BSG 2018

Analýzy intrakraniálního EEG signálu

Ing. **Radek Janča**, Ph.D.

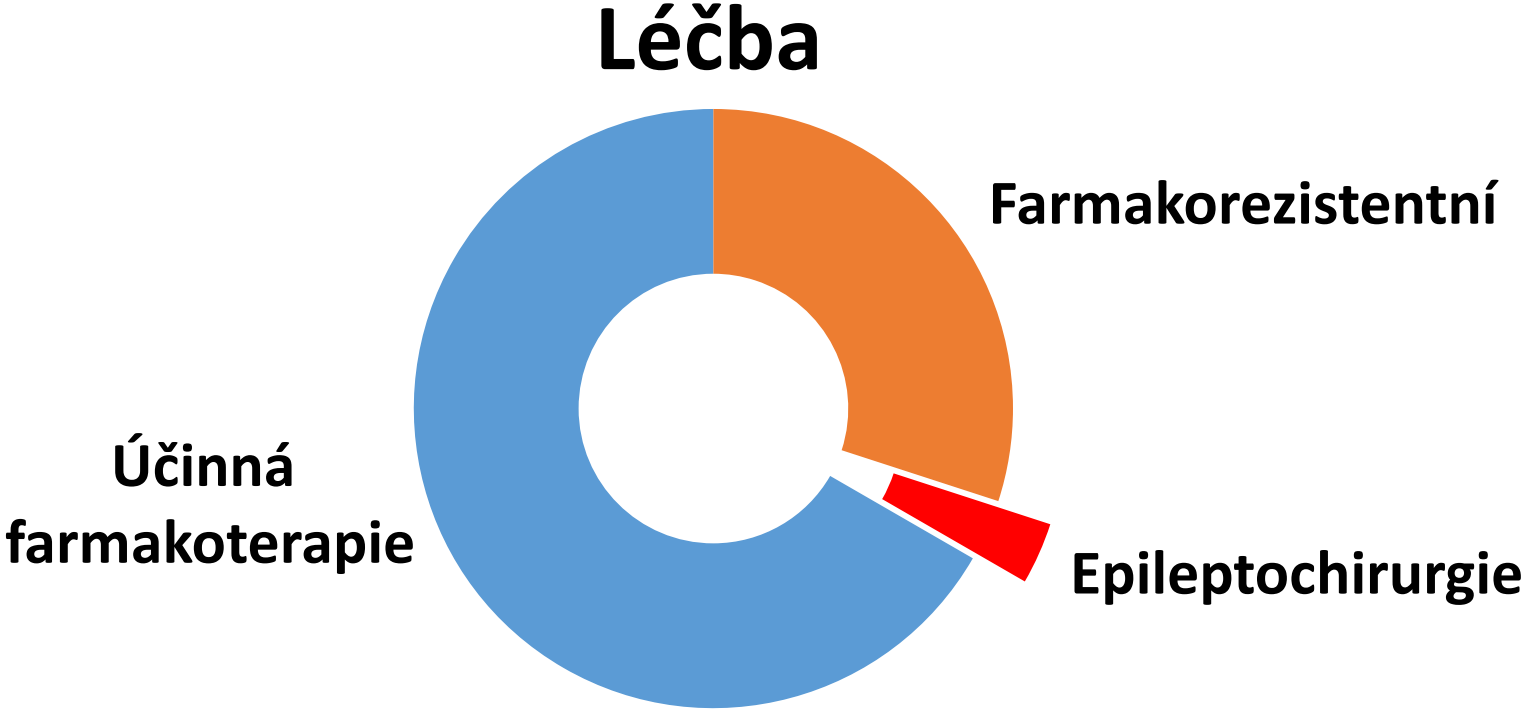
jancarad@fel.cvut.cz

Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze
Česká republika

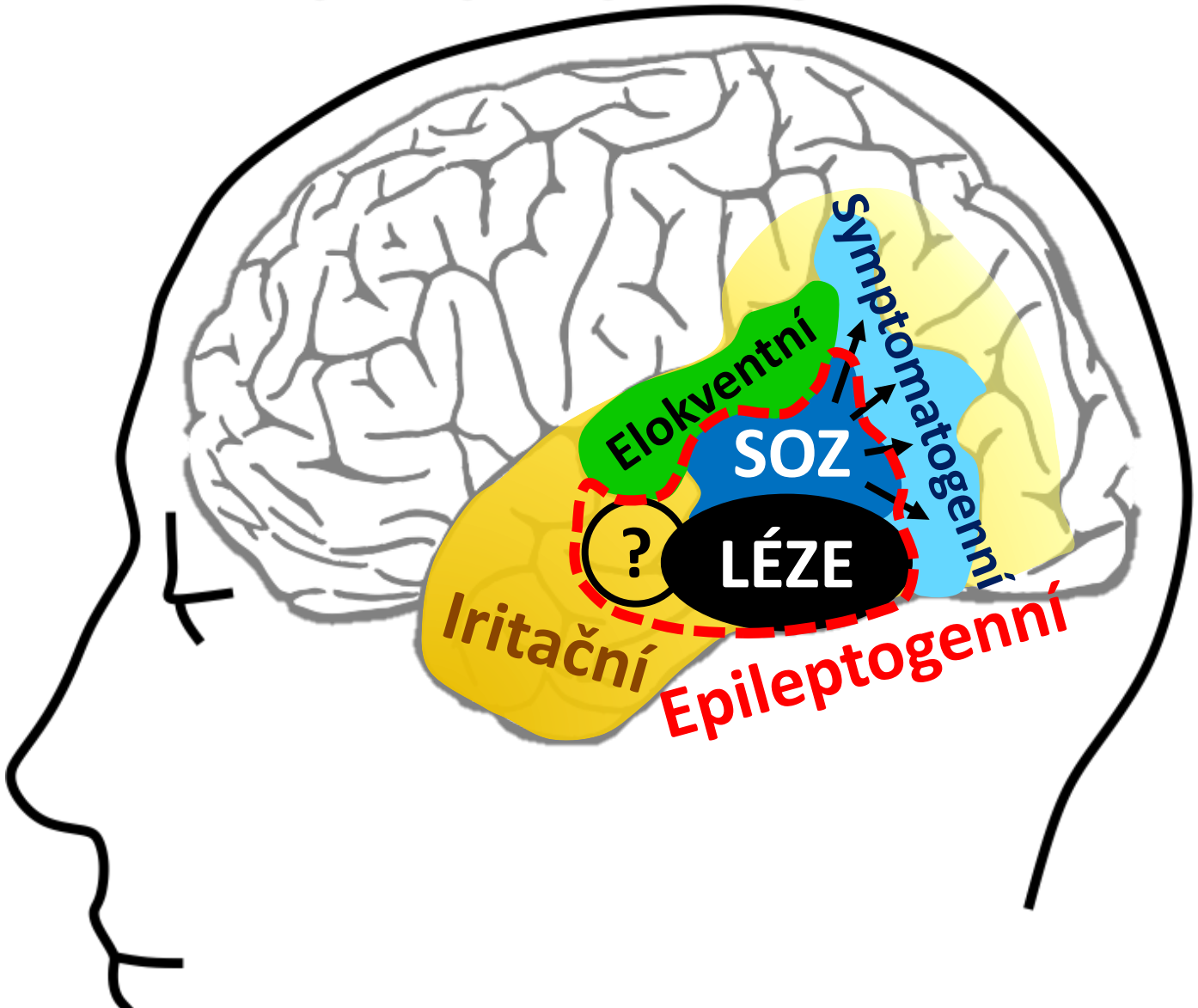
FN MOTOL

Epilepsie

- **Chronické neurologické onemocnění**
  - Cca 0,5-1 % populace
  - Spontánní vznik záchvatů
  - Vrozené i získané

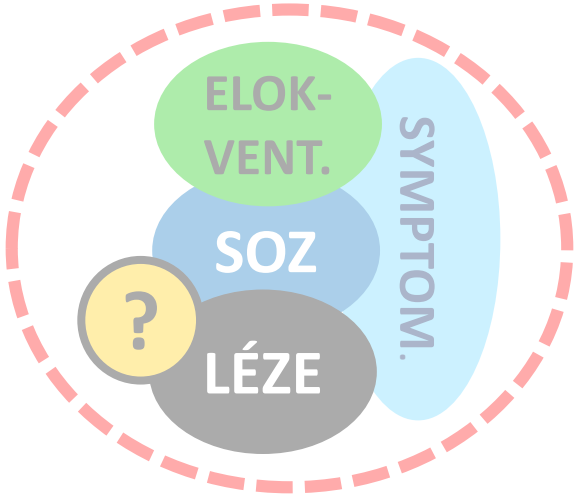


Koncept epileptických zón/sítí



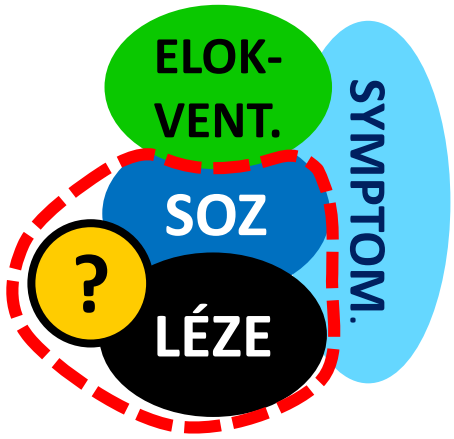
Princip epileptochirurgie

ROZSÁHLÁ RESEKCE



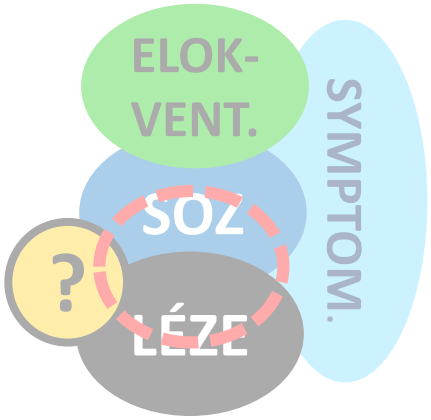
- Kompletní resekce
- Funkční deficity
- Pooperační komplikace

OPTIMÁLNÍ RESEKCE



- Kompletní resekce
- Bez funkčních deficitů

OMEZENÁ RESEKCE



- Přetrvání záchvatů
- Bez deficitů

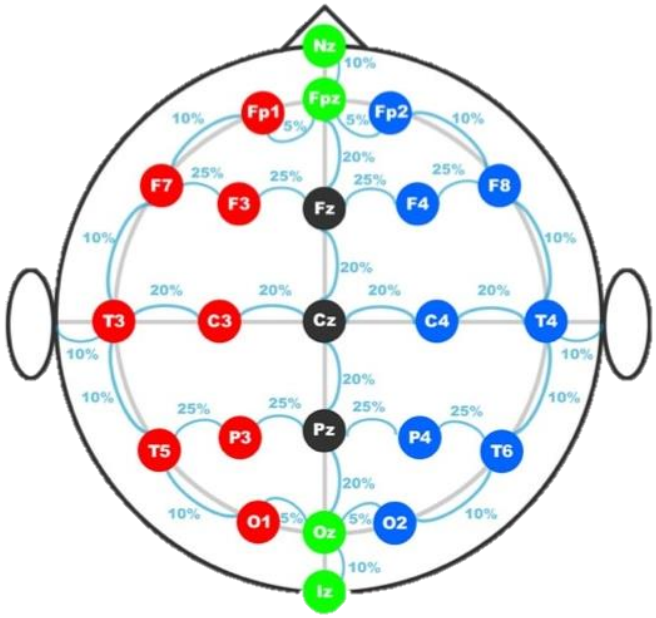
Běžná vyšetření

- **Rodinná, osobní anamnéza**
  - Genetika, prodělané choroby,...
  - Okolnosti záchvatu (příznaky, ze spánku/bdění, průběh, provokace)
  - Vyloučení jiných příčin (úraz, metabolická porucha, jiné neurologické onemocnění)

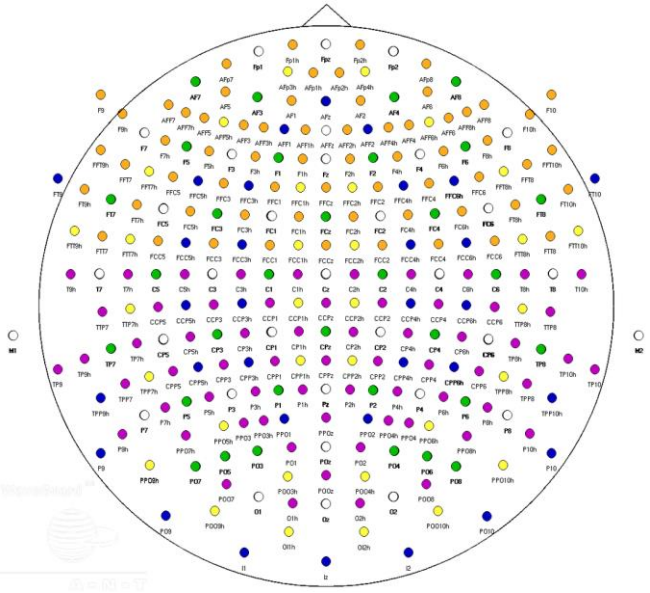
- **Neurologické vyšetření**
  - Povrchové EEG, Video EEG (iktální)
  - Semiologie záchvatů
  - Neurozobrazovací vyšetření (CT, MRI)
  - Funkční zobrazení (SPECT, PET, fMRI)
  - Neuropsychologie (test laterality, IQ, kognitivní výkon)
  - Wada test

Analýzy iEEG signálu

- **Standardní systém 10-20**
  - 21 kontaktů (81 u 10-10)
  - lateralizace, určení lalok
  - povrchové struktury
  - video EEG

