



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Chlum u Třeboně, 15.-18. 9. 2025

Workshop lékařské elektroniky a bioinformatiky 2025

SBORNÍK

Editoři:

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Ing. Zdeněk Horčík

Katedra teorie obvodů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Technická 2
166 27 Praha 6

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta elektrotechnická

Kontaktní adresa: Jan Havlík, Katedra teorie obvodů, FEL ČVUT v Praze, Technická 2, 166
27 Praha 6

První vydání elektronicky

ISBN 978-80-01-07418-3

Počet stran: 14

ORGANIZAČNÍ VÝBOR

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Ing. Zdeněk Horčík

Konference byla financována z grantu SVK 27/25/F3 uděleného ČVUT v Praze.

PŘEDMLUVA

Vážené kolegyně a kolegové,

držíte v ruce sborník prezentací z dvanáctého ročníku workshopu studentů nastupujících do prvních ročníků bakalářského i magisterského studia na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze, studijního programu Lékařská elektronika a bioinformatika. Příspěvky, které jsou v tomto sborníku prezentovány, představují výsledky bakalářských prací studentů. Jejich prezentace umožňují seznámit se navzájem hned zkraje studia s prací svých nových kolegyně a kolegů, přitom studentům bakalářského studia pak především získat prvotní představu o tom, jak by měl po třech letech studia vypadat výsledek jejich práce. Získané poznatky a zkušenosti mohou studenti tvůrčím způsobem využít v dalším studiu. Minulé ročníky konference jasně ukázaly, že takovýto způsob společného sdílení informací hned zkraje studia je pro jeho pokračování velkým přínosem. Studentům napomáhá v rychlejší orientaci ve studovaném oboru, který svojí šíří, rychlým rozvojem a multidisciplinárním pojetím patří k jednému z obtížnějších.

Jan Havlík

Zdeněk Horčík

OBSAH

<i>PŘEDMLUVA</i>	4
<i>OBSAH</i>	5

Pokovič Ondřej

<i>SOUVISLOST ABNORMÁLNÍ AKTIVITY V INTRAKRANIÁLNÍM EEG A HYPOMETABOLISMU NA FDG-PET U FOKÁLNÍ EPILEPSIE</i>	6
--	---

SOUVISLOST ABNORMÁLNÍ AKTIVITY V INTRAKRANIÁLNÍM EEG A HYPOMETABOLISMU NA FDG-PET U FOKÁLNÍ EPILEPSIE

Ondřej Pokovič

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Farmakorezistentní epilepsie je chronické neurologické onemocnění, které významně ovlivňuje kvalitu života pacientů a často vyžaduje chirurgickou intervenci. Úspěšnost epileptochirurgické léčby však závisí na přesné lokalizaci epileptogenní zóny. V tomto kontextu se stále více pozornosti věnuje kombinaci různých předoperačních vyšetření, zejména pozitronové emisní tomografie s fluorodeoxyglukózou (FDG-PET) a stereoelektroencefalografie (SEEG), které poskytují informace o funkční aktivitě mozku. Tato bakalářská práce se zaměřuje na vztah mezi hypometabolismem detekovaným pomocí FDG-PET a elektrickou aktivitou mozku zachycenou metodou SEEG u pacientů s farmakorezistentní fokální epilepsií. Cílem bylo zjistit, zda existuje souvislost mezi lokalizací epileptogenních zón a oblastmi hypometabolismu, a zda lze na základě těchto dat vytvořit prediktivní model využitelný v klinické praxi. Analýza byla provedena na retrospektivních datech 46 pacientů vyšetřených ve Fakultní nemocnici Motol v letech 2001–2022. Soubor zahrnoval FDG-PET snímky a elektrofyziologické záznamy z celkem 8892 SEEG elektrod. V rámci práce byly vypočteny statistické indexy ($Z_{\text{mean_MC}}$ a $Z_{\text{peak_norm}}$) na úrovni anatomických regionů i v okolí jednotlivých elektrod, provedeny korelační analýzy a vytvořen klasifikační model založený na logistické regresi. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u zóny IED na úrovni anatomických regionů, a to s korelací $Z_{\text{mean_MC}}$ ($-0,2907$), $Z_{\text{peak_norm}}$ ($0,0798$) a AUC $0,748$ ($0,678$ – $0,817$). Za pozornost stojí také významná korelace epileptogenního indexu u zóny SOZ na úrovni anatomických regionů s hodnotou $Z_{\text{peak_norm}}$ ($0,4568$). Výsledky naznačují, že vztah mezi hypometabolismem a epileptogenní aktivitou je silnější na úrovni anatomických regionů než v okolí jednotlivých elektrod. Vyšší přesnosti však lze dosáhnout kombinací obou přístupů – tedy parametrů jednotlivých elektrod a regionálních hodnot. Tyto poznatky potvrzují potenciál FDG-PET v lokalizaci epileptogenní zóny a jeho možné využití při plánování implantace SEEG elektrod.

