

# Využití (intrakraniálního) EEG pro sledování fyziologických procesů

Dr. rer. nat. Jiří Hammer

22.05.2019

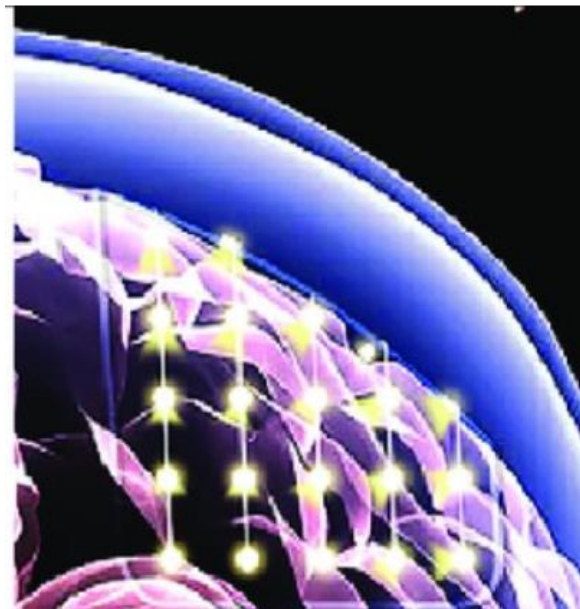
# Intrakraniální EEG

- Invazivní
- Pacienti s farmakorezistentní epilepsií
- Kognitivní testování během video-EEG monitorace

sEEG (stereo-EEG)

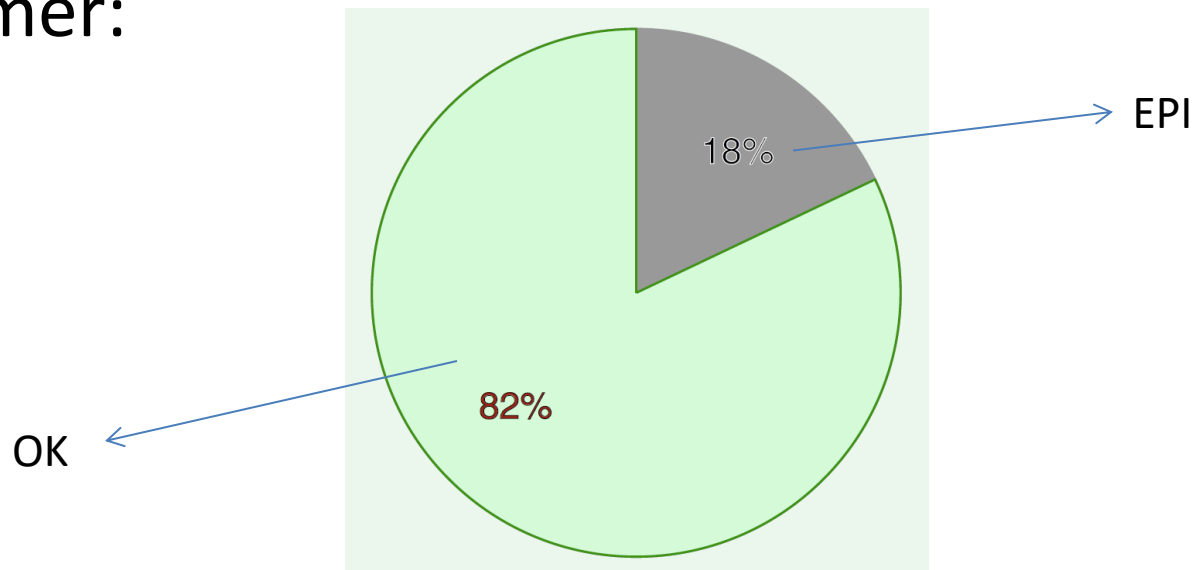


ECoG (elektrokortikografie)



# Fyziologické vs. patologické procesy

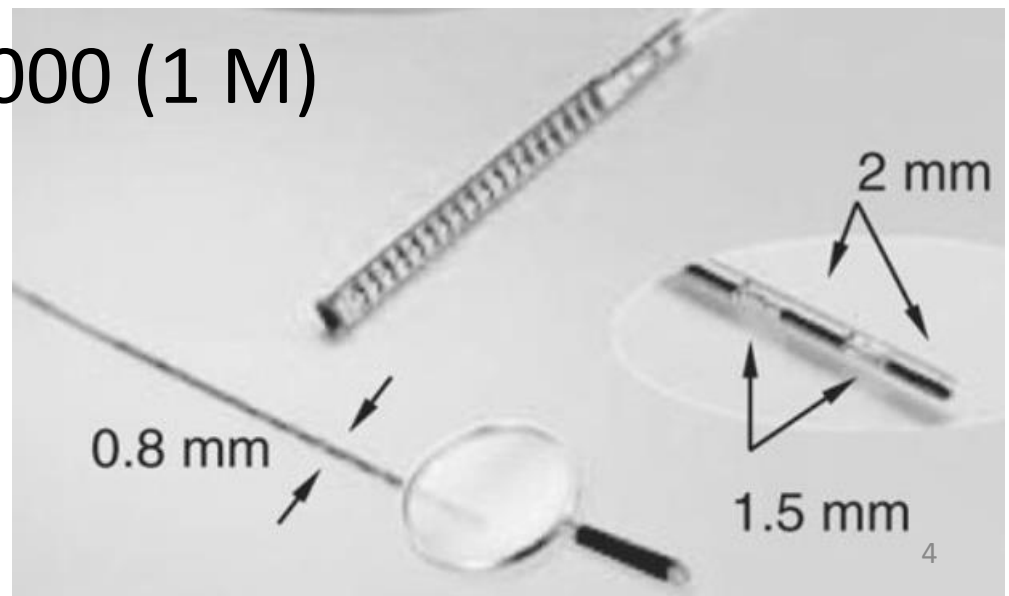
- iEEG je implantováno pro sledování patologických (epileptogenních) procesů
- Mnoho elektrod nahrává ze „zdravé“ části mozku
- Poměr:



Based on 100 patients at Stanford Medical Center  
Parvizi and Kastner (2018) Nature Neurosci

# Kontrolní otázka: kolik neuronů je v bezprostředním okolí iEEG elektrody ?

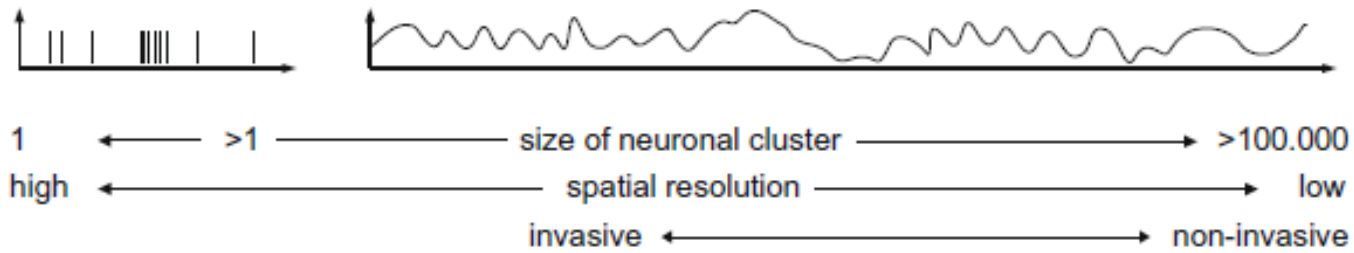
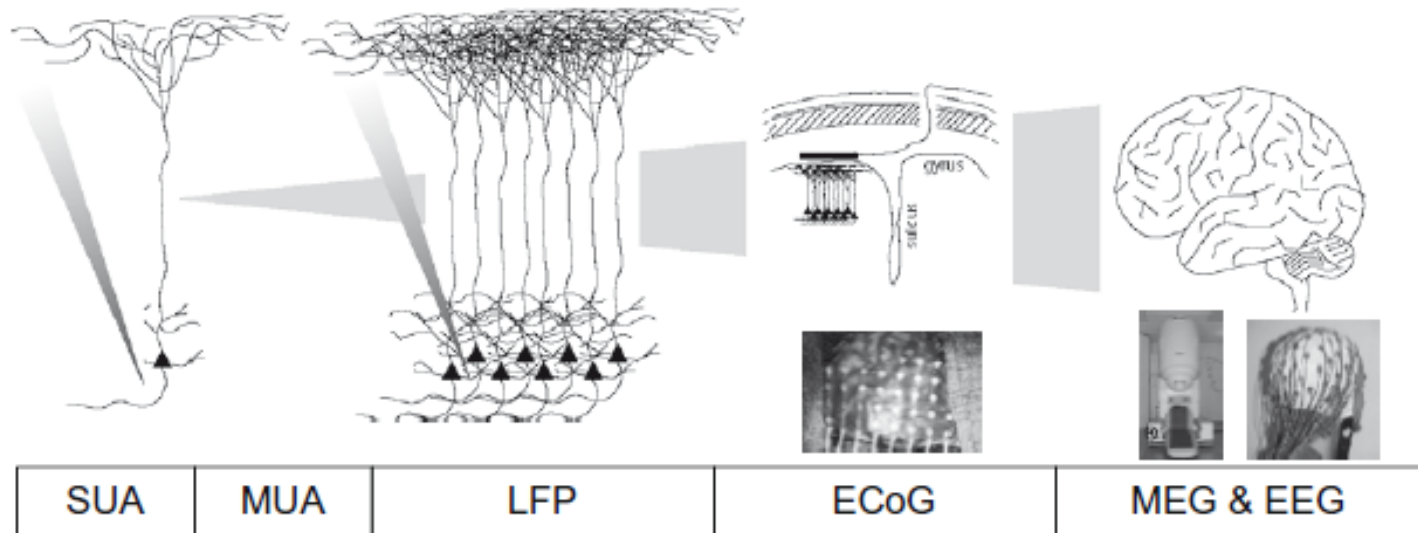
- A: 20 – 25 (varianta „klasik“)
- B: 100 – 1,000
- C: 1,000 – 10,000
- D: 10,000 – 100,000
- E: 100,000 – 1,000,000 (1 M)
- F: 1 M – 10 M
- G: 10 M – 100 M
- H: > 100 M



