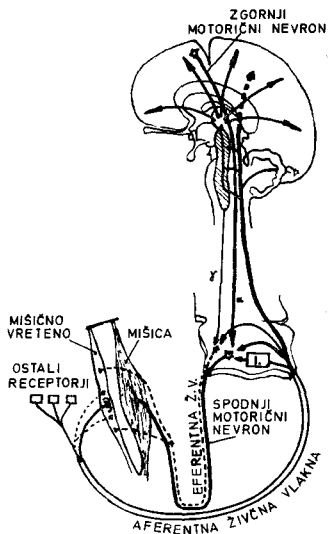


Fiziatrični principi zdravljenja spastične ohromelosti in funkcionalna električna stimulacija

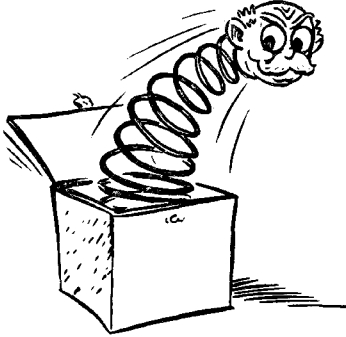
Gibanje je pri človeku kakor tudi ostalih njegovih filogenetično bližnjih sorodnikih rezultat kompleksne, koordinirane aktivnosti senzorno motoričnih refleksnih funkcij. Uskladitev motoričnih funkcij je odvisna predvsem od aferentnih impulzov, ki prihajajo iz ekstero- in propioceptorjev in senzornih organov. Centralni mehanizmi so odgovorni, da reagira človek na številne informacije in neprestane dražljaje iz okolja in iz telesa samega plastično in da bo motorični odgovor ustrezen in natančen.



Slika 1. — Poenostavljena shema organizacije motorične aktivnosti.

Pri bolnikih s poškodbo zgornjega motoričnega nevrona, povzročeno s cerebrovaskularnim insultom ali kranio-cerebralno travmo, tj. pri bolnikih s hemiplegijo ali hemiparezo, se poškodujejo obstoječe motorične funkcije, ker živčne strukture v nivojih nad poškodbo ne sodelujejo več pri organiziranju motorike. Rezultat tega je močno povečana aktivnost motoričnih nevronov, ki se kaže v spastičnosti, v nekontroliranih kontrakcijah skeletnih mišic kakor tudi v patoloških odgovorih na vse oblike stimulacije: taktilne, noksične ali propioceptivne. Ta pretirana aktivnost sovпада z osnovno refleksno organizacijo v nivoju hrbtenjače in zaradi tega ne upošteva niti recipročne inervacije (1), ki je odločilna pri nastajanju funkcionalnega giba. Opisani pojavi se v nevrofiziologiji imenujejo »sproščeni fenomeni« in se

klinično manifestirajo bodisi v popolni nesposobnosti za kakršenkoli hoteni gib ali samo v nespretnosti v izvajanju nežnih in natančnih priučenih gibov, v upadu grobe moči, v inadekvatni kontroli mišičnega tonusa, v nekontroliranih spontanah gibih, kot je spazem, tremor ali klonus. Vsi ti pojavi se razvijejo v določenem času po poškodbi in so pri bolnikih, ki jih pošljejo v zavode za rehabilitacijo, največkrat že prisotni.



Slika 2. — »Jack in the box«. Obnašanje spinalnega kitnega refleksa v spastičnosti ustreza Jacku, ki skoči iz škatle, ko se odpre pokrov, ki ga pritiska. (Risbo simulacije hiperaktivnosti kitnega refleksa je pripravil Mr. T. Bryce Spruill za knjigo *Spasticity* od H. W. Magouna, odkoder je izposojena.)

Fizioterapija — zlasti z vajami — odpravlja motečo simptomatiko in je pri obravnavanju spastičnosti pomemben faktor poleg medikamentozne terapije in drugih postopkov, kot so npr. intratekalna aplikacija fenola, infiltracija mišic z alkoholom ali blokada perifernih živcev s fenolom, nevrokirurški posegi in drugi, ki so indicirani predvsem zaradi močnih krčev in bolečin.

Z nevrofiziološkega stališča je P. Höncke fizikalne postopke razdelil v nekaj skupin (2):

1. Fizikalna terapija, s katero vplivamo na efektorne organe z eliminacijo aferentnih impulzov v centralni živčni sistem.

