

Nanotehnološki gradniki naslednje generacije bionskih rok: izzivi komunikacije možgani-stroj



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

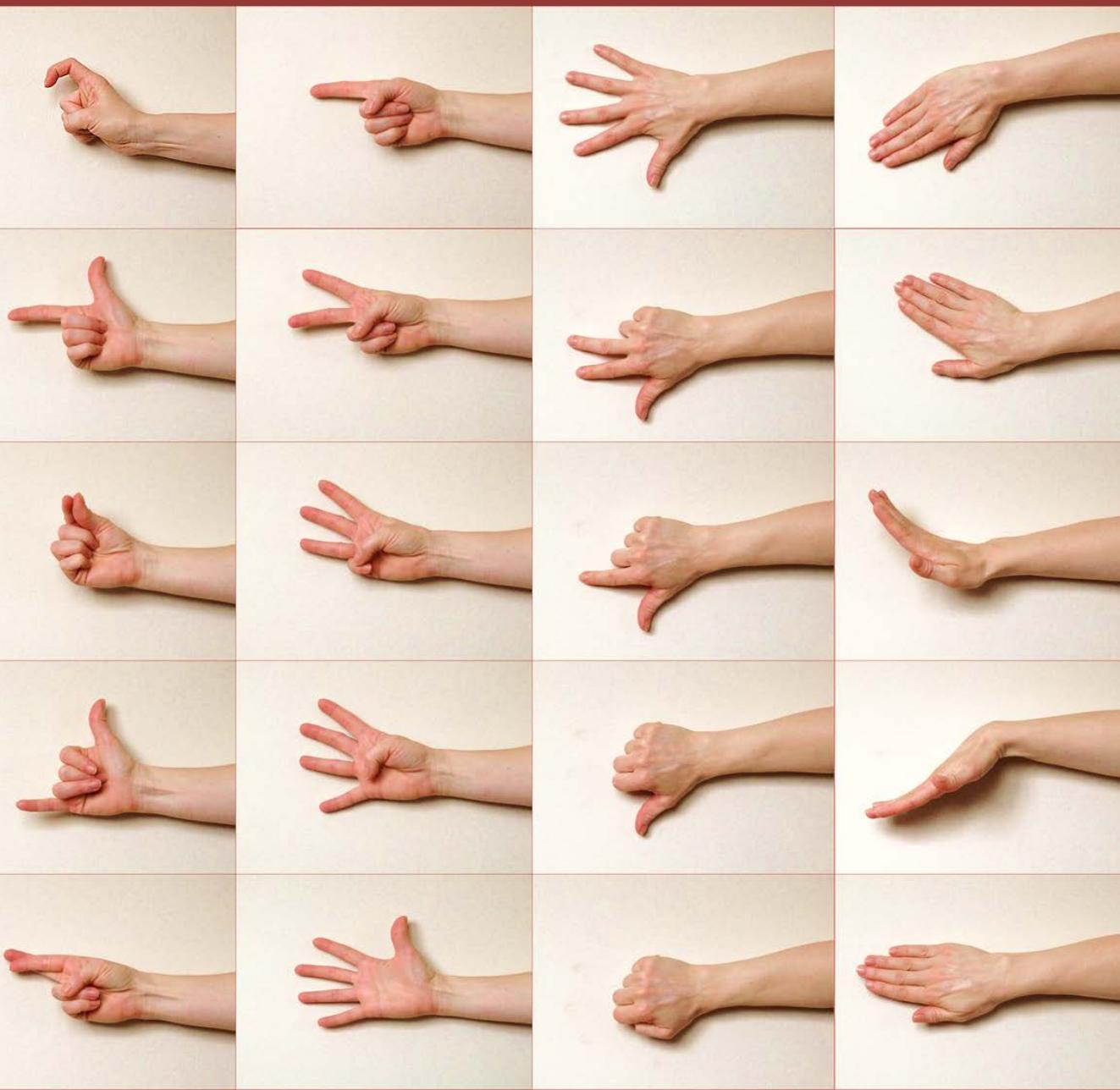
Aleš Holobar

**Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in
informatiko, Univerza v Mariboru**

ales.holobar@um.si

12. Nanotehnološki dan
Gospodarsko razstavišče, Ljubljana, 6. maj 2016

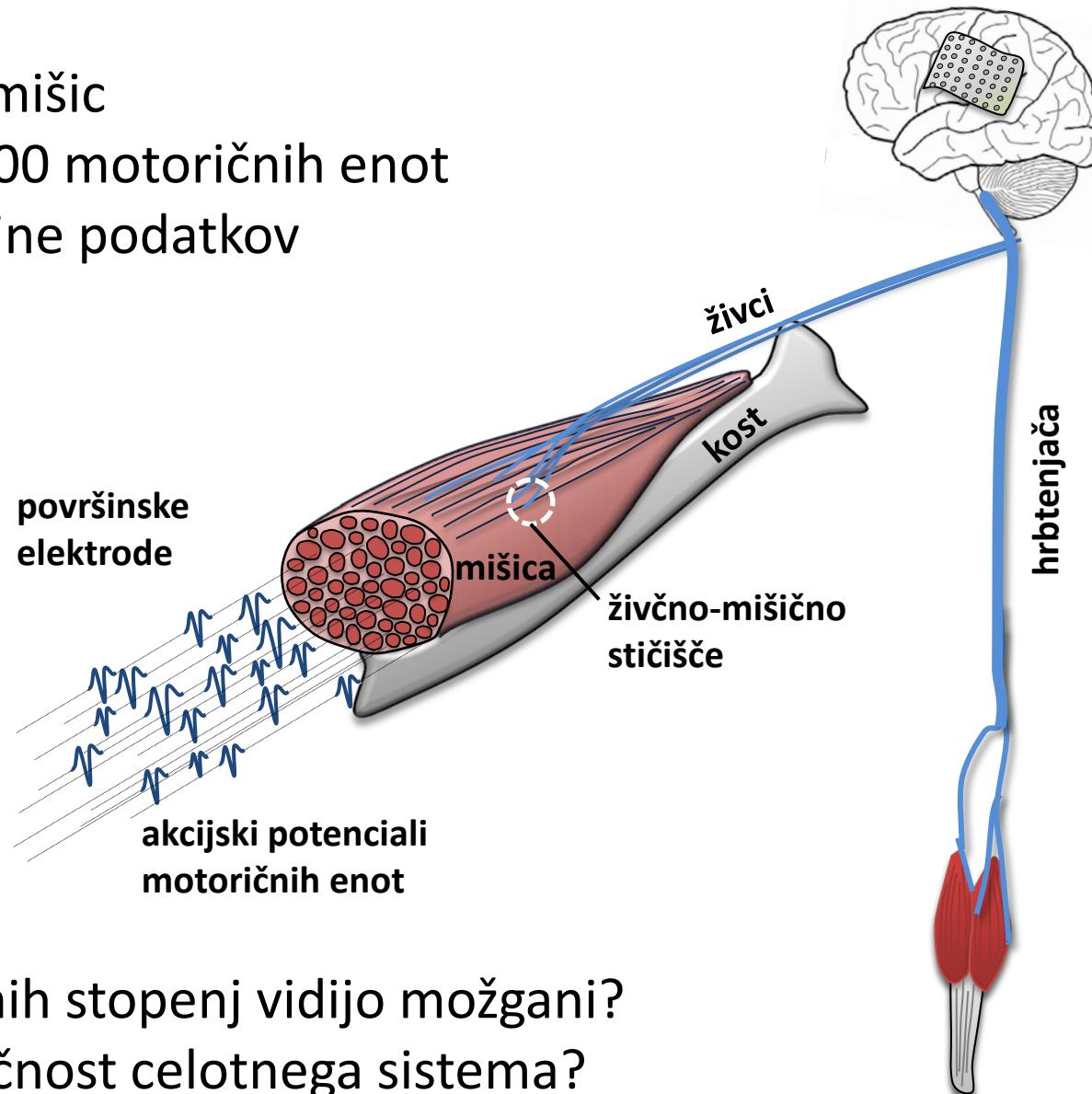
Prostostne stopnje



ottobock.

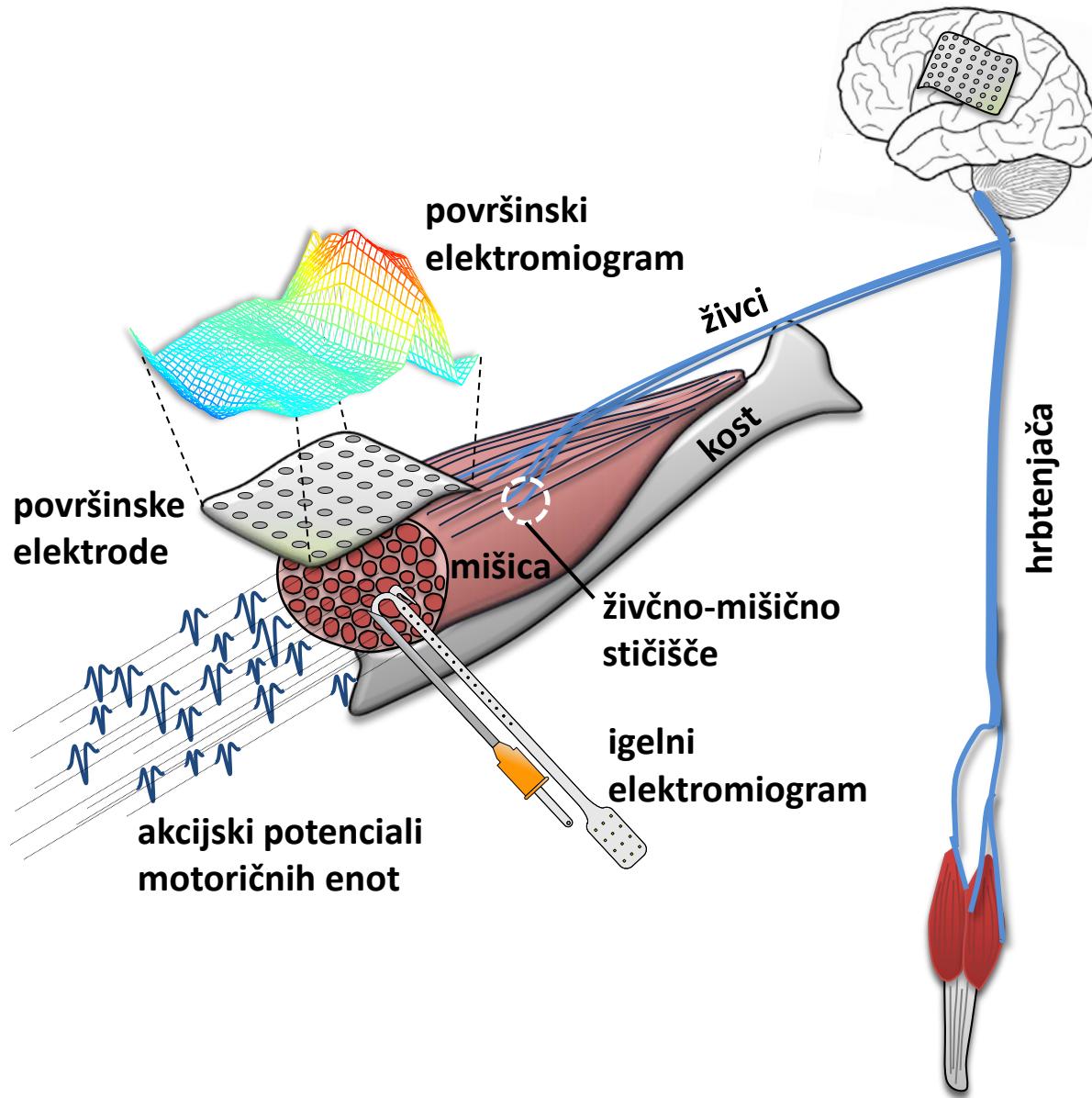
Centralni in periferni živčni sistem

- ~640 skeletnih mišic
- vsaka mišica ~100 motoričnih enot
- zelo velike količine podatkov