Klíčová slova

epilepsie; FDG-PET; QEEG; hypometabolismus

Souvislost abnormální aktivity v intrakraniálním EEG a hypometabolismu na FDG-PET u fokální epilepsie

Bakalářská práce

Autor: Ondřej Pokovič

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Macková

10. 6. 2025

Fakulta elektrotechnická
Katedra teorie obvodů

Úvod: FDG-PET

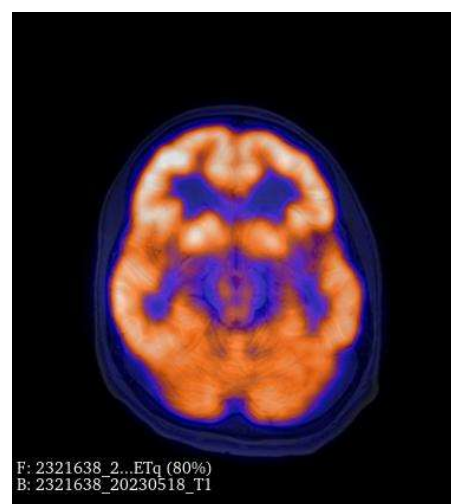
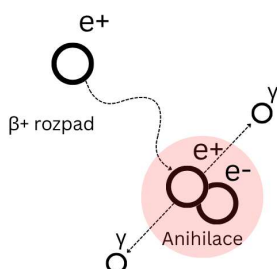
Funkční zobrazovací metoda, zobrazuje metabolismus glukózy

Jedno z předoperačních vyšetření při chirurgické léčbě epilepsie

Epiletogenní tkáň je často hypometabolická

Automatické hodnocení -> každý voxel - **Z-skóre**

- Stranová asymetrie
- Referenční skupina



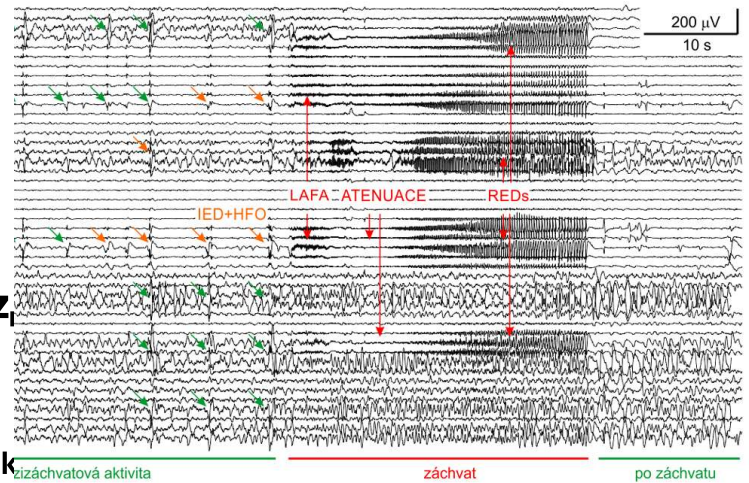
Invazivní metoda – hloubkové elektrody, zobrazuje výskyt abnormální aktivity