2. Fizikalna terapija, namenjena sinaptični inhibiciji kitnega refleksa, z različnimi refleksnimi mehanizmi od enostavnih segmentalnih spinalnih do posturalnih refleksov itd.

3. Fizikalna terapija, namenjena naraščanju zavestne cerebralne inhibicije.

4. Fizikalna terapija, namenjena vplivu na eferentni del refleksnega loka kitnega refleksa.

Navedena razdelitev fizioterapije v posamezne skupine pri poškodbah zgornjega motoričnega nevrona je zelo poenostavljena shema. Ne upošteva namreč, da gre pri spastičnosti za zelo različna in sestavljena dogajanja, na katera v terapiji vplivamo hkrati na več načinov z različnimi tehnikami.

Najbolj izdelane metode, ki se v zadnjem času uporabljajo, so zasnovane na programiranem vzdraženju receptorjev. Tako le-ti pošiljajo aferentne vzorce dražljajev, ki vplivajo na reorganizacijo refleksne motorične aktivnosti. To pomaga, da se čim hitreje in v čim večji meri povrnejo izgubljene ali poškodovane motorične funkcije, brez katerih ni uspešnega in funkcionalnega giba. To so torej fizioterapevtski postopki, s katerimi želimo zmanjšati spastičnost in povečati možnost za zavestno kontrolo gibov, ki spadajo v zgoraj navedeno drugo skupino razdelitve. Mednje lahko uvrstimo Kabatovo tehniko proprioceptivne nevro-muskularne facilitacije z vajami »diagonalnih masivnih gibov« in uporabo toničnih vratnih refleksov za lajšanje hotenih gibov. Dalje Bobathovo terapijo spastičnih otrok, ki uporablja za draženje tudi lahke ali sunkovite udarce po koži za inhibicijo spastičnosti in

ekscitacijo koristnega giba. Posebno za hemiplegike je izdelan program Signe Brunström, ki uporablja številne neurofiziološke refleksne mehanizme, med njimi tiste, ki jih uporablja Kabat v svoji tehniki, npr. sunkoviti udarci po podlahti za olajšanje ekstenzije prstov. Med fizioterapevti v posameznih deželah obstoji še vrsta tehnik, ki so manj razširjene in popularne, pa so tudi zasnovane na večanju motorične aktivnosti v enih ter sočasni inhibiciji v drugih mišicah. Za izbiro in izvedbo vaj pri vsaki od opisanih tehnik pa ni potrebno le znanje neurofiziologije, temveč tudi izkušnost fizioterapevta, kar omejuje široko uporabo teh tehnik. Zaradi tega je doziranje in objektivno ocenjevanje vpliva uporabljene tehnike na morebitno reorganizacijo motorične refleksne aktivnosti nepopolno. Doziranje je v glavnem empirično, medtem ko je ocenjevanje uspeha odvisno od slabšega ali boljšega subjektivnega opazovanja.

Poleg opisanih tehnik v zdravljenju bolnikov s hemiplegijo se je v zadnjih letih priključila še tako imenovana funkcionalna elektroterapija po Libersonu (3). To je bila za Ljubljansko skupino pobuda za začetek raziskav na funkcionalni električni stimulaciji ekstremitet (FESE).

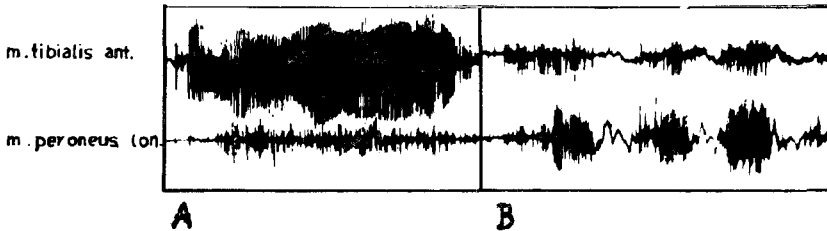
Že pred Galvanijevim odkritjem možnosti, da od zunaj umetno zbudimo mišično kontrakcijo pri živalih, je znana tudi že uporaba elektrine pri človeku za zbujanje giba v paraliziranih okončinah (Kratzenstein, 1745; Jallabert, J. L., 1748) (4). Pozneje je opisana znana »Fiziologija gibov« od Duchenne de Boulogne (5), ki prikazuje široko klinično uporabo električne stimulacije živcev nad živčnimi deblji in motoričnimi točkami, iz česar se je pozneje razvila sodobna elektrodiagnostika in elektroterapija.

