

13. Konference radiologické fyziky

8.–10. duben 2025

Korekce efektu částečného objemu u FDG-PET mozku s využitím MRI pro diagnostiku epilepsie

Prezentující: Kateřina Macková

Fakulta elektrotechnická

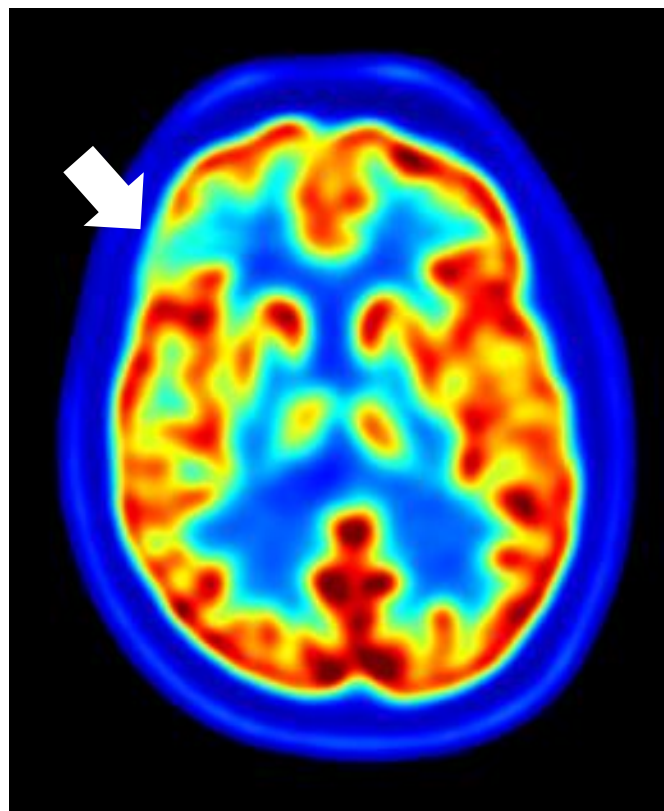
ČVUT v Praze

- Chirurgická léčba farmakorezistentní fokální epilepsie
- Lokalizace epileptogenní léze pomocí multimodálního přístupu (EEG, MRI, PET, SPECT...)
- Epileptogenní léze je často hypometabolická na obrazech FDG-PET
- FDG-PET přínosný zejména v případně negativního MRI nálezu

