

## **Neinvazivna neuromuskularna električna stimulacija bolesnika s lezijama središnjega živčanog sustava: edukacijski pregledni članak**

Priredila: Ana BOJČIĆ, dr. med.

Cilj je dati pregled kliničke primjene transkutane električne stimulacije ekstremiteta bolesnika s oštećenjem gornjega motornog neurona.

Članak se temelji na pregledu literature i na osobnom iskustvu. Relevantna literatura sastavljena je od referencija iz preglednih članaka i udžbenika, a poseban naglasak je na kliničkoj primjeni neuromuskularne električne stimulacije u stanjima kao što su moždani udar, traumatska ozljeda mozga, multipla skleroza, cerebralna paraliza i ozljede kralježničke moždine.

Općenito se može reći da je svrha električne stimulacije poboljšati funkciju zahvaćenog ekstremiteta. Dvije su osnovne metode elektrostimulacije – terapijska (TES) i funkcionalna električna stimulacija (FES). TES poboljšava neuromuskularnu funkciju tako što jača mišiće, povećava kontrolu motorike, smanjuje spastičnost i bolove te povećava opseg pokreta. Transkutana električna stimulacija može se koristiti kao obična električna stimulacija, EMG-om potaknuta neuromuskularna električna stimulacija, položajem potaknuta električna stimulacija ili stimulacija ispod ili u razini osjetilnog praga podražaja. FES izaziva mišićnu kontrakciju i time funkcionalni pokret tijekom stimulacije.

Smatra se da je mehanizam djelovanja električne stimulacije u slučaju lezija središnjega živčanog sustava facilitacija neuroplastičnosti CNS-a povećanjem aferentnog inputa. Studije rađene uporabom funkcionalne magnetske rezonancije pokazuju aktivaciju somatosenzorne kore i dodatnih motornih područja kao odgovor na električnu stimulaciju posredovanu ekstenzijom ručnog zgloba. Također, redovita primjena stimulatora kod visećeg stopala pojačava aktivaciju motoričkih kortikalnih područja i njihovih kortikospinalnih

putova, što objašnjava poboljšanje hoda i kada je stimulator isključen. Pretpostavlja se da kontrakcija paretične muskulature rezultira inhibicijom spastičnih antagonista preko stimulacije spinalnih interneurona, a električna stimulacija ima antispastični učinak. Jedan od oblika električne stimulacije jest osjetna stimulacija (stimulacija ispod motoričkog praga podražaja) koja može smanjiti mišićni tonus.

Na terapijski učinak električne stimulacije utječe lokalizacija oštećenja. Sonde i suradnici navode mogućnost dobrog učinka električne stimulacije kod pacijenata kod kojih nije bilo oštećenja bazalnih ganglija, a kod onih s opsežnijim lezijama periventrikularne bijele tvari izostaje terapijski učinak.