Električna stimulacija se začelja uporabljati za draženje normalno inerviranih mišic posebno v posttravmatskih primerih (Smart, M. 1947) za mišično reedukacijo. Poleg tega pa tudi v obravnavanju spastičnosti, ker se ta zmanjša za nekaj časa tudi po končani električni stimulaciji [Lee, W. J. in dr. 1950; Hartman, A. C. in Bauman H. D. 1950; Newman in dr. 1954; Vogel et al. 1955; (4) Hufschmidt 1969 (6)]. Aplikativno področje električne stimulacije je medtem precej širše, ker ne gre samo za kontrolo kontrakcije, temveč za terapevtske ali funkcionalne efekte tudi v drugih organskih sistemih. Funkcionalna električna stimulacija pomeni tisto električno stimulacijo mišic z nezadostno živčno kontrolo, ki povzroči takšno kontrakcijo mišic, da nastane funkcionalen in koristen gib (7). FES pomeni danes pomembno klinično uporabo električne stimulacije, kot stimulacija srca s pacemakerjem in električna stimulacija peronealnih mišic. V teku so raziskave o novih možnostih za uporabo FES. Tu lahko uvrstimo FES n. frenikusa pri bolnikih z respiratorno insuficienco, FES sečnega mehurja in analnega sfinktra pri paraplegikih in tetraplegikih z inkontinenco.

Zastavljamo si dve vprašanji: Kaj sploh pomeni funkcionalna električna stimulacija okončin v današnji medicini? In kakšen je njen pomen v rehabilitaciji nevroloških bolnikov?

Ohranjena električna ekscitabilnost perifernih živcev in kontraktilna sposobnost mišic pri bolnikih s poškodbo zgornjega motoričnega nevrona omogoča uporabo FES paretičnih mišic z namenom, da se od zunaj kontrolirajo gibi. S FES je mogoče selektivno kontrolirati kontrakcijo posameznih mišic ali mišičnih skupin ali aktivnost določenega bazena motoričnih enot, ki so efektor in končna skupna pot za motorično refleksno aktivnost in gibe, razvijajoče se v skladu s stalno prisotnimi aktivnimi procesi facilitacije in inhibicije. To nam omogoča, da s FES n. peroneusa bolniku s hemiparezo izvajamo dorzalno fleksijo in everzijo stopala med hojo. S kliničnim opazovanjem smo pri teh bolnikih sledili izboljšanje hoje

in že po kratkem času FES v stimuliranih paretičnih mišicah zabeležili pojav take ciklične aktivacije med hojo, kot je prisotna pri zdravih osebah. Poudariti je treba, da se pri bolnikih, ki so se pred začetkom FES dolgo časa zdravili na konvencionalen način, to ni zgodilo. (8).



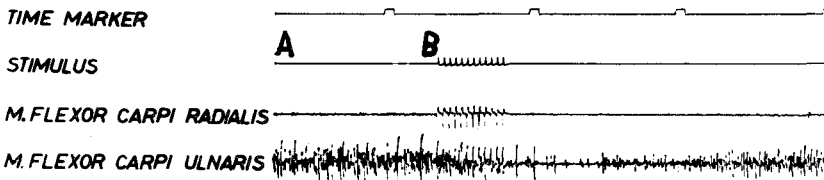
Slika 3. — Elektromiografski posnetek aktivnosti *m. tibialis ant.* in *m. peroneus long.* med hojo pri bolniku s hemiparezo; A — pred začetkom FES, B — šest tednov po FES.

Dolgotrajna klinična opazovanja so pokazala, da FES ne škoduje stimuliranim strukturam. Posamezni bolniki so jo uporabljali brez škode celo nad 28 mesecev, kar nam omogoča široko uporabo FES tudi dalj časa. Uporabljeni stimulusi v FESE vplivajo na živčevje ne le med stimulacijo, temveč smo lahko opazovali spremembe v aktivnosti živčevja še tri sekunde po končani stimulaciji (9). Na osnovi teh spoznanj je Ljubljanska skupina razvila pripomoček, s katerim dobimo želene električne stimulse. Imenovala ga je pa Ljubljansko funkcionalno elektronsko peronealno opornico.

S FES lahko poleg ekscitacije motoričnih enot, ki sodelujejo pri gibu, povzročimo tudi še inhibicijo motoričnih nevronov antagonističnih mišičnih skupin. Tako ugasne mišični klonus, izvabljen v *m. soleusu* po stimulaciji *n. peroneusa* (10, 11).

