

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra teorie obvodů
Specializace: Zpracování signálů



**Role interiktální rytmické aktivity fokální
kortikální dysplazie v intrakraniálním EEG**

Role of Interictal Rhythmic Activity of Focal
Cortical Dysplasia in Intracranial EEG

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:	Bc. Michaela Barnová
Vedoucí práce:	Ing. Radek Janča, Ph.D.
Rok:	2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Barnová** Jméno: **Michaela** Osobní číslo: **421762**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**
Studijní program: **Lékařská elektronika a bioinformatika**
Specializace: **Zpracování signálů**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Role interiktální rytmické aktivity fokální kortikální dysplazie v intrakraniálním EEG

Název diplomové práce anglicky:

Role of Interictal Rhythmic Activity of Focal Cortical Dysplasia in Intracranial EEG

Pokyny pro vypracování:

Fokální kortikální dysplazie (FCD) je onemocnění kortikálního vývoje mozku, který během života často vede k rozvoji intraktabilní farmakorezistentní epilepsie. Možnou léčbou je v současnosti chirurgicky kompletní odstranění dysplastické tkáně. U poloviny pacientů ovšem nelze předoperačně určit velikost léze pomocí zobrazovacích metod, proto se přistupuje k dvoudobé operaci s implantací nitrolebních elektrod a EEG monitorací. Výskyt specifické mezizáchvatové aktivity může kolokalizovat s lézí a přiléhající epileptogenní sítí.

- Pomocí signálového zpracování a parametrizace iEEG záznamů identifikujte specifické vzorce v EEG.
- Zaměřte se na aktivitu nesoucí rysy 'delta-brushes', tj. gama aktivity modulované delta aktivitou.
- Kvantifikujte výskyt v jednotlivých kanálech s využitím např. technik cross-frequency coupling (CFC).
- Výsledky porovnejte s klinickým hodnocením.
- Porovnejte výsledky i mezi skupinami pacientů s FCD podtypem I a II.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Bragin, Anatol, et al. 'Gamma (40-100 Hz) oscillation in the hippocampus of the behaving rat.' Journal of neuroscience 15.1 (1995): 47-60.
- [2] Tort, Adriano BL, et al. 'Dynamic cross-frequency couplings of local field potential oscillations in rat striatum and hippocampus during performance of a T-maze task.' Proceedings of the National Academy of Sciences 105.51 (2008): 20517-20522.
- [3] Tort, Adriano BL, et al. 'Theta-gamma coupling increases during the learning of item-context associations.' Proceedings of the National Academy of Sciences 106.49 (2009): 20942-20947.
- [4] Kayser, Jürgen, and Craig E. Tenke. 'Principal components analysis of Laplacian waveforms as a generic method for identifying ERP generator patterns: I. Evaluation with auditory oddball tasks.' Clinical neurophysiology 117.2 (2006): 348-368.
- [5] Cohen, Michael X. 'Assessing transient cross-frequency coupling in EEG data.' Journal of neuroscience methods 168.2 (2008): 494-499.
- [6] Canolty, Ryan T., et al. 'High gamma power is phase-locked to theta oscillations in human neocortex.' science 313.5793 (2006): 1626-1628.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Radek Janča, Ph.D., katedra teorie obvodů FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **08.01.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **21.05.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2022**

Ing. Radek Janča, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Radoslav Bortel, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne.....

.....

Michaela Barnová

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Radku Jančovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a vstřícnost při tvorbě této diplomové práce. Také děkuji lékařům z FN Motol za poskytnutá data. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině, partnerovi a přátelům za podporu během studia.

Název práce:

Role interiktální rytmické aktivity fokální kortikální dysplazie v intrakraniálním EEG

Autor: Bc. Michaela Barnová
Studijní program: Lékařská elektronika a bioinformatika
Specializace: Zpracování signálů
Druh práce: Diplomová práce
Vedoucí práce: Ing. Radek Janča Ph.D.
Katedra teorie obvodu, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení
technické v Praze

Abstrakt:

Fokální kortikální dysplázie (FCD) je onemocnění kortikálního vývoje mozku a je jednou z možných příčin ložiskové farmakorezistentní epilepsie. Pacienti trpící farmakorezistentní epilepsií mohou profitovat z chirurgické léčby, jež spočívá v odstranění dysplastické tkáně. Optimální rozsah resekce je předoperačně plánován zejména pomocí monitorace iEEG s ohledem na podtypu FCD. Přesný podtyp FCD lze v současné době diagnostikovat až na základě pooperačního histologického rozboru. Cílem práce bylo ověřit možnost určení konkrétního podtypu FCD pomocí specifické aktivity delta-brushes v intrakraniálních EEG (iEEG) záznamech.

Pomocí technik cross-frequency coupling (CFC) byly identifikovány, parametrizovány a kvantifikovány delta-brushes v iEEG záznamech 46 pacientů s FCD podtypy I a II. Výskyt delta-brushes byl porovnáván v závislosti na fázích cirkadiálního rytmu a klinicky definovaných epileptických zónách s ohledem na schopnost lokalizovat epileptogenní zónu.

V práci byly testovány tři CFC metody, a to poměr výšek (HR – Hights Ratio), výkonově spektrální hustota (PSD – Power Spectral Density) a korelace signálu k obálce (ESC – Envelope to Signal Correlation). Tyto metody prokázaly schopnost částečně lokalizovat epileptogenní zóny na základě delta-brushes. Sensitivita ani specifická signifikantně nepotvrdily rozdíl mezi FCD typu I a II, a to ani v závislosti na záznamech spánku či bdění.

Z výsledků vyplývá, že CFC technika identifikace delta-brushes není dostatečně specifická pro stratifikaci FCD podtypů, přestože výskyt delta-brushes se překrývá s epileptogenními zónami. Nicméně sensitivita ani specifická CFC technik identifikace delta-brushes není postačující k jejich vymezení.

Klíčová slova: fokální kortikální dysplázie, epilepsie, iEEG, delta-brushes, cross-frequency coupling

Title:

Role of Interictal Rhythmic Activity of Focal Cortical Dysplasia in Intracranial EEG

Author: Bc. Michaela Barnová

Abstract:

Focal cortical dysplasia (FCD) is a disease of cortical brain development and is one of the possible causes of focal drug-resistant epilepsy. Patients with drug-resistant epilepsy may benefit from surgical treatment that involves the resection of dysplastic tissue. The optimal extent of resection is planned preoperatively, especially with iEEG monitoring based on knowledge of the FCD subtype. The exact subtype of FCD can currently be diagnosed only based on postoperative histological analysis. The aim of the work was to verify the possibility of determining a specific subtype of FCD using the specific activity of delta-brushes in intracranial EEG (iEEG).

Delta-brushes were identified, parameterized and quantified using cross-frequency coupling (CFC) techniques in iEEG records of 46 patients with FCD subtypes I and II. The incidence of delta-brushes was compared depending on the phase of the circadian rhythm and the clinically defined epileptic zones with respect to the ability to localize the epileptogenic zone.

Three CFC methods were tested, namely the Hights Ratio (HR), Power Spectral Density (PSD) and Envelope to Signal Correlation (ESC). These methods have demonstrated the ability to partially localize epileptogenic zones based on delta-brushes.

The results show that the CFC technique of delta-brushes identification is not specific enough for the stratification of FCD subtypes, although the occurrence of delta-brushes overlaps with epileptogenic zones. However, neither the sensitivity nor specificity of delta-brushes from CFC identification techniques is sufficient to define them.

Key words: Focal Cortical Dysplasia, epilepsy, iEEG, delta-brushes, cross-frequency coupling

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek.....	12
1. Úvod.....	14
1.1. Epilepsie.....	14
1.2. Fokální kortikální dysplázie.....	14
1.3. Zjednodušený koncept epileptických zón	16
1.3.1. Chirurgická léčba epilepsie	17
1.3.2. Rozsah resekce	18
1.3.3. Pooperační výsledek.....	18
1.4. Intrakraniální EEG	20
1.4.1. Typy elektrod a způsob implementace (SEEG, ECoG).....	21
1.4.2. Vlastnosti iEEG signálu	22
1.5. Specifická interiktální aktivita	23
1.5.1. IED, REDs	23
1.5.2. Delta-brushes.....	24
1.5.3. Spánek vs. bdění.....	24
1.6. Cross frequency coupling.....	25
1.6.1. Fázově-amplitudový coupling (PAC)	25
1.6.2. Hilbertova transformace	26
1.6.3. Vybrané kvantifikační metody PAC	27
1.7. Z-skóre	29
1.8. Motivace a cíle práce	30
1.8.1. Hypotézy	30
2. Data a metody	31
2.1. Data.....	31
2.2. Parametrizace iEEG	33
2.2.1. Výkonově normované PAC metody.....	34
2.3. Porovnání s klinickým hodnocením.....	34
2.4. Souhrn parametrů.....	36
2.5. Odhad volumetrie zón.....	37
2.6. Testování hypotéz	38

2.6.1.	Wilcoxonův test	38
2.6.2.	Krabicový diagram (Box plot)	39
3.	Výsledky	40
3.1.	Delta-brushes aktivita u FCD typu I vs. FCD typu II	40
3.2.	Testování hypotéz FCD typu I vs FCD typu IIb	45
3.2.1.	Výkonově normované PAC metody.....	50
3.3.	Velikost oblasti výskytu delta-brushes u FCD typu I vs. FCD typu II.....	51
4.	Diskuze	53
4.1.	Limitace	54
5.	Závěr.....	55
	Použitá literatura	56
	Přílohy	60
	noční data, metoda HR	60
	noční data, metoda PSD	61
	noční data, metoda ESC	62
	denní data, metoda HR	63
	denní data, metoda PSD	64
	denní data, metoda ESC	65
	denní+noční data, metoda HR	66
	denní+noční data, metoda PSD	67
	denní+noční data, metoda ESC	68

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Zjednodušený koncept epileptických zón, převzato z [8]. Červená oblast – epileptogenní zóna (EZ): oblast zodpovědná za generování epileptických záchvatů, světle modrá oblast – iritační zóna (IZ): oblast výskytu interiktálních výbojů, černá oblast – epileptogenní léze (EL): poškozená či pozměněná tkáň, často spojována s ložiskem záchvatů, tmavě modrá – zóna počátku záchvatu (SOZ): oblast prvotních výskytů záchvatů, šedá oblast – elokventní zóna: oblast odpovědná za kognitivní funkce, modrá oblast – symptomatogenní zóna: oblast výskytu iktálních symptomů.....	17
Obrázek 1.2: ECoG elektrody, převzato z [11]. Jednou z metod snímání iEEG je umístění subdurálních elektrod na povrch kůry během kraniotomie (obrázek vlevo). Pro dlouhodobou monitoraci jsou elektrody ponechány v subdurálním prostoru, viz RTG snímek (obrázek vpravo).	21
Obrázek 1.3: SEEG elektrody, převzato z [11]. Obrázek vlevo zachycuje chirurgem prováděnou implementaci intracerebrálních elektrod do mozku pacienta za pomoci stereotaktického rámu, obrázek uprostřed prezentuje stereotakticky zavedené elektrody a obrázek vpravo zobrazuje 3D rekonstrukci elektrod v zobrazení CT.....	22
Obrázek 1.4: IED a REDs výboje na iEEG záznamu, převzato z [17]. V levé části záznamu je červenou šipkou označen IED výboj a ve střední části obrázku je zaznamenán repetitivně se opakující se IED výboj, souhrnně nazýván REDs.	23
Obrázek 1.5: Delta-brushes aktivita, převzato z [18]. Výřez ze záznamu pacienta diagnostikovaného jako FCD IIb ukazuje typický grafoelement nazývaný se delta-brushes....	24
Obrázek 1.6: Blokové schéma metody PAC. Šedý blok prezentuje filtraci vstupních dat pomocí banky filtrů. Modrý blok prezentuje Hilbertovu transformaci a poslední Oranžový blok prezentuje samostatnou kvantifikaci PAC.....	25
Obrázek 1.7: Blokové schéma HR metriky pro PAC. Kde šedivé bloky symbolizují provedení banky filtrů, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro HR koeficient a jeho výpočet. Inspirováno [23].	27
Obrázek 1.8: Blokové schéma PSD metriky pro PAC. Kde šedivý blok symbolizuje filtraci, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro PSD koeficient.	28
Obrázek 1.9: Blokové schéma ESC. Kde šedivé bloky symbolizují provedení banky filtrů, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro ESC koeficient. Inspirováno [23].....	29
Obrázek 2.1: Blokové schéma parametrizace iEEG. Šedý blok symbolizuje podvzorkování (decimaci) iEEG signálu na menší vzorkovací frekvenci k zajištění stability filtrů a menšímu objemu dat. Modrý blok prezentuje filtraci síťového rušení pomocí notch filtru. Zelený blok zobrazuje kompenzaci spektrálního poklesu $1/f^\alpha$ z iEEG záznamu. Růžový blok symbolizuje metodu PAC. Inspirováno z [28].	33

Obrázek 2.2: Ukázka konvexní obálky. Konkrétně pro pacienta P068, kde napravo je prezentována IZ zóna označená od kliniků a vlevo je prezentovány HR prediktory.	38
Obrázek 2.3: Krabicový diagram (box plot). Grafická vizualizace dat a prezentace jeho vlastností.	39
Obrázek 3.1: Vizualní hodnocení FCD typu I a FCD typu IIb u dvou CFC metod (HR a ESC) pro epileptogenní zónu SOZ z nočního záznamu pomocí box plot grafů. Mezi prezentovanými grafy není prokázán signifikantní rozdíl mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb na hladině významnosti $\alpha = 5\%$	49
Obrázek 3.2: Vizualní zobrazení všech CFC metod pro skupiny FCD typu I a FCD typu IIb v epileptogenní zóně SOZ z nočního záznamu pomocí box plot grafů. Mezi prezentovanými grafy není prokázán signifikantní rozdíl mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb na hladině významnosti $\alpha = 5\%$	49
Obrázek 3.3: Krabicový diagram (box plot). Grafická vizualizace dat a prezentace jeho vlastností. Mezi prezentovanými grafy není prokázán signifikantní rozdíl mezi skupinami FCD typu I a FCD typu II na hladině významnosti $\alpha = 5\%$	52

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Přehled typů fokální kortikální dysplazie, převzato z [5].	15
Tabulka 1.2: Engelova klasifikace hodnotící úspěšnost zákroku, převzato z [9].....	19
Tabulka 1.3: ILAE klasifikace hodnotící úspěšnost zákroku, převzato z [9].....	20
Tabulka 2.1: Celkový přehled všech 46 pacientů, které má genderové rozložení 26 mužů a 18 žen s průměrným věkem $30,0 \pm 15,0(27)$ let.	32
Tabulka 2.2: Konfuzní matice.....	35
Tabulka 2.3: Názvy a popis použitých statistických parametrů a parametrů ze shody detekce s referencí klinického hodnocení napříč všemi iEEG kanály.....	37
Tabulka 3.1: Porovnání statistických parametrů (maximum, minimum, průměr, směrodatná odchylka a medián) z tří CFC metod (HR, PSD a ESC) z různých dob záznamů (DEN, NOC a jejich kombinace D+N) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní hodnoty p ($p < 0,05$).	41
Tabulka 3.2: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry <i>SPE</i> a <i>SEN</i> u metody HR v rozlišných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).	42
Tabulka 3.3: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry <i>SPE</i> a <i>SEN</i> u metody PSD v rozlišných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).	43
Tabulka 3.4: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry <i>SPE</i> a <i>SEN</i> u metody ESC v rozlišných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).	44
Tabulka 3.5: Porovnání mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pro parametr <i>SPE</i> v závislosti na na konkrétní době záznamu (DEN, NOC, D+N) v různých zónách (IZ, SOZ a RES). Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).	46
Tabulka 3.6: Výsledky parametrů z reference klinického hodnocení (<i>SEN</i> , <i>SPE</i> , <i>PPV</i> , <i>ACC</i> a <i>MCC</i>) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb z CFC metod (HR, PSD a ESC) v zóně SOZ z nočního záznamu. Porovnání je provedeno pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky p – hodnot ($p < 0,05$).	46
Tabulka 3.7: Porovnání parametrů <i>SEN</i> , <i>ACC</i> a <i>MCC</i> pro metody CFC (HR, PSD a ESC), pro všechny doby záznamů (DEN, NOC, D+N). Porovnání je provedeno mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky p ($p < 0,05$).	47
Tabulka 3.8: Výsledky pro parametry s referencí klinického hodnocení (<i>SEN</i> , <i>ACC</i> a <i>MCC</i>) vykazující statistický rozdíl (viz tabulka 3.7) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pomocí Wilcoxonova testu ($p < 0,05$).	48

Tabulka 3.9: Výsledky parametrů z klinického hodnocení (SEN, SPE, PPV, ACC a MCC) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II pro tři výkonově normované metody PAC _{dev} (HR, PSD a ESC) v zóně SOZ z nočního záznamu. Porovnání je provedeno pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky p – hodnot ($p < 0,05$).....	50
Tabulka 3.10: Přehled výsledků z volumetrie odhadu zón, a to klinicky hodnocených zón IZ, SOZ a RES a zón z CFC detekcí HR, PSD a ESC mezi FCD typu I a FCD typu II.	51

1. Úvod

1.1. Epilepsie

Epilepsie je skupina chronických neurologických onemocnění mozku charakterizovaná výskytem spontánních epileptických záchvatů. Tyto záchvaty jsou epizody náhlé a přechodné abnormální funkce mozkové aktivity, které se projevují řadou klinických příznaků, mezi něž patří paroxysmální svalové křeče, duševní poruchy, poruchy vědomí nebo poruchy vnímání [1]. Epilepsie se vyskytuje celosvětově, postihuje jedince všech věkových kategorií, ženy i muže.

Mnoho pacientů s epilepsií dosahuje kontroly záchvatů pomocí léků, ale přibližně třetina pacientů [2] s epilepsií má záchvaty i přes užívání léků. U těchto pacientů byla diagnostikována tzv. farmakorezistentní epilepsie (též refrakterní, intraktabilní). Typickým příkladem farmakorezistentní epilepsie je epilepsie ložisková, ve které pacienti mohou profitovat z chirurgické léčby, jež spočívá v odstranění nebo odpojení ložiska epileptogenní mozkové tkáně. Úspěšnost této léčby závisí na mnoha faktorech (etiologii, typu a rozsahu léze, anatomické a funkční lokalizaci, kompletnosti resekce), avšak v dlouhodobém pooperačním období se pohybuje dosažení trvale bez-záchvatového stavu u asi 2/3 pacientů. Epileptogenní oblast musí být správně lokalizovaná, aby se mohla chirurgicky odstranit a snížilo se riziko pooperační recidivy záchvatových stavů. Z tohoto důvodu je snahou počítačového zpracování signálů zvýšit diagnostickou přesnost lokalizace epileptogenní zóny.

1.2. Fokální kortikální dysplazie

Fokální kortikální dysplazie (FCD) jsou heterogenní skupinou poruch charakterizovanou porušenou cytoarchitektonikou mozkové kůry. [3] FCD je považována za jednu z častých příčin ložiskové epilepsie. Jedná se o vrozenou vadu vznikající jako důsledek poruchy migrace skupiny buněk směrem k mozkové kůře, která vzniká již během prenatálního vývoje jedince.

Existuje několik klasifikací FCD. V roce 2004 Palmi et al. [4] rozdělil FCD na typ I (Ia a Ib) a typ II (IIa a IIb). Tato klasifikace byla vědeckou společností obecně přijata a později Blümckem rozšířena o typ III [5], který spojuje FCD typ I s jiným typem léze (tumorem, hypokampální sklerózou apod.).

U FCD typu I mizí pravidelné hexalaminární uspořádání mozkové kůry a vznikají vertikální neuronální sloupce a klastry neuronů s nepravidelnou orientací bez přítomnosti dysmorfních neuronů. Pro tento podtyp je určení lokality a rozsahu pomocí neinvasivních metod (MRI) často nezřetelné, proto je její lokalizace prováděna především pomocí invazivního EEG (viz kapitola: 1.4 Intrakraniální EEG). Pro FCD typu I je charakteristický větší rozsah léze a tím i prolínání do funkčních oblastí mozku, tzn. průnik např. s elokventní oblastí (viz kapitola: 1.3 Zjednodušený koncept epileptických zón). Prolínání s elokventní kůrou silně ovlivní celistvé ohraničení

resekované oblasti a limituje kompletnost možné resekce, díky které nedojde k úplnému vymizení záchvatové aktivity, ale pouze jejímu zmírnění.

Pro FCD typ II je charakteristická přítomnost dysmorfních buněk, případně i balónovitých buněk. Oproti FCD typu I vykazuje lokální signálové změny, které jsou rozeznatelné již v předoperačním vyšetření MRI. Dysplastické léze typu II tedy bývají poměrně dobře ohraničené bez překryvu do funkčních oblastí mozku. Pokud jsou tyto léze identifikované, tak po jejich odstranění dochází k úplnému vymizení záchvatů přibližně u tří čtvrtin pacientů [6]. FCD typu II bývají spíše extratemporálně [6], tj. frontální, okcipitální nebo parietální kůře.

Typ III je speciální podtyp FCD, který zahrnuje kombinaci podtypu FCD typu I (abnormality kortikální laminace) s jinou mozkovou lézí (hipokampální sklerózy, tumorů apod.). V případě kombinace FCD typu II s jinou lézí mluvíme o duální patologii. Pro přehlednost jsou jednotlivé typy zobrazeny viz tabulka 1.1.

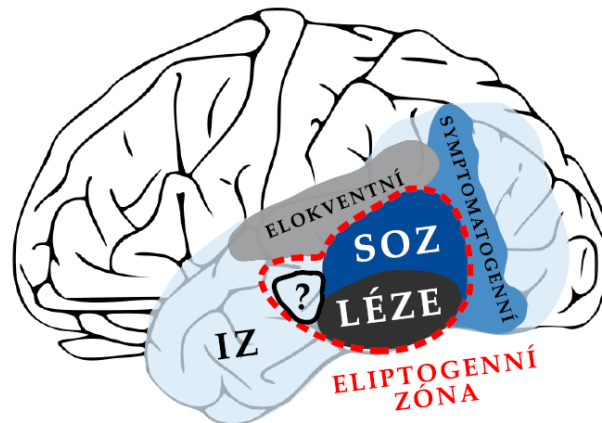
Tabulka 1.1: Přehled typů fokální kortikální dysplazie, převzato z [5].

Fokální kortikální dysplazie typu I (FCD I)	
a	s abnormální radiální (vertikální) laminací
b	s abnormální tangenciální (horizontální) laminací
c	s kombinací radiální a tangenciální laminací
Fokální kortikální dysplazie typu II (FCD II)	
a	s dysmorfními neurony
b	s dysmorfními neurony a balónovité buňky
Fokální kortikální dysplazie typu III (FCD III)	
a	typ I s hypokampální sklerózou
b	typ I s gliovým nebo glioneuronálním tumorem
c	typ I s malformacemi mozkových cév
d	typ I s jakoukoli jinou lézí získanou během raného života, například; trauma, ischemické poranění, encefalitida

1.3. Zjednodušený koncept epileptických zón

Koncept epileptických zón (obrázek 1.1) nahrazuje složitost epileptické sítě na oblasti s přesně danými vlastnostmi. Tyto oblasti se navzájem obecně překrývají a je velice složité určit jejich hypotetické hranice. Každá z oblastí má své specifické funkční a morfologické vlastnosti. Tento zjednodušený koncept epileptických zón zahrnuje; epileptogenní zónu (EZ), iritační zónu (IZ), zónu počátku záchvatů (SOZ), symptomatogenní zónu (SZ), epileptogenní lézi (EL) a elokventní oblast.

- **Epileptogenní zóna (EZ)** je klíčovou oblastí pro epileptochirurgii. Je definována jako ohraničená oblast mozku, která je zodpovědná za generování epileptických záchvatů [7]. Jedná se o teoretický konstrukt vytvořený neurologem, jehož odstranění či diskonekce od zbytku mozku vede k eliminaci záchvatů. Tato oblast částečně nebo zcela zahrnuje EL a SOZ.
- **Iritační zóna (IZ)** je oblast mozkové kůry, pro kterou je typický výskyt EEG hrotů mezi záchvatů tzv. interiktální výboje (IED – více v kapitole: 1.5.1 IED, REDs).
- **Oblast vzniku záchvatů (SOZ)** je oblast mozkové tkáně, ve které dochází k prvotnímu výskytu záchvatové aktivity. Tato oblast se nachází na okraji EL nebo je její součástí.
- **Symptomatogenní zóna (SZ)** je oblast mozkové kůry odpovědné za vnější projevy záchvatu šířící se z SOZ (iktální symptomy – sémiologii záchvatů).
- **Epileptogenní léze (EL)** je makroskopická léze (tj. změněná či poškozená tkáň) viditelná pomocí zobrazovacích metod (MRI, PET, SPECT) a často spojovaná s primární příčinou epileptických záchvatů. Ne vždy musí být zodpovědná za epileptickou aktivitu. Ovšem pouze u poloviny pacientů lze předoperačně určit velikost léze.
- **Elokventní oblast** je vysoce funkční oblast mozkové kůry odpovědná za kognitivní funkce. Jejím poškozením by došlo k funkčním deficitům (motorické, řečové, zrakové apod.).