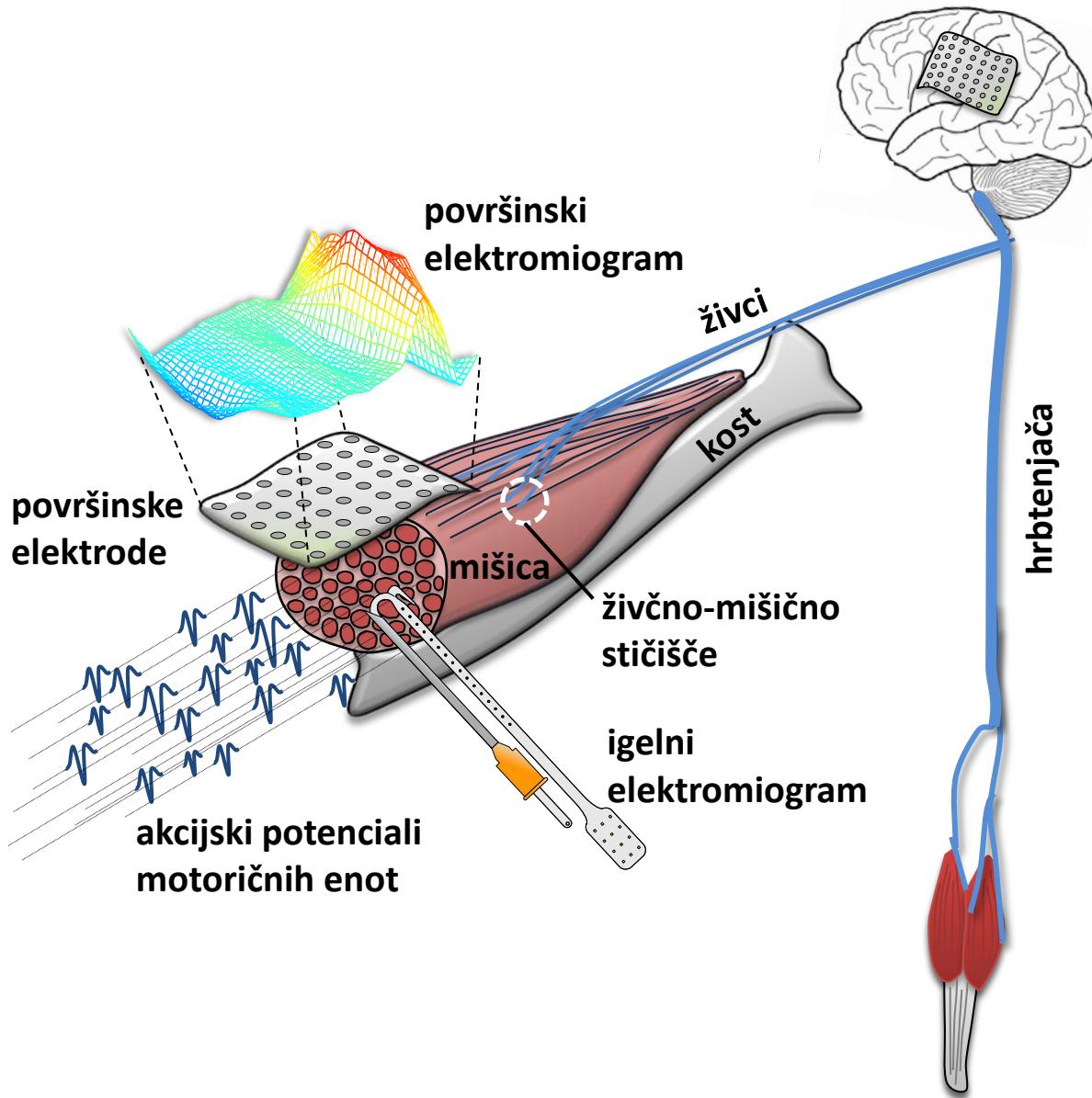


- Koliko prostostnih stopenj vidijo možgani?
- Kakšna je plastičnost celotnega sistema?

