

SIMULTÁNNÍ EEG-fMRI

Radek Mareček


MULTIMODÁLNÍ FUNKČNÍ ZOBRAZOVÁNÍ

- pozorování jevu z různých úhlů – lepší pochopení
- některé jevy jsou lépe pozorovány pomocí jedné modalitě, pozorovatele však zajímá informace obsažená v druhé modalitě – (spike informed EEG-fMRI)
- technické problémy X potenciální benefit

Co se stane s proměnnou Z, změní-li se proměnná X, nebo nastane událost Y

EEG-fMRI

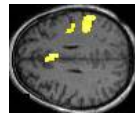
EEG – výborné časové rozlišení (jednotky ms)



10-20 systém, 30 elektrod
EKG, EOG
5kHz -> 250 Hz

EEG-fMRI

fMRI – výborné prostorové rozlišení (jednotky mm)



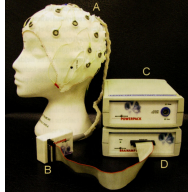
2 x 300/400 EPI skenů
TR = 3s, TE = 40ms
32 řezů po 3.5mm
64x64 pix, FOV 220mm
resting state

EEG v MRI

MR kompatibilní systém

- vzorkovací frekvence v jednotkách kHz
- 32/64 kanálů

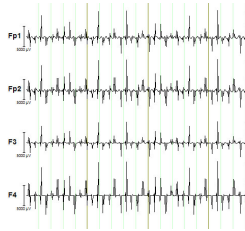
- synchronizace EEG a MR
- fixace hlavy
- fixace vodičů v gantry



EEG v MR

ARTEFAKTY

- gradientní
 - indukce napětí rychlým přepínáním gradientních magnetických polí
 - velmi pravidelný periodický průběh
 - EEG je stochastický (náhodný) signál

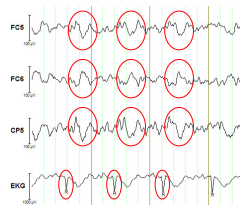


=> korekce subtrakcí průměrného artefaktu (AverageArtefactSubtraction)

EEG v MR

ARTEFAKTY

- pulsní
 - pohyb hlavy v rytmu srdečního cyklu
 - pulsní pohyb cév na skalpu přenesený na elektrody
 - kvaziperiodický průběh
 - předpoklad nulové korelace s EEG



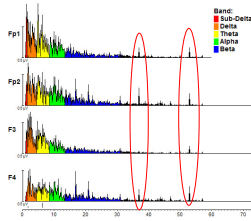
Korekce

- subtrakcí průměrného artefaktu (AverageArtefactSubtraction)
- subtrakcí typického artefaktu zjištěného pomocí PCA (OptimalBasisSet)
- odstranění ICA komponent, které obsahují zbytky artefaktů

EEG v MR

ARTEFAKTY

- ostatní
 - chvění vodičů v magnetickém poli
 - artefakt způsobený pumpou chladicího média
 - špičky ve spektru
 - pohybové artefakty



Korekce

- filtrace ve frekvenční oblasti
- kvalitní zajištění vodičů proti přenášení vibrací
- odstranění ICA komponent, které obsahují zbytky artefaktů
- vynechání period s výraznými pohybovými artefakty

STRATEGIE ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ

ASYMETRICKÉ X SYMETRICKÉ

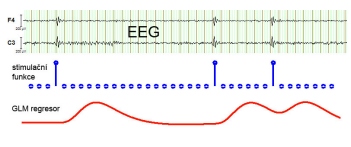
- informace odvozené z jedné modality použity ke zpracování dat druhé modality
- např. spike-informed GLM, nebo BOLD activation spatial constraint for EEG sources
- symetrické využití a optimální kombinace informací obsažených v obou modalitách

MODEL DRIVEN X DATA DRIVEN

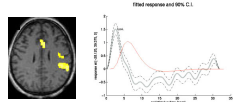
- využití latentních proměnných ke zpracování signálů
- zkoumání odezvy systému na vnější stimulaci

FOKÁLNÍ EPILEPSIE

- existence epileptiformních grafoelementů v interiktálním EEG
- kvalitní popis EEG z hlediska časové lokalizace spiků
- regresor v GLM – konvoluce stimulační funkce s kanonickou HRF



- PROBLÉMY:**
- tvar HRF - použití bází s více stupni volnosti pro konvoluci se stimulační funkcí
 - málo/příliš mnoho spiků => menší statistická výtěžnost
 - aktivace/deaktivace
 - malá senzitivita, cca 35%



Lemieux et al. 2008

BRAIN RHYTHMS

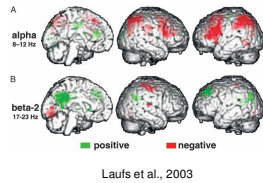
- resting state data (awake rest)
- korelace výkonu ve frekvenčním pásmu EEG signálu s BOLD signálem

ALFA

- desynchronizace při zapojení pozornostních mechanismů
- pozitivní korelace v oblasti thalamu
- negativní korelace v okcipitálních oblastech, v parieto-frontálních oblastech (pozornostní síť)

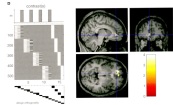
BETA

- pozitivní korelace s DMN
- podobné fMRI sítě – rozdílné EEG oscilace
- podobné EEG oscilace – rozdílné fMRI sítě



DALŠÍ METODY ZPRACOVÁNÍ EEG-FMRI

- zkoumání vztahu mezi parametry ERP a BOLD



- Benar et al. 2007
- oddball paradigma
- do design matrix přidán regresor modelující amplitudu vlny P300
- aktivita v předním cingulu vykazuje sign. korelaci s amplitudou vlny P300

- zkoumání vztahu mezi BOLD signálem a topografií EEG
- iktální EEG-fMRI
- výzkum bolesti
- BOLD aktivace jako omezení při lokalizaci EEG dipólů

INTRAKRANIÁLNÍ EEG a fMRI

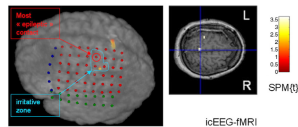
- problém se zahříváním elektrod v důsledku indukce el. proudu rychlým přepínáním gradientů

- Carmichael et al, 2010:

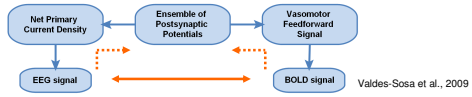
- indukované proudy jsou pod iritačním prahem
- při dodržení určitých zásad je riziko poškození tkáně minimální
- kombinace použité sekvence a konfigurace elektrod by měla být nejdříve testována

- Vulliamoz et al., in press:

- icEEG-fMRI bez nežádoucích účinků
- prostorová korelace BOLD aktivity odvozené od spiků a rozložení subdurálních elektrod
- další aktivované vzdálenější oblasti



GENEZE SIGNÁLŮ



- většina zmíněných metod porovnává mezi sebou přímo BOLD a EEG, nebo parametry z nich odvozené
- v budoucnu se dá očekávat výzkum a zpřesnění dopředných modelů, což by zřejmě vedlo k lepšímu pochopení fyziologie vztahu mezi BOLD a EEG a umožnilo kvalitnější zpracování signálu