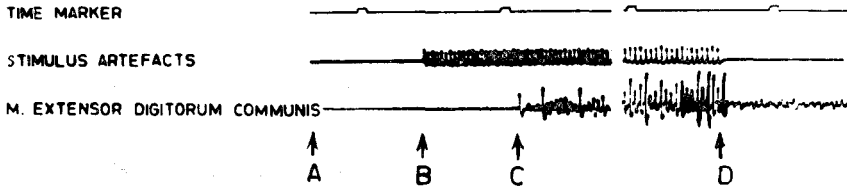
Isti pojav lahko sledimo tudi pri stimulaciji *n. radialis*, kjer poleg večanja minimalne mišične aktivnosti, dobljene z zavestno aktivacijo ekstenzorjev zapestja in prstov, povzročimo še inhibicijo morda prisotne aktivnosti v antagonistih — fleksorjih prstov in zapestja (12, 13).

Ti rezultati nam lahko pokažejo, da z izbranimi električnimi stimulusi natančno določenega trajanja, amplitude, oblike, frekvence in širine vlaka, kot je to primer s tetanično stimulacijo, dobljeno z Ljubljansko funkcionalno elektronsko peronealno opornico, programiramo pošiljamo dražljaje. S temi dražljaji dosežemo ne samo želeni gib, ki ga povzroči ortodromična propagacija impulzov po motoričnih

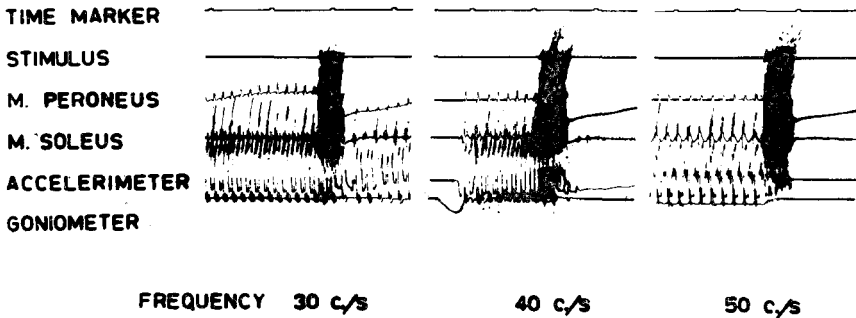


Slika 4. — Stimulacija *n. peroneusa*. Stimulus: 75 V, 1 msek, vlak 0.4 sek. V *m. soleusu* izvabljeni klonus ugasne pri električni stimulaciji *n. peroneusa*, kar je najbolj izraženo pri električni stimulaciji s frekvenco 50 c/s.

vlaknih, pač pa tudi sočasno v stopnjevani meri obnovljamo ciklično aktivacijo in inhibicijo stimuliranih mišic med hojo ter efekte depresije ali inhibicije v antagonističnih mišicah, ki trajajo še po prenehanju stimulacije.



Slika 5. — Elektromiografski posnetek paretičnega *m. extensoria digitorum communisa*; A — pri poskusu hotene kontrakcije zabeležena električna tišina. B — električna stimulacija *n. radialis* ne povzroči mišične kontrakcije. C — električna stimulacija + hoteno kontrolirana kontrakcija mišic. Beležimo pojav EMG aktivnosti, ki počasi narašča, kar povzroči gib. D — hotena kontrakcija brez stimulacije. EMG aktivnost, čeprav minimalna, je še vedno prisotna.



Slika 6. — EMG aktivnost pod A) v *m. flexorju carpi ulnarisu* se pod vplivom električne stimulacije *n. radialis*, ki se začne v točki B), zmanjšuje in popolnoma zgine po prenehanju stimulacije, vendar le za določen čas.

Klinična opazovanja nam kažejo, da je vrnitev funkcije stimuliranih mišic zelo pospešena, posebno če s funkcionalno električno stimulacijo začnemo v zgodnji fazi rehabilitacije.

Pri bolnikih s hemiplegijo oziroma s hemiparezo, pri katerih je od podškodbe preteklo že dalj časa in ko kljub konvencionalni fizioterapiji ne pričakujemo več nadaljnjega izboljšanja v motoriki, dobimo s FES funkcionalni gib dorzalne fleksije in everzije stopala, čez določen čas pa se zviša tudi mišična moč v nestimuliranih mišicah prizadete okončine (14).