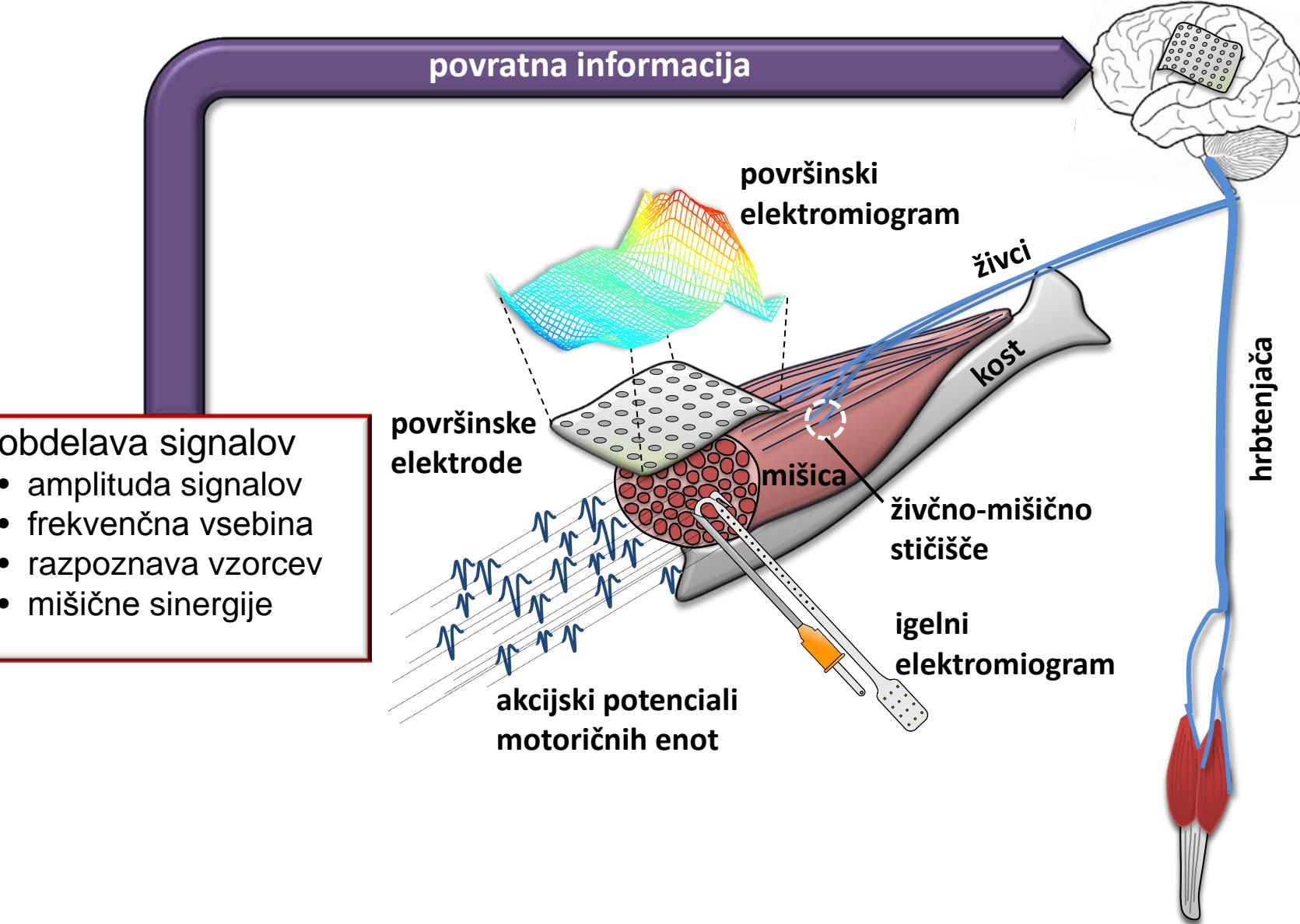
Centralni in periferni živčni sistem



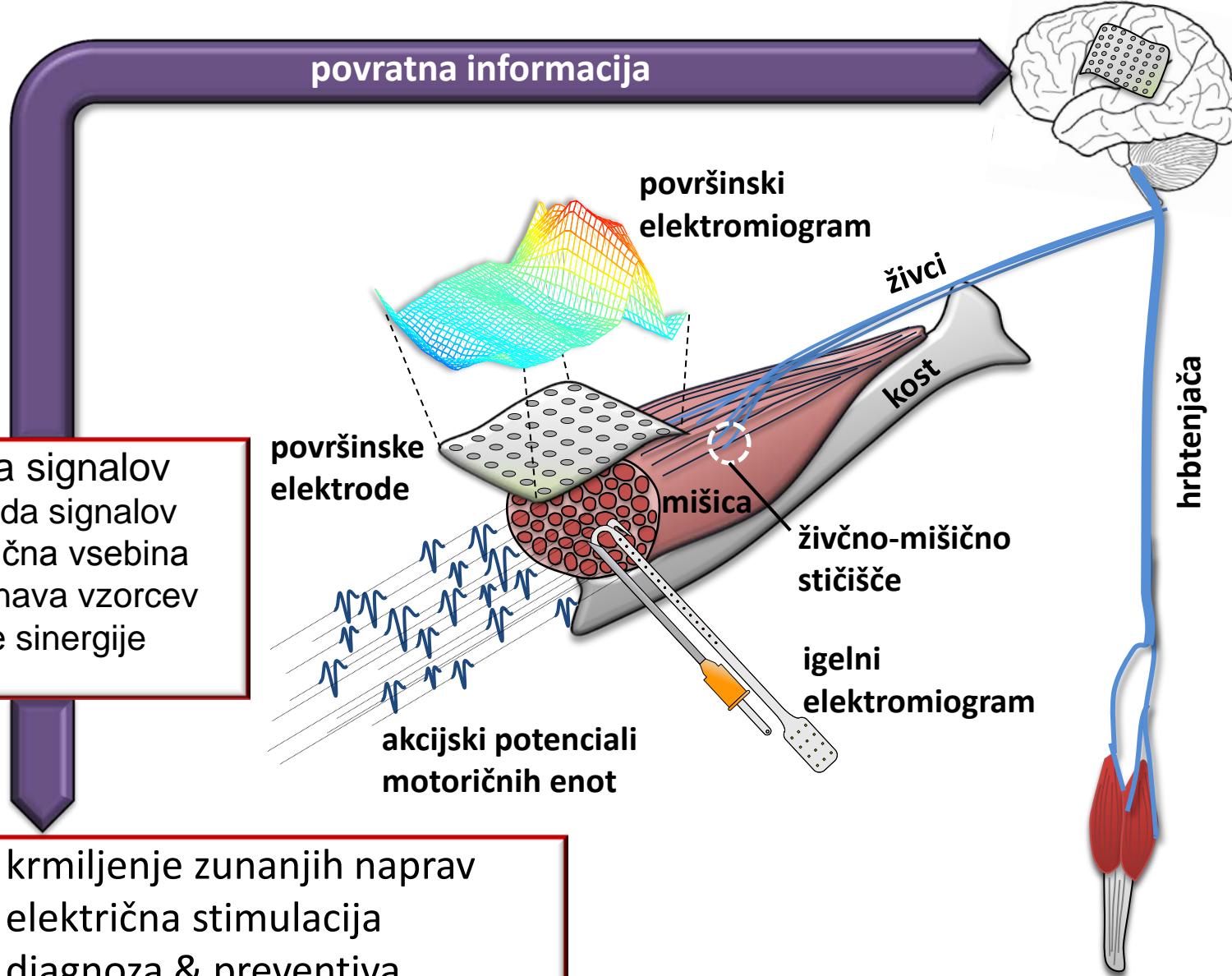
Centralni in periferni živčni sistem



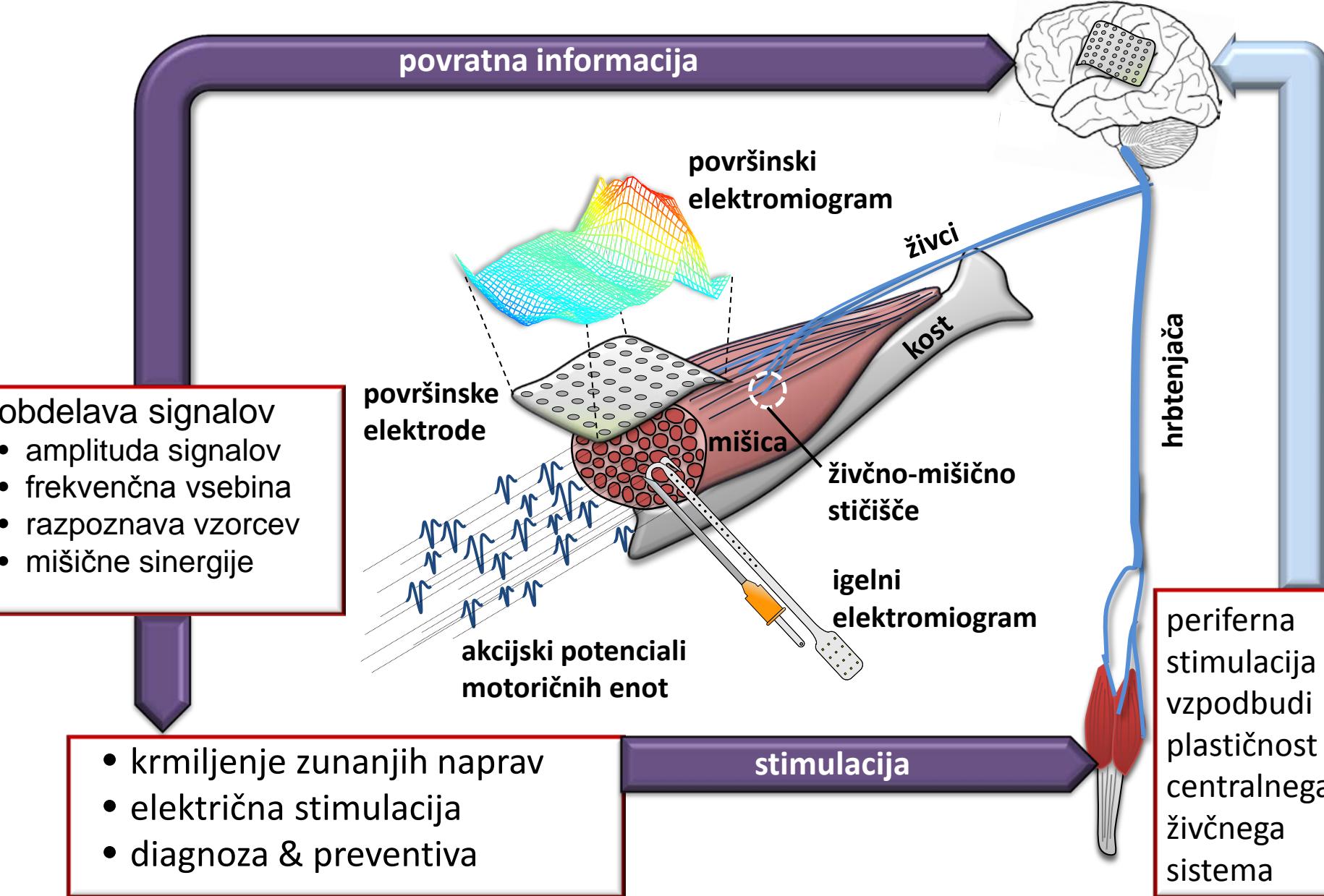
Centralni in periferni živčni sistem



Centralni in periferni živčni sistem



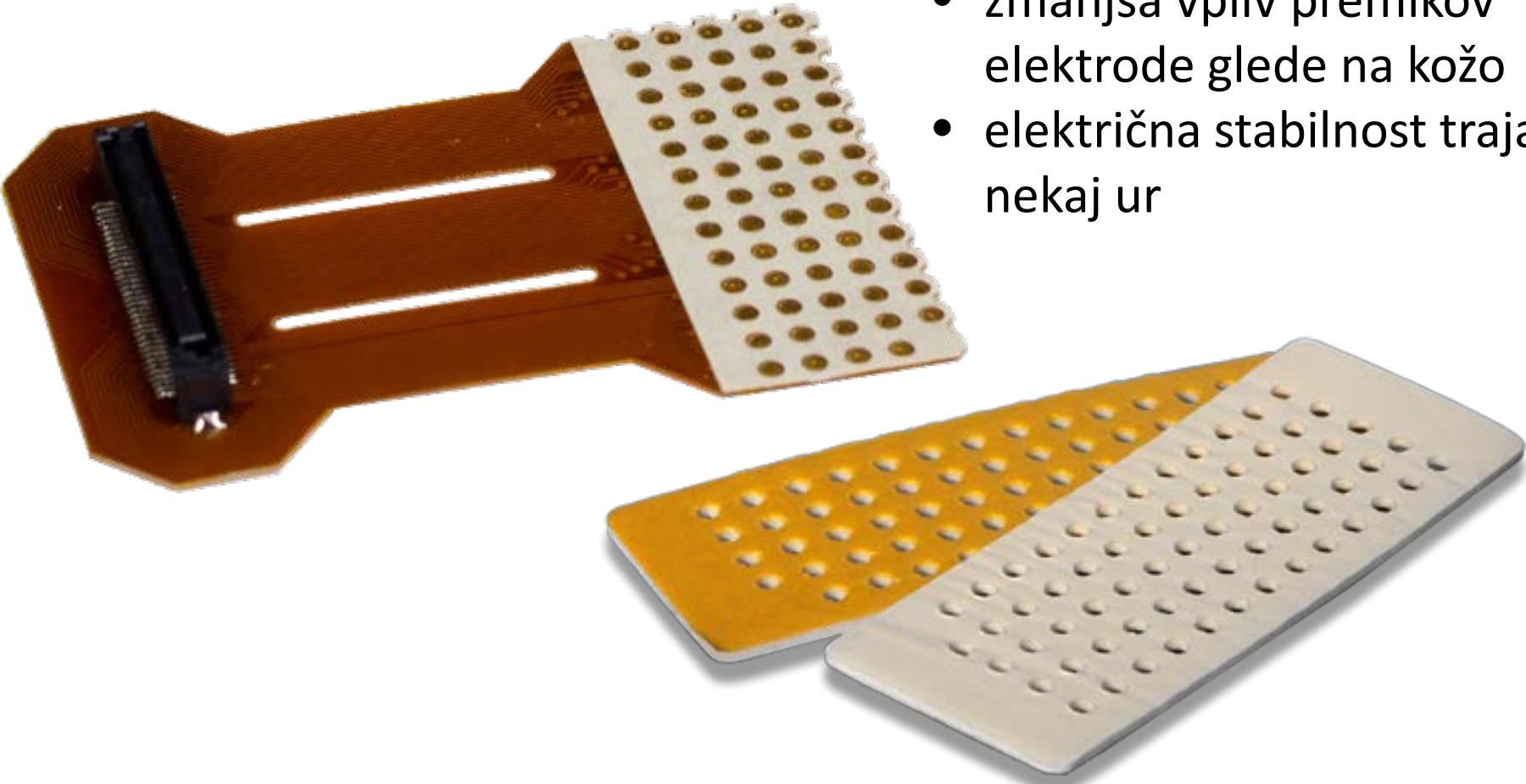
Centralni in periferni živčni sistem



Površinske elektrode

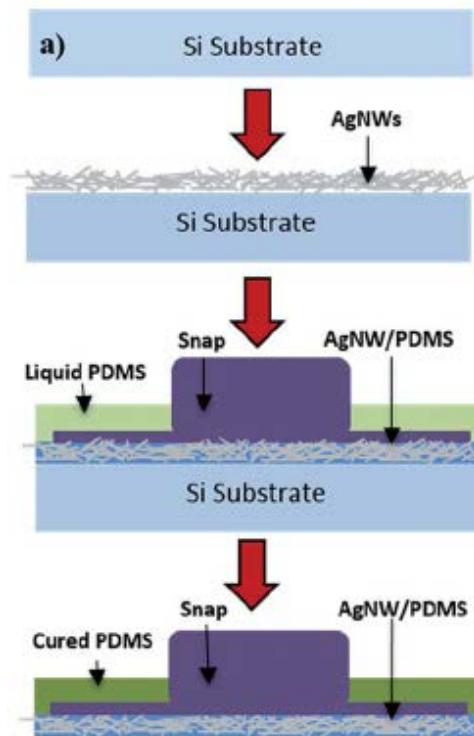
prevodni gel

- izboljša stik med elektrodo in kožo
- zmanjša vpliv premikov elektrode glede na kožo
- električna stabilnost traja nekaj ur

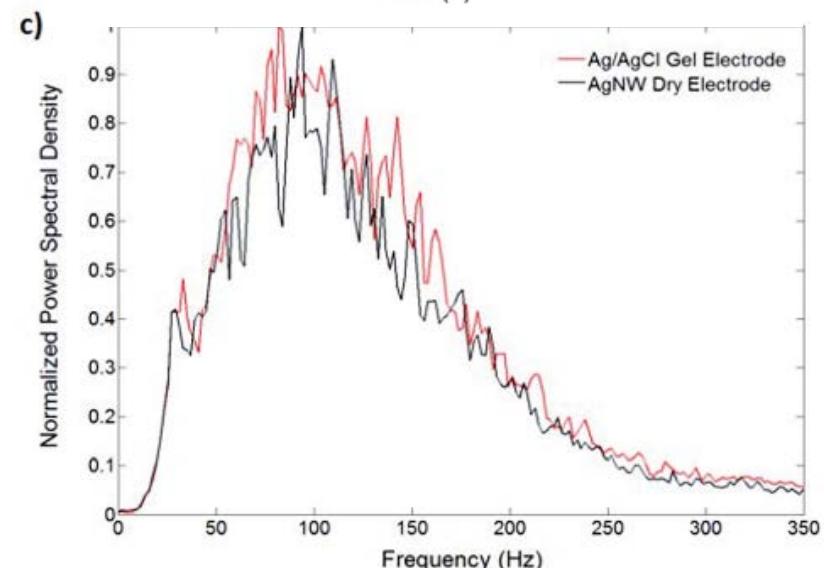
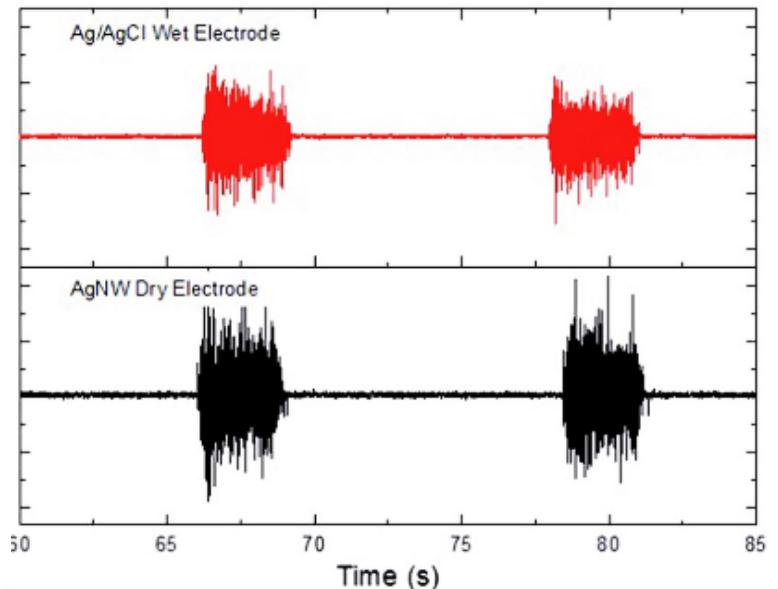


Suhe površinske elektrode: nanožice

- plast srebrovih nanožic v elastičnem polimeru
- 50 % raztezek brez vpliva na prevodnost
- odličen kontakt tudi med gibanjem
- elektrode ne potrebujejo vlažilnega gela,
- električne lastnosti so dolgoročno stabilne



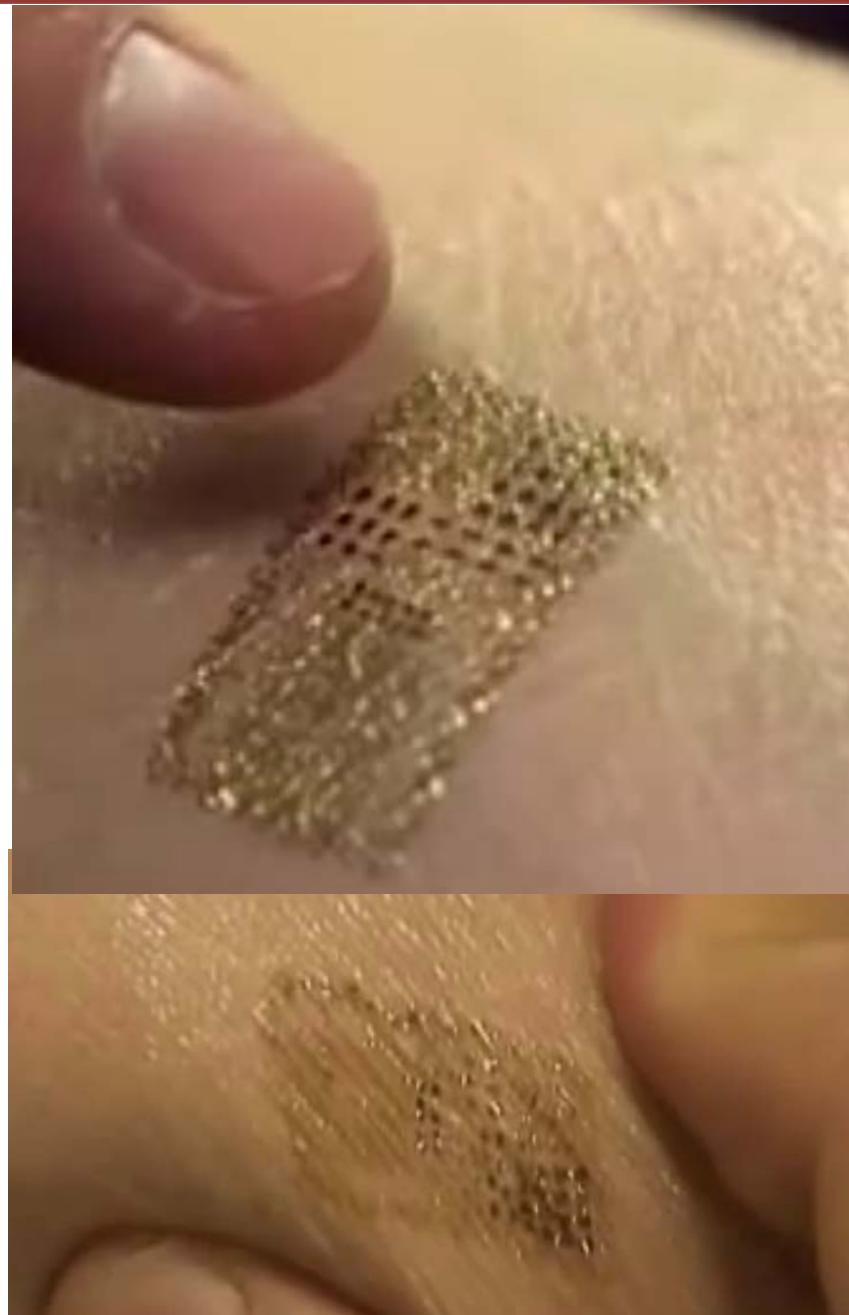
slike: Yong Zhu



A. C. Myers, H. Huang, Y. Zhu: **Wearable Silver Nanowire Dry Electrodes for Electrophysiological Sensing**, RSC Advances 5(15), 2015