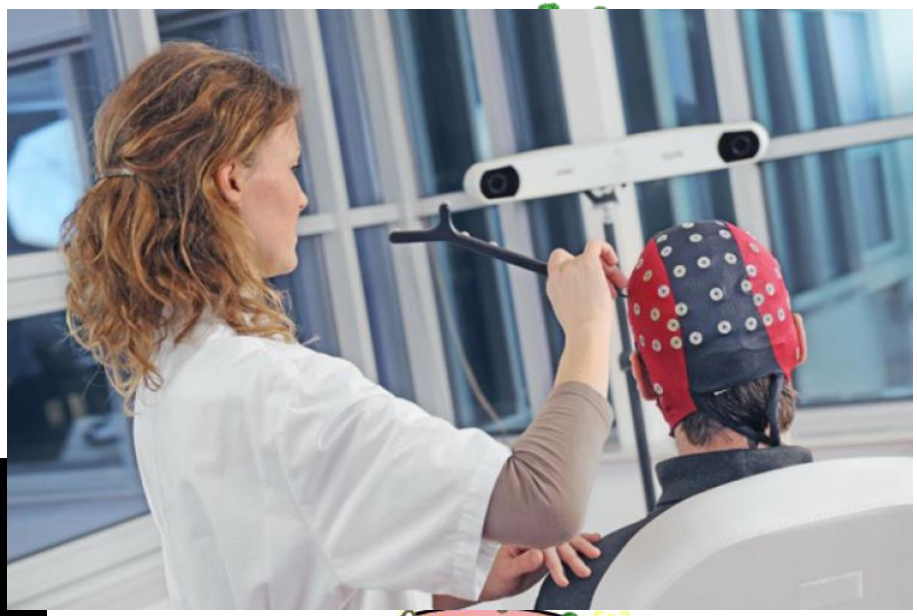


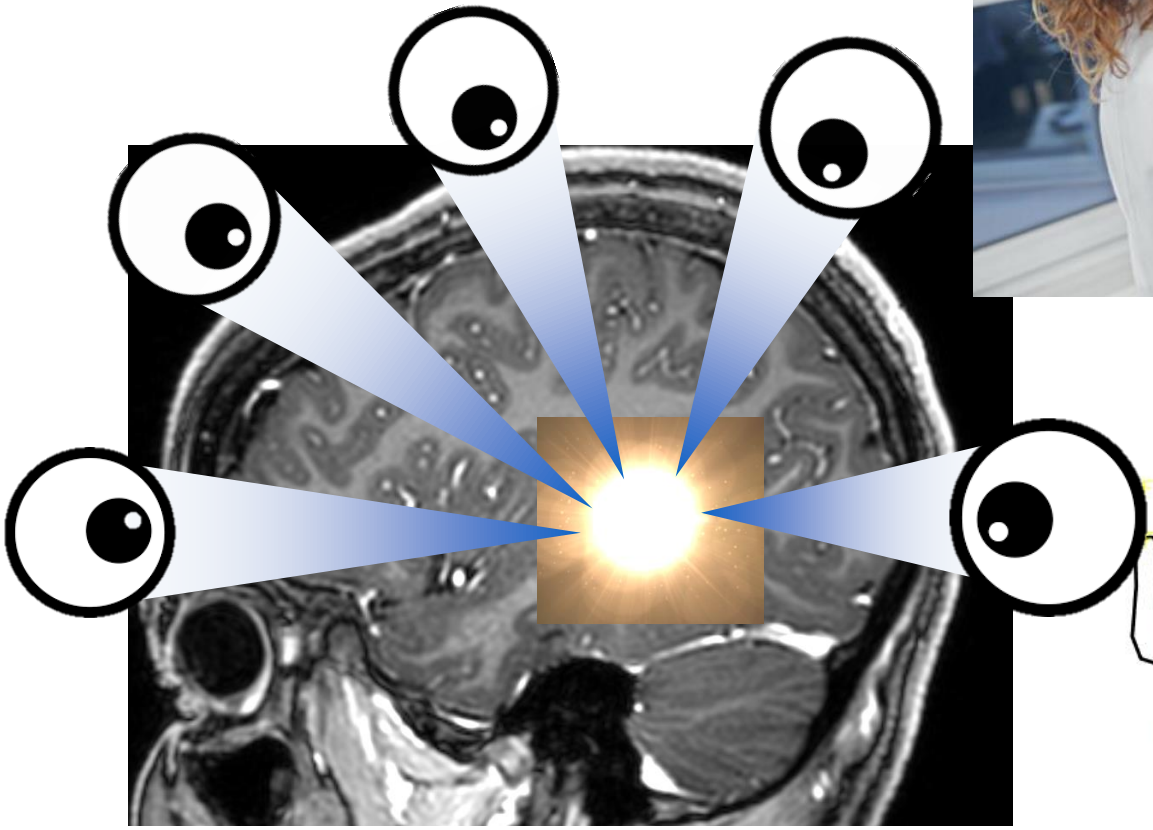
- **High Density EEG (HD-EEG)**
  - 64-256 kontaktů
  - inverzní úloha (beam forming)
  - 10-5, DUKE

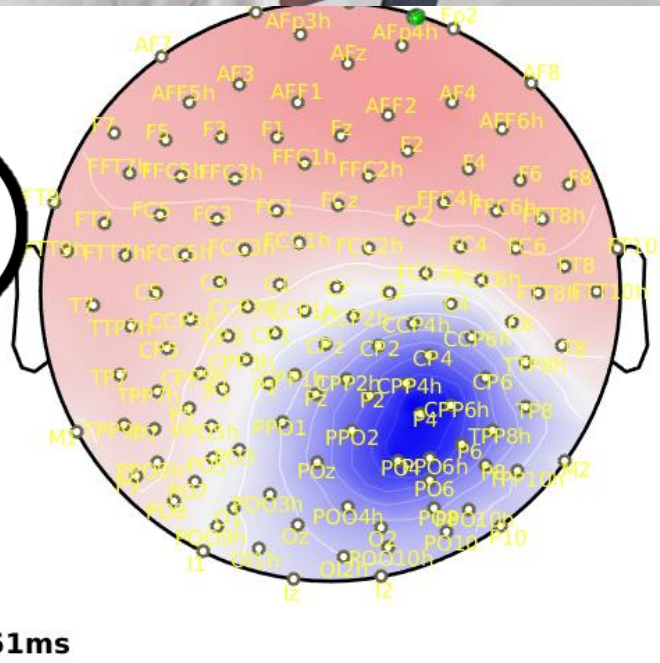


Inverzní úloha

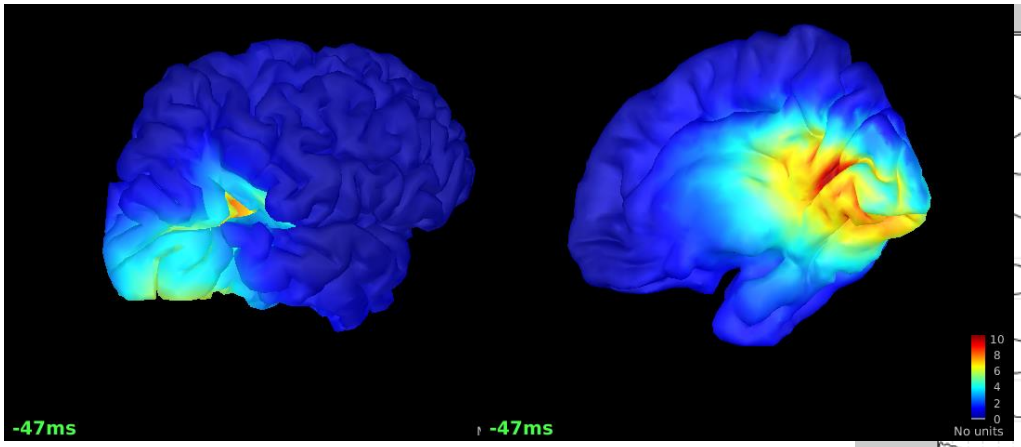
- Souřadnice elektrod na skalpu
- Fúze s MRI (T1)

