

IMPEDANSA MATRIČNE ACTITRODE® ELEKTRODE

Goran Bijelić, Milica Piperski, Dragana Miljković

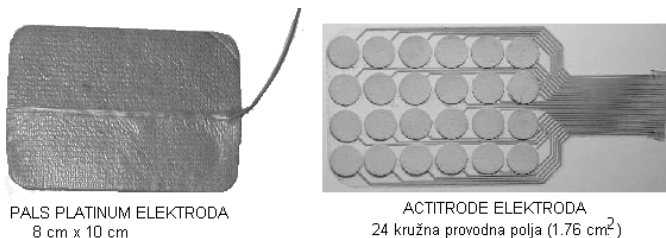
Centar za multidisciplinarne studije, Univerzitet u Beogradu, Beograd
Elektrotehnički fakultet, Beograd

Sadržaj – Poslednjih godina sve je češća primena matičnih elektroda pri snimanju neuralne i mišićne aktivnosti (EMNG), ali i selektivne električne stimulacije. Impedansa elektrode je najvažnija karakteristika elektroda. U ovom radu prikazujemo rezultate merenja dve vrste elektroda: 1) Pals Platinum® i 2) nove matične elektrode Actitrode®. Za merenja smo primenili novi virtuelni instrument koji se bazira na I-V metodi merenja. Ispitali smo impedanse na učestanostima od 5 Hz do 1 kHz s obzirom na opseg signala koji treba da se snimaju, i na karakteristike stimulacionih impulsa u električnoj stimulaciji. Svedena impedansa Actitrode® elektrode je značajno manja od impedanse jedne od najboljih komercijalnih elektroda (Pals Platinum®) na svim učestanostima koje su posmatrane. Impedansa Actitrode® elektrode se vrlo malo smanjuje sa povećanjem učestanosti što ukazuje da je dominantna komponenta termogena otpornost. Ovo istraživanje je pokazalo da je Actitrode® matična elektroda pogodna kako za snimanje električne aktivnosti mišića i nerava, tako i za selektivnu električnu stimulaciju.

1. UVOD

Actitrode® je matična elektroda sa 24 polja. Prateći elektronski sklop uz elektrode omogućuje pojedinačno uključivanje jednog ili više polja istovremeno [1]. Veličina i konfiguracija polja Actitrode® selektivne elektrode, materijali od kojih je izrađena i korišćeni elektroliti uslovljeni su fizionomijom organa, bioelektričnim osobinama tkiva pacijenta i nizom faktora koji definišu biokompatibilnost. Actitrode® elektroda je razvijena kao podrška sistemima za Funkcionalnu Električnu Stimulaciju (FES) i Površinsku Električnu Neuro Stimulaciju (TENS). Actitrode® je alternativa konvencionalnim elektrodama koja pruža mogućnost izbora veličine i oblika provodne strukture na koži bez pomeranja elektrode. Jednostavno odabiranje optimalnog oblika elektrode pa tako i pozicije stimulacije omogućuje efikasnu mišićnu kontrakciju i igerisanje željenih funkcionalnih pokreta.

U literaturi se u poslednje vreme prikazuje značaj primene matičnih elektroda za merenje elektrofizioloških signala [2-4].



PALS PLATINUM ELEKTRODA
8 cm x 10 cm

ACTITRODE ELEKTRODA
24 kružna provodna polja (1.76 cm²)

Sl. 1: Pals Platinum® (levo) i matična elektroda Actitrode® (desno) korišćena za ispitivanje impedanse

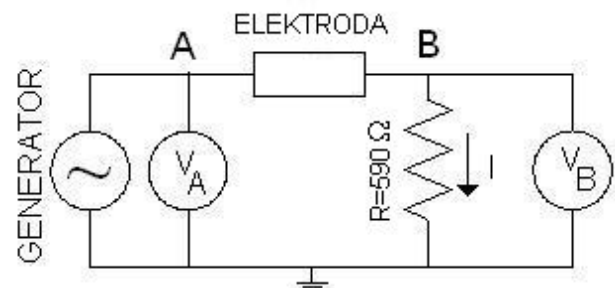
Matične elektrode se implantiraju su u širokoj primeni, ali je uočena i potreba za primenom matičnih površinskih

elektroda. Sve ovo je ukazalo da je potrebno dokumentovati električne i biofizičke osobine Actitrode® elektroda u cilju njihove integracije u svakodnevnu kliničku primenu.