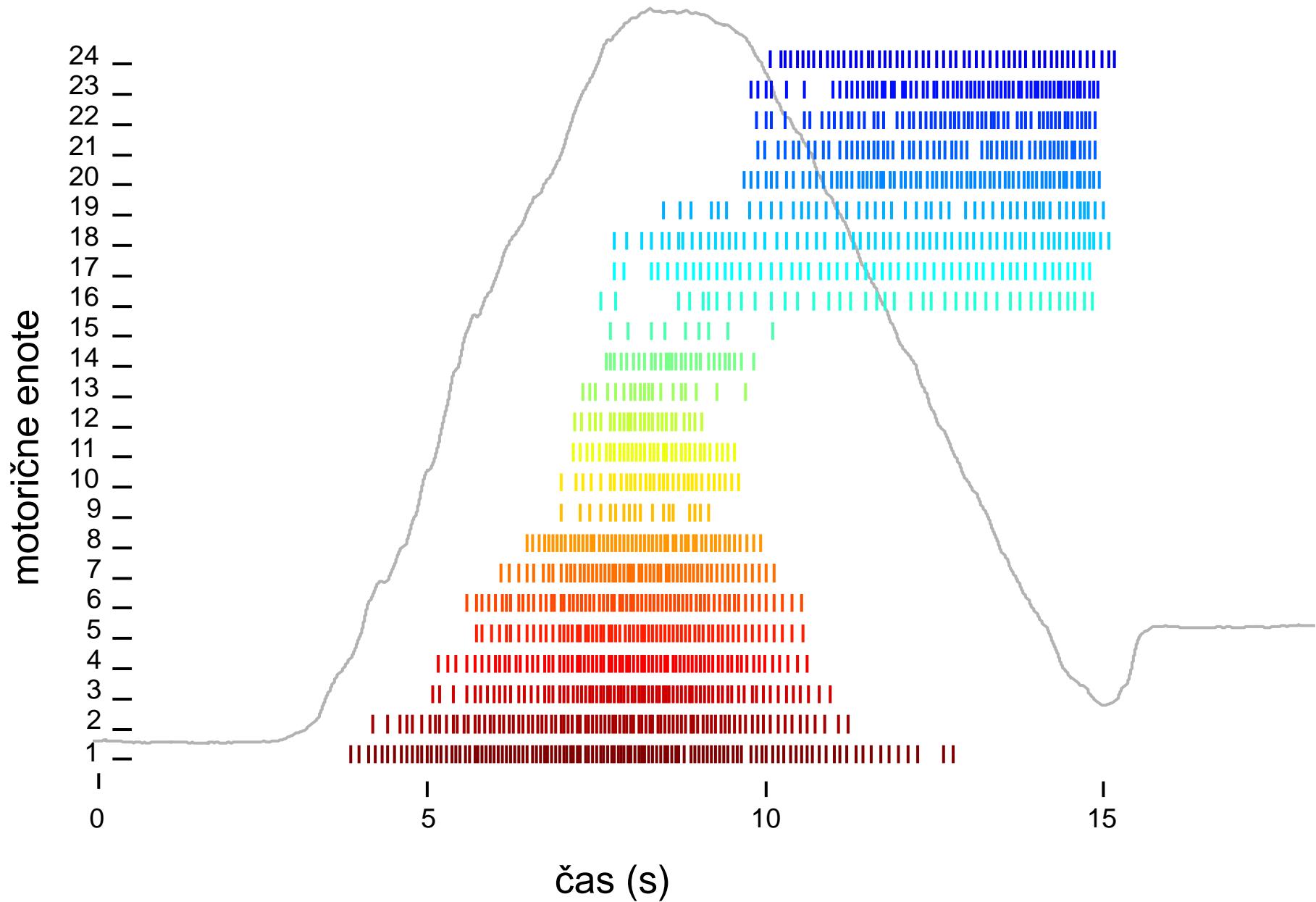
Epidermalna elektronika

- zelo tanka plast silicija nanesena na elastomer ($5 \mu\text{m}$),
- zelo lahka (1 mg/cm^2)
- raztegljiva, prepušča vodo in zrak
- vezje in senzorji iz običajnih materialov (silicij in galijev arzenid)
- elementi vezja povezani z nanotraki in mikro/nano membranami:
 - elektrokardiogram (EKG)
 - elektromiogram (EMG)
 - elektroencefalogram (EEG)
 - temperatura

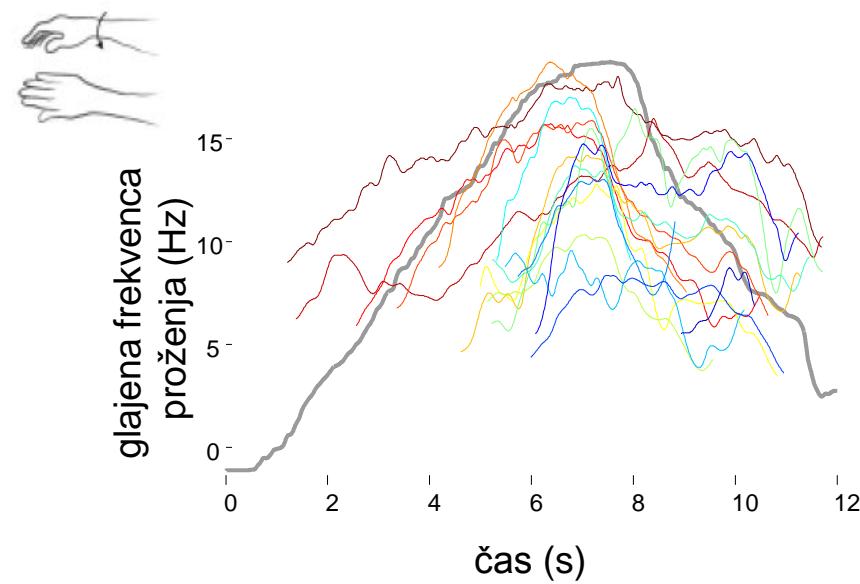
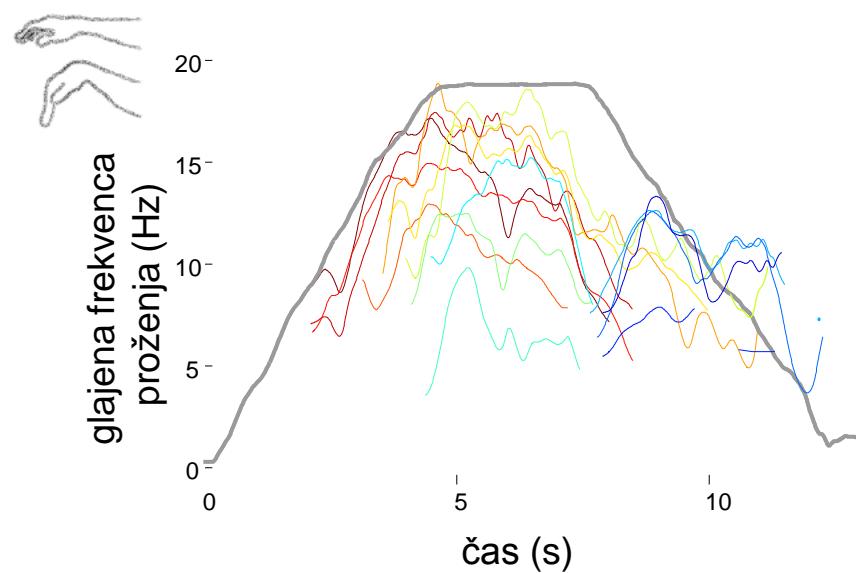
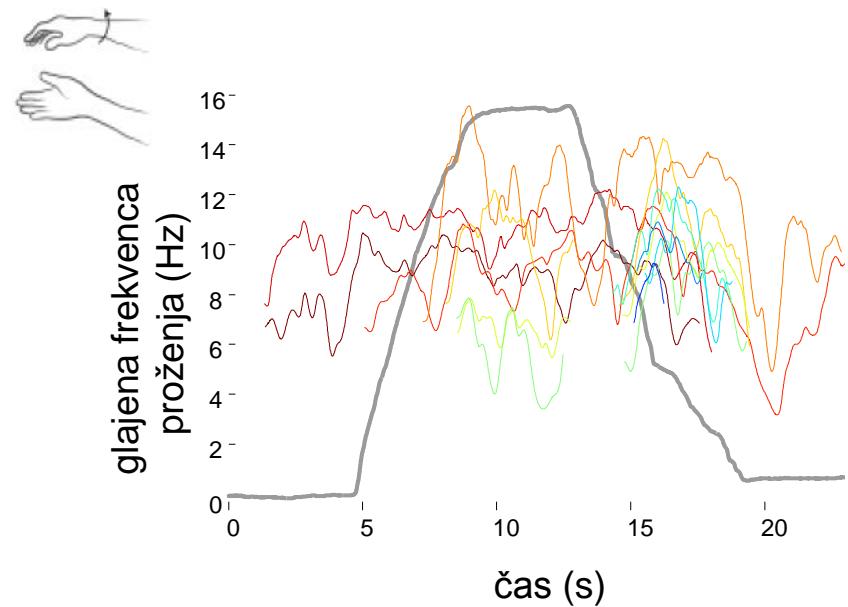
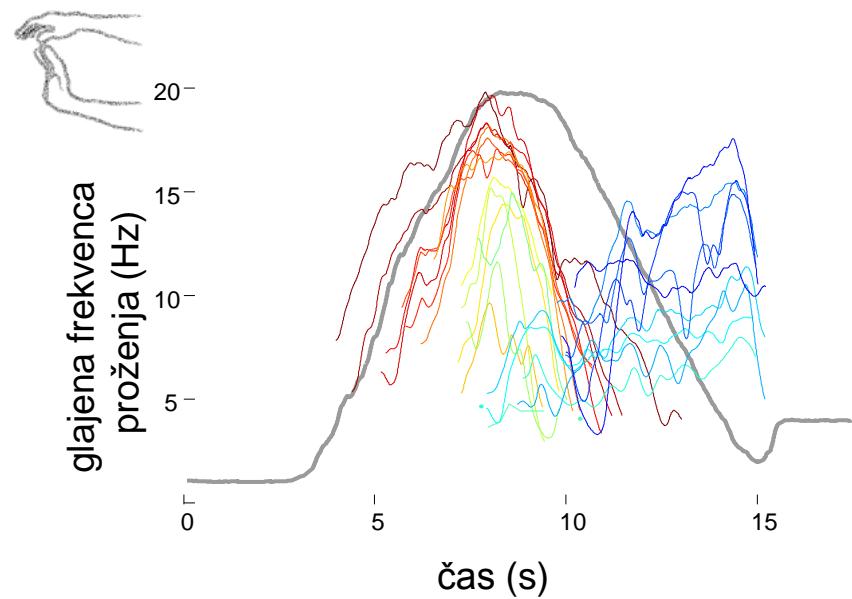


vir: <http://rogers.matse.illinois.edu/>
D.H. Kim et al. Science 12, 2011:
333 (6044) str. 838-843