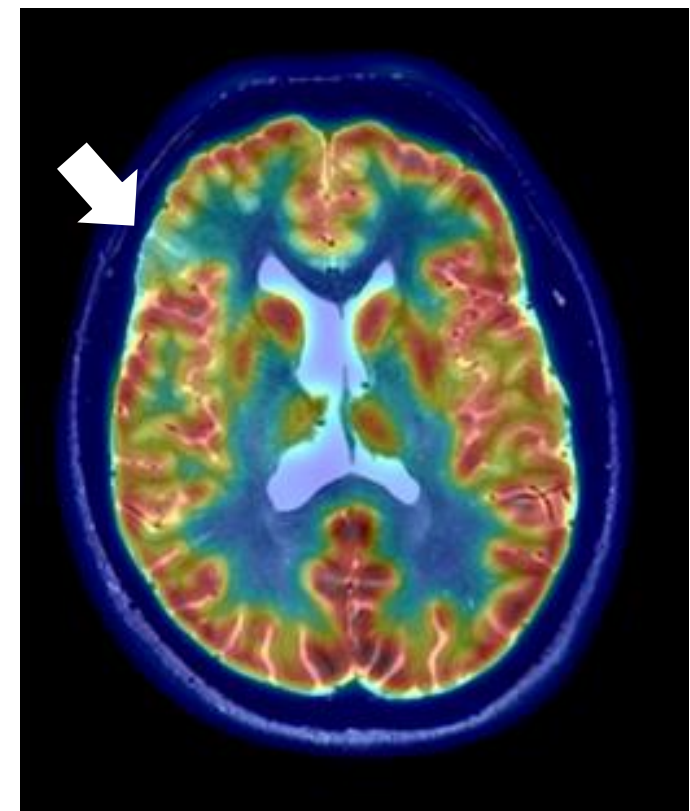
MRI



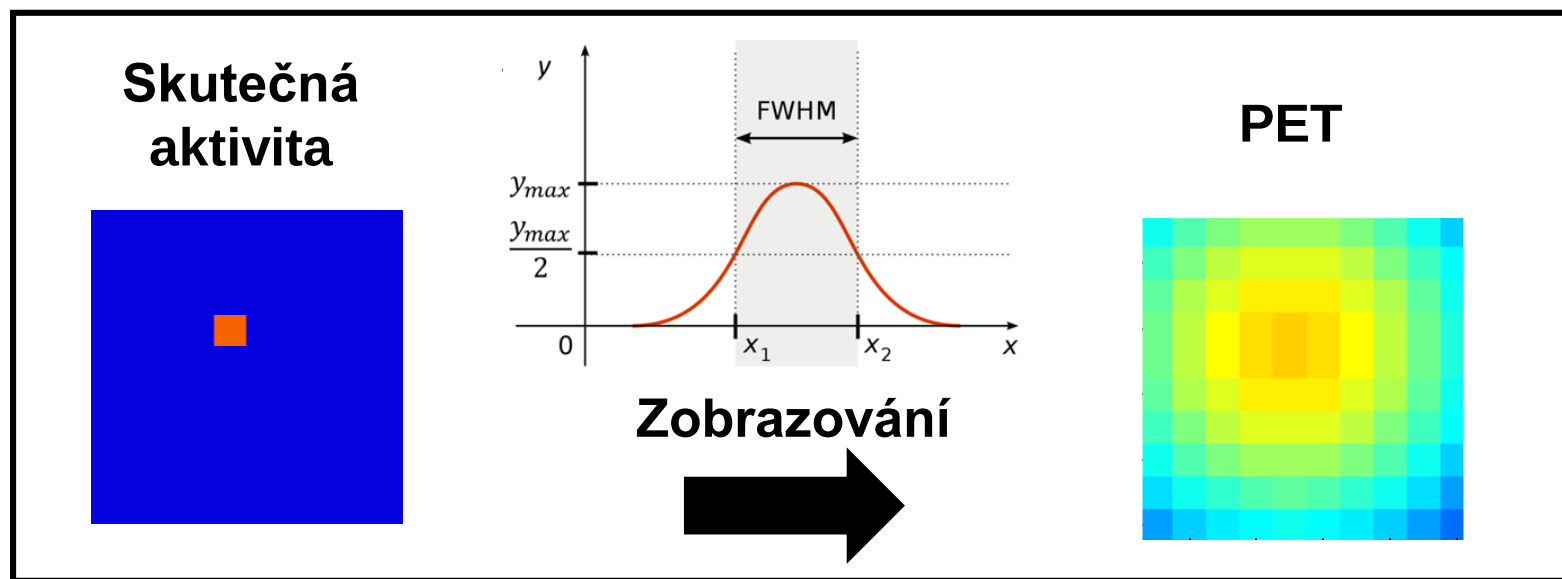
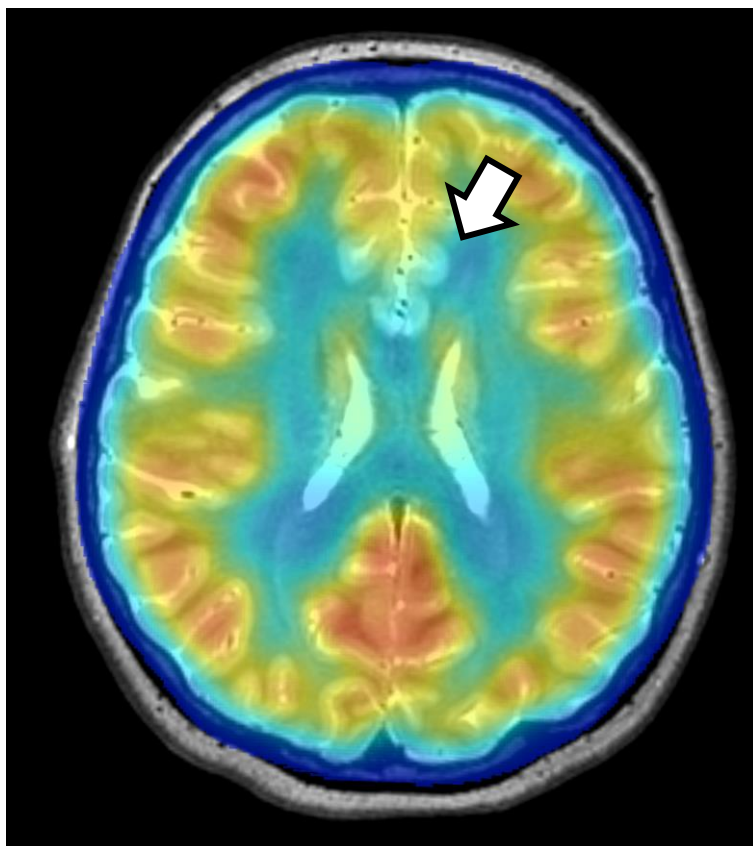
FDG-PET



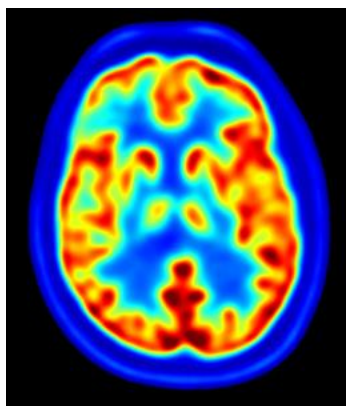
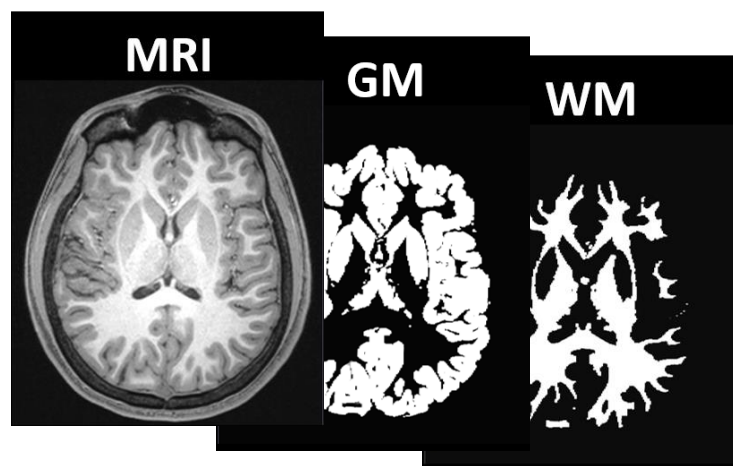
MRI + FDG-PET (50 %)



