3 (glej sliko 4). Primerjava razmerij je pokazala, da v nobenem primeru ni nastopila opazna sprememba, čeprav so bile absolutne vrednosti odgovora na udarce po tetivi po stimulaciji manjše tudi do 60 % in ni v nobenem primeru prišlo do povečanja amplitude.



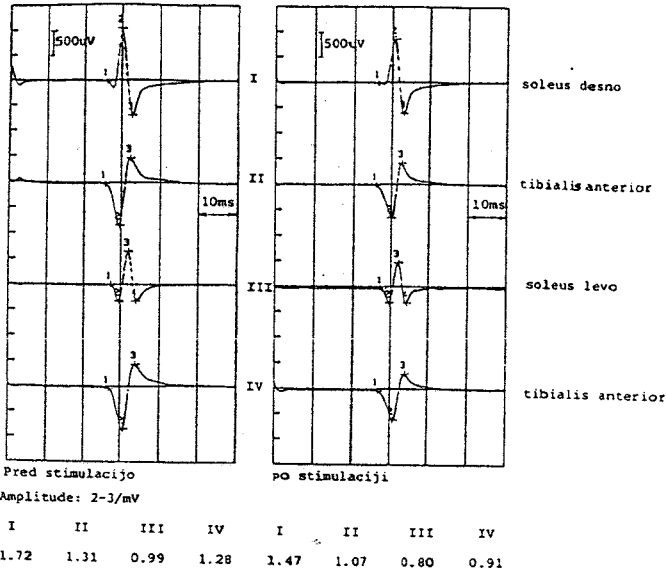
Slika 2:
Primerjava upora pasivnemu gibanju in EMG aktivnosti v mišicah tibialis anterior ter soleus pred in po polurni stimulaciji n.peroneusa.



Slika 3:
Primerjava upora pasivnemu gibanju in EMG aktivnosti v mišicah tibialis anterior ter soleus pred in po stimulaciji dermatomov S_1, S_2 .

5. ZAKLJUČKI IN DISKUSIJA

Dosedanji rezultati študije kažejo, da je eksteroceptivna stimulacija brez direktnega motoričnega odgovora enako učinkovita v pogledu znižanja upora pasivnemu gibanju kot stimulacija z direktnim motoričnim odgovorom. Znižanje upora vedno spremlja tudi zmanjšanje tonične aktivnosti kot odgovora na vsiljeno gibanje stopala v obeh opazovanih mišicah. Velikostni razred sprememb toničnega odgovora je tolikšen, da ga ni mogoče pripisati zgolj znani slabi ponovljivosti parametrov, ki karakterizirajo spastičnost. Iz dobljenih vzorcev EMG aktivnosti pa ni mogoče zanesljivo sklepati na to, kaj se zgodi s fazično komponento, ki se pojavlja kot odgovor na hitrost natega v mišici, ker je bila v večini primerov pred stimulacijo preveč zamaskirana s toničnim delom odgovora. Po stimulaciji, ko je bila tonična komponenta močno znižana, je bila fazična sicer vidna, vendar premajhna, da bi lahko karkoli zaključili. Ob tem pa je zanimivo dejstvo, da se razmerje odgovorov na udarce po Ahilovi tetivi ni spreminjalo, zniževala pa se je absolutna vrednost tega odgovora. Deloma moramo spremembo amplitudnega



Slika 4: Primerjava povprečnega odgovora na udarce po Ahilovi tetivi pred in po stimulaciji n. peroneusa za obe nogi.

odgovora vsekakor pripisati slabi ponovljivosti pri merjenju tega refleksa, vendar bi v tem primeru morale nastopiti tudi spremembe v smeri zvišanja amplitudnega odgovora po stimulaciji, kar pa se doslej ni dogajalo. Če privzamemo razlago, da je visoko amplitudno razmerje obeh odgovorov (več kot 0.5) rezultat povečane ekscitabilnosti na nivoju motoričnih nevronov, moramo glede na konstantnost razmerja amplitud ugotoviti, da se odnos med agonistom in antagonistom ni spremenil. To pa seveda še ne pomeni, da se ni znižal splošen nivo ekscitabilnosti na tem nivoju. Temu v prid govori tudi nakazano zmanjšanje amplitude tetivnega refleksnega odgovora. Z drugimi besedami bi to pomenilo, da je ostal balans med agonistom in antagonistom nespremenjen, zvišal pa se je prag motornega nevrone. S takšno razlago je mogoče uskladiti tudi hkratne rezultate meritev upora pasivnemu gibanju.

Ob komentiranju rezultatov meritev se moramo seveda zavedati, da je številno izmerjenih otrok odločno premajhno, da bi lahko na tej osnovi dajali trdnejše zaključke, vendar pa menimo, da so dosedanji rezultati nakazali smer, v

kateri je vredno razmišljati, da bi boljše razumeli mehanizme vpliva električne stimulacije in tako lažje vnaprej predvideli učinke.

LITERATURA

1. Bobath, K. and B. Bobath (1967) The Neuro-Developmental Treatment of Cerebral Palsy. Phys. Ther., 47: 1039-1041.
2. Bobath, K. (1980) A neurophysiological Basis for the Treatment of Cerebral Palsy. Clinics in Developmental Medicine No. 75. Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd. Philadelphia.
3. Gračanin, F., Vrabič, M., Vrabič, G. (1976) Six years experiences with FES method applied to children. Europa Med. Phys. 12: 61-68.
4. Gračanin, F. (1978) Functional Electrical Stimulation in Control of Motor Output and Movements. Contemporary Clinical Neurophysiology: EEG Suppl. No. 34: 355-367.
5. Gračanin, F. (1978) Otroci s cerebralno paralizo, preventiva in rehabilitacija. Zaključno poročilo za Raziskovalno skupnost Slovenije.
6. Bajd, T., Gregorič, M., Vodovnik, L., Benko, H. (1985) Electrical Stimulation in Treating Spasticity due to Spinal Cord Injury, Arch. Phys., Ther., Rehabil., 66: 515-517.
7. Bajd, T. (1986) Influence of Electrical Stimulation on Spasticity in Spinal Cord Injured Patients. Proc. of the 2nd vienna Workshop on Functional Electrical Stimulation, Vienna, Sept. 21-24, 275-278, 1986.
8. Reberšek, S., Stefanovska, A. and Vodovnik, L. (1986) Some properties of Spastic Ankle Joint Muscles in Hemiplegia, Med. & Biol. Eng. & Comput., 24: 19-26.
9. Gottlieb, G.L., Myklebust, B.M., Penn, R.D., Agarwall, G.C. (1982) Reciprocal Excitation of Muscle Antagonists by the Primary Afferent Pathway. Exp. Brain Res., 46 : 454-456.

ZAHVALA

Delo je bilo financirano s sredstvi Raziskovalne skupnosti Slovenije in NIDRR, Department of Education, Washington, DC.