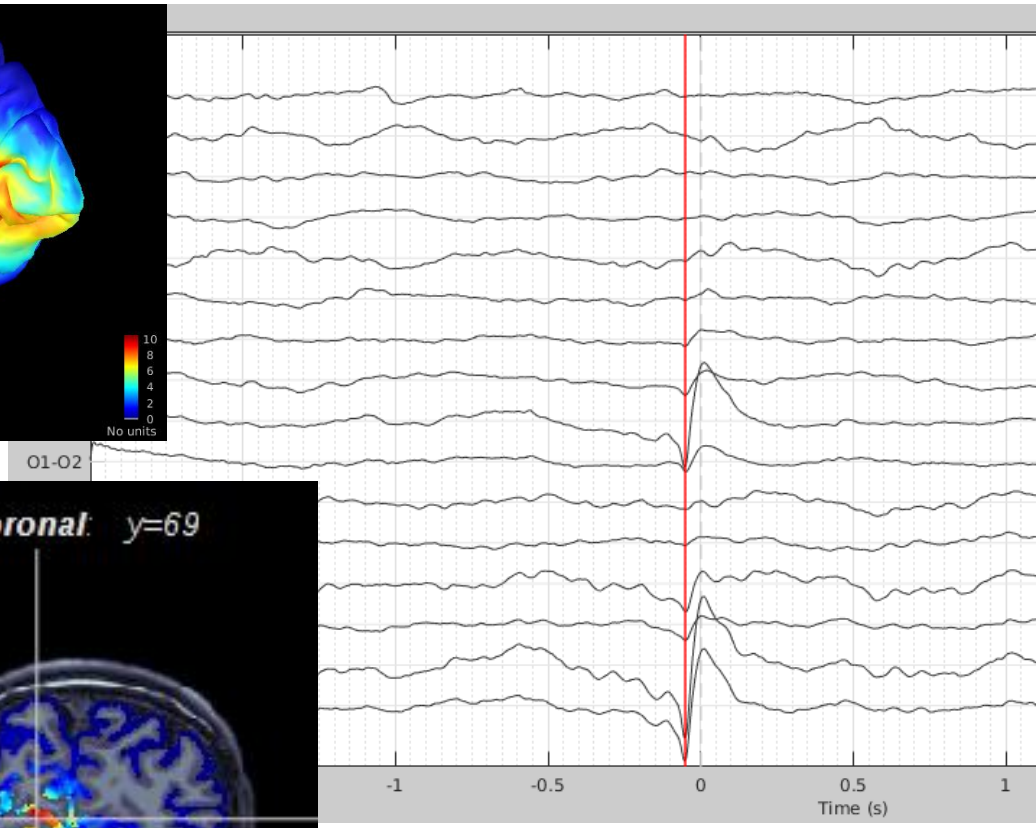


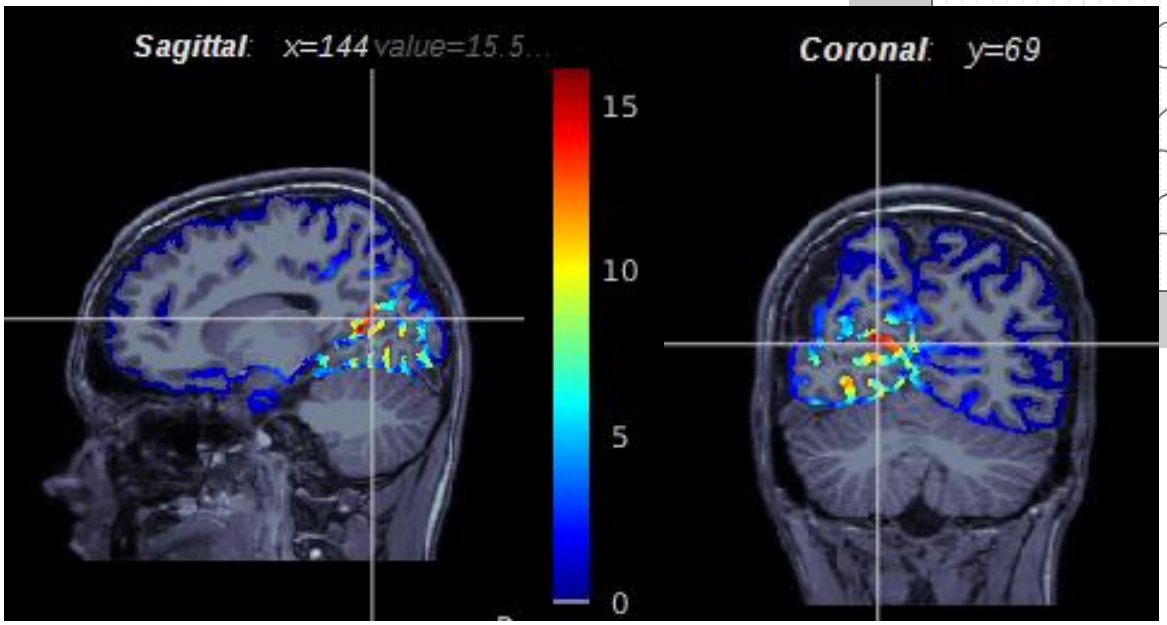




Inverzní úloha



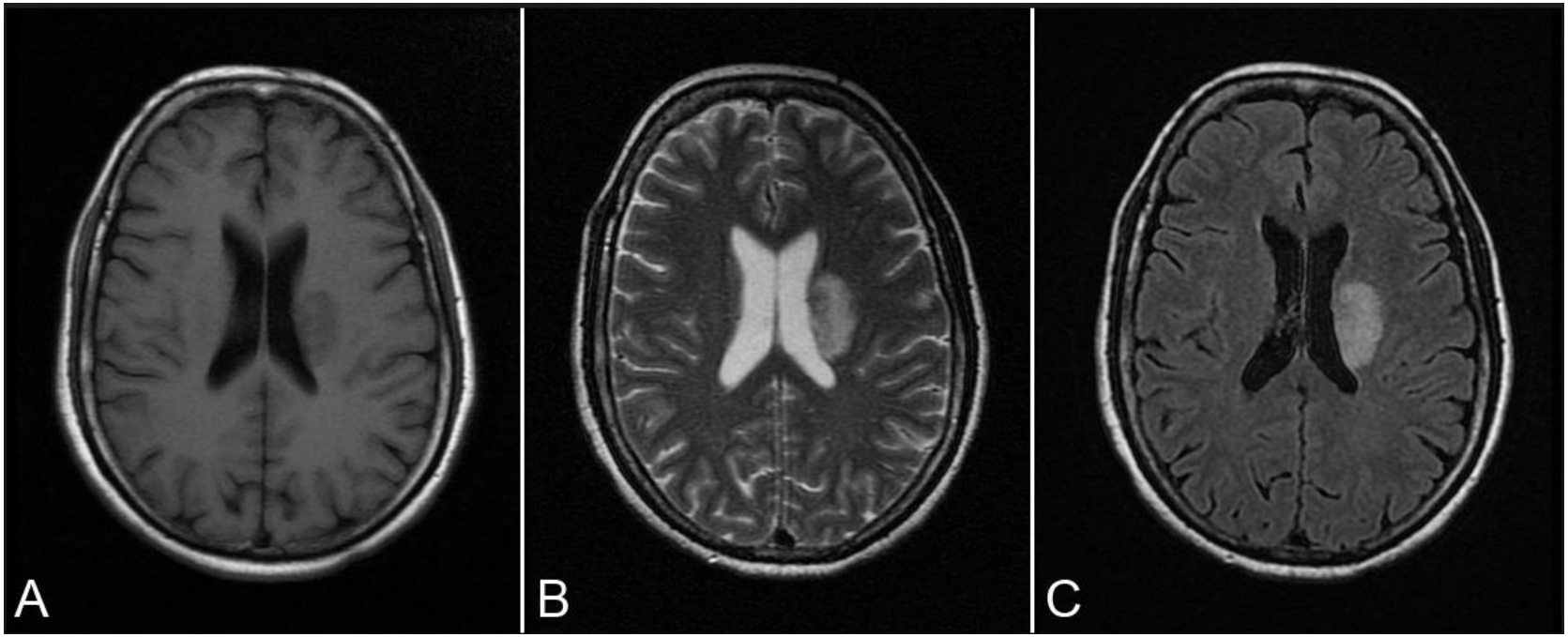




Neurozobrazovací techniky

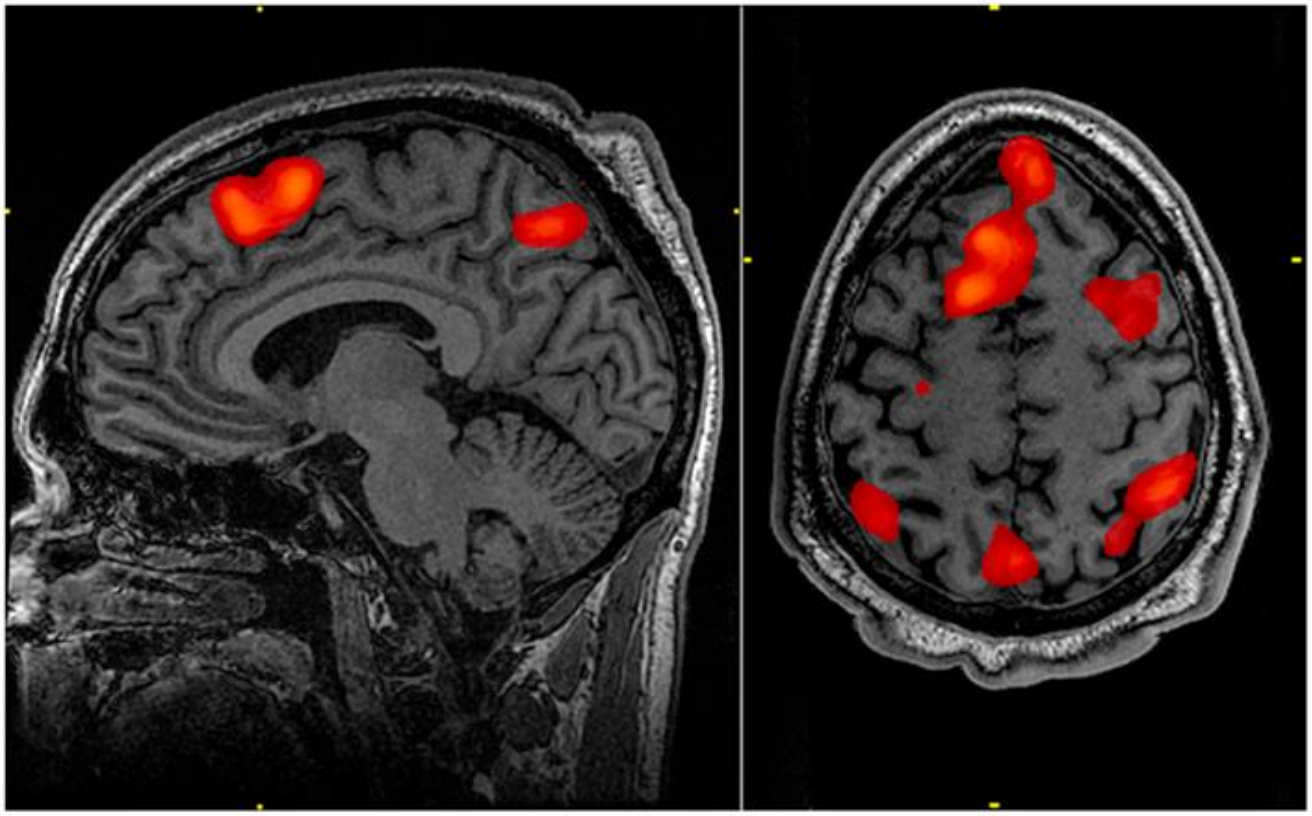
Magnetic Rezonance Imaging (MRI)

- **Tomografické zobrazení měkkých tkání – mozku**
  - Vážení T1 (A), T2 (B), FLAIR (C)
  - Tumory, cévní malformace, vývojové poruchy, dysplazie, sklerózy, kalcifikace...
  - Podklad pro fúzi s dalšími vyšetřeními



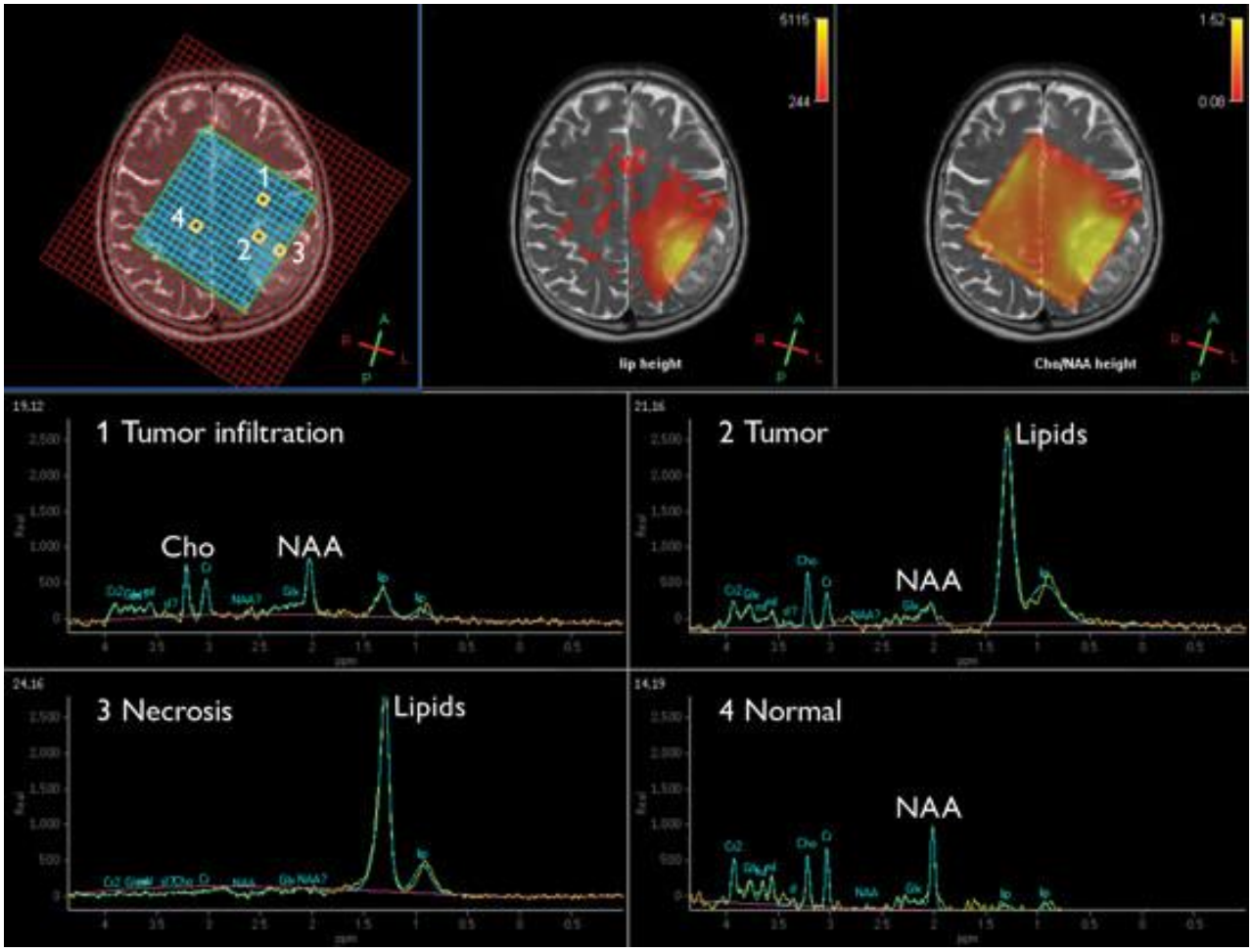
funkční MRI (fMRI)

- **Změna magnetických parametrů hemoglobinu**
  - BOLD (Blood-oxygen-level dependent), změna v T2 signálu
  - Úkol × klid
  - klid × EEG vzorec



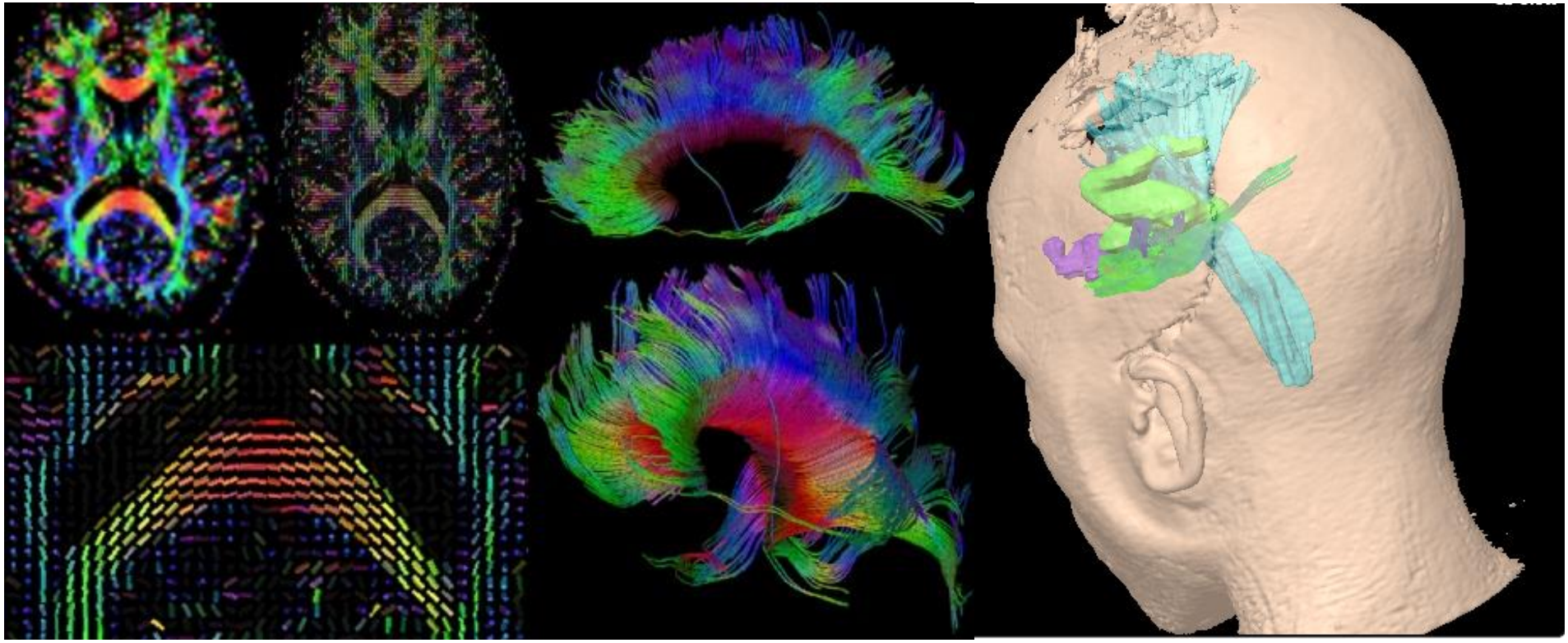
MR spektroskopie (MRS)

- **Složení tkáně v jednotlivých voxelech**
  - Sloučeniny/metabolity s vodíkem/fosforem



MRI traktografie

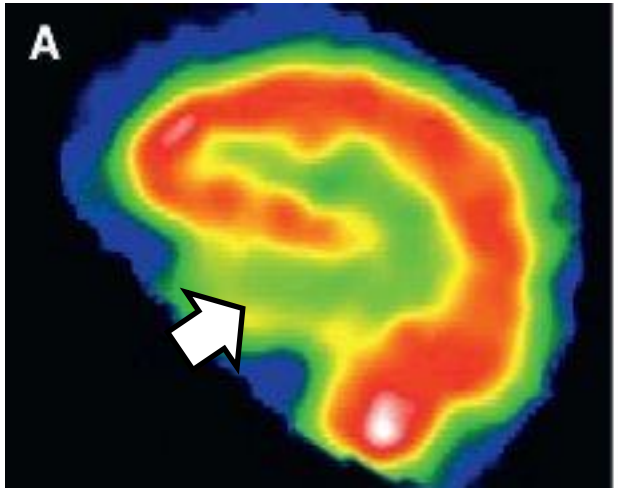
- **Diffuse Tensor Imaging**
  - Porovnání difuse látek v axonech neuronů bílé hmoty
  - Funkční neurální komunikační dráhy (trakty)
  - Odhad dle modelu



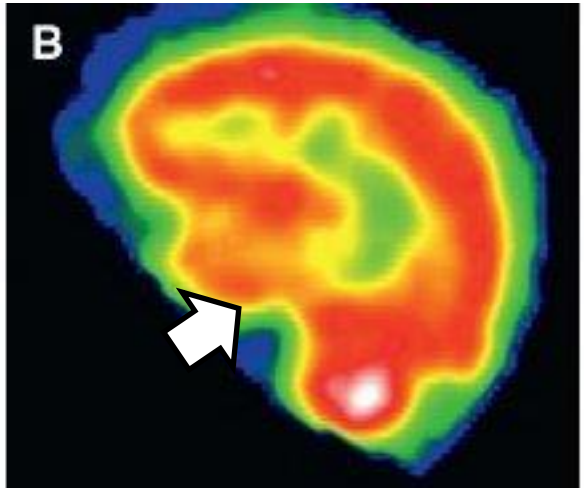
SPECT / SISCOM

- **Jednofotonová emisní tomografie**
  - Radiofarmakum, distribuce v tkáni v závislosti na metabolické aktivitě v době podání
  - SISCOM – Porovnání s iktálním SPECT
  - Subtraction Ictal Spect Co-registered to Magnetic Resonance Imaging

