

Komunikacija človek-stroj: nanotehnološki stik bioloških in tehnoloških sistemov, možganski vsadki in vmesniki mišice-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

11. Nanotehnološki dan

Gospodarsko razstavišče, Ljubljana, 9. maj 2014



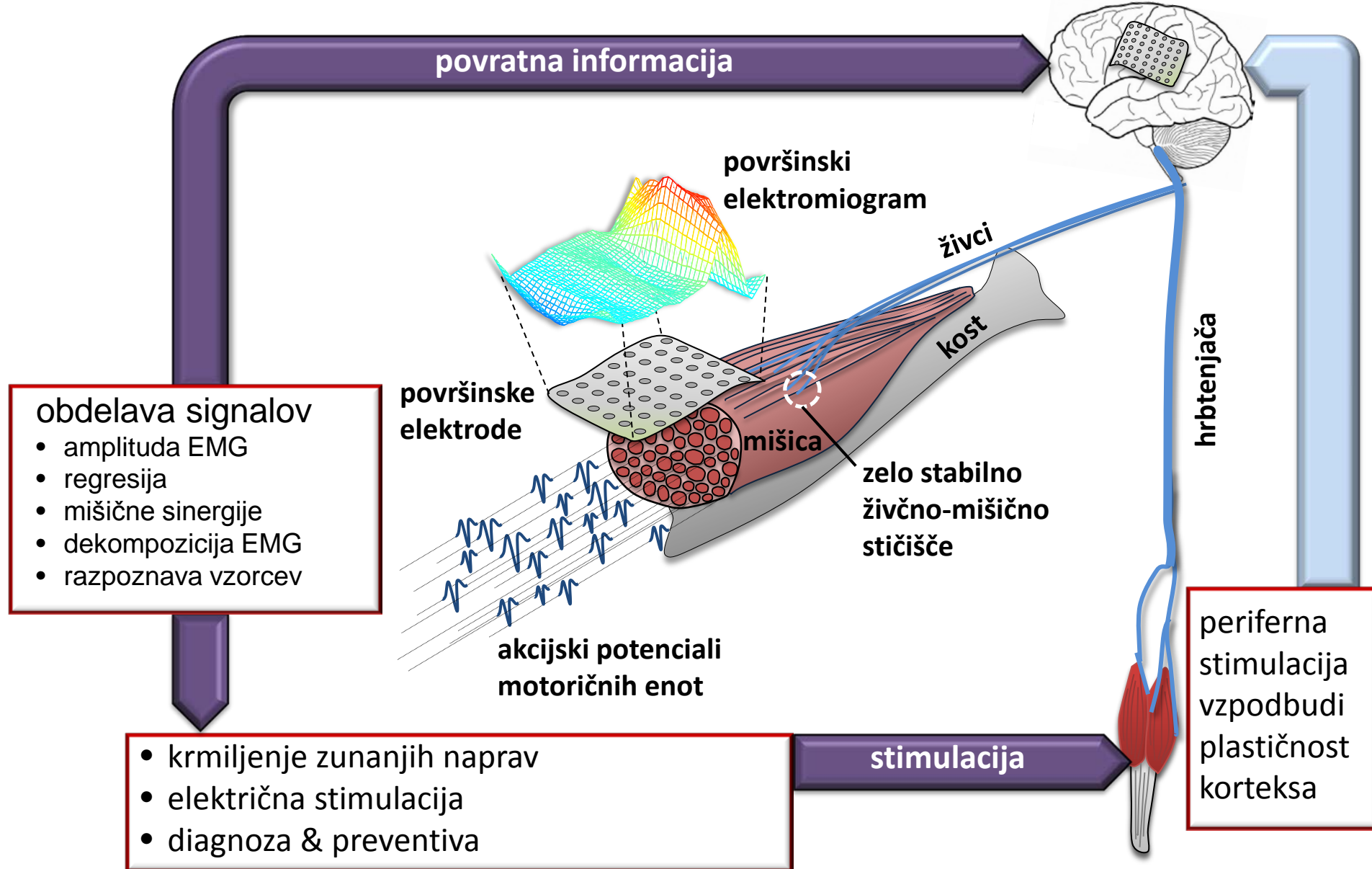
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST, KULTURO IN ŠPORT

NAMASTE
CENTER ODLIČNOSTI

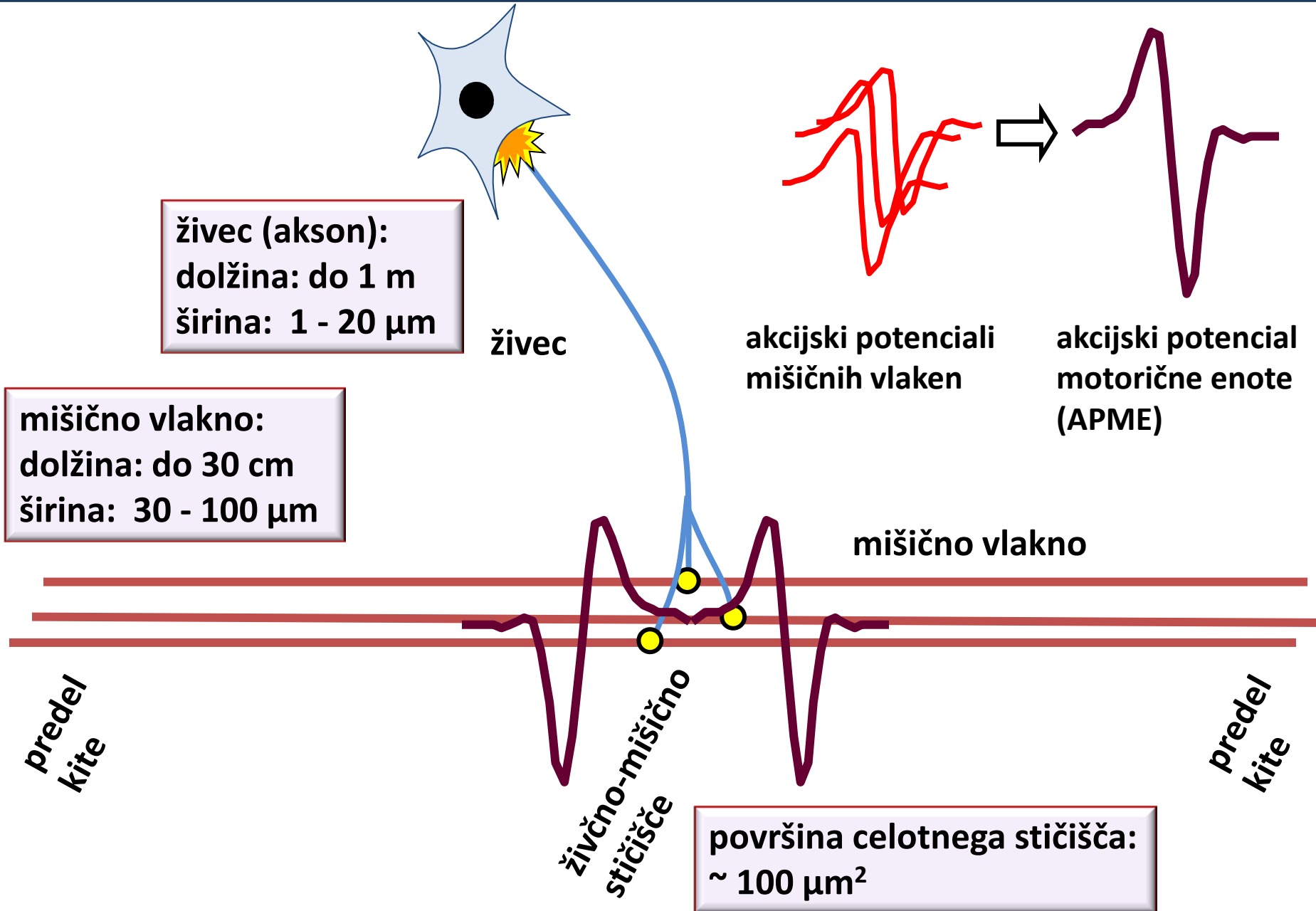
FČ FerroČrtalič
INTERNATIONAL
since 1964