# Kolik neuronů je v bezprostředním okolí iEEG elektrody ?

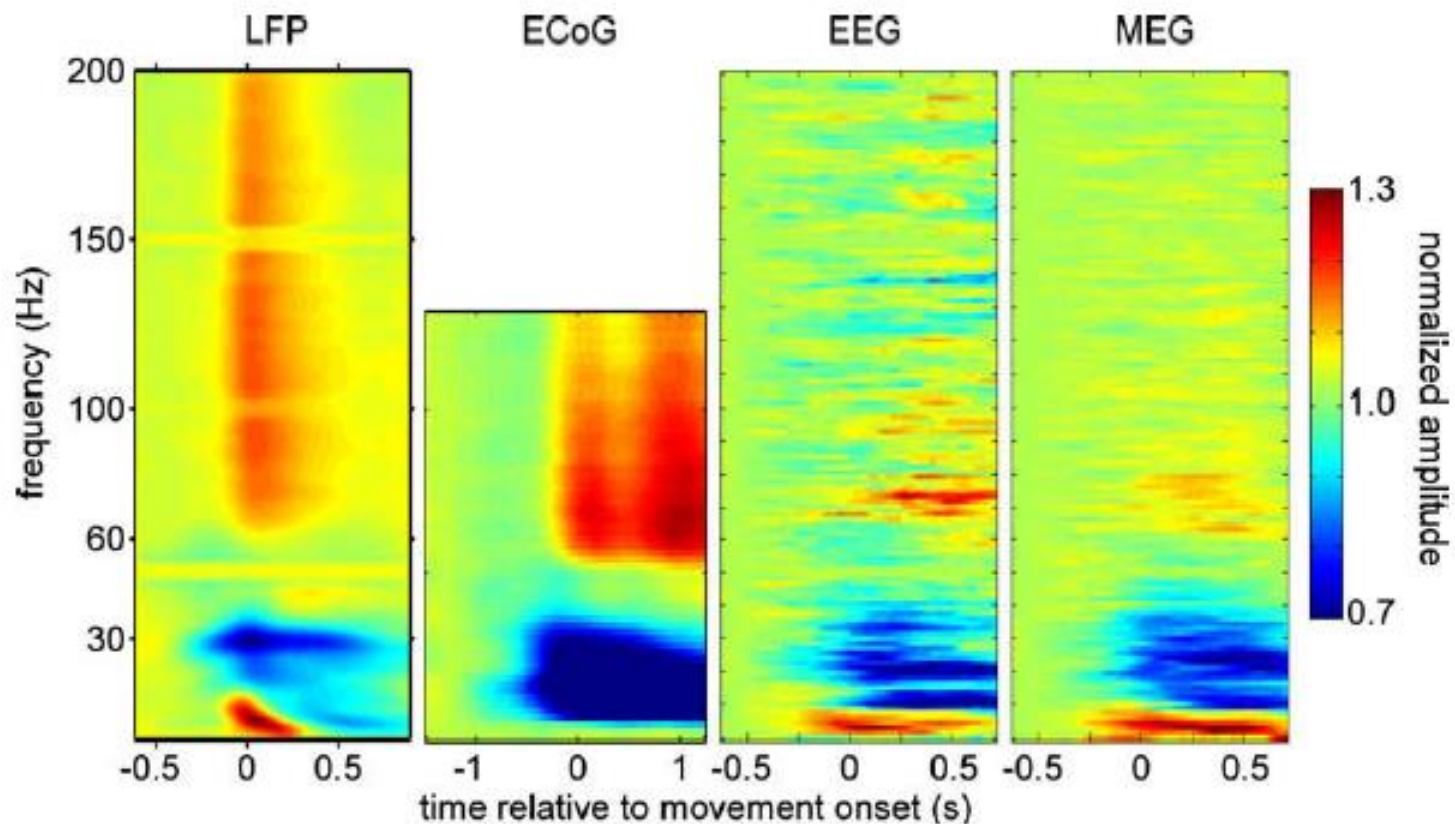
- Elektroda má povrch: 1 – 10 mm<sup>2</sup>
  - Hustota neuronů v kůře:  $\pm 100,000/\text{mm}^2$
  - E: 100,000 – 1,000,000
- 
- Otázka: kolik neuronů „přispívá“ k iEEG signálu ?
    - Není jednoduchá odpověď ...

# Elektrofyzilogické signály z mozku



# Analogové signály: LFP, iEEG, EEG, MEG

(spektrogramy začátku pohybu ruky v motorické kůře)



# iEEG: z pohledu kognitivní neurovědy

## Výhody

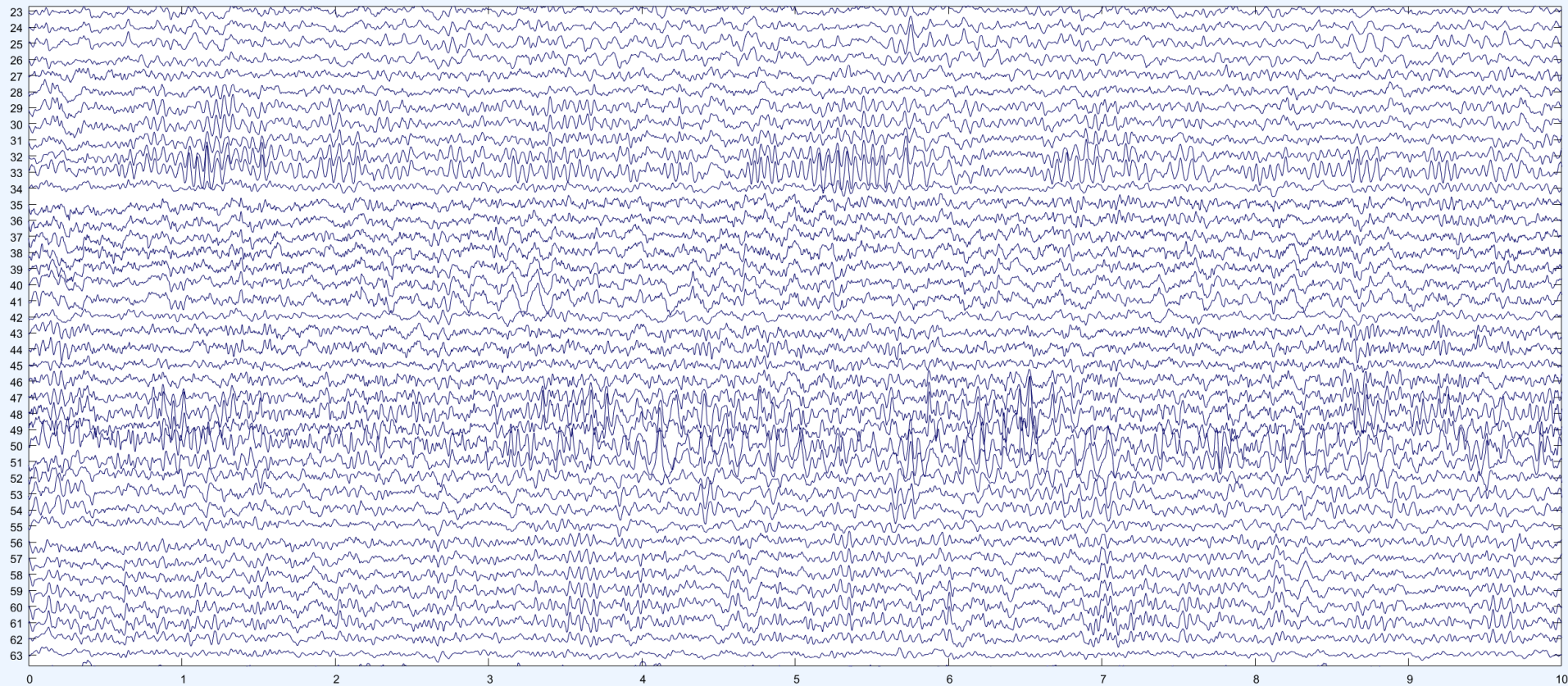
- Temporální rozlišení (ms)
- Prostorové rozlišení (mm<sup>3</sup>)
- Spektrální rozlišení (> 50 Hz)
- Studium lidského mozku
- Možnost el. stimulace

## Nevýhody

- Pouze u pacientů (EPI)
- Rozmístění elektrod (výlučně dle klinických potřeb)
- Není pokrytí celého mozku



# iEEG signál: co je v něm zakódováno?



Svatý grál kognitivního neurovědce: umět „číst“ v tomto signálu.

# Metodika zpracování iEEG: průměrování

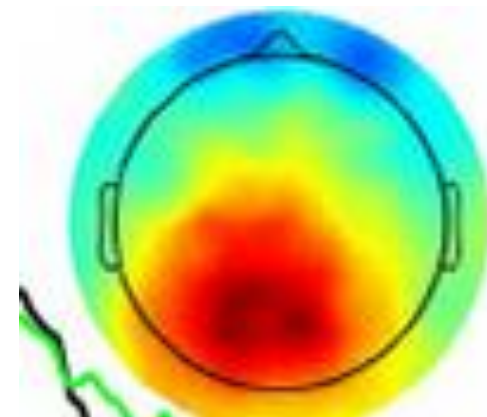
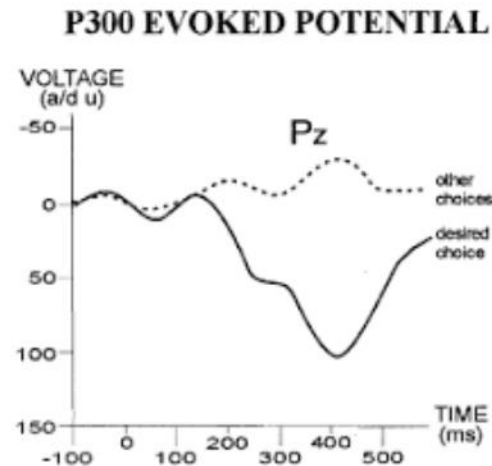
- Od toho se odvíjí i experimentální design
  - stimulus – response
  - opakovat, opakovat, opakovat, ...

- Proč průměrování?

