



SIMULTÁNNÍ EEG-fMRI

Radek Mareček



MULTIMODÁLNÍ FUNKČNÍ ZOBRAZOVÁNÍ

- pozorování jevu z různých úhlů – lepší pochopení
- některé jevy jsou lépe pozorovány pomocí jedné modality, 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

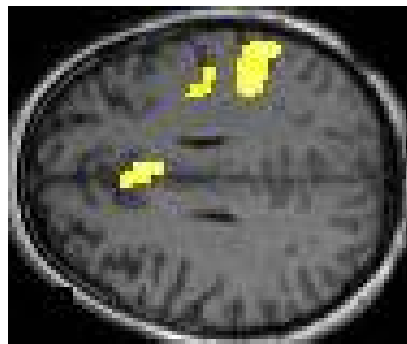
EEG – výborné časové
rozlišení (jednotky ms)



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

EEG-fMRI

fMRI – výborné prostorové
rozlišení (jednotky mm)

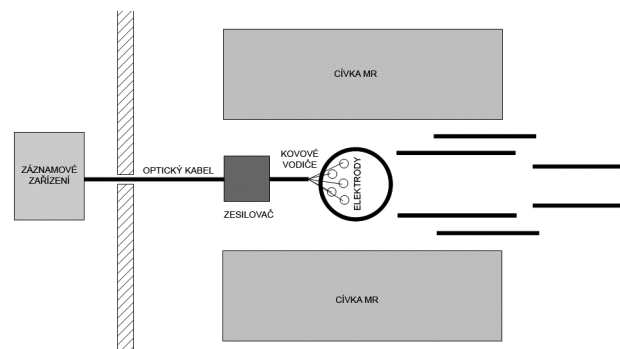
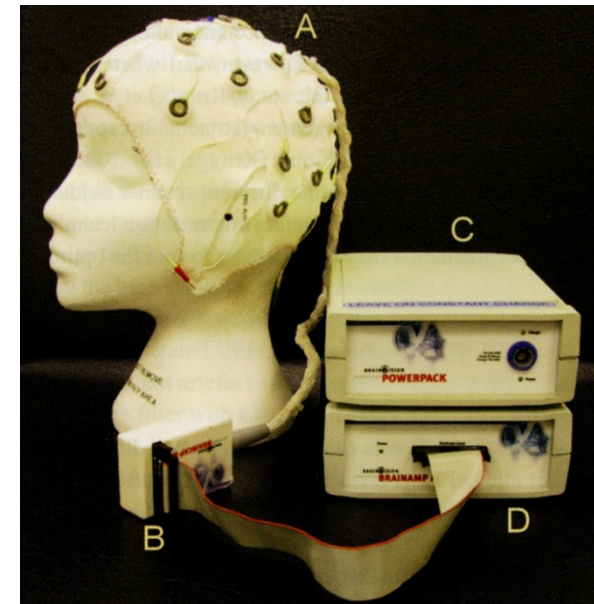


2 x 300/400 EPI skenů
TR = 3s, TE = 40ms
32 řezů po 3.5mm
64x64 pix, FOV 220mm
resting state