LOTRIC
METROLOGY

Centralni in periferni živčni sistem

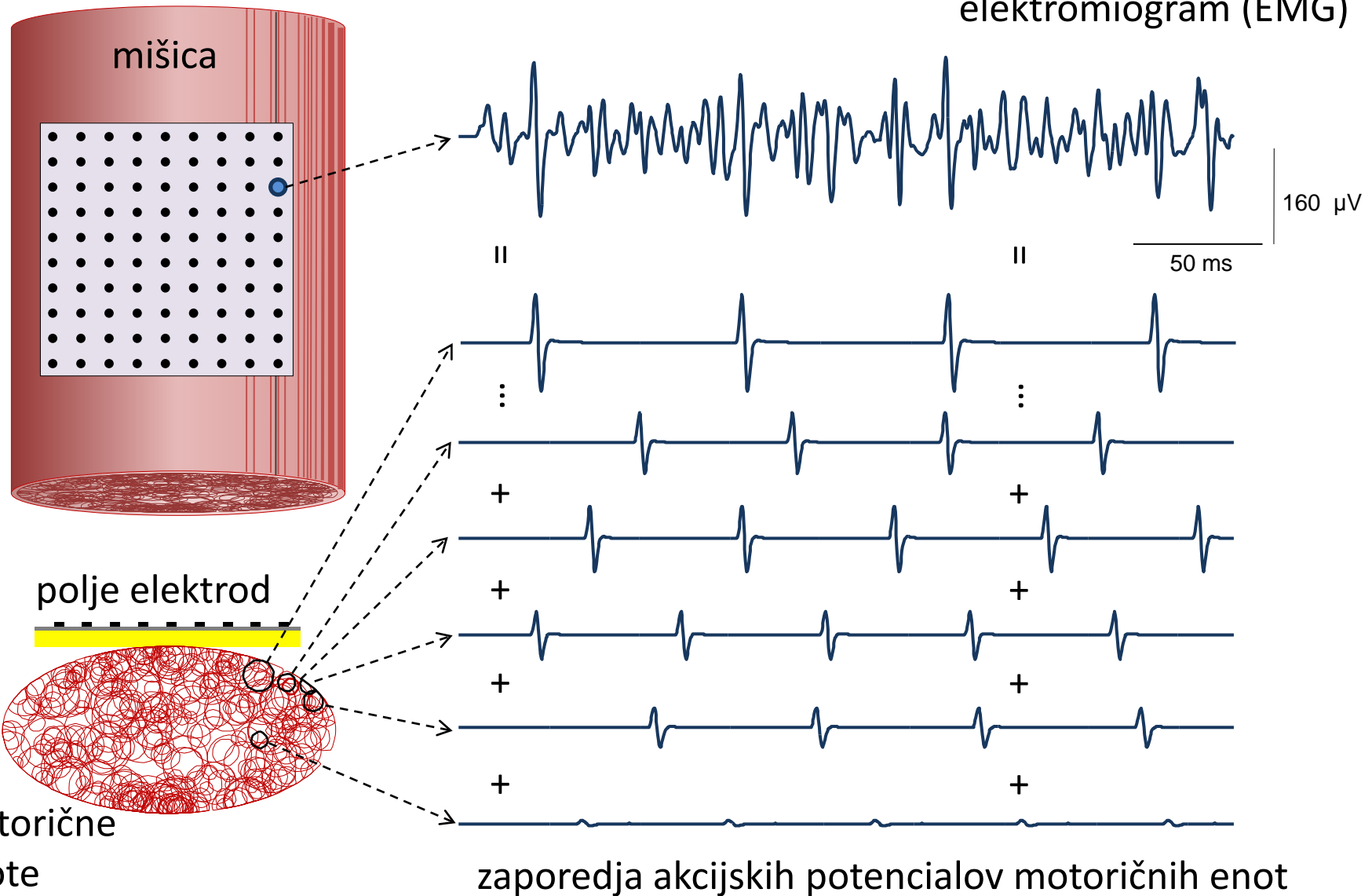


Motorična enota

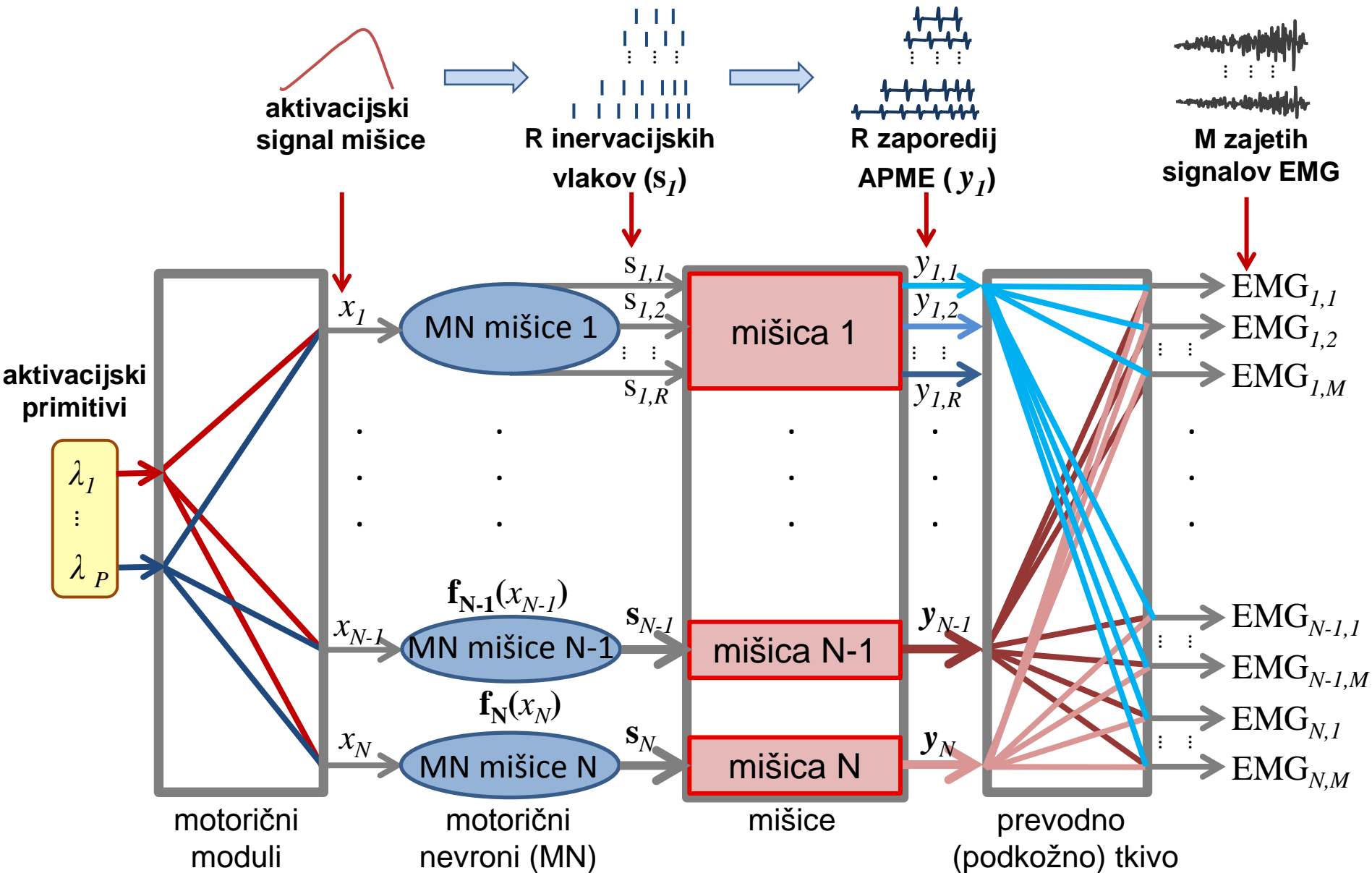


Električna aktivnost človeških mišic

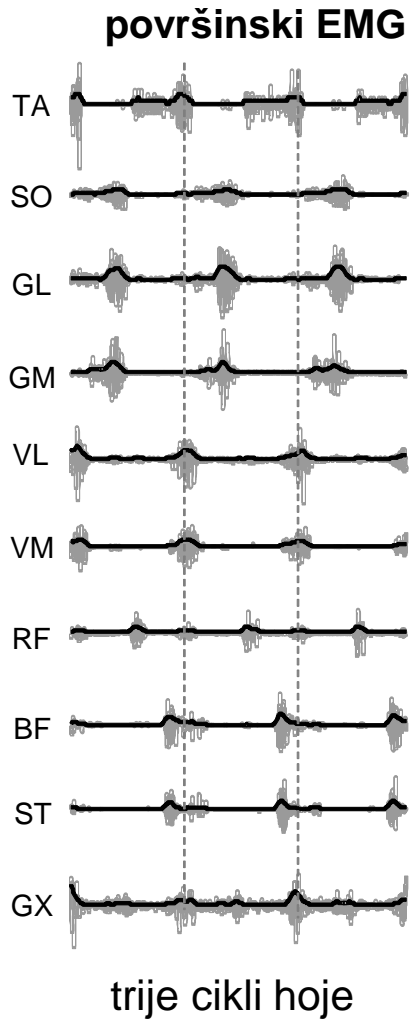
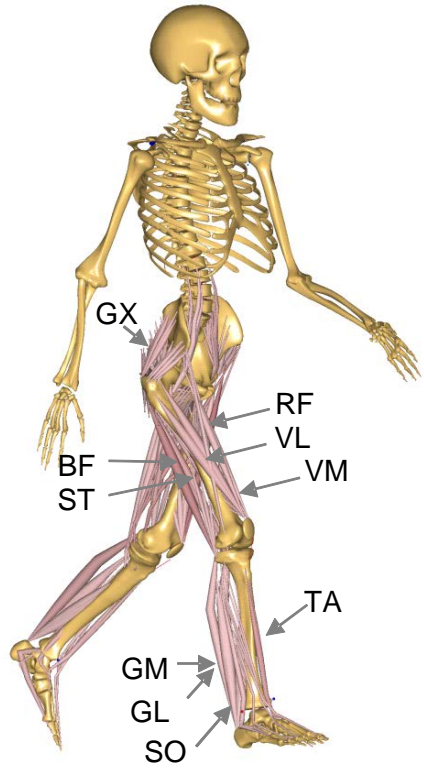
elektromiogram (EMG)



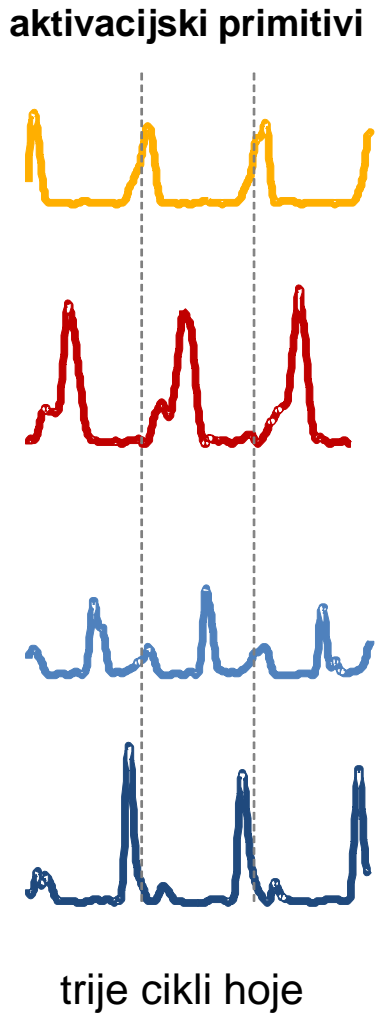
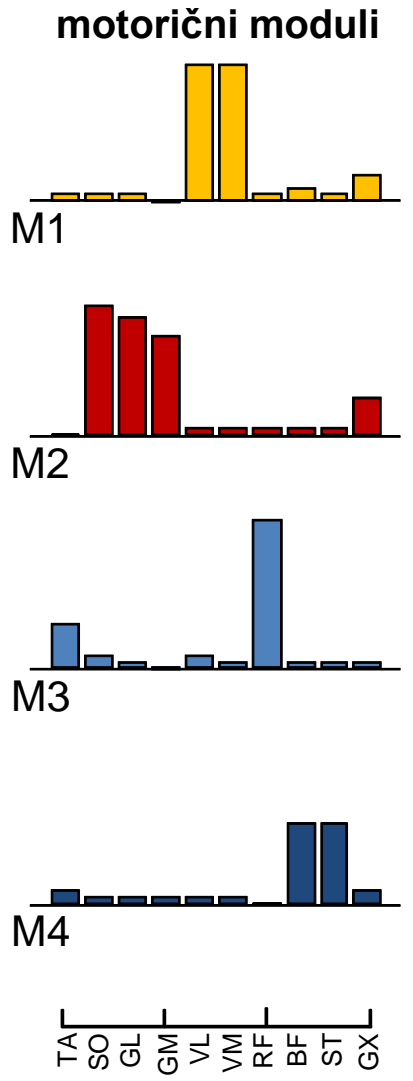
Živčni kod: skeletne mišice