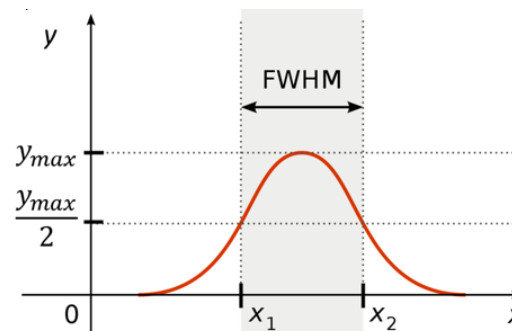
- Detekci lézí limituje nízké prostorové rozlišení FDG-PET
- Nízké prostorové rozlišení -> efekt částečného objemu (PVE) -> rozmazání obrazu
- Prostorové rozlišení je popsáno rozptylovou funkcí bodového zdroje (PSF)
- Zjednodušený popis zobrazování jako konvoluce skutečné aktivity s PSF



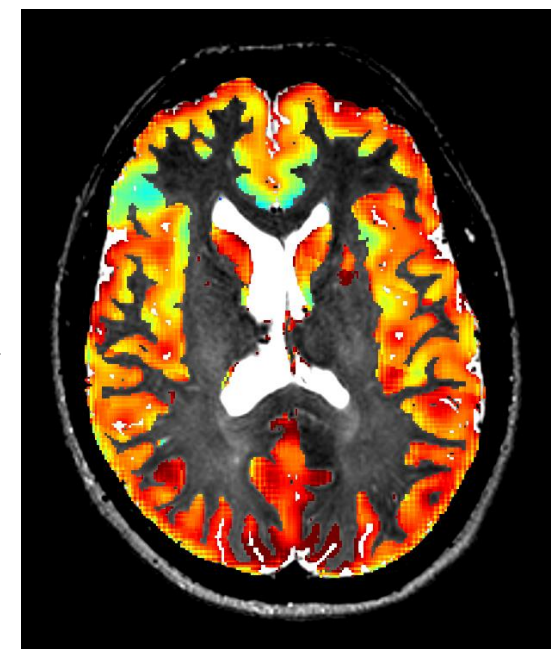
- PVE může být dodatečně kompenzován pomocí korekce efektu částečného objemu (PVC)
- PVC pomocí dekonvoluce zpětně odhadne skutečnou aktivitu v šedé kůře
- Dekonvoluce využívá 3D gaussovské jádro k modelování rozmazání vlivem PSF
- Segmentace MRI přidává do dekonvoluce informaci o hranách



FDG-PET

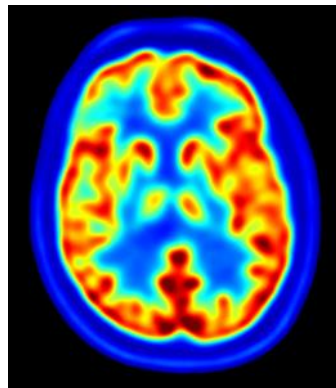
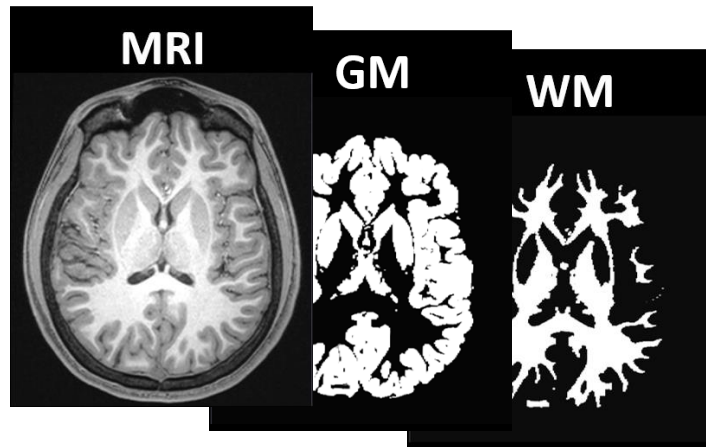


PVC
dekonvoluce

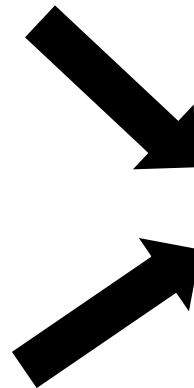


PVC FDG-PET

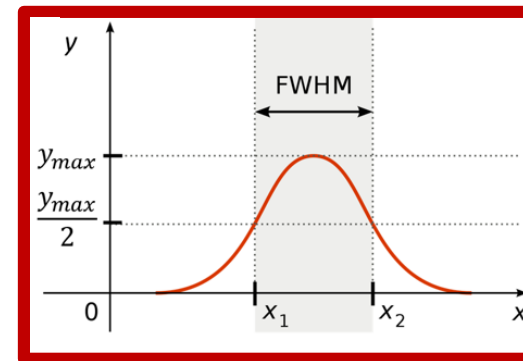
- Klíčovým parametrem PVC je vstupní rozptylová funkce (inPSF), která řídí dekonvoluci
- Chybí doporučení, jak inPSF určit v praxi pro iterativní rekonstrukční protokoly
- V předchozích pracích buď simulovaná data, nebo hrubý odhad
- **Cílem bylo najít způsob, jak určit inPSF, která povede k optimálním výsledkům PVC**