Obrázek 1.1: Zjednodušený koncept epileptických zón, převzato z [8]. Červená oblast – epileptogenní zóna (EZ): oblast zodpovědná za generování epileptických záchvatů, světle modrá oblast – iritační zóna (IZ): oblast výskytu interiktálních výbojů, černá oblast – epileptogenní léze (EL): poškozená či pozmeněná tkáň, často spojována s ložiskem záchvatů, tmavě modrá – zóna počátku záchvatu (SOZ): oblast prvotních výskytů záchvatů, šedá oblast – elokventní zóna: oblast odpovědná za kognitivní funkce, modrá oblast – symptomatogenní zóna: oblast výskytu iktálních symptomů.

1.3.1. Chirurgická léčba epilepsie

Epileptochirurgie neboli chirurgická léčba epilepsie je léčebnou možností pro pacienty s farmakorezistentní fokální epilepsií. Jedná se o podobor neurochirurgie, který kromě operací mozku zahrnuje také neurostimulační výkony. Cílem epileptochirurgického zákroku je kompletní odstranění nebo odpojení epileptogenní zóny (viz kapitola: 1.3 Zjednodušený koncept epileptických zón), která je zodpovědná za vznik záchvatů. Jednotlivé výkony se rozdělují do kurativních zákroků, které zahrnují resekční výkony a paliativních zákroků, které si kladou za cíl snížení četnosti záchvatů nebo minimalizaci jejich míry závažnosti.

Z hlediska předoperační přípravy lze epileptochirurgické zákroky dělit na jednodobé a dvoudobé. V případě jednodobých zákroků je možné rovnou přistoupit k resekci postižené tkáně, protože z předoperačních neinvazivních vyšetření bylo možné přesně vymezit epileptogenní zónu. V opačném případě se přistupuje ke dvoudobým epileptochirurgickým zákrokům, když se během předoperačních vyšetření nepodaří přesně vymezit epileptogenní zónu. Pro určení EZ se přistupuje k monitorování pomocí nitrolebního EEG (více v kapitole: 1.4 Intrakraniální EEG) před samotným resekčním chirurgickým zákrokem.

1.3.2. Rozsah resekce

Pro chirurgický zákrok je důležité stanovit optimální rozsah resekce. K tomu je zapotřebí znát přesnou lokalizaci a rozsah epileptogenní zóny s ohledem na tzv. elokventní oblasti. Odstraněním či poškozením elokventní oblasti by byl zapříčiněn nevratný funkční deficit (více v kapitole: 1.3 Zjednodušený koncept epileptických zón).

Pro volbu rozsahu resekce u pacientů s kortikální dysplazií je důležité znát přesný podtyp FCD, kvůli jejich rozdílným vlastnostem a distribuci funkcí v mozkové tkáni (více: 1.2 Fokální kortikální dysplázie). Dysplastické léze typu I jsou z charakteru hůře identifikovatelné, jsou většího rozsahu a mohou být částečně zapojeny do kognitivních funkcí mozku, tj. dochází k prolínání s elokventní oblastí (kontraindikace k resekcímu výkonu). Nekompletnost resekce EZ tedy často vede k přetrvání záchvatů, pouze se může zmenšit jejich četnost a závažnost. Oproti tomu léze FCD typu II se objevují lokálně, jsou více fokální, dobře ohraničené a vývojově více oddělené od funkčních oblastí (nezasahují do elokventní oblasti). Kompletní resekce EZ u FCD typu II je snadněji dosažitelná než u FCD typu I, proto i prognóza trvalého vymizení záchvatů je vyšší u FCD typu II [6].

1.3.3. Pooperační výsledek

Pro hodnocení úspěšnosti operační léčby epilepsie se ustálila dvojice hodnotících škál [9]: Engel (viz tabulka 1.2) a ILAE – International League Against Epilepsy. Engel ILAE (viz tabulka 1.3). Engel hodnotí dlouhodobý pooperační výsledek (>2 roky) ve vztahu k frekvenci záchvatů. Engelova stupnice je rozdělena do čtyř základních tříd Engel I – IV. Každá z těchto tříd má následně další podtřídy A – D.

Tabulka 1.2: Engelova klasifikace hodnotící úspěšnost zákroku, převzato z [9].

Engel I – pacienti bez záchvatů	
A	od operace bez záchvatů
B	v pooperačním období jednoduché částečné záchvaty (neomezující pacienta)
C	po dobu minimálně 2 let od operace bez záchvatů pouze ojedinělé záchvaty (omezující pacienta)
D	pouze s vysazením antiepileptik generalizované záchvaty
Engel II – pacienti s ojedinělými záchvaty (bez sekundární generalizace)	
A	nejprve bez záchvatů, poté s ojedinělými záchvaty
B	po operaci ojedinělé záchvaty (omezující pacienta)
C	po operaci pouze hodně ojedinělé záchvaty, po době minimálně 2 let ojedinělé záchvaty
D	noční záchvaty
Engel III – významná redukce záchvatů	
A	výrazná redukce záchvatů
B	prodloužené intervaly bez záchvatů, dobu více jak poloviny sledované doby (méně než 2 roky)
Engel IV – pacienti bez zlepšení nebo výrazné změny	
A	významná redukce záchvatů
B	bez znatelné změny
C	zhoršení stavů

V roce 2001 ILAE navrhla upravenou klasifikaci doplňující Engelovu stupnici. ILAE zahrnuje každoroční hlášení o výsledné třídě pacienta a četnosti záchvatů, počínaje dnem po operaci, třídě pacienta a četnosti jeho záchvatových dnů. Tato škála se skládá ze šesti tříd, kde třídy 1-3 referují o absolutních pooperačních záchvatových stavech (tj. o záchvatových dnech), třídy 4-6 referují o relativních změnách s ohledem na sestavu předoperačních záchvatů (v případě výrazného zlepšení, třída 4; žádné významné pooperační změny, třída 5-6; a pooperační zhoršení).

Tabulka 1.3: ILAE klasifikace hodnotící úspěšnost zákroku, převzato z [9].

Třída	Definice
1	zcela bez záchvatů; žádné aury
2	pouze aury; žádné další záchvaty
3	jeden až tři dny se záchvaty za rok; \pm aury
4	čtyři dny se záchvaty ročně až 50% redukce počtu dnů se záchvaty oproti stavu před operací; \pm aury
5	méně než 50% snížení dnů záchvatů oproti stavu před operací na 100% zvýšení dnů záchvatů oproti stavu před operací; \pm aury
6	více než 100% navýšení dnů se záchvaty oproti stavu před operací; \pm aury

1.4. Intrakraniální EEG

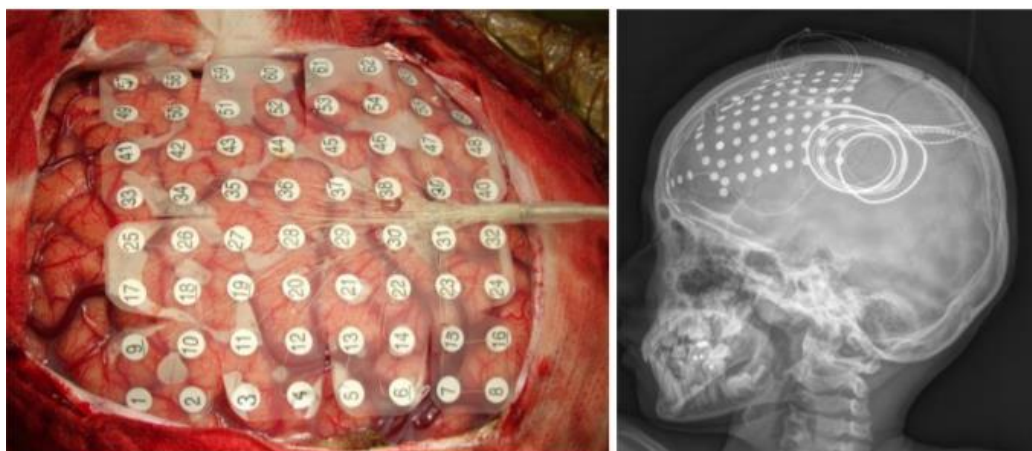
Elektroencefalografie (EEG) patří mezi základní vyšetřovací metodu v neurologii a její časový záznam tzv. elektroencefalogram reflektuje elektrofyziologickou aktivitu mozku. Standardně se EEG snímá na povrchu hlavy (skalpu). Existence abnormální aktivity se používá jako diagnostický indikátor různých patologických stavů, jejichž typickým příkladem je právě epilepsie. Nevýhodou povrchového snímání EEG je malá amplituda signálu, elektrody snímající sumační potenciál velké oblasti mozku a nemožnost snímání hlubších struktur. Zavedením intrakraniálního EEG (iEEG) se vyřeší popsané nedostatky skalpového EEG. K dlouhodobému iEEG se přistupuje především během dvoudobých epileptochirurgických výkonů (viz kapitola: 1.3.1 Chirurgická léčba epilepsie), kde dochází k implantaci nitrolebních elektrod a snímání iEEG s dlouhodobou monitorací. Jedná se o invazivní metodu, kde je nezbytný chirurgický zákrok za účelem vytvoření přímého přístupu k mozkové tkáni.

Dlouhodobá několikadenní monitorace iEEG pacienta umožňuje zejména záchyt spontánních záchvatů a přesné vymezení oblasti jejich vzniku (SOZ). Výskyt abnormální aktivity (např. výbojů) v mezizáchvatovém období indikuje vysoce iritabilní tkáň v iritační zóně [10], které společně se SOZ pomáhá vymezit hranice EZ určené k resekci. Vizualní hodnocení iEEG neurofyziologem je současným zlatým standardem pro mapování epileptického mozku v klinickém prostředí. Tento postup je však časově extrémně náročný, subjektivní a výsledek vyšetření závisí do velké míry i na zkušenostech klinika. Doplnění o počítačovou analýzu kontinuálních mnohakanálových záznamů tak může zvýšit výtěžnost iEEG explorační.

1.4.1. Typy elektrod a způsob implementace (SEEG, ECoG)

Pacient je indikován k invazivnímu vyšetření pomocí intrakraniálního EEG v případě, že je zapotřebí přesného určení epileptogenní zóny a jejího vztahu k mozkovým funkcím. Intrakraniální EEG lze snímat pomocí různých typů elektrod, které je možné rozdělit do dvou základních skupin; elektrokortikografické elektrody (ECoG) a stereotakticky zaváděné intracerebrální elektrody (SEEG).

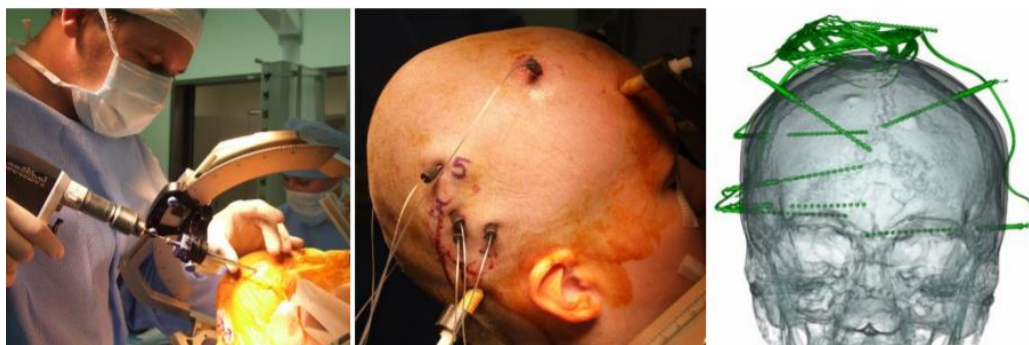
- **Elektrokortikografické elektrody (ECoG).** Elektrokortikografické (ECoG) elektrody (obrázek 1.2) jsou též známé jako subdurální elektrody. Snímací kontakty jsou umístěny na silikonovém filmu v řadách/páscích (stripy) nebo na mřížkových polích (gridy) o různých rozměrech a s různým počtem snímacích kontaktů. Snímací elektrody jsou tvořeny diskem částečně vnořeným v silikonovém filmu a navržených tak, aby po umístění pod tvrdou plenu (duru) přiléhaly k povrchu mozkové kůry. K implantaci ECoG elektrod je vyžadována kraniotomie nebo široký návrť. Vzhledem k častějším komplikacím se od dlouhodobé monitorace pomocí ECoG upouští, ačkoliv jejich použití v intraoperační monitoraci je nezastupitelné. Nevýhodou těchto elektrod je, že snímají pouze povrchové oblasti mozku, na druhou stranu umožňují mapování rozsáhlých oblastí kůry.



Obrázek 1.2: ECoG elektrody, převzato z [11]. Jednou z metod snímání iEEG je umístění subdurálních elektrod na povrch kůry během kraniotomie (obrázek vlevo). Pro dlouhodobou monitoraci jsou elektrody ponechány v subdurálním prostoru, viz RTG snímek (obrázek vpravo).

- **Stereotaktické elektrody (SEEG).** Stereotaktické elektrody (obrázek 1.3) známé jako hloubkové či intracerebrální elektrody jsou chirurgem zaváděny přes návrť v lebce. Jsou to izolované elektrody ve tvaru tenkých trubiček o průměru okolo 0,8 mm, které mají na povrchu těla skupiny 5-18 snímacích kontaktů [12]. Trajektorie elektrod jsou plánovány na základě MRI tak, aby byly zavedeny do požadované mozkové oblasti a zároveň se vyhnuly cévám. Pacient je při implantaci zafixován v stereotaktickém rámu, který tvoří

referenci pro nastavení trajektorie zaváděných elektrod. Tímto způsobem jsou přes jednotlivé návrty v lebce zavedeny hloubkové elektrody. Počet zavedených elektrod bývá obvykle 10-20 [13]. Díky těmto elektrodám je možné provést dlouhodobé snímání elektrické aktivity mozku pacienta (cca 7-21 dní) a zaznamenávat mozkovou aktivitu i z hloubkových struktur mozku. Tento typ elektrod představuje mnohem šetrnější způsob implementace elektrod než ECoG elektrody z hlediska zákroku, komplikací a snášenlivosti pacientů.



Obrázek 1.3: SEEG elektrody, převzato z [11]. Obrázek vlevo zachycuje chirurgem prováděnou implementaci intracerebrálních elektrod do mozku pacienta za pomoci stereotaktického rámu, obrázek uprostřed prezentuje stereotakticky zavedené elektrody a obrázek vpravo zobrazuje 3D rekonstrukci elektrod v zobrazení CT.

1.4.2. Vlastnosti iEEG signálu

Intrakraniální EEG signál pochází z implementovaných nitrolebních elektrod (viz kapitola: 1.4.1 Typy elektrod a způsob implementace (SEEG, ECoG)), které umožňují zaznamenávat mozkovou aktivitu přímo u zdroje. Díky implantovaným elektrodám má iEEG signál cca 10x až 100x vyšší amplitudu a vyšší frekvenční pásmo oproti povrchovému EEG signálu. Pro signál iEEG je hodnota amplitudy normální aktivity typicky 30-100 μV . Patologické epileptiformní aktivity však může dosahovat amplitudy až okolo 1 mV.

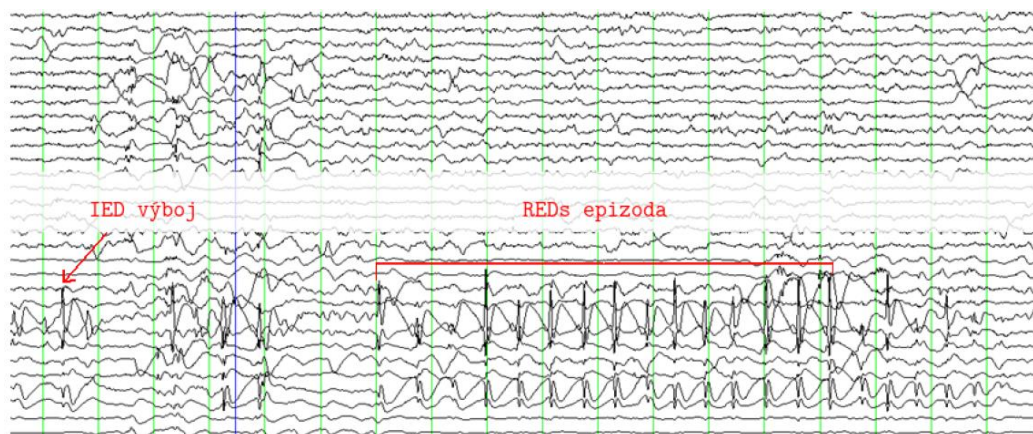
Snímací zařízení jsou nastavena a uzpůsobena tak, aby byla schopna zaznamenávat neuronální rytmickou aktivitu mozku. Tyto mozkové rytmy jsou charakteristické napříč frekvenční škálou, která odpovídá pásmově specifické aktivitě; delta (1-4 Hz), théta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz), gama (30-80 Hz) a vysoká-gama (80-800 Hz). Průběhy iEEG jsou snímány až ze 256 kanálů, což umožňuje získání přesnějších záznamů o mozkové aktivitě a mozkových abnormalitách. Zaznamenaná data jsou následně podrobena širším diagnostickým analýzám a vyhodnocovacím metodám.

1.5. Specifická interiktální aktivita

1.5.1. IED, REDs

Jedinečnými nálezy v EEG záznamu u pacientů s epilepsií je přítomnost interiktálních epileptiformních výbojů (IED) a repetitivních epileptiformních výbojů (REDs).

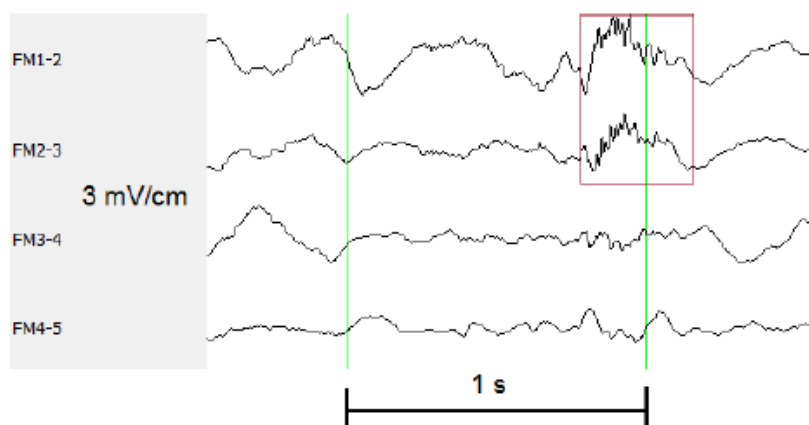
- **Interiktální epileptiformní výboje (IED).** IED (obrázek 1.4) jsou definovány jako specifická aktivita lišící se svou morfologií od normální aktivity mozkových vln. Tyto výboje vznikají v tzv. iritační zóně (viz 1.3 Zjednodušený koncept epileptických zón). Lokalizace zdroje IED je klíčové pro zlepšení výsledků léčby a napomáhá k pochopení struktury epileptických sítí [14]. Identifikace zdroje IED v signálu je však náročná, protože morfologie některých IED se mohou podobat normální aktivitě (např. vrcholné vlny ve spánku, mu-rytmus) [15] nebo artefakty (např. extracerebrální potenciály ze svalů, očí nebo srdce [16]). Pro interiktální epileptiformní výboje je charakteristický hrot trávající 10-80 ms, který je ve většině případů následován 3-5 Hz vlnou.
- **Repetitivní výboje (REDs).** REDs (obrázek 1.4) výboje jsou cyklicky se opakující IED výboje. Jsou definovány vzorcem popisujícím jejich výskyt v čase alespoň po dobu 10 vteřin s frekvencí výskytu větším než jeden IED za vteřinu.



Obrázek 1.4: IED a REDs výboje na iEEG záznamu, převzato z [17]. V levé části záznamu je červenou šipkou označen IED výboj a ve střední části obrázku je zaznamenán repetitivně se opakující se IED výboj, souhrnně nazýván REDs.

1.5.2. Delta-brushes

Jedná se o fyziologický vzor v EEG záznamu charakterizovaný rytmickými nebo pseudo-rytmickými hroty nebo polyhroty tzv. „brushes“ (kartáče), které jsou typické nasedáváním na delta vlnu (0,5-4 Hz). Delta-brushes (obrázek 1.5) jsou oscilace v pásmu kolem 25-60 Hz, které zpravidla trvají 0,1 – 3 s [18]. Delta-brushes mají dle pozorování vyšší procento výskytu u pacientů s podtypem FCD IIb během NREM spánku [19].



Obrázek 1.5: Delta-brushes aktivita, převzato z [18]. Výřez ze záznamu pacienta diagnostikovaného jako FCD IIb ukazuje typický grafický element nazývaný se delta-brushes.

1.5.3. Spánek vs. bdění

Spánek je cirkadiální fyziologický proces. Pro lidský organismus je charakteristický sníženou citlivostí na vnější podněty, sníženou motorikou těla a odlišnými změnami mozkové činnosti. Ovlivňuje správnou činnost imunitního systému, endokrinní a vegetativní řízení, konsolidaci paměti apod. Bdělost, je oproti spánku, funkční stav pohotovosti a připravenosti organismu k reagování na podněty.

Spánek vykazuje cyklickou strukturu, která se projevuje pravidelným střídáním dvou odlišných fází: NREM (non rapid eye movement) a REM (rapid eye movement). NREM fáze je také známá jako synchronní spánek a je charakteristická pomalými vlnami. Rozděluje se do čtyř stádií, kde probíhají stavy od usnutí až po hluboký spánek. REM fáze je také nazývána jako paradoxní spánek a je aktivní formou spánku, jeho EEG záznam odpovídá záznamu při bdění.

Fragmentace spánku je často spojena s iktální a interiktální epileptickou aktivitou u pacientů s farmakorezistentní epilepsií [20]. Spánkové NREM EEG je více synchronizované, což vede k podpoře šíření iteriktálních výbojů a vysokofrekvenčních oscilací do rozsáhlejších oblastí [21] oproti bdělému stavu či REM spánku. Tyto specifické vzorce epileptické aktivity jsou spojovány s přechody do deaktivovaného stavu (tj. období synchronizace) [22], což je pravděpodobně důvod výskytu epileptických vzorců během spánku. V určitých případech může nastat situace, kdy EEG získané při bdělém stavu pacienta nevykazuje abnormální chování a odpovídá průběhu zdravého

jedinice, avšak pokud je u tohoto pacienta EEG zaznamenáno během spánku, vykazuje specifické vzorce epileptické aktivity a naopak. Proto je vhodné hodnotit EEG záznamy v různých stavech bdělosti pacienta.

1.6. Cross frequency coupling

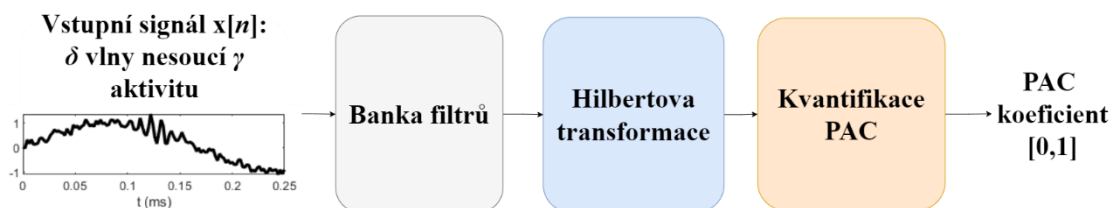
Mozková elektrická aktivita je definována různými frekvenčními složkami, jejichž interakcí mezi různými frekvenčními pásmy vznikají složitější grafoelementy. Výskyt jednoho typu oscilací, který je modulovaný pomalejší oscilací, je jev nazývaný „křížová frekvenční vazba“ (cross frequency coupling – CFC). Existují různé typy vazeb napříč frekvencemi:

- Fázově-amplitudový coupling (PAC – Phase-Amplitude Coupling)
- Fázově-fázový coupling (PPC – Phase-Phase Coupling)
- Amplitudově-amplitudový coupling (AAC – Amplitude-Amplitude Coupling)
- Fázově-frekvenční coupling (PFC – Phase-Frequency Coupling)

Zaměřením této práce je pozorování specifických vzorů „delta-brushes“ (více v kapitole: 1.5.2 Delta-brushes), které jsou charakteristické rychlejší (vysokofrekvenční) gama oscilací modulovanou pomalou (nízkofrekvenční) delta vlnou. Tudiž pro účely této práce byly zvoleny metody hodnotící PAC vazby.