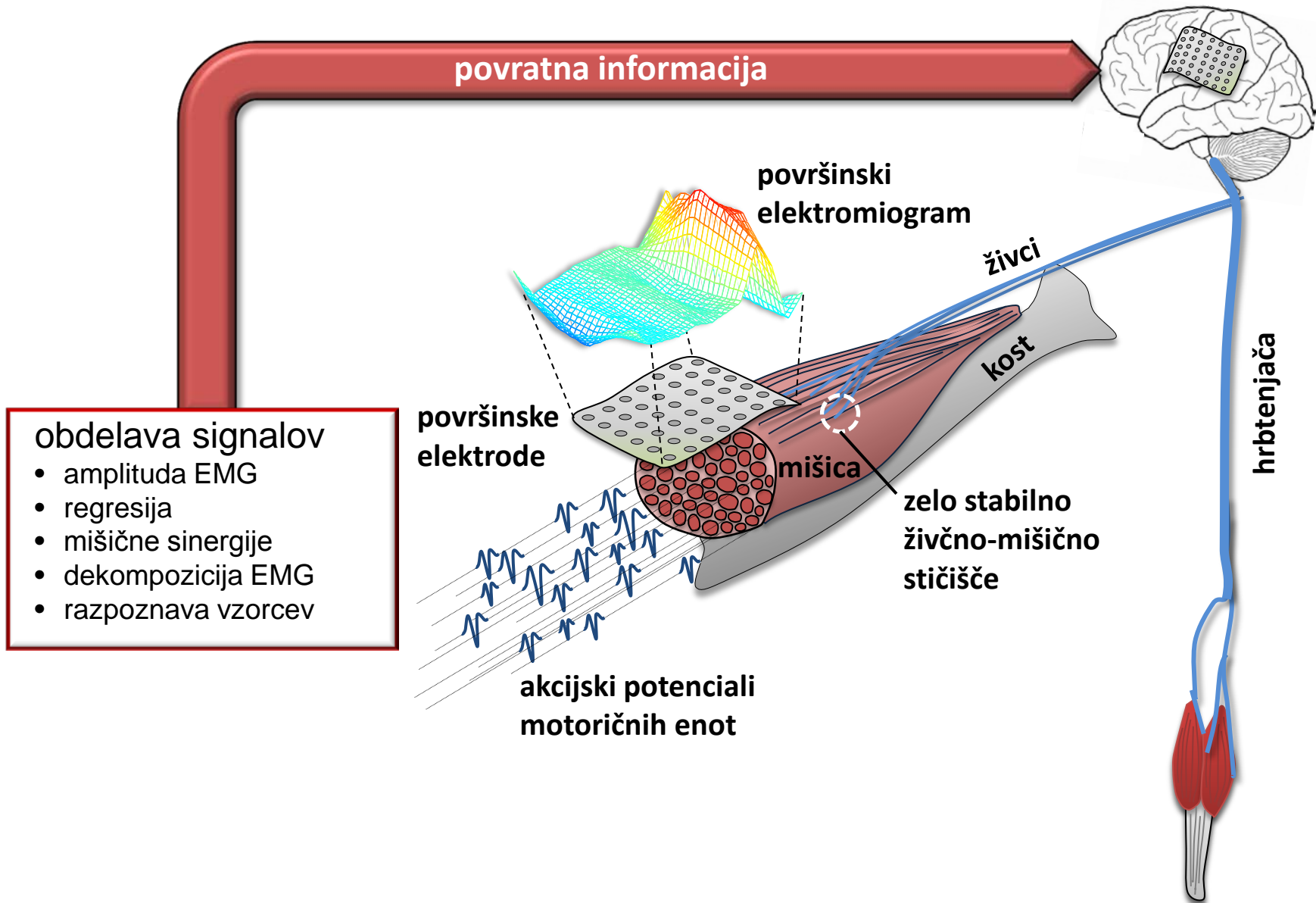
Aktivacija mišic: prostostne stopnje



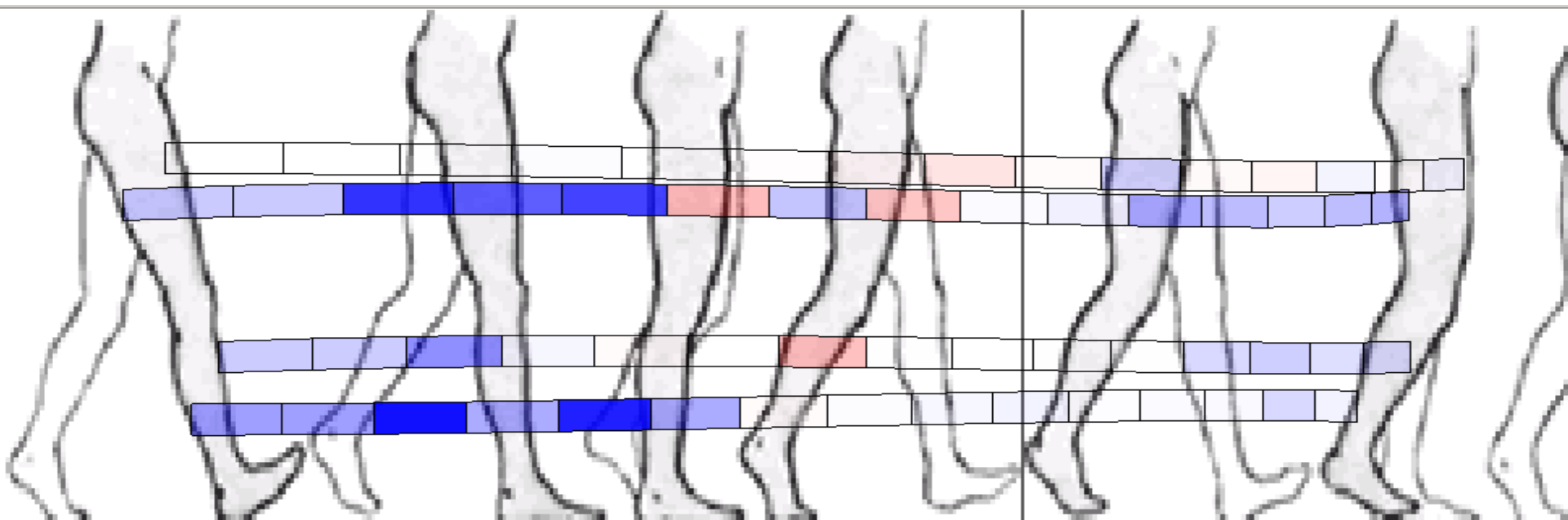
dekompozicija



Centralni in periferni živčni sistem

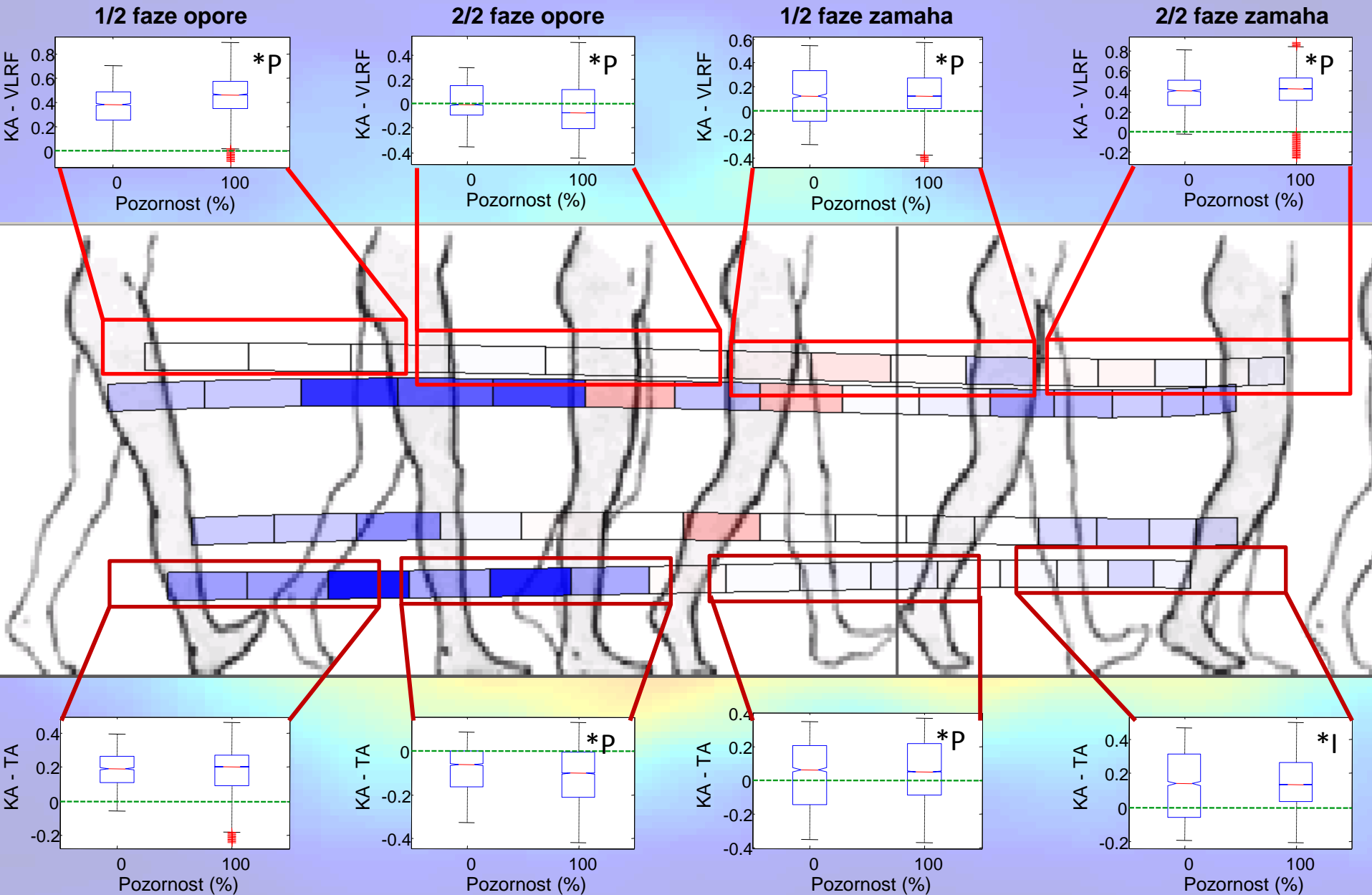


Povratna informacija in aktivacija mišic

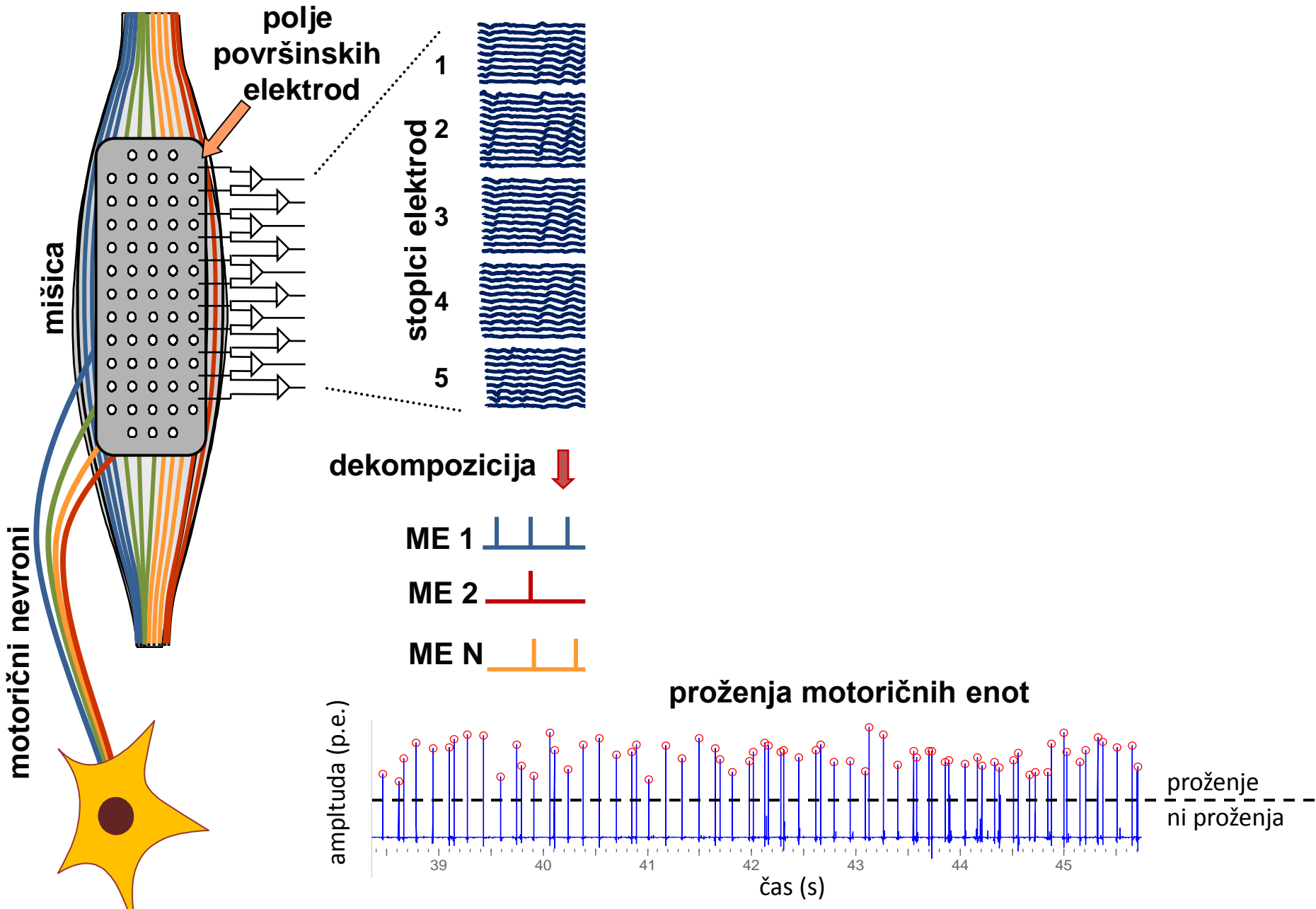


Povratna informacija in aktivacija mišic

*I – izboljšava, *P - Poslabšanje