Živčni kodi premikov zapestja

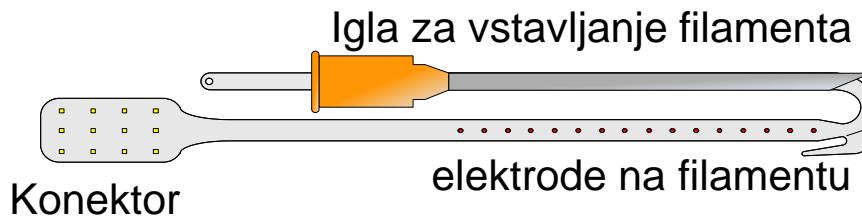


Živčni kodi premikov zapestja

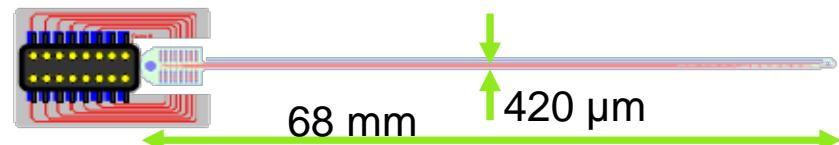


Invazivni vmesniki mišice-stroj

Filament



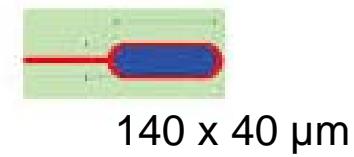
Celoten sistem



Vrh filimenta



Elektroda

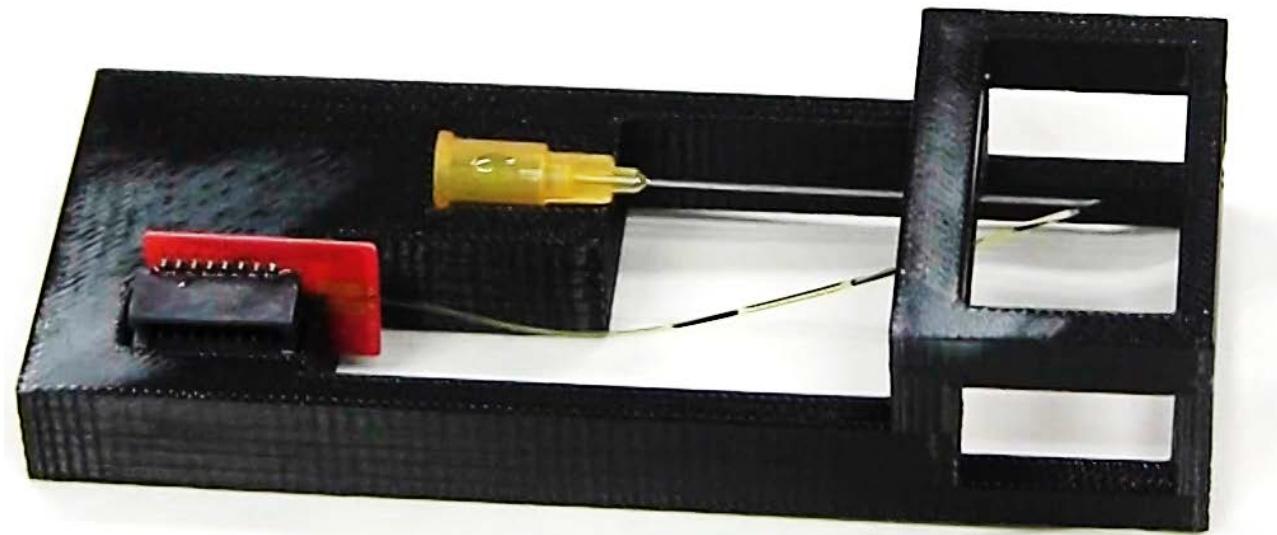
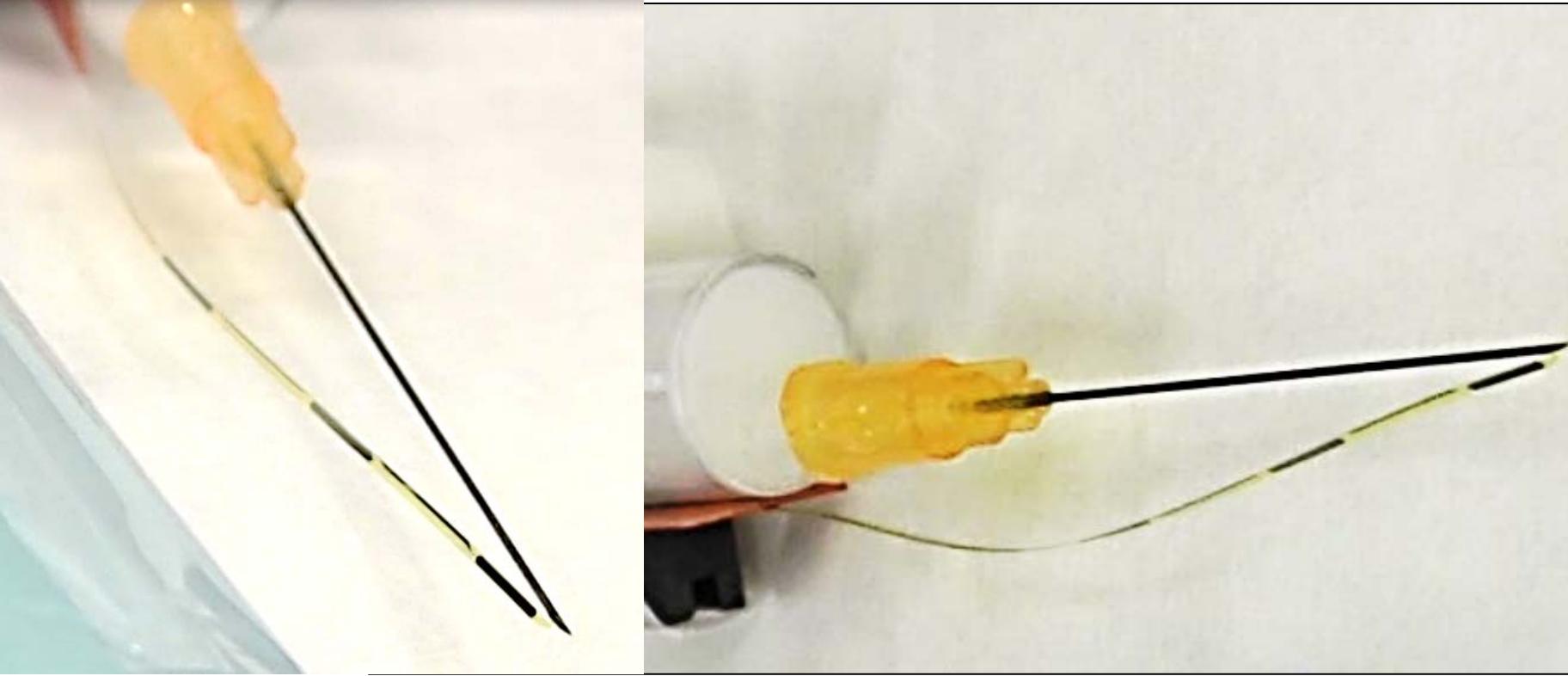


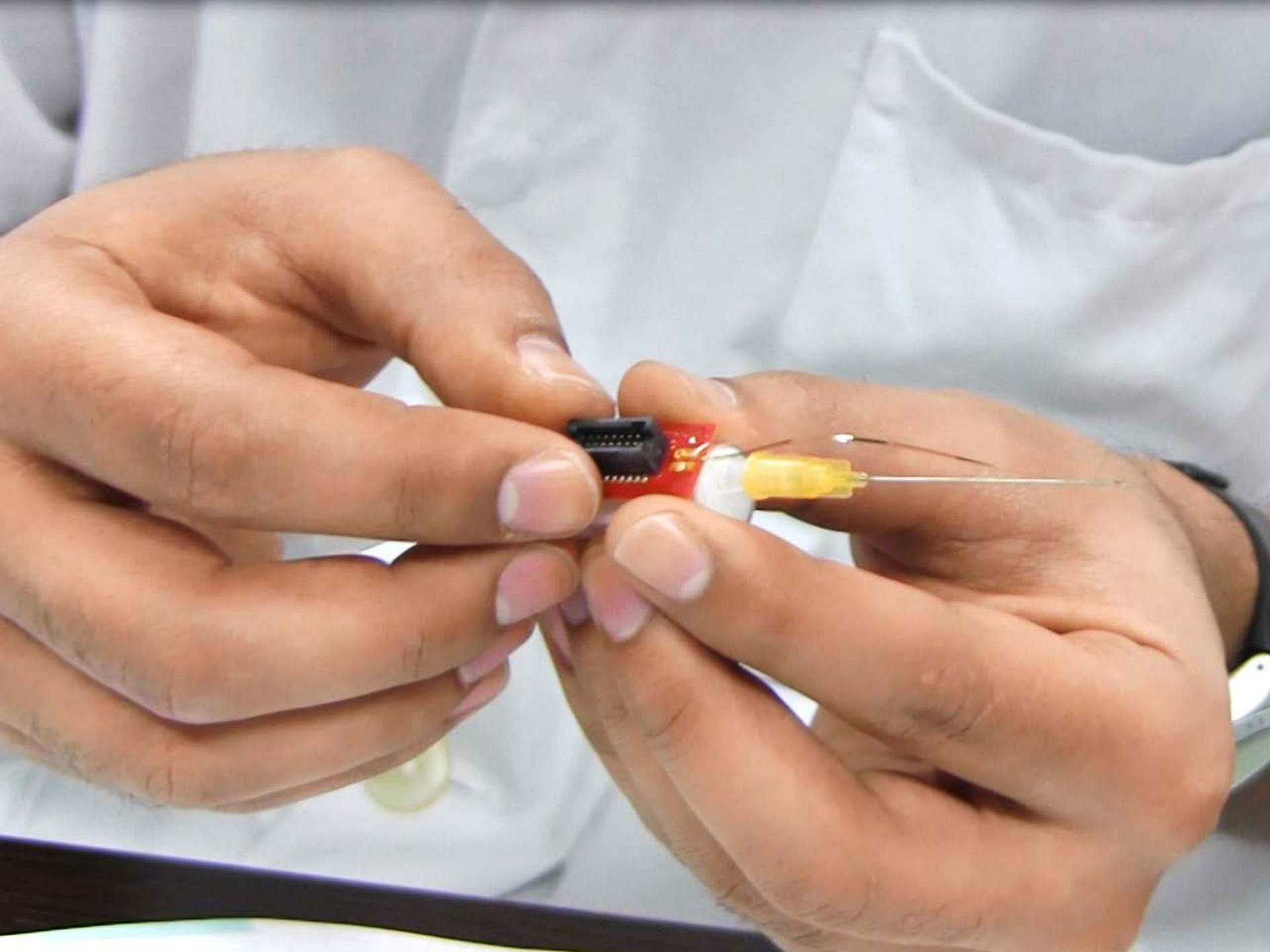
- 16 elektrod, medelektrodna razdalja 1000 µm, skupna dolžina 15 mm
- 20 µm debel poliamidni substrat
- zlate povezave med elektrodami
- platinaste elektrode: ovalne oblike z dolžino 140 µm in širino 40 µm (površina ~5256 µm²)