1.6.1. Fázově-amplitudový coupling (PAC)

Fázově-amplitudová CFC je vazba, ve které fáze nízkofrekvenčních oscilací moduluje amplitudu vysokofrekvenčních rytmů. Například v této práci se soustředí pozornost na vztah, kde fáze delta vlny určuje amplitudu gama mozkové aktivity. Obecný výpočet PAC lze vyjádřit jednotlivými funkčními bloky viz obrázek 1.6.



Obrázek 1.6: Blokové schéma metody PAC. Šedý blok prezentuje filtraci vstupních dat pomocí banky filtrů. Modrý blok prezentuje Hilbertovu transformaci a poslední Oranžový blok prezentuje samostatnou kvantifikaci PAC.

- 1) **Banka filtrů.** Tento blok prezentuje filtraci vstupních dat do požadovaných pásem, například delta (0,5-4 Hz) a gama (>30 Hz).
- 1) **Hilbertova transformace.** Slouží k extrakci amplitudové a fázové časové řady z každého sledovaného frekvenčního pásma. Více o Hilbertově transformaci v kapitole: 1.6.2 Hilbertova transformace.
- 2) **Kvantifikace PAC.** Prezentuje vztah mezi fází nízkofrekvenční složky a amplitudou vysokofrekvenční složky. V současné době existuje několik metod pro kvantifikaci PAC [23], mezi které patří např.:
 - Index modulace (MI) – Kullbackova-Leiblerova (KL) vzdálenost
 - Poměr výšek (HR – Heights Ratio)
 - Výkonová spektrální hustota (PSD – Power Spectral Density)
 - Průměrná délka vektoru (MVI – Mean Vector Length)
 - Fázový závěs (PLC – Phase Lock Value)
 - Korelace signálu k obálce (ESC – envelope to signal correlation)

1.6.2. Hilbertova transformace

Hilbertova transformace (HT) je lineární vztah, který převádí reálný signál na komplexní reálnou a imaginární složkou. Je definovaná vztahem 1.1.

$$H\{x[n]\} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \sum_n \frac{x[n]}{k-n}; & k \text{ liché, } n \text{ sudé} \\ \frac{2}{\pi} \sum_n \frac{x[n]}{k-n}; & k \text{ sudé, } n \text{ liché} \end{cases}$$

$$H\{x[n]\} = \hat{x}[n] \tag{1.1}$$

$$\varphi[n] = \arg(\hat{x}[n])$$

$$A[n] = |\hat{x}[n]|$$

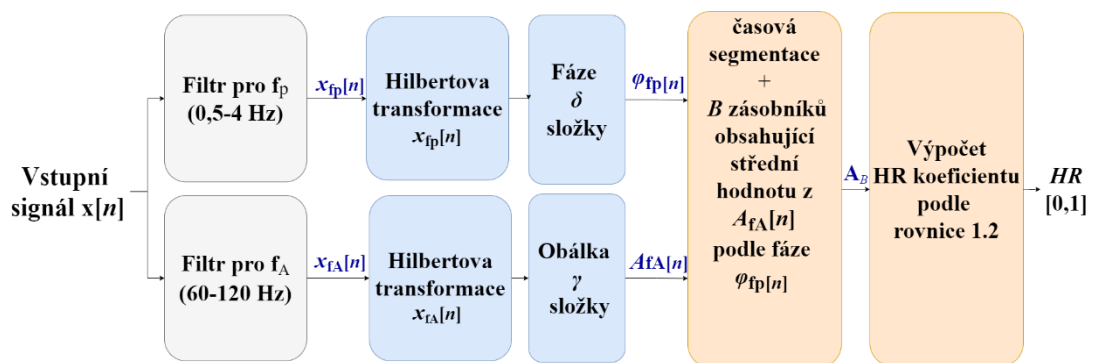
kde $\hat{x}[n]$ je výstup HT, $\varphi[n]$ je fáze signálu, \arg je funkce, která vrací velikost úhlu z komplexního signálu a $A[n]$ je amplitudová obálka signálu.

Hilbertova transformace vychází z vlastnosti symetrie spektra reálného signálu, tj. pokud se na reálný signál aplikuje diskrétní Fourierova transformace (DFT), tak vznikne symetrické spektrum kolem $f_s/2$, kde f_s je vzorkovací kmitočet. Ve spektru se vynuluje pravá strana $f_s/2$, kde $f_s = 0$, čímž po inverzní iDTF vznikne z reálného signálu komplexní (tzv. komplexní obálka). Komplexní signál je výstupem HT a skládá se z reálné části reprezentující původní data a imaginární části, která představuje původní signál s fází posunutou o 90° . Modul výstupu HT (tj. absolutní hodnota výsledného signálu) reprezentuje amplitudovou obálku $A[n]$. Amplitudová obálka dobře kopíruje výkyvy amplitudy v reálném signálu a využívá se například v demodulaci amplitudově modulovaných signálů nebo k popisu rychlých tranzientů v detekci hrotů v EEG [15]. Z argumentu komplexního signálu $\varphi(t)$ lze např. odvodit okamžitou frekvenci signálu.

1.6.3. Vybrané kvantifikační metody PAC

Na základě předběžné analýzy byly na všechny dostupné pacienty (viz kapitola: 2.1 Data) aplikované metody (zmněné v kapitole: 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC)); MI, HR, PSD, MVI, PLC a ESC, dle metodiky (viz 2.2 Parametrizace iEEG). Pro vhodnou detekci delta-brushes aktivity byly následně vybrány tři metody PAC (HR, PSD a ESC), které z vizuálního vyhodnocení dosahovaly nejlepších výsledků. Podrobný popis vybraných PAC metod je rozebrán v následujících odstavcích.

- Poměr výšek (HR – Hights Ratio).** HR je metrika (blokově zobrazena na obrázek 1.7), která představuje, jak moc se v analyzované časové oblasti aktivita vyskytuje. HR nabývá hodnot v rozsahu od 0 do 1 (tzn. čím je hodnota koeficientu HR vyšší, tím je delta-brushes aktivita častější). Prvním krokem HR je filtrace původního signálu $x[n]$ ve dvou analyzovaných frekvenčních rozsazích (f_p pro fázovou složku a f_A pro amplitudovou). Filtrované signály označujeme jako $x_{fp}[n]$ a $x_{fA}[n]$. Druhým krokem je Hilbertova transformace (viz 1.6.2 Hilbertova transformace), pomocí které se získá okamžitá fáze $\varphi_{fp}[n]$ nízkofrekvenčního δ -pásma (0,5-4 Hz) a amplitudová obálka $A_{fA}[n]$ vysokofrekvenčního γ -pásma (60-120 Hz). Oba signály se následně časově segmentují a pro každý segment se vypočítá bin, a to tak, že pro každý segment se vytvoří podle hodnot fáze $\varphi_{fp}[n]$ B zásobníků. Následně se podle vzorku fáze $\varphi_{fp}[n]$ do každého zásobníku přiřadí amplitudová obálka podle $A_{fA}[n]$, kde n je index segmentu. V poslední části se z každého zásobníku vypočte střední hodnota. Tím vznikne vektor středních hodnot A_B , z kterých se podle rovnice 1.2 vypočítá HR koeficient.



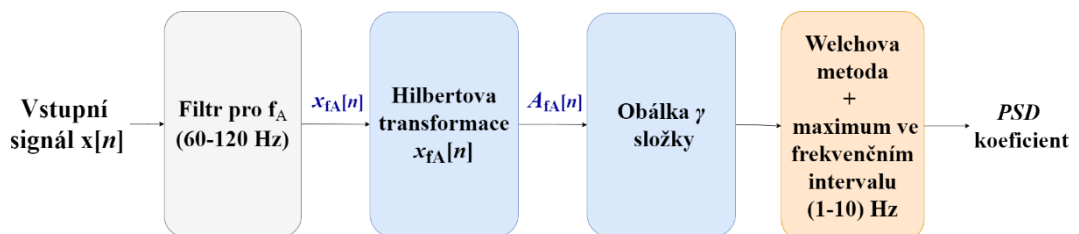
Obrázek 1.7: Blokové schéma HR metriky pro PAC. Kde šedivé bloky symbolizují provedení banky filtrů, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro HR koeficient a jeho výpočet. Inspirováno [23].

Vztah pro výpočet HR koeficientu:

$$HR = \frac{\max(A_B) - \min(A_B)}{\max(A_B)} \quad (1.2)$$

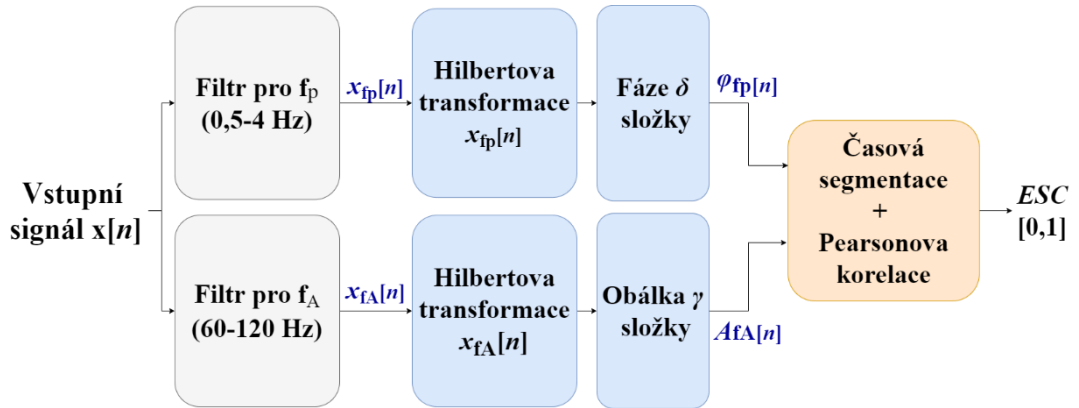
kde A_B je vektor s B středními hodnotami, kde B je počet zásobníků.

- Výkonově spektrální hustota (PSD – Power Spectral Density).** Postup PSD analýzy je zobrazen blokovým schématem viz obrázek 1.8. Prvním krokem je filtrace původního signálu $x[n]$ ve frekvenčním rozsahu f_A , z kterého vznikne filtrovaný signál $x_{fA}[n]$. Druhým krokem je Hilbertova transformace (viz 1.6.2 Hilbertova transformace), pomocí které je z filtrovaného signálu vypočtena amplitudová obálka $A_{fA}[n]$ vysokofrekvenčního γ -pásma (60-120 Hz). Výstupem PSD je koeficient vypočtený jako maximum ve frekvenčním intervalu 1-10 Hz vyhlazeného periodogramu z obálky $A_{fA}[n]$. Vyhlazený periodogram je vypočten pomocí Welchovi metody z [24]. Mezi výhody této metody patří skutečnost, že je fixována pouze na vysokofrekvenční frekvence a na rozdíl od ostatních PAC metod zmíněných v této práci (viz 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC)) lze zkoumat více nízkých frekvencí najednou [25].



Obrázek 1.8: Blokové schéma PSD metriky pro PAC. Kde šedivý blok symbolizuje filtrace, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro PSD koeficient.

- Korelace signálu k obálce (ESC – Envelope to Signal Correlation).** Obrázek 1.9 prezentuje blokové schéma ESC metody. První krok je filtrace původního signálu $x[n]$ ve dvou analyzovaných frekvenčních rozsazích (f_p a f_A). Filtrované signály označujeme jako $x_{fp}[n]$ a $x_{fA}[n]$. Druhým krokem je Hilbertova transformace (viz 1.6.2 Hilbertova transformace), pomocí které se získá okamžitá fáze $\phi_{fp}[n]$ nízkofrekvenčního δ -pásma (0,5-4 Hz) a amplitudová obálka $A_{fA}[n]$ vysokofrekvenčního γ -pásma (60-120 Hz). Posledním krokem je časová segmentace obou signálů a výpočet normalizované Pearsonovy korelace (podle vztahu 1.3).



Obrázek 1.9: Blokové schéma ESC. Kde šedivé bloky symbolizují provedení banky filtrů, modré bloky prezentují Hilbertovu transformaci a její výstup a oranžové bloky prezentují kvantifikační postup pro ESC koeficient. Inspirováno [23].

Vztah normalizované Pearsonovy korelace pro výpočet ESC koeficientu [23]:

$$ESC = |\text{corr}(\cos(\varphi_{fp}[n]), A_{fA}[n])| \quad (1.3)$$

kde corr je Pearsonova korelace definovaná vztahem [26]:

$$\begin{aligned} \text{corr}(x[n], y[n]) &= \frac{1}{N} \frac{\sum_{n=1}^N (x[n] - \bar{x})(y[n] - \bar{y})}{\delta_x \delta_y} \\ \delta_x^2 &= \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (x[n] - \bar{x})^2 \\ \delta_y^2 &= \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (y[n] - \bar{y})^2 \\ \bar{x} &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n] \\ \bar{y} &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y[n] \end{aligned} \quad (1.4)$$

1.7. Z-skóre

Často je v praxi potřebné přizpůsobit rozsahy naměřených dat do podobných rozpětí. K tomu slouží normalizační metody, mezi které patří i metoda Z-skóre. Pomocí této metody data nabývají hodnot s nulovou střední hodnotou μ a jednotkovou standardní odchylkou σ , přepočten je znázorněn ve vztahu 1.5.

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (1.5)$$

kde x_i je i -tý vzorek pozorování před normalizací, μ je střední hodnota pozorování před normalizací a σ je směrodatná odchylka pozorování před normalizací.

Z-skóre metoda je v této práci provedena pomocí funkce `zcore` programového prostředí MATLAB®.

1.8. Motivace a cíle práce

Fokální kortikální dysplázie (viz kapitola: 1.2 Fokální kortikální dysplázie) je onemocnění kortikálního vývoje mozku a je jednou z nejčastějších příčin ložiskové epilepsie. Jejím projevem jsou záchvaty, které silně ovlivňují kvalitu života pacientů. V současné době je jedinou možnou léčbou kompletní odstranění dysplastické tkáně. Pouze u poloviny pacientů lze však předoperačně určit velikost postižené léze pomocí zobrazovacích metod, a proto se přistupuje k invazivnímu způsobu vyšetření, konkrétně dvoudobé operaci s implementací nitrolebních elektrod (viz kapitola: 1.4.1 Typy elektrod a způsob implementace (SEEG, ECoG)).

Optimální rozsah resekované tkáně je určen na základě kompromisu mezi možným funkčním deficitem a dosažením bez záchvatového stavu pacienta, který je rozdílný pro jednotlivé podtypy FCD. V dnešní době lze ovšem přesný podtyp FCD určit až pooperačně histologickým rozbořením odebrané tkáně. A proto vylepšení zavedené diagnostiky a vývoj nových metod k určení nejvhodnější chirurgické strategie je současným předmětem zkoumání [27]. Znalost podtypu FCD by byla klíčová pro ideální optimalizaci resekcčního výkonu již během jeho plánování během iEEG monitorace.

Jedním ze specifických prediktorů podtypu FCD typu IIb se jeví přítomnost aktivity delta-brushes. Cílem práce je pomocí technik CFC identifikovat, parametrizovat a kvantifikovat výskyt delta-brushes v iEEG kanálech, určit rozsah kůry schopné generovat tuto aktivitu a zhodnotit i jejich schopnost stratifikovat pacienty s rozdílným podtypem FCD a vyhodnotit kolokalizaci výskytu s epileptogenní zónou.

1.8.1. Hypotézy

- H_{01} : Na základě výskytu delta-brushes je mezi pacienty s FCD typu I a FCD typu II statisticky signifikantní rozdíl.
- H_{02} : Delta-brushes vykazují větší specifitu pro pacienty FCD typu IIb oproti pacientům FCD typu I.
- H_{03} : Delta-brushes se vyskytují v rozsáhlejších oblastech u FCD typu I oproti typu II.

2. Data a metody

2.1. Data

Pro tuto práci byl k dispozici dataset 67 iEEG záznamů FCD pacientů, kteří podstoupili v rámci chirurgické léčby epilepsie dvoudobý výkon s dlouhodobou iEEG monitorací. Tito pacienti byli součástí programu epileptochirurgické léčby ve FN Motole. Databáze obsahovala pacienty FCD typu I, FCD typu II a FCD typu III. Pro potřeby práce (viz 1.8.1 Hypotézy) byly vybráni pacienti FCD typu I a FCD typu II a iEEG záznamy z třetího dne monitorace, 3 h bdělého záznamu (v čase 9-12 h) + 3 h spánkového záznamu (v čase 1-4 h), s minimálním odstupem 4 hodin od prodělaného záchvatu a minimálně 1 h před následujícím záchvatem. Výše popsané podmínky splnilo 46 pacientů. Ve výsledném výběru bylo celkem 21 pacientů FCD typu I a 25 FCD typu II. Typ FCD byl stanoven na základě histologického vyšetření resekované tkáně.

Data byla pořizována z iEEG zařízení s vzorkovacími frekvencemi 512 Hz, 1 kHz a 2048 Hz. Počty kanálů se u jednotlivých pacientů liší. Pro každý záznam byla provedena vizuální inspekce a zarušené kanály byly vyřazeny (technické artefakty, myopotenciály).

Potenciály iEEG byly snímány v referenčním módu. Pro potlačení souhlasného rušení a plovoucí reference byly všechny záznamy přepočítány do bipolárního zapojení. Bipolární montáže jsou brány vždy v rámci sousedních kontaktů jedné elektrody. Tabulka 2.1 prezentuje přehled pěti vybraných pacientů, seřazený podle jejich identifikačního kódu (ID). Každé ID pacienta je ve formátu PXXX, kde X je číslice hodnoty 0-9. V tabulce 2.1 jsou vyneseny informace o; typu FCD, genderové označení pacienta, typu elektrod, celkovém počtu kanálů, počtu vyřazených (*corrupted*) kontaktů a vzorkovacím kmitočtu.

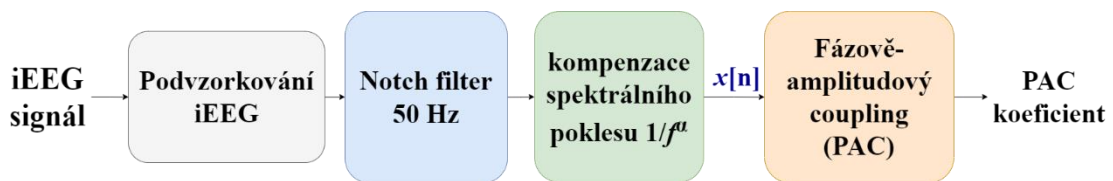
Dále dataset obsahoval informace o souřadnicích referenčních montáží. Souřadnice byly poríženy tak, že každému nahrávacímu kontaktu byla přidělena souřadnice v MNI 3D prostoru (x , y a z), dle normalizovaného postimplantačního CT. Pro účely této práce bylo nutné souřadnice referenčních montáží přepočítat na souřadnice bipolárních montáží. Přepočet byl realizován tak, že střed dvou sousedních referenčních elektrod odpovídá jedné bipolární elektrodě (například z elektrod F1 a F2 vznikla F1-2).

Tabulka 2.1: Celkový přehled všech 46 pacientů, které má genderové rozložení 26 mužů a 18 žen s průměrným věkem $30,0 \pm 15,0(27)$ let.

ID	Sex	FCD typ	Typ elektrody	Počet kanálů	Vyřazené kanály	Vzorkovací frekvence [Hz]
P005	m	IIa	SEEG	65	7	1000
P012	f	IIb	SD	64	6	1000
P017	m	IIb	SEEG	128	4	2048
P030	f	IIb	SEEG	59	11	1000
P033	f	Ib	kombinace	94	2	1000
P036	f	IIb	SD	65	11	1000
P038	m	IIb	SD	55	11	1000
P046	m	IIa	SEEG	50	1	1000
P060	m	Ib	SEEG	40	26	1000
P063	f	Ib	SEEG	45	31	512
P066	f	IIb	SEEG	64	0	512
P068	m	Ia	SEEG	128	20	512
P074	m	IIa	SEEG	128	7	1000
P075	m	IIb	kombinace	109	1	512
P078	m	Ia	SEEG	128	12	512
P079	f	Ia	SEEG	128	6	1000
P084	m	Ib	SEEG	122	9	1000
P087	f	IIb	kombinace	38	2	512
P097	m	Ib	SEEG	128	5	512
P110	f	Ib	SEEG	128	3	512
P119	m	IIb	kombinace	120	13	1000
P125	m	IIb	SEEG	128	2	1000
P127	m	Ic	SEEG	128	15	1000
P133	f	Ia	SEEG	112	8	1000
P143	m	Ia	SEEG	119	15	512
P144	m	IIb	SEEG	121	5	512
P147	f	IIb	SEEG	128	5	1000
P150	f	IIb	SEEG	126	7	512
P155	m	Ia	SEEG	116	3	512
P160	m	IIb	SEEG	128	6	512
P162	f	IIb	SEEG	123	9	1000
P163	m	IIb	SEEG	126	11	512
P165	m	IIb	SEEG	128	6	512
P170	m	Ia	SEEG	129	10	2048
P176	f	IIb	SEEG	120	2	2048
P177	m	Ia	SEEG	151	3	2048
P179	f	Ia	SEEG	152	7	2048
P181	f	Ia	SEEG	240	11	2048
P183	m	Ia	SEEG	152	0	512
P185	f	IIb	SEEG	128	10	2048
P186	m	IIb	SEEG	132	11	2048
P188	f	Ia	SEEG	128	2	2048
P193	f	Ic	SEEG	153	8	2048
P198	m	IIb	SEEG	148	1	2048
P209	m	IIb	SEEG	124	0	2048
P222	f	Ia	SEEG	172	6	2048

2.2. Parametrizace iEEG

Celý proces parametrizace iEEG dat lze popsat blokovým schématem viz obrázek 2.1. První tři bloky představují: decimaci signálu, filtraci síťového rušení a kompenzaci růžového šumu. Implementace a optimalizace byla provedena v rámci výzkumného týmu a byla převzata ze souběžně vznikající práce [28]. Výstupem z těchto tří bloků je signál $x[n]$, na který navazuje čtvrtý blok schématu, kterým je aplikace jedné ze tří vybraných metod PAC, a to HR, PSD, ESC (více o PAC v kapitole: 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC)). Výstupem celého procesu jsou prediktory z HR, PSD nebo ESC detektoru, pomocí kterých je možné kvantifikovat výskyt delta-brushes aktivity.



Obrázek 2.1: Blokové schéma parametrizace iEEG. Šedý blok symbolizuje podvzorkování (decimaci) iEEG signálu na menší vzorkovací frekvenci k zajištění stability filtrů a menšímu objemu dat. Modrý blok prezentuje filtraci síťového rušení pomocí notch filtru. Zelený blok zobrazuje kompenzaci spektrálního poklesu $1/f^\alpha$ z iEEG záznamu. Růžový blok symbolizuje metodu PAC. Inspirováno z [28].

1. **Podvzorkování (decimace) signálu.** Slouží k zmenšení objemu dat a k zajištění stability návrhu bank filtrů. Byla aplikována na každý iEEG záznam a přepočítána na menší hodnotu f_{s_nova} , než byla vzorkovací frekvence f_s originálního záznamu. Podvzorkování v této práci bylo nastaveno $f_{s_nova} = 500$ Hz pro vzorkovací frekvence $f_s = 1000$ Hz, $f_{s_nova} = 512$ Hz pro $f_s = 2048$ Hz. Originální signály se vzorkovací frekvencí $f_s = 512$ Hz nebyly decimovány.
2. **Notch filter.** Notch filtr neboli bikvadratická pásmová zádrž je lineární IIR-filtr, který nepropouští signál určité frekvence. Byl použit pro odstranění síťového rušení 50 Hz a jeho vyšších harmonických násobků.
3. **Kompenzace spektrálního poklesu.** V rámci parametrizace iEEG jsou porovnávány signály v různých frekvenčních pásmech, proto bylo nutné zajistit stejné energetické zastoupení v CFC, a to pomocí kompenzace spektrálního poklesu $1/f^\alpha$.
4. **Fázově-amplitudový coupling (PAC).** Poslední blok schématu slouží ke kvantifikaci vztahu mezi neuronovými oscilacemi s rozdílnými frekvenčními pásmy. Konkrétně mezi vysokofrekvenčním gama pásmem (60-120 Hz) a nízkofrekvenčním delta pásmem (0,5-4 Hz). Výstupem jsou tzv. PAC koeficienty, a to **HR, PSD a ESC**, které mohou mít vliv na určení podtypu FCD. Jedná se o prediktory delta-brushes aktivity. Více o PAC v kapitole: 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC).