Tehnika FES je zelo preprosta, prav tako pa tudi izbira potrebnih parametrov električnih stimulusov, tako da ne pomeni večjih težav pri uvajanju FES kakor rutinske metode.

V primerjavi z drugimi fizioterapevtskimi tehnikami, uporabljenimi v obravnavanju spastičnosti in z namenom, da organiziramo motorično aktivnost ob programiranem pošiljanju dražljajev s periferije, da bi tako izboljšali hoteno kontrolo

gibov, bodisi s facilitacijo ali inhibicijo določenega bazena motoričnih nevronov, pa s FES dosežemo bolj selektivno in bolj definirano stimulacijo. To lahko elektrofiziološko opazujemo in objektivno ocenjujemo z nevrofiziološkimi merilnimi metodami za oceno refleksne motorične aktivnosti in njene organizacije. Kakšnega pomena je zgodnji začetek programirane stimulacije pri bolnikih s poškodbo zgornjega motoričnega nevrona za nastajanje zaželenih refleksnih motoričnih aktivnosti, odgovorne za držo in lokomocijo, nam lahko pokaže tudi delo Guttmanna (15), ki je pri bolnikih s poškodbo hrbtenjače, pri tako imenovanem spinalnem človeku s facilitacijo ekstenzorne sinergije in statičnih refleksov dosegel restavratorno držo in lokomocijo z novo nastalimi vzorci motorične aktivnosti.

Funkcionalna električna stimulacija ekstremitet je šele na začetku razvoja in jo za zdaj lahko praktično uporabljamo samo za kontrolo enostavnih gibov, kar je samo ena od komponent za kompleksni gib v določeni fazi hoje ter za ekstenzijo zapestja in prstov. Dosedanje študije spinalne refleksne motorične aktivnosti ter vpliva FES na njeno organizacijo in klinična opazovanja nas opozarjajo na širše možnosti za uporabo FES v rehabilitaciji bolnikov s poškodbo zgornjega motoričnega nevrona, predvsem pa za korekcijo multiplih defektov motorike, ki so nastali in ostali po poškodbi.

Spričo takih koncepcij, da s fizioterapevtskimi tehnikami, se pravi s pošiljanjem programiranih informacij s periferije, delujemo na organizacijo in reorganizacijo refleksne motorične aktivnosti, odgovorne za držo ali pa gibe, katerih bolnik ne more več kontrolirati, je gotovo, da bo izbira metode odvisna od doseženih učinkov. Poleg tega pa tudi od možnosti doziranja in selektivnega ter programiranega pošiljanja impulzov skozi daljši čas in od enostavnosti aplikacije. Vse to so prednosti funkcionalne električne stimulacije pred drugimi tehnikami, čeprav za zdaj omejene na eno samo skupino nevroloških bolnikov.

Zavedati se moramo tudi dejstva, da pri sedanjem znanju o nevrofizioloških mehanizmih refleksne motorične aktivnosti človeka ter dosežkih na področju elektronike in biokibernetike še ne moremo z zunanjo kontrolo popolnoma substituirati poškodovanih možganskih funkcij in izdelati za to praktično uporabnega sistema.

S stališča rehabilitacije je nujno omeniti, da moramo pri vpeljevanju nove tehnike, kot je npr. FES, ne glede na njen pozitiven učinek na motivacijo in potek pri usposabljanju bolnika, upoštevati kompleksnost rehabilitacijskega postopka in bolnika vključiti v celotni program, izdelan od teama strokovnjakov, ki poleg medicinske rešuje tudi še sociološko, poklicno in drugo problematiko bolnika, od česar je odvisna vrnitev fizično prizadetega človeka v normalno življenje.

Slovstvo:

1. Dimitrijević, M. R. and Nathan, P. W. (1967) Studies of Spasticity in Man. 1. Some Features of Spasticity. *Brain*, 90, pp. 1—30.
2. Höncke, P. (1962) Physical therapy of spasticity. In »Proceedings of First Scandinavian Symposium on Multiple Sclerosis«, Aarhus 1962. *Acta neurol. Scandinav. Suppl.* 3. 38, pp. 95—102.
3. Liberson, W., Holmquest, H., Scot, D., Dow, M.: Functional electrotherapy: Stimulation of the Peroneal Nerve Synchronized with the Swing Phase of the Gait of Hemiplegic Patients, *Arch. Physical Medicine & Rehabilitation* 42, februar 1961.
4. Licht, S. (1959) *Therapeutic Electricity and Ultraviolet Radiation*, New Haven.
5. Duchenne de Boulogne, G. B. A.: *Physiology of Motion (Physiologie des Mouvements, démontrée à l'aide de l'experimentation électrique et de l'observations clinique et applicable à l'étude des paralysies et des déformations. 1867)*. Translated by E. B. Kaplan. W. B. Saunders, 1959.
6. Hufschmidt, H. J. (1969) *Elektrotherapie spastischer Bewegungsstörungen, Krankengymnastik No 1*.