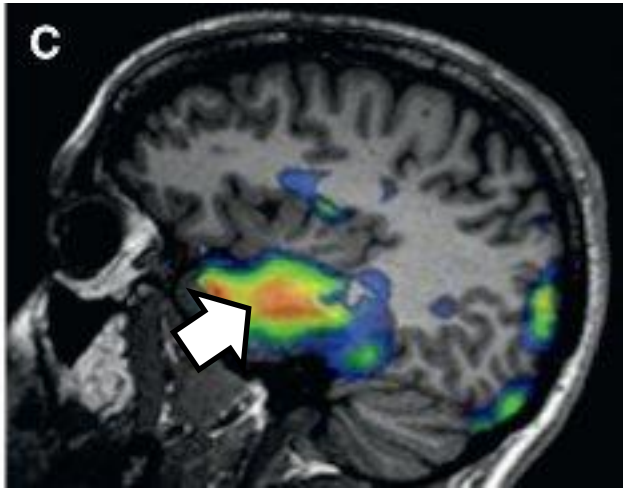
Interictal



Ictal

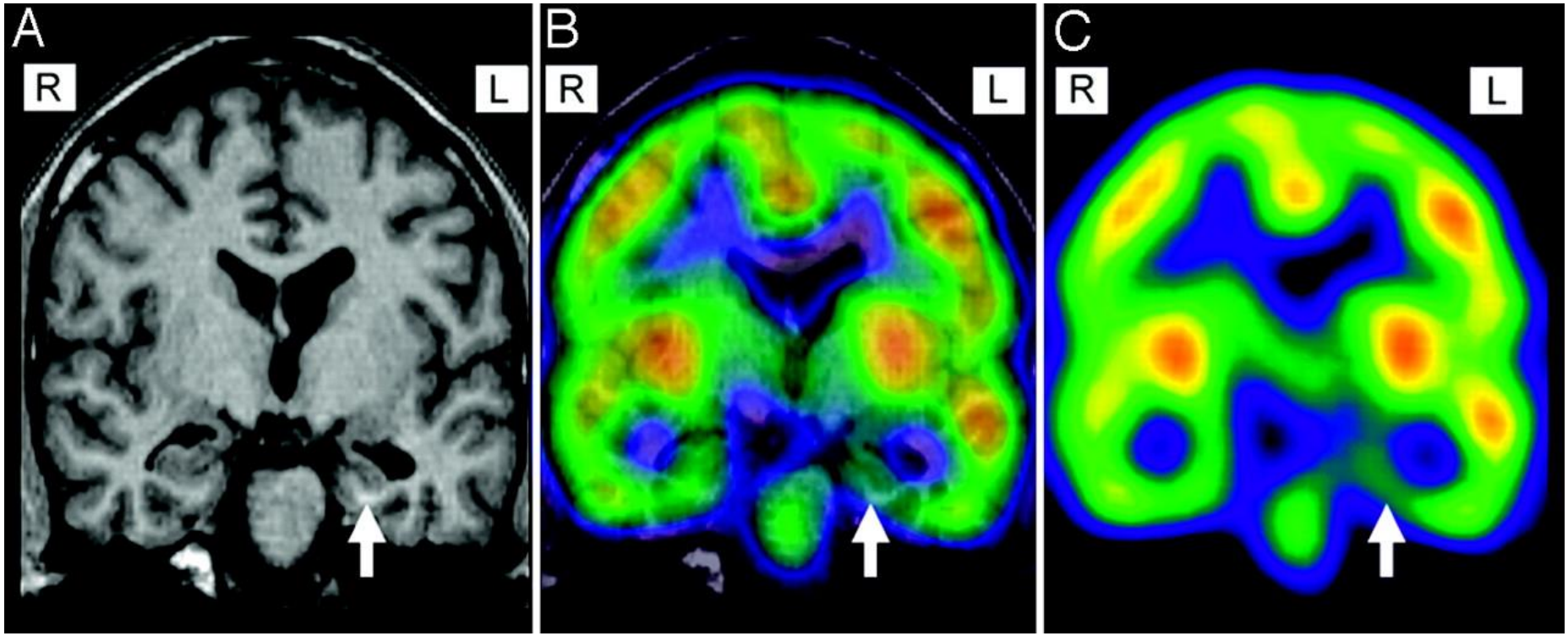


SISCOM



Pozitronová emisní tomografie

- **PET**
  - Metabolicky vázané radiofarmakum (beta+ rozpad)
  - Metabolizmus, perfuze, distribuce receptorů...
  - Stranové porovnání, porovnání s kontrolní skupinou



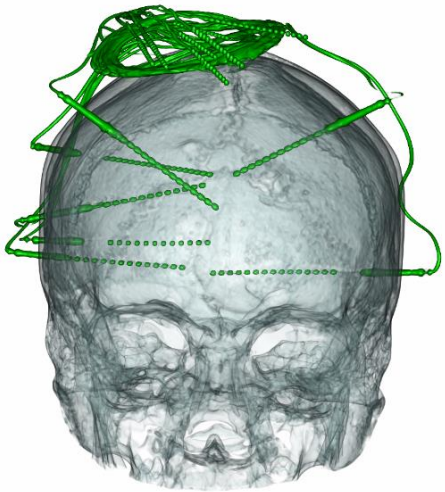
Invazivní EEG

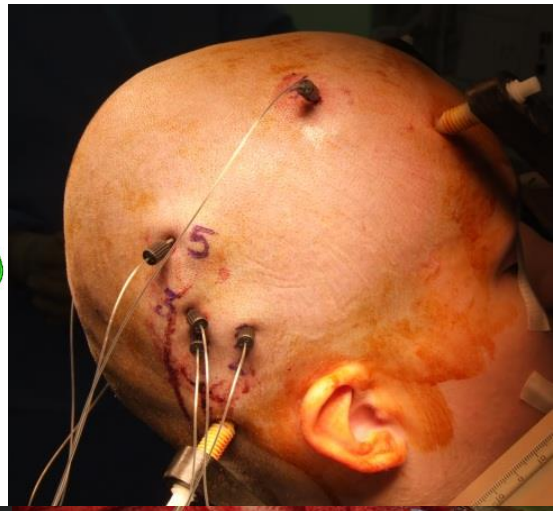
Indikace

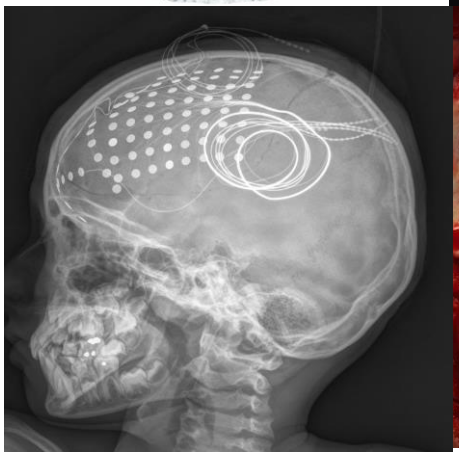
- **Farmakorezistentní epilepsie**
  - „Lezionální“
  - Nejasná lokalizace epileptogenní sítě nebo její hranice
- **Dlouhodobá monitorace**
  - Implantace nitrolebních elektrod
  - 7-10 dnů monitorace při vědomý
  - Elektrická stimulace (záchvat, funkční oblasti)
  - Resekční výkon

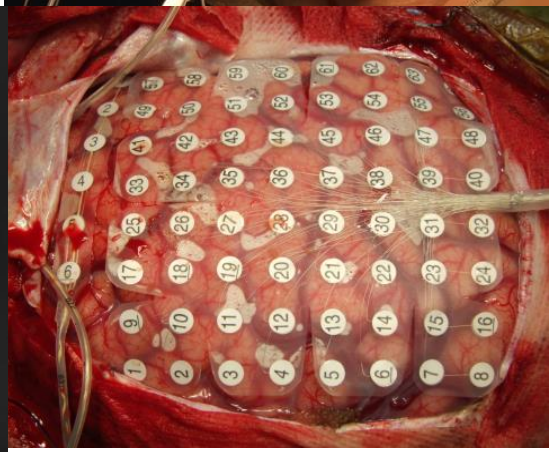
Invazivní EEG

- **Invazivní EEG**
  - Intracerebrální stereo-EEG
  - Subdurální ECoG
  - 126 kanálů
  - Kontinuální monitorace
  - Dny až týdny

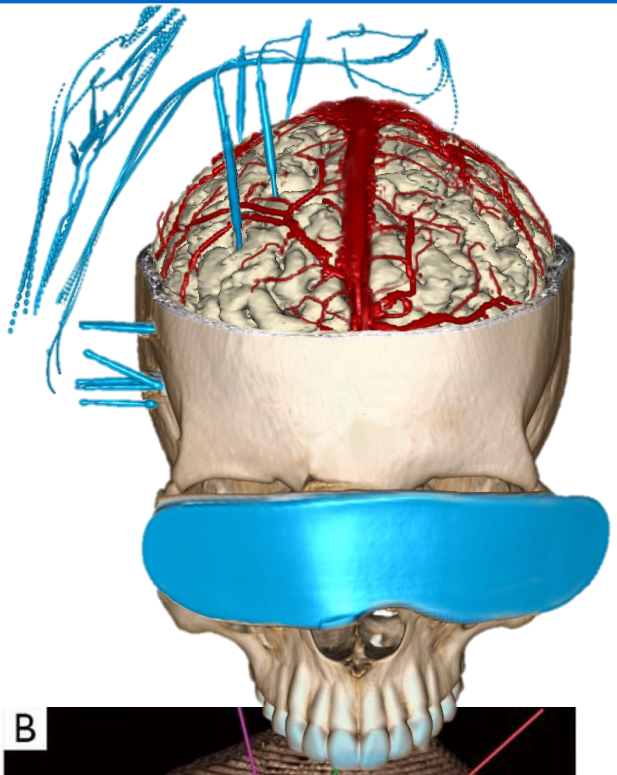




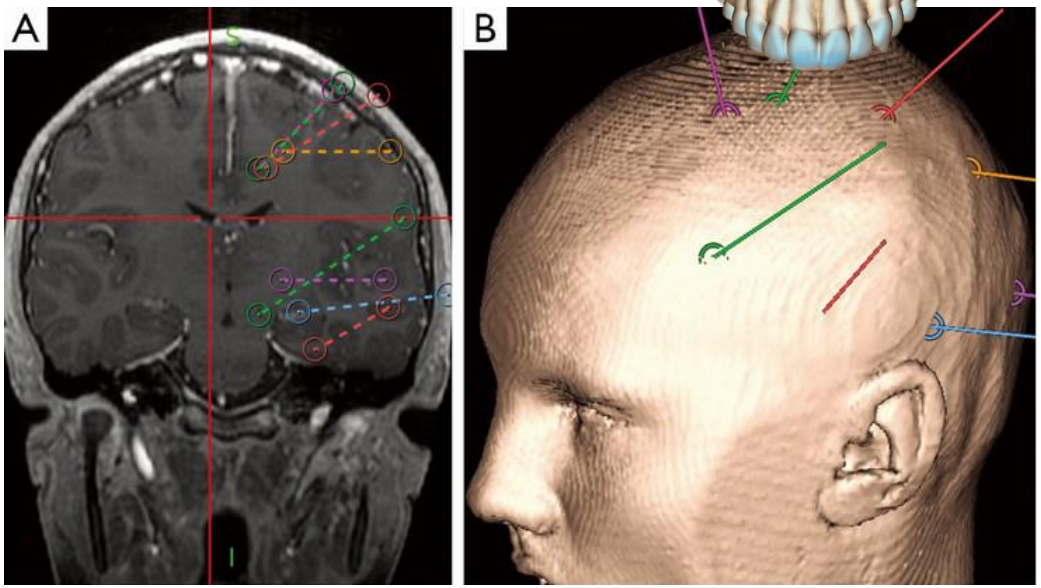




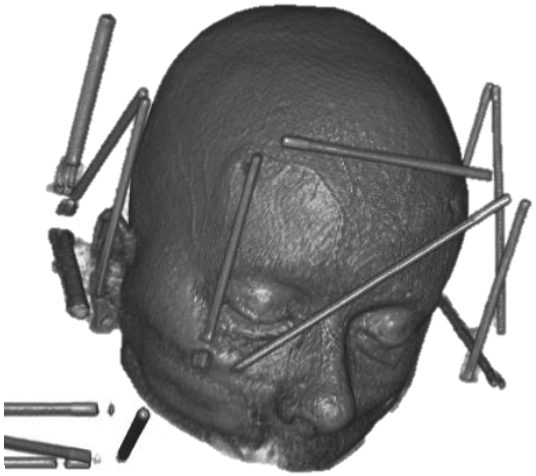
Plánování

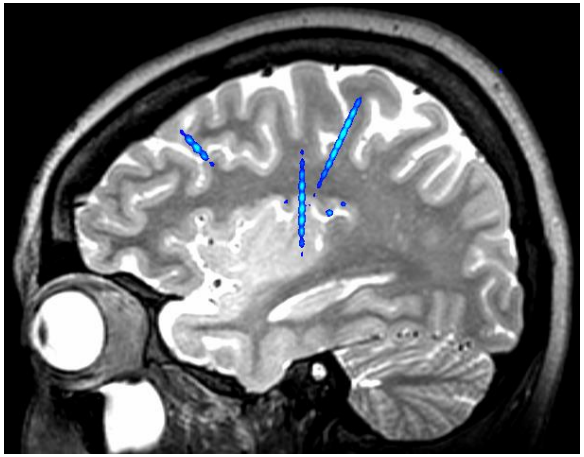


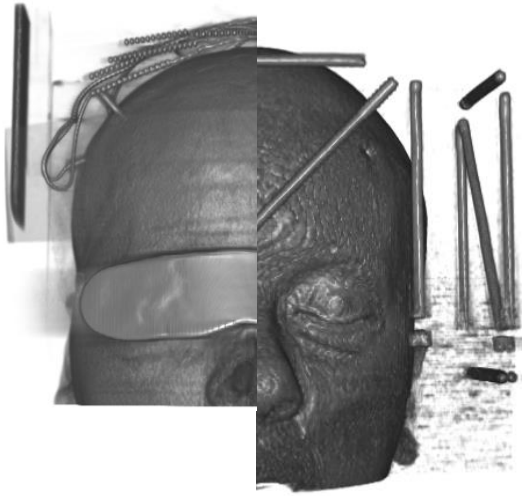
- **Detailní vyšetření**
  - EEG, HD-EEG
  - Neurozobrazení
  - MRI+kontrast (angiografie)
- **Hypotéza o lokalizaci**
  - Epileptogenní zóny
  - Oblast propagace
  - Kontrola laterality

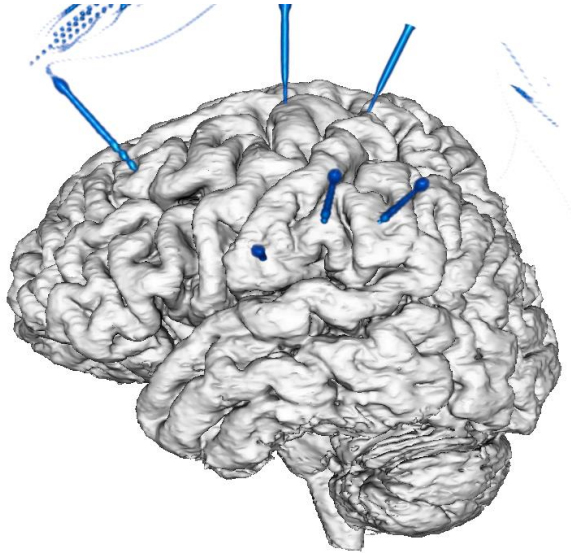


CT-MRI koregistrace



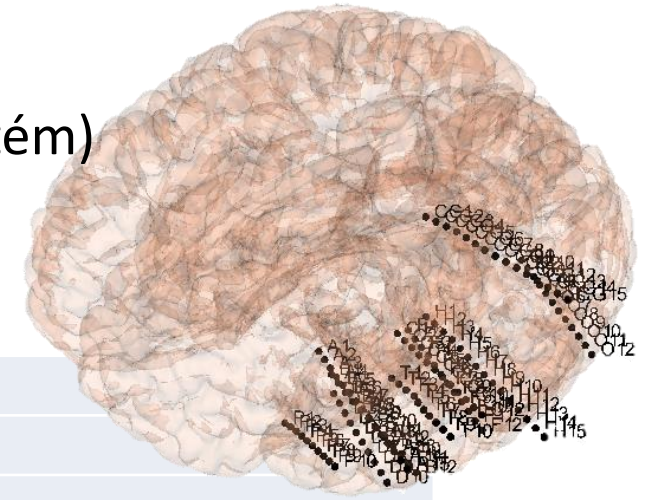






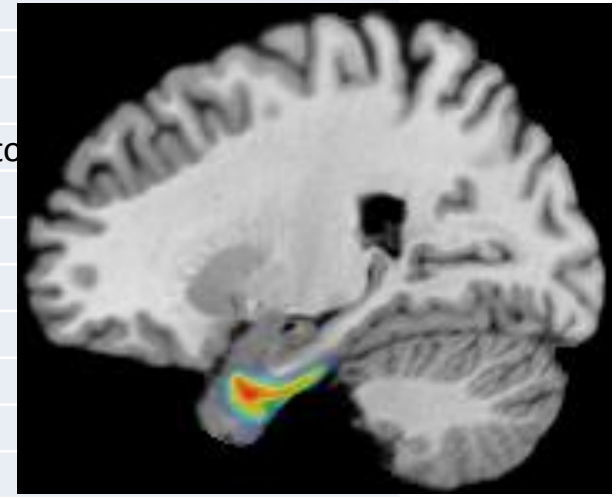
Anatomická pozice kontaktů

- **Přesná pizice až 250 kontaktů**
  - Anatomický atlas (struktura, tkáň...)
  - MNI souřadnice (univerzální koordinační systém)