2.2.1. Výkonově normované PAC metody

Za účelem zlepšení výsledků byla vyzkoušena výkonová normalizace CFC metody vzniklých podle tří PAC detekcí, a to HR, PSD a ESC. Ověřoval se tím předpoklad, že pokud v záznamech FCD pacientů existuje delta-brushes aktivita, tak po výkonovém normování by δ pásmo mělo vyjít viditelně výrazněji oproti modulovanému γ pásmu. K tomuto účelu byl definován koeficient *GDR* (Gamma to Delta Ratio) pro každý segment PAC metody (podrobněji v kapitole 1.6.3 Vybrané kvantifikační metody PAC), a to jako výkonový poměr vysokofrekvenčního (γ : 60-120 Hz) signálu P_γ ku nízkofrekvenčnímu (δ : 0,5-4 Hz) signálu P_δ . Výpočet výkonů P_γ a P_δ je uvedeno ve vztazích (2.1) a (2.2). Výpočet *GDR* koeficientu je uveden ve vztahu (2.3).

$$P_\gamma = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x_\gamma[n]|^2 \quad (2.1)$$

$$P_\delta = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x_\delta[n]|^2 \quad (2.2)$$

kde x_γ je vysokofrekvenční signál v pásmu γ (60-120 Hz) a x_δ je nízkofrekvenční v pásmu δ (0,5-4 Hz).

$$GDR = \frac{P_\gamma}{P_\delta} \quad (2.1)$$

Pomocí *GDR* koeficientu byly získány nové výkonově normované PAC koeficienty, a to; **PAC_{mult}** a **PAC_{dev}** pro každý PAC segment. Výstupy pro normované **PAC_{mult}** koeficienty byly vypočítány podle vztahu (2.4) a výstupy pro **PAC_{dev}** byly vypočítány podle vztahu (2.5).

$$PAC_{\text{mult}}(j) = PAC(j) \cdot GDR \quad (2.4)$$

$$PAC_{\text{dev}}(j) = \frac{PAC(j)}{GDR} \quad (2.5)$$

kde *PAC* jsou koeficienty z aplikovaných PAC-metod, kde *j* je segment z PAC metod (podrobněji v kapitole 1.6.3 Vybrané kvantifikační metody PAC), **PAC** = {**HR**, **PSD**, **ESC**}, viz kapitola 1.6.1. Fázově-amplitudový coupling (PAC).

2.3. Porovnání s klinickým hodnocením

Pomocí parametrizace iEEG (viz kapitola: 2.2 Parametrizace iEEG) byly získány koeficienty výskytu delta-brushes aktivity v jednotlivých kanálech, a to **PAC** = {**HR**, **PSD**, **ESC**}. Aby se dalo ověřit, jak **PAC** koeficienty odpovídají skutečnosti, bylo zapotřebí oklasifikovat jednotlivé **PAC** detekce do dvou skupin (clustrů, shluků) (1 – existence delta-brushes aktivity; 0 – žádná delta-brushes aktivita). Jako klasifikační metoda byla zvolena samoshlukovací metoda k-means. Z každého prediktoru se vypočítal sumační vektor **PAC_{sum}**, jako střední hodnota **PAC** pro každý kanál záznamu. Pomocí MATLAB[®] funkce *kmeans*, s implicitním nastavením rozmístování centroidů (těžišť shluků) do maxim a minim hodnot z vektoru **PAC_{sum}**, byl vektor **PAC_{sum}** rozdělen do shluků „0“ a „1“. Clustery ohodnoceny jako 0 byly hodnoty s nejmenší vzdáleností k centroidu s minimální hodnotou vektoru **PAC_{sum}** (tj. v těchto kanálech nebyla delta-brushes aktivita detekována) a hodnoty z **PAC_{sum}** s nejmenší vzdáleností k hodnotě maxima z **PAC_{sum}** byly ohodnoceny do clustru s hodnotou 1 (tj. označené kanály detekují delta-brushes aktivitu).

Jak moc klasifikace detekce delta-brushes aktivity z koeficientů **PAC** odpovídá skutečnosti, bylo otestováno pomocí binárního klasifikačního testu sestavením konfuzní matice (viz tabulka 2.2). Jako zlatý standard (reference) bylo použito klinické hodnocení kanálů iEEG. Toto hodnocení obsahovalo kanály zahrnuté do epileptických zón: iritační zóny (IZ), zóny vzniku záchvatu (SOZ) a resekované oblasti (RES). U vybraných kanálů v těchto regionech by se tudíž dal očekávat také výskyt delta-brushes aktivity. Klinické hodnocení bylo provedeno alespoň dvěma neurology Fakultní nemocnice v Motole pomocí následujících kritérií:

- 1) Do SOZ zóny byly zařazeny takové kanály, které vykazovaly první viditelné změny v iEEG záznamu ve vztahu k epileptickému záchvatu.
- 2) Jako kanály nacházející se v IZ zóně byly označeny takové kanály, které vykazovaly velkou četnost IED výbojů vyskytující se v mezizáchvatových obdobích.
- 3) Jako RES byly označeny takové kanály, které byly zahrnuty do resekcce.

Konfuzní matice prezentuje četnost pravdivě pozitivních (TP – True Positive), falešně pozitivních (FP – False Positive), pravdivě negativních (FN – False Negative) a falešně negativních (FN – False Negative) výsledků. Kanál nacházející se uvnitř dané epileptogenní oblasti (tj. kanál schopný generovat delta-brushes aktivitu) byl označen jako pozitivní a kanál, který se nacházel mimo danou oblast byl označen jako negativní.

Tabulka 2.2: Konfuzní matice

Predikce/skutečnost	Pozitivní	negativní
Pozitivní	Počet TP kanálů	Počet FP kanálů
negativní	Počet FN kanálů	Počet TN kanálů

Z konfuzní matice je možné vypočítat kvantifikační parametry; sensitivitu, specificitu, pozitivně prediktivní hodnotu, diagnostickou účinnost a Matthewsův korelační koeficient. Díky těmto parametrům je možné určit úspěšnosti/neúspěšnosti vypočítaných predikcí.

- **Sensitivita (SEN).** SEN neboli skutečná pozitivní hodnota (true positive rate) je hodnota, která udává podíl správně klasifikovaných pozitivních detekcí (tj. správně identifikování kanálů ležících v dané zóně). *SEN* je definován jako podíl skutečně pozitivních ku všem pozitivním.

$$SEN = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.6)$$

- **Specificita (SPE).** SPE neboli skutečná negativní hodnota (true negative rate) je hodnota podílu, kdy detekce správně identifikovali negativní výsledky (tj. kanály ležících mimo danou zónu). *SPE* je definován jako podíl správně negativních výsledků ku všem negativním výsledkům.

$$SPE = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.7)$$

- **Pozitivně prediktivní hodnota (PPV).** PPV je parametr vyjadřující podíl pozitivních výsledků predikcí, které odpovídají skutečnosti. Je definována jako podíl správně označených ku všem pozitivním výsledkům (tj. výsledkům detekovaným jako kanály ležící v daných zónách).

$$PPV = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.8)$$

- **Diagnostická účinnost (ACC – Accuracy).** ACC je parametr, kterým lze určit přesnost detekce a je definován jako podíl správně klasifikovaných výsledků ku všem možným výsledkům.

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2.9)$$

- **Matthewsův korelační koeficient (MCC).** MCC je parametr mezi pozorovanou a předpovězenou binární klasifikací. Výstupem MCC je hodnota v rozmezí -1 a 1 . Výsledek 1 představuje perfektní predikci, 0 říká, že výsledek se neliší od náhodné predikce a hodnota -1 označuje celkovou neshodu mezi predikcí a pozorováním. MCC je definováno vztahem:

$$MCC = \frac{(TP \cdot TN) - (FP \cdot FN)}{\sqrt{(TP+FP)(TP+FN)(TN+FP)(TN+FN)}} \quad (2.10)$$

2.4. Souhrn parametrů

Pro účely této práce byly vypočítány statistické parametry; maximum, minimum, střední hodnota, medián a směrodatná odchylka pro všechny výstupy CFC detekce navržených podle tří PAC metod, a to HR, PSD a ESC (viz 2.2 Parametrizace iEEG). Dále pro všechny CFC výstupy byly vypočítány parametry ze shody detekce s referencí klinického hodnocení; SEN, SPE, PPV, ACC a MCC (více v kapitole: 2.3 Porovnání s klinickým hodnocením). Přehled všech parametrů prezentuje tabulka 2.3. Všechny zmíněné parametry byly využity pro ověření předpokladu, že CFC analýza je schopná rozeznat rozdílnost mezi pacienty s rozdílným typem FCD (viz 1.8.1 Hypotézy).

Tabulka 2.3: Názvy a popis použitých statistických parametrů a parametrů ze shody detekce s referencí klinického hodnocení napříč všemi iEEG kanály.

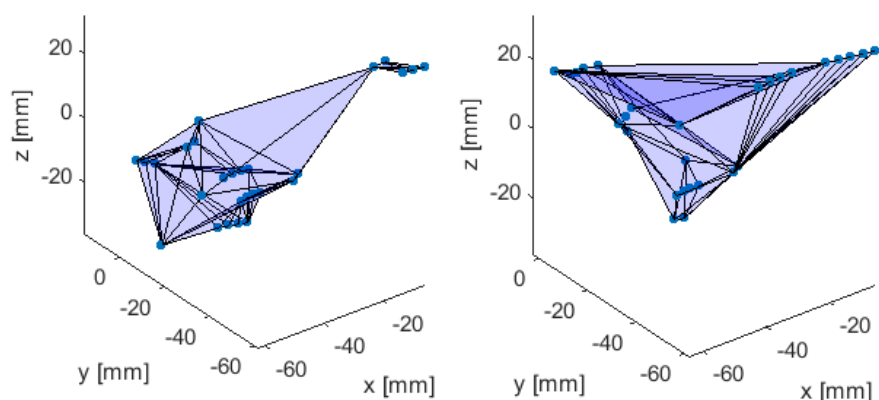
Parametr	Název parametru	Popis parametru
Statistické	<i>PAC max</i>	Maximální hodnota z PAC metody.
	<i>PAC min</i>	Minimální hodnota z PAC metody.
	<i>PAC mean</i>	Střední hodnota z PAC metody.
	<i>PAC med</i>	Medián z PAC metody.
	<i>PAC SD</i>	Směrodatná odchylka z metody.
Ze shody CFC detekce s referencí klinického hodnocení	<i>SEN</i>	Sensitivita
	<i>SPE</i>	Specificita
	<i>PPV</i>	Pozitivně prediktivní hodnota
	<i>ACC</i>	Diagnostická účinnost
	<i>MCC</i>	Matthesův korelační koeficient

2.5. Odhad volumetrie zón

Odhad volumetrie zón byl v této práci vypočítán pomocí metody konvexní obálky (obrázek 2.2). Princip této metody spočívá v nalezení mnohostěnu, pro který platí, že všechny analyzované body leží v obálce, tj. jsou vnitřními body nebo leží na hranici.

Pro výpočet byla využita funkce *boundary* z programového prostředí MATLAB®, díky které lze získat souřadnice vrcholů mnohostěnu a počet hran vystupující z daného vrcholu. Pomocí této funkce lze také vypočítat objem vzniklého mnohostěnu vytvořeného z analyzovaných bodů. Velikost mnohostěnu lze ladit pomocí smršťovacího (*shrink*) koeficientu, který určuje těsnost hranice ohraničující (x, y, z) datové body, které reprezentují 3D koordináty elektrod. Čím je smršťovací koeficient větší, tím je obálka „ostřejší“, čímž se může omezit zkreslení vypočteného objemu způsobeného odlehlými hodnotami. Pro účely této práce byla u parametru *shrink* zvolena hodnota 0,9, neboť se toto nastavení jeví jako optimální.

V této práci byla metoda konvexní obálky využita k výpočtu a porovnání rozsáhlosti epileptogenních oblastí u podtypů FCD pacientů. K dispozici byly informace o souřadnicích implementovaných elektrod (viz 2.1 Data), které byly využity pro výpočet velikostí oblastí z klinicky ohodnocených kanálů pro epileptogenní zóny (IZ, SOZ a RES) a velikostí oblastí vypočtených z ohodnocených kanálů CFC analýzy vykazující delta-brushes aktivitu ze tří PAC metod, a to HR, PSD a ESC (viz 2.2 Parametrizace iEEG).



Obrázek 2.2: Ukázka konvexní obálky. Konkrétně pro pacienta P068, kde napravo je prezentována IZ zóna označená od kliniků a vlevo je prezentovány HR prediktory.

2.6. Testování hypotéz

2.6.1. Wilcoxonův test

Pro zjištění statistických rozdílů mezi testovanými skupinami byl zvolen Wilcoxonův dvouvýběrový test, někdy označován jako Mannův-Whitneyův U-test. Tento test patří mezi neparametrické testy, tj. takové, které nepředpokládají normální rozdělení.

Nulová (H_0) hypotéza Wilcoxonova testu představuje předpoklad shodného rozdělení pravděpodobnosti pozorování pro dva nezávislé náhodné výběry. Oproti tomu alternativní (H_1) hypotéza je tvrzení, které popírá platnost nulové hypotézy (tj. předpoklad neshodného rozdělení pravděpodobnosti pozorování pro dva nezávislé náhodné výběry).

Vztahově tento jev lze zapsat jako srovnání dvou distribučních funkcí:

$$H_0 = F(x) = F(y) \quad (2.11)$$

$$H_1 = F(x) \neq F(y)$$

kde x je náhodný výběr o rozsahu n_x a y je náhodný výběr o rozsahu n_y .

Tento test vychází z principu oindexování všech pozorování podle jejich pořadí od nejmenšího k největšímu, tj. přiřazení tzv. rank hodnoty. Následně jsou spočteny součty ranků pro každou příslušnou skupinu. Testovými statistikami jsou U_1 a U_2 , definované jako:

$$U_1 = n_x n_y + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - T_1 \quad (2.12)$$

$$U_2 = n_x n_y - U_1$$

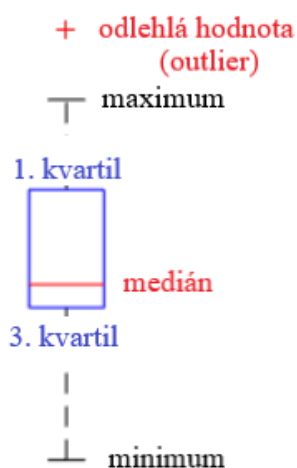
kde T_1 je součet ranků v prvním náhodném výběru, n_x je rozsah výběru x a n_y je rozsah výběru y .

V případě oboustranného testu lze rozhodnout o platnosti nulové hypotézy ze srovnání větší testové statistiky (U_1 a U_2) s kritickou hodnotou získanou z tabulek. H_0 lze zamítnout, je-li kritická hodnota menší než testová statistika [29]. V případě jednostranného testu uvažujeme podle H_0 pouze jednu ze statistik (U_1 nebo U_2).

Wilcoxonův test byl v této práci implementován pomocí MATLAB® funkce *ranksum*. Hladina významnosti byla zvolena na $\alpha = 0,05$. Byly testovány nulové hypotézy (1.8.1 Hypotézy) o rozdílu mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II a o rozdílu mezi pacienty FCD typu IIb a FCD typu I.

2.6.2. Krabicový diagram (Box plot)

Pro přehlednější zobrazení výsledků byl použit krabicový diagram. Krabicový diagram (obrázek 2.3) neboli box plot je druh grafu, pomocí kterého lze posoudit symetrii a variabilitu testovaných dat včetně jejich odlehlých hodnot (outlierů).



Obrázek 2.3: Krabicový diagram (box plot). Grafická vizualizace dat a prezentace jeho vlastností.

Box plot vizualizuje data pomocí jejich kvartilů. Je tvořen ze střední (krabicové) části, která je shora ohraničena 3. kvartilem (75% kvartil), zespodu 1. kvartilem (25% kvartil), mediánem (50% kvartil) vyobrazeným linkou mezi nimi, maximem a minimem datového setu.

V této práci byly boxplot grafy využity na vizuální kontrolu skupin FCD pacientů, konkrétně na otestování statistických hypotéz (viz 1.8.1 Hypotézy). Hypotézy byly navrženy na ověření statistické rozdílnosti mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II a pacienty FCD typu I a FCD typu IIb. Grafy prezentují dvě skupiny FCD pacientů pro všechny tři aplikované CFC detektory aplikovaných metod, a to HR, PSD a ESC (více v: 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC)). Pro přehlednější zobrazení obou skupin pro všechny tři CFC detektory, musely být data přeškálována pomocí MATLAB® funkce *zscore* (více v kapitole 1.7 Z-skóre), aby se docílilo stejného rozložení hodnot v rozmezí -1 a 1.

3. Výsledky

Na základě výše popsané metodiky bylo vyhodnoceno, zda lze pomocí CFC technik identifikovat, parametrizovat a kvantifikovat výskyt delta-brushes v iEEG a zhodnotit tak jejich schopnost stratifikovat pacienty s rozdílným podtypem FCD. Bylo k dispozici 46 iEEG záznamů pacientů trpících fokální epilepsií na podkladě FCD (viz 2.1 Data). Do první skupiny byly vybráni pacienti FCD typu I a FCD typu II pro ověření statistické hypotézy H_{01} a H_{03} . Do druhé skupiny byly vybráni pacienti FCD typu I a FCD typu IIb pro ověření hypotézy H_{02} . Přehled statistických hypotéz je uveden v kapitole 1.8.1 Hypotézy.

3.1. Delta-brushes aktivita u FCD typu I vs. FCD typu II

V první části byla ověřena hypotéza (H_{01}) s předpokladem, že CFC koeficient (výskyt delta-brushes) je rozdílný mezi pacienty s FCD typu I a FCD typu II. To, zda analyzovaná skupina vykazuje signifikantní rozdíl, bylo testováno pomocí Wilcoxonova testu (viz 2.6.1 Wilcoxonův test), kde nulová hypotéza byla testována na hladině významnosti $\alpha = 5\%$.

Rozdíl mezi skupinou FCD typu I a skupinou FCD typu II byl ověřen na základě parametrizace jednotlivými CFC metodami (HR, PSD, ESC), a to pro maximum, minimum, průměr, směrodatnou odchylku a medián spočtenou napříč všemi kanály (přehled všech parametrů prezentuje tabulka 2.3), dále i v závislosti na konkrétní době záznamu (DEN, NOC, D+N). Porovnáním parametrů **nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl** v hodnotách CFC koeficientů mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II, viz tabulka 3.1. Dále byla ověřena schopnost CFC parametrizace identifikovat epileptické zóny (SOZ, IZ, RES) a ověřit, zda je tato schopnost také závislá na typu FCD (I vs. II), zvolené CFC metodě (HR, PSD, ESC) a období záznamu (DEN, NOC, D+N). Výsledky shrnuté v tabulkách (tabulka 3.2, tabulka 3.3 a tabulka 3.4) naznačují, že by pro FCD typu I mohla být vyšší sensitivita k určení IZ z nočních záznamů, pro určení SOZ a RES z denních záznamů. To však nelze statisticky potvrdit, protože hladina významnosti po Bonferroniho korekci na vícenásobné testování nebyla splněna ($3 \text{ metody} \times 3 \text{ denní období} \times 3 \text{ zóny} = 27, p > 0.0018$).

Hypotézu H_{01} o rozdílném výskytu delta-brushes u pacientů s FCD typem I a FCD typem II se nepodařilo potvrdit.

Tabulka 3.1: Porovnání statistických parametrů (maximum, minimum, průměr, směrodatná odchylka a medián) z tří CFC metod (HR, PSD a ESC) z různých dob záznamů (DEN, NOC a jejich kombinace D+N) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní hodnoty p ($p < 0,05$).

FCD typ I vs. II (p – hodnoty)				
Doba záznamu	Parametry	HR	PAC metody	
			PSD	ESC
DEN	<i>PAC max</i>	1,00	0,98	0,81
	<i>PAC min</i>	0,71	0,93	0,88
	<i>PAC mean</i>	0,74	0,93	0,93
	<i>PAC SD</i>	0,98	0,93	0,95
	<i>PAC med</i>	0,68	0,90	0,86
NOC	<i>PAC max</i>	0,90	0,90	0,79
	<i>PAC min</i>	0,60	1,00	0,83
	<i>PAC mean</i>	0,79	0,91	0,71
	<i>PAC SD</i>	1,00	0,91	0,79
	<i>PAC med</i>	0,69	0,97	0,79
D+N	<i>PAC max</i>	0,83	0,97	0,76
	<i>PAC min</i>	0,84	0,90	0,79
	<i>PAC mean</i>	0,95	0,90	0,79
	<i>PAC SD</i>	0,77	0,98	0,77
	<i>PAC med</i>	0,90	1,00	0,79

Tabulka 3.2: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry *SPE* a *SEN* u metody HR v rozličných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).

Specificita (SPE) u metody HR			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,34	0,883 ± 0,14(0,921)	0,899 ± 0,13(0,921)
soz	0,41	0,840 ± 0,13(0,861)	0,308 ± 0,13(0,900)
res	0,38	0,867 ± 0,12(0,884)	0,884 ± 0,12(0,940)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,15	0,873 ± 0,16(0,889)	0,890 ± 0,10(0,937)
soz	0,10	0,824 ± 0,14(0,843)	0,871 ± 0,12(0,926)
res	0,16	0,841 ± 0,16(0,847)	0,881 ± 0,12(0,914)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,29	0,885 ± 0,16(0,918)	0,890 ± 0,20(0,974)
soz	0,23	0,837 ± 0,14(0,861)	0,871 ± 0,21(0,923)
res	0,35	0,859 ± 0,16(0,893)	0,881 ± 0,21(0,918)
Sensitivita (SEN) u metody HR			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,32	0,427 ± 0,24(0,391)	0,370 ± 0,23(0,313)
soz	0,72	0,440 ± 0,33(0,321)	0,430 ± 0,26(0,385)
res	0,96	0,313 ± 0,27(0,397)	0,308 ± 0,20(0,229)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,03	0,515 ± 0,21(0,591)	0,311 ± 0,21(0,381)
soz	0,96	0,497 ± 0,27(0,500)	0,376 ± 0,28(0,500)
res	0,37	0,329 ± 0,22(0,286)	0,284 ± 0,17(0,375)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,12	0,503 ± 0,21(0,500)	0,311 ± 0,26(0,458)
soz	0,74	0,598 ± 0,28(0,536)	0,376 ± 0,31(0,552)
res	0,52	0,323 ± 0,24(0,302)	0,284 ± 0,22(0,333)

Tabulka 3.3: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry *SPE* a *SEN* u metody PSD v rozlišných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).

Specificita (SPE) u metody PSD			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,98	0,845 ± 0,13(0,852)	0,793 ± 0,26(0,869)
soz	0,58	0,792 ± 0,13(0,810)	0,746 ± 0,22(0,795)
res	0,66	0,830 ± 0,12(0,827)	0,785 ± 0,22(0,815)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,85	0,845 ± 0,17(0,900)	0,832 ± 0,21(0,846)
soz	0,90	0,786 ± 0,16(0,809)	0,780 ± 0,21(0,838)
res	0,72	0,806 ± 0,16(0,838)	0,807 ± 0,20(0,871)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,83	0,856 ± 0,14(0,900)	0,890 ± 0,21(0,868)
soz	0,87	0,790 ± 0,13(0,825)	0,871 ± 0,20(0,871)
res	0,76	0,824 ± 0,11(0,856)	0,881 ± 0,20(0,881)
Sensitivita (SEN) u metody PSD			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,72	0,517 ± 0,23(0,391)	0,544 ± 0,25(0,576)
soz	0,45	0,513 ± 0,32(0,500)	0,607 ± 0,31(0,643)
res	0,07	0,415 ± 0,27(0,397)	0,530 ± 0,27(0,500)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,70	0,622 ± 0,19(0,643)	0,597 ± 0,24(0,688)
soz	0,50	0,638 ± 0,24(0,632)	0,701 ± 0,23(0,733)
res	0,12	0,441 ± 0,28(0,381)	0,557 ± 0,28(0,583)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,96	0,596 ± 0,20(0,611)	0,311 ± 0,22(0,667)
soz	0,25	0,561 ± 0,26(0,625)	0,376 ± 0,29(0,750)
res	0,04	0,429 ± 0,26(0,400)	0,284 ± 0,26(0,600)

Tabulka 3.4: Porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro parametry *SPE* a *SEN* u metody ESC v rozličných zónách (IZ, SOZ a RES) a v různých dobách záznamu (DEN, NOC, a jejich kombinace D+N) pomocí Wilcoxonova testu. Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).