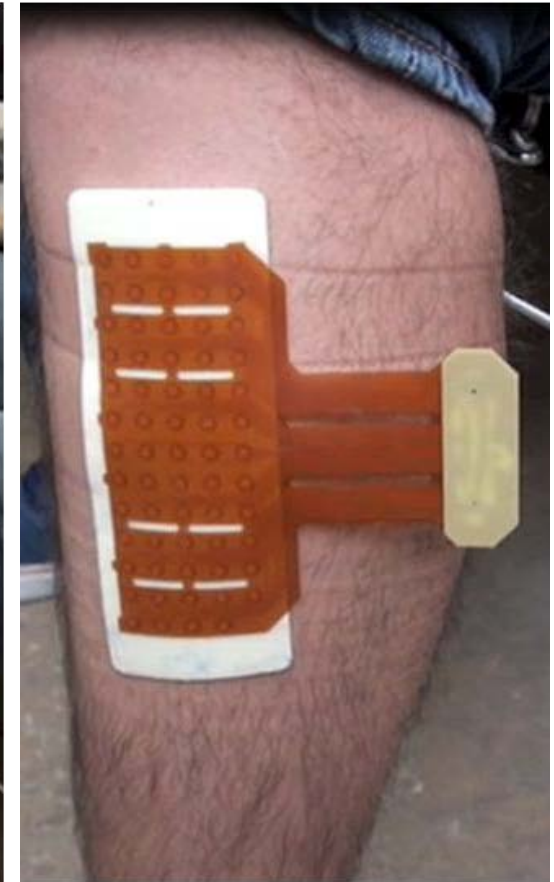


Sledenje motoričnim enotam v realnem času



Sledenje motoričnim enotam v realnem času

- zdravi preiskovanec, mišica tibialis anterior
- izometrična mišična kontrakcija



Sledenje motoričnim enotam v realnem času

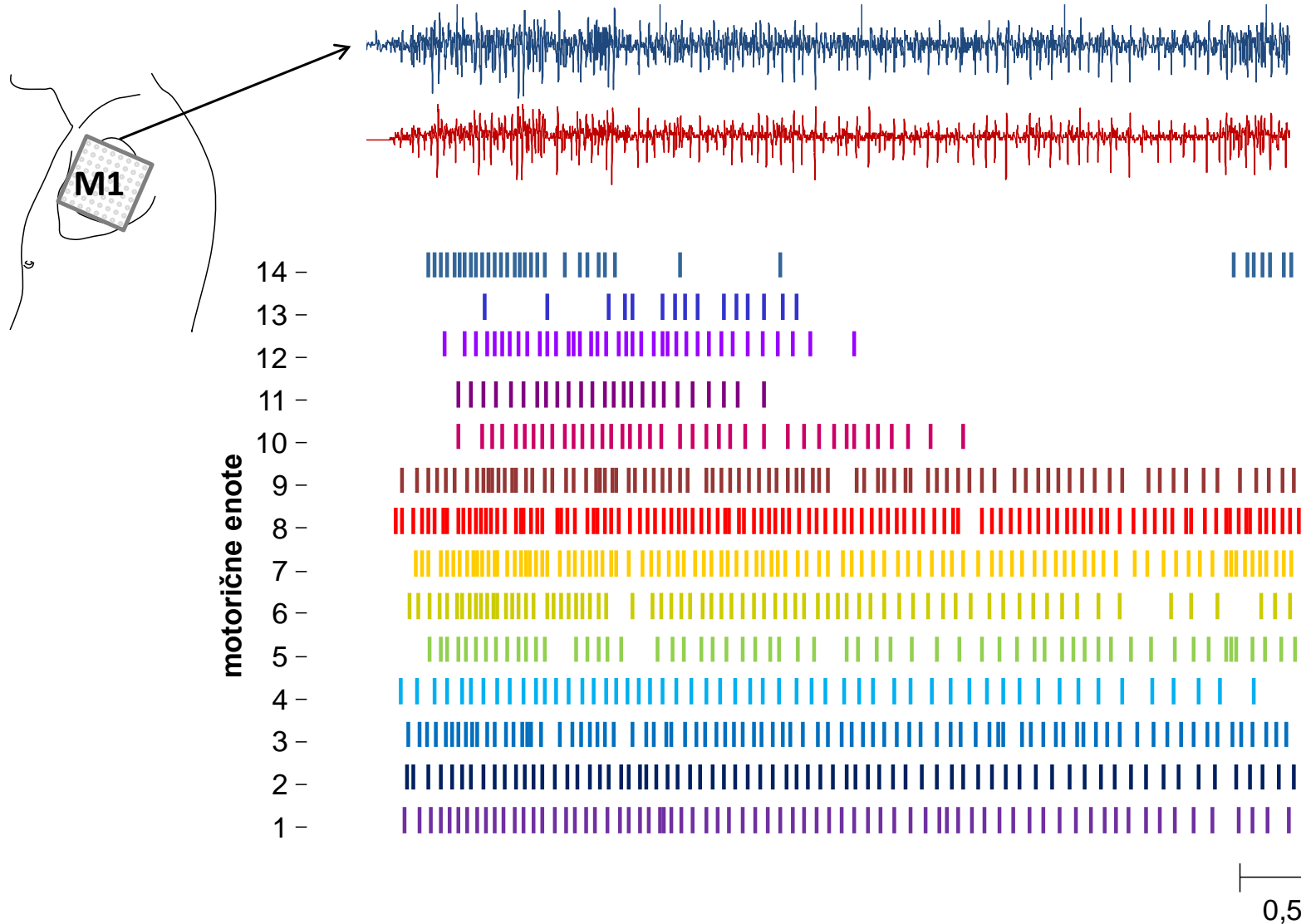
povratna informacija o aktivnostih posameznih motoričnih enot