EEG v MRI

MR kompatibilní systém

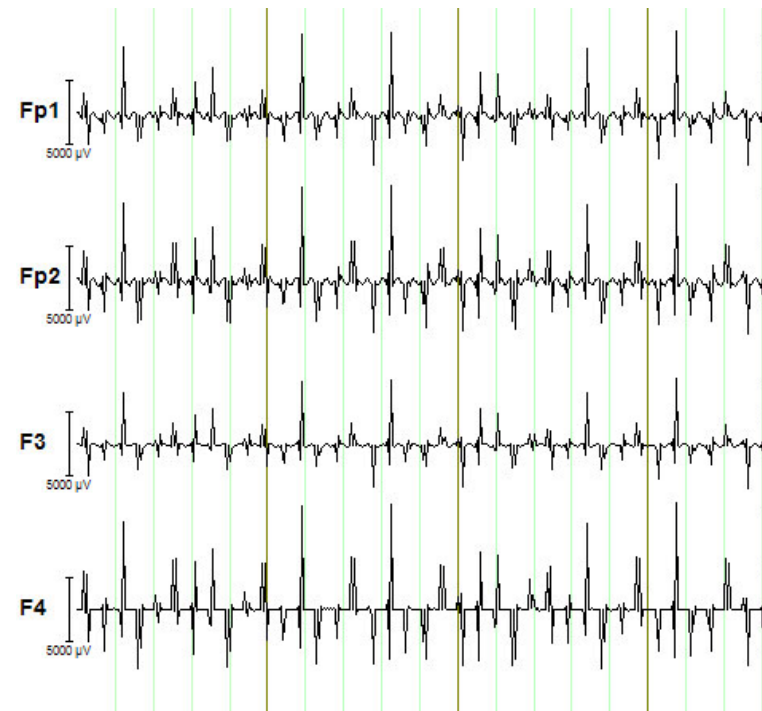
- vzorkovací frekvence v jednotkách kHz
- 32/64/128/256 kanálů
- synchronizace EEG a MR
- fixace hlavy
- fixace vodičů v gantry



EEG v MR

ARTEFAKTY

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



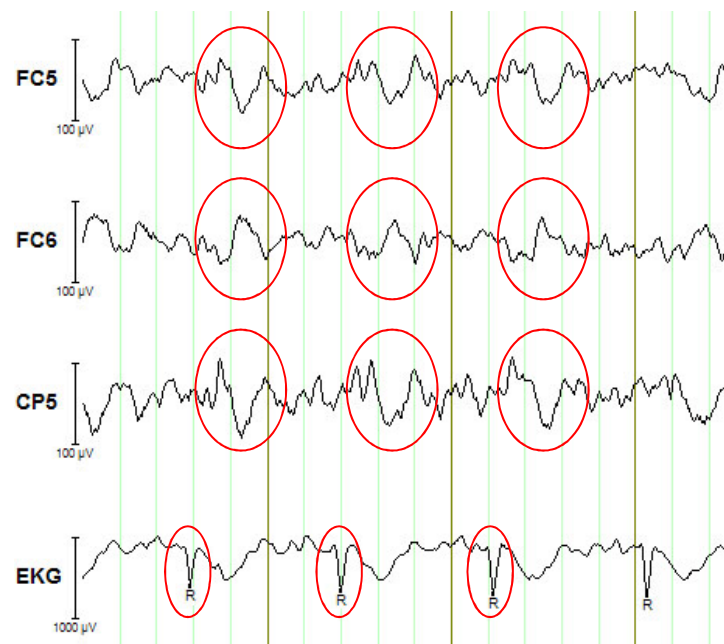
=> korekce subtrakcí průměrného artefaktu (AverageArtefactSubtraction)

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

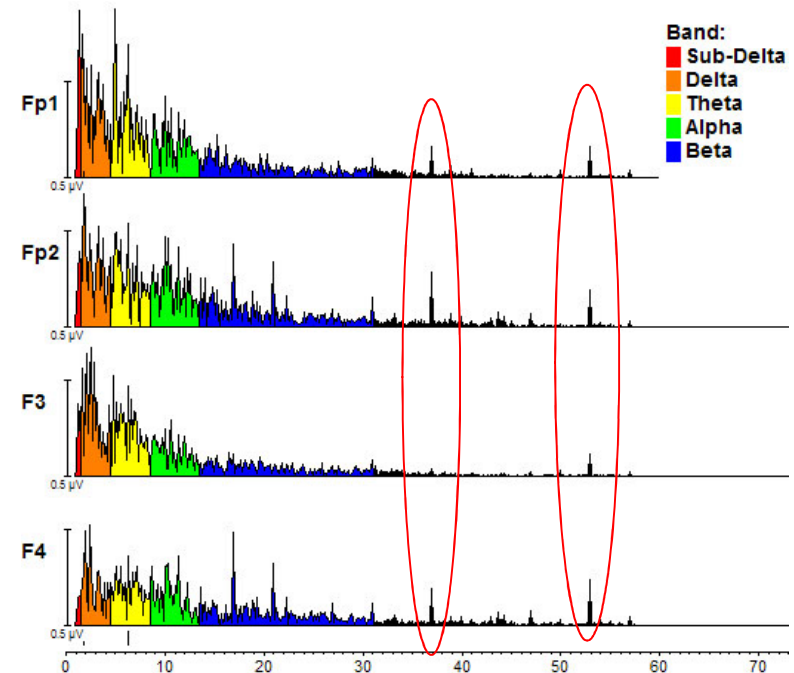
- subtraktí průměrného artefaktu (AverageArtefactSubtraction)
- subtraktí typického artefaktu zjištěného pomocí PCA (OptimalBasisSet)
- odstranění ICA komponent , které obsahují zbytky artefaktů