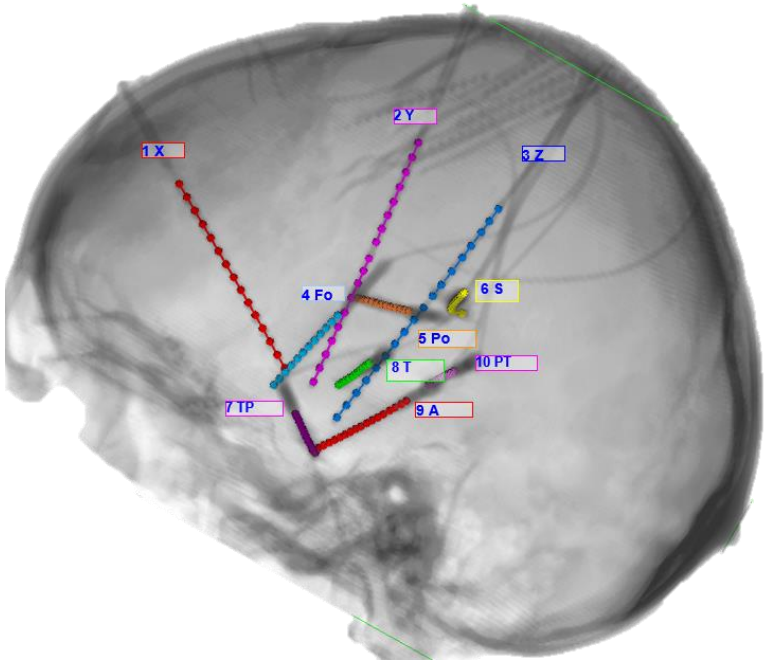
P6	gray [99 %]	L Temporal Pole	
P7	gray [62 %]	L Temporal Pole	
P8	white [52 %]	L Temporal Pole	
P9	gray [98 %]	L Temporal Pole	
P10	csf [51 %]	CLOSE TO L Temporal Pole	
A1	gray [98 %]	Entorhinal Cortex	Entorhinal Cortex[25%]; Amygdala (LB)[21%];
A2	gray [100 %]	Amygdala (LB)	Amygdala (LB)[45%]; Amygdala (SF)[14%]; Ento
A3	gray [100 %]	Amygdala (LB)	Amygdala (LB)[76%]; Amygdala (SF)[24%];
A4	gray [100 %]	Amygdala (LB)	Amygdala (LB)[93%];
A5	gray [100 %]	Amygdala (LB)	Amygdala (LB)[80%];
A6	gray [98 %]	Amygdala (LB)	Amygdala (LB)[50%];
A7	white [97 %]	CLOSE TO L Hippocampus	
A8	white [84 %]	CLOSE TO L Middle Temporal Gyrus	
A9	white [84 %]	Area Id1	Area Id1 [31%];

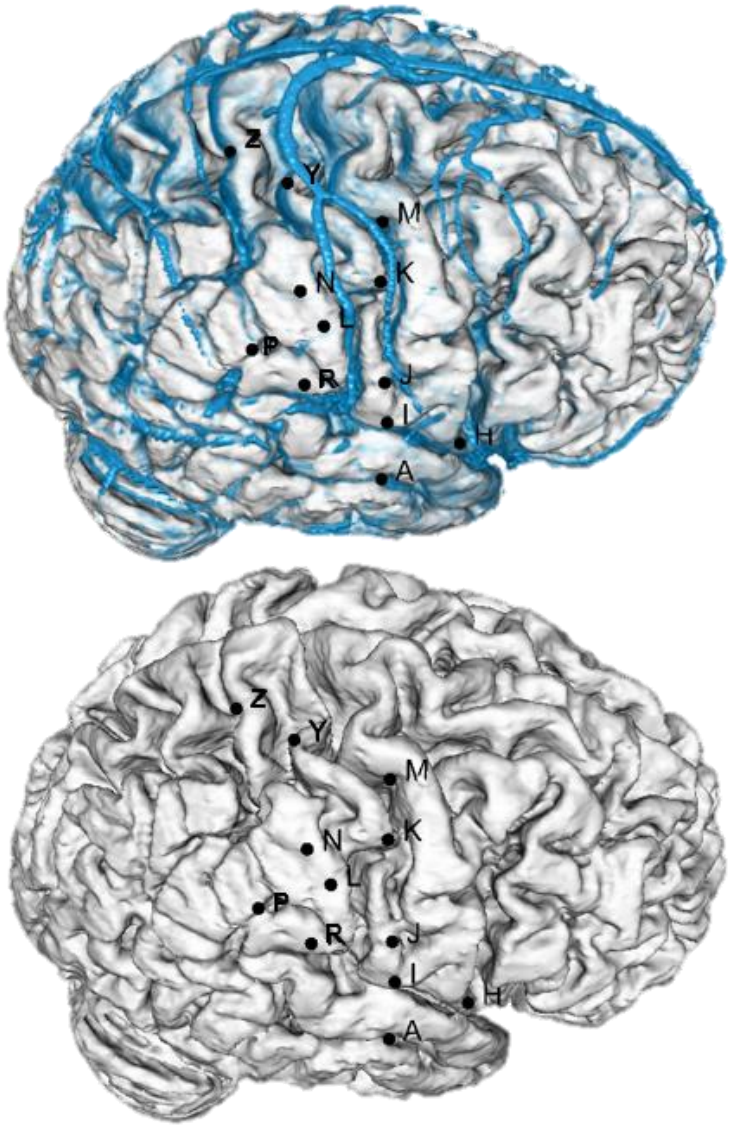
Citoarchitektonický atlas



Extrakce modelů

- **3D projekce**
  - anatomická lokalizace
  - podklady pro neurochirurga



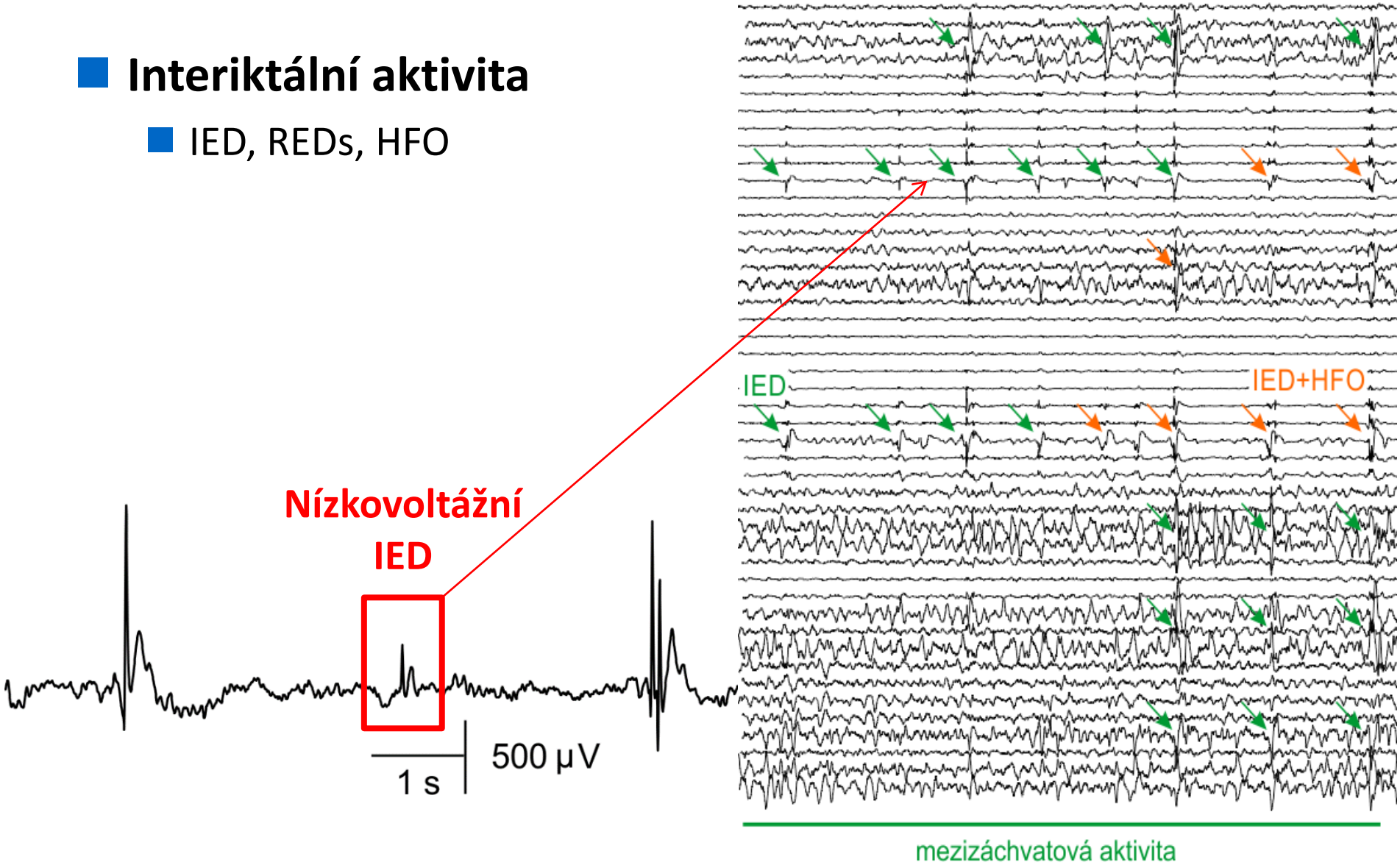


iEEG monitorace

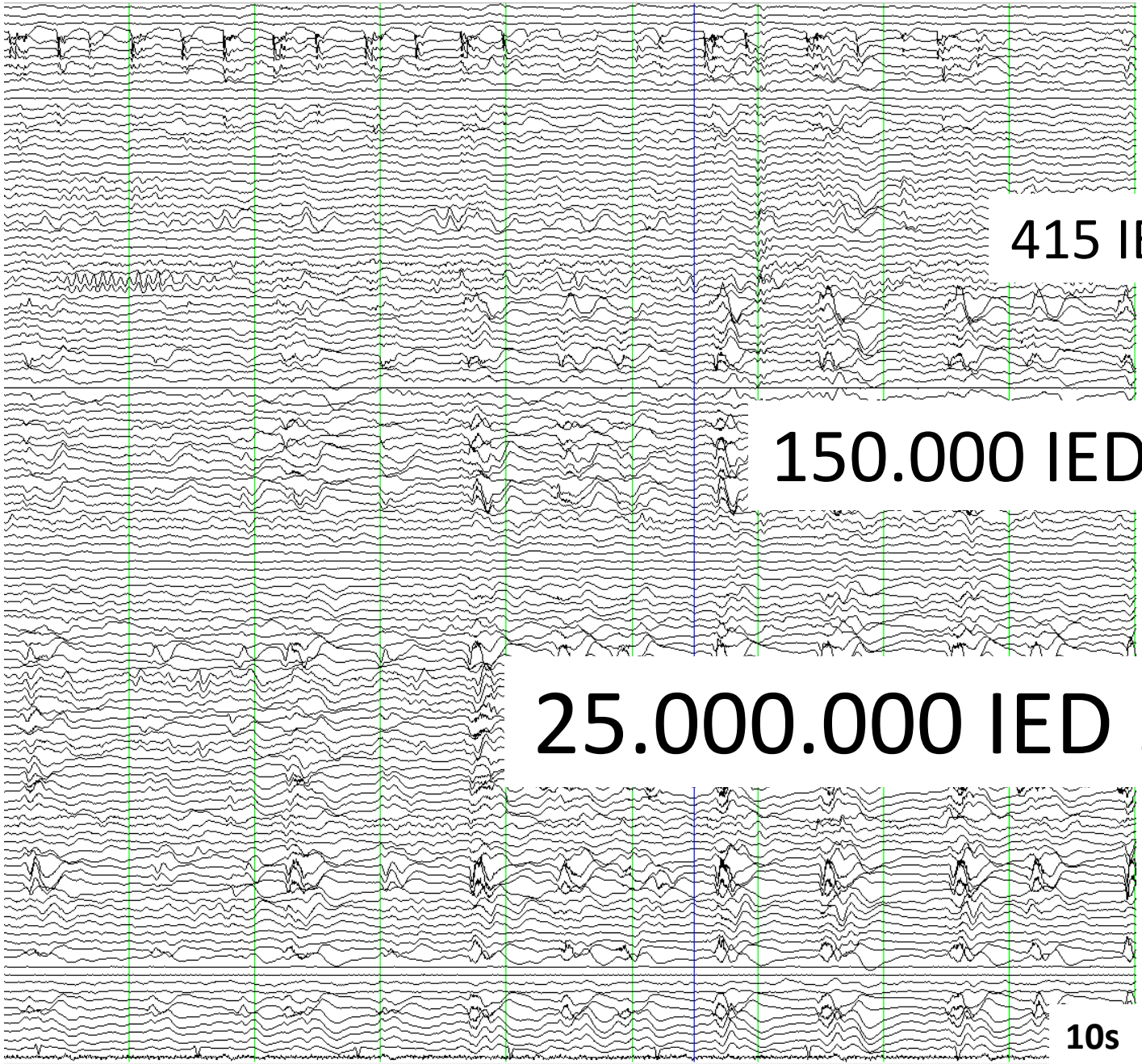
- **Záznam 24/7 Video EEG**
  - Záchyt záchvatu
  - Interiktální aktivita
  - až 128 kanálů
- **Přímá el. stimulace**
  - Stimulace záchvatu,
  - After discharges
  - Elokventní oblasti
  - Výzkum kognitivních funkcí, BMI