Sledenje motoričnim enotam v realnem času

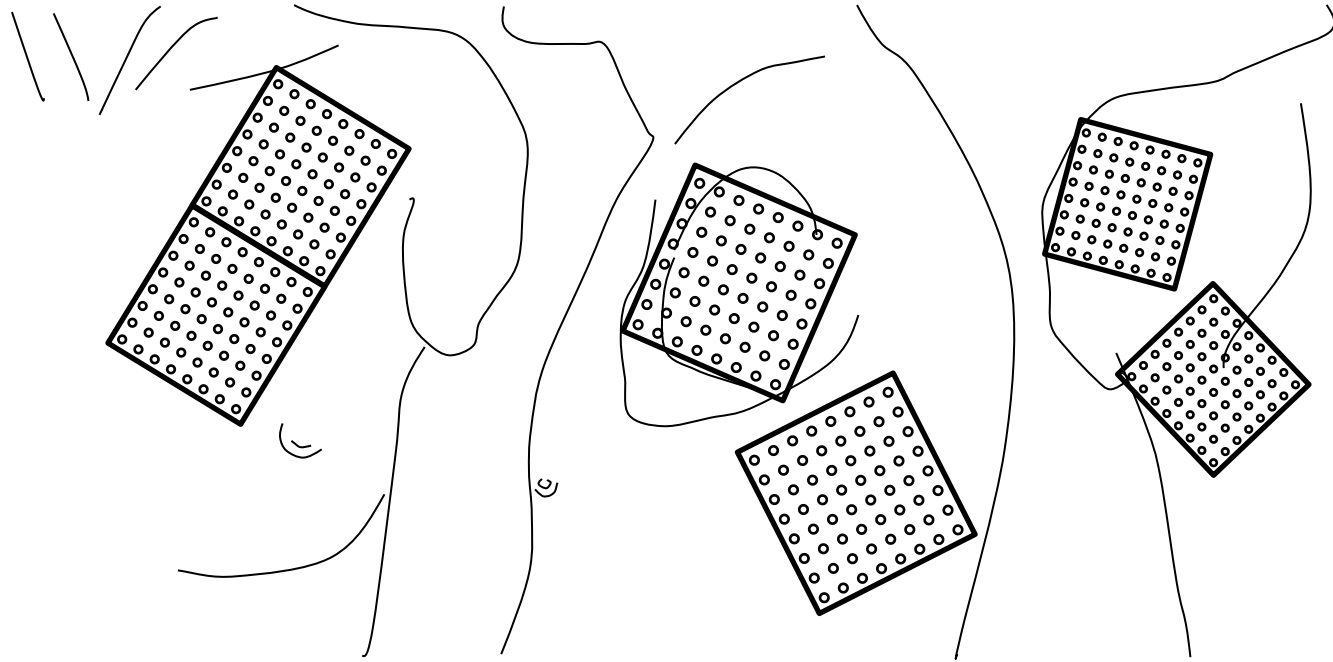
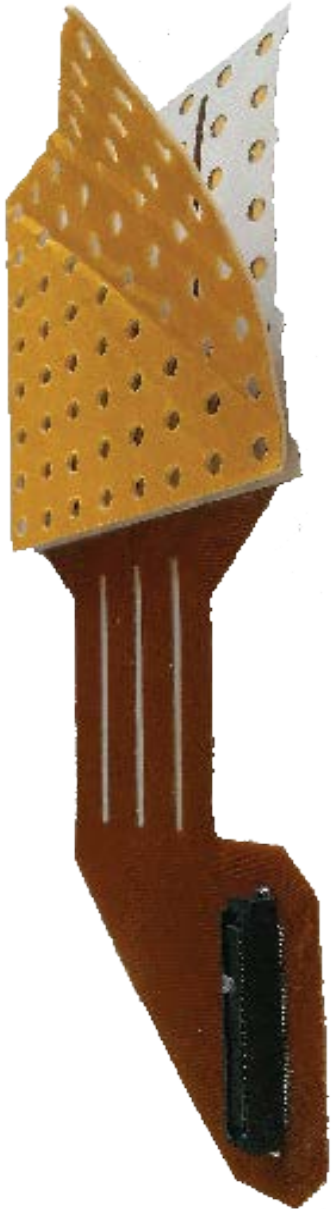
aktiviranje ene same motorične enote

Ciljana mišična reinervacija

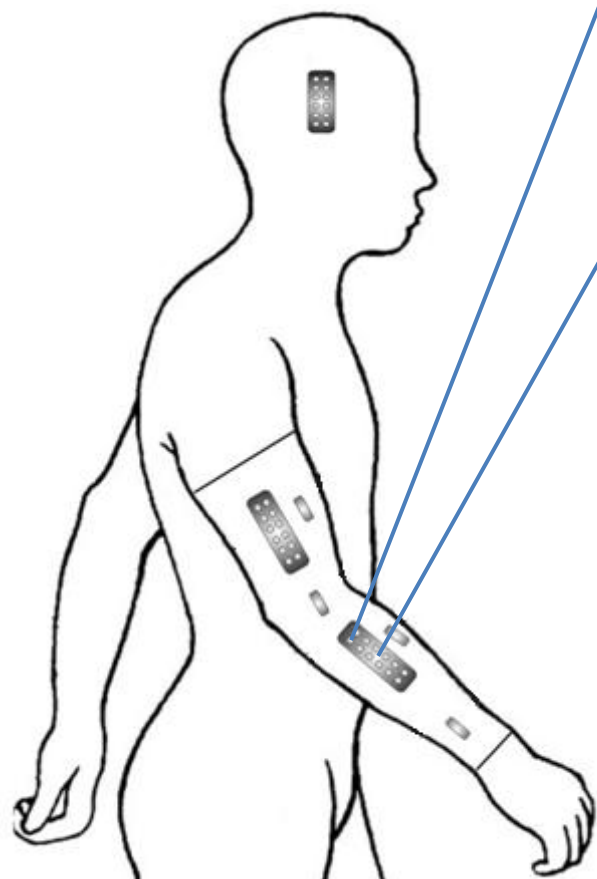
Fleksija komolčnega sklepa



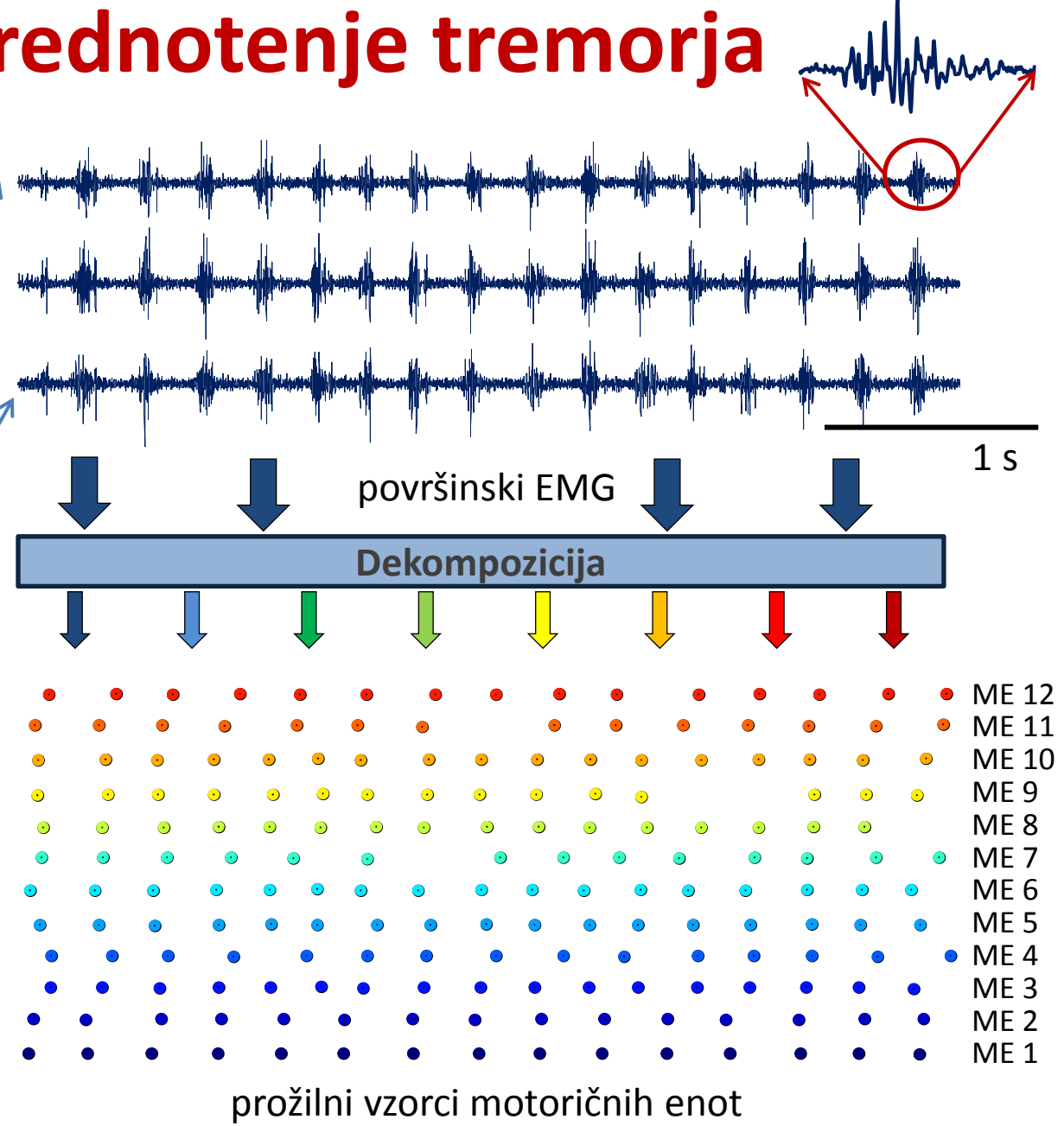
Ciljana mišična reinervacija



Neinvazivno vrednotenje tremorja



zajem površinskih elektromiogramov

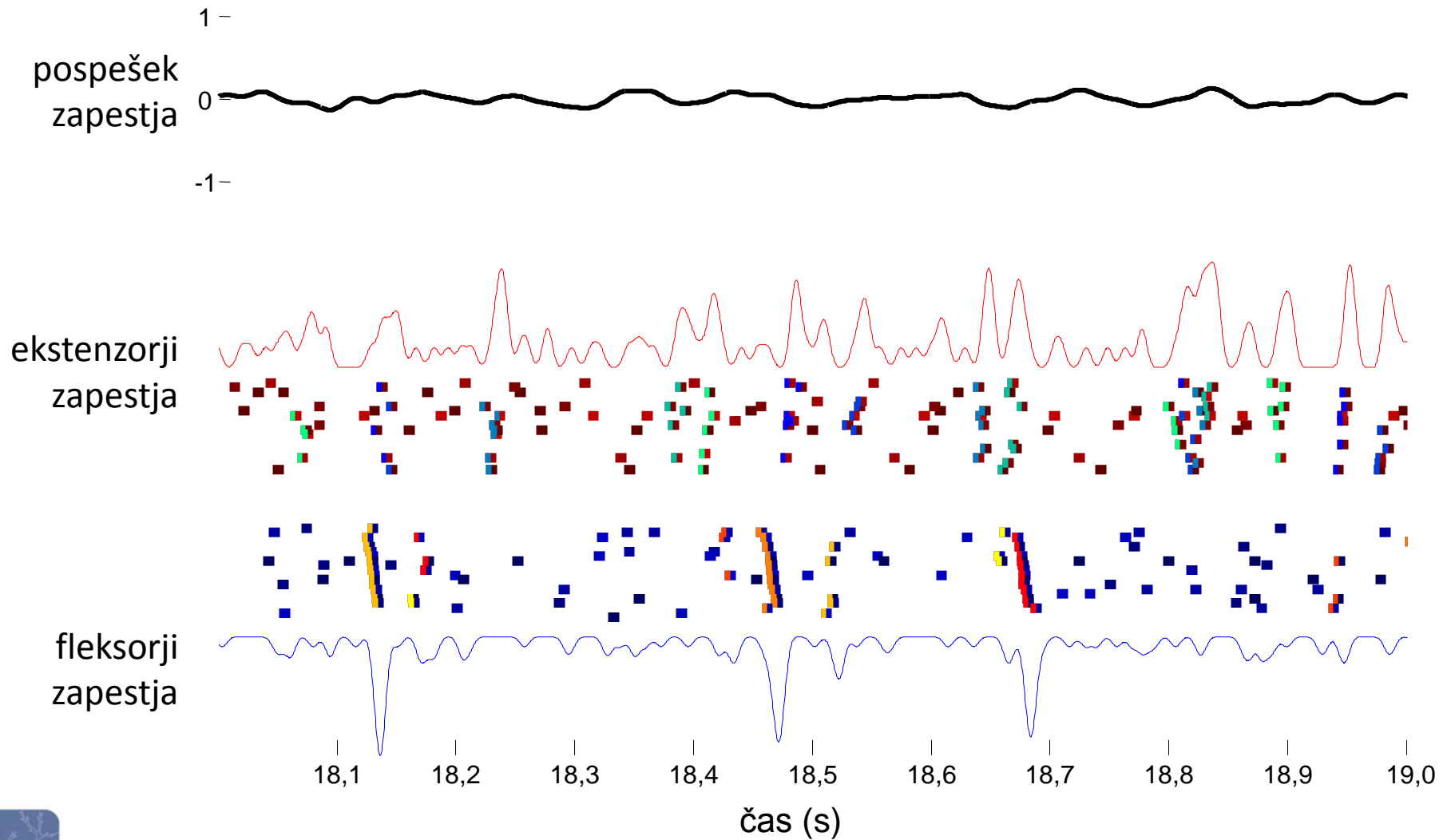


prožilni vzorci motoričnih enot

Holobar et al. Non-Invasive Characterization of Motor Unit Behaviour in Pathological Tremor, J. of Neural Engineering 2012.