Specificita (SPE) u metody ESC			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,42	0,887 ± 0,09(0,864)	0,898 ± 0,10(0,923)
soz	0,52	0,866 ± 0,08(0,847)	0,873 ± 0,10(0,897)
res	0,52	0,875 ± 0,08(0,872)	0,883 ± 0,10(0,901)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,51	0,888 ± 0,08(0,886)	0,890 ± 0,10(0,918)
soz	0,45	0,857 ± 0,09(0,842)	0,871 ± 0,10(0,899)
res	0,40	0,864 ± 0,10(0,848)	0,881 ± 0,10(0,886)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,81	0,898 ± 0,08(0,887)	0,890 ± 0,10(0,933)
soz	0,80	0,865 ± 0,08(0,875)	0,871 ± 0,10(0,896)
res	0,51	0,871 ± 0,08(0,864)	0,881 ± 0,10(0,893)
Sensitivita (SEN) u metody ESC			
DEN		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,68	0,282 ± 0,17(0,296)	0,323 ± 0,18(0,310)
soz	0,12	0,257 ± 0,19(0,227)	0,421 ± 0,28(0,417)
res	0,04	0,208 ± 0,16(0,200)	0,317 ± 0,22(0,267)
NOC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,70	0,340 ± 0,17(0,296)	0,311 ± 0,17(0,324)
soz	0,39	0,308 ± 0,17(0,333)	0,376 ± 0,22(0,400)
res	0,57	0,205 ± 0,13(0,220)	0,284 ± 0,22(0,212)
D+N		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
zóny	<i>p</i>	FCD I	FCDII
iz	0,83	0,344 ± 0,19(0,324)	0,311 ± 0,19(0,333)
soz	0,12	0,297 ± 0,19(0,321)	0,376 ± 0,26(0,448)
res	0,13	0,196 ± 0,15(0,219)	0,284 ± 0,23(0,292)

3.2. Testování hypotéz FCD typu I vs FCD typu IIb

Druhá část výsledků se zaměřuje na ověření nulové hypotézy (H_{02}), že delta-brushes vykazují větší specificitu pro pacienty FCD typu IIb oproti pacientům FCD typu I. Pro porovnání byly vypočítány parametry z reference klinického hodnocení, a to senzitivita (SEN), specificita (SPE), pozitivní prediktivní hodnota (PPV), diagnostická účinnost (ACC) a Matthewsův korelační koeficient (MCC) (přehled všech parametrů prezentuje tabulka 2.3 a podrobný popis je uveden v kapitole: 2.3 Porovnání s klinickým hodnocením).

Pro všechny CFC metody (HR, PSD a ESC) byl ověřován předpoklad, že delta-brushes vykazují větší specificitu pro pacienty FCD typu IIb oproti pacientům FCD typu I v závislosti na odlišných zónách (IZ, SOZ a RES) v odlišných dobách záznamu (DEN, NOC a kombinace obou D+N). Výsledky pro všechny porovnání, pomocí Wilcoxonova testu, prezentuje tabulka 3.5. V tabulce 3.5. nebyl nalezen žádný signifikantní rozdíl. Tabulka 3.6 a obrázek 3.1 prezentuje výsledky v zóně SOZ pro noční data, kde je možné pozorovat splněný předpoklad, a to u metod HR ($SPE_{FCDI} = 82,4\%$ a $SPE_{FCDIIb} = 88,7\%$) a ESC ($SPE_{FCDI} = 85,7\%$ a $SPE_{FCDIIb} = 87,5\%$), nicméně bez statisticky signifikantního rozdílu. Z výsledků tedy vyplývá, že **není mezi hodnotami SPE pro FCD typu I a FCD typu IIb statisticky signifikantní rozdíl** a nelze potvrdit hypotézu H_{02} . Závislost parametru *SPE* nebyla potvrzena ani na cyrkardiálních rytmech.

Následně byla hodnocena schopnost lokalizace zón (IZ, SOZ a RES) mezi FCD typu I a FCD typu IIb v odlišných dobách záznamu (DEN, NOC a D+N) u všech CFC metod (HR, PSD a ESC) pomocí zbylých parametrů z reference klinického hodnocení, a to SEN, PPV, ACC a MCC. Z výsledků (viz tabulka 3.6) vyplývá splněný předpoklad pro všechny parametry (SEN, PPV, ACC a MCC), a to u metod HR a ESC. U metody HR; SEN ($SEN_{FCDI} = 49,7\%$ a $SEN_{FCDIIb} = 53,1\%$), PPV ($PPV_{FCDI} = 39,7\%$ a $PPV_{FCDIIb} = 56,6\%$), ACC ($ACC_{FCDI} = 77,3\%$ a $ACC_{FCDIIb} = 82,3\%$) a MCC ($MCC_{FCDI} = 29,6\%$ a $MCC_{FCDIIb} = 40,9\%$) a u metody ESC; SEN ($SEN_{FCDI} = 30,8\%$ a $SEN_{FCDIIb} = 41,7\%$), PPV ($PPV_{FCDI} = 33,9\%$ a $PPV_{FCDIIb} = 43,3\%$), ACC ($ACC_{FCDI} = 76,9\%$ a $ACC_{FCDIIb} = 80,1\%$) a MCC ($MCC_{FCDI} = 18,0\%$ a $MCC_{FCDIIb} = 29,5\%$), nicméně bez statisticky signifikantního rozdílu. Tabulka 3.9 prezentuje jen výsledky s vykazujícím signifikantním rozdílem (viz tabulka 3.7). Ačkoli lze zejména pro metodu ESC nalézt rozdíl mezi typy FCD (lepší hodnoty pro FCD typu IIb), viz tabulka 3.9, po Bonferroniho korekci nelze statisticky potvrdit signifikantní rozdíl. Jednotlivé CFC metody jsou schopné lokalizovat delta-brushes ($MCC > 0$), ale jejich výskyt není specifický pro přesnou lokalizaci epileptogenní zóny.

Tabulka 3.5: Porovnání mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pro parametr SPE v závislosti na na konkrétní době záznamu (DEN, NOC, D+N) v různých zónách (IZ, SOZ a RES). Tučně jsou vyznačeny statisticky signifikantní výsledky ($p < 0,05$).

Specifická (SPE)		CFC metody		
		HR	PSD	ESC
Doba záznamu	Zóna	<i>p</i> – hodnoty		
DEN	iz	0,19	0,99	0,36
	soz	0,20	0,78	0,38
	res	0,16	0,87	0,28
NOC	iz	0,15	0,85	0,51
	soz	0,10	0,90	0,45
	res	0,16	0,72	0,40
D+N	iz	0,20	0,80	0,59
	soz	0,13	0,94	0,38
	res	0,16	0,57	0,16

Tabulka 3.6: Výsledky parametrů z reference klinického hodnocení (SEN, SPE, PPV, ACC a MCC) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb z CFC metod (HR, PSD a ESC) v zóně SOZ z nočního záznamu. Porovnání je provedeno pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky *p* – hodnot ($p < 0,05$).

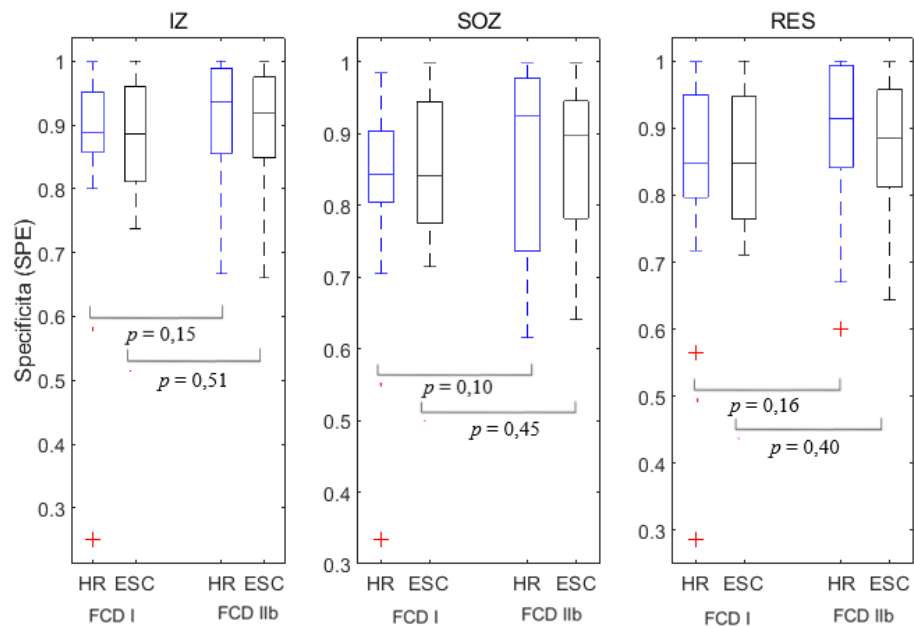
HR metoda		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,96	0,497 ± 0,27(0,500)	0,531 ± 0,28(0,512)
<i>SPE</i>	0,10	0,824 ± 0,14(0,843)	0,887 ± 0,12(0,941)
<i>PPV</i>	0,14	0,397 ± 0,19(0,400)	0,566 ± 0,31(0,708)
<i>ACC</i>	0,63	0,773 ± 0,14(0,791)	0,823 ± 0,11(0,850)
<i>MCC</i>	0,34	0,296 ± 0,27(0,303)	0,409 ± 0,22(0,453)
PSD metoda		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,50	0,638 ± 0,24(0,632)	0,707 ± 0,24(0,734)
<i>SPE</i>	0,90	0,786 ± 0,16(0,809)	0,770 ± 0,21(0,842)
<i>PPV</i>	0,64	0,407 ± 0,17(0,400)	0,402 ± 0,23(0,369)
<i>ACC</i>	1,00	0,767 ± 0,12(0,792)	0,752 ± 0,17(0,788)
<i>MCC</i>	0,89	0,369 ± 0,20(0,409)	0,375 ± 0,19(0,370)
ESC metoda		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,39	0,308 ± 0,17(0,333)	0,417 ± 0,20(0,420)
<i>SPE</i>	0,45	0,857 ± 0,09(0,842)	0,875 ± 0,11(0,912)
<i>PPV</i>	0,78	0,339 ± 0,24(0,313)	0,433 ± 0,27(0,400)
<i>ACC</i>	0,58	0,769 ± 0,10(0,748)	0,801 ± 0,09(0,814)
<i>MCC</i>	0,28	0,180 ± 0,22(0,144)	0,295 ± 0,20(0,334)

Tabulka 3.7: Porovnání parametrů SEN, ACC a MCC pro metody CFC (HR, PSD a ESC), pro všechny doby záznamů (DEN, NOC, D+N). Porovnání je provedeno mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky p ($p < 0,05$).

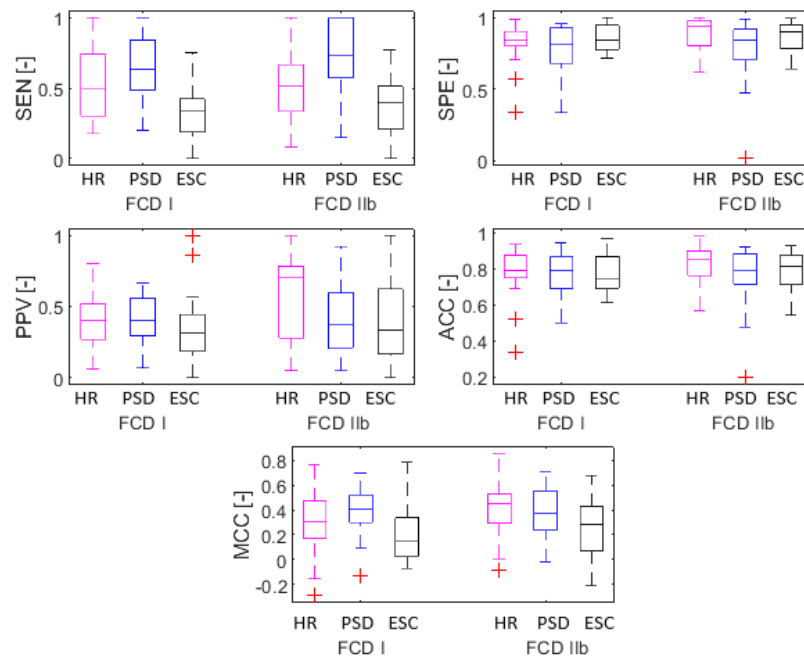
FCD (I a IIb)		SEN			ACC			MCC		
		HR	PSD	ESC	HR	PSD	ESC	HR	PSD	ESC
Doba záznamu	zóny	p – hodnoty			p – hodnoty			p – hodnoty		
DEN	iz	0,34	0,61	0,58	0,91	0,84	0,51	0,58	0,69	0,24
	soz	0,89	0,19	0,07	0,34	0,98	0,27	0,49	0,54	0,03
	res	0,86	0,05	0,03	0,21	0,41	0,09	0,19	0,05	0,02
NOC	iz	0,03	0,70	0,70	0,43	0,38	0,98	0,16	0,68	0,96
	soz	0,96	0,50	0,39	0,63	1,00	0,58	0,34	0,89	0,28
	res	0,37	0,12	0,57	0,10	0,18	0,047	0,048	0,15	0,29
D+N	iz	0,15	1,00	0,79	0,67	0,59	0,71	0,55	0,89	0,39
	soz	0,61	0,14	0,06	0,20	0,97	0,36	0,20	0,67	0,04
	res	0,46	0,06	0,07	0,08	0,24	0,049	0,09	0,04	0,03

Tabulka 3.8: Výsledky pro parametry s referencí klinického hodnocení (SEN, ACC a MCC) vykazující statistický rozdíl (viz tabulka 3.7) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb pomocí Wilcoxonova testu ($p < 0,05$).

SEN	DEN	metoda HR $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		iz	0,03	$0,427 \pm 0,24(0,391)$	$0,369 \pm 0,20(0,323)$
	NOC	metoda ESC $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		res	0,03	$0,205 \pm 0,13(0,220)$	$0,307 \pm 0,22(0,220)$
ACC	NOC	metoda ESC $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		res	0,47	$0,662 \pm 0,13(0,644)$	$0,728 \pm 0,13(0,743)$
	D+N	res	0,49	$0,664 \pm 0,13(0,661)$	$0,736 \pm 0,14(0,771)$
MCC	DEN	metoda ESC $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		soz	0,03	$0,139 \pm 0,21(0,128)$	$0,289 \pm 0,21(0,369)$
		res	0,02	$0,128 \pm 0,18(0,115)$	$0,262 \pm 0,21(0,225)$
	NOC	metoda HR $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		res	0,48	$0,222 \pm 0,27(0,227)$	$0,338 \pm 0,20(0,349)$
	D+N	Metoda PSD $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
		res	0,04	$0,273 \pm 0,24(0,227)$	$0,394 \pm 0,23(0,432)$
		Metoda ESC $\mu \pm \delta(\text{medián})$			
		zóny	p	FCD I	FCD IIb
soz		0,04	$0,175 \pm 0,23(0,155)$	$0,318 \pm 0,20(0,307)$	
res	0,03	$0,125 \pm 0,15(0,078)$	$0,286 \pm 0,23(0,278)$		



Obrázek 3.1: Vizuální hodnocení FCD typu I a FCD typu IIb u dvou CFC metod (HR a ESC) pro epileptogenní zónu SOZ z nočního záznamu pomocí box plot grafů. Mezi prezentovanými grafy **není prokázán signifikantní rozdíl** mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb na hladině významnosti $\alpha = 5\%$.



Obrázek 3.2: Vizuální zobrazení všech CFC metod pro skupiny FCD typu I a FCD typu IIb v epileptogenní zóně SOZ z nočního záznamu pomocí box plot grafů. Mezi prezentovanými grafy **není prokázán signifikantní rozdíl** mezi pacienty FCD typu I a FCD typu IIb na hladině významnosti $\alpha = 5\%$.

3.2.1. Výkonově normované PAC metody

Pro pokus o zlepšení úspěšnosti určení klinického hodnocení zón pomocí CFC (viz **Chyba! Nenašlehn zdroj odkazů.** a podrobný popis je uveden v kapitole: 2.3 Porovnání s klinickým hodnocením) byla provedena výkonová normalizace CFC metod pomocí parametru *GDR* (viz 2.2.1 Výkonově normované PAC metody). Z jejich výstupů **PAC_{dev}** a **PAC_{mult}** byly vypočítány parametry hodnocení (SEN, SPE, PPV, ACC a MCC) a ověřovány rozdíly mezi pacienty s FCD typu I a FCD typu IIb. Oba výstupy normovaných CFC detekcí nevykazují signifikantní rozdíl mezi skupinou FCD typu I a FCD typu IIb v žádném z parametrů (SEN, SPE, PPV, ACC a MCC). Výsledky ve vztahu k SOZ jsou pro názornost uvedeny v tabulce 3.5. Ačkoli výkonově normované CFC metody vykazovaly zvýšení specifity oproti výsledkům z CFC metod bez výkonové normalizace (tabulka 3.6), tak ostatní parametry z reference klinického hodnocení vykazovaly výrazné zhoršení.

Tabulka 3.9: Výsledky parametrů z klinického hodnocení (SEN, SPE, PPV, ACC a MCC) mezi pacienty FCD typu I a FCD typu II pro tři výkonově normované metody PAC_{dev} (HR, PSD a ESC) v zóně SOZ z nočního záznamu. Porovnání je provedeno pomocí Wilcoxonova testu, tučně jsou zvýrazněny výsledky *p* – hodnot (*p* < 0,05).

Výkonově normované HR		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,15	0,025 ± 0,07(0,000)	0,016 ± 0,04(0,000)
<i>SPE</i>	0,64	0,977 ± 0,03(0,987)	0,984 ± 0,01(0,989)
<i>PPV</i>	0,76	0,174 ± 0,31(0,000)	0,182 ± 0,36(0,000)
<i>ACC</i>	0,26	0,825 ± 0,07(0,822)	0,844 ± 0,08(0,841)
<i>MCC</i>	0,51	0,004 ± 0,10(-0,043)	0,006 ± 0,10(-0,034)
Výkonově normované PSD		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,58	0,024 ± 0,07(0,000)	0,016 ± 0,04(0,000)
<i>SPE</i>	0,73	0,980 ± 0,03(0,988)	0,980 ± 0,02(0,988)
<i>PPV</i>	0,48	0,139 ± 0,29(0,000)	0,182 ± 0,36(0,000)
<i>ACC</i>	0,47	0,827 ± 0,06(0,833)	0,841 ± 0,08(0,839)
<i>MCC</i>	0,61	0,003 ± 0,14(-0,039)	0,004 ± 0,11(-0,038)
Výkonově normované ESC		$\mu \pm \delta(\text{medián})$	
Parametry z reference klinického hodnocení	<i>p</i>	FCD I	FCD IIb
<i>SEN</i>	0,86	0,025 ± 0,07(0,000)	0,016 ± 0,04(0,000)
<i>SPE</i>	0,64	0,977 ± 0,03(0,987)	0,984 ± 0,01(0,989)
<i>PPV</i>	0,76	0,174 ± 0,31(0,174)	0,182 ± 0,036(0,000)
<i>ACC</i>	0,26	0,825 ± 0,07(0,825)	0,844 ± 0,08(0,841)
<i>MCC</i>	0,51	0,004 ± 0,10(0,004)	0,006 ± 0,10(-0,034)

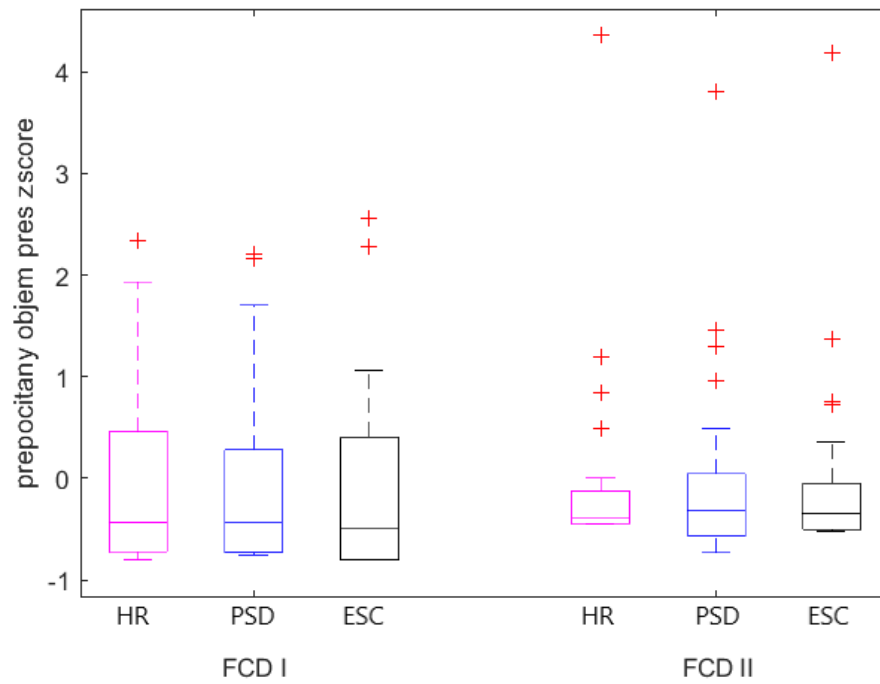
3.3. Velikost oblasti výskytu delta-brushes u FCD typu I vs. FCD typu II

Třetí část výsledků se zaměřuje na ověření nulové hypotézy (H_{03}), že se delta-brushes vyskytují v rozsáhlejších oblastech u FCD typu I oproti typu II. Pro ověření této hypotézy byl proveden odhad volumetrie oblasti definované kanály s výskytem delta-brushes dle CFC koeficientu (více v kapitole 2.5 Odhad volumetrie zón). Tabulka 3.10 prezentuje odhad objemu jednotlivých epileptických zón (IZ, SOZ a RES) a zón výskytu delta-brushes aktivity z CFC detekcí (HR, PSD a ESC). Obrázek 3.3 prezentuje porovnání mezi FCD typu I a FCD typu II pro všechny tři CFC metody.

Statistický rozdíl v klinicky definovaných zónách nebyl potvrzen, ačkoliv je zřejmý trend větších objemů u FCD typu I. Objem tkáně definovaný kontakty, které byly označeny s výskytem delta-brushes tento trend kopírují, tj. obecně je výskyt delta-brushes v rozsáhlejších oblastech u FCD typu I., viz tabulka 3.10.

Tabulka 3.10: Přehled výsledků z volumetrie odhadu zón, a to klinicky hodnocených zón IZ, SOZ a RES a zón z CFC detekcí HR, PSD a ESC mezi FCD typu I a FCD typu II.

Metoda	Oblasti	<i>p</i>	Objem léze $\mu \pm \delta(\text{medián}) \text{ cm}^3$	
			FCD I	FCD II
Klinické hodnocení	IZ	1,00	13,045 \pm 28,38(4,338)	7,742 \pm 18,48(3,336)
	SOZ	0,61	3,116 \pm 3,74(1,859)	2,648 \pm 14,69(6,435)
	RES	0,32	7,219 \pm 8,64(3,923)	3,758 \pm 19,49(1,273)
Detekce CFC	HR	0,07	16,358 \pm 19,95(7,481)	8,901 \pm 4,98(1,613)
	PSD	0,94	17,139 \pm 22,06(7,416)	11,116 \pm 3,46(1,799)
	ESC	0,24	19,700 \pm 23,86(7,789)	9,824 \pm 8,35(4,092)



Obrázek 3.3: Krabicový diagram (box plot). Grafická vizualizace dat a prezentace jeho vlastností. Mezi prezentovanými grafy **není prokázán signifikantní rozdíl** mezi skupinami FCD typu I a FCD typu II na hladině významnosti $\alpha = 5\%$.

4. Diskuze

Motivací pro sepsání této diplomové práce byla klasifikace a identifikace specifické delta-brushes aktivity v iEEG záznamech pacientů trpících epilepsií způsobenou FCD. Pro parametrizaci byla zvolena jedna z metod cross-frequency couplingu (CFC), a to metoda fázově-amplitudový coupling (viz kapitola: 1.6.1 Fázově-amplitudový coupling (PAC)), díky její schopnosti kvantifikovat vztah mezi různými frekvenčními složkami signálu. V návaznosti na předchozí práce [18, 30] byly hledány specifické vzorce delta-brushes v iEEG záznamech FCD pacientů, které naznačovaly, že delta-brushes aktivita může být specifická pro FCD, zejména pak pro podtyp II. Detailním rozborem a iniciální vizuální inspekci iEEG záznamů [28], že delta-brushes reprezentují aktivitu vyššího γ -pásma 60-120 Hz modulovanou a nízkofrekvenční pásma δ 1-4 Hz.

Tato práce se zaměřila na popis delta-brushes aktivity ve vyšším γ pásmu v rozmezí 60-120 Hz, jejímž cílem bylo ověřit, zda parametrizace z CFC metody nastavené na toto pásmo bude schopna replikovat výsledky z [31, 32] na širší kohortě a zda bude pozorován rozdíl mezi podtypy FCD typu I a II.

Sensitivita CFC pro parametrizaci přítomnosti delta-brushes v epileptických zónách dosahovala nízkých hodnot, ačkoliv ve vybraných případech samotná parametrizace dobře popisovala viditelný výskyt delta-brushes aktivity v iEEG. Detekce pomocí PAC metod jsou nicméně ovlivňovány i jinými mozkovými aktivitami. Pro ověření byla provedena výkonová normalizace PAC metod, která se ovšem neosvědčila. Z předpokladu správné detekce delta-brushes pomocí PAC metod by se mělo výkonovým normováním pozorované delta pásmo zvýraznit vůči pásmu modulovanému, což by mělo vést ke zlepšení výsledků nebo naopak prokázat, že je detekováno víc mozkových aktivit než jenom delta-brushes. Výsledné hodnoty parametru specifity vzrostly, však hodnoty senzitivity se výrazně snížily k nulovým hodnotám. Lze tedy usuzovat, že PAC parametrizace je ovlivněna i jinou mozkovou aktivitou v podobných frekvenčních pásmech.