Kvantitativní analýza EEG

- **Interiktální aktivita**
  - IED, REDs, HFO



Analýzy iEEG signálu

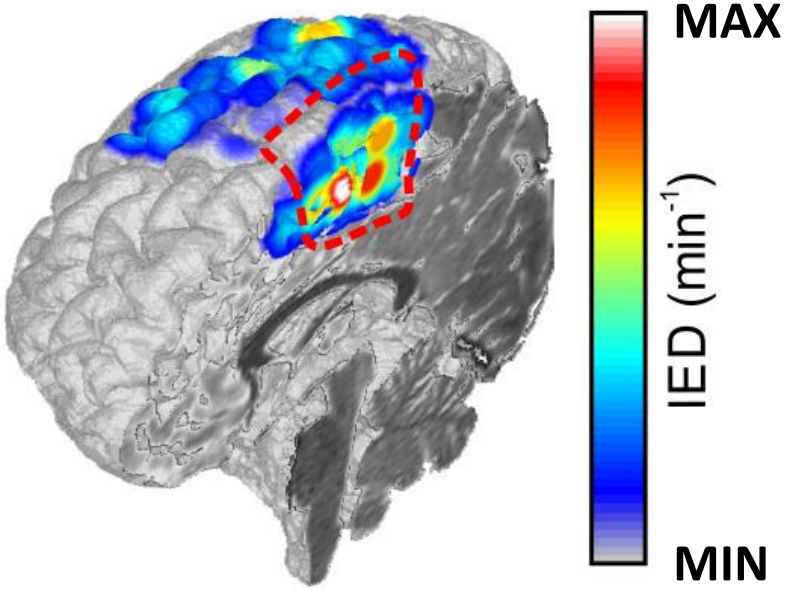


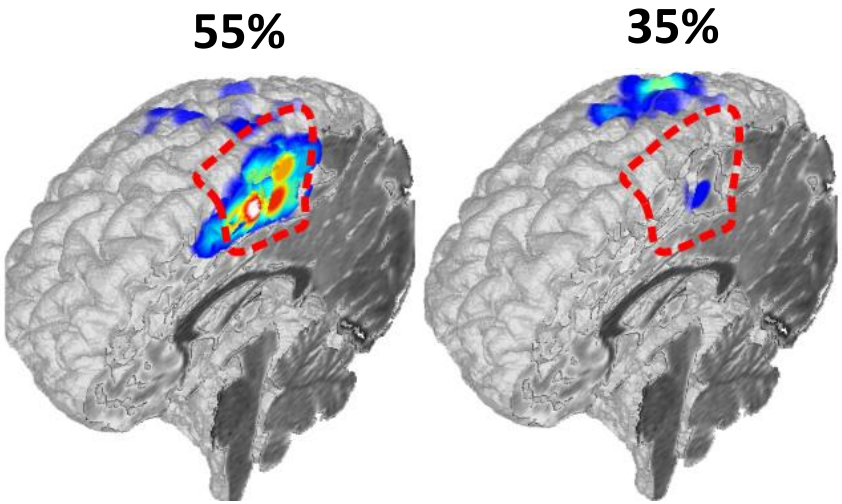
415 IED ... 10 sekund

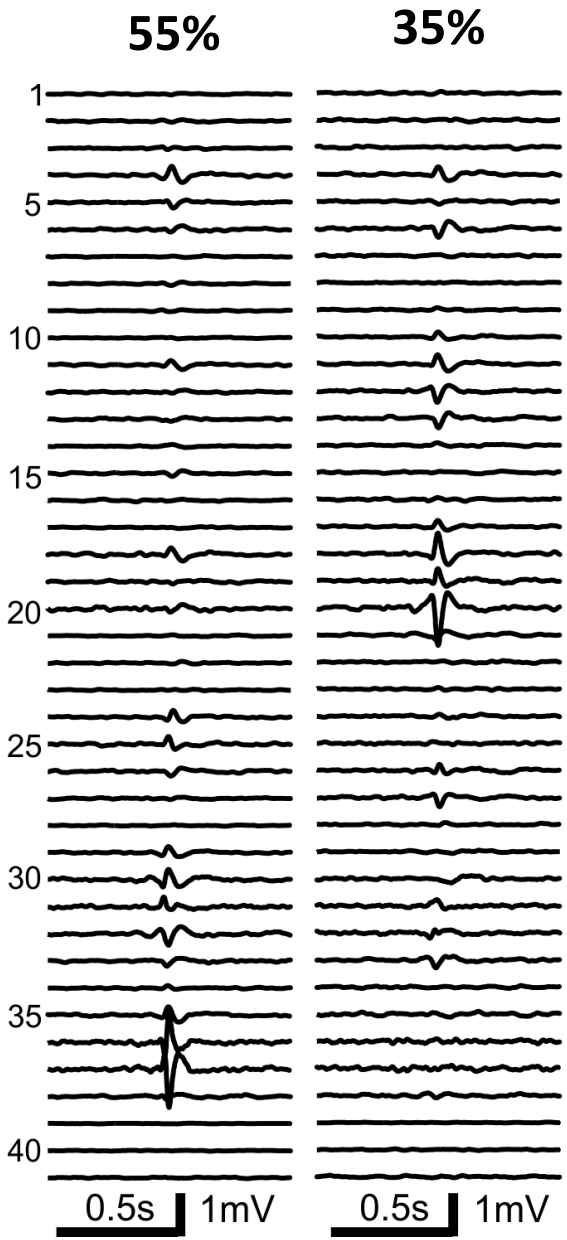
150.000 IED ... 1 hodinu

25.000.000 IED ... 1 týden

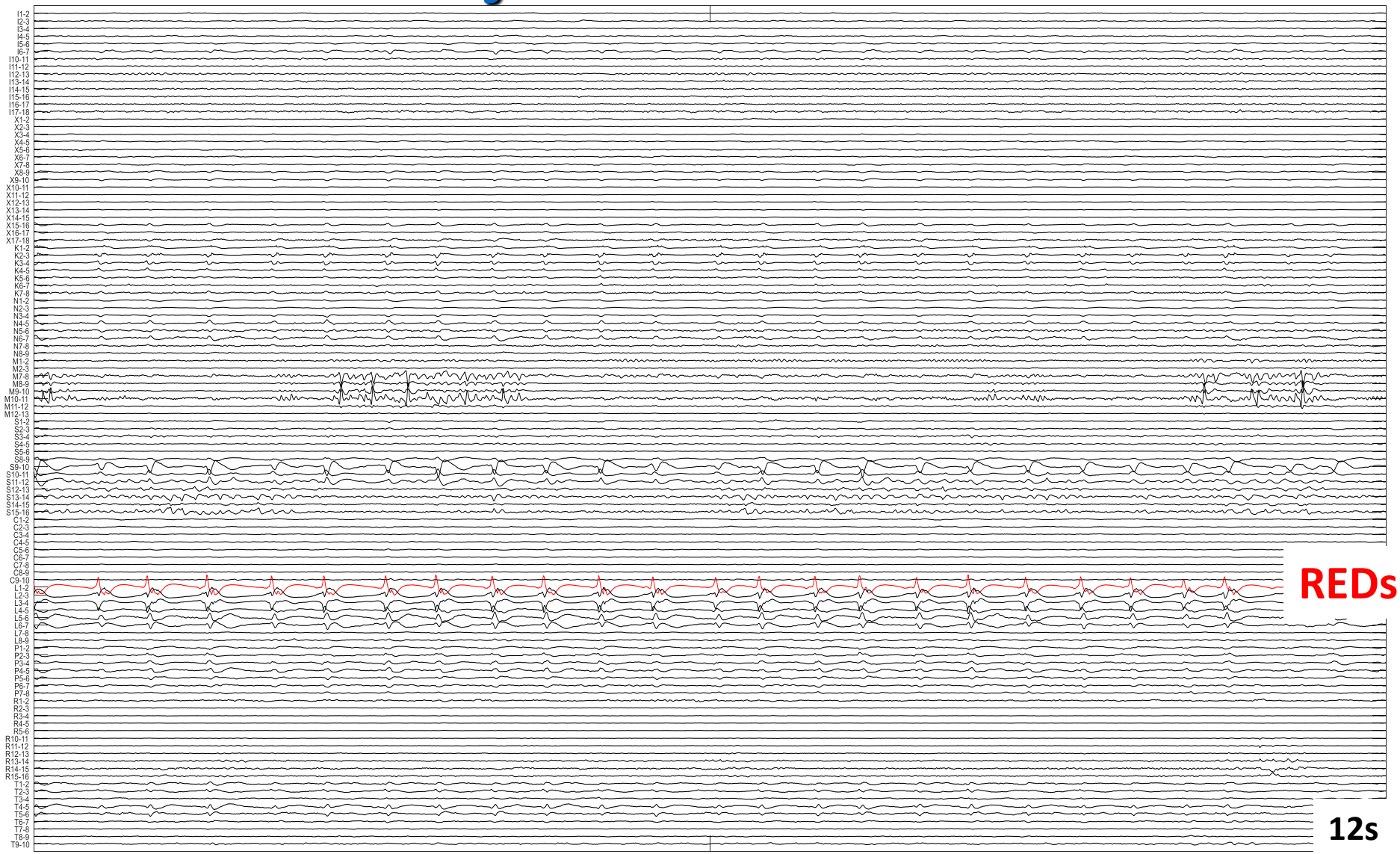
Analýzy iEEG signálu







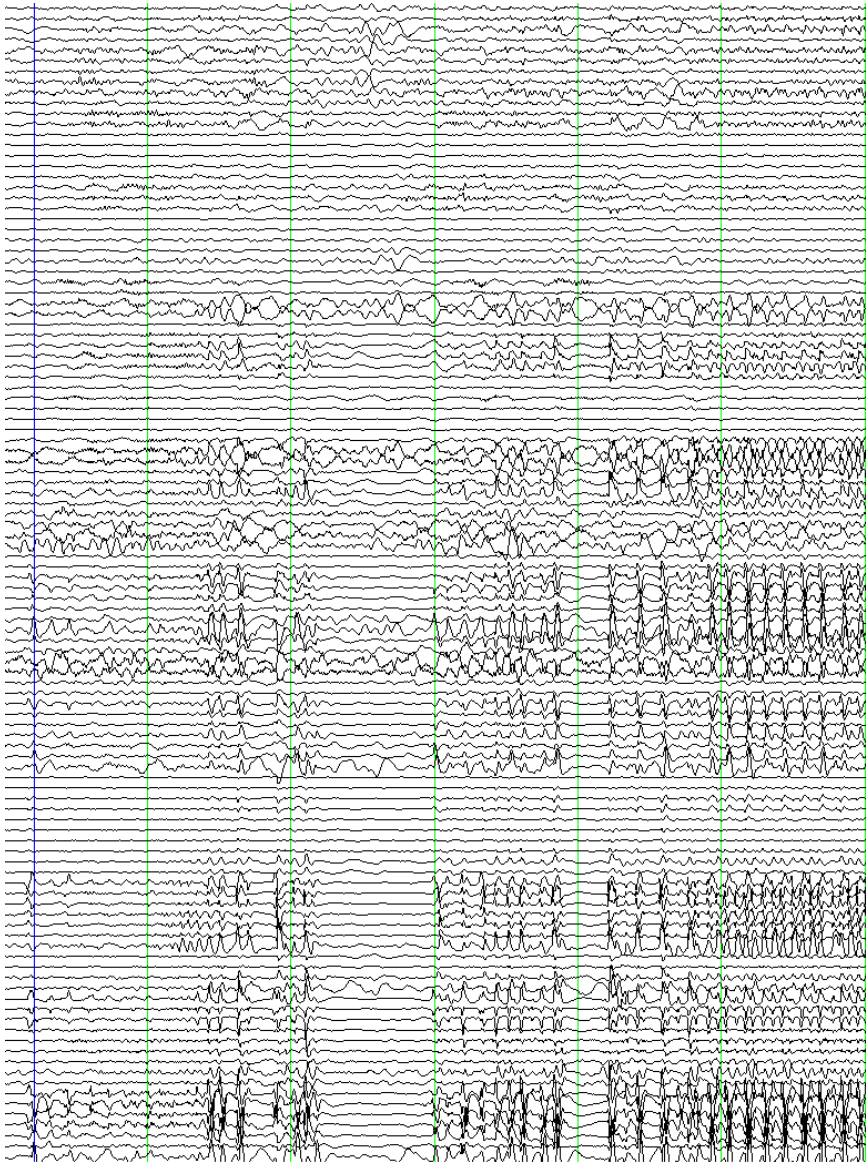
Ojedinělé vzorce



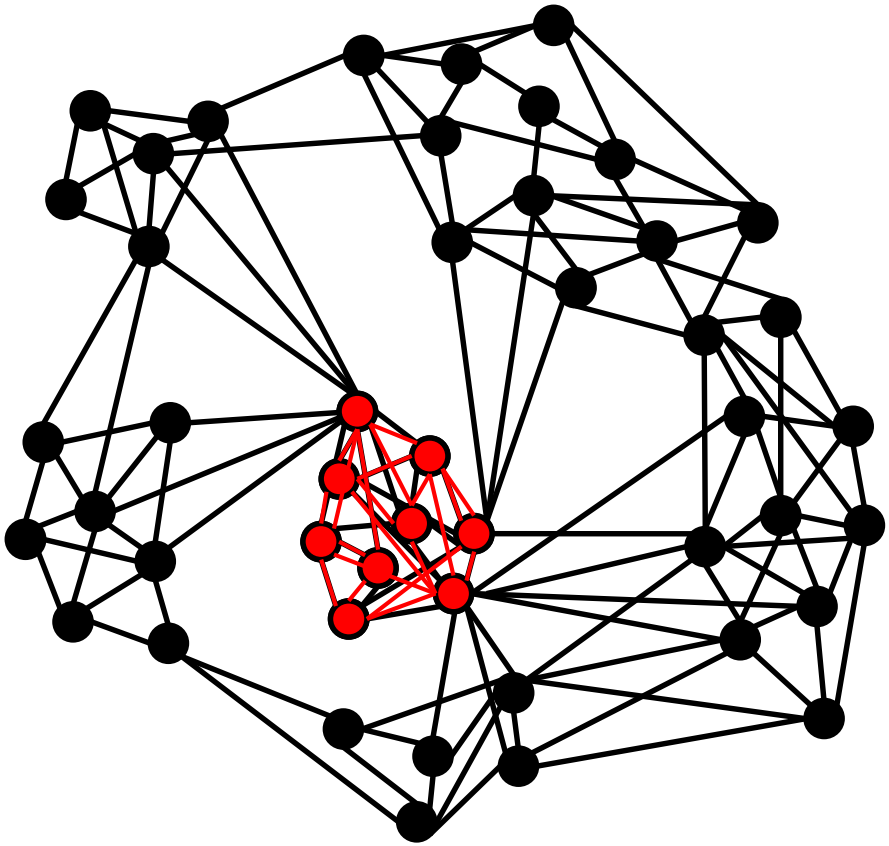
Efektivní konektivita - SOZ

- **Iktální aktivita**
  - začátek (SOZ)
  - zdroj × propagace

?