Fraunhofer
IBMT

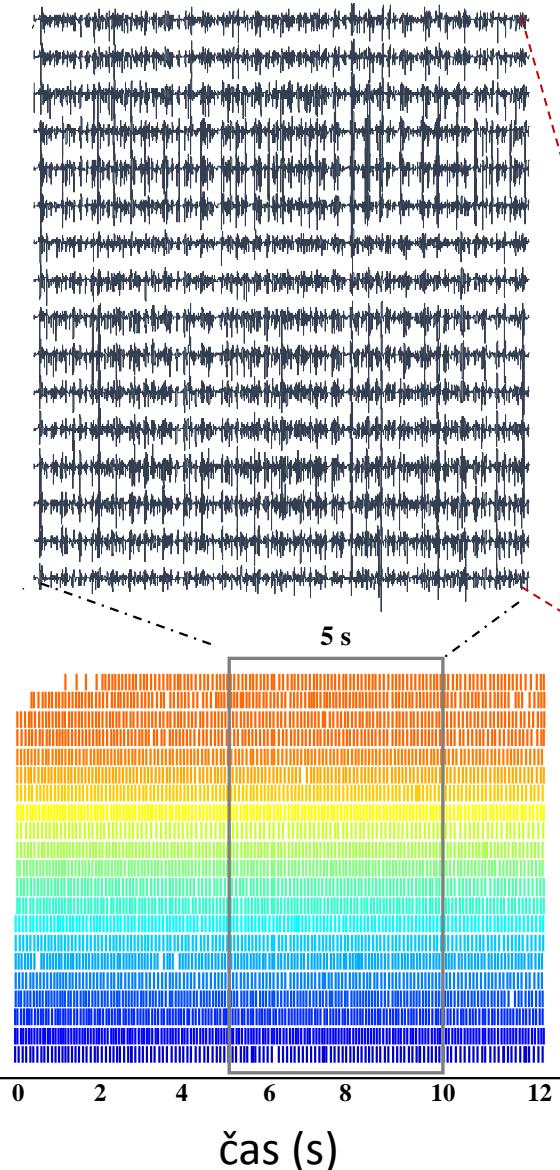




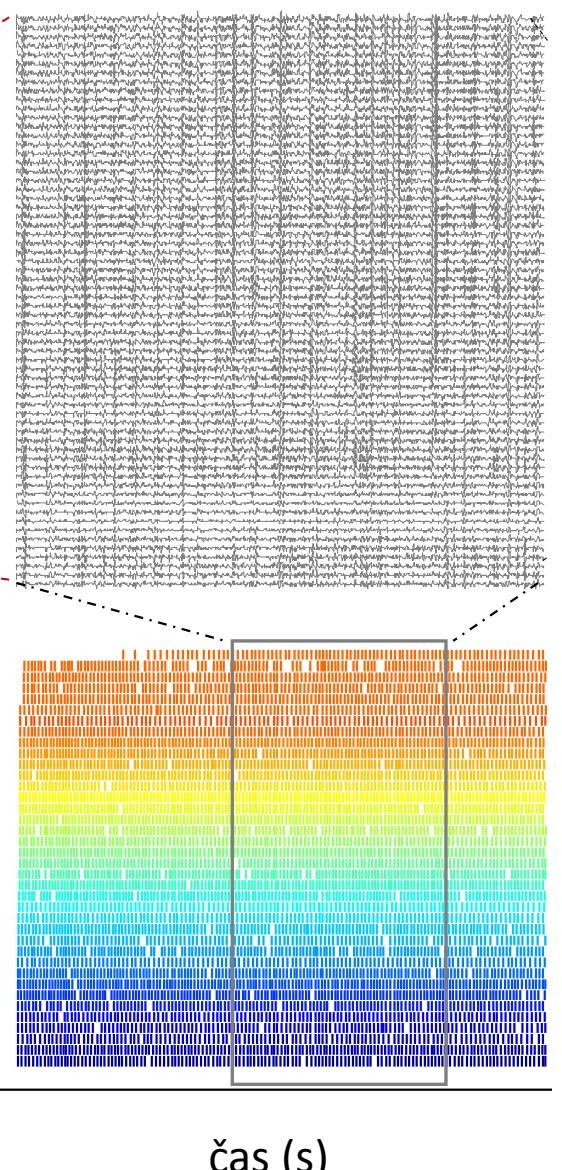
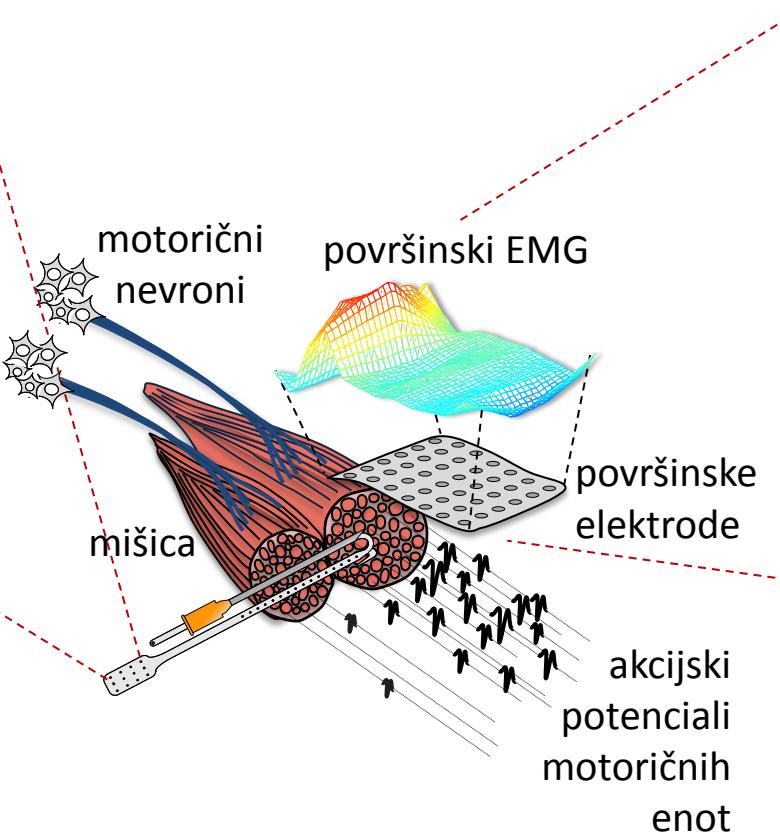




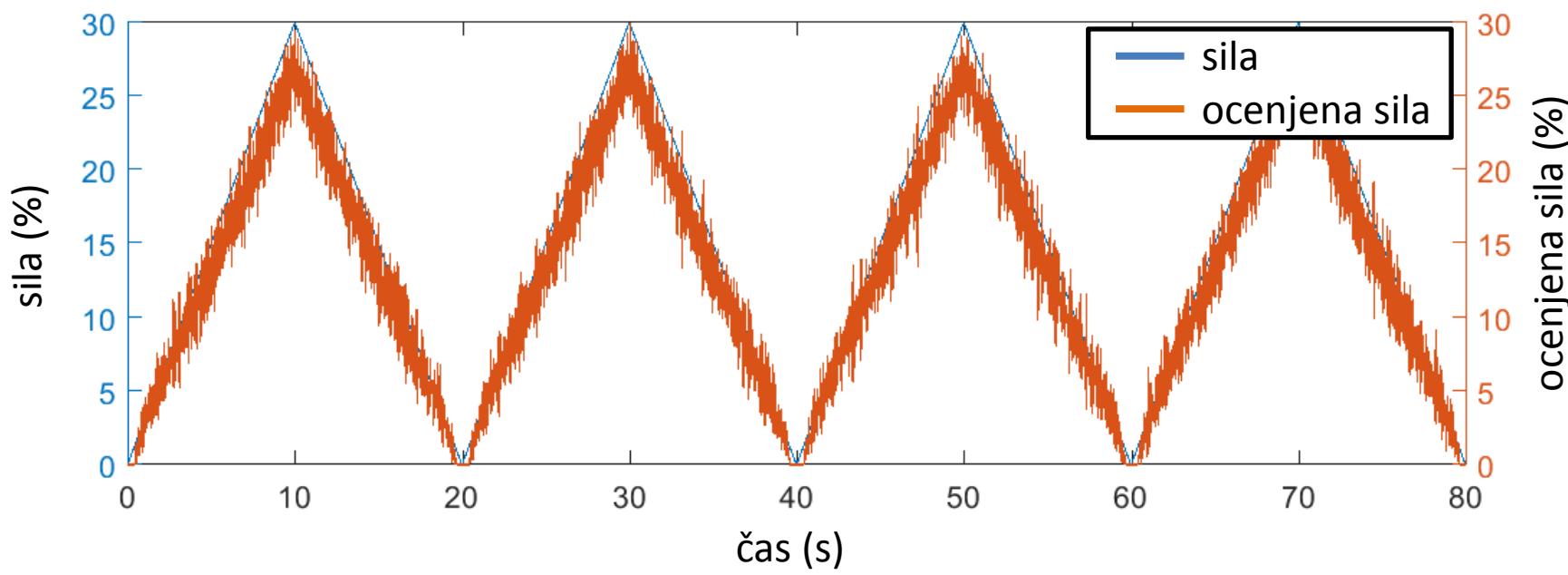
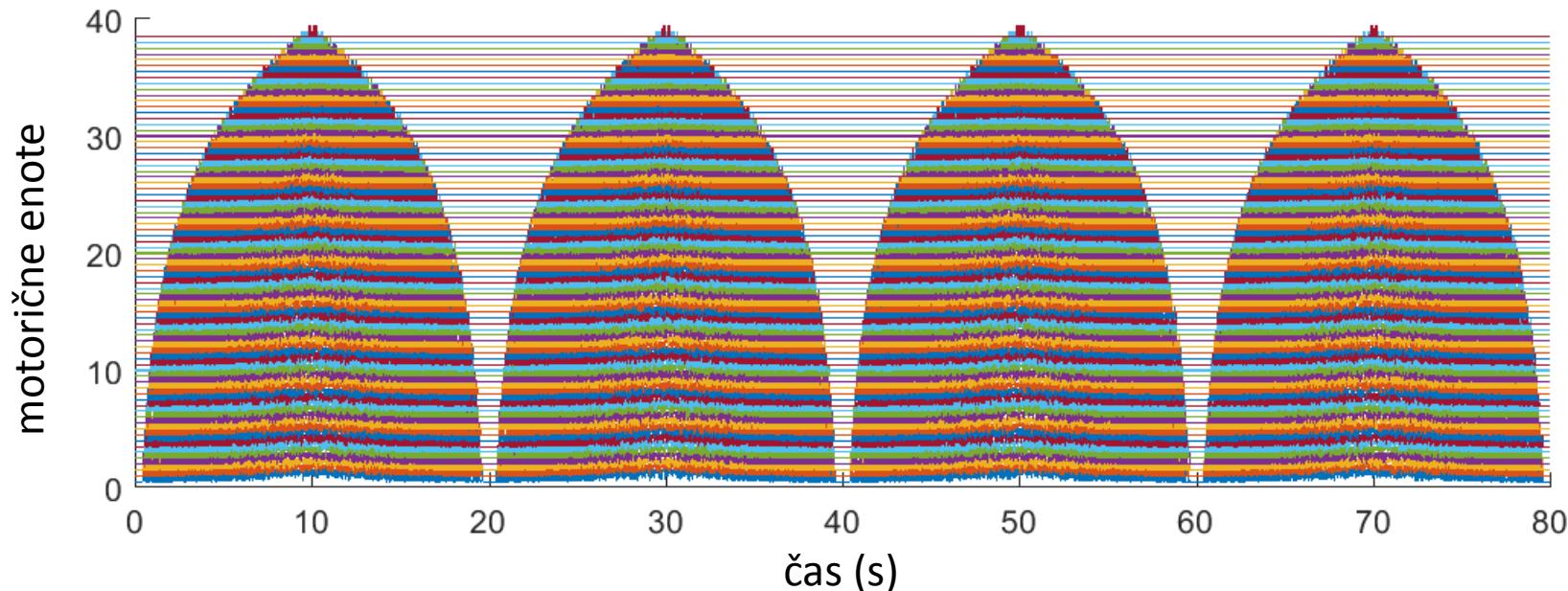
Igelni EMG