Práce se také zaměřila na ověření možnosti stratifikace pacientů s FCD typu I a FCD typu II pomocí CFC technik, a to metodami HR, PSD a ESC. Bylo zjištěno, že delta-brushes aktivita není dobrým prediktorem pro určení epileptogenní zóny FCD, a to ani pro očekávaný typ IIb, kde je subjektivně častěji kliniky popisována. Očekávaný rozdíl mezi FCD typy I a II také nebyl prokázán a nelze tedy koeficienty CFC použít pro stratifikaci jednotlivých typů.

Zkoumání vztahu mezi neuronovými oscilačními pásmy je aktuálním tématem v epileptologii. Inspirací byla studie [31], která prezentovala využití PAC metody jako nástroje pro lokalizaci epileptické aktivity v lidském mozku. Limitací zmíněné studie byl však omezený pozorovací vzorek pacientů, a to pouze sedm z jedné skupiny FCD typu II. Soustředila se na lokalizaci SOZ podle vyhodnocené vazby PAC mezi δ , θ , α a β fázi a amplitudou γ . Je to tedy jedna z prokázaných aplikací PAC pro lokalizaci dysplastických lézí, která prokázala, že fázově amplitudový coupling mezi vysokofrekvenční γ složkou a nízkofrekvenční složkou souvisí s hustotou dysmorfních

neuronů, díky kterým je možné lokalizovat SOZ. Použití CFC metody ve vyšších frekvenčních pásmech bylo již dříve analyzováno v [32], kde byl testován vztah mezi vysokofrekvenčními HFO (High Frequency Oscillation) a nízkofrekvenčními pásmy α a θ . Bylo prokázáno, že CFC mezi HFO (80–250 Hz) a fází θ a α rytmů je významně zvýšena v SOZ ve srovnání s neepileptickými oblastmi ($p < 0,01$).

Literaturou je běžně udáváno, že výskyt epileptiformní aktivity (i delta-brushes) je častější ve spánku [33]. Vliv cirkadiálních rytmů CFC parametrizací nebyl pozorován. V některých případech určení epileptických zón bylo dosaženo lepšího výsledku spíše pro denní záznamy, což může souviset s menší synchronicitou iEEG a propagací epileptiformní aktivity do okolí v období bdělosti. Diskutabilní je také citlivost samotné CFC metody, která může popisovat stejné neuronální oscilace, které jsou vizuálně patrnější během synchronního spánku, ale na samotnou hodnotu CFC vliv nemají.

4.1. Limitace

Jednou z možných limitací práce je, že delta-brushes nejsou zcela přesně definované, tj. překrývají se s pásmem HFO, kde je taky problém rozlišit fyziologické a patologické grafoelementy [34]. Proto je otázkou, zdali CFC je dostatečně specifické pro parametrizaci patologických delta-brushes a zda se dají odlišit od jiné fyziologické aktivity.

Z výsledků vyplývá, že u některých pacientů FCD typu IIb vyšla analýza s vysokou sensitivitou i specificitou, však u ostatních pacientů se delta-brushes vůbec nevyskytovaly. Proto další možná limitace je, že delta-brushes aktivita nemusí být závislá na FCD typu, ale na jiných neznámých faktorech. Proto by bylo vhodné se v budoucnu zaměřit na tyto specifické případy.

Další možnou limitací je nerovnoměrné zastoupení FCD typu I a FCD typu II (21:25), však lze brát celkový počet subjektů jako dostatečný (>30). a vyrovnaný Nicméně kvůli určitým faktorům by bylo vhodné pro budoucí studie dataset pacientů rozšířit a tím mít možnost stanovit podrobnější charakteristiky popisující mozkové aktivity, např. delta-brushes.

Veškeré iEEG záznamy byly počítány z denních, nočních a z kombinace obou dob. Ovšem struktura tohoto rozdělení dat nemusí zcela odpovídat skutečným fázím bdění a spánku pacienta. K tomu, aby bylo možné spánkové fáze rozeznat, by bylo potřeba přidat paralelně k iEEG monitoraci polygrafické vyšetření. Souběžné použití těchto metod je však v praxi obtížně realizovatelné.

5. Závěr

Metodami cross-frequency coupling se podařilo parametrizovat výskyt delta-brushes u 46 pacientů s FCD. Komplexní statistické hodnocení prokázalo schopnost delta-brushes lokalizovat epileptické zóny, nicméně s nižší klinickou shodou. V porovnání pacientů s FCD podtypy I a II nebyl nalezen signifikantní rozdíl ve výskytu a specificitě delta-brushes, a to ani v závislosti na cirkadiálních rytmech. Výsledky práce objasnily malou schopnost odlišit podtypy FCD na základě aktivity delta-brushes a bude nutné v budoucnu hledat jiné iEEG markery.

Použitá literatura

- LAINSCSEK, Claudia, Nuttida RUNGRATSAMEETAWEEMANA, Sydney CASH a Terrence SEJNOWSKI. Cortical chimera states predict epileptic seizures. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* [online]. 2019, **29**(12) [cit. 2021-02-05]. ISSN 1054-1500. Dostupné z: doi:10.1063/1.5139654
- BERGEY, G., M. MORRELL, E. MIZRAHI et al. Long-term treatment with responsive brain stimulation in adults with refractory partial seizures. *Neurology* [online]. 2015, **84**(8), 810-817 [cit. 2021-02-04]. ISSN 0028-3878. Dostupné z: doi:10.1212/WNL.0000000000001280
- ZÁMEČNÍK, J. a L. MRÁZKOVÁ. Pseudotumory centrálního nervového systému. *Čes.-slov. Patol.* [online]. Ústav patologie a molekulární medicíny, 2. LF UK a FN Motol, Praha 1; Klinika zobrazovacích metod, 2. LF UK a FN Motol, Praha 2, 2012, **2012**(4), 184-189 [cit. 2021-02-15]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-patologie/2012-4-2/pseudotumory-centralniho-nervoveho-systemu-39066>
- PALMINI, A., I. NAJM, G. AVANZINI et al. Terminology and classification of the cortical dysplasias. *Neurology* [online]. 2004, **62**(63), 2-8 [cit. 2021-02-15]. ISSN 0028-3878. Dostupné z: doi:10.1212/01.WNL.0000114507.30388.7E
- BLÜMCKE, Ingmar, Maria THOM, Eleonora ARONICA et al. The clinicopathologic spectrum of focal cortical dysplasias: A consensus classification proposed by an ad hoc Task Force of the ILAE Diagnostic Methods Commission1. *Epilepsia* [online]. 2011, **52**(1), 158-174 [cit. 2021-02-15]. ISSN 00139580. Dostupné z: doi:10.1111/j.1528-1167.2010.02777.x
- ZÁMEČNÍK, J. Neuropatologie farmakorezistentní epilepsie - strukturální podklad a mechanismy epileptogeneze. *Česko-slovenská patologie* [online]. **2012**(482), 76-82 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-patologie/2012-2-10/neuropatologie-farmakorezistentni-epilepsie-strukturalni-podklad-a-mechanismy-epileptogeneze-37981>
- ROSENOW, F. Presurgical evaluation of epilepsy. *Brain* [online]. **124**(9), 1683-1700 [cit. 2021-02-26]. ISSN 14602156. Dostupné z: doi:10.1093/brain/124.9.1683
- BARNOVÁ, Julie. *Popis epileptické sítě pomocí distribuce interiktálních výbojů*. Praha, 2020. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Radek Janča, Ph.D.

- [9] WIESER, H., W. BLUME, D. FISH, E. GOLDENSOHN, A. HUFNAGEL, D. KING, M. SPERLING a H. LÜDERS. Proposal for a New Classification of Outcome with Respect to Epileptic Seizures Following Epilepsy Surgery. *Epilepsia* [online]. 2001, **42**, 282-286 [cit. 2021-02-19]. ISSN 00139580. Dostupné z: doi:10.1046/j.1528-1157.2001.4220282.x
- [10] VARATHARAJAH, Yogatheesan, Brent BERRY, Jan CIMBALNIK et al. Integrating artificial intelligence with real-time intracranial EEG monitoring to automate interictal identification of seizure onset zones in focal epilepsy. *Journal of Neural Engineering* [online]. 2018, **15**(4) [cit. 2021-02-04]. ISSN 1741-2560. Dostupné z: doi:10.1088/1741-2552/aac960
- [11] JANČA, Radek. *Analýza invazivních EEG signálů v epileptologii*. Praha, 2014. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Roman Čmejla, CSc.
- [12] SEEG elektrody MICRODEEP. *CARDION s.r.o.* [online]. [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <http://www.cardion.cz/seeg-elektrody-microdeep>
- [13] Epileptochirurgie. *Fakultní nemocnice v Motole* [online]. [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/spolecna-pracoviste/neurochirurgicka-klinika/programy-kliniky/epileptochirurgie/>
- [14] RADEK, Janča, Pavel KRSEK a Petr JEŽDÍK. The Sub-Regional Functional Organization of Neocortical Irritative Epileptic Networks in Pediatric Epilepsy. *Frontiers in Neurology*. 2018, **2018**(9), 184. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00184>
- [15] JANČA, Radek, Petr JEŽDÍK a Čmejla ROMAN. Detection of Interictal Epileptiform Discharges Using Signal Envelope Distribution Modelling: Application to Epileptic and Non-Epileptic Intracranial Recordings. *Brain Topography*. 2015, **2015**(28), 172-183. ISSN 1573-6792. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s10548-014-0379-1>
- [16] KANE, Nick, Jayant ACHARYA, Sandor BENICZKY et al. A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017. *Clinical Neurophysiology Practice* [online]. 2017, **2**, 170-185 [cit. 2021-02-20]. ISSN 2467981X. Dostupné z: doi:10.1016/j.cnp.2017.07.002
- [17] SHALA, Laura. *Klasifikace typu fokální kortikální dysplázie dle interiktální aktivity v invazivním EEG*. Praha, 2020. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Radek Janca, Ph.D.

- [18] VYBULKA, Jakub. *Klasifikace fokální kortikální dysplazie z invazivního EEG*. Praha, 2019. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Radek Janča Ph.D.
- [19] TASSI, Laura, Rita GARBELLI, Nadia COLOMBO et al. Electroclinical, MRI and surgical outcomes in 100 epileptic patients with type II FCD. *Epileptic Disorders* [online]. 2012, **14**(3), 257-266 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1294-9361. Dostupné z: doi:10.1684/epd.2012.0525
- [20] PETER-DEREX, Laure, Petr KLIMES, Véronique LATREILLE, Sarah BOUHADOUN, François DUBEAU a Birgit FRAUSCHER. Sleep Disruption in Epilepsy: Ictal and Interictal Epileptic Activity Matter. *Annals of Neurology* [online]. 2020, **88**(5), 907-920 [cit. 2021-03-16]. ISSN 0364-5134. Dostupné z: doi:10.1002/ana.25884
- [21] MALOW, Beth, Xihong LIN, Ramesh KUSHWAHA a Michael ALDRICH. Interictal Spiking Increases with Sleep Depth in Temporal Lobe Epilepsy. *Epilepsia* [online]. 1998, **39**(12), 1309-1316 [cit. 2021-03-05]. ISSN 0013-9580. Dostupné z: doi:10.1111/j.1528-1157.1998.tb01329.x
- [22] FRAUSCHER, Birgit, Nicolás VON ELLENRIEDER, Taissa FERRARI-MARINHO, Massimo AVOLI, François DUBEAU a Jean GOTMAN. Facilitation of epileptic activity during sleep is mediated by high amplitude slow waves. *Brain* [online]. 2015, **138**(6), 1629-1641 [cit. 2021-03-05]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awv073
- [23] TORT, Adriano, Robert KOMOROWSKI, Howard EICHENBAUM a Nancy KOPELL. Measuring Phase-Amplitude Coupling Between Neuronal Oscillations of Different Frequencies. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2010, **104**(2), 1195-1210 [cit. 2021-03-16]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00106.2010
- [24] WELCH, P. The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*. 1967, **1967**(15), 70-73.
- [25] CANOLTY, Ryan a Robert KNIGHT. The functional role of cross-frequency coupling. *Trends in Cognitive Sciences* [online]. 2010, **14**(11), 506-515 [cit. 2021-03-16]. ISSN 13646613. Dostupné z: doi:10.1016/j.tics.2010.09.001
- [26] PENNY, W.D., E. DUZEL, K.J. MILLER a J.G. OJEMANN. Testing for nested oscillation. *Journal of Neuroscience Methods* [online]. 2008, **174**(1), 50-61 [cit. 2021-03-16]. ISSN 01650270. Dostupné z: doi:10.1016/j.jneumeth.2008.06.035

- [27] ZIJLMANS, Maeike, Willemiek ZWEIPHENNING a Nicole VAN KLINK. Changing concepts in presurgical assessment for epilepsy surgery. *Nature Reviews Neurology* [online]. 2019, **15**(10), 594-606 [cit. 2021-05-01]. ISSN 1759-4758. Dostupné z: doi:10.1038/s41582-019-0224-y
- [28] VYBULKA, J. *Lokalizace fokální kortikální dysplazie pomocí intrakraniálního EEG*. Praha, 2021. Předpokládaný termín obhajoby 14.6.2021. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Radek Janča Ph.D.
- [29] *Neparametrický test pro dva výběry (Mannův-Whitneyho test)* [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickyh-a-biologickyh-dat--biostatistika-pro-matematickou-biologii--testovani-hypotez-o-quantitativnich-promennych--testy-o-parametrech-dvou-rozdeleni--neparametricky-test-pro-dva-vybery-mannuv-whitneyho-test>
- [30] EBEL, Matyáš. *Klasifikace fokální kortikální dysplázie z invazivního EEG*. 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Radek Janča Ph.D.
- [31] RAMPP, Stefan, Karl RÖSSLER, Hajo HAMER et al. Dymorphic neurons as cellular source for phase-amplitude coupling in Focal Cortical Dysplasia Type II. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2021, **132**(3), 782-792 [cit. 2021-05-01]. ISSN 13882457. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2021.01.004
- [32] IBRAHIM, George, Simeon WONG, Ryan ANDERSON et al. Dynamic modulation of epileptic high frequency oscillations by the phase of slower cortical rhythms. *Experimental Neurology* [online]. 2014, **251**, 30-38 [cit. 2021-05-01]. ISSN 00144886. Dostupné z: doi:10.1016/j.expneurol.2013.10.019
- [33] MENEZES CORDEIRO, Inês, Nicolas VON ELLENRIEDER, Natalja ZAZUBOVITS, François DUBEAU, Jean GOTMAN a Birgit FRAUSCHER. Sleep influences the intracerebral EEG pattern of focal cortical dysplasia. *Epilepsy Research* [online]. 2015, **113**, 132-139 [cit. 2021-05-13]. ISSN 09201211. Dostupné z: doi:10.1016/j.eplepsyres.2015.03.014
- [34] AMIRI, Mina, Birgit FRAUSCHER a Jean GOTMAN. Interictal coupling of HFO s and slow oscillations predicts the seizure-onset pattern in mesiotemporal lobe epilepsy. *Epilepsia* [online]. 2019 [cit. 2021-05-14]. ISSN 0013-9580. Dostupné z: doi:10.1111/epi.15541

Příloha A:

noční data, metoda HR

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,217	0,941	0,833	0,525	0,220	0,333	0,903	0,500	0,775	0,277	0,245	1,000	1,000	0,538	0,334
P060	I	0,600	1,000	1,000	0,800	0,655	1,000	0,875	0,667	0,900	0,764	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P063	I	0,250	0,250	0,143	0,250	-0,478	0,333	0,333	0,143	0,333	-0,293	0,400	0,286	0,286	0,333	-0,314
P068	I	0,556	0,864	0,652	0,767	0,440	0,857	0,785	0,261	0,791	0,397	0,372	0,837	0,696	0,605	0,236
P078	I	0,185	0,986	0,833	0,772	0,321	0,200	0,956	0,333	0,881	0,197	0,294	0,988	0,833	0,871	0,447
P079	I	0,364	0,986	0,800	0,900	0,497	0,500	0,986	0,800	0,938	0,602	0,286	0,985	0,800	0,863	0,425
P084	I	0,381	0,963	0,727	0,842	0,447	0,176	0,905	0,273	0,782	0,098	0,222	0,916	0,364	0,792	0,169
P097	I	0,643	0,862	0,429	0,832	0,430	0,857	0,840	0,286	0,842	0,437	0,302	0,947	0,905	0,545	0,297
P110	I	0,357	0,947	0,500	0,872	0,353	0,500	0,949	0,500	0,908	0,449	0,179	0,957	0,700	0,679	0,227
P127	I	0,703	0,849	0,765	0,789	0,560	0,636	0,706	0,412	0,689	0,303	0,535	0,766	0,676	0,656	0,310
P133	I	0,852	0,917	0,821	0,897	0,761	1,000	0,843	0,607	0,874	0,715	0,440	0,838	0,786	0,609	0,294
P143	I	0,710	0,889	0,786	0,824	0,613	0,704	0,845	0,679	0,800	0,543	0,500	0,939	0,929	0,671	0,456
P155	I	0,692	0,965	0,750	0,929	0,680	0,875	0,945	0,583	0,939	0,685	0,167	0,893	0,333	0,717	0,079
P170	I	0,357	0,857	0,500	0,714	0,240	0,444	0,850	0,400	0,776	0,283	0,277	0,863	0,650	0,582	0,173
P177	I	0,387	0,589	0,245	0,537	-0,021	0,200	0,566	0,061	0,521	-0,157	0,333	0,565	0,245	0,496	-0,095
P179	I	0,611	0,800	0,344	0,772	0,331	0,565	0,810	0,406	0,764	0,333	0,211	0,718	0,250	0,561	-0,076
P181	I	0,815	0,887	0,524	0,877	0,588	0,464	0,835	0,310	0,784	0,255	0,000	0,794	0,000	0,794	0,000
P183	I	0,591	0,888	0,565	0,829	0,471	0,188	0,789	0,130	0,703	-0,020	0,219	0,797	0,304	0,631	0,018
P188	I	0,889	0,892	0,421	0,892	0,566	0,421	0,880	0,421	0,802	0,301	0,000	0,829	0,000	0,829	0,000
P193	I	0,667	0,909	0,583	0,870	0,546	0,214	0,825	0,250	0,695	0,042	0,000	0,817	0,000	0,817	0,000
P222	I	0,310	0,855	0,667	0,592	0,198	0,632	0,836	0,364	0,810	0,376	0,609	0,847	0,424	0,810	0,397
P005	IIa	0,382	1,000	1,000	0,588	0,414	0,000	0,711	0,000	0,627	-0,214	0,600	0,783	0,231	0,765	0,261
P012	IIb	0,333	0,974	0,750	0,854	0,435	0,333	0,974	0,750	0,854	0,435	0,375	0,975	0,750	0,875	0,472
P017	IIb	0,250	0,989	0,833	0,855	0,406	0,385	0,990	0,833	0,918	0,532	0,500	0,990	0,833	0,945	0,620
P030	IIb	0,500	0,700	0,143	0,682	0,123	1,000	0,714	0,143	0,727	0,319	0,556	0,743	0,357	0,705	0,258
P036	IIb	0,357	0,667	0,333	0,568	0,023	0,250	0,639	0,133	0,568	-0,090	0,529	0,778	0,600	0,682	0,316
P038	IIb	0,000	0,893	0,000	0,758	-0,134	1,000	0,968	0,667	0,970	0,803	0,400	0,964	0,667	0,879	0,454
P046	IIa	0,348	0,905	0,800	0,614	0,301	0,471	0,926	0,800	0,750	0,461	0,429	0,867	0,600	0,727	0,328
P066	IIb	0,143	1,000	1,000	0,746	0,324	0,750	1,000	1,000	0,986	0,860	0,250	1,000	1,000	0,873	0,466
P074	IIa	0,750	0,738	0,214	0,739	0,299	0,667	0,735	0,214	0,728	0,259	0,429	0,706	0,107	0,685	0,077
P075	IIb	0,552	0,926	0,762	0,814	0,532	0,552	0,926	0,762	0,814	0,532	0,389	1,000	1,000	0,660	0,469
P087	IIb	0,083	1,000	1,000	0,621	0,225	0,250	1,000	1,000	0,897	0,472	0,500	1,000	1,000	0,966	0,694
P119	IIb	0,529	0,917	0,783	0,777	0,499	0,529	0,917	0,783	0,777	0,499	0,278	0,864	0,870	0,415	0,139
P125	IIb	0,375	0,978	0,818	0,851	0,487	0,450	0,979	0,818	0,886	0,552	0,067	0,899	0,091	0,789	-0,039
P144	IIb	0,176	0,988	0,750	0,851	0,316	0,115	0,987	0,750	0,762	0,229	0,174	1,000	1,000	0,812	0,374
P147	IIb	0,381	0,894	0,471	0,792	0,299	0,667	0,887	0,353	0,868	0,420	0,261	0,867	0,353	0,736	0,144
P150	IIb	0,512	0,964	0,917	0,765	0,548	0,524	0,831	0,458	0,765	0,339	0,486	0,902	0,750	0,745	0,438
P160	IIb	0,933	0,857	0,757	0,882	0,755	1,000	0,615	0,054	0,624	0,182	0,375	0,600	0,081	0,581	-0,014
P162	IIb	0,650	0,846	0,520	0,806	0,459	1,000	0,802	0,280	0,816	0,474	0,679	0,914	0,760	0,847	0,614
P163	IIb	0,125	0,937	0,500	0,663	0,105	0,571	0,955	0,500	0,926	0,495	0,212	0,984	0,875	0,716	0,336
P165	IIb	0,455	0,966	0,625	0,908	0,484	0,429	0,976	0,750	0,898	0,517	0,250	0,973	0,750	0,796	0,350
P176	IIb	0,395	0,767	0,517	0,622	0,172	0,444	0,738	0,276	0,684	0,154	0,458	0,860	0,759	0,663	0,349
P185	IIb	0,545	0,771	0,529	0,699	0,314	0,667	0,727	0,294	0,718	0,295	0,000	0,670	0,000	0,670	0,000
P186	IIb	0,500	1,000	1,000	0,921	0,676	0,500	0,978	0,750	0,921	0,572	0,267	1,000	1,000	0,782	0,451
P198	IIb	0,296	0,980	0,800	0,837	0,421	0,083	0,923	0,100	0,845	0,007	0,159	0,965	0,700	0,690	0,219
P209	IIb	0,143	1,000	1,000	0,836	0,345	0,176	1,000	1,000	0,873	0,392	0,125	1,000	1,000	0,809	0,317