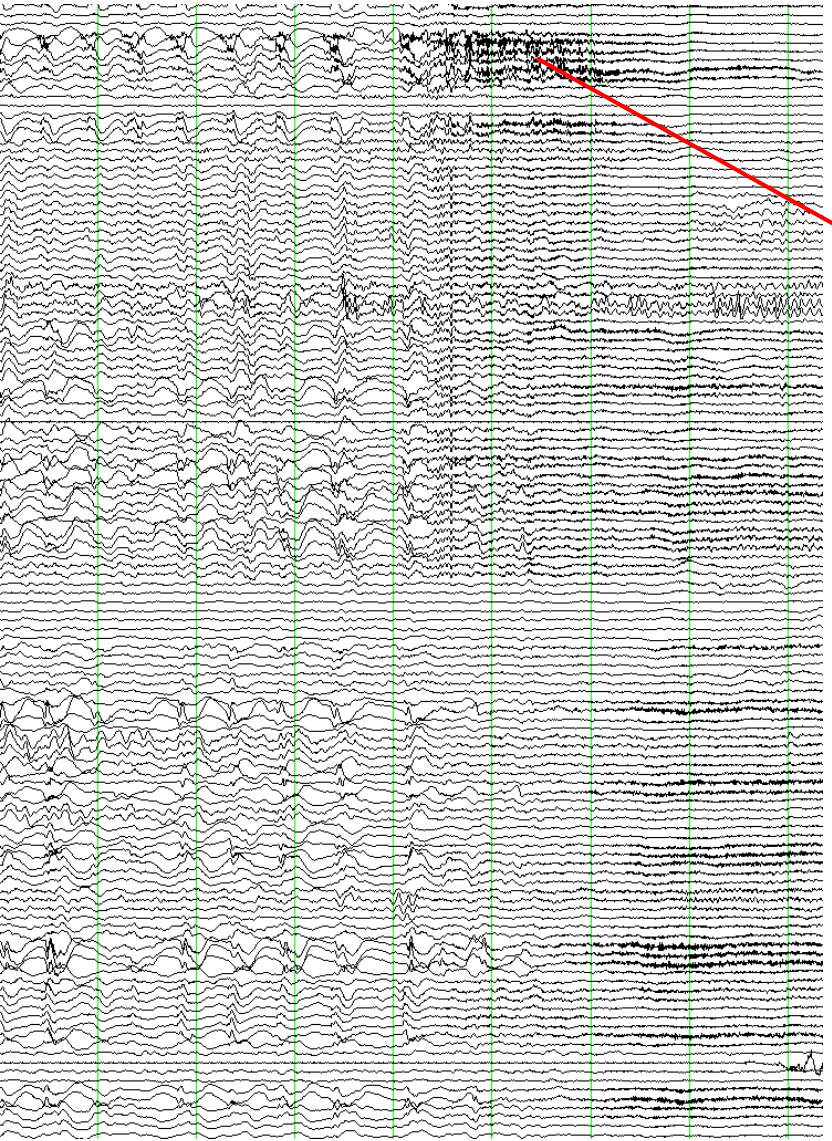


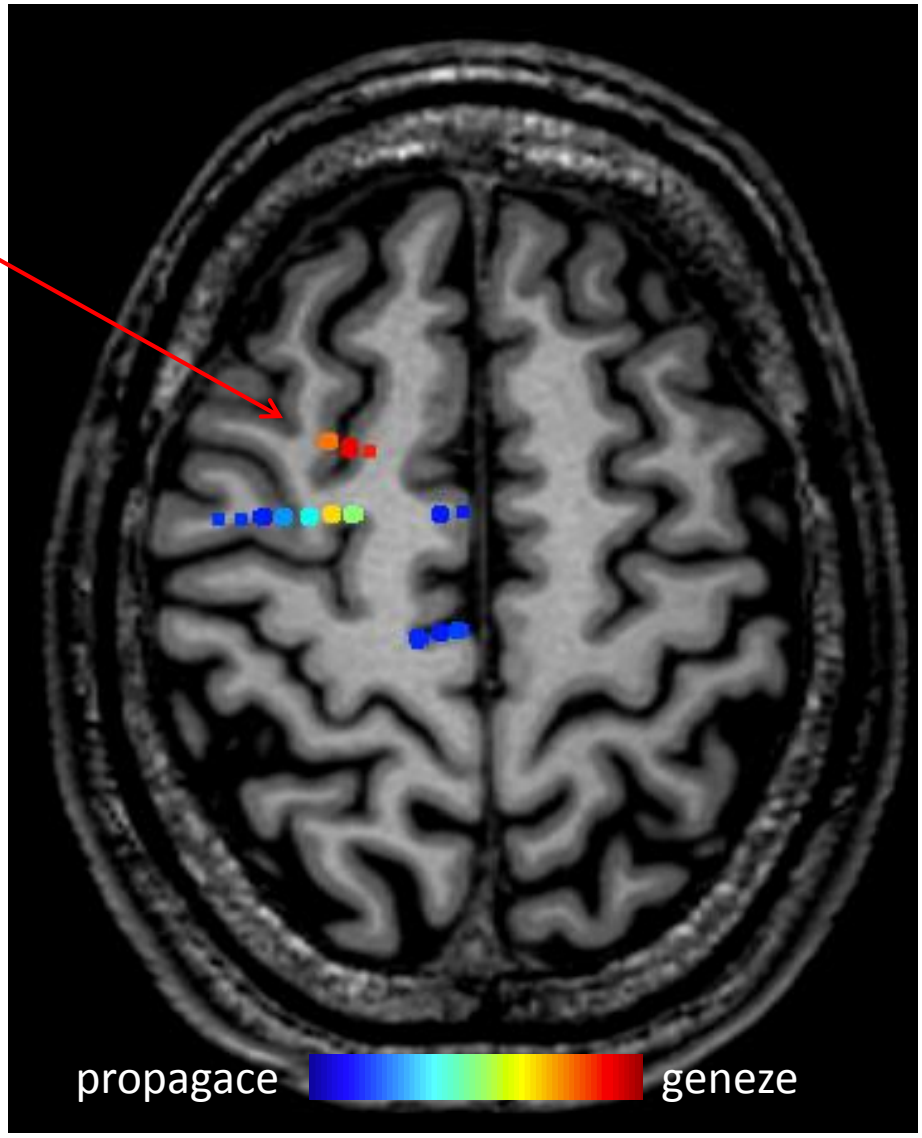
Efektivní konektivita - SOZ



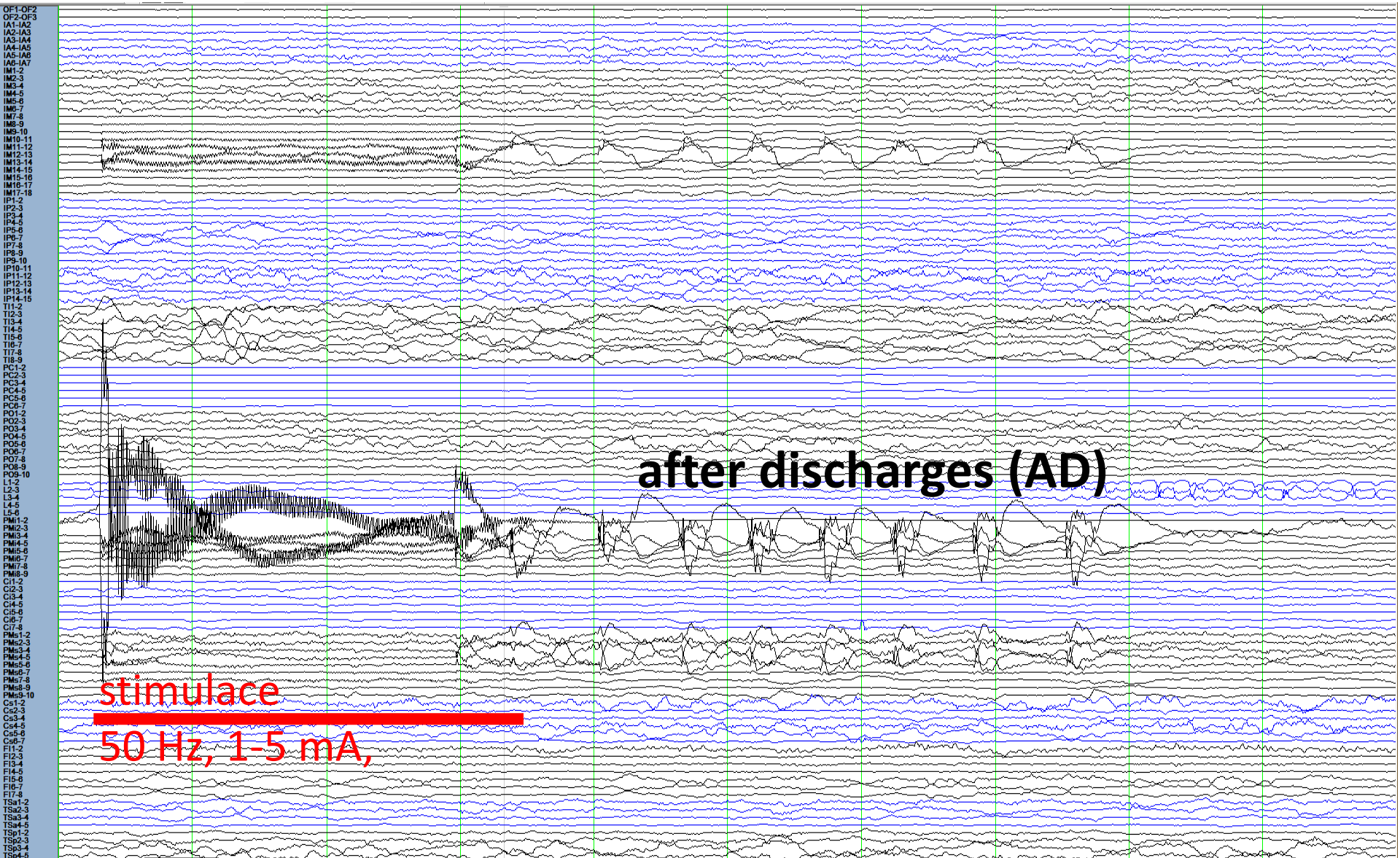
Před záchvatem ⟷ Záchvat

Efektivní konektivita - SOZ





Kortikální stimulace

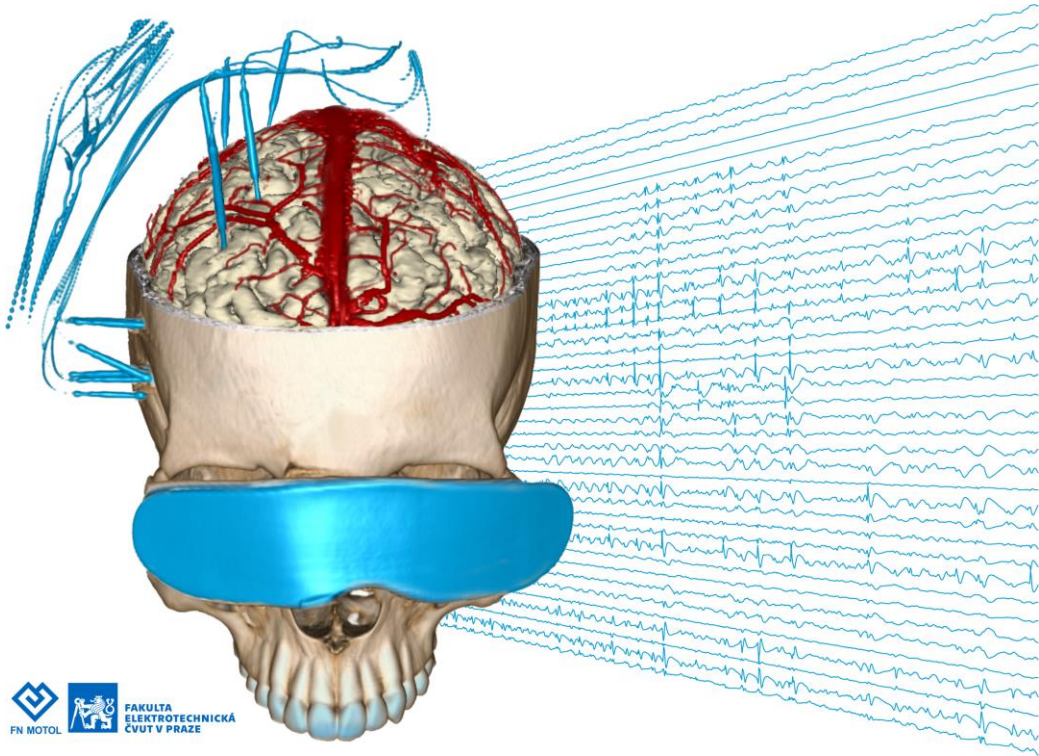


Kortikální stimulace

- **Mapování elokventních oblastí (ESM)**
  - řečová centra
  - senzomotorická oblast
  - vizuální kortex
  - jiné funkční oblasti
- **Iniciace epileptogenní aktivity (iritabilita)**
  - after discharges
  - ictal-like vzorce
  - záchvat
- **Z protokolu:**
  - slyší někoho v dálce říkat: „Můžeš si jít utrhnout jablko", slyší to tlumeně a v salvách, ale jasně
  - 2 mA zvuk, který nelze popsat; 3 mA AD a dětský hlas hovořící o praní ponožek a králíčka

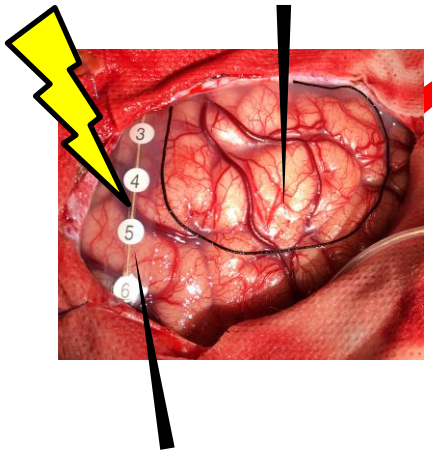
Závěr

- Analýza iEEG?
  - Nízkovoltážní grafoelementy
  - Kvantitativní hodnocení
  - Ojedinělé vzorce
  - Složité souvislosti

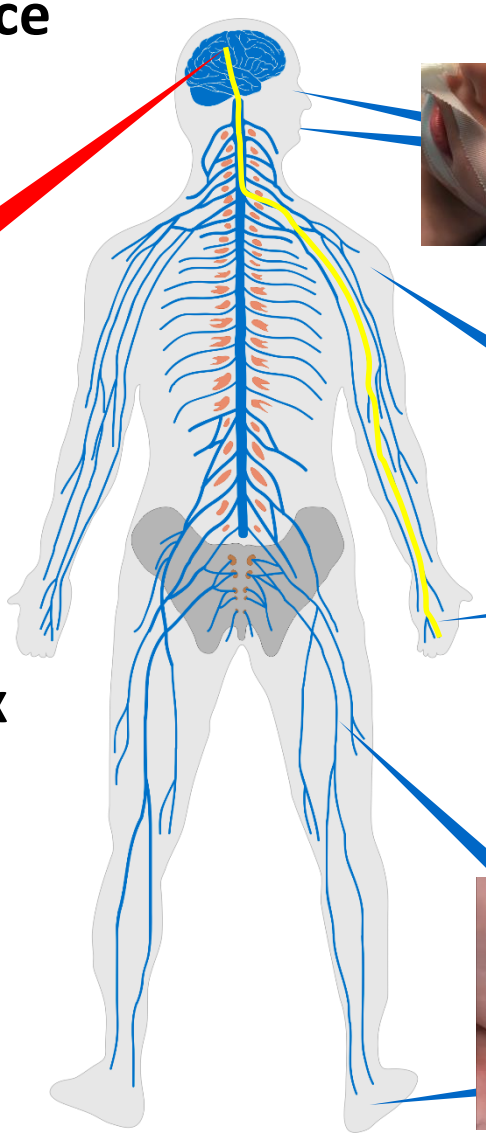


Elektrické stimulační mapování (ESM)