Površinski EMG



Ocenjevanje sile mišične skrčitve



O. C Aszmann, A. D Roche, S. Salminger, T.
Paternostro-Sluga, M. Herceg, A. Sturma, C. Hofer,
D. Farina, Lancet. 2015



28 letni moški, v nesreči prizadeta leva roka



CD -Laboratory for Bionic Reconstruction

Ciljana mišična reinervacija

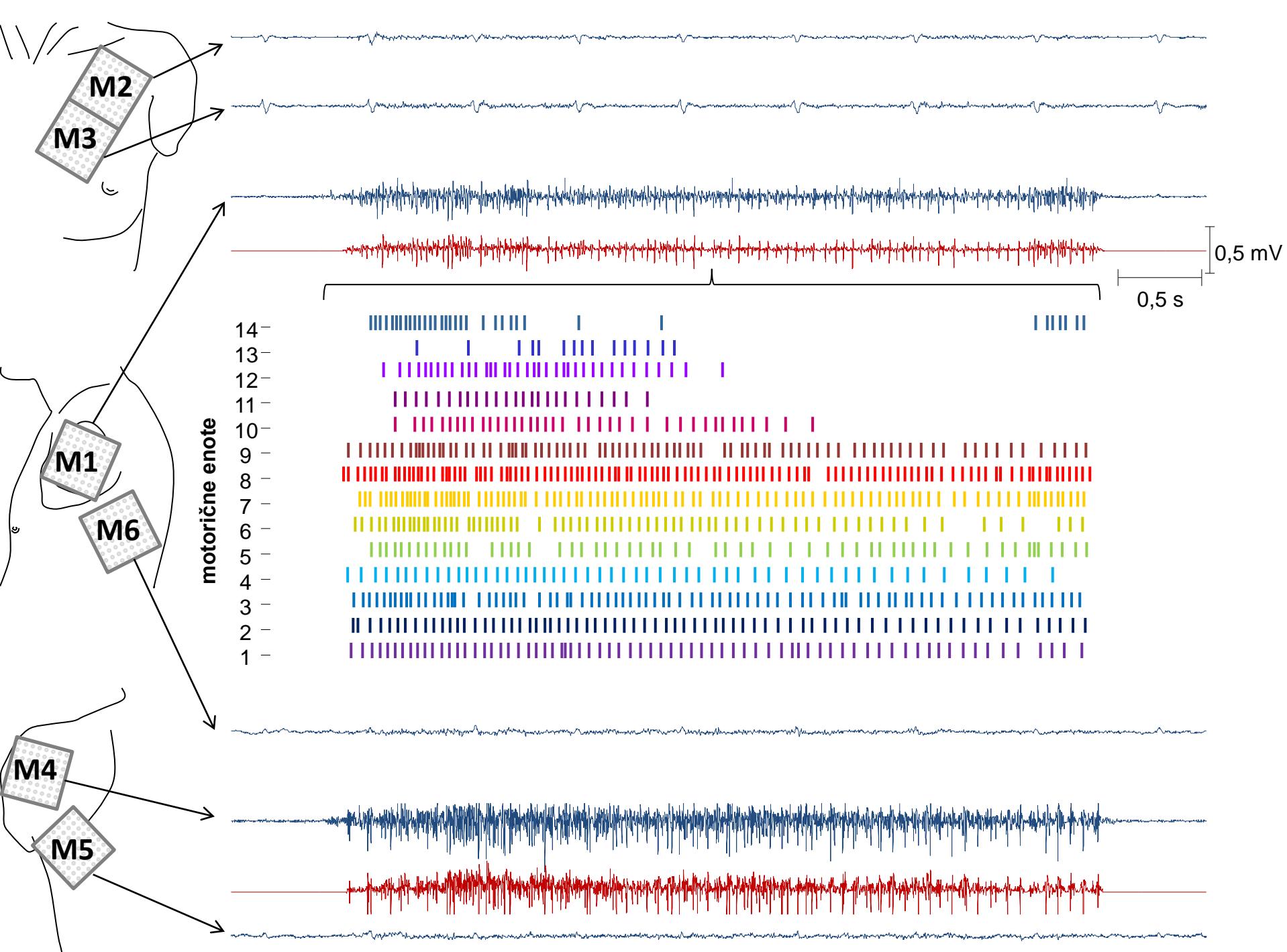


O. C Aszmann, A. D Roche, S. Salminger, T.
Paternostro-Sluga, M. Herceg, A. Sturma,
C. Hofer, D. Farina



CD -Laboratory for Bionic Reconstruction





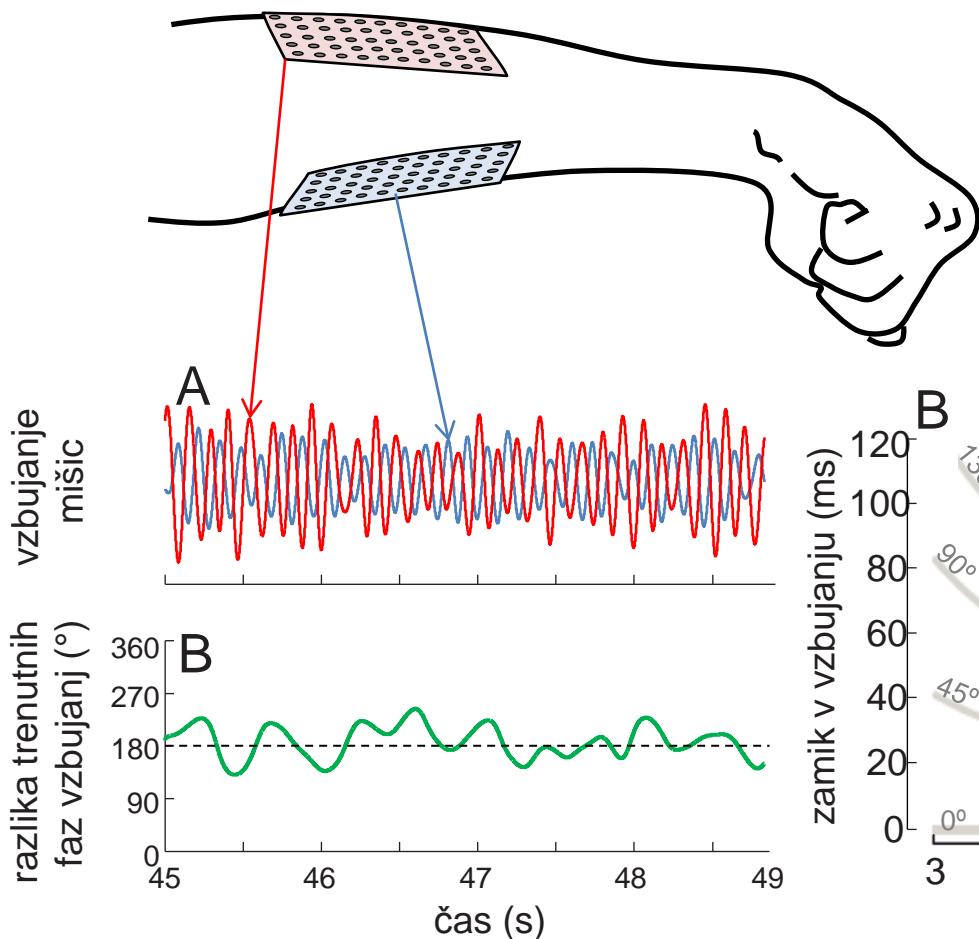
Ciljana mišična reinervacija



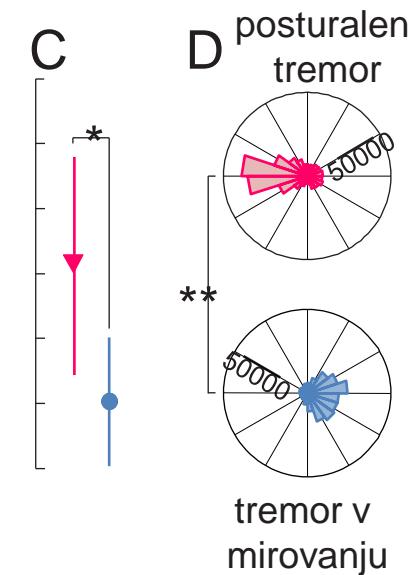
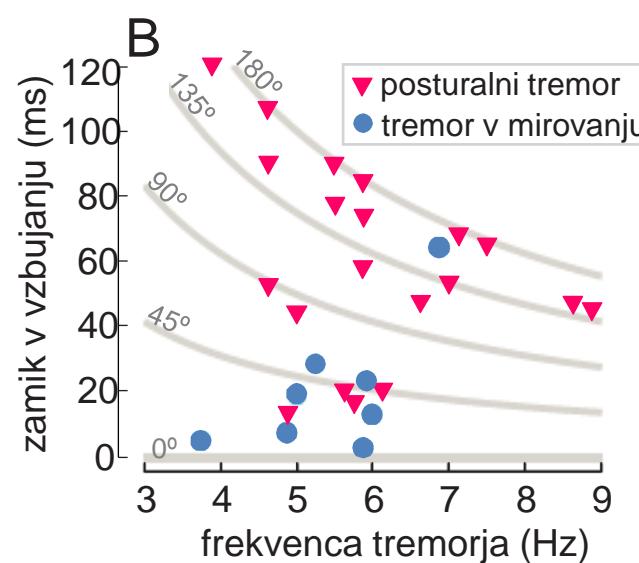
Ciljana mišična reinervacija



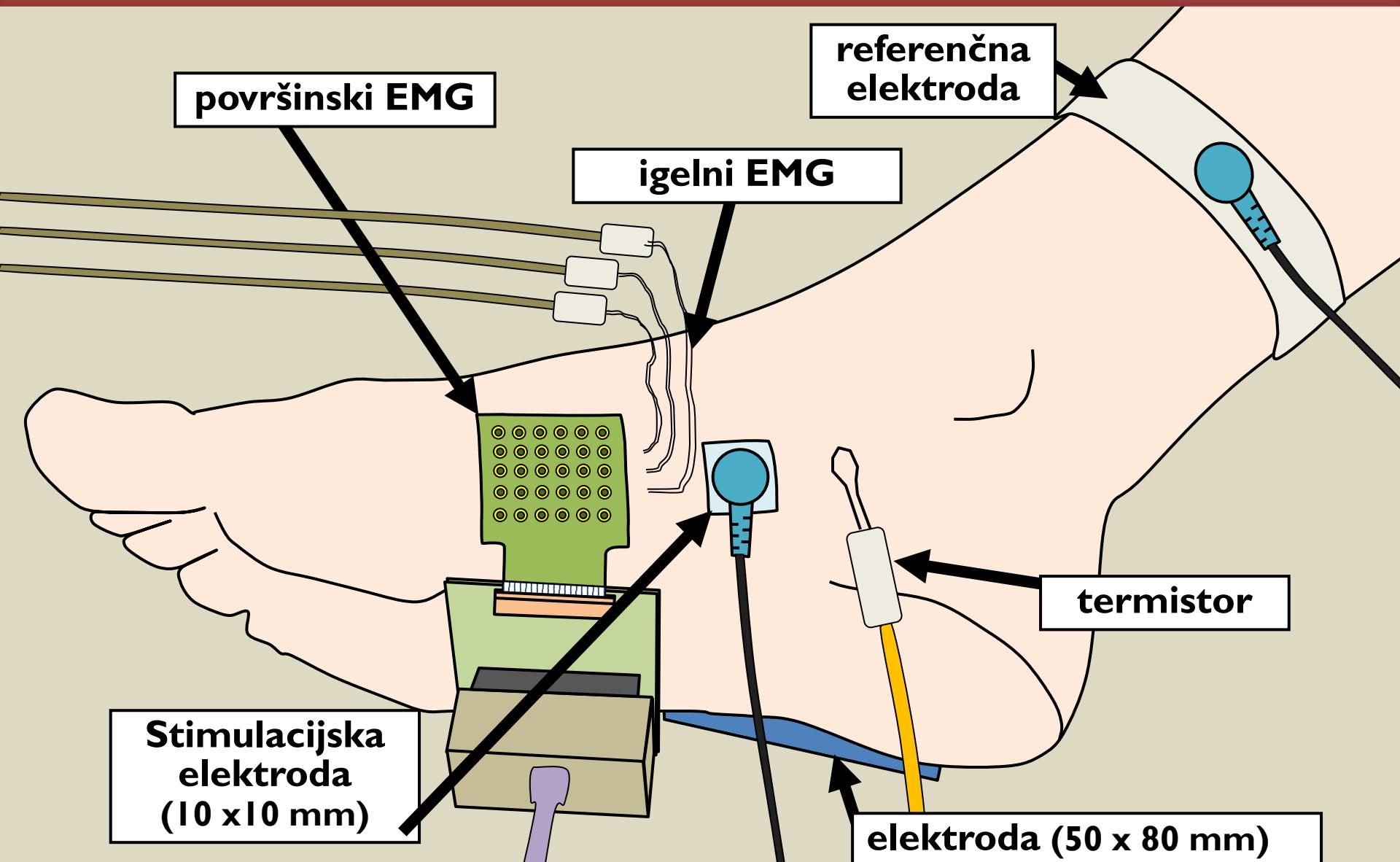
Vmesniki mišice-stroj in patološki tremor



- Fazna razlika med vzbujanjem antagonističnih mišic v esencialnem tremorju odraža relativno moč supraspinalnih in aferentnih vhodov motoričnih nevronov

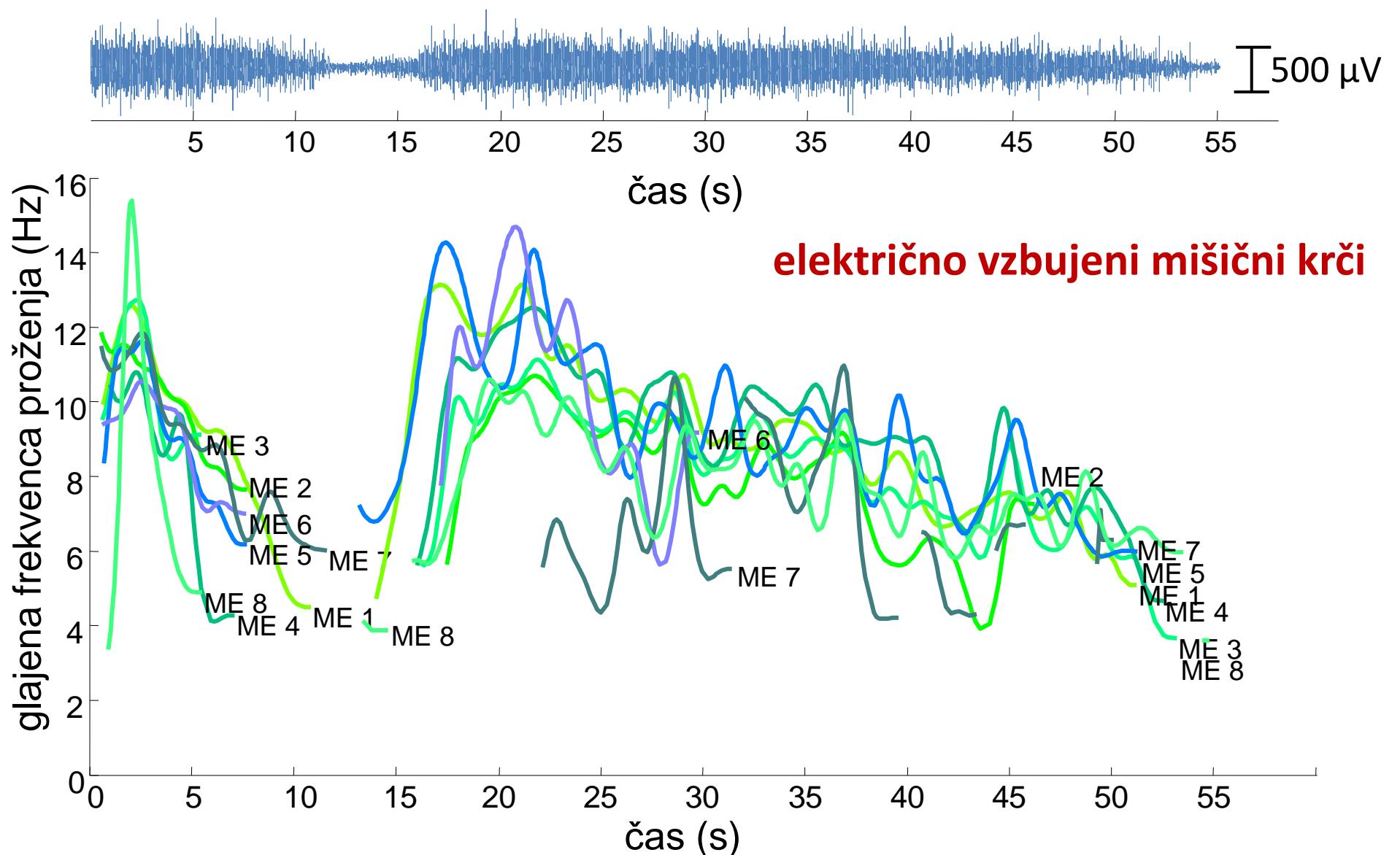


Vmesniki mišice-stroj in mišični krči



Minetto MA, Holobar A, Botter A, Ravenni R, Farina D. Mechanisms of cramp contractions: peripheral or central generation? *J Physiol.* 2011 Dec 1;589(Pt 23):5759-73