noční data, metoda PSD

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,587	0,588	0,659	0,588	0,173	0,833	0,581	0,366	0,638	0,346	0,673	0,742	0,805	0,700	0,405
P060	I	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,625	0,400	0,700	0,500	1,000	0,714	0,600	0,800	0,655
P063	I	0,750	0,250	0,333	0,417	0,000	1,000	0,333	0,333	0,500	0,333	0,800	0,286	0,444	0,500	0,098
P068	I	0,556	0,746	0,500	0,686	0,293	0,857	0,696	0,200	0,709	0,317	0,372	0,674	0,533	0,523	0,049
P078	I	0,481	0,946	0,765	0,822	0,506	0,300	0,846	0,176	0,792	0,117	0,647	0,929	0,647	0,881	0,576
P079	I	0,636	0,942	0,636	0,900	0,578	0,750	0,931	0,545	0,913	0,593	0,500	0,939	0,636	0,863	0,485
P084	I	0,762	0,813	0,516	0,802	0,505	0,412	0,714	0,226	0,663	0,102	0,722	0,783	0,419	0,772	0,419
P097	I	0,643	0,816	0,360	0,792	0,367	1,000	0,809	0,280	0,822	0,476	0,381	0,974	0,960	0,604	0,398
P110	I	0,571	0,958	0,667	0,908	0,566	0,800	0,960	0,667	0,945	0,701	0,205	0,943	0,667	0,679	0,227
P127	I	0,838	0,811	0,756	0,822	0,641	0,727	0,632	0,390	0,656	0,310	0,628	0,702	0,659	0,667	0,331
P133	I	0,889	0,900	0,800	0,897	0,768	0,941	0,800	0,533	0,828	0,618	0,460	0,811	0,767	0,609	0,282
P143	I	0,710	0,796	0,667	0,765	0,500	0,741	0,776	0,606	0,765	0,494	0,558	0,879	0,879	0,682	0,436
P155	I	0,538	0,977	0,778	0,919	0,605	0,625	0,956	0,556	0,929	0,551	0,125	0,920	0,333	0,727	0,067
P170	I	0,393	0,914	0,647	0,765	0,366	0,500	0,900	0,529	0,827	0,409	0,319	0,961	0,882	0,653	0,369
P177	I	0,258	0,600	0,182	0,512	-0,129	0,200	0,613	0,068	0,562	-0,128	0,139	0,541	0,114	0,421	-0,304
P179	I	0,556	0,895	0,476	0,846	0,423	0,435	0,890	0,476	0,805	0,337	0,158	0,824	0,286	0,618	-0,023
P181	I	0,815	0,966	0,786	0,946	0,769	0,571	0,932	0,571	0,882	0,503	0,000	0,863	0,000	0,863	0,000
P183	I	0,682	0,831	0,500	0,802	0,461	0,563	0,779	0,300	0,748	0,270	0,375	0,772	0,400	0,658	0,150
P188	I	0,889	0,902	0,444	0,901	0,586	0,579	0,924	0,611	0,865	0,514	0,000	0,838	0,000	0,838	0,000
P193	I	0,667	0,945	0,700	0,901	0,624	0,214	0,864	0,300	0,725	0,089	0,000	0,847	0,000	0,847	0,000
P222	I	0,254	1,000	1,000	0,639	0,386	0,632	0,953	0,667	0,912	0,598	0,652	0,976	0,833	0,925	0,696
P005	IIa	0,500	1,000	1,000	0,667	0,500	0,667	0,711	0,235	0,706	0,258	0,800	0,717	0,235	0,725	0,326
P012	IIb	0,333	0,846	0,333	0,750	0,179	0,333	0,846	0,333	0,750	0,179	0,625	0,900	0,556	0,854	0,501
P017	IIb	0,700	0,944	0,737	0,900	0,658	0,769	0,907	0,526	0,891	0,578	0,600	0,870	0,316	0,845	0,357
P030	IIb	0,750	0,600	0,158	0,614	0,203	1,000	0,595	0,105	0,614	0,250	0,889	0,686	0,421	0,727	0,468
P036	IIb	0,714	0,567	0,435	0,614	0,262	0,500	0,472	0,174	0,477	-0,021	0,882	0,704	0,652	0,773	0,571
P038	IIb	0,000	0,679	0,000	0,576	-0,259	1,000	0,774	0,222	0,788	0,415	0,800	0,821	0,444	0,818	0,500
P046	IIa	0,565	1,000	1,000	0,773	0,619	0,765	1,000	1,000	0,909	0,816	0,786	0,933	0,846	0,886	0,734
P066	IIb	0,667	0,800	0,583	0,761	0,450	1,000	0,701	0,167	0,718	0,342	0,583	0,712	0,292	0,690	0,234
P074	IIa	0,625	0,833	0,263	0,815	0,319	0,556	0,831	0,263	0,804	0,284	0,286	0,800	0,105	0,761	0,056
P075	IIb	0,828	0,838	0,686	0,835	0,635	0,828	0,838	0,686	0,835	0,635	0,630	0,977	0,971	0,784	0,627
P087	IIb	0,417	1,000	1,000	0,759	0,543	0,750	0,920	0,600	0,897	0,612	1,000	0,889	0,400	0,897	0,596
P119	IIb	0,735	0,817	0,694	0,787	0,546	0,735	0,817	0,694	0,787	0,546	0,431	0,773	0,861	0,511	0,177
P125	IIb	0,542	1,000	1,000	0,904	0,695	0,600	0,989	0,923	0,921	0,705	0,200	0,899	0,231	0,807	0,105
P144	IIb	0,235	0,976	0,667	0,851	0,335	0,154	0,973	0,667	0,762	0,235	0,261	1,000	1,000	0,832	0,463
P147	IIb	0,476	0,941	0,667	0,849	0,477	0,778	0,918	0,467	0,906	0,556	0,304	0,904	0,467	0,774	0,246
P150	IIb	0,814	0,964	0,946	0,898	0,796	0,714	0,714	0,405	0,714	0,363	0,838	0,902	0,838	0,878	0,739
P160	IIb	0,967	0,810	0,707	0,860	0,731	1,000	0,571	0,049	0,581	0,167	0,500	0,565	0,098	0,559	0,037
P162	IIb	0,700	0,756	0,424	0,745	0,389	1,000	0,714	0,212	0,735	0,389	0,857	0,871	0,727	0,867	0,696
P163	IIb	0,125	0,873	0,333	0,621	-0,003	0,571	0,909	0,333	0,884	0,378	0,242	0,935	0,667	0,695	0,255
P165	IIb	0,727	0,839	0,364	0,827	0,428	0,643	0,845	0,409	0,816	0,409	0,375	0,824	0,409	0,714	0,205
P176	IIb	1,000	0,017	0,392	0,398	0,081	1,000	0,013	0,186	0,194	0,048	0,979	0,000	0,485	0,480	-0,104
P185	IIb	0,697	0,771	0,590	0,748	0,451	0,733	0,682	0,282	0,689	0,302	0,000	0,621	0,000	0,621	0,000
P186	IIb	0,688	0,988	0,917	0,941	0,763	0,667	0,955	0,667	0,921	0,622	0,400	1,000	1,000	0,822	0,565
P198	IIb	0,778	0,990	0,955	0,946	0,831	0,417	0,855	0,227	0,814	0,210	0,409	0,953	0,818	0,767	0,456
P209	IIb	0,333	0,944	0,583	0,827	0,349	0,353	0,935	0,500	0,845	0,334	0,250	0,930	0,500	0,782	0,239

noční data, metoda ESC

ID	FCD	Iritiční zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,217	0,824	0,625	0,475	0,051	0,278	0,823	0,313	0,700	0,105	0,286	0,935	0,875	0,538	0,269
P060	I	0,200	1,000	1,000	0,600	0,333	0,500	1,000	1,000	0,900	0,667	0,333	1,000	1,000	0,800	0,509
P063	I	0,250	0,875	0,500	0,667	0,158	0,333	0,889	0,500	0,750	0,258	0,200	0,857	0,500	0,583	0,076
P068	I	0,296	0,780	0,381	0,628	0,082	0,143	0,747	0,048	0,698	-0,070	0,256	0,767	0,524	0,512	0,027
P078	I	0,185	0,986	0,833	0,772	0,321	0,100	0,945	0,167	0,861	0,057	0,294	0,988	0,833	0,871	0,447
P079	I	0,273	0,942	0,429	0,850	0,262	0,375	0,944	0,429	0,888	0,339	0,214	0,939	0,429	0,813	0,207
P084	I	0,429	0,738	0,300	0,673	0,147	0,353	0,714	0,200	0,653	0,055	0,333	0,711	0,200	0,644	0,037
P097	I	0,000	0,989	0,000	0,851	-0,040	0,000	0,989	0,000	0,921	-0,027	0,016	1,000	1,000	0,386	0,078
P110	I	0,214	0,958	0,429	0,862	0,235	0,400	0,970	0,571	0,917	0,435	0,154	0,986	0,857	0,688	0,273
P127	I	0,378	0,792	0,560	0,622	0,188	0,273	0,721	0,240	0,611	-0,006	0,302	0,745	0,520	0,533	0,052
P133	I	0,556	0,967	0,882	0,839	0,609	0,529	0,886	0,529	0,816	0,415	0,220	0,838	0,647	0,483	0,072
P143	I	0,258	0,926	0,667	0,682	0,254	0,185	0,879	0,417	0,659	0,086	0,212	0,970	0,917	0,506	0,254
P155	I	0,462	0,988	0,857	0,919	0,593	0,750	0,989	0,857	0,970	0,786	0,083	0,933	0,286	0,727	0,028
P170	I	0,321	0,886	0,529	0,724	0,247	0,333	0,863	0,353	0,765	0,200	0,255	0,902	0,706	0,592	0,208
P177	I	0,290	0,744	0,281	0,628	0,034	0,267	0,736	0,125	0,678	0,002	0,278	0,741	0,313	0,603	0,020
P179	I	0,444	0,829	0,308	0,772	0,236	0,391	0,830	0,346	0,748	0,211	0,237	0,800	0,346	0,626	0,042
P181	I	0,667	0,819	0,360	0,799	0,383	0,429	0,784	0,240	0,735	0,170	0,000	0,755	0,000	0,755	0,000
P183	I	0,455	0,910	0,556	0,820	0,394	0,188	0,842	0,167	0,748	0,028	0,188	0,848	0,333	0,658	0,044
P188	I	0,778	0,765	0,226	0,766	0,330	0,421	0,750	0,258	0,694	0,144	0,000	0,721	0,000	0,721	0,000
P193	I	0,429	0,891	0,429	0,817	0,319	0,143	0,835	0,190	0,687	-0,025	0,000	0,840	0,000	0,840	0,000
P222	I	0,282	0,842	0,625	0,571	0,150	0,579	0,836	0,344	0,803	0,337	0,522	0,839	0,375	0,789	0,317
P005	Ila	0,324	1,000	1,000	0,549	0,371	0,000	0,756	0,000	0,667	-0,191	0,200	0,783	0,091	0,725	-0,013
P012	I Ib	0,111	0,974	0,500	0,813	0,167	0,111	0,974	0,500	0,813	0,167	0,125	0,975	0,500	0,833	0,187
P017	I Ib	0,650	0,933	0,684	0,882	0,595	0,769	0,907	0,526	0,891	0,578	0,600	0,870	0,316	0,845	0,357
P030	I Ib	0,250	0,875	0,167	0,818	0,105	0,500	0,881	0,167	0,864	0,231	0,222	0,886	0,333	0,750	0,127
P036	I Ib	0,286	0,667	0,286	0,545	-0,048	0,375	0,694	0,214	0,636	0,058	0,471	0,778	0,571	0,659	0,260
P038	I Ib	0,000	0,893	0,000	0,758	-0,134	0,500	0,935	0,333	0,909	0,361	0,200	0,929	0,333	0,818	0,160
P046	I Ia	0,000	0,857	0,000	0,409	-0,283	0,000	0,889	0,000	0,545	-0,215	0,000	0,900	0,000	0,614	-0,185
P066	I Ib	0,476	0,660	0,370	0,606	0,128	0,750	0,642	0,111	0,648	0,186	0,500	0,644	0,222	0,620	0,111
P074	I Ia	0,125	0,869	0,083	0,804	-0,005	0,222	0,880	0,167	0,815	0,090	0,143	0,871	0,083	0,815	0,011
P075	I Ib	0,448	0,941	0,765	0,794	0,469	0,448	0,941	0,765	0,794	0,469	0,315	1,000	1,000	0,619	0,411
P087	I Ib	0,167	1,000	1,000	0,655	0,324	0,500	1,000	1,000	0,931	0,680	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P119	I Ib	0,324	0,917	0,688	0,702	0,307	0,324	0,917	0,688	0,702	0,307	0,181	0,864	0,813	0,340	0,050
P125	I Ib	0,208	0,978	0,714	0,816	0,316	0,250	0,979	0,714	0,851	0,362	0,133	0,949	0,286	0,842	0,117
P144	I Ib	0,118	0,964	0,400	0,822	0,141	0,077	0,960	0,400	0,733	0,074	0,174	0,987	0,800	0,802	0,311
P147	I Ib	0,476	0,941	0,667	0,849	0,477	0,556	0,897	0,333	0,868	0,362	0,217	0,880	0,333	0,736	0,115
P150	I Ib	0,326	0,982	0,933	0,694	0,424	0,429	0,922	0,600	0,816	0,400	0,297	0,934	0,733	0,694	0,312
P160	I Ib	0,533	0,921	0,762	0,796	0,508	0,000	0,769	0,000	0,753	-0,080	0,000	0,753	0,000	0,688	-0,166
P162	I Ib	0,500	0,795	0,385	0,735	0,269	0,714	0,769	0,192	0,765	0,282	0,607	0,871	0,654	0,796	0,490
P163	I Ib	0,125	0,905	0,400	0,642	0,046	0,571	0,932	0,400	0,905	0,428	0,212	0,952	0,700	0,695	0,254
P165	I Ib	0,364	0,977	0,667	0,908	0,449	0,357	0,988	0,833	0,898	0,504	0,208	0,986	0,833	0,796	0,349
P176	I Ib	0,289	0,783	0,458	0,592	0,082	0,389	0,788	0,292	0,714	0,159	0,313	0,820	0,625	0,571	0,154
P185	I Ib	0,394	0,700	0,382	0,602	0,093	0,400	0,682	0,176	0,641	0,061	0,000	0,670	0,000	0,670	0,000
P186	I Ib	0,563	0,918	0,563	0,861	0,480	0,583	0,899	0,438	0,861	0,427	0,400	0,944	0,750	0,782	0,430
P198	I Ib	0,333	0,824	0,333	0,721	0,157	0,167	0,786	0,074	0,729	-0,034	0,205	0,788	0,333	0,589	-0,008
P209	I Ib	0,381	0,989	0,889	0,873	0,530	0,412	0,978	0,778	0,891	0,515	0,375	1,000	1,000	0,864	0,565

denní data, metoda HR

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,391	0,676	0,621	0,513	0,070	0,722	0,742	0,448	0,738	0,403	0,531	0,903	0,897	0,675	0,440
P060	I	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,625	0,400	0,700	0,500	1,000	0,714	0,600	0,800	0,655
P063	I	0,750	0,375	0,375	0,500	0,125	1,000	0,444	0,375	0,583	0,408	0,800	0,429	0,500	0,583	0,239
P068	I	0,481	0,932	0,765	0,791	0,482	0,857	0,861	0,353	0,860	0,493	0,279	0,884	0,706	0,581	0,204
P078	I	0,296	0,973	0,800	0,792	0,399	0,300	0,923	0,300	0,861	0,223	0,412	0,964	0,700	0,871	0,471
P079	I	0,545	0,797	0,300	0,763	0,272	0,750	0,806	0,300	0,800	0,385	0,429	0,788	0,300	0,725	0,190
P084	I	0,381	0,925	0,571	0,812	0,359	0,118	0,857	0,143	0,733	-0,027	0,222	0,880	0,286	0,762	0,113
P097	I	0,643	0,816	0,360	0,792	0,367	1,000	0,809	0,280	0,822	0,476	0,397	1,000	1,000	0,624	0,445
P110	I	0,357	0,926	0,417	0,853	0,303	0,500	0,929	0,417	0,890	0,396	0,205	0,943	0,667	0,679	0,227
P127	I	0,703	0,830	0,743	0,778	0,538	0,591	0,676	0,371	0,656	0,236	0,605	0,809	0,743	0,711	0,423
P133	I	0,556	1,000	1,000	0,862	0,680	0,647	0,943	0,733	0,885	0,619	0,200	0,865	0,667	0,483	0,085
P143	I	0,161	0,778	0,294	0,553	-0,073	0,148	0,776	0,235	0,576	-0,088	0,231	0,848	0,706	0,471	0,097
P155	I	0,077	1,000	1,000	0,879	0,260	0,125	1,000	1,000	0,929	0,341	0,042	1,000	1,000	0,768	0,179
P170	I	0,143	0,886	0,333	0,673	0,039	0,278	0,913	0,417	0,796	0,225	0,106	0,863	0,417	0,500	-0,047
P177	I	0,290	0,733	0,273	0,620	0,023	0,133	0,708	0,061	0,636	-0,118	0,333	0,753	0,364	0,628	0,089
P179	I	0,167	1,000	1,000	0,878	0,382	0,087	0,990	0,667	0,821	0,195	0,079	1,000	1,000	0,715	0,236
P181	I	0,333	0,921	0,391	0,843	0,272	0,321	0,920	0,391	0,838	0,263	0,000	0,887	0,000	0,887	0,000
P183	I	0,455	0,966	0,769	0,865	0,522	0,000	0,863	0,000	0,739	-0,149	0,188	0,911	0,462	0,703	0,139
P188	I	0,556	0,990	0,833	0,955	0,659	0,263	0,989	0,833	0,865	0,420	0,000	0,946	0,000	0,946	0,000
P193	I	0,857	0,909	0,643	0,901	0,686	0,321	0,816	0,321	0,710	0,137	0,000	0,786	0,000	0,786	0,000
P222	I	0,282	0,908	0,741	0,605	0,245	0,737	0,898	0,519	0,878	0,550	0,696	0,911	0,593	0,878	0,569
P005	IIa	0,176	1,000	1,000	0,451	0,258	0,000	0,867	0,000	0,765	-0,133	0,200	0,891	0,167	0,824	0,084
P012	IIb	0,222	0,974	0,667	0,833	0,317	0,222	0,974	0,667	0,833	0,317	0,250	0,975	0,667	0,854	0,346
P017	IIb	0,250	1,000	1,000	0,864	0,463	0,385	1,000	1,000	0,927	0,596	0,500	1,000	1,000	0,955	0,690
P030	IIb	0,500	0,625	0,118	0,614	0,074	0,500	0,619	0,059	0,614	0,051	0,444	0,629	0,235	0,591	0,060
P036	IIb	0,500	0,667	0,412	0,614	0,159	0,375	0,611	0,176	0,568	-0,011	0,647	0,778	0,647	0,727	0,425
P038	IIb	0,000	0,821	0,000	0,697	-0,179	0,500	0,871	0,200	0,848	0,247	0,200	0,857	0,200	0,758	0,057
P046	IIa	0,087	0,571	0,182	0,318	-0,394	0,118	0,667	0,182	0,455	-0,243	0,071	0,667	0,091	0,477	-0,282
P066	IIb	0,095	1,000	1,000	0,732	0,263	0,500	1,000	1,000	0,972	0,697	0,167	1,000	1,000	0,859	0,378
P074	IIa	0,875	0,667	0,200	0,685	0,314	0,889	0,675	0,229	0,696	0,345	0,429	0,624	0,086	0,609	0,028
P075	IIb	0,207	0,941	0,600	0,722	0,223	0,207	0,941	0,600	0,722	0,223	0,185	1,000	1,000	0,546	0,303
P087	IIb	0,417	1,000	1,000	0,759	0,543	0,250	0,840	0,200	0,759	0,082	0,500	0,852	0,200	0,828	0,236
P119	IIb	0,559	0,850	0,679	0,745	0,430	0,559	0,850	0,679	0,745	0,430	0,333	0,818	0,857	0,447	0,140
P125	IIb	0,458	1,000	1,000	0,886	0,633	0,550	1,000	1,000	0,921	0,708	0,133	0,909	0,182	0,807	0,049
P144	IIb	0,176	0,988	0,750	0,851	0,316	0,115	0,987	0,750	0,762	0,229	0,174	1,000	1,000	0,812	0,374
P147	IIb	0,333	0,988	0,875	0,858	0,485	0,667	0,979	0,750	0,953	0,682	0,217	0,964	0,625	0,802	0,283
P150	IIb	0,628	0,982	0,964	0,827	0,670	0,619	0,805	0,464	0,765	0,385	0,676	0,951	0,893	0,847	0,672
P160	IIb	0,833	0,905	0,806	0,882	0,732	1,000	0,681	0,065	0,688	0,210	0,500	0,682	0,129	0,667	0,108
P162	IIb	0,700	0,795	0,467	0,776	0,433	1,000	0,747	0,233	0,765	0,418	0,786	0,886	0,733	0,857	0,658
P163	IIb	0,313	1,000	1,000	0,768	0,481	0,571	0,932	0,400	0,905	0,428	0,303	1,000	1,000	0,758	0,470
P165	IIb	0,545	0,977	0,750	0,929	0,602	0,500	0,988	0,875	0,918	0,624	0,292	0,986	0,875	0,816	0,437
P176	IIb	0,237	0,917	0,643	0,653	0,214	0,333	0,900	0,429	0,796	0,258	0,229	0,940	0,786	0,592	0,242
P185	IIb	0,424	0,843	0,560	0,709	0,291	0,333	0,773	0,200	0,709	0,087	0,000	0,757	0,000	0,757	0,000
P186	IIb	0,188	1,000	1,000	0,871	0,403	0,250	1,000	1,000	0,911	0,476	0,100	1,000	1,000	0,733	0,269
P198	IIb	0,296	0,961	0,667	0,822	0,360	0,083	0,906	0,083	0,829	-0,011	0,159	0,941	0,583	0,674	0,164
P209	IIb	0,238	1,000	1,000	0,855	0,449	0,235	0,989	0,800	0,873	0,390	0,208	1,000	1,000	0,827	0,413

denní data, metoda PSD

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,565	0,588	0,650	0,575	0,152	0,778	0,581	0,350	0,625	0,299	0,653	0,742	0,800	0,688	0,385
P060	I	0,600	1,000	1,000	0,800	0,655	1,000	0,875	0,667	0,900	0,764	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P063	I	0,000	0,625	0,000	0,417	-0,408	0,000	0,667	0,000	0,500	-0,333	0,200	0,714	0,333	0,500	-0,098
P068	I	0,630	0,797	0,586	0,744	0,418	1,000	0,722	0,241	0,744	0,417	0,442	0,767	0,655	0,605	0,221
P078	I	0,370	0,959	0,769	0,802	0,436	0,300	0,890	0,231	0,832	0,170	0,412	0,929	0,538	0,842	0,380
P079	I	0,636	0,667	0,233	0,663	0,216	0,750	0,667	0,200	0,675	0,258	0,571	0,667	0,267	0,650	0,187
P084	I	0,762	0,825	0,533	0,812	0,521	0,353	0,714	0,200	0,653	0,055	0,722	0,795	0,433	0,782	0,433
P097	I	0,643	0,701	0,257	0,693	0,250	1,000	0,702	0,200	0,723	0,375	0,476	0,868	0,857	0,624	0,351
P110	I	0,571	0,958	0,667	0,908	0,566	0,800	0,960	0,667	0,945	0,701	0,205	0,943	0,667	0,679	0,227
P127	I	0,919	0,811	0,773	0,856	0,719	0,727	0,588	0,364	0,622	0,271	0,651	0,660	0,636	0,656	0,311
P133	I	0,852	0,817	0,676	0,828	0,634	0,882	0,729	0,441	0,759	0,496	0,460	0,703	0,676	0,563	0,165
P143	I	0,226	0,852	0,467	0,624	0,098	0,148	0,810	0,267	0,600	-0,051	0,250	0,939	0,867	0,518	0,242
P155	I	0,538	0,895	0,438	0,848	0,398	0,625	0,879	0,313	0,859	0,373	0,125	0,827	0,188	0,657	-0,056
P170	I	0,536	0,843	0,577	0,755	0,387	0,667	0,825	0,462	0,796	0,431	0,362	0,824	0,654	0,602	0,210
P177	I	0,452	0,678	0,326	0,620	0,118	0,400	0,651	0,140	0,620	0,035	0,333	0,635	0,279	0,545	-0,030
P179	I	0,167	1,000	1,000	0,878	0,382	0,087	0,990	0,667	0,821	0,195	0,079	1,000	1,000	0,715	0,236
P181	I	0,444	0,983	0,800	0,912	0,555	0,429	0,983	0,800	0,907	0,543	0,000	0,926	0,000	0,926	0,000
P183	I	0,364	0,989	0,889	0,865	0,515	0,000	0,905	0,000	0,775	-0,122	0,188	0,962	0,667	0,739	0,248
P188	I	0,778	0,971	0,700	0,955	0,713	0,368	0,967	0,700	0,865	0,442	0,000	0,910	0,000	0,910	0,000
P193	I	0,667	0,873	0,500	0,840	0,483	0,250	0,796	0,250	0,679	0,046	0,000	0,786	0,000	0,786	0,000
P222	I	0,239	0,974	0,895	0,619	0,317	0,684	0,953	0,684	0,918	0,637	0,739	0,984	0,895	0,946	0,783
P005	IIa	0,382	1,000	1,000	0,588	0,414	0,000	0,711	0,000	0,627	-0,214	0,800	0,804	0,308	0,804	0,412
P012	IIb	0,556	0,641	0,263	0,625	0,157	0,556	0,641	0,263	0,625	0,157	0,875	0,700	0,368	0,729	0,438
P017	IIb	0,700	0,967	0,824	0,918	0,711	0,769	0,928	0,588	0,909	0,623	0,600	0,890	0,353	0,864	0,390
P030	IIb	0,250	0,725	0,083	0,682	-0,016	0,500	0,738	0,083	0,727	0,111	0,333	0,743	0,250	0,659	0,069
P036	IIb	0,429	0,733	0,429	0,636	0,162	0,375	0,694	0,214	0,636	0,058	0,588	0,852	0,714	0,750	0,460
P038	IIb	0,000	0,429	0,000	0,364	-0,410	1,000	0,548	0,125	0,576	0,262	0,800	0,571	0,250	0,606	0,266
P046	IIa	0,000	0,095	0,000	0,045	-0,912	0,000	0,296	0,000	0,182	-0,692	0,143	0,433	0,105	0,341	-0,399
P066	IIb	0,333	0,900	0,583	0,732	0,284	1,000	0,881	0,333	0,887	0,542	0,500	0,898	0,500	0,831	0,398
P074	IIa	0,875	0,869	0,389	0,870	0,528	0,556	0,843	0,278	0,815	0,299	0,286	0,812	0,111	0,772	0,065
P075	IIb	0,552	0,897	0,696	0,794	0,483	0,552	0,897	0,696	0,794	0,483	0,407	0,977	0,957	0,660	0,449
P087	IIb	0,583	1,000	1,000	0,828	0,671	0,750	0,840	0,429	0,828	0,475	1,000	0,815	0,286	0,828	0,482
P119	IIb	0,676	0,767	0,622	0,734	0,436	0,676	0,767	0,622	0,734	0,436	0,417	0,682	0,811	0,479	0,085
P125	IIb	0,750	0,856	0,581	0,833	0,555	0,800	0,840	0,516	0,833	0,547	0,800	0,808	0,387	0,807	0,462
P144	IIb	0,235	0,964	0,571	0,842	0,294	0,154	0,960	0,571	0,752	0,196	0,304	1,000	1,000	0,842	0,503
P147	IIb	0,429	0,988	0,900	0,877	0,568	0,778	0,969	0,700	0,953	0,712	0,261	0,952	0,600	0,802	0,300
P150	IIb	0,791	0,964	0,944	0,888	0,776	0,571	0,688	0,333	0,663	0,221	0,838	0,918	0,861	0,888	0,760
P160	IIb	0,900	0,841	0,730	0,860	0,708	1,000	0,615	0,054	0,624	0,182	0,500	0,612	0,108	0,602	0,064
P162	IIb	0,750	0,756	0,441	0,755	0,429	1,000	0,703	0,206	0,724	0,381	0,857	0,857	0,706	0,857	0,678
P163	IIb	0,625	0,937	0,833	0,832	0,611	0,857	0,795	0,250	0,800	0,392	0,667	0,968	0,917	0,863	0,695
P165	IIb	0,727	0,977	0,800	0,949	0,734	0,643	0,988	0,900	0,939	0,729	0,375	0,986	0,900	0,837	0,514
P176	IIb	1,000	0,017	0,392	0,398	0,081	1,000	0,013	0,186	0,194	0,048	0,979	0,000	0,485	0,480	-0,104
P185	IIb	0,576	0,714	0,487	0,670	0,279	0,400	0,625	0,154	0,592	0,018	0,000	0,621	0,000	0,621	0,000
P186	IIb	0,625	0,824	0,400	0,792	0,379	0,750	0,820	0,360	0,812	0,428	0,333	0,789	0,400	0,653	0,129
P198	IIb	0,481	0,990	0,929	0,884	0,617	0,083	0,889	0,071	0,814	-0,026	0,205	0,941	0,643	0,690	0,222
P209	IIb	0,381	0,978	0,800	0,864	0,490	0,412	0,968	0,700	0,882	0,477	0,375	0,988	0,900	0,855	0,522