Terapijska električna stimulacija (TES). Postoji nekoliko načina primjene TES-a. Obična električna stimulacija mišića izravna je stimulacija paretičnog mišića kod koje se elektrode postavljaju na mišić koji se želi stimulirati, a električni impulsi uzrokuju njegovu kontrakciju. Učinak takvog postupka može se pojačati ako se zatraži od pacijenta da izvede pokret u mislima ili, ako je moguće, aktivno kontrahira mišić. No aktivna kontrakcija izostaje ako njezini pokušaji kod bolesnika povećavaju spastičnost, na primjer, ako pokušaj aktivne ekstenzije ručnog zgloba povećava spastičnu fleksiju prstiju. Električna stimulacija deltoidnog i nadgrebenog mišića (supraspinatusa) koristi se za sprječavanje subluksacije i poboljšanje biomehanike ramena hemiplegične ruke, a time i za smanjenje bolova. Randomizirana kontrolirana studija na pacijentima nakon moždanog udara pokazala je da je za sprječavanje subluksacije ramena korisnije primijeniti električnu stimulaciju na supraspinatusu i stražnjim nitima deltoidnog mišića uz konvencionalno liječenje, nego samo konvencionalno liječenje. Ipak, između dviju skupina nije bilo razlike u smanjenju bolova. U sustavnom pregledu literature objavljenom 2003. godine navodi se da zasad nema dokaza koji potvrđuju ili opovrgavaju učinak električne stimulacije mišića ramena na smanjenje bolova nakon inzulta. Napomenuto je da se u raznim ispitivanjima razlikuju nacrti studija i tehnike električne stimulacije, a broj pacijenata je malen, pa su potrebne daljnja istraživanja. Uzajamna električna stimulacija agonista i antagonista u podlaktici također obećava rezultate kod pacijenata s lezijom CNS-a. Postoji mogućnost smanjenja kortikalne podražljivosti spastičnih antagonističkih mišića i jačanja agonističkih. Indikacija za taj oblik stimulacije jest znatno odgođena motorička aktivacija pri promjeni smjera kretanja. Za to postoje posebne proteze s ugrađenim stimulacijskim elektrodama koje omogućuju naizmjeničnu stimulaciju ekstenzora i fleksora prstiju/šake. Uzajamna električna mišićna stimulacija agonista i antagonista

moguća je i mrežastom rukavicom kao anodom i dvjema površinskim elektrodama (katode). Jedna se katoda postavlja iznad ekstenzora ručnog zgloba, a druga iznad fleksora. Uzajamni FES dorzalnih i plantarnih fleksora koji se izmjenjuje u ritmu sličnom normalnom hodu može popraviti hod pacijenata s kroničnim posljedicama nakon moždanog udara. EMG-om potaknuta električna stimulacija paretične muskulature počinje voljnim pokretom stimuliranog mišićja. Preduvjet za to jest sposobnost paretične muskulature da se voljno kontrahira i da je ta kontrakcija dovoljno jaka da je zabilježe površinske elektrode EMG-a (što odgovara ocjeni 2 u mišićnom manualnom testu). Tako zabilježeni signal potiče električnu stimulaciju, pa pokret koji je započeo voljnom kontrakcijom završava električnom stimulacijom. Za razliku od obične mišićne stimulacije, kod one potaknute EMG-om, pacijent mora sam započeti s pokretom, tako da taj oblik terapije zahtijeva veću motoričku kontrolu i dobre kognitivne sposobnosti. Ovisno o kliničkoj slici, obično se počinje običnom električnom stimulacijom, a kada se poboljša motorička kontrola, prelazi se na stimulaciju potaknutu EMG-om. U jednom preglednom članku navedeni su bolji rezultati kod upotrebe električne stimulacije gornjih ekstremiteta potaknuti voljnim pokretom, negoli kod korištenja obične električne stimulacije. Također je dokazano da EMG-om potaknuta električna stimulacija donjih ekstremiteta pozitivno djeluje na oporavak motorike i sposobnost hoda pacijenata nakon moždanog udara. Električna stimulacija potaknuta povratnom spregom (engl. feedback) jest ona koja ovisi o položaju dijela tijela. Zahvaćeni ekstremitet postavi se u posebnu dinamičku ortozu sa senzorom za mjerenje kuta. Pacijent mora postaviti ekstremitet u određeni položaj, na primjer 20° ekstenzije u ručnom zglobu, a tada započinje električna stimulacija. U tom obliku terapije pacijent, osim što aktivno kontrahira muskulaturu, također izvodi pokret u određenom smjeru i opsegu. Jedini je nedostatak tog oblika terapije teško dostupna oprema, dok su stimulatori koji se pokreću EMG-om dostupniji. Stimulacija ispod motoričkog praga podražaja znači da na nju nema odgovora motorike, nego je njezin intenzitet postavljen na razini osjetnog praga ili ispod njega. U takvoj stimulaciji zahvaćenog ekstremiteta koriste se površinske elektrode. Na gornjim ekstremitetima stimulacija se obavlja na dorzalnoj ili ventralnoj strani podlaktice, a na donjima u području zajedničkog peronealnog živca ili n. suralis. Kao anode koriste se specijalne elektrode u obliku rukavica ili čarapa, a katode se postavljaju na dorzalnu i ventralnu stranu podlaktice ili potkoljenice. Osnovna je svrha te vrste stimulacije smanjiti spastičnost i poboljšati motoričku kontrolu povećanjem aferentnog inputa. Općenito, izbor terapije ovisi o mišićnoj snazi, spastičnosti, opsegu pokreta, zahvaćenom