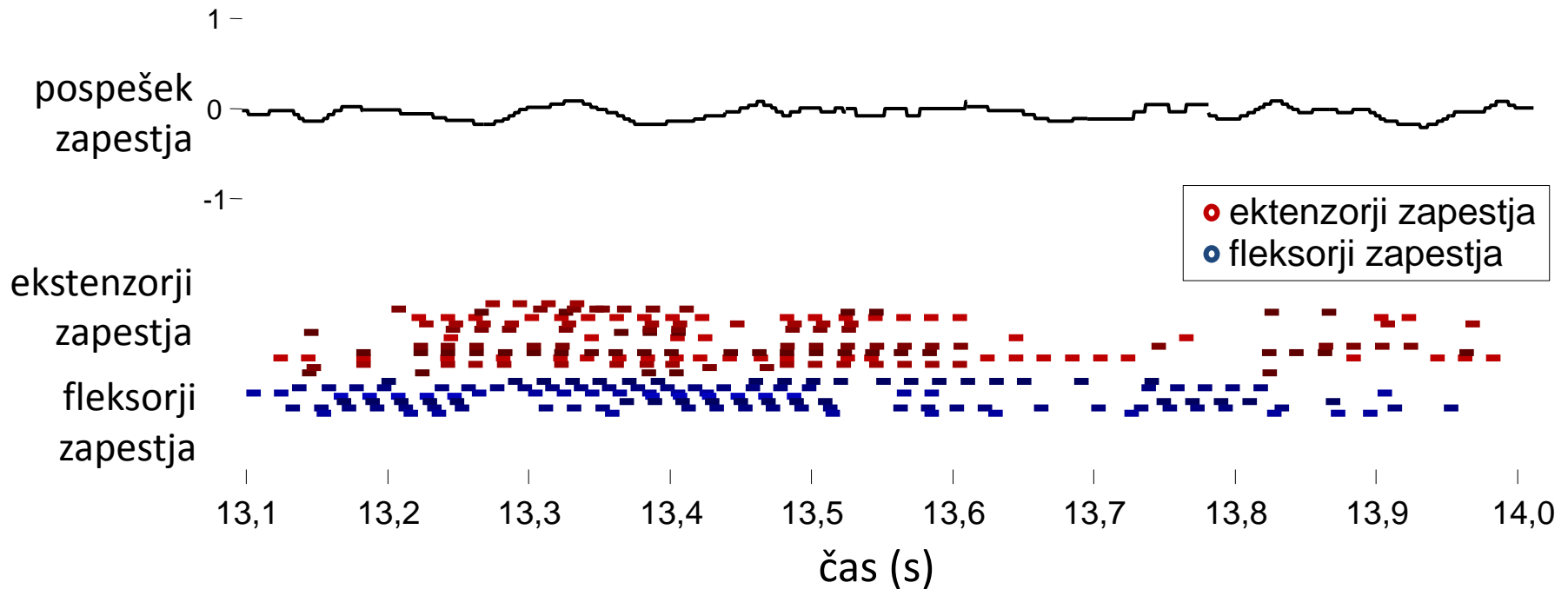
Patološka sinhronizacija motoričnih enot

Bolnik s Parkinsonovo boleznijo, opravilo: roke odročene naprej



Patološka sinhronizacija motoričnih enot

Bolnik s Parkinsonovo boleznijo, opravilo: roke odročene naprej

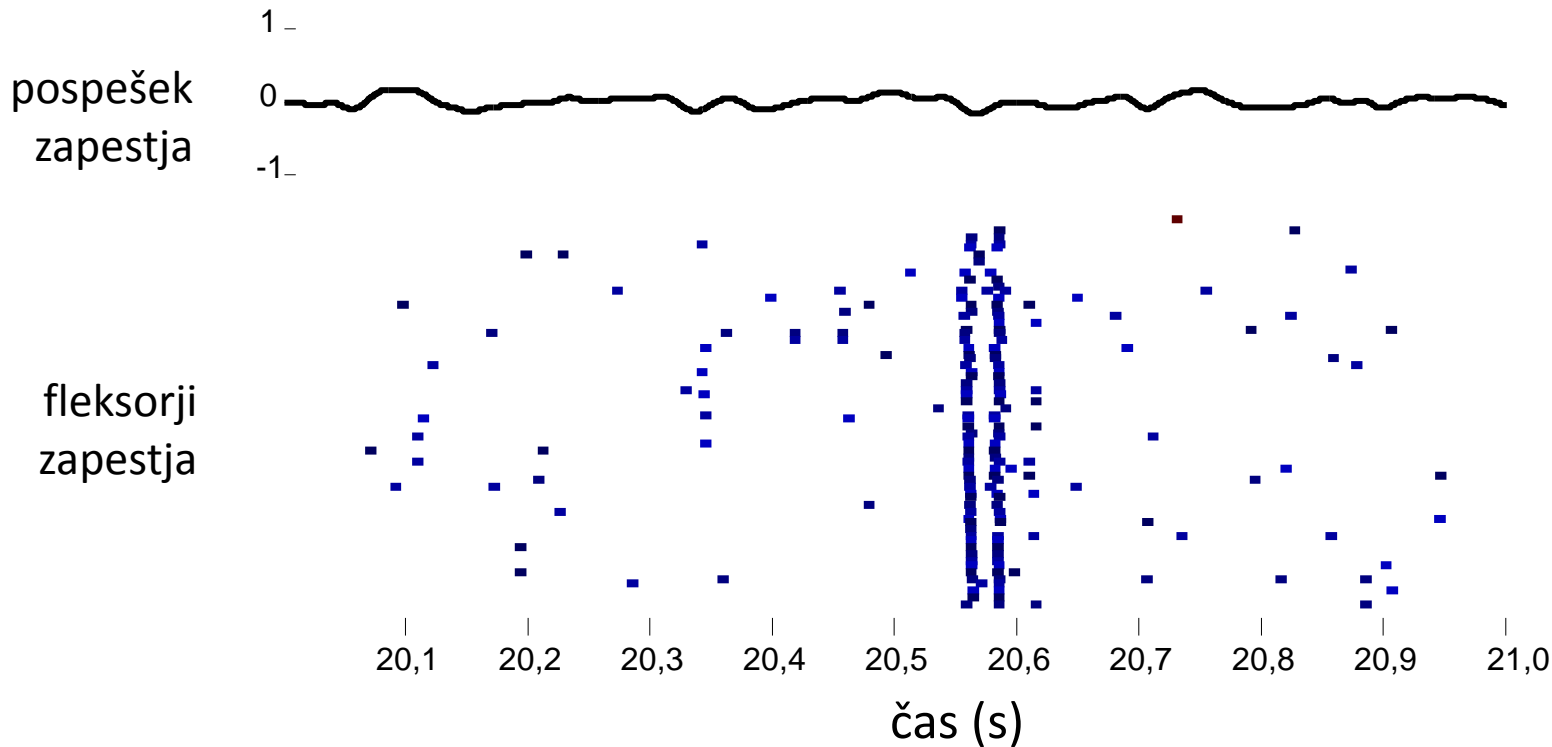


Nenormalno obnašanje motoričnih enot

- zelo visoka sinhronizacija proženj (tremor?)
- zelo visoka frekvenca proženj ($\sim 40 - 50$ Hz)
- ni opaznih nihanj zapestja
- kratkočasoven fenomen: 2-3 s

Patološka sinhronizacija motoričnih enot

Bolnik s Parkinsonovo boleznijo, opravilo: roke odročene naprej



Nenormalno obnašanje motoričnih enot

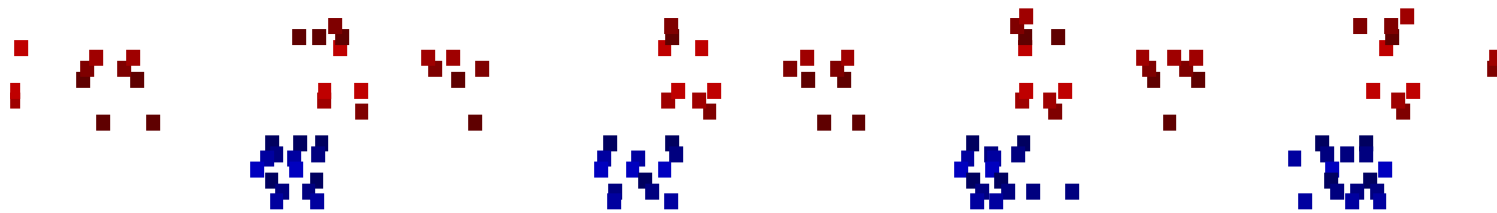
- zelo visoka sinhronizacija proženj zelo velikega števila motoričnih enot (tremor?)
- ni opaznih nihanj zapestja
- kratkočasoven fenomen: 0.05 – 0.1 s

Parkinsonov vs. esencialni tremor

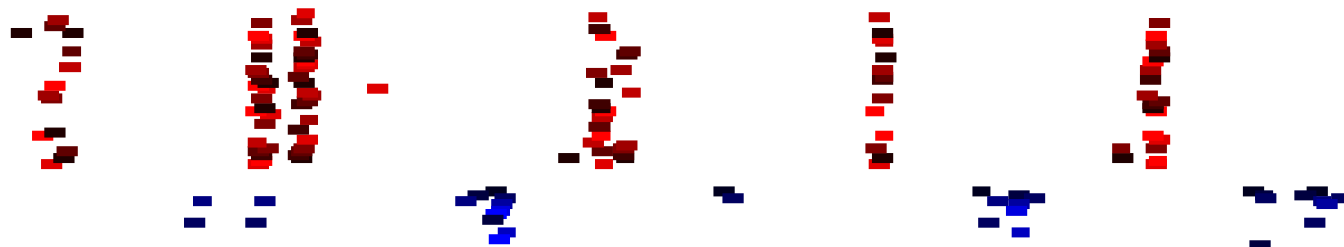
Parkinsonov tremor (1 %), esencialni tremor (4 % populacije)