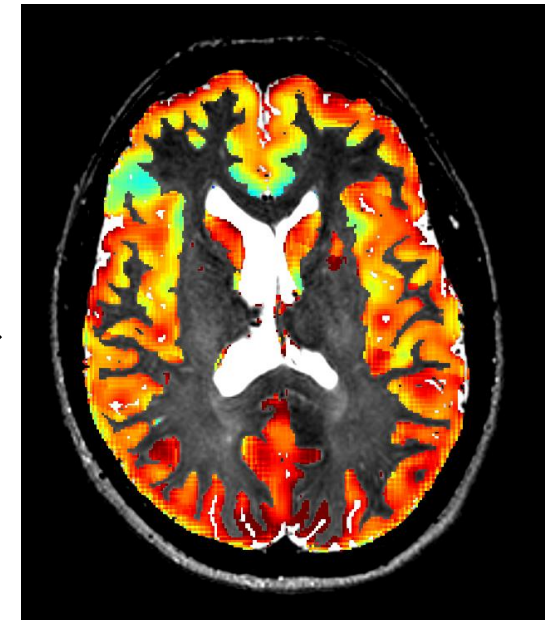
FDG-PET



???



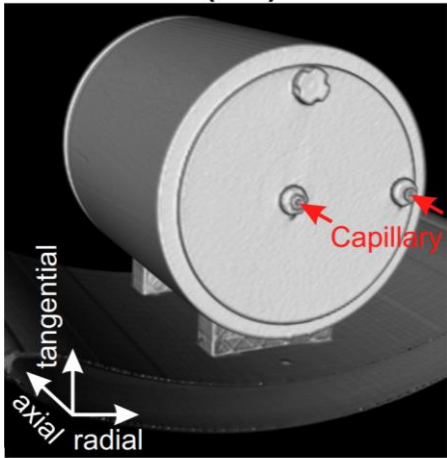
PVC
dekonvoluce



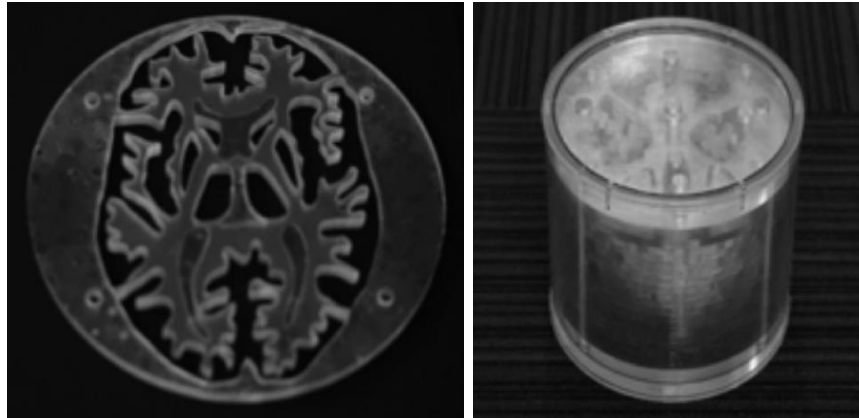
PVC FDG-PET

- Porovnali jsme dva způsoby odhadu inPSF
 1. Měření PSF dle NEMA standardu pomocí kapilárního fantomu
 2. Měření efektivního rozlišení obrazu (EIR) pomocí Hoffmanova fantomu (dle EARL)
- Měření kapilárního a Hoffmanova fantomu v NNH a FNOL
- Siemens Biograph Vision 600, Siemens Biograph mCT 40
- Klinický rekonstrukční protokol používaný v NNH pro pacienty s epilepsií

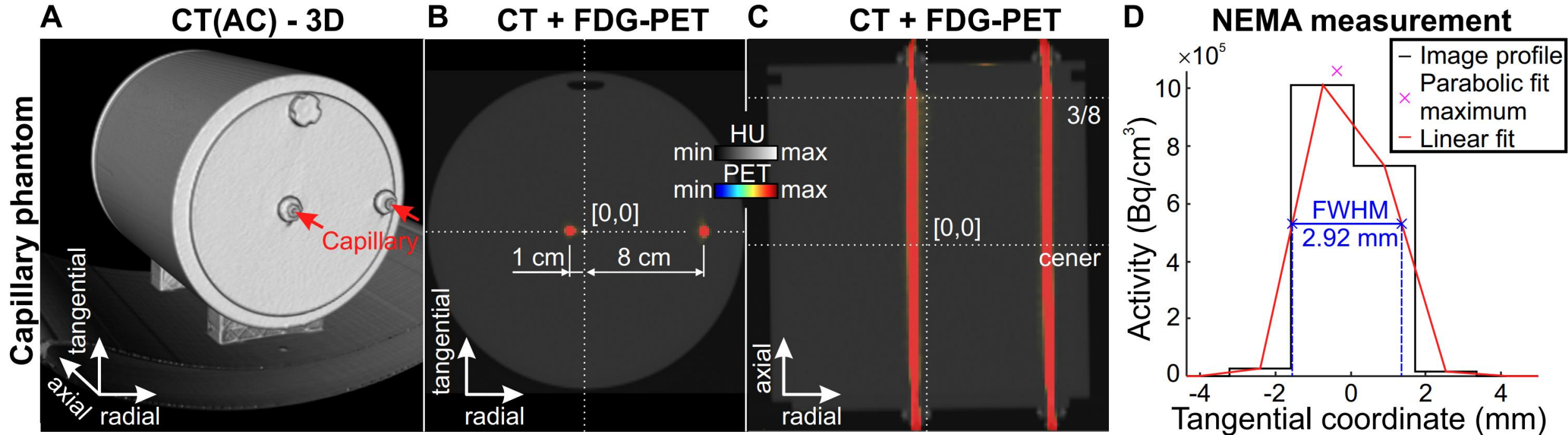
Kapilární fantom



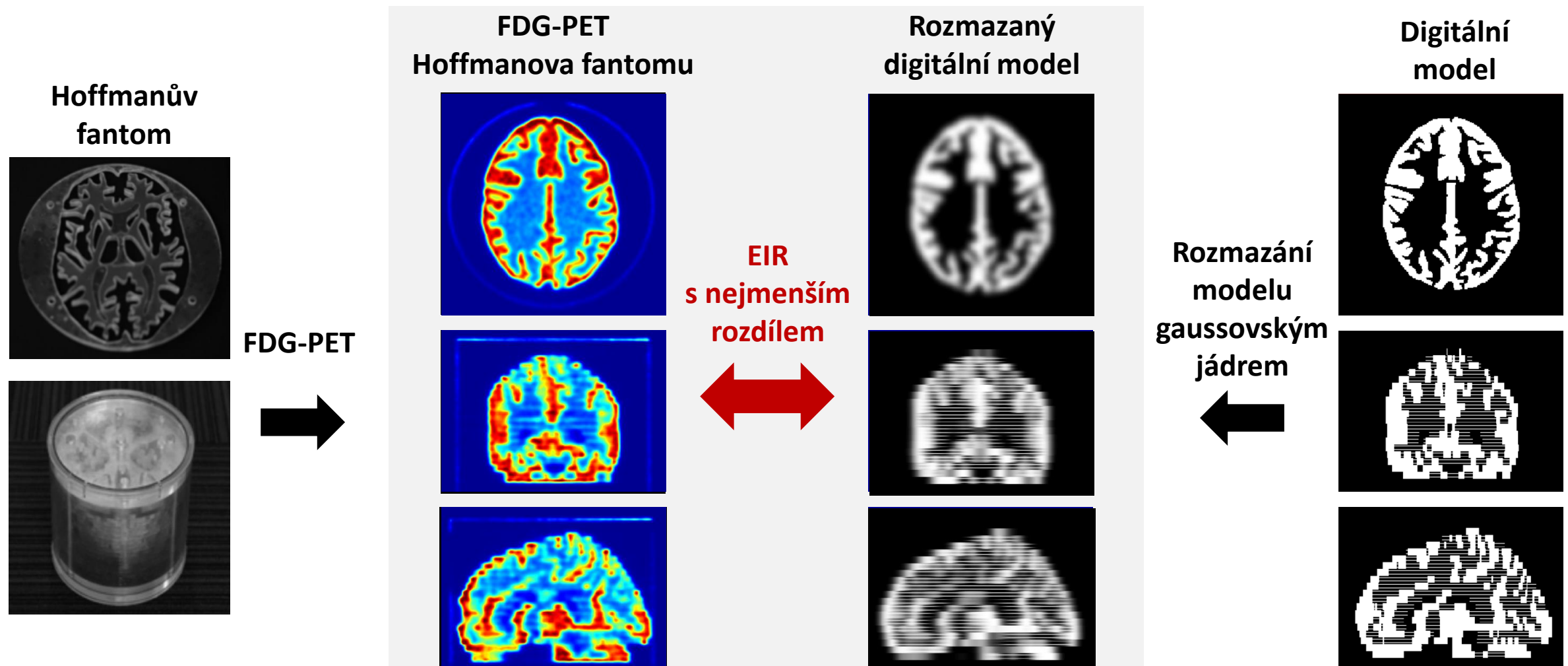
Hoffmanův fantom



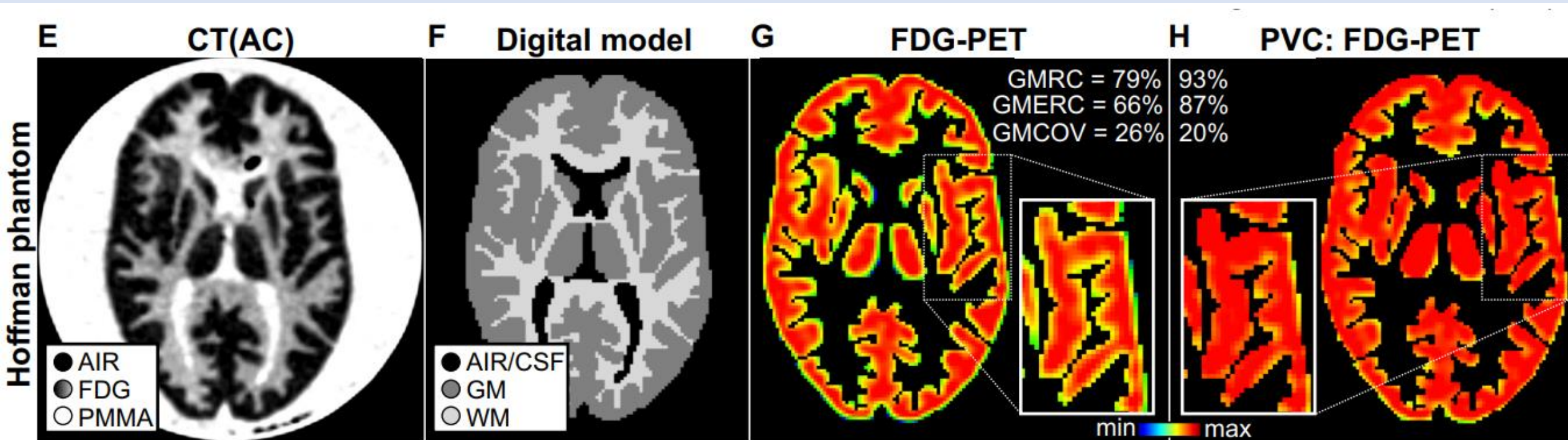
- Cylindrický fantom s kapilárami o průměru 1 mm umístěnými 1 cm a 8 cm od středu
- Aktivita v kapilárách 10 MBq, v cylindru voda, akvizice 20 minut
- Měření PSF kapiláry podle NEMA standardu (radiální, tangenciální)
- Jako odhad inPSF byl využit průměr přes vzdálenosti od středu, směry a opakování měření



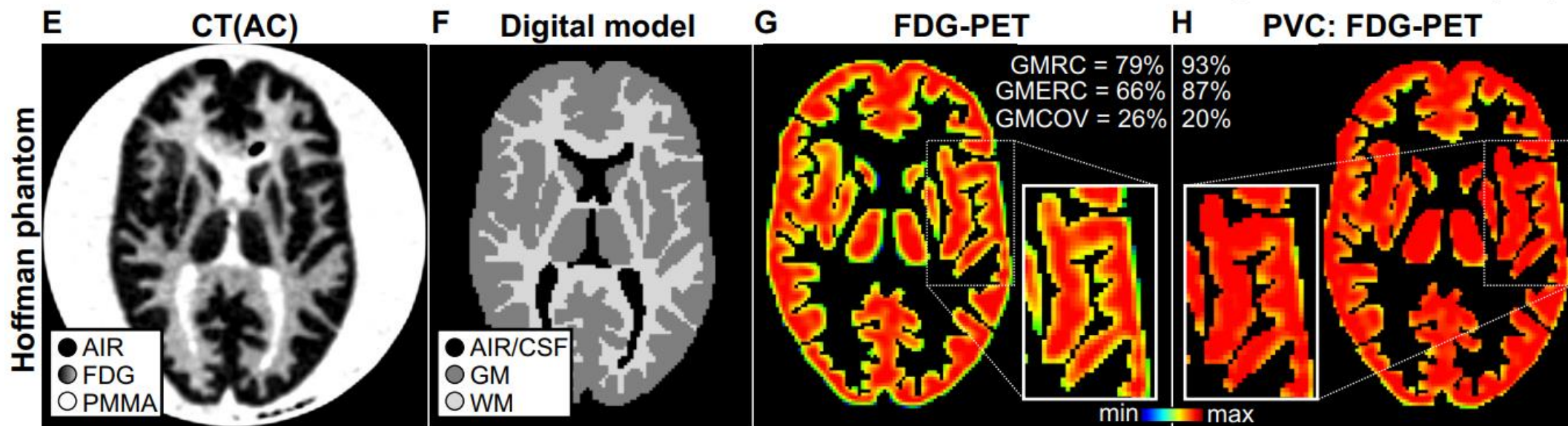
- Akvizice FDG-PET Hoffmanova fantomu 10 minut, různé aktivity
- Měření EIR pomocí iterativního rozmazávání digitálního modelu fantomu (dle EARL)
- Jako odhad inPSF byl využit průměr EIR přes opakování měření



- FDG-PET Hoffmanova fantomu zpracován PVC s využitím
 1. inPSF odhadnuté z PSF změřené na kapilárním fantomu
 2. inPSF odhadnuté z EIR změřeného na Hoffmanově fantomu
- Kvalita obrazu před a po PVC vyhodnocena pomocí metrik:
 - *Recovery coefficient* v segmentu šedé kůry (GMRC)
 - *Recovery coefficient* v okrajových voxelech segmentu šedé kůry (GMERC)
 - Koeficient variace v segmentu šedé kůry (GMCOV)



- **Recovery coefficient v segmentu šedé kůry (GMRC):**
 - Hodnotí přesnost zobrazení skutečné aktivity v segmentu šedé kůry.
 - GMERC = 100 % znamená ideální zobrazení skutečné aktivity.
- **Recovery coefficient v okrajových voxelech segmentu šedé kůry (GMERC):**
 - Hodnotí přesnost zobrazení skutečné aktivity na okrajích segmentu šedé kůry.
 - GMERC = 100 % znamená ideální zobrazení skutečné aktivity.
- **Koeficient variace v segmentu šedé kůry (GMCOV):**
 - Hodnotí homogenitu obrazu v segmentu šedé kůry.
 - GMCOV = 0 znamená ideálně homogenní aktivitu.