Oblast resekce

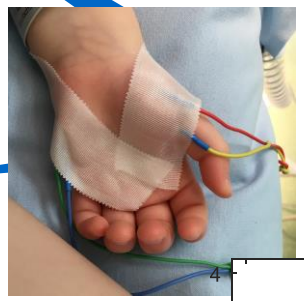


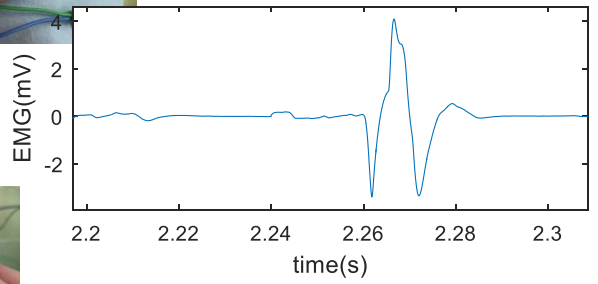
ECoG strip
přes motorický kortex

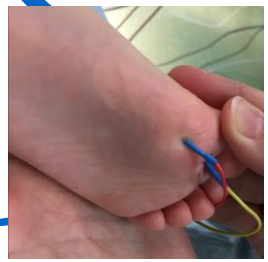


Obličej

Ruka





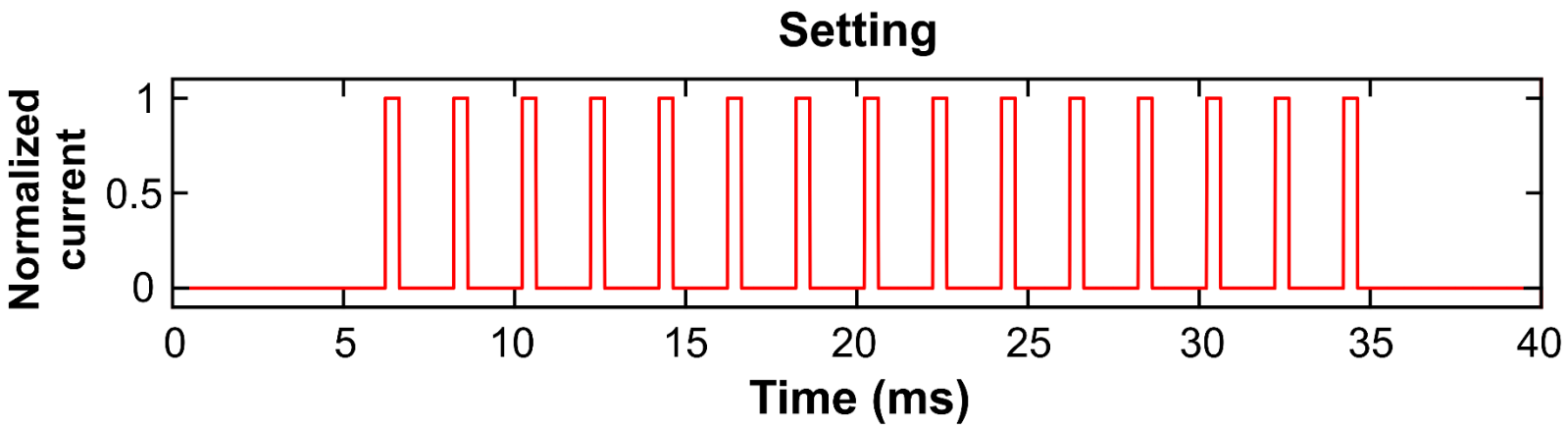


Noha

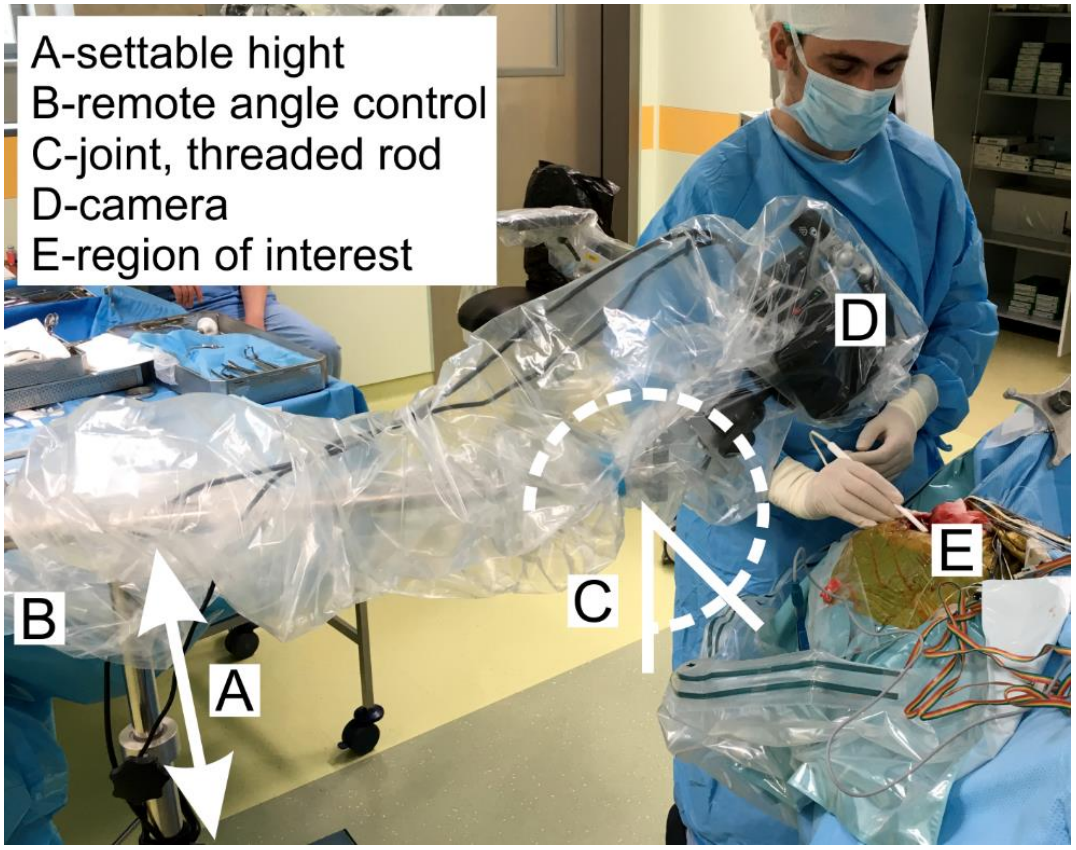
ESM – nový protokol

- 30 ms (15 pulsů, 500 Hz)
- Proudová intenzita: 1-100 mA (špička-špička)
- Bipolárně
- až 8W

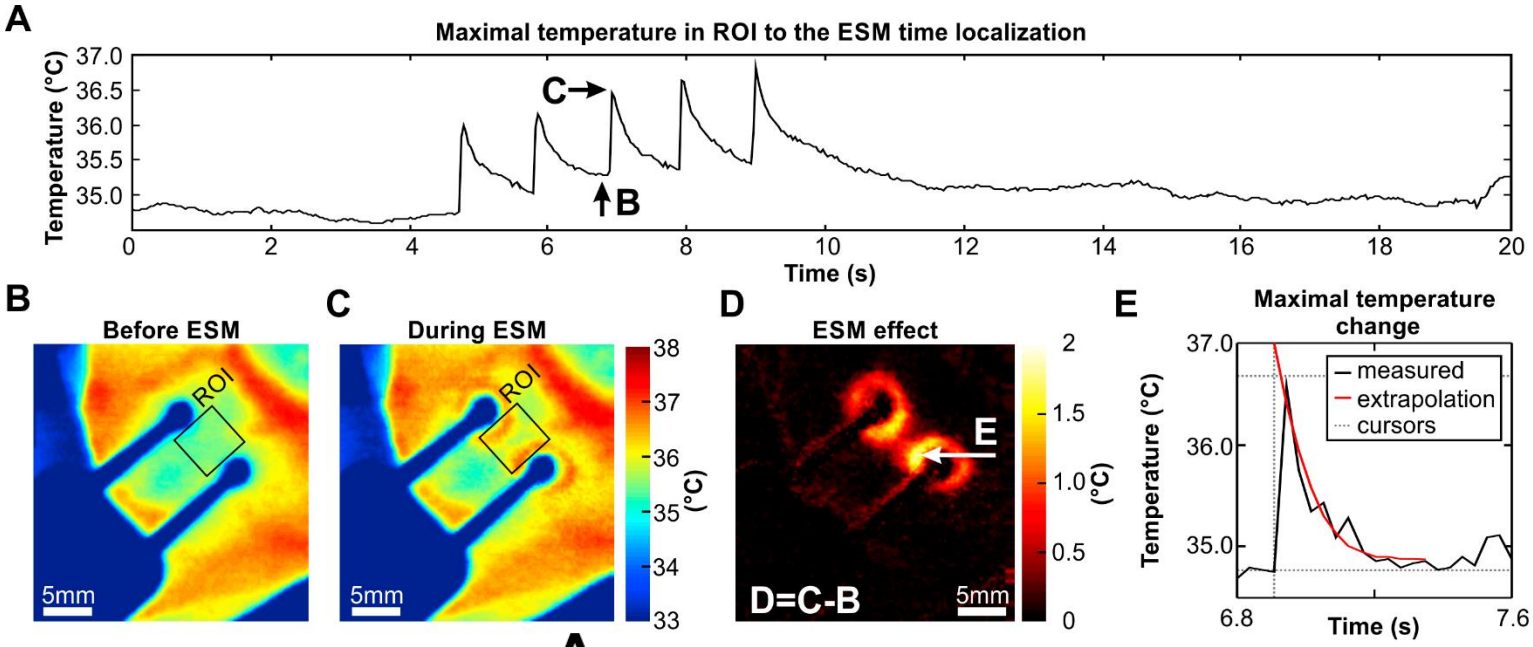
Jsou tepelné účinky bezpečné ?

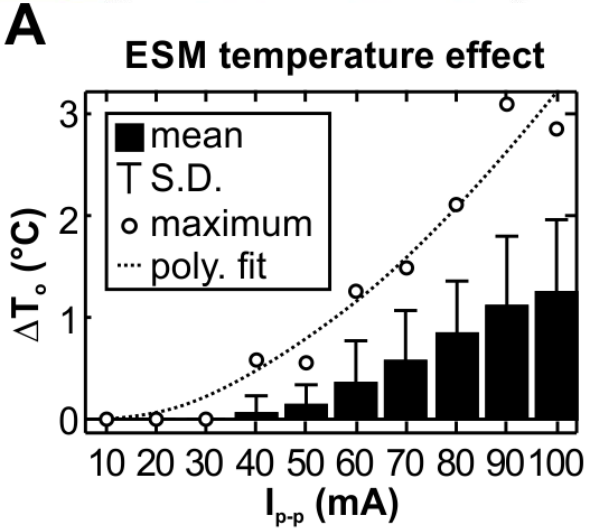


ESM – nový protokol

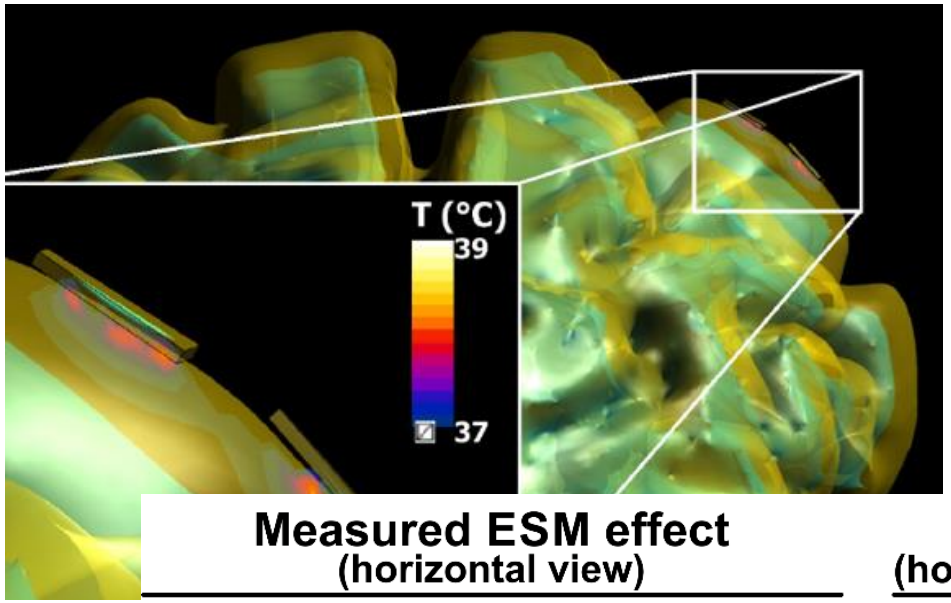


ESM – nový protokol

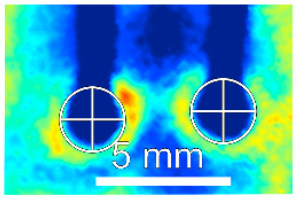


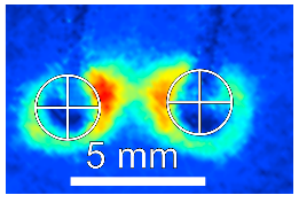


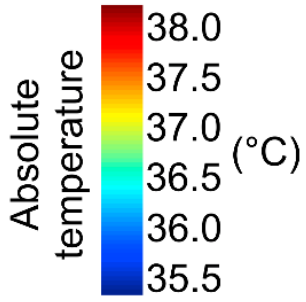
ESM – numerické simulace

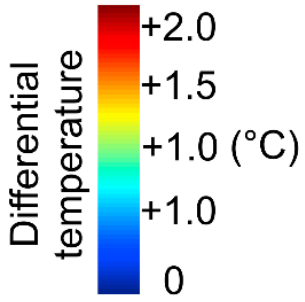
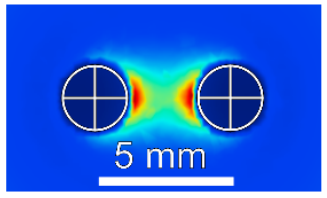
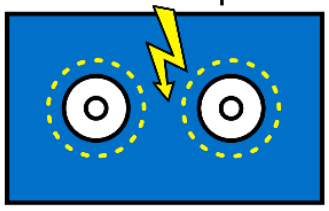
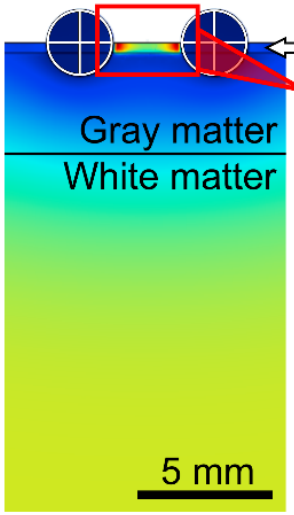
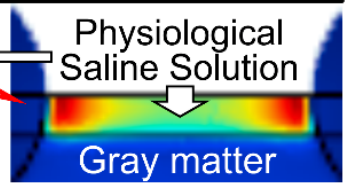
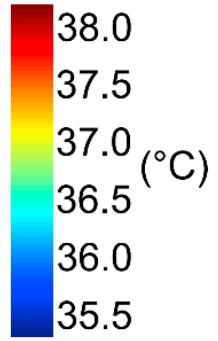


Measured ESM effect
(horizontal view)









Numerical model of ESM effect
(horizontal view) (vertical view) (detail)