7. Gračanin, F. Prevec, T. Trontelj, J. (1967) Evaluation of Use of Functional Electronic Peroneal Brace in Hemiparetic Patients, pp. 198—205. In »External Control of Human Extremities« — The proceedings of the international symposium, Dubrovnik 1966. Yugoslav Committee for Electronics and Automation, Belgrad.
8. Gračanin, F. and Dimitrijević, M. R. (1966) Application of functional electrical stimulation in rehabilitation of neurological patients 1. symposium internationale ad reabilitationem in neurologia, Praga.
9. Gračanin, F. and M. R. Dimitrijević (1968): Analysis of Spinal Reflex Activity After Tetanic Stimulation of the Peroneal Nerve in Hemiplegic Patients. 5th International Congress of Physical Medicine, Montreal.
10. Dimitrijević M. R., Gračanin, F. (1967) Control of release phenomena in hemiplegics by means of afferent electrical stimulation, p. 9. In »Abstract, International Meeting on Electromyography, Glasgow.
11. Dimitrijević, M. R., Gračanin, F., Prevec, T., Trontelj, J. (1967) An »Anti-clonus« Model, p. 196. In »Digest of the 7th International Conference on Medical and Biological Engineering«, Stockholm, B. Jacobson (ed).
12. Dimitrijević, M. R., Gračanin, F., Prevec, T. and Trontelj J. (1968) Electronic Control of Paralyzed Extremities. Bio—Medical Engineering, 3, 8—14.
13. Gračanin, F., (1967) Studij fizioloških problemov za funkcionalno stimulacijo ekstremitet pri bolnikih s centralno parezo rok, Funkcionalna električna stimulacija ekstremitet. Poročilo za Sklad Borisa Kidriča, Ljubljana str. 1—30.
14. Gračanin, F. in I. Grobelnik (1967): Evaluacija in klinična aplikacija funkcionalne elektronske peronealne opornice, Funkcionalna električna stimulacija ekstremitet, Poročilo za Sklad Borisa Kidriča, Ljubljana.
15. Guttman, L. (1968): The Re—Orientation of Posture and Locomotion in the Spinal Man. Proc. roy. Soc. Med. 61, 47—54.

Fizioterapevt Gabrijela Bole

Izkušnje pri delu z Ljubljansko funkcionalno elektronsko peronealno opornico

Na podlagi raziskav in rezultatov, doseženih na področju funkcionalne električne stimulacije ekstremitet (FESE), je nastala Ljubljanska funkcionalna elektronska peronealna opornica (FEPO) (1, 2, 3). Praktično smo jo uporabili za korekcijo hoje pri rehabilitaciji bolnikov s hemiparezo ali hemiplegijo, nastalo po možganski kapi ali travmi, predvsem pri tistih, ki so imeli najmočnejše izražen defekt hoje v cirkumdukciji in zaostajanju stopala v equinovarus položaju. Preizkusili smo jo na 42 pacientih, ki smo jih izbrali izmed 142 pacientov s hemiparezo, obravnavanih v našem zavodu (4). Skozi daljše obdobje (od 3 mesecev do 30 mesecev) pa je uporabljalo FEPO 25 pacientov v starostnem obdobju od 16 do 62 let, po več ur na dan v različnih življenjskih razmerah in okoliščinah.

Opis FEPO in princip delovanja.

Sestavni deli FEPO so: stimulator, kolenska elastična nogavica s stimulirajočimi elektrodami, tipka (mikro stikalo v ohišju) in polnilec.

Stimulator je miniaturiziran in po obliki tako prilagojen, da ga bolnik, ki ima ponavadi okrnjeno tudi funkcijo zgornje ekstremitete, lahko upravlja sam. Na stimulatorju imamo dva para vtičnic. Zgoraj je izhod za elektrode, ob strani pa za stikalo. Dva gumba, eden služi pacientu za vklop stimulatorja, z drugim pa regulira izhodno napetost, ki je maksimalna do 60 V pod obremenitvijo.