- **inPSF odhadnuté z PSF změřené na kapilárním fantomu:**
 - Pro mCT skener: 2.63 mm (radiální), 2.71 mm (tangenciální), 2.67 mm (axiální)
 - Pro Vision skener: 2.86 mm (radiální), 2.60 mm (tangenciální), 2.73 mm (axiální)
- **inPSF odhadnuté z EIR změřeného na Hoffmanově fantomu:**
 - Pro mCT skener: 4.54 mm (osa x), 4.69 mm (osa y), 4.86 mm (osa z)
 - Pro Vision skener: 4.64 mm (osa x), 4.68 mm (osa y), and 4.10 mm (osa z)
- **Odhadnutá inPSF o více než 50 % vyšší pro odhad z EIR**
- **Odpovídá vizuálnímu pozorování výsledku PVC**

TABLE I

SCANNER PSF MEASUREMENTS USING CAPILLARY PHANTOM

Siemens Biograph mCT 40					
Realization		1		2	
Distance from axis		1 cm	8 cm	1 cm	8 cm
PSF at FOV center (mm)	Radial	2.26	3.66	2.18	3.26
	Tangential	2.33	3.76	2.12	2.22
	Axial*	2.29	3.71	2.15	2.74
PSF at 3/8 FOV (mm)	Radial	2.16	2.86	2.19	3.1
	Tangential	2.38	3.76	2.2	2.28
	Axial*	2.27	3.31	2.2	2.69

TABLE II

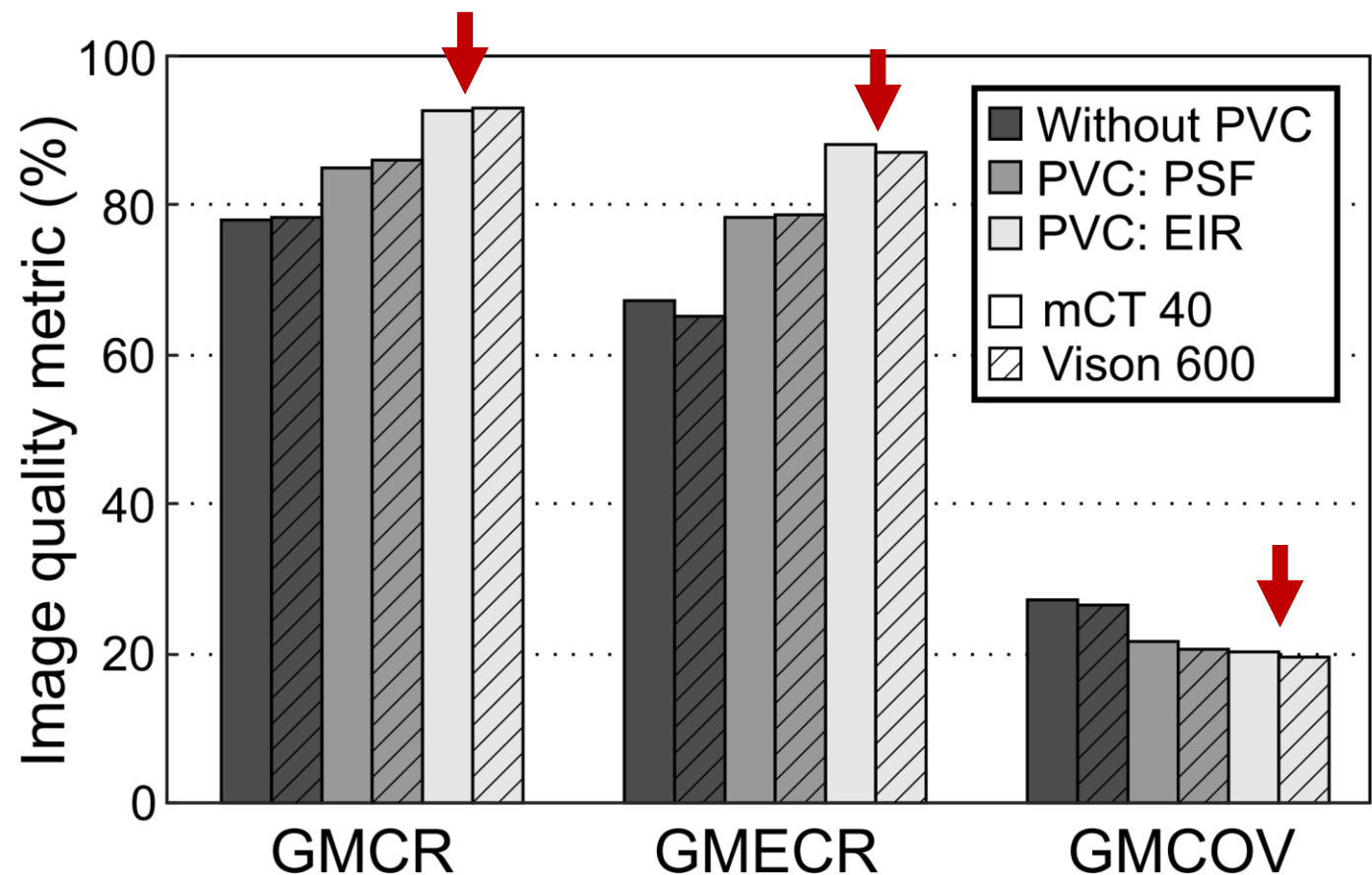
EIR ESTIMATIONS USING HOFFMAN PHANTOM MEASUREMENTS

Siemens Biograph mCT 40				
Realization		1 (360 MBq)	2 (35 MBq)	mean
EIR (mm)	Radial	4.67	4.4	4.54
	Tangential	4.92	4.46	4.69
	Axial	4.97	4.76	4.86

- Lepší hodnoty metrik pro FDG-PET s PVC než pro původní obraz
- PVC s inPSF odhadnuté z měření kapilárního fantomu:
 - GMRC 92-94% , GMERC 85-90%, GMCOV 18-22%.
- PVC s inPSF odhadnuté z EIR Hoffmanova fantomu:
- GMRC 85-86%, GMERC 78- 79%, GMCOV 20-23%.