denní data, metoda ESC

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,239	0,765	0,579	0,463	0,004	0,389	0,806	0,368	0,713	0,192	0,327	0,903	0,842	0,550	0,263
P060	I	0,200	1,000	1,000	0,600	0,333	0,500	1,000	1,000	0,900	0,667	0,333	1,000	1,000	0,800	0,509
P063	I	0,250	0,750	0,333	0,583	0,000	0,333	0,778	0,333	0,667	0,111	0,200	0,714	0,333	0,500	-0,098
P068	I	0,296	0,864	0,500	0,686	0,192	0,143	0,810	0,063	0,756	-0,033	0,186	0,814	0,500	0,500	0,000
P078	I	0,333	0,959	0,750	0,792	0,400	0,100	0,879	0,083	0,802	-0,019	0,471	0,952	0,667	0,871	0,489
P079	I	0,364	0,841	0,267	0,775	0,180	0,500	0,847	0,267	0,813	0,267	0,286	0,833	0,267	0,738	0,116
P084	I	0,238	0,813	0,250	0,693	0,052	0,176	0,798	0,150	0,693	-0,024	0,167	0,795	0,150	0,683	-0,037
P097	I	0,000	0,816	0,000	0,703	-0,174	0,000	0,830	0,000	0,772	-0,118	0,175	0,868	0,688	0,436	0,057
P110	I	0,429	0,853	0,300	0,798	0,243	0,600	0,859	0,300	0,835	0,342	0,256	0,857	0,500	0,642	0,141
P127	I	0,324	0,906	0,706	0,667	0,289	0,227	0,824	0,294	0,678	0,056	0,256	0,872	0,647	0,578	0,164
P133	I	0,519	0,967	0,875	0,828	0,579	0,529	0,900	0,563	0,828	0,439	0,200	0,838	0,625	0,471	0,048
P143	I	0,097	0,778	0,200	0,529	-0,158	0,111	0,793	0,200	0,576	-0,117	0,212	0,879	0,733	0,471	0,115
P155	I	0,077	1,000	1,000	0,879	0,260	0,125	1,000	1,000	0,929	0,341	0,042	1,000	1,000	0,768	0,179
P170	I	0,000	0,971	0,000	0,694	-0,091	0,000	0,975	0,000	0,796	-0,068	0,000	0,961	0,000	0,500	-0,139
P177	I	0,258	0,789	0,296	0,653	0,049	0,267	0,783	0,148	0,719	0,039	0,194	0,765	0,259	0,595	-0,045
P179	I	0,333	0,990	0,857	0,894	0,494	0,174	0,970	0,571	0,821	0,242	0,158	0,988	0,857	0,732	0,291
P181	I	0,407	0,915	0,423	0,848	0,328	0,393	0,915	0,423	0,843	0,317	0,000	0,873	0,000	0,873	0,000
P183	I	0,409	0,944	0,643	0,838	0,424	0,000	0,853	0,000	0,730	-0,156	0,219	0,911	0,500	0,712	0,178
P188	I	0,333	0,980	0,600	0,928	0,413	0,211	0,989	0,800	0,856	0,363	0,000	0,955	0,000	0,955	0,000
P193	I	0,762	0,809	0,432	0,802	0,465	0,393	0,748	0,297	0,672	0,128	0,000	0,718	0,000	0,718	0,000
P222	I	0,296	0,776	0,553	0,544	0,082	0,632	0,797	0,316	0,776	0,328	0,652	0,815	0,395	0,789	0,387
P005	IIa	0,206	1,000	1,000	0,471	0,282	0,000	0,844	0,000	0,745	-0,146	0,200	0,870	0,143	0,804	0,060
P012	IIb	0,111	0,923	0,250	0,771	0,048	0,111	0,923	0,250	0,771	0,048	0,250	0,950	0,500	0,833	0,270
P017	IIb	0,550	0,967	0,786	0,891	0,598	0,769	0,959	0,714	0,936	0,705	0,400	0,900	0,286	0,855	0,259
P030	IIb	0,250	0,625	0,063	0,591	-0,075	0,500	0,643	0,063	0,636	0,062	0,333	0,629	0,188	0,568	-0,032
P036	IIb	0,214	0,867	0,429	0,659	0,103	0,125	0,833	0,143	0,705	-0,044	0,353	0,963	0,857	0,727	0,421
P038	IIb	0,000	0,893	0,000	0,758	-0,134	0,500	0,935	0,333	0,909	0,361	0,200	0,929	0,333	0,818	0,160
P046	IIa	0,087	0,857	0,400	0,455	-0,088	0,118	0,889	0,400	0,591	0,010	0,000	0,833	0,000	0,568	-0,245
P066	IIb	0,429	0,760	0,429	0,662	0,189	1,000	0,746	0,190	0,761	0,377	0,500	0,746	0,286	0,704	0,202
P074	IIa	0,625	0,690	0,161	0,685	0,188	0,778	0,711	0,226	0,717	0,307	0,571	0,682	0,129	0,674	0,142
P075	IIb	0,310	0,897	0,563	0,722	0,256	0,310	0,897	0,563	0,722	0,256	0,241	0,930	0,813	0,546	0,229
P087	IIb	0,250	1,000	1,000	0,690	0,404	0,500	0,960	0,667	0,897	0,521	1,000	0,963	0,667	0,966	0,801
P119	IIb	0,382	0,933	0,765	0,734	0,394	0,382	0,933	0,765	0,734	0,394	0,194	0,864	0,824	0,351	0,064
P125	IIb	0,375	0,933	0,600	0,816	0,372	0,450	0,936	0,600	0,851	0,435	0,267	0,889	0,267	0,807	0,156
P144	IIb	0,471	0,964	0,727	0,881	0,522	0,308	0,960	0,727	0,792	0,376	0,304	0,949	0,636	0,802	0,341
P147	IIb	0,333	0,965	0,700	0,840	0,406	0,556	0,948	0,500	0,915	0,481	0,217	0,940	0,500	0,783	0,222
P150	IIb	0,488	0,982	0,955	0,765	0,559	0,571	0,870	0,545	0,806	0,434	0,486	0,934	0,818	0,765	0,489
P160	IIb	0,733	0,873	0,733	0,828	0,606	1,000	0,692	0,067	0,699	0,215	0,500	0,694	0,133	0,677	0,116
P162	IIb	0,600	0,782	0,414	0,745	0,337	0,571	0,725	0,138	0,714	0,167	0,679	0,857	0,655	0,806	0,530
P163	IIb	0,344	0,984	0,917	0,768	0,466	0,714	0,920	0,417	0,905	0,499	0,364	1,000	1,000	0,779	0,521
P165	IIb	0,273	0,977	0,600	0,898	0,358	0,286	0,988	0,800	0,888	0,435	0,167	0,986	0,800	0,786	0,299
P176	IIb	0,079	0,950	0,500	0,612	0,059	0,111	0,950	0,333	0,796	0,099	0,083	0,960	0,667	0,531	0,090
P185	IIb	0,212	0,843	0,389	0,641	0,068	0,067	0,807	0,056	0,699	-0,118	0,000	0,825	0,000	0,825	0,000
P186	IIb	0,313	0,882	0,333	0,792	0,200	0,417	0,888	0,333	0,832	0,277	0,267	0,901	0,533	0,713	0,216
P198	IIb	0,148	0,902	0,286	0,744	0,066	0,083	0,889	0,071	0,814	-0,026	0,068	0,871	0,214	0,597	-0,093
P209	IIb	0,286	0,989	0,857	0,855	0,442	0,294	0,978	0,714	0,873	0,404	0,292	1,000	1,000	0,845	0,493

enní+noční data, metoda HR

ID	FCD	Iritační zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,304	0,735	0,609	0,488	0,043	0,667	0,823	0,522	0,788	0,451	0,449	0,968	0,957	0,650	0,449
P060	I	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,625	0,400	0,700	0,500	1,000	0,714	0,600	0,800	0,655
P063	I	0,500	0,250	0,250	0,333	-0,250	0,667	0,333	0,250	0,417	0,000	0,600	0,286	0,375	0,417	-0,120
P068	I	0,519	0,932	0,778	0,802	0,514	0,857	0,848	0,333	0,849	0,474	0,302	0,884	0,722	0,593	0,229
P078	I	0,370	0,973	0,833	0,812	0,470	0,300	0,901	0,250	0,842	0,186	0,471	0,952	0,667	0,871	0,489
P079	I	0,636	0,870	0,438	0,838	0,436	0,750	0,861	0,375	0,850	0,458	0,500	0,864	0,438	0,800	0,345
P084	I	0,333	0,963	0,700	0,832	0,402	0,118	0,905	0,200	0,772	0,028	0,167	0,916	0,300	0,782	0,105
P097	I	0,571	0,862	0,400	0,822	0,376	0,857	0,851	0,300	0,851	0,451	0,317	1,000	1,000	0,574	0,386
P110	I	0,357	0,947	0,500	0,872	0,353	0,500	0,949	0,500	0,908	0,449	0,179	0,957	0,700	0,679	0,227
P127	I	0,703	0,887	0,813	0,811	0,606	0,636	0,735	0,438	0,711	0,334	0,535	0,809	0,719	0,678	0,358
P133	I	0,704	0,967	0,905	0,885	0,725	0,882	0,914	0,714	0,908	0,738	0,300	0,838	0,714	0,529	0,159
P143	I	0,419	0,889	0,684	0,718	0,356	0,444	0,879	0,632	0,741	0,362	0,365	1,000	1,000	0,612	0,427
P155	I	0,692	0,965	0,750	0,929	0,680	0,875	0,945	0,583	0,939	0,685	0,167	0,893	0,333	0,717	0,079
P170	I	0,321	0,857	0,474	0,704	0,204	0,444	0,863	0,421	0,786	0,301	0,255	0,863	0,632	0,571	0,149
P177	I	0,355	0,667	0,268	0,587	0,020	0,200	0,642	0,073	0,587	-0,110	0,333	0,659	0,293	0,562	-0,008
P179	I	0,222	1,000	1,000	0,886	0,443	0,130	0,990	0,750	0,829	0,265	0,105	1,000	1,000	0,724	0,274
P181	I	0,815	0,847	0,449	0,843	0,525	0,536	0,807	0,306	0,770	0,276	0,000	0,760	0,000	0,760	0,000
P183	I	0,455	0,955	0,714	0,856	0,492	0,000	0,853	0,000	0,730	-0,156	0,188	0,899	0,429	0,694	0,118
P188	I	0,778	0,980	0,778	0,964	0,758	0,421	0,989	0,889	0,892	0,566	0,000	0,919	0,000	0,919	0,000
P193	I	0,714	0,918	0,625	0,885	0,600	0,214	0,825	0,250	0,695	0,042	0,000	0,817	0,000	0,817	0,000
P222	I	0,254	0,908	0,720	0,592	0,215	0,632	0,898	0,480	0,864	0,473	0,609	0,911	0,560	0,864	0,503
P005	Ila	0,206	1,000	1,000	0,471	0,282	0,000	0,844	0,000	0,745	-0,146	0,200	0,870	0,143	0,804	0,060
P012	Iib	0,333	0,974	0,750	0,854	0,435	0,333	0,974	0,750	0,854	0,435	0,375	0,975	0,750	0,875	0,472
P017	Iib	0,250	1,000	1,000	0,864	0,463	0,385	1,000	1,000	0,927	0,596	0,500	1,000	1,000	0,955	0,690
P030	Iib	0,500	0,750	0,167	0,727	0,161	1,000	0,762	0,167	0,773	0,356	0,333	0,743	0,250	0,659	0,069
P036	Iib	0,500	0,667	0,412	0,614	0,159	0,375	0,611	0,176	0,568	-0,011	0,647	0,778	0,647	0,727	0,425
P038	Iib	0,000	0,821	0,000	0,697	-0,179	1,000	0,903	0,400	0,909	0,601	0,400	0,893	0,400	0,818	0,293
P046	Ila	0,217	0,857	0,625	0,523	0,097	0,294	0,889	0,625	0,659	0,231	0,214	0,833	0,375	0,636	0,058
P066	Iib	0,143	1,000	1,000	0,746	0,324	0,750	1,000	1,000	0,986	0,860	0,250	1,000	1,000	0,873	0,466
P074	Ila	0,875	0,667	0,200	0,685	0,314	0,889	0,675	0,229	0,696	0,345	0,429	0,624	0,086	0,609	0,028
P075	Iib	0,552	0,941	0,800	0,825	0,558	0,552	0,941	0,800	0,825	0,558	0,370	1,000	1,000	0,649	0,455
P087	Iib	0,083	1,000	1,000	0,621	0,225	0,250	1,000	1,000	0,897	0,472	0,500	1,000	1,000	0,966	0,694
P119	Iib	0,559	0,900	0,760	0,777	0,499	0,559	0,900	0,760	0,777	0,499	0,306	0,864	0,880	0,436	0,162
P125	Iib	0,458	0,978	0,846	0,868	0,559	0,550	0,979	0,846	0,904	0,633	0,133	0,889	0,154	0,789	0,024
P144	Iib	0,176	0,988	0,750	0,851	0,316	0,115	0,987	0,750	0,762	0,229	0,174	1,000	1,000	0,812	0,374
P147	Iib	0,333	0,976	0,778	0,849	0,443	0,667	0,969	0,667	0,943	0,636	0,217	0,952	0,556	0,792	0,250
P150	Iib	0,698	0,982	0,968	0,857	0,725	0,667	0,779	0,452	0,755	0,393	0,703	0,918	0,839	0,837	0,647
P160	Iib	0,933	0,857	0,757	0,882	0,755	1,000	0,615	0,054	0,624	0,182	0,500	0,612	0,108	0,602	0,064
P162	Iib	0,600	0,808	0,444	0,765	0,368	1,000	0,780	0,259	0,796	0,450	0,750	0,914	0,778	0,867	0,672
P163	Iib	0,281	0,968	0,818	0,737	0,369	0,714	0,932	0,455	0,916	0,528	0,333	1,000	1,000	0,768	0,496
P165	Iib	0,545	0,977	0,750	0,929	0,602	0,500	0,988	0,875	0,918	0,624	0,292	0,986	0,875	0,816	0,437
P176	Iib	1,000	0,017	0,392	0,398	0,081	1,000	0,013	0,186	0,194	0,048	0,979	0,000	0,485	0,480	-0,104
P185	Iib	0,515	0,786	0,531	0,699	0,303	0,533	0,727	0,250	0,699	0,199	0,000	0,689	0,000	0,689	0,000
P186	Iib	0,500	1,000	1,000	0,921	0,676	0,583	0,989	0,875	0,941	0,685	0,267	1,000	1,000	0,782	0,451
P198	Iib	0,296	0,980	0,800	0,837	0,421	0,083	0,923	0,100	0,845	0,007	0,159	0,965	0,700	0,690	0,219
P209	Iib	0,190	1,000	1,000	0,845	0,400	0,176	0,989	0,750	0,864	0,320	0,167	1,000	1,000	0,818	0,368

denní+noční data, metoda PSD

ID	FCD	Iritiční zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,565	0,588	0,650	0,575	0,152	0,778	0,581	0,350	0,625	0,299	0,653	0,742	0,800	0,688	0,385
P060	I	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,625	0,400	0,700	0,500	1,000	0,714	0,600	0,800	0,655
P063	I	0,250	0,500	0,200	0,417	-0,239	0,333	0,556	0,200	0,500	-0,098	0,400	0,571	0,400	0,500	-0,029
P068	I	0,556	0,831	0,600	0,744	0,395	0,857	0,759	0,240	0,767	0,371	0,372	0,791	0,640	0,581	0,179
P078	I	0,481	0,959	0,813	0,832	0,534	0,300	0,857	0,188	0,802	0,129	0,588	0,929	0,625	0,871	0,530
P079	I	0,636	0,942	0,636	0,900	0,578	0,750	0,931	0,545	0,913	0,593	0,500	0,939	0,636	0,863	0,485
P084	I	0,762	0,813	0,516	0,802	0,505	0,412	0,714	0,226	0,663	0,102	0,722	0,783	0,419	0,772	0,419
P097	I	0,643	0,724	0,273	0,713	0,270	1,000	0,723	0,212	0,743	0,392	0,460	0,895	0,879	0,624	0,367
P110	I	0,571	0,958	0,667	0,908	0,566	0,800	0,960	0,667	0,945	0,701	0,205	0,943	0,667	0,679	0,227
P127	I	0,865	0,811	0,762	0,833	0,667	0,727	0,618	0,381	0,644	0,297	0,651	0,702	0,667	0,678	0,354
P133	I	0,889	0,867	0,750	0,874	0,725	0,941	0,771	0,500	0,805	0,586	0,460	0,757	0,719	0,586	0,222
P143	I	0,774	0,778	0,667	0,776	0,538	0,778	0,741	0,583	0,753	0,489	0,615	0,879	0,889	0,718	0,487
P155	I	0,538	0,930	0,538	0,879	0,469	0,625	0,912	0,385	0,889	0,433	0,125	0,867	0,231	0,687	-0,011
P170	I	0,464	0,843	0,542	0,735	0,323	0,556	0,825	0,417	0,776	0,343	0,362	0,863	0,708	0,622	0,261
P177	I	0,452	0,622	0,292	0,579	0,066	0,267	0,585	0,083	0,545	-0,100	0,306	0,565	0,229	0,488	-0,121
P179	I	0,611	0,905	0,524	0,862	0,485	0,435	0,890	0,476	0,805	0,337	0,184	0,835	0,333	0,634	0,024
P181	I	0,778	0,972	0,808	0,946	0,762	0,536	0,938	0,577	0,882	0,488	0,000	0,873	0,000	0,873	0,000
P183	I	0,364	0,978	0,800	0,856	0,475	0,063	0,905	0,100	0,784	-0,040	0,188	0,949	0,600	0,730	0,217
P188	I	0,889	0,922	0,500	0,919	0,630	0,474	0,924	0,563	0,847	0,426	0,000	0,856	0,000	0,856	0,000
P193	I	0,667	0,900	0,560	0,863	0,529	0,250	0,825	0,280	0,702	0,078	0,000	0,809	0,000	0,809	0,000
P222	I	0,239	1,000	1,000	0,633	0,374	0,684	0,969	0,765	0,932	0,685	0,652	0,984	0,882	0,932	0,723
P005	Ila	0,382	1,000	1,000	0,588	0,414	0,000	0,711	0,000	0,627	-0,214	0,800	0,804	0,308	0,804	0,412
P012	I Ib	0,333	0,846	0,333	0,750	0,179	0,333	0,846	0,333	0,750	0,179	0,625	0,900	0,556	0,854	0,501
P017	I Ib	0,750	0,933	0,714	0,900	0,671	0,846	0,897	0,524	0,891	0,610	0,600	0,850	0,286	0,827	0,329
P030	I Ib	0,750	0,675	0,188	0,682	0,254	1,000	0,667	0,125	0,682	0,289	0,889	0,771	0,500	0,795	0,554
P036	I Ib	0,714	0,567	0,435	0,614	0,262	0,500	0,472	0,174	0,477	-0,021	0,882	0,704	0,652	0,773	0,571
P038	I Ib	0,000	0,571	0,000	0,485	-0,319	1,000	0,677	0,167	0,697	0,336	0,800	0,714	0,333	0,727	0,383
P046	I Ia	0,565	0,810	0,765	0,682	0,384	0,765	0,852	0,765	0,818	0,617	0,786	0,800	0,647	0,795	0,560
P066	I Ib	0,619	0,800	0,565	0,746	0,409	1,000	0,716	0,174	0,732	0,353	0,583	0,729	0,304	0,704	0,250
P074	I Ia	0,875	0,821	0,318	0,826	0,460	0,556	0,795	0,227	0,772	0,244	0,286	0,765	0,091	0,728	0,031
P075	I Ib	0,759	0,868	0,710	0,835	0,615	0,759	0,868	0,710	0,835	0,615	0,556	0,977	0,968	0,742	0,567
P087	I Ib	0,417	1,000	1,000	0,759	0,543	0,750	0,920	0,600	0,897	0,612	1,000	0,889	0,400	0,897	0,596
P119	I Ib	0,735	0,767	0,641	0,755	0,490	0,735	0,767	0,641	0,755	0,490	0,444	0,682	0,821	0,500	0,109
P125	I Ib	0,750	0,878	0,621	0,851	0,588	0,850	0,872	0,586	0,868	0,631	0,733	0,818	0,379	0,807	0,428
P144	I Ib	0,235	0,964	0,571	0,842	0,294	0,154	0,960	0,571	0,752	0,196	0,304	1,000	1,000	0,842	0,503
P147	I Ib	0,476	0,953	0,714	0,858	0,505	0,778	0,928	0,500	0,915	0,581	0,304	0,916	0,500	0,783	0,268
P150	I Ib	0,814	0,964	0,946	0,898	0,796	0,619	0,688	0,351	0,673	0,260	0,838	0,902	0,838	0,878	0,739
P160	I Ib	0,967	0,810	0,707	0,860	0,731	1,000	0,571	0,049	0,581	0,167	0,500	0,565	0,098	0,559	0,037
P162	I Ib	0,700	0,756	0,424	0,745	0,389	1,000	0,714	0,212	0,735	0,389	0,857	0,871	0,727	0,867	0,696
P163	I Ib	0,531	0,889	0,708	0,768	0,457	1,000	0,807	0,292	0,821	0,485	0,636	0,952	0,875	0,842	0,644
P165	I Ib	0,636	0,966	0,700	0,929	0,628	0,571	0,976	0,800	0,918	0,633	0,333	0,973	0,800	0,816	0,435
P176	I Ib	1,000	0,017	0,392	0,398	0,081	1,000	0,013	0,186	0,194	0,048	0,979	0,000	0,485	0,480	-0,104
P185	I Ib	0,667	0,729	0,537	0,709	0,377	0,600	0,636	0,220	0,631	0,170	0,000	0,602	0,000	0,602	0,000
P186	I Ib	0,688	0,988	0,917	0,941	0,763	0,667	0,955	0,667	0,921	0,622	0,400	1,000	1,000	0,822	0,565
P198	I Ib	0,519	1,000	1,000	0,899	0,678	0,083	0,889	0,071	0,814	-0,026	0,227	0,953	0,714	0,705	0,275
P209	I Ib	0,429	0,944	0,643	0,845	0,439	0,471	0,935	0,571	0,864	0,440	0,333	0,930	0,571	0,800	0,327

denní+noční data, metoda ESC

ID	FCD	Iritiční zóna (IZ)					Zóna vzniku záchvatu (SOZ)					Resekovaná oblast (RES)				