- $X_{\text{recorded}} = Y_{\text{response}} + N(\sigma, 0)$
- Šum se v průměru vyruší

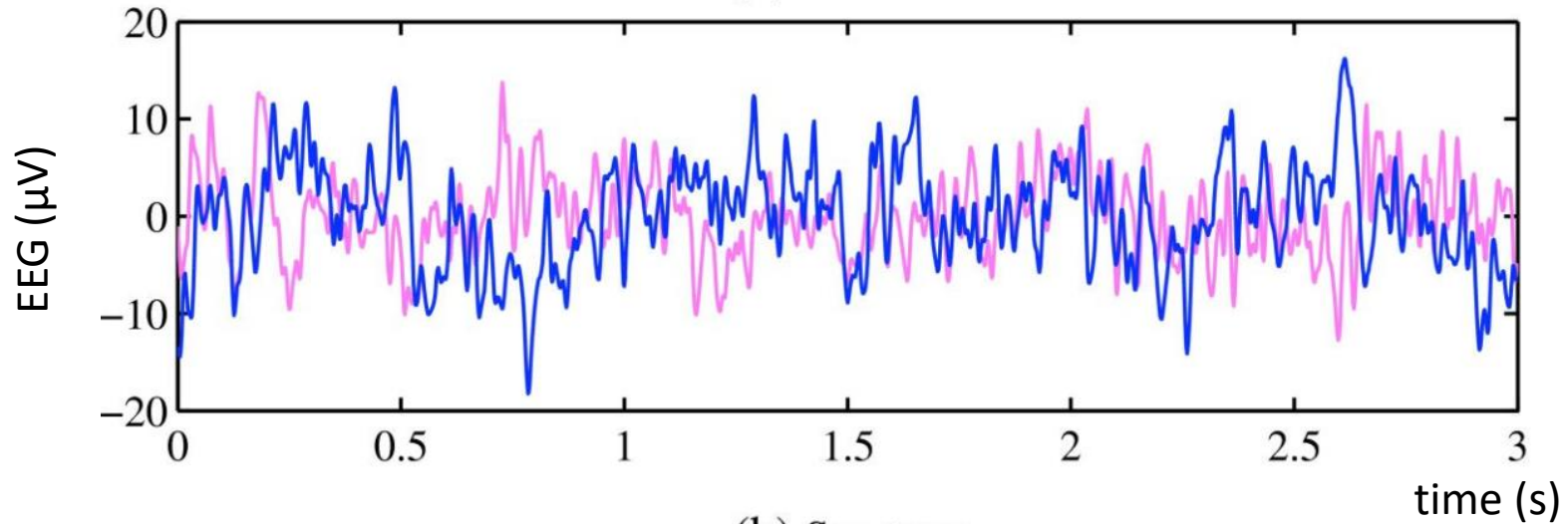
- Evokovaný potenciál (EP)

- VEP, AEP, SEP, MEP
- CNV, ERN, P300
- ...