EEG v MR

ARTEFAKTY

■ ostatní

- chvění vodičů v magnetickém poli
- artefakt způsobený pumpou chladicího media
- 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

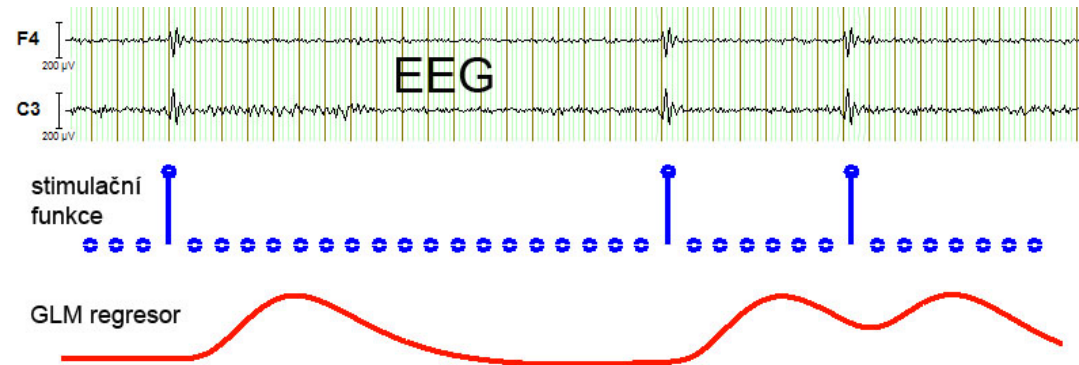
MODEL DRIVEN X DATA DRIVEN

- zkoumání odezvy systému na vnější stimulaci

- využití latentních proměnných ke zpracování signálů

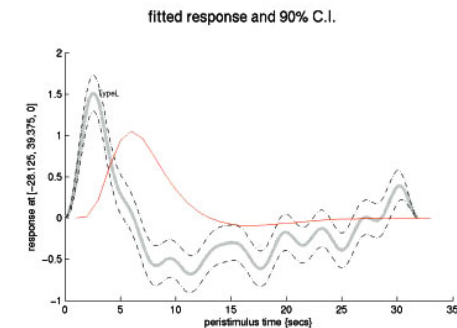
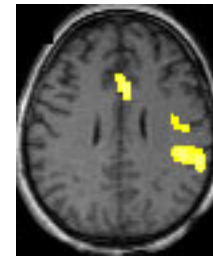
FOKÁLNÍ EPILEPSIE

- 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

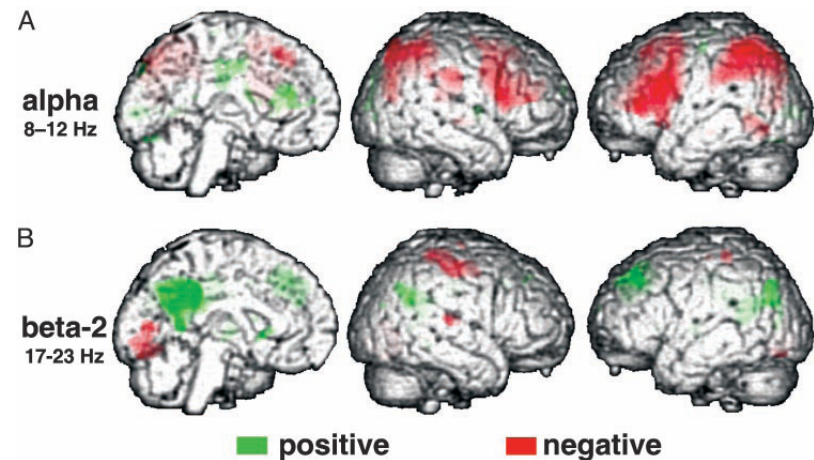
- resting state data (awake rest)
- korelace výkonu ve frekvenčním pásmu EEG signálu s BOLD signálem