▪ **Lepší výsledek PVC pro odhad inPSF z EIR Hoffmanova fantomu**

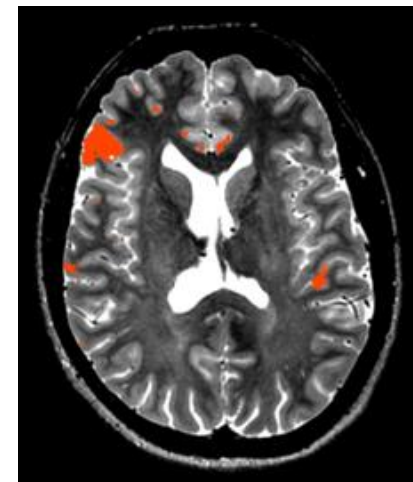
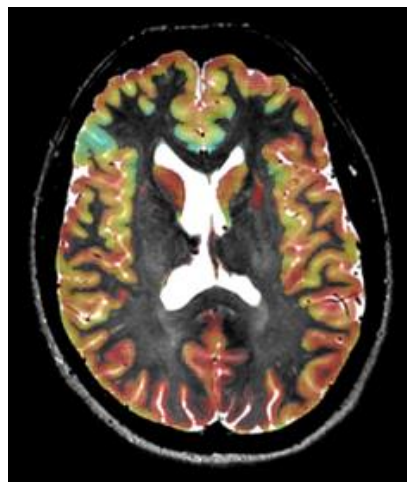
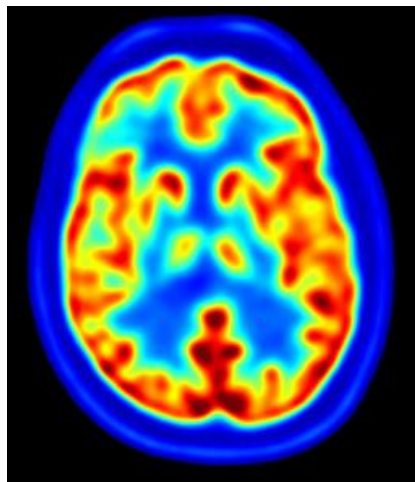
- Aktivita v šedé kůře po PVC bližší skutečné aktivitě
- Mírně lepší homogenita aktivity v šedé kůře



- Cílem bylo najít metodu, jak určit inPSF, která povede k optimálním výsledkům PVC.
- Odhad inPSF z EIR změřeného pomocí Hoffmanova fantomu vedl k lepším výsledkům PVC.
- EIR se využívá jako metrika v rámci EARL F/C Brain PET/CT Accreditation a pro akreditovaná centra by se nemuselo dodatečně měřit



- **Ověřit metodu odhadu inPSF na dalších skenerech, více opakování měření a vyhodnocení vlivu nastavení rekonstrukce (počet iterací, velikost voxelu)**
- **Určení inPSF v případech, kdy nejsou možná měření (pacienti se starším PET, a z center, kde nemáme navázanou spolupráci)**
- **Validovat přínos PVC pro automatickou detekci hypometabolických lézí na simulovaných datech, případně i na fyzickém modelu hypometabolických lézí**



Poděkování

- **FEL, ČVUT v Praze**
 - Radek Janča, Ph.D.
 - Kateřina Dudášová
 - Petr Ježdík, Ph.D.
- **PET centrum, NNH**
 - Jiří Terš
 - doc. Otakar Bělohlávek, MD, CSc.
- **PET centrum, FNOL**
 - Jaroslav Ptáček, Ph.D.

- **Centrum pro epilepsie, FN Motol**
2. lékařská fakulta, UK
 - Prof. Pavel Kršek, MD, Ph.D.
 - Prof. Petr Marusič, MD, Ph.D.
 - Prof. Jakub Otáhal, MD, Ph.D.
 - Prof. Přemysl Jiruška, MD, Ph.D.
 - Martin Kynčl, MD, Ph.D.
 - Alena Jahodová, MD, Ph.D.
 - Martin Kudr, MD, Ph.D.
 - Anežka Bělohávková, MD
 - Adam Kalina, MD
 - Matyáš Ebel, MD
 - Jan Šanda



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ČVUT V PRAZE**

H NEMOCNICE
NA HOMOLCE



FAKULTNÍ NEMOCNICE
OLOMOUC

EPI | **RE** | **C** EPILEPSY
RESEARCH CENTRE
PRAGUE



**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA
UNIVERZITA KARLOVA**

- Tento projekt byl podpořen grantem **NU23-08-00528** Ministerstva zdravotnictví České republiky a grantovou agenturou ČVUT (**SGS23/170/OHK3/3T/13**).