ekstremitetu i općem tjelesnom i kognitivnom stanju pacijenta. Prema sistematskom pregledu Pomeroya i suradnika potrebna su daljnja istraživanja kako bi se nakon inzulta odredio najučinkovitiji oblik električne stimulacije, optimalna doza i optimalno vrijeme početka terapije.

Funkcionalna električna stimulacija (FES). Najčešće se koristi peronealni stimulator čijom upotrebom nastaje dorzalna fleksija stopala u fazi zamaha i dolazi do poboljšanja hoda. Stimulacija počinje ili aktivacijom prekidača smještenog u peti (aktivira se odizanjem pete od podloge) ili senzorom pokreta u području koljena. Postoji jednokanalni i dvokanalni uređaj. Kod dvokanalnoga je moguća neovisna aktivacija peronealnog mišića i m. tibialis anterior, čime je omogućen optimalan odnos između dorzalne fleksije i everzije. Kod pacijenata s hemiplegijom bolji hod i veći stupanj oporavka motorike postiže se kombinacijom FES-a na dorzalne fleksore stopala i uobičajenih vježbi, a ne samo uobičajenim vježbama. Također su razvijeni i trenutačno se klinički ispituju sustavi za stimulaciju koji se implantiraju pod kožu. U jednom randomiziranom kontroliranom istraživanju istaknuto je da je postignuto poboljšanje brzine hoda za 23 posto kod pacijenata s oštećenjem gornjega motornog neurona nakon moždanog udara koji su imali ugrađen peronealni stimulator, dok je u kontrolnoj skupini s uobičajenom ortozom za gležanj i stopalo ono bilo samo 3 posto. I kod pacijenata s multiplom sklerozom znatno poboljšanje hoda primijećeno je kod onih koji su se koristili električnim stimulatorom za stopalo, u odnosu na one koji nisu imali električnu stimulaciju, iako je u usporedbi s programom vježbi kod kuće električna stimulacija dala slabije rezultate u poboljšanju hoda. Poboljšanje hoda kod pacijenata s nepotpunom ozljedom kraljezničke moždine može se postići stimulacijom peronealnog živca i izazivanjem fleksijskog odgovora (simultana fleksija kuka i koljena te dorzalna fleksija stopala). Fleksijski odgovor također pomaže spastičnim pacijentima s ukočenim koljenom tijekom hoda. Novija elektrofiziološka proteza je tzv. pacemaker za nogu koji se uglavnom koristi kod spinalnih bolesnika. U fazi oslonca noge stimuliraju se kvadriceps i glutealni mišići s pomoću ručnog prekidača ili senzora pokreta, pa pacijent može stajati i hodati uz pomoć električne stimulacije, a prema potrebi može se koristiti i podlakatnim štakama ili recipročnom hodalicom. Taj postupak zahtijeva odgovarajuću snagu i izdržljivost mišića koja se mora postići prije početka FES-a. Električna stimulacija primjenjuje se i kod djece s cerebralnom paralizom za poboljšanje obrasca hoda. Nema smjernica za trajanje i frekvenciju pojedinih tretmana i ukupnog liječenja. U dosadašnjim studijama navode se dva načina primjene. Prvi su kratkotrajni tretmani od

nekoliko mjeseci (na primjer, 10 minuta jedanput ili dvaput dnevno tijekom tri do šest mjeseci), a drugi su dulji tretmani tijekom nekoliko tjedana (na primjer, 20 – 30 minuta dnevno, tri tjedna). Ničim se ne može dokazati koji je od ta dva načina učinkovitiji. Pacijentima s akutnim simptomima nakon moždanog udara potrebno je najmanje 10 sati (30 min./dnevno, pet dana u tjednu, tijekom četiri tjedna) električne stimulacije u kombinaciji u sklopu regularne rehabilitacije da bi se poboljšala funkcija ruke. U slučaju pacijenata s akutnim i subakutnim posljedicama (do tri mjeseca nakon inzulta) učinak električne stimulacije koja se provodila 30 minuta dnevno, pet dana u tjednu tijekom tri tjedna, trajao je šest mjeseci. EMG-om potaknuta električna stimulacija m. tibialis anterior u trajanju od 10 minuta dnevno, dva puta na dan tijekom tri mjeseca rezultirala je povećanjem opsega dorzalne fleksije i vrijednosti FIM-indeksa kod pacijenata s moždanim udarom. No produženje terapije na šest mjeseci nije pokazalo daljnje poboljšanje funkcije. Stimulacija od dvije do pet sekunda dovoljna je za povećanje snage, a preporučeni omjer njezina trajanja i stanke između dviju stimulacija jest 1:1 ili 1:2. Kako bi se izbjegao zamor mišića kod stimulacije ekstenzora ručnog zgloba kod pacijenata s hemiparezom preporučuje se da stanke ne bude kraća od stimulacije. To vrijedi više za manje mišiće smještene pri površini, negoli za velike i dublje smještene skupine mišića, posebice donjih ekstremiteta. Električna mišićna stimulacija ne može zamijeniti kineziterapiju i radnu terapiju, nego bi se sve uvijek trebale primjenjivati zajedno. U nekim slučajevima korisna je kombinacija električne stimulacije i terapije botulinum. On smanjuje spastičnost antagonista i tako olakšava mišićnu stimulaciju. Također je dokazano da kombinacija ortoza i električne stimulacije može smanjiti spastičnost i kontrakture te poboljšati funkciju. Električna stimulacija može se koristiti i u akutnoj i kroničnoj fazi nakon ozljede središnjega živčanog sustava. U literaturi nema potvrde da povećava spastičnost. Kako bi se izbjegao zamor mišića potrebna je dobra strategija jačanja jer visok intenzitet i frekvencija stimulacije iznad 50 Hz povećavaju brzinu i jačinu mišićnog zamora. Za primjenu električne stimulacije kod kuće uređaji bi trebali biti jednostavni i sigurni za primjenu. Moguća nuspojava je iritacija kože kao posljedica dugotrajne stimulacije i velikog intenziteta. Potreban je oprez u slučaju pacijenata s epilepsijom. Ako pacijenti imaju ugrađen metalni implantat, primjenjuju se samo bifazični oblici struja. Glavne kontraindikacije za električnu stimulaciju su ugrađeni elektrostimulator srca i implantirani defibrilatori. Električna stimulacija može popraviti funkciju zahvaćenog ekstremiteta pacijenata s oštećenjima središnjega živčanog sustava. Neuromuskularna električna stimulacija bolesnika s lezijama

središnjega živčanog sustava može biti učinkovit način da se poboljša funkcija te u kombinaciji s drugim metodama ima aditivni terapijski učinak, iako su potrebna daljnja istraživanja u tom području. Cochranov pregled pokazao je da TES poboljšava motoričku funkciju u usporedbi s placebo. No potrebno je odrediti optimalne parametre stimulacije, dozu, vrijeme početka terapije i populaciju koja će imati najviše koristi od pojedine metode.

*(Schuhfried O, Crevenna R, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T. Non-invasive neuromuscular electrical stimulation in patients with central nervous system lesions: an educational review. J Rehabil Med 2012;44:99-105.)*