Od 30 % do 50 % napačnih diagnoz esencialnega tremorja

Parkinsonov tremor



Esencialni tremor



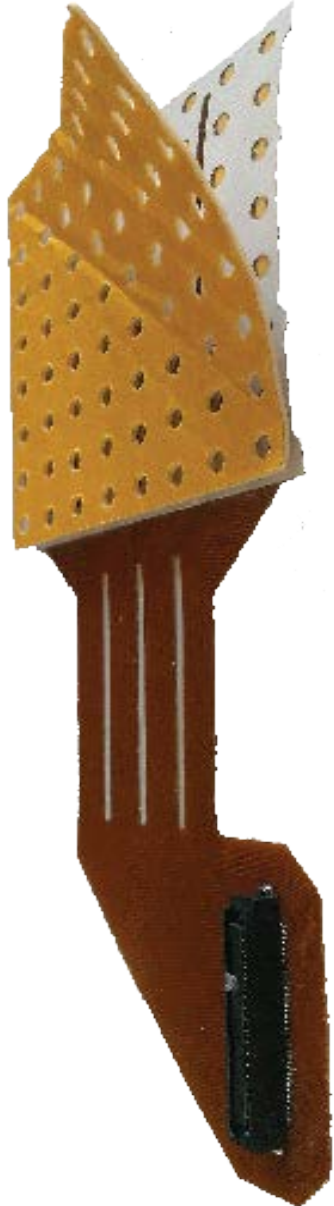
○ ektenzorji zapestja
○ fleksorji zapestja

0,25 s

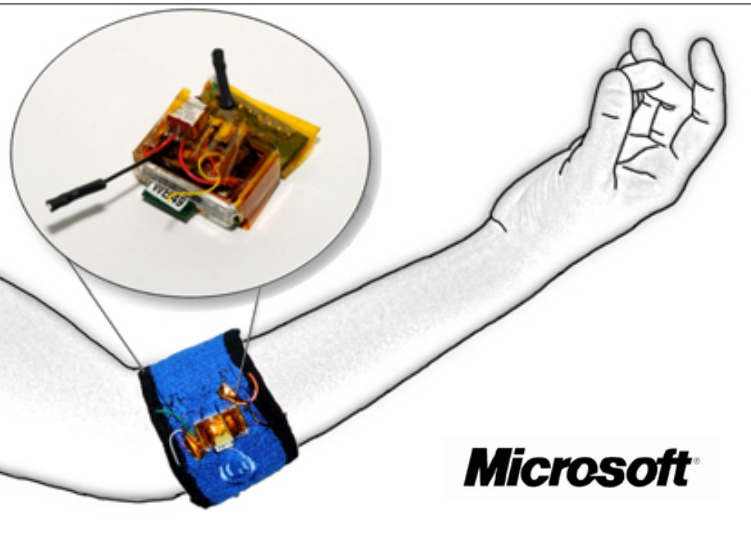
95 % natančnost razlikovanja med esencialnim in Parkinsonovim tremorjem



Patološki tremor - meritve



Makro vmesniki mišice-stroj



Microsoft

vir: <http://research.microsoft.com>



 **THALMICLABS**
EFFORTLESS INTERACTION

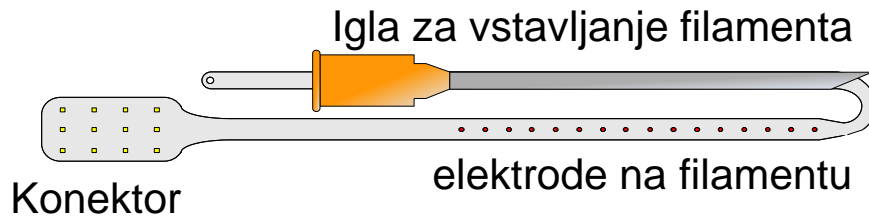


ottobock.

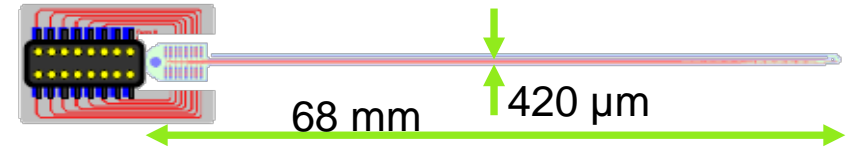
vir: <https://www.thalmic.com>

Mikro/nano vmesniki mišice-stroj

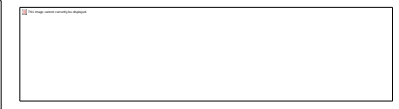
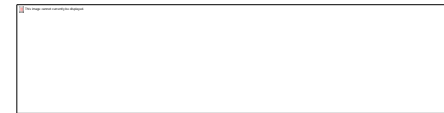
Filament



Celoten sistem



Vrh filameta Elektroda



140 x 40 μm

- 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 $\sim 5256 \mu\text{m}^2$)



**REMOVE ERC
Advanced Grant**

Nano vmesniki: epidermalna elektronika

- zelo tanka plast silicija nanesena na elastomer (5 μm),
- 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