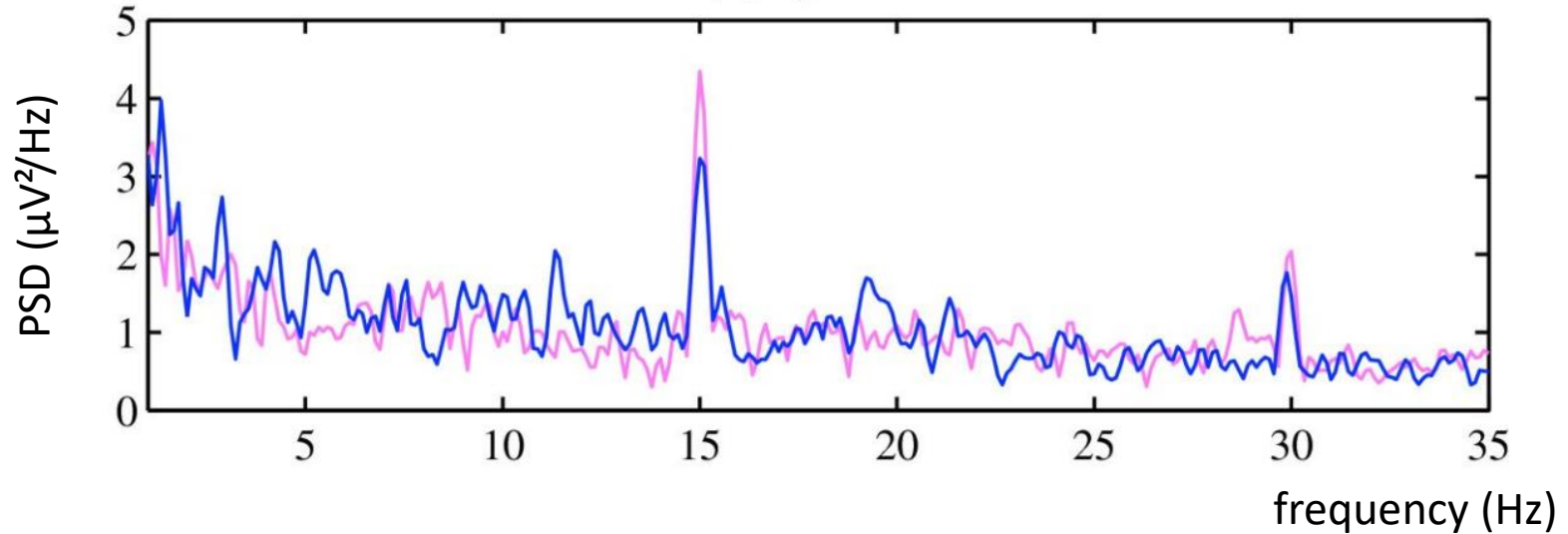


# Spektrální analýza iEEG

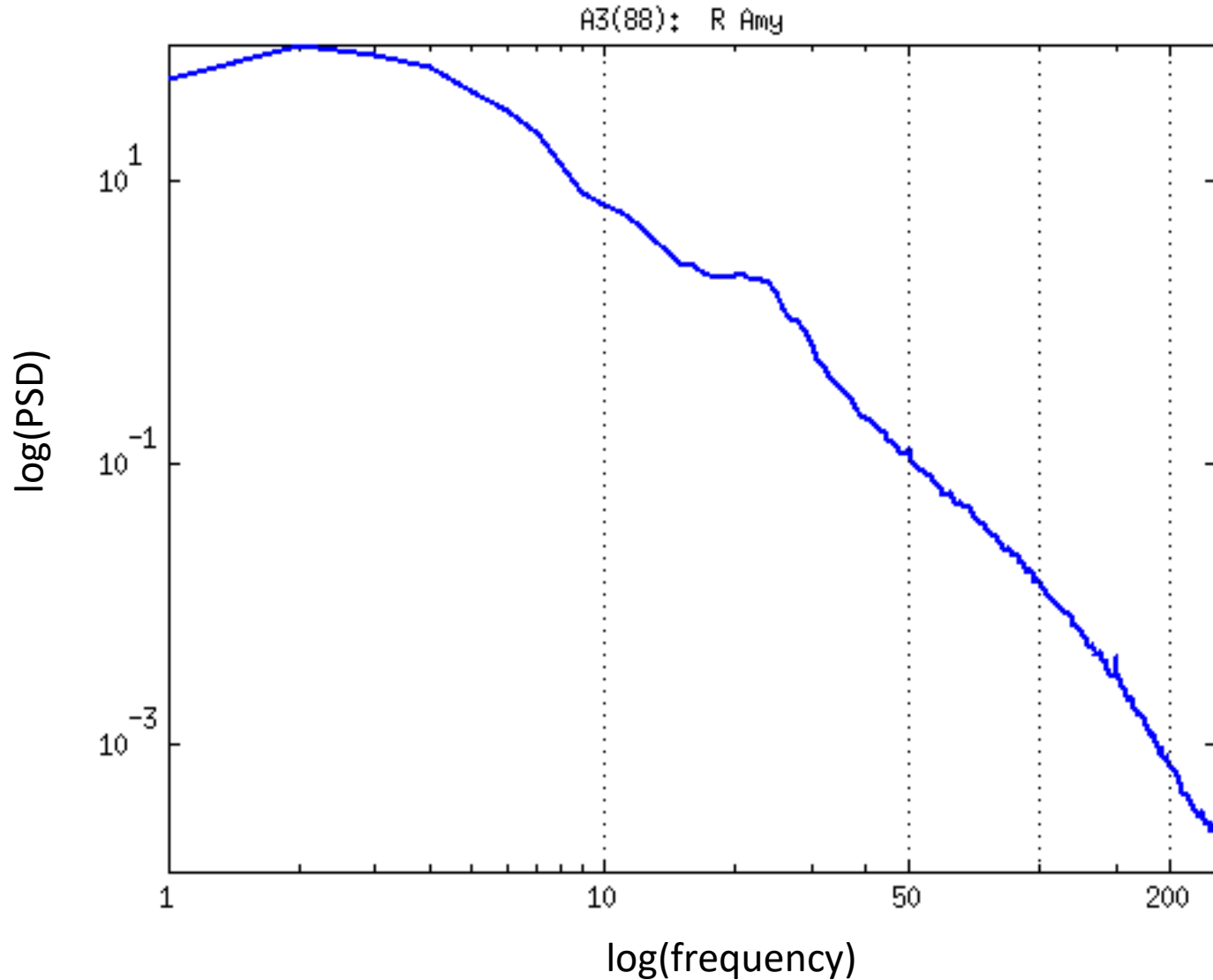
(a) Raw EEG



(b) Spectrum

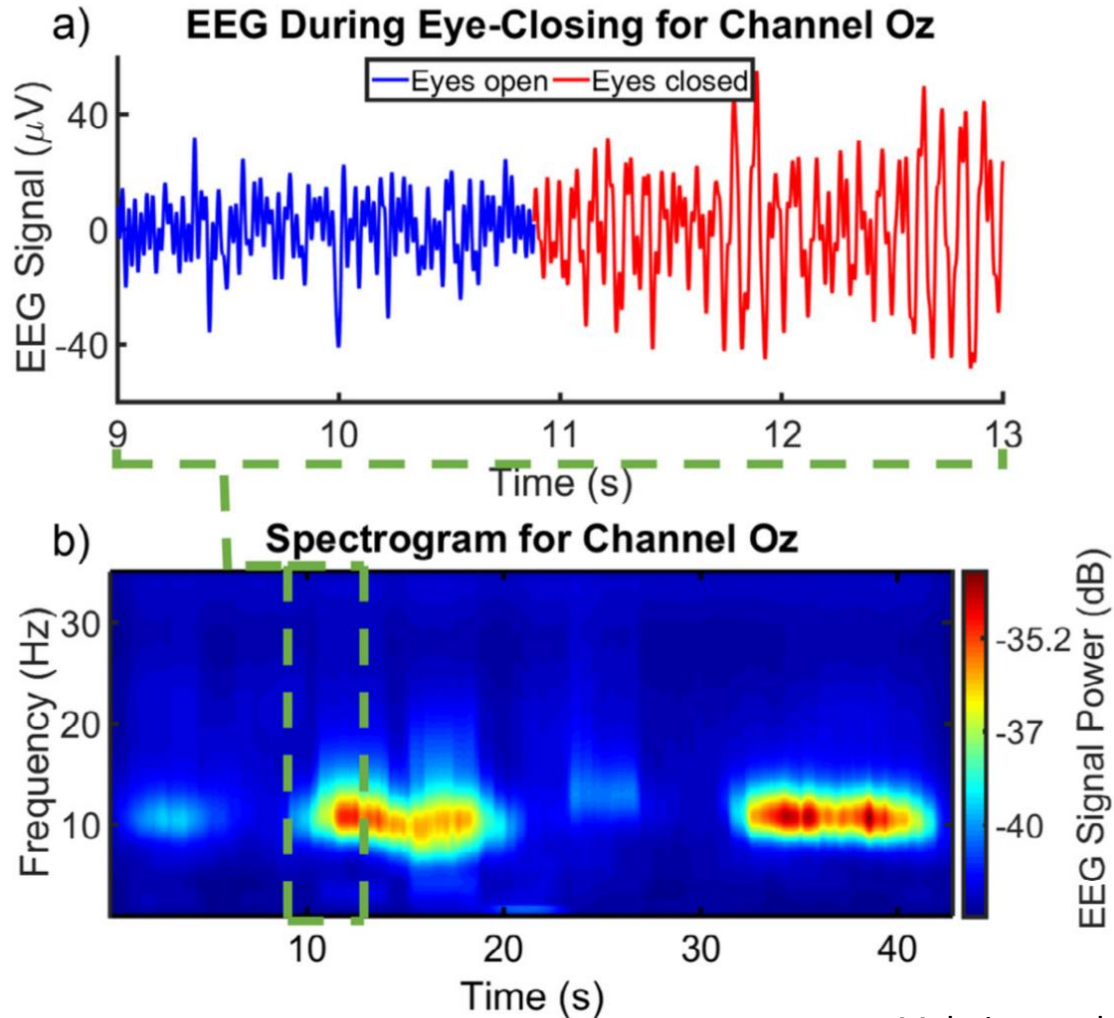


# Fourierova transformace iEEG signálu



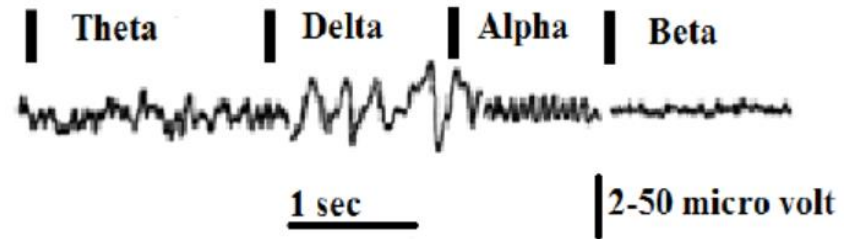
# Spektrogram

(time-frequency decomposition)



# Frekvenční pásma EEG

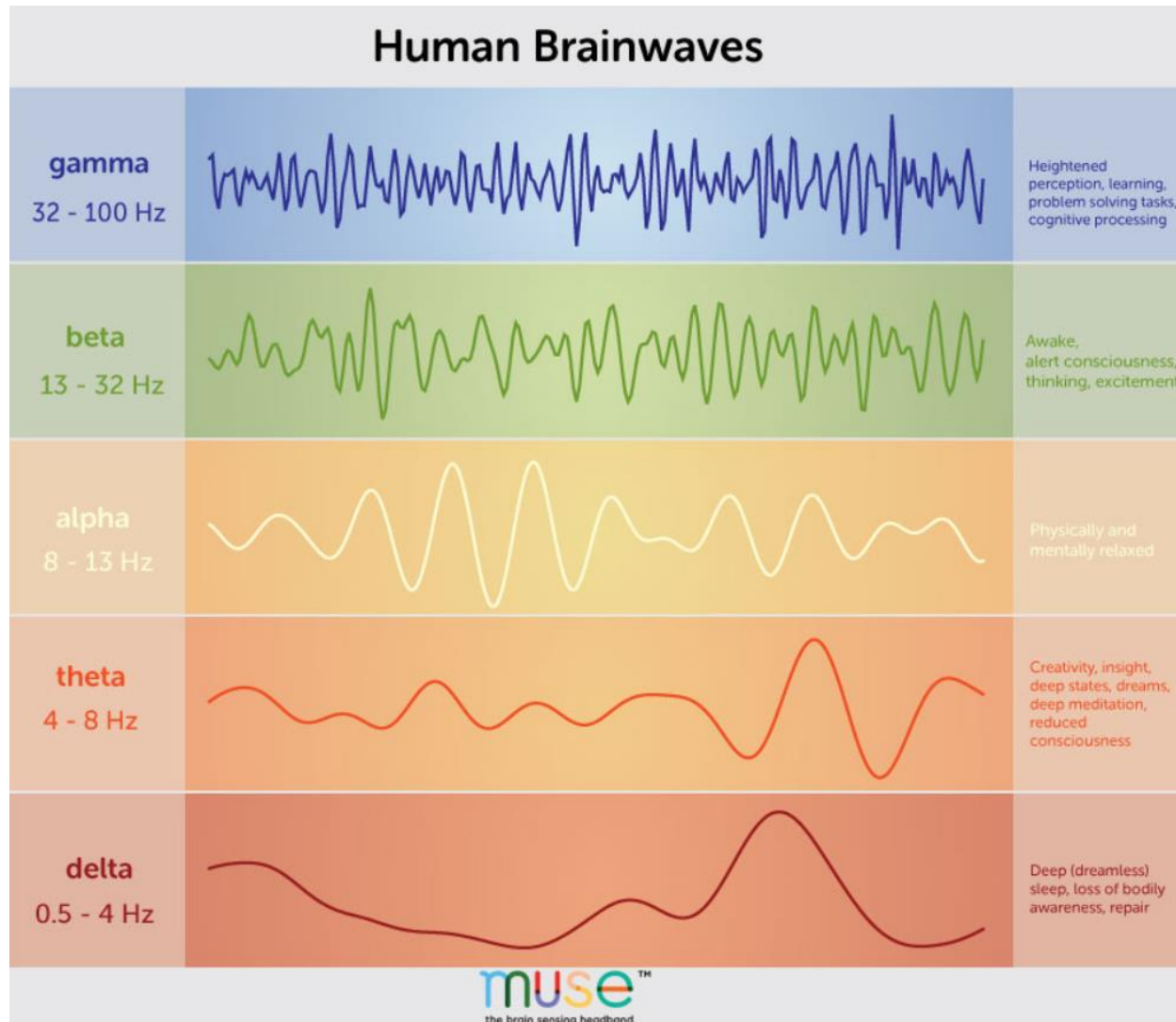
(frequency bands)



- Alfa (8 – 12 Hz)
- Beta (13 – 30 Hz)
- Gamma ( > 30 Hz)
  - Low gamma (30 – 50 Hz)
  - **High gamma (> 50 Hz)**
- Delta (1 – 3 Hz)
- Theta (4 – 7 Hz)

# Frekvenční pásma EEG

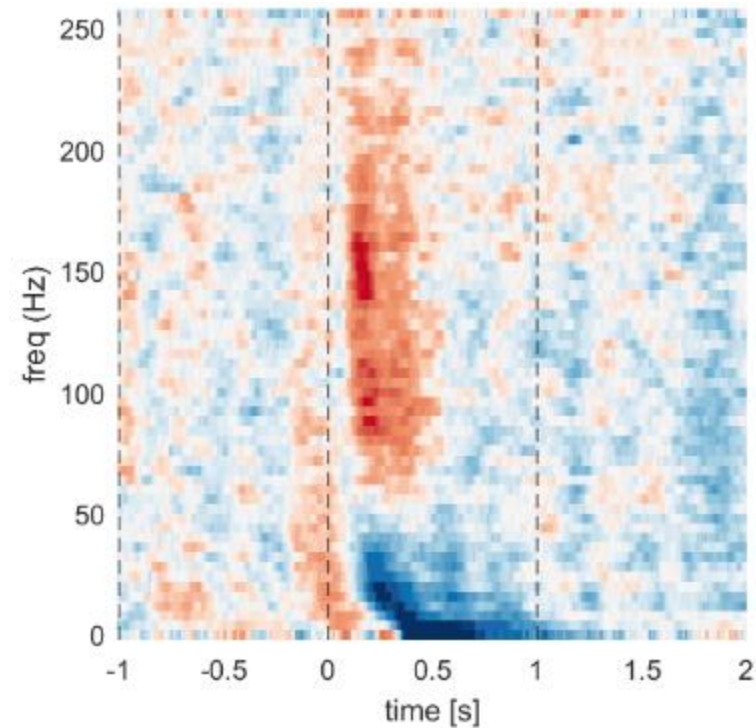
(frequency bands)



# High-gamma band

(50 – 300 Hz, aka: HGB, HFA, BBA, ...)

- Ukazatel (biomarker) aktivity neuronů v okolí elektrody
- Koreluje se
  - SUA/MUA
  - fMRI BOLD signálem
- HFA vs. HFO (high-frequency oscillation)



Kalina et al. (2019) in prep.



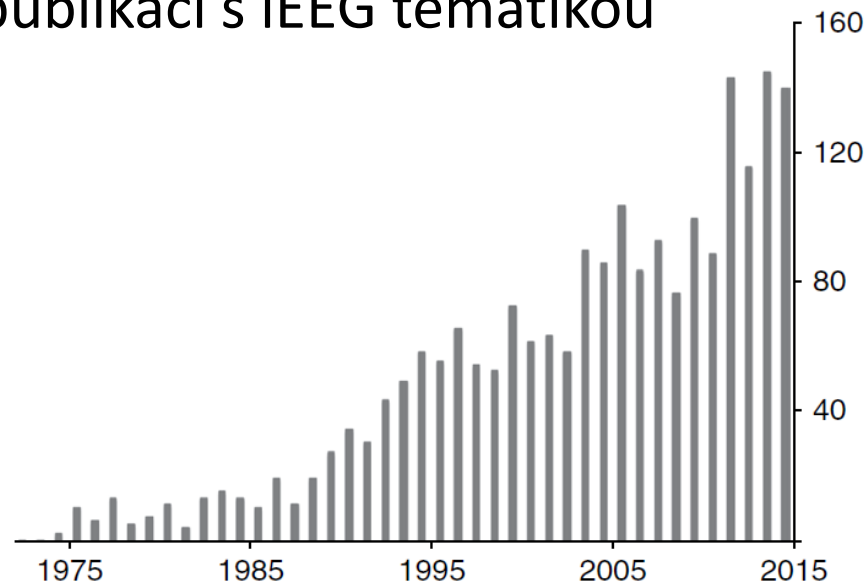
# Charakteristiky iEEG aktivací

- Aktivity ve frekvenčních pásmech
  - High-gamma
- Cross-frequency coupling
  - amplitude-phase (gamma-theta)
  - phase-phase
- Functional connectivity
  - MI (mutual information)
  - PLV (phase-locking value)
  - Granger causality
  - DCM (dynamic causal modeling)
  - ...