Příklady abnormální aktivity

- Interiktální epileptiformní výboje (**IED**)
- Rytmické epileptiformní výboje (**REDs**)
- Opakující se epileptiformní výboje (**RD**)
- Zóna nástupu záchvatu (**SOZ**)
- Zóna pozdní fáze nástupu záchvatu (**SOZ**)

QEEG

- Automatické hodnocení SEEG
- Pravděpodobnost výskytu abnormální aktivity
 - Jednotlivé kontakty



3/13

Motivace

Cíl práce:

- Porozumění vztahu mezi **metabolickými změnami (FDG-PET)** a **elektrofyzilogickými nálezy (SEEG)**.
- Efektivnější plánování umístění hloubkových elektrod
- Vyhodnocení souvislosti mezi metabolickou a elektrofyziologickou aktivitou pomocí statické analýzy a prediktivního modelu

4/13

Metodika: Použitá data

Retrospektivní data 79 pacientů vyšetřených ve **FN Motol** (2001–2022)

Kritéria: podstoupení FDG-PET a SEEG

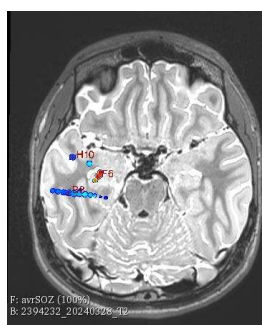
Podmínky splnilo 46 pacientů

Celkem **8 892 elektrod** implantovaných v rámci SEEG

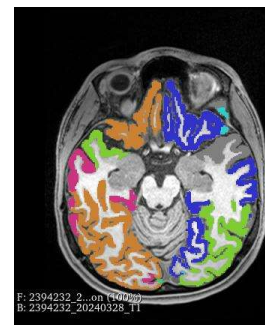
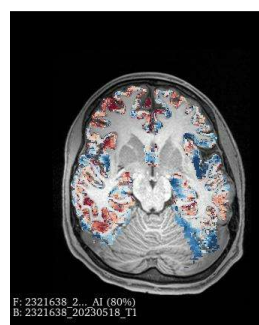
QEEG a statistické hodnocení hypometabolismu – vedoucí práce

Předzpracování

- parcelace šedé kůry do anatomických regionů



El.	IED	FD	FEDs	SOZ
P1	0,703338	0,253646	0,349112	0,298246
P2	0,731831	0,253646	0,786982	0,210526
P3	0,731831	0,155152	0,786982	0,245614
P4	0,70762	0,378616	0,609467	0,22807
P5	0,624106	0,378616	0,609467	0,245614
P6	0,616803	0,111164	0,384615	0,192982
P7	0,574416	0,125209	0,349112	0,22807
P8	0,574416	0,164356	0,349112	0,245614
P9	0,539144	0,164356	0,242604	0,210526
P10	0,525493	0,058511	0,12426	0,245614
A1	0,898925	1	1	0,677193
A2	0,898925	1	1	0,947368
A3	0,872847	0,39529	1	0,701754
A4	0,872847	0,205176	1	0,473684
A5				
A6				
A7	0,40837	0,06377	0,065089	0,210526
A8	0,409956	0,073392	0,071006	0,22807