Vmesniki mišice-stroj in mišični krči



Vmesniki mišice-stroj in mišični krči

FLEXPharma

NOVEL TREATMENT FOR NEUROMUSCULAR DISORDERS

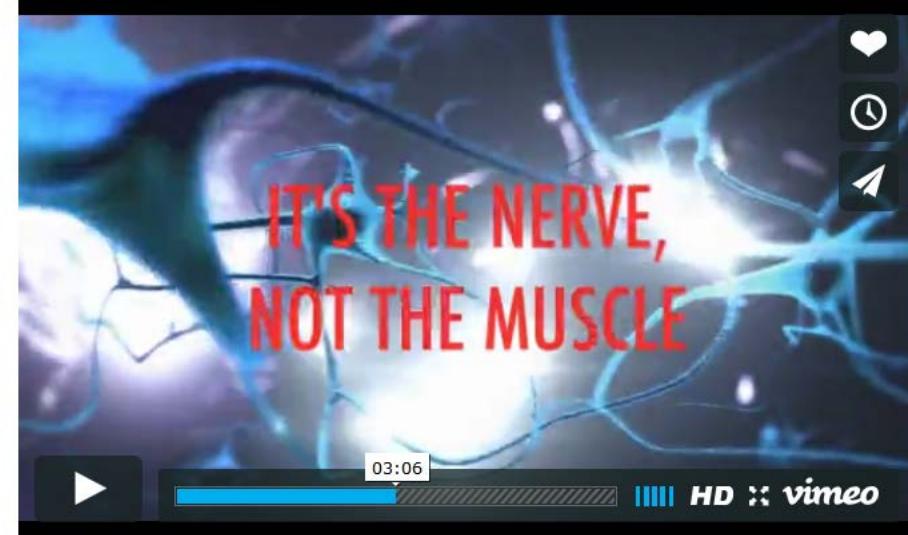
Flex Pharma, Inc. is a biotechnology company that is developing innovative and proprietary treatments for nocturnal leg cramps, cramps and spasms associated with severe neuromuscular conditions such as ALS and MS, and exercise-associated muscle cramps.

SPOTLIGHT

April 19, 2016 Flex Pharma's Positive Human NLC Study Selected for Presentation at AAN Annual Meeting [Read More](#)

April 6, 2016 Flex Pharma Collaborator Penn State Presents Positive Human Muscle Cramp Data [Read More](#)

Dr. Bruce Bean, Harvard Medical School
Dr. Roderick MacKinnon, Rockefeller, HHMI, Nobel



SEEING IS BELIEVING



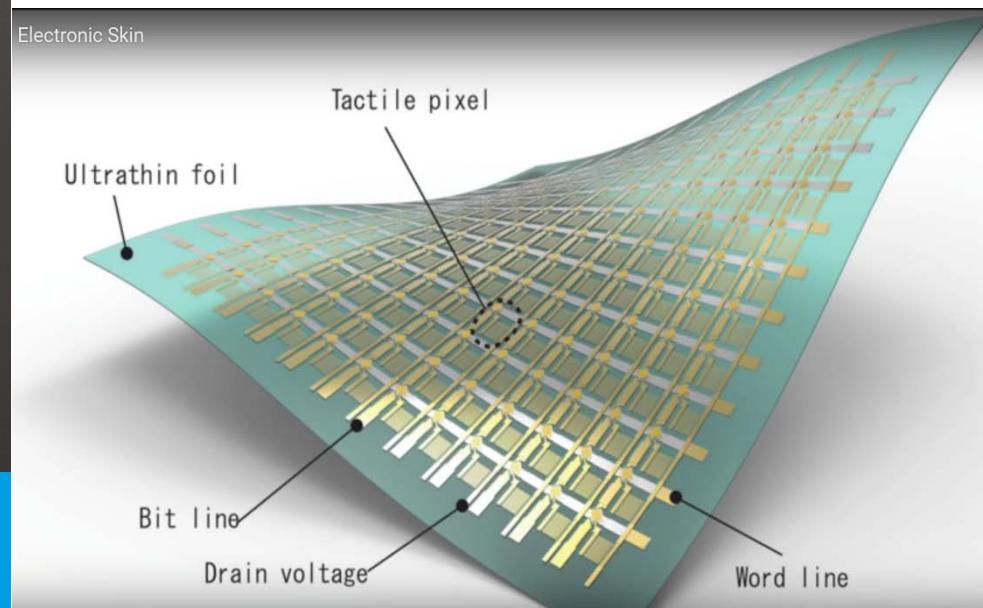


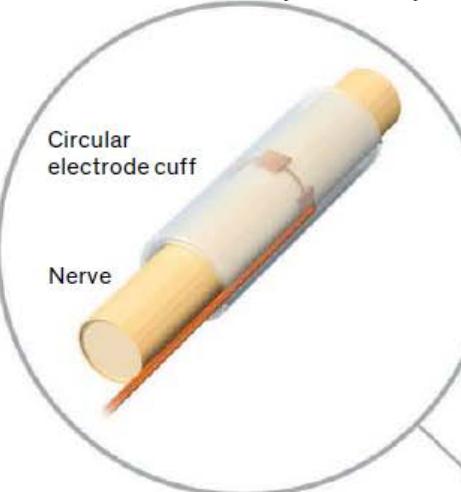
2 milijona senzorjev za bolečino v človeški koži

umetna koža:

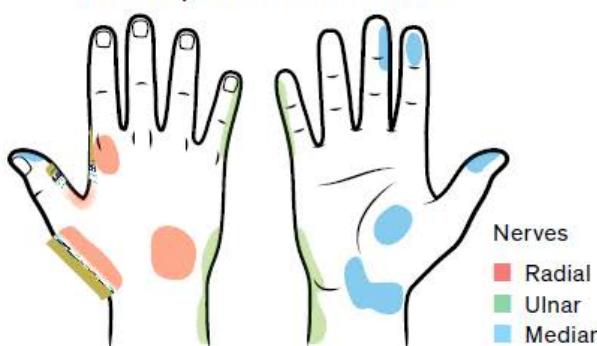
- desetinka debeline kuhinjske vrečke
- prilagodljiva vsem delom telesa
- ogljikove nanocevke in organski polprevodniki
- 2D mreža taktilnih senzorjev

Slike: Someya-Sekitani





Sites of perceived sensation



A close-up photograph of a person's hand holding a prosthetic arm. The prosthetic arm is light-colored with a blue cuff at the wrist. The background is a warm, neutral color.

I Want to Hold Your Hand
NEW PROSTHESES HAVE THE RIGHT TOUCH **P.24**

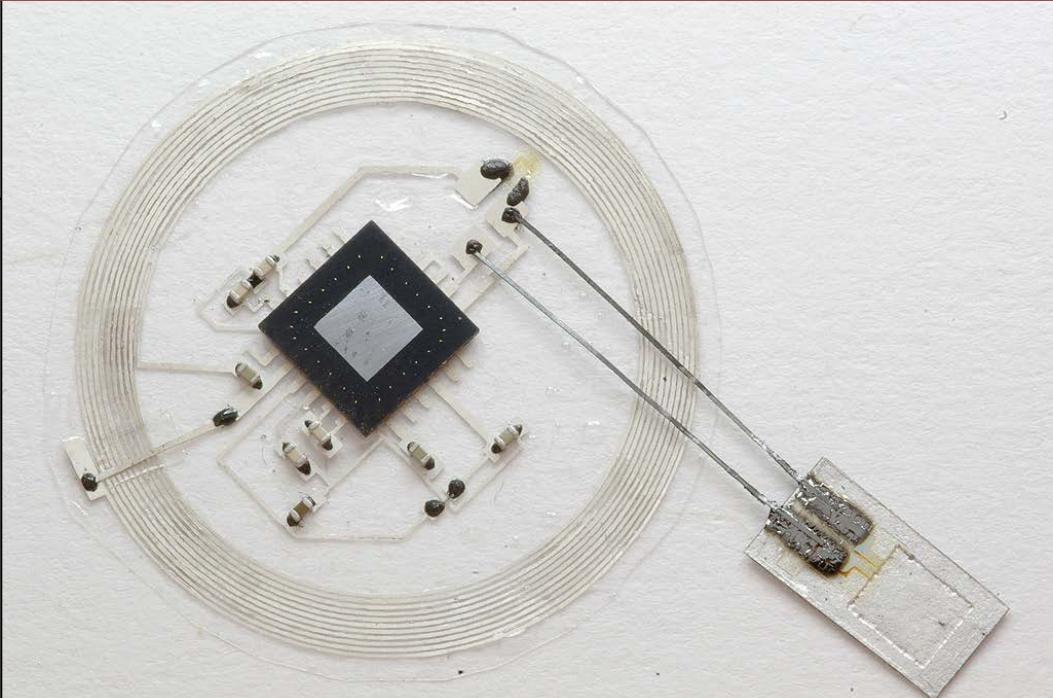
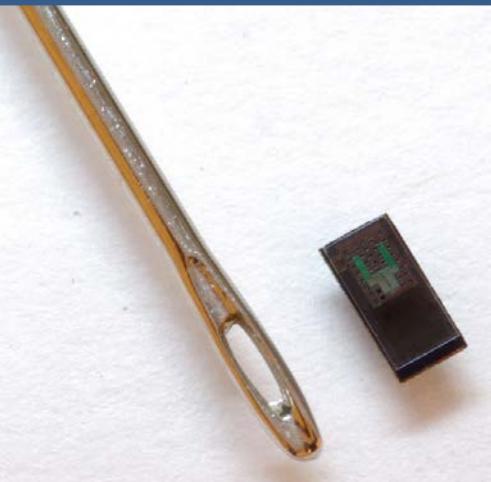
IEEE

- 20 stimulacijskih kanalov
- različni vzorci stimulacije tvorijo različne občutke (dotik, bolečina, temperatura)
- problem implantacije in avtonomnosti

Vmesniki možgani-stroj in prihodnost



ILLINOIS



Topni
senzorji
pritiska in
temperature,
ki se po
uporabi
razgradijo.



slike: John A. Rogers

Zaključek

- **Tehnološki izzivi:**
 - nanoelektronske komponente pri meritvah elektrofizioloških signalov
 - robustnost, avtonomnost, biokompatibilnost
 - interpretacija velikih količin zajetih informacij
 - taktilni vmesniki kot pomemben vir povratne informacije
- **Nova spoznanja, ki že prehajajo v vsakodnevno uporabo.**
- **Nanotehnologija: vmesniki mišice-stroj vs. možgani-stroj**

Zahvala



ottobock.



- Department of Surgery, Division of Plastic & Reconstructive Surgery, Medical University of Vienna, Vienna, Austria
- Department of Neurorehabilitation Engineering. Bernstein Focus Neurotechnology Göttingen, University Medical Center Göttingen, Georg-August University Göttingen, Germany
- Otto Bock Healthcare Products GmbH, Vienna, Austria
- Otto Bock Healthcare GmbH, Duderstadt, Germany

MIO-A

Neposredno ocenjevanje kontrolnih strategij mišic in njihovih koaktivacijskih vzorcev v robotsko podprtji rehabilitaciji po možganski kapi (J2-7357)



Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko



Univerzitetni rehabilitacijski inštitut
Republike Slovenije - Soča



JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE