

## Elektrostimulacija i snimanje I-t krivulje

### Oprema

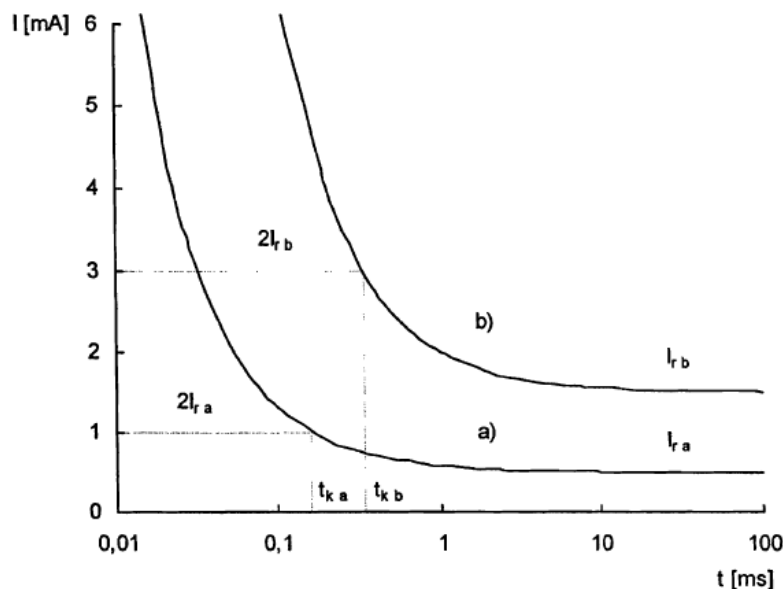
U ovoj vježbi potrebna je sljedeća oprema i pribor:

- LBE Stimulator: frekvencijskog raspona 0.5-100 Hz, trajanja impulsa 0.05-2 s, i napona 0-200 V
- Strujna sonda Tektronix A6302
- Digitalni „storage“ osciloskop Tektronix

### Teorijske napomene

Mišićno i živčano tkivo može se stimulirati električkom strujom. Osim u dijagnostičke svrhe, električka stimulacija primjenjuje se u velikom broju slučajeva i u terapijske svrhe, najčešće za stimulaciju srčanog ritma, funkcionalnu rehabilitaciju, sprečavanje atrofije mišića, kontrolu motornih funkcija i još mnogo drugih primjena.

Za stimulaciju mišićnog odnosno živčanog tkiva potrebno je dovesti određenu količinu naboja koja je dovoljna da podraži stanicu. Odgovor tkiva na stimulaciju opisuje se I-t krivuljom (slika 1.). I-t krivulja je grafički prikaz ovisnosti jakosti struje stimulacije i korisnog vremena. Korisnim vremenom naziva se minimalno trajanje impulsa struje kod kojeg uz određenu jakost struje dolazi do stimulacije.



Slika 1. I-t krivulja a) zdravog skeletnog mišića, b) denerviranog mišića

Iz slike je vidljivo da je za podraživanje stanica potrebno da amplituda strujnog impulsa bude veća od neke minimalne vrijednosti, bez obzira na njegovo trajanje. Ta minimalna amplituda struje potrebna za podraživanje zove se struja reobaze. Druga karakteristična veličina krivulje je vrijeme kronaksije. To je korisno vrijeme potrebno za stimulaciju uz amplitudu impulsa jednaku dvostrukoj vrijednosti struje reobaze.

Kod mišića kod kojih postoji oštećenje neuromuskularnih veza moguća je stimulacija, ali nabor potreban za stimulaciju mnogostruko je veći nego kod zdravog mišića, što je vidljivo iz većeg vremena kronaksije i povećanja struje reobaze.

Tipične vrijednosti vremena kronaksije za neke vrste živčanih vlakana i mišića nabrojene su prema trajanju:

mijelinizirana a. živčana vlakna	0,1 do 0,2 ms
nemijelinizirana živčana vlakna	0,5 ms
skeletni mišići	0,25 do 1 ms
srčani mišić	1 do 3 ms

Elektronički stimulatori koji se koriste u dijagnostici izvode se danas najčešće kao strujni izvori. Kod stimulacije iz izvora konstantne struje ne dolazi do promjene valnog oblika impulsa pa se može točno definirati amplituda. Kod primjene naponskih izvora dolazi zbog karaktera impedancije kože do deriviranja impulsa i struja ovisi o iznosu impedancije kože, pa parametri stimulacije nisu točno definirani. Glavna prednost naponskih izvora je jednostavnost izvedbe.

Parametri stimulacije određeni su amplitudom, trajanjem i frekvencijom impulsa. Kod nižih frekvencija stimulacije, mišić nakon kontrakcije ponovno otpušta. Povećanjem frekvencija stimulacije, ponovni stimulus se pojavi prije završetka prethodne kontrakcije i počinje ponovna kontrakcija, tako da je skraćenje mišića u tom slučaju veće. Kod neke frekvencije dolazi do međusobnog stapanja uzastopnih kontrakcija pa je nemoguće razlikovati pojedini stimulus. Takovo stanje se naziva tetanička kontrakcija. Učestalijim podraživanjem više se ne dobiva na snazi kontrakcije, ali može doći do grčenja mišića, što izaziva bol.

Na vježbi se koristi električki stimulator s naponskim izlazom koji se preko pločastih elektroda priključuje na kožu tako da elektrode leže iznad motoričke pločice. To mjerenje se razlikuje od standardnih mjerenja kod kojih se koriste iglaste elektrode ubodene direktno u mišićna vlakna tako da se stimulira pojedini, točno određeni mišić.

Kod priključivanja na izlaz stimulatora, intenzitet stimulacije mora biti postavljen na minimum!

Za mjerenje strujnih impulsa koristi se strojna sonda. Sonda ima vlastito napajanje, a priključuje se na ulaz osciloskopa. Da bi prikaz na zastoru osciloskopa bio baždaren, osjetljivost osciloskopa mora biti 50 mV/div. Strujna sonda se postavlja oko vodiča i mora biti propisno zatvorena, što se indicira crvenom LED diodom na kućištu sonde.

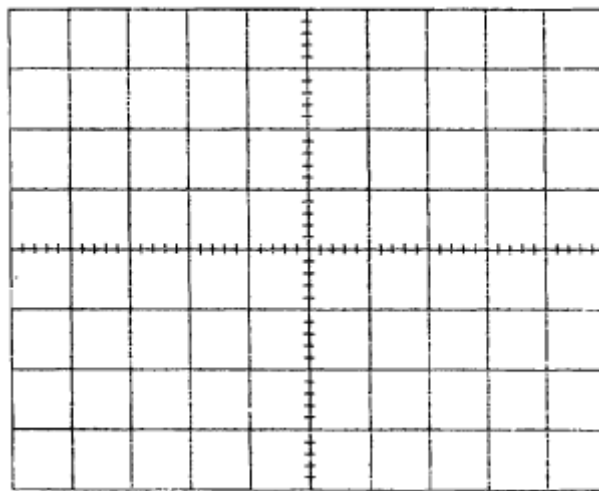
Iz valnog oblika struje u stimulacijskom krugu, mogu se odrediti parametri nadomjesne sheme elektroda i unutarnji otpor.

## Radni listovi

1. Mijenjajte položaj elektroda i -stimulirajte pojedine grupe mišića ruke. Promjenom položaja elektroda pokušajte dobiti pomak pojedinog prsta na ruci.

2.

a. Na zastoru osciloskopa pogledajte i nacrtajte u mjerilu oblik struje uz stimulaciju pravokutnim naponom. Trajanje impulsa treba biti 2 ms.



b. Iz oblika impulsa približno odredite parametre nadomjesne sheme elektroda.

c. Kako bi izgledao valni oblik napona uz stimulaciju pravokutnim strujnim impulsima? Skicirajte valni oblik!

3.

- a. Snimite I-t krivulju. Elektrode treba pričvrstiti na ruku i ne mijenjati položaj u toku stimulacije.



- b. Iz snimljene krivulje odredite struju reobaze i vrijeme kronaksije.

$$I_{reobaze} =$$

$$t_{kronaksije} =$$

4. Odredite repeticiju impulsa kod koje dolazi do tetanije.

$$f =$$