# Konkrétní příklady/studie

- Neurologická klinika 2. LF a FN Motol
- Brain-machine interface (BMI)

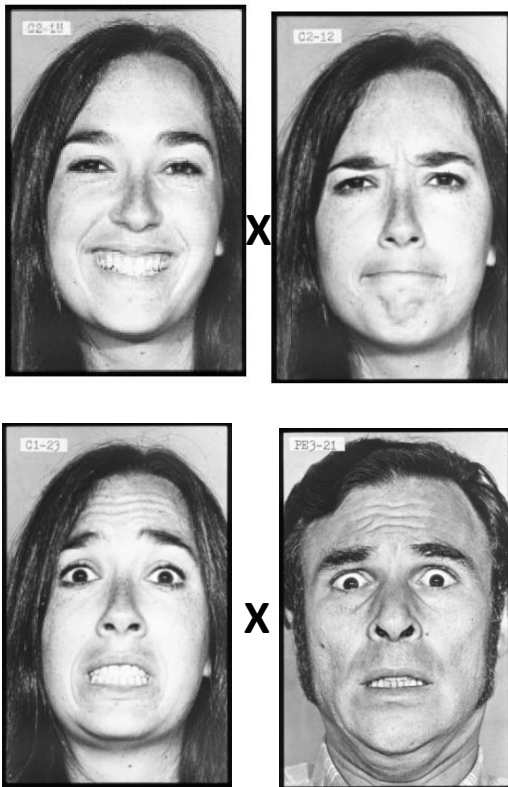
Počet publikací s iEEG tématikou



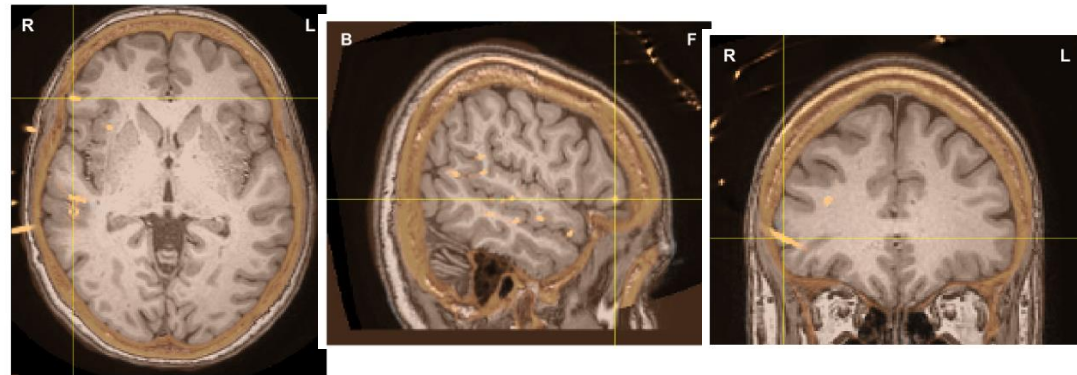
Parvizi and Kastner (2018)

# Test: Rozpoznávání emocí

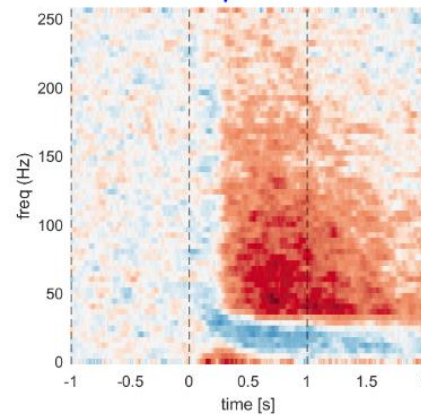
Stimuli



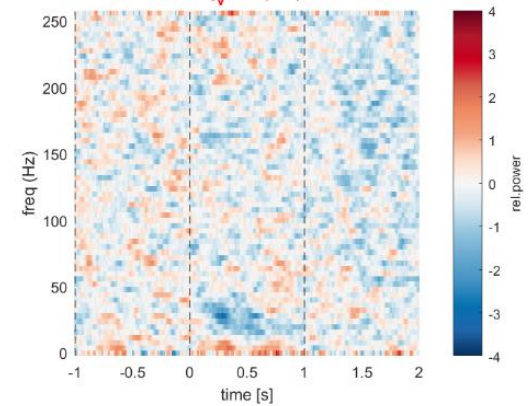
Lokalizace: R IFG (inferior frontal gyrus)



Emoce

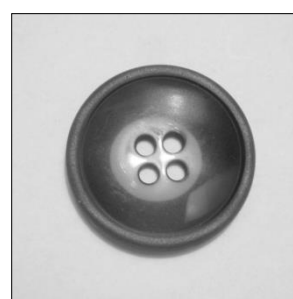
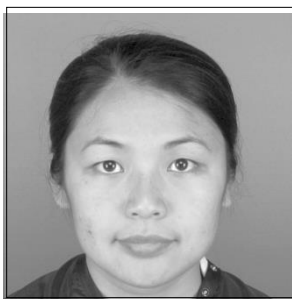
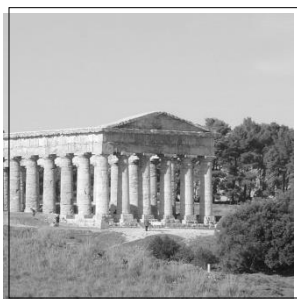


Objekty (kontrolní úloha)



# Test: Obrázky tří kategorií

## PPA/FFA localizer



**Scény**

**Obličeje**

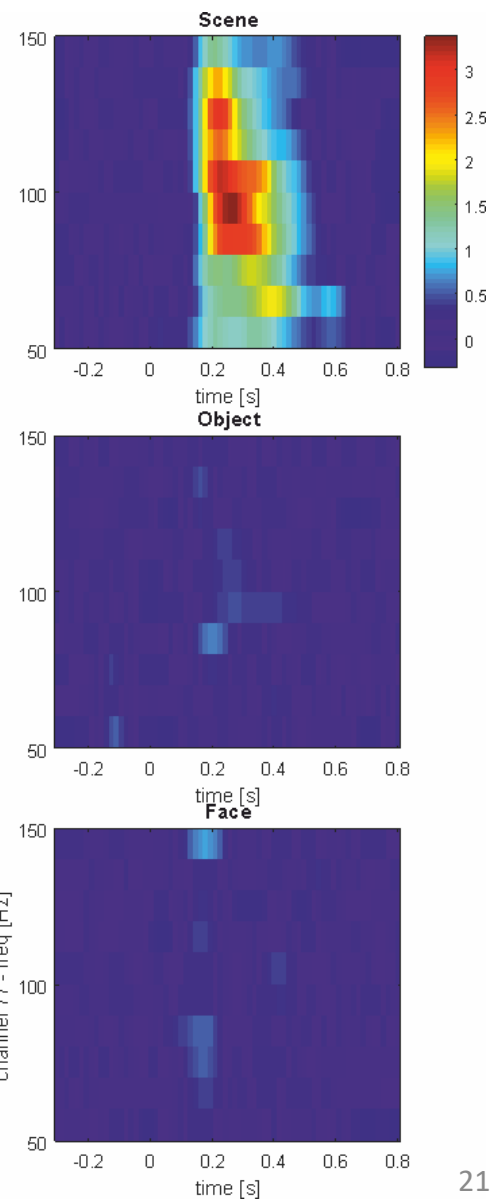
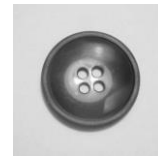
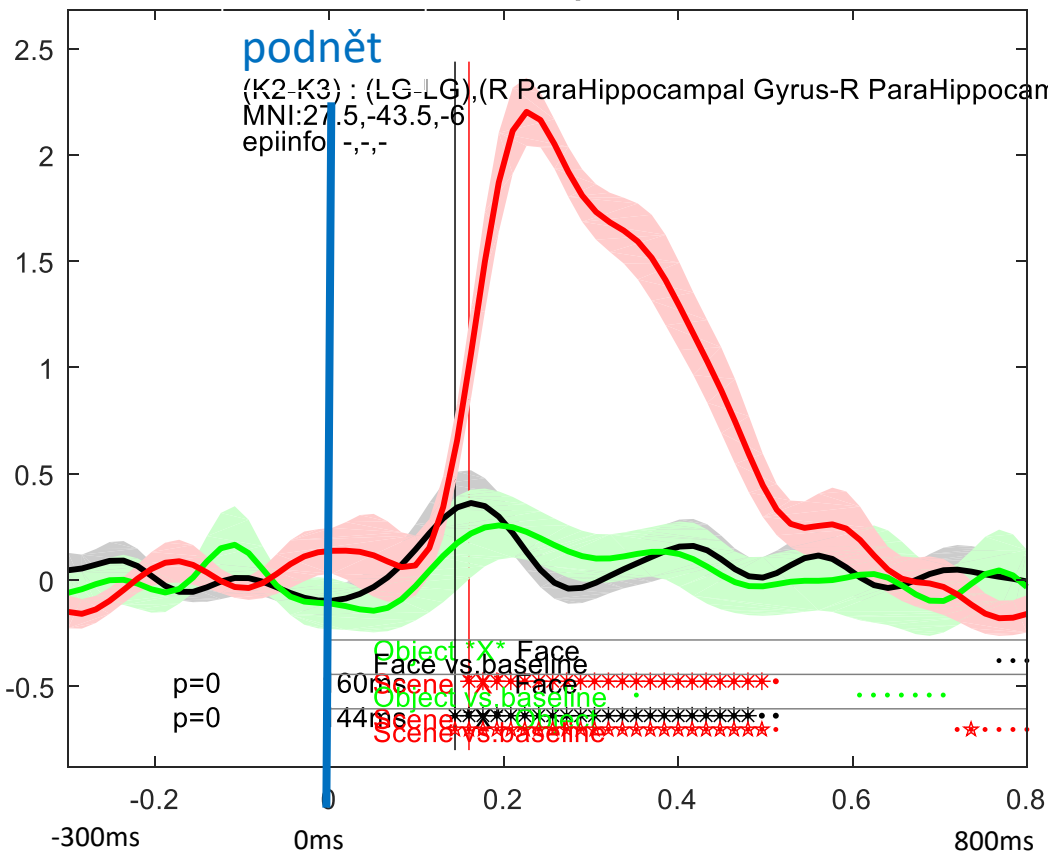
**Objekty**

# Odpoověď oblasti PPA

channel 77 - p97-VT13

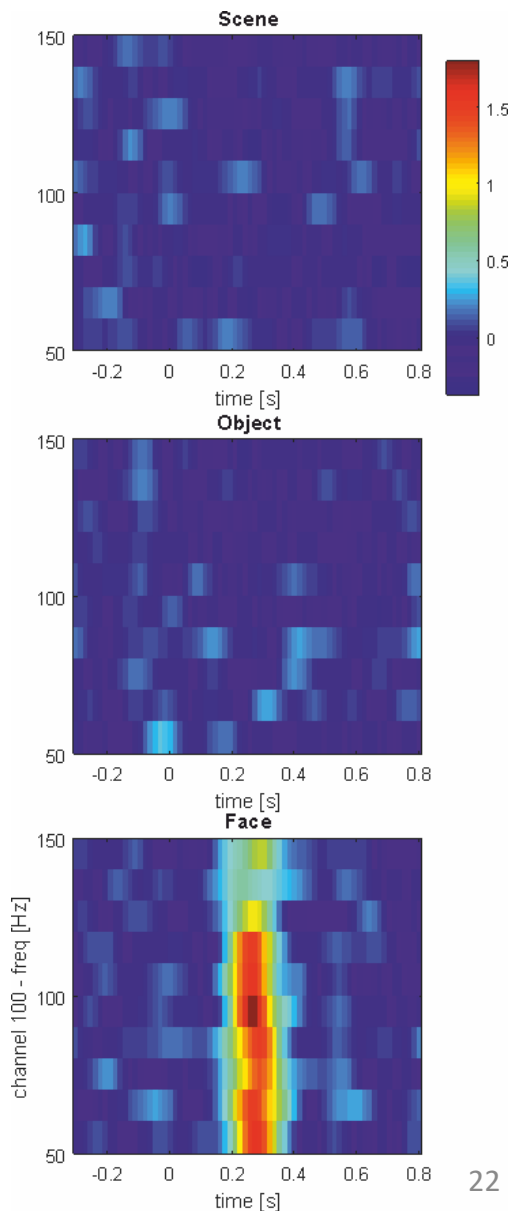
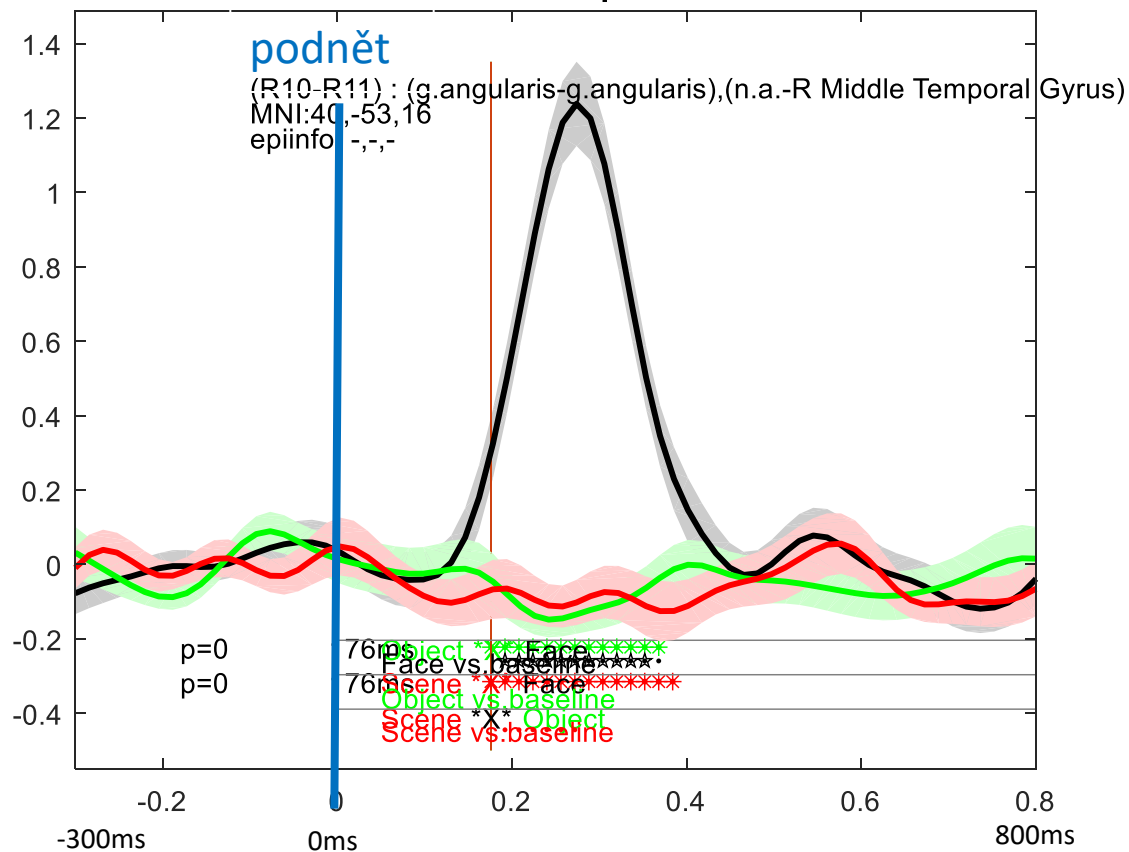
podnět

(K2-K3) : (LG-LG),(R ParaHippocampal Gyrus-R ParaHippocampal Gyrus)  
 MNI:27.5,-43.5,-6  
 epiinfo:,-,-

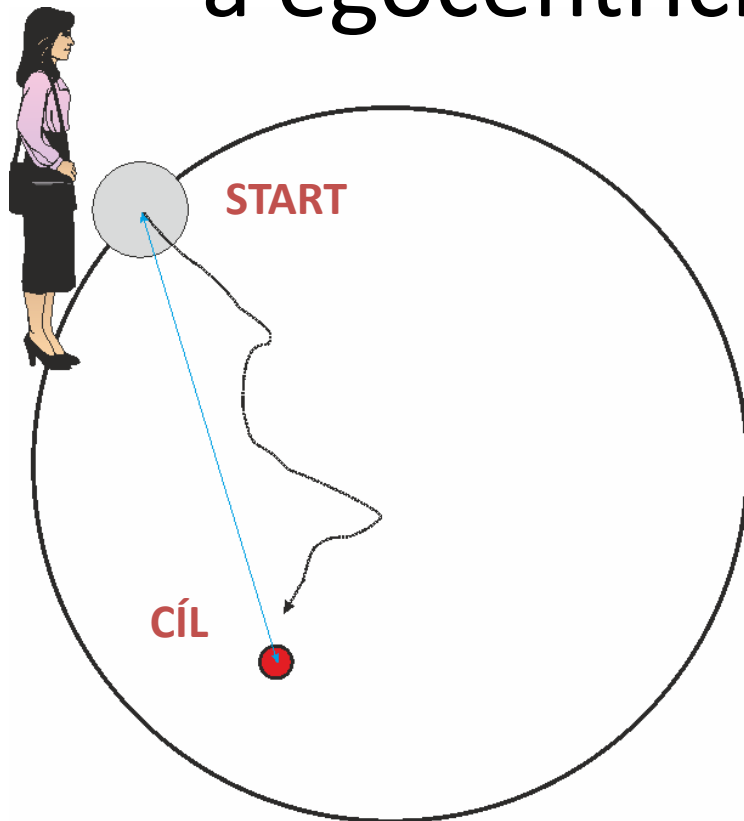


# Odpověď oblasti FFA

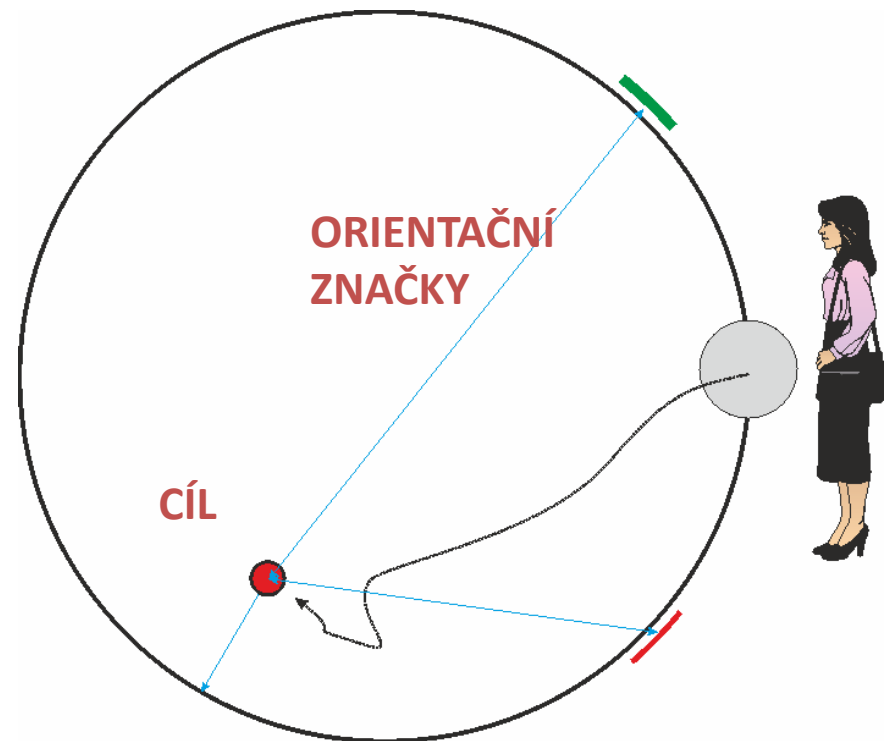
channel 100 - p79-VT8



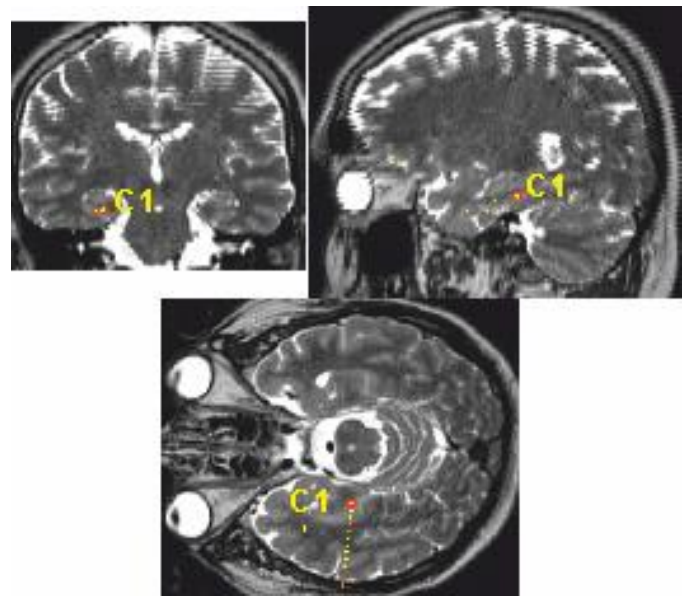
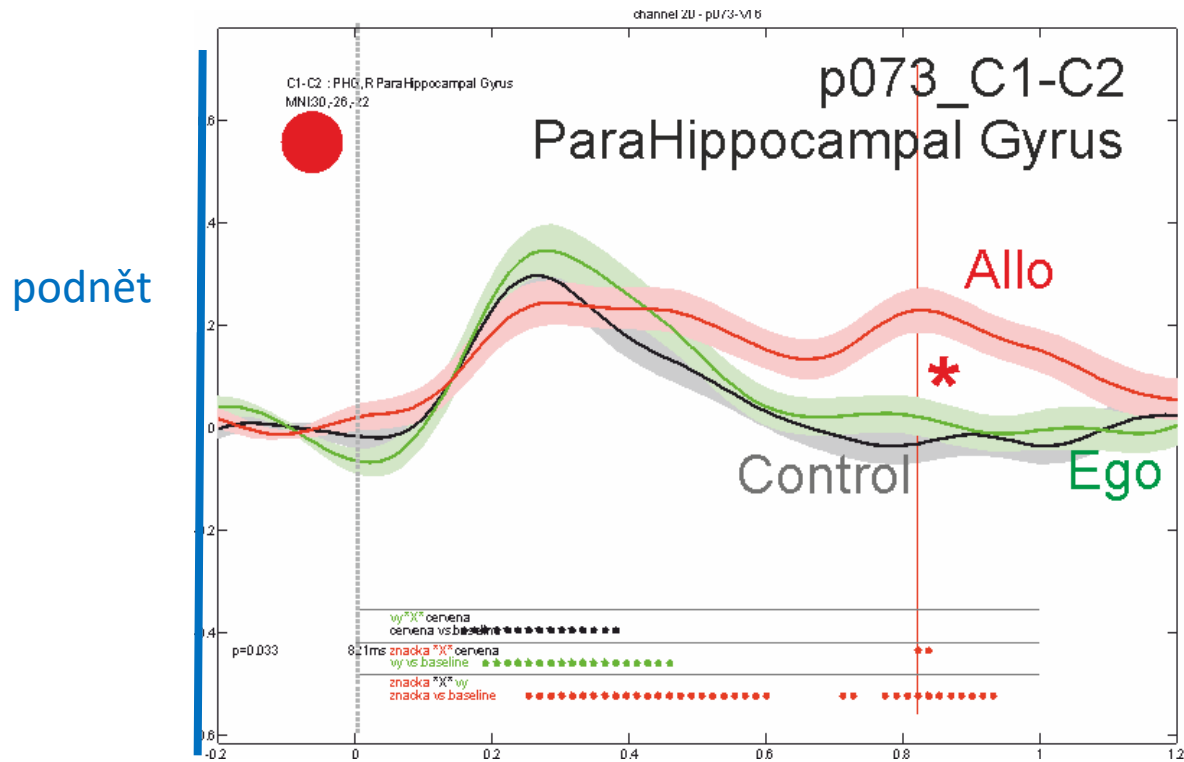
# Test odhadu allocentrických a egocentrických vzdáleností



Egocentrická reprezentace



Allocentrická reprezentace



-200ms

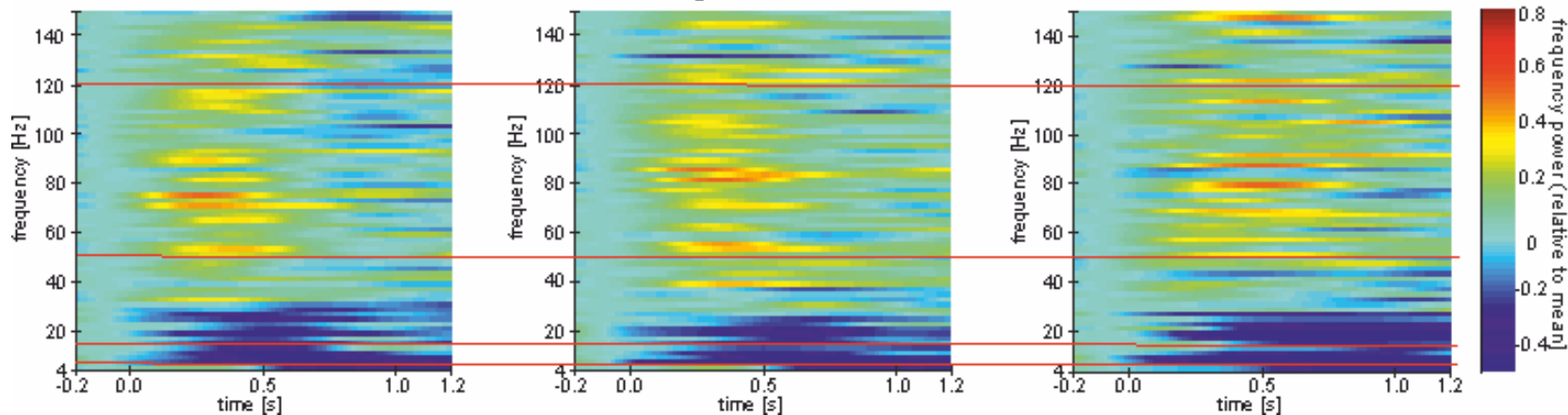
0ms

1000ms

Control trials

Egocentric trials

Allocentric trials



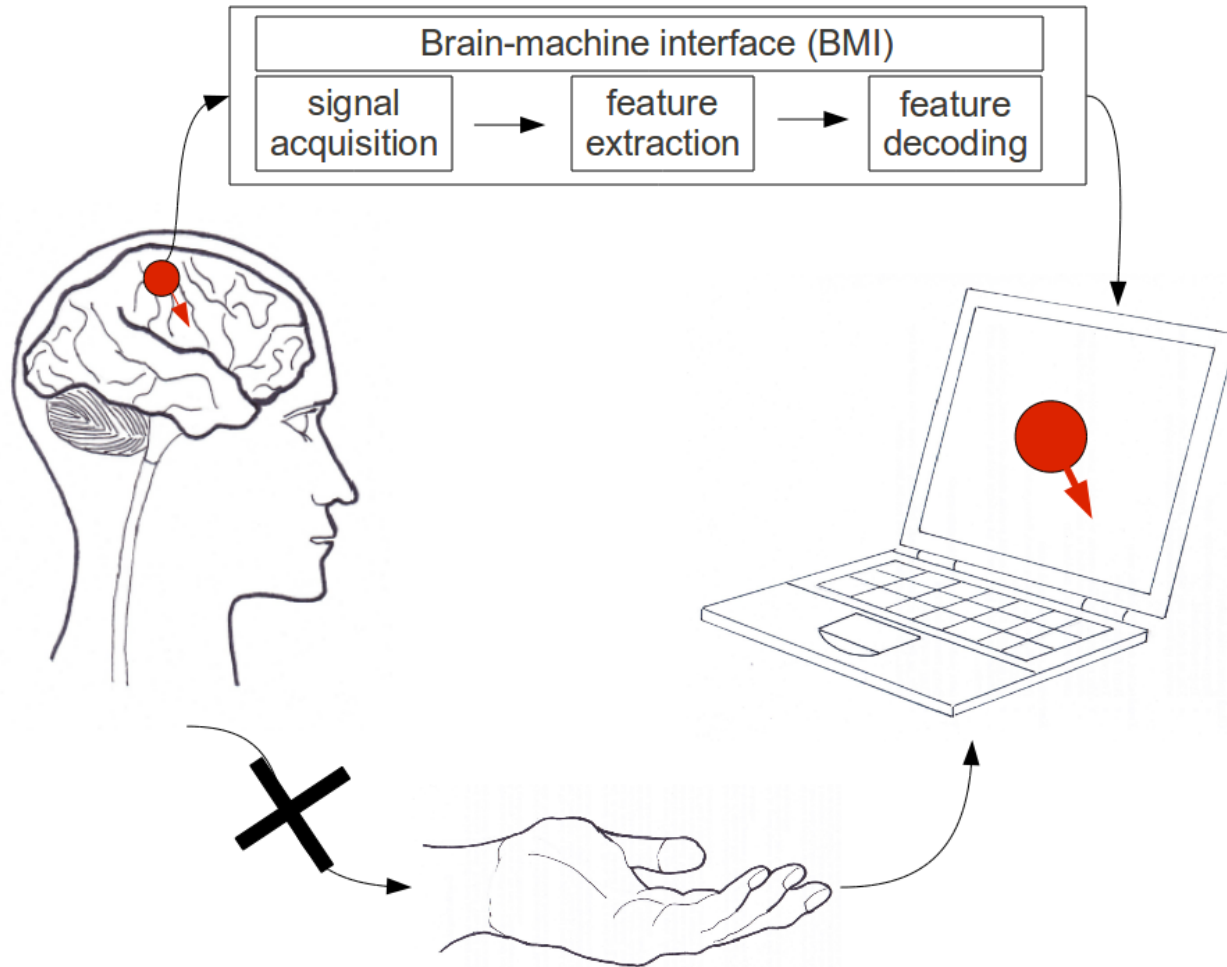


# Test: motorika

(kódování pohybu v motorické kůře)