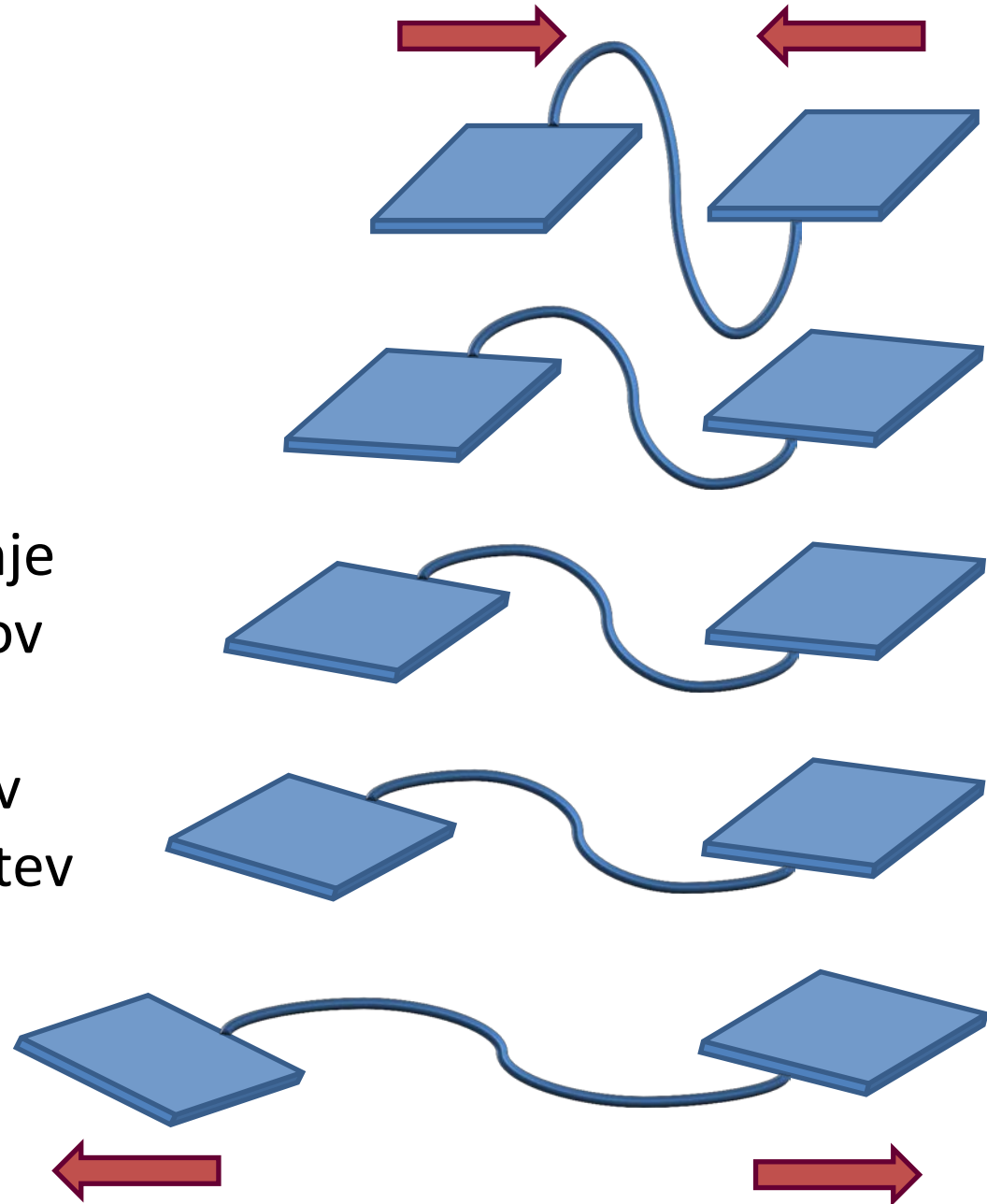


vir: <http://rogers.matse.illinois.edu/>

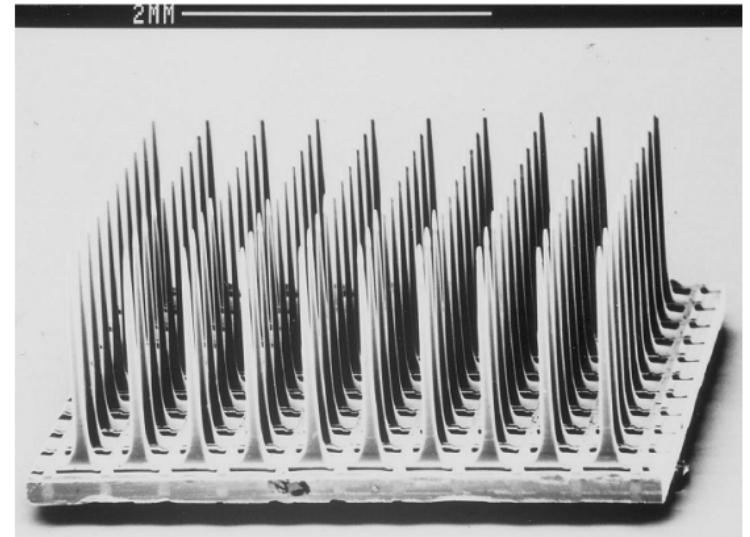
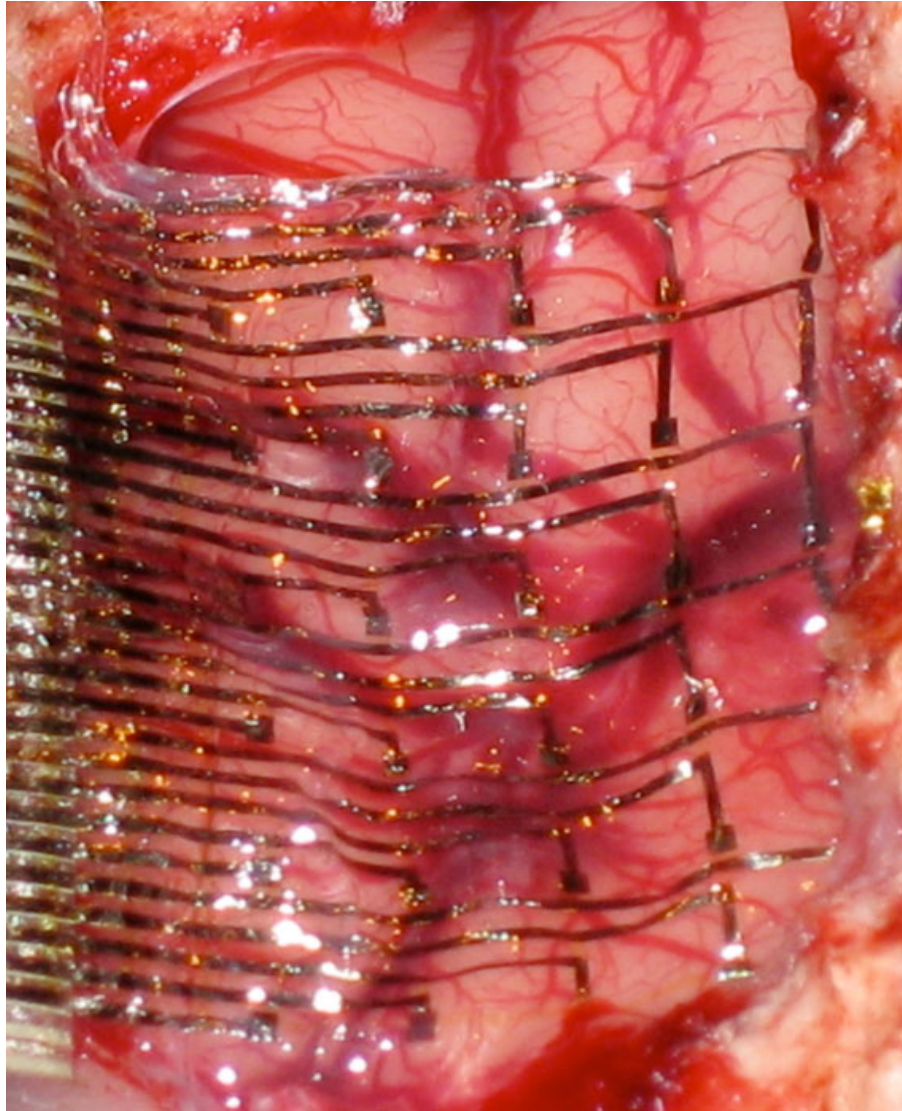
D.H. Kim et al. Science 12, 2011: 333 (6044) str. 838-843

integracija s kožo: izzivi

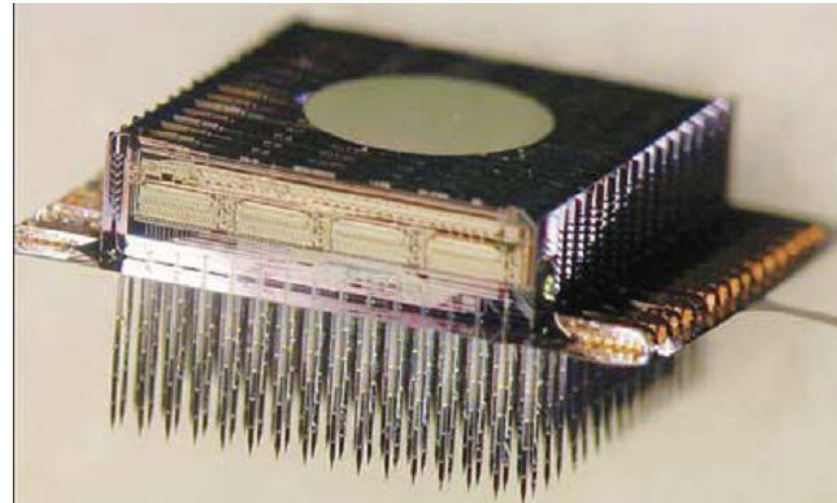
- **Nano vmesnik koža-elektronika:**
 - biokompatibilnost
 - dolgoročna obstojnost
 - dober oprijem kože
 - elastična struktura
 - nizki stroški proizvodnje
 - nemoteč zajem signalov
 - robustnost meritev
 - redundantnost meritev
 - brezžičen prenos meritev
 - brezžično napajanje



Električna aktivnost korteksa



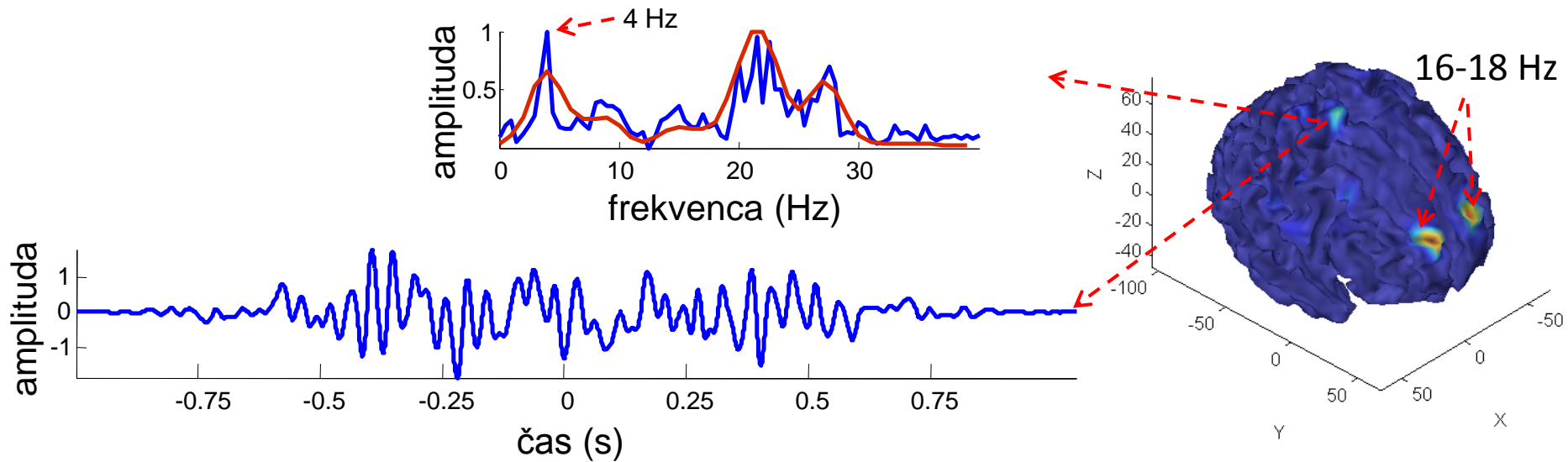
“Utah probe” (Normann et al. Vision Res. 1999)



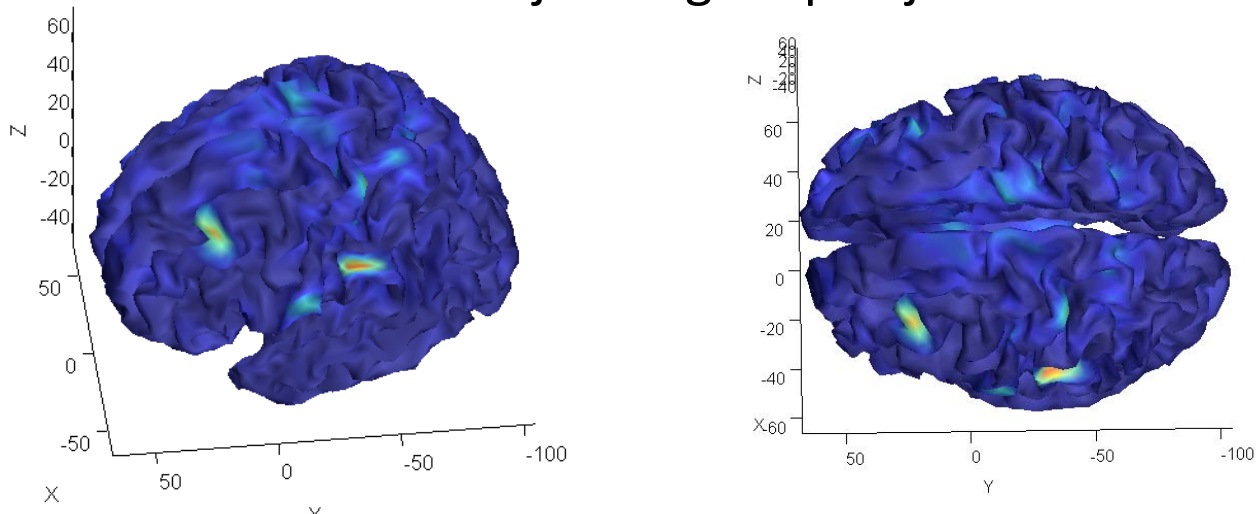
“Michigan probe” (Wise et al. Proc. IEEE 2004)

Korteks in Parkinsonova bolezen

Bolnik s Parkinsonovo boleznijo, meritve večkanalnega EEG



Povprečje 20 bolnikov s Parkinsonovo boleznijo: povprečje signalov EEG, fazno sklopljeno na aktivnost fleksorja levega zapestja



Zaključek

- **Biološki sistemi:** čudoviti makro stroji, sestavljeni iz nano gradnikov
 - redundanca kot temelj robustnosti in univerzalnosti
- **Tehnološki sistemi:**
 - Napredne metode obdelave signalov
 - Prvi zametki uporabe nanoelektronskih komponent pri meritvah elektrofizioloških signalov
- **Nova era vseprisotnih in nemotečih meritev** elektrofiziološki signali v
 - medicini
 - športu in rekreaciji
 - ergonomiji
 - raziskavah vesolja
 - zabavni elektroniki & komunikacijah

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



NeuroTREMOR PROJECT

A novel concept for support to diagnosis and remote management of tremor



<http://www.car.upm-csic.es/bioingenieria/neurotremor/>



This project is funded by the Commission of the European Union, within Framework 7, specific ICT Challenge 5 "ICT for Health, Ageing Well, Inclusion and Governance", Target outcome 5.1 "Personal Health Systems (PHS)", under Grant Agreement number ICT-2011.5.1-287739, "NeuroTREMOR: A novel concept for support to diagnosis and remote management of tremor."