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 síť – rozdílné EEG oscilace
- podobné EEG oscilace – rozdílné fMRI síť



Laufs et al., 2003

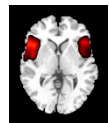
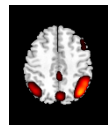
BRAIN RHYTHMS

- symetrický přístup, např. **Paralelní ICA**

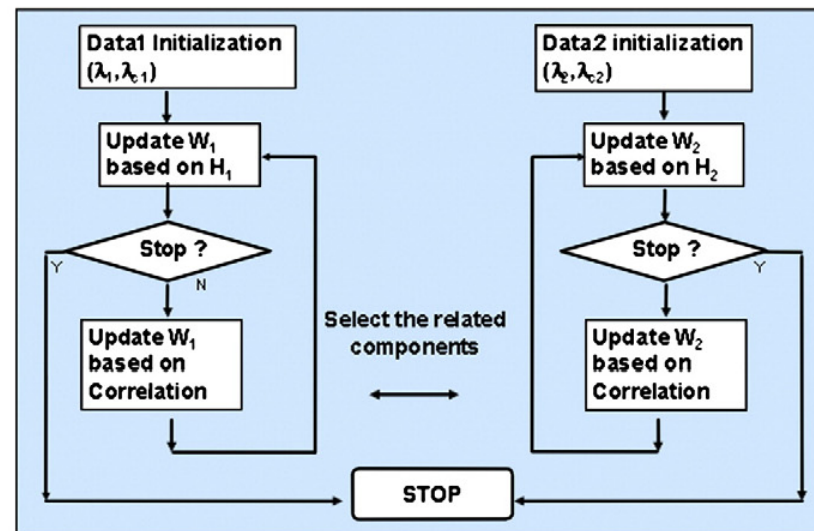
optimalizace nezávislosti komponent

+

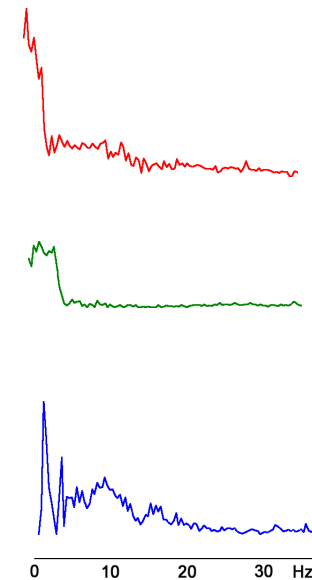
optimalizace korelace časových průběhů mezi modalitami



prostorově
nezávislé
zdroje BOLD
signálu



nezávislé
frekvenční
vzorce



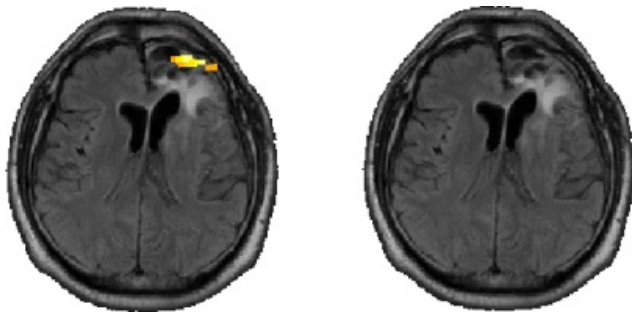
Calhoun et al. 2009

BRAIN RHYTMS

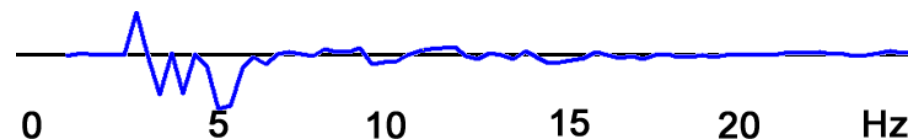
- předběžné výsledky ukazují, že zřejmě existují dvojice komponent z obou modalit jejichž časové průběhy těsně korelují