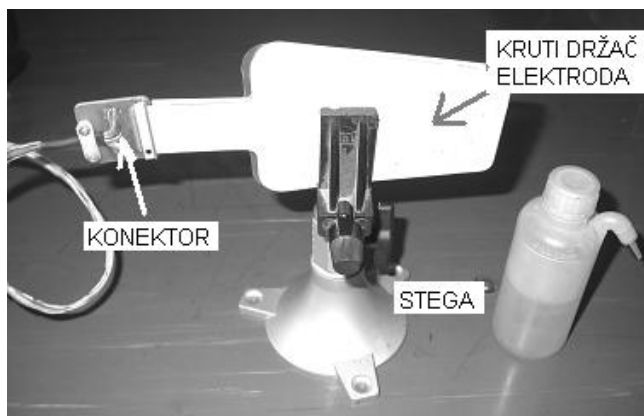
2. METOD ISPITIVANJA

Elektrode. U ovoj studiji smo ispitivali dve vrste elektroda: 1) Actitrode® elektrode sa elektrolitom (1% rastvorom KCl) i 2) Pals Platinum® (Sl. 1, levo) adhezivne elektrode. Actitrode® elektrode (Sl.1, desno) su izrađene sito štampom srebrne suspenzije, na fleksibilnom poliestarskom supstratu debljine 110 μm. Na srebrnu podlogu postavljene su dvostrano adhezivne folije, čiji oblik odgovara obliku provodnog polja, debljine 20 μm, provodne na bazi ugljenikovih vlakana. Završni sloj koji dolazi u kontakt sa kožom pacijenta je hidrofilna tkanina u obliku provodnog polja matrice. Debljina provodnog sloja je 1.2 mm. Prostor između polja je zaštićen tankim poliestarskim filmom. Izvodi su zaštićeni od oksidacije tankim slojem ugljenika. Površina svakog od 24 polja Actitrode® elektrode je 1.76 cm². Pals Platinum® elektrode čini provodni adhezivni gel polimer nanet na niti platine u osnovi od plastificirane tkanine. Debljina polimera je 2.0 mm. Ispitivane su tri veličine Pals Platinum® elektroda, dimenzija 7.7cm² (kružna), 20.9cm² (ovalna) i 75.0 cm² (pravougaona).

Metod merenja. Koristili smo novi virtuelni uređaj za merenje impedanse razvijen na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu [5]. Snimili smo zavisnost impedanse od frekvencije $|z| = f(\omega)$ koristeći I-V metodu. Pobudni signal (sl. 2) je bio prostoperiodični napon koji generiše virtuelni instrument (računar) a snimali smo napon na poznatom otporniku $R = 590 \Omega$. U kolo smo povezivali Pals Platinum® i Actitrode® elektrode. Pri merenju su korišćeni parovi istih elektroda. Par je formiran dovođenjem u intimni kontakt dve identične elektrode. Sa spoljnih strana elektroda smo koristili kruti karton u cilju obezbeđenja stabilne geometrije. Sila pritiska je regulisana stegom sa preciznim zavrtnjem (Sl. 3).



Sl.2: Ekvivalentna šema virtuelnog instrumenta za merenje impedanse

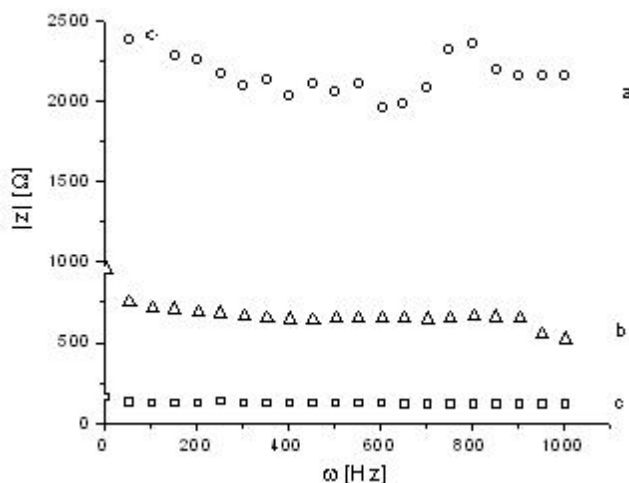


Sl. 3: Prikaz adaptera koji omogućava ponovljivost merenja impedanse

Snimali smo impedansu za tri veličine Pals Platinum® elektrode: 7.7cm² (kružna), 20.9cm² (ovalna) i 75.0 cm² (pravougaona). Merili smo impedanse cele Actitrode® elektrode (uključeno 24 polja), i impedanse kada su aktivirana 2, 4 i 6 polja. Provodne površine su bile 42.2 cm², 3.55 cm², 7.1 cm², i 10.55 cm² respektivno. Impedansa je merena u frekvencijskom domenu od 5 Hz do 1005 Hz, sa korakom od 50 Hz. Vrednosti impedanse $|Z|$ za pojedine frekvencije i veličine elektrode su dobijene kao srednja vrednost 50 sukcesivnih merenja u vremenskom intervalu od 100 s. Odabrali smo 50 merenja da bi standardna devijacija u toku merenja bila ispod 3%.

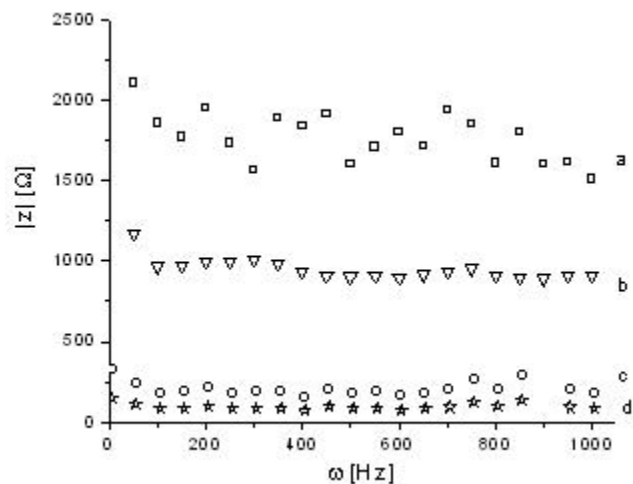
3. REZULTATI

Slika 4 prikazuje izmerene impedanse za tri veličine Pals Platinum® elektroda. Najveću impedansu ima u skladu sa očekivanjem najmanja elektroda. Odnos impedansi je kao što se i očekivalo odgovarao površini, tj. veličini elektroda. Izmerene vrednosti pokazuju da se impedansa vrlo malo menja sa povećanjem frekvencije, osim u slučaju najmanje elektrode kod koje postoji blagi trend smanjenja impedanse. Izmerene vrednosti potpuno odgovaraju specifikaciji proizvođača za sve tri elektrode.



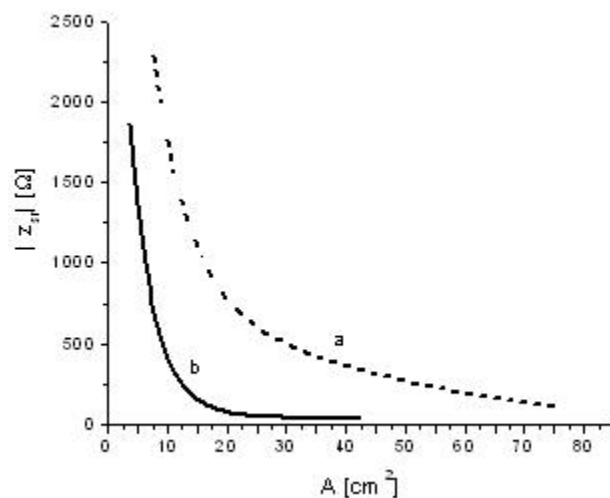
Sl. 4: Grafik zavisnosti impedanse od frekvencije, $|z| = f(\omega)$, za Pals Platinum® elektrode površina: a) 7.7 cm² (kružići), b) 20.9 cm² (trouglovi), i c) 75.0 cm² (kvadrati)

Slika 5 prikazuje izmerene impedanse za četiri različite površine Actitrode® elektrode. Najveću varijaciju smo izmerili pri merenju najmanje površine (2 aktivna polja). I u ovom slučaju, kao i kod Pals Platinum® elektrode smo zabeležili trend smanjenja impedanse sa povećanjem učestanosti. Interesantno je da je promena impedanse vrlo mala pri primeni 6 i 24 polja.



Sl. 5: Impedanse Actitrode® elektrode. Aktivne površine su: a) 3.5 cm² (kvadrati), b) 7.1 cm², (trouglovi), c) 10.5 cm² (kružići) i d) 42.2 cm² (zvedice).

Konačno, na slici 6 prikazujemo poređenje impedansi u odnosu na normalizovanu površinu. Krive su dobijene posle linearne interpolacije merenih impedansi metodom najmanjih kvadrata. Uočljivo je da je impedansa nove Actitrode® elektrode koju smo razvili u našem ranijem istraživanju mogućnosti selektivne stimulacije [1] manja od jedne od najboljih komercijalnih elektroda.



Sl. 6: Grafik zavisnosti srednje vrednosti impedanse u funkciji površine, $|z_{sr}| = f(A)$, za oblast od 0 – 1 kHz, za: a) Pals Platinum® elektrode (isprekidana linija) i b) Actitrode® elektrodu (puna linija).

4. DISKUSIJA

U ovom radu smo ispitivali impedansu Actitrode® elektroda primenom novog virtuelnog uređaja. Izmerene vrednosti pokazuju da je impedansa novih elektroda manja od impedansi jedne od najboljih komercijalnih elektroda. Pri merenju na različitim učestanostima je zapažena vrlo mala promena, što ukazuje da je kapacitivnost elektrode vrlo mala. Ovo je od posebnog značaja za obe potencijalne primene: snimanje električne aktivnosti mišića primenom matrice elektrode, i za selektivno električnu stimulaciju. Vrednost impedanse od približno 1 k Ω je potpuno zadovoljavajuća za primene u elektromiografiji. To znači da je moguće sekvencijalno uključivati pojedina polja na Actitrode® elektrodi i na taj način odrediti distribuciju elektromiografskog signala. Ovakvo merenje daje mogućnost bolje analize doprinosa raznih mišićnih grupa koje se nalaze ispod elektrode, određivanje pravaca mišićnih vlakana, i potencijalno brzine provođenja akcionih potencijala u pojedinim vlaknima. Vrednost impedanse od približno 1 k Ω je takođe vrlo pogodna za primenu električnu stimulaciju iz minimalnu disipaciju. Činjenica da je dominantna termogena komponenta impedanse je bitna jer ukazuje da je moguća i primena naponski kontrolisane električne stimulacije bez rizika da količina elektriciteta ne bude «isporučena» senzorno-motornim strukturama.

Na kraju, treba istaći da je ovim merenjem pokazana i primenljivost novog virtuelnog instrumenta u sklopu sa ranije razvijenim ElektroMioNeuroGrafskim (EMNG) virtuelnim instrumentom [6]. Dodatna funkcija omogućava direktno da se pre početka merenja proceni kvalitet elektroda koje se primenjuju, i da se ako je to potrebno odgovarajućim tretmanom kože ili elektroda ostvari kontakt koji garantuje kvalitetan zapis.

REFERENCE

- [1] A. Popović-Bijelić, G. Bijelić, N. Jorgovanović, D. Bojanić, D.B. Popović, M.B. Popović, “Multi-Field Surface Electrode For Selective Electrical Stimulation”, *Artif Organs*, Jun 2005.
- [2] D. Staudenmann, I. Kingma, D.F. Stegeman, J.H. Van Dieen “Towards optimal multi-channel EMG electrode configurations in muscle force estimation: a high density EMG study”, *J Electromyogr Kinesiol*, vol. 15, pp. 1-11, Feb 2005.
- [3] M. Pozzo, A. Bottin, R. Ferrabone, R. Merletti, “Sixty-four channel wearable acquisition system for long-term surface electromyogram recording with electrode arrays”, *Med Biol Eng Comput*, vol. 42, pp. 455-66, Jul 2004.
- [4] R. Merletti, P. Parker, *Electromyography: Physiology, Engineering and Non-Invasive Applications*, John Wiley, 2005.
- [5] D. Miljković, M. Piperski, “Virtuelni instrument za mernje impedansed elektroda”, Zbornik XLIX Konf. ETRAN, Budva, 2005.
- [6] M. Piperski, D.B. Popović, “Virtual instrument for measuring evoked potentials in peripheral nerves: electroneurography and EMG reflexology”, Zbornik IX Konf. Informacionih tehnologija 2004, Žabljak, Mart 2004.

Zahvalnica: Rad na ovom projektu je delimično finansiralo Ministarstvo za nauku u zaštitu životne sredine Srbije, Beograd.

Abstract – The use of matrix type surface electrodes for recording of the neural and muscular activities (EMNG), as well as selective electrical stimulation has been suggested lately. The impedance is one of the most important characteristics of the electrodes. We present here comparative measurements of two types of electrodes: 1) Pals Platinum®, and 2) new matrix electrode Actitrode®. We applied the new virtual instrument for measuring of the impedance. This virtual instrument uses I-V method for measuring of the impedance. We measured the impedances from 5 Hz to 1 kHz, having in mind the power spectrum of signals of interest, and characteristics of the stimulation systems. The impedance of one of the best commercial electrodes (Pals Platinum®) at all frequencies was substantially higher compared with the equivalent area new Actitrode® electrode. The Actitrode® impedance decreased from only few percent, suggesting that the dominant component of the impedance was the Joule resistance. This research indicates that the Actitrode® matrix electrode is a convenient interface for recording of muscle and neural activity and for the electrical stimulation.

THE IMPEDANCE OF THE ACTITRODE® MATRIX ELECTRODE

Goran Bijelić, Milica Piperski, Dragana Miljković