5/13

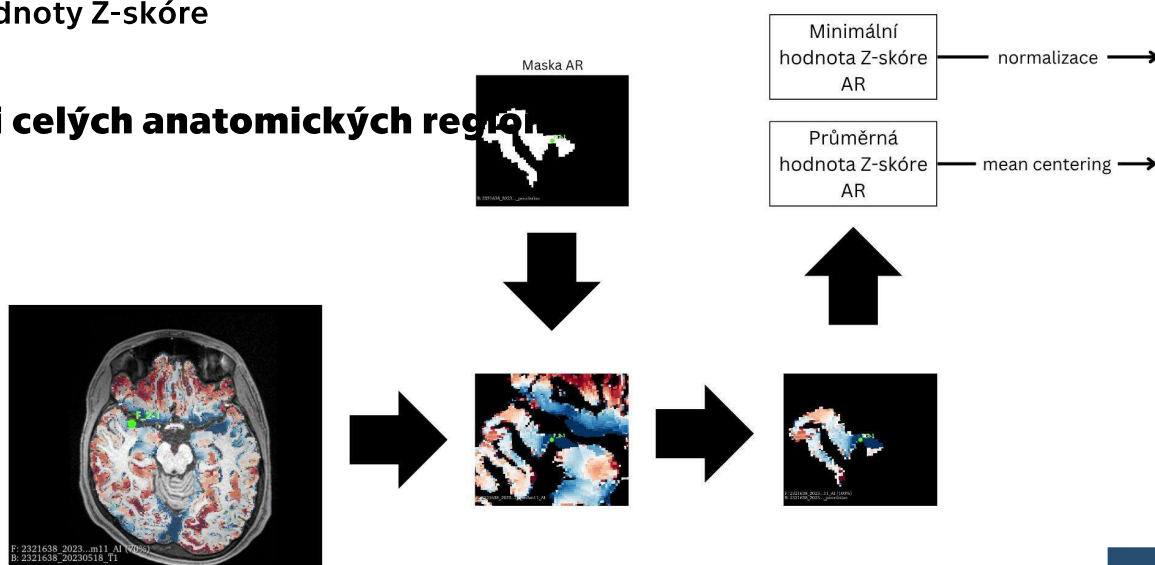
Metodika: Parametrizace

Metabolismus v okolí SEEG elektrod byl parametrizován pomocí:

- průměrné hodnoty Z-skóre
- minimální hodnoty Z-skóre

a to:

1. Na úrovni celých anatomických regionů



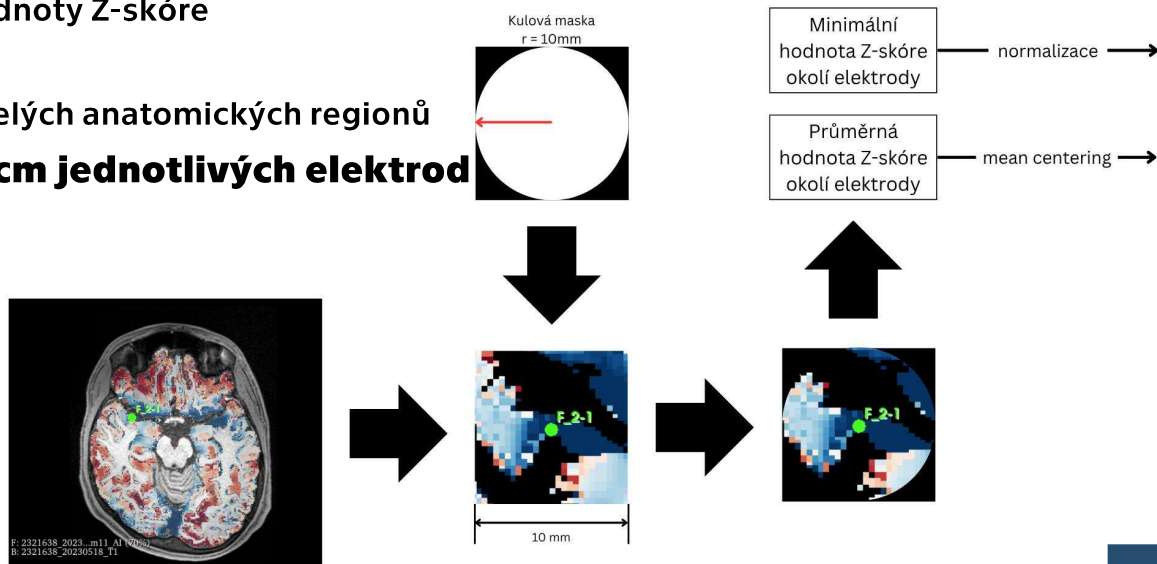
6/13

Metabolismus v okolí SEEG elektrod byl parametrizován pomocí:

- průměrné hodnoty Z-skóre
- minimální hodnoty Z-skóre

a to:

1. Na úrovni celých anatomických regionů
2. V okolí 1 cm jednotlivých elektrod



7/13

Metodika: Statistická analýza

1. Korelace

- Pearsonův korelační koeficient mezi QEEG a parametry metabolismu $(-1;1)$
- Vyhodnocení **míry závislosti**

Rozdělení SEEG elektrod

- Podle hodnot QEEG – Epileptogenní index (EI)
 - Epileptogenní (**EZ**): $EI \geq 0,3$
 - Propagační a nezapojená (**PZ&NIZ**): $EI < 0,3$

2. U-test

- **Porovnávání rozdělení** parametrů metabolismu mezi **EZ** a **PZ&NIZ**

3. KDE

- Aproximace distribuce pomocí jádrové funkce
- Pro lepší **vizualizaci dat**

8/13

Prediktivní model

Křížová validace

- Hold-out validace (2/3 trénovací, 1/3 test)
- Parametr validace: AUC

Vyhodnocení úspěšnosti

- Na jednotlivých pacientech
- Senzitivita, Specificita, Přesnost, F1-skóre, MCC

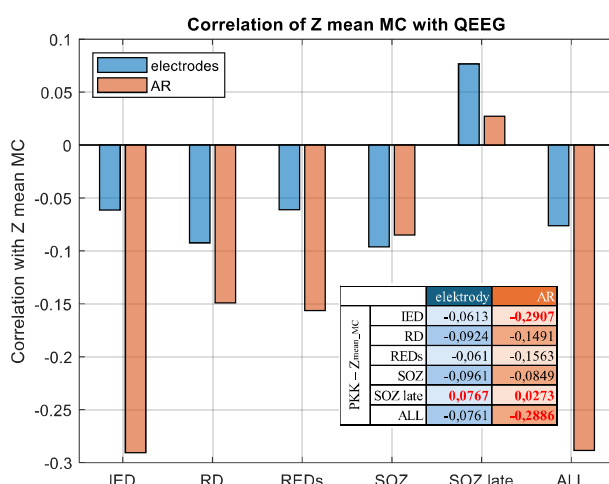
Sady prediktorů použité pro učení různých mo

		Elektrody		AR	
		Z _{mean_MC}	Z _{peak_norm}	Z _{mean_MC}	Z _{peak_norm}
Elektrody	Z _{mean_MC}				
	Z _{peak_norm}				
AR	Z _{mean_MC}				
	Z _{peak_norm}				