EPI pacient
epileptogenní léze F dx potvrzená
dobrým pooperačním outcomem

lokalizovaný zdroj variability
BOLD signálu



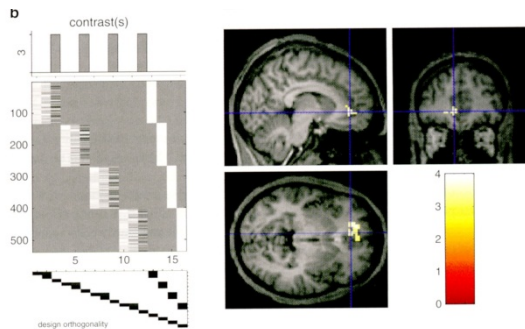
frekvenční vzorec



$$r = 0.18$$

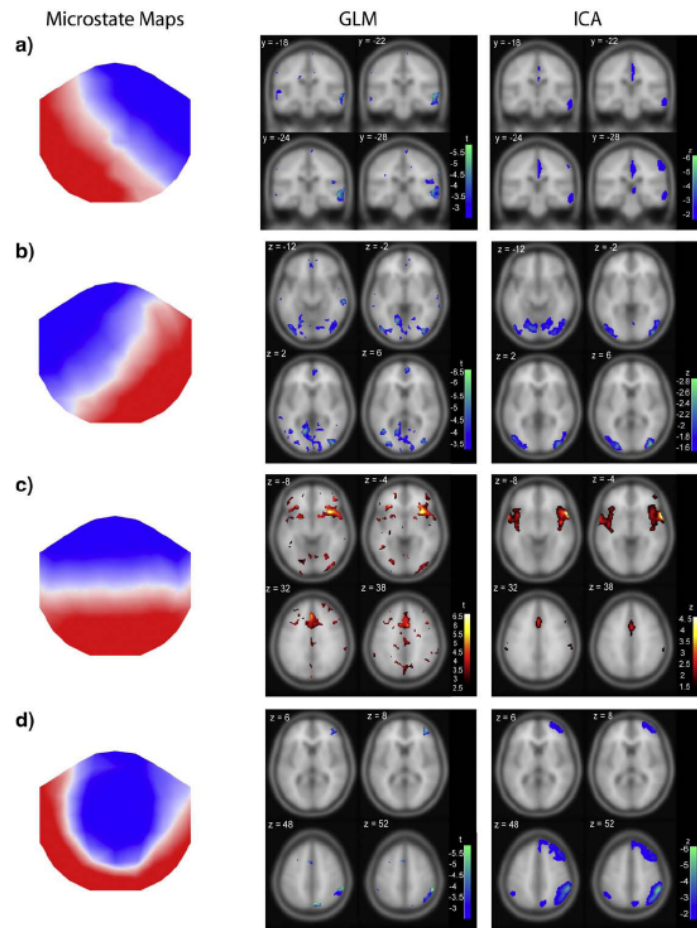
ERP A BOLD

- 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

EEG MICROSTATES



skalповé EEG

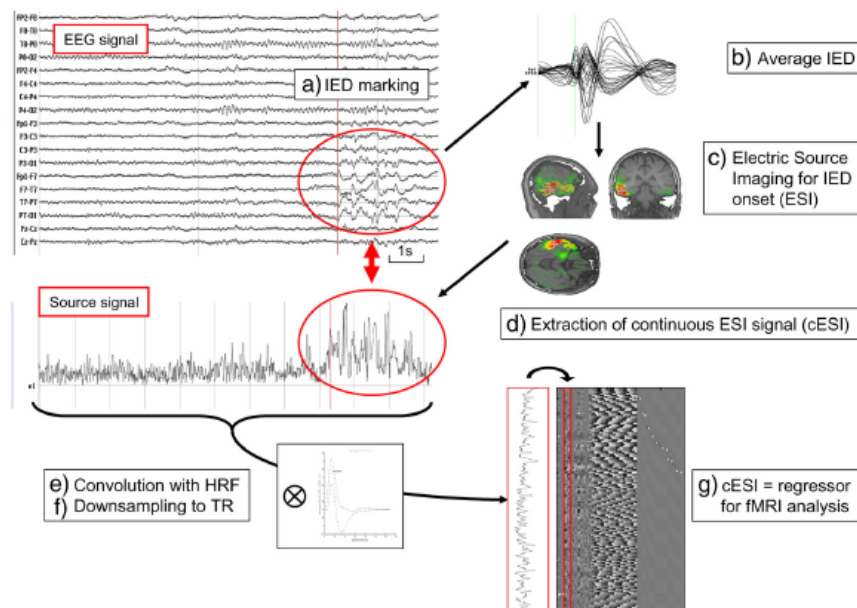
existence 4 typických stavů
topografie skalповého EEG