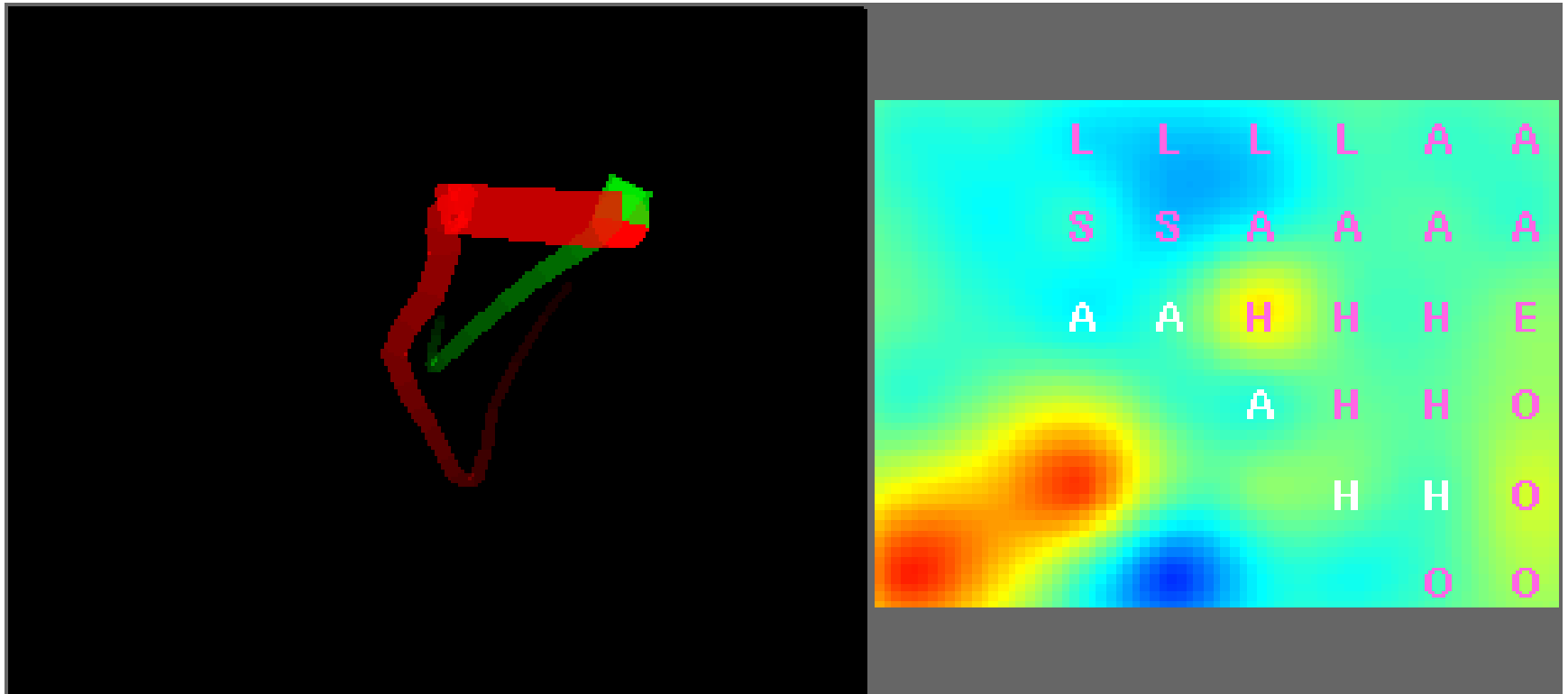


# BMI - principles



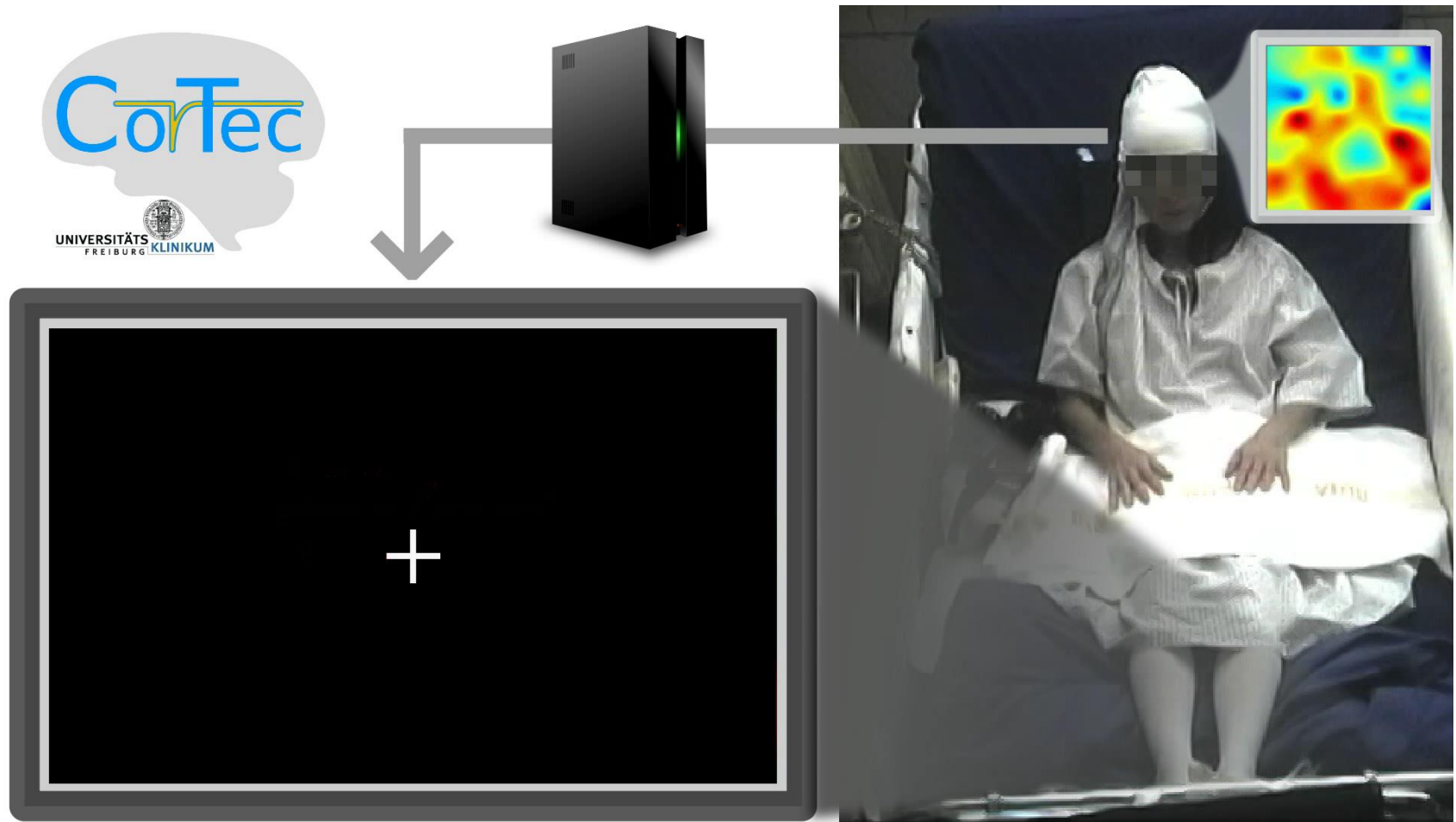
# Biomimetický BMI, ECoG: ukázka 1

(electrocorticography)

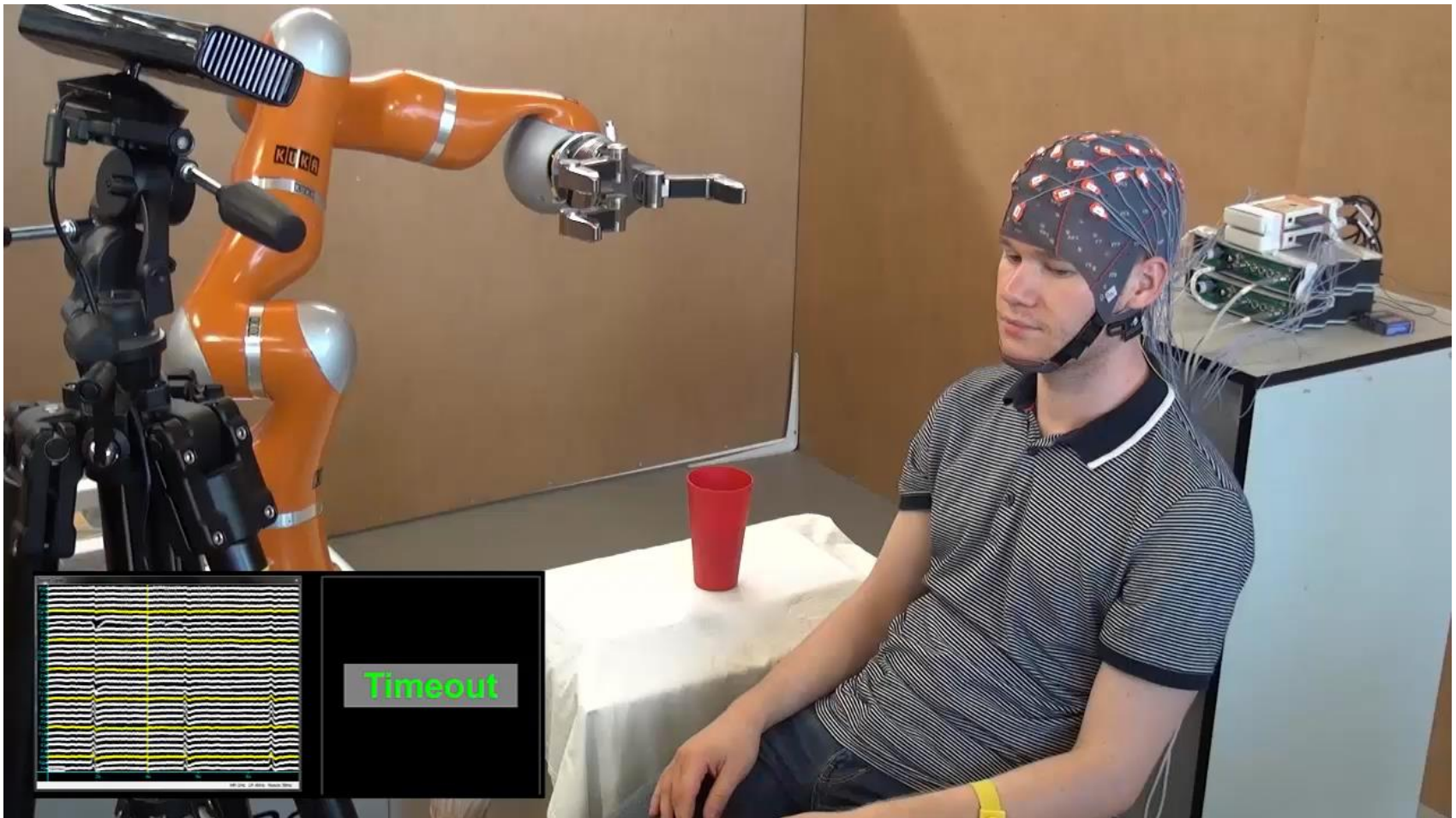


# Biomimetický BMI, ECoG: ukázka 2

(electrocorticography)



# NeuroBots: EEG robotic arm control



# Trendy kognitivního iEEG výzkumu

- Sdílení iEEG dat mezi výzkumnými centry
- Syntéza dat
  - EEG, fMRI, strukturální konektivita, el. stimulace,  
...
- Zkoumání interakcí mezi různými oblastmi mozku
- El. stimulace kortexu během kognitivních testů
- Closed-loop feedback (neuro-rehabilitace)