9/13

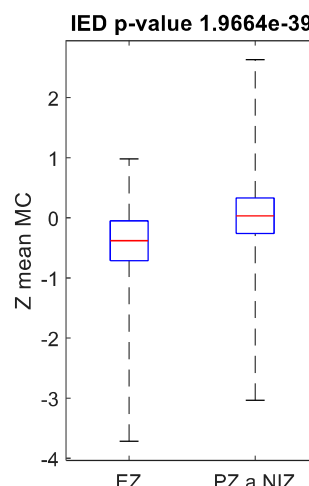
Výsledky: statistická analýza

Korelace

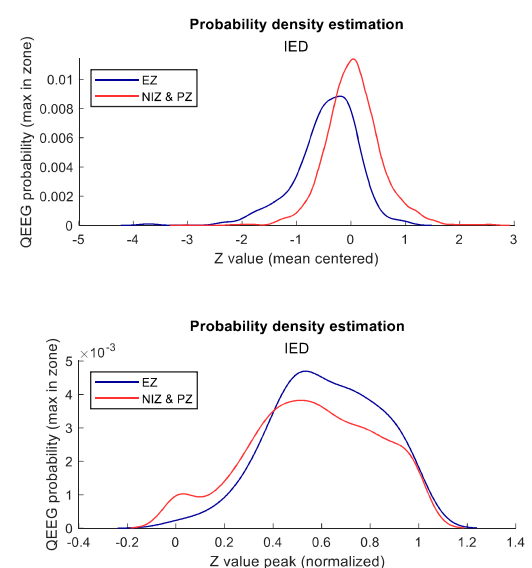


U-test

AR



KDE

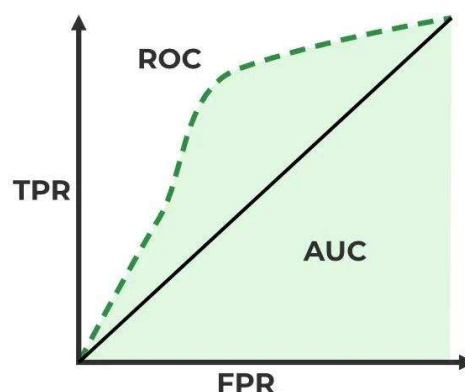


10/1
3

Výsledky: logistická regrese

- Nejvyšší úspěšnost pro predikci IED na úrovni anatomických regionů
- $AUC > 0,7 \Rightarrow$ přijatelná diskriminační schopnost

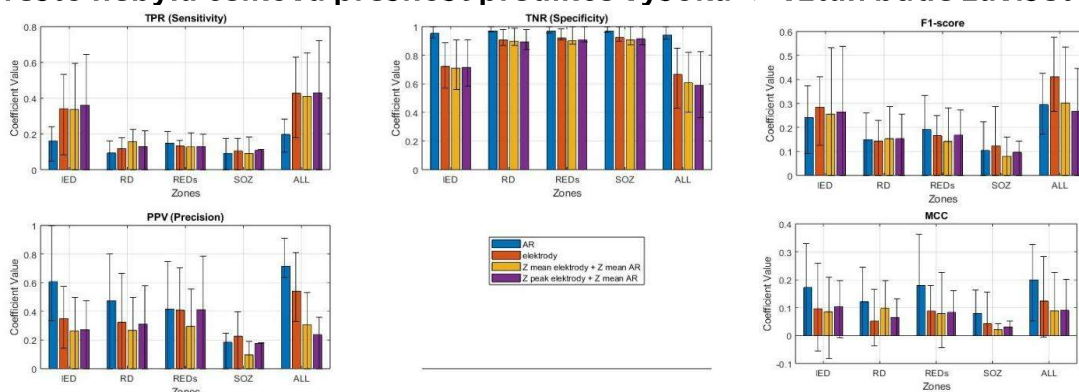
FDG-PET prediktory	QEEG	min AUC	max AUC	median AUC
AR	IED	0,678	0,817	0,748
AR	RD	0,475	0,72	0,605
AR	REDs	0,416	0,71	0,586
AR	SOZ	0,326	0,623	0,501
AR	ALL	0,654	0,788	0,724
electrody	IED	0,512	0,594	0,554
electrody	RD	0,493	0,612	0,56
electrody	REDs	0,506	0,609	0,558
electrody	SOZ	0,541	0,683	0,606
electrody	ALL	0,51	0,586	0,55



11/1
3

Výsledky: individuální pacienti

- Lepší celková úspěšnost při predikci na úrovni anatomických regionů (AR)
 - nicméně horší senzitivita
- Vyšší úspěšnost u interiktálních parametrů (IED)
- Většina modelů měla $MCC > 0$, což ukazuje na vztah mezi QEEG a hypometabolismem
 - Přesto nebyla celková přesnost predikce vysoká $\rightarrow$ vztah bude záviset na více



12/1
3

- Posoudil jsem, zda existuje souvislost mezi hypometabolickými oblastmi na FDG-PET a epileptiformní aktivitou zachycenou pomocí SEEG
- Výsledky naznačují, že určitá souvislost existuje, zejména na úrovni anatomických regionů
- FDG-PET by tak mohl přispět k efektivnějšímu plánování umístění hloubkových elektrod
- Výsledky je však potřeba dále ověřit pomocí podrobnější analýzy a zahrnutím dalších klinických a strukturálních faktorů

DĚKUJI ZA POZORNOST

Ondřej Pokovič
10. 6. 2025

WORKSHOP LÉKAŘSKÉ ELEKTRONIKY A BIOINFORMATIKY 2025

© České vysoké učení technické v Praze
ISBN 978-80-01-07418-3