stavy jsou kvazistacionární - po 50
až 100ms se jeden stav překlopí do
jiného

Britz et al. 2010

DALŠÍ METODY ZPRACOVÁNÍ EEG-FMRI

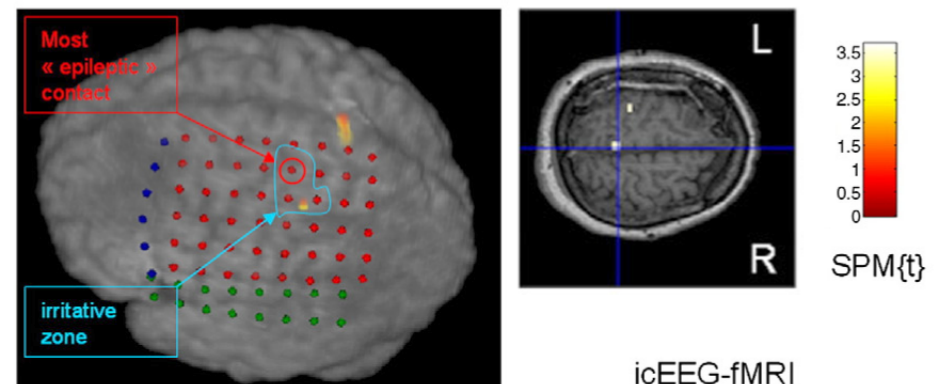
- iktální EEG-fMRI
- výzkum bolesti
- využití Source Reconstruction pro modelování regresorů pro GLM nad fMRI daty



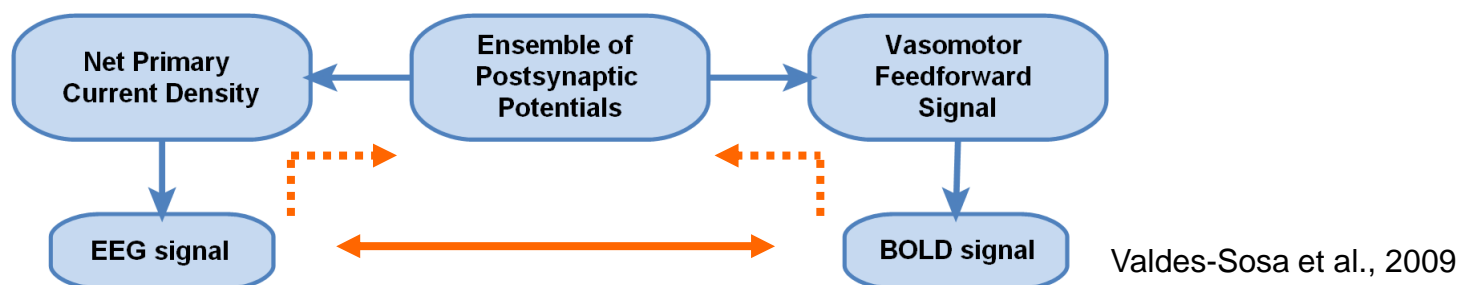
Vulliemoz et al. 2010

INTRAKRANIÁLNÍ EEG a fMRI

- problém se zahříváním elektrod v důsledku indukce el. proudu rychlým přepínáním gradientů
- výpadek signálu v okolí elektrod
- 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
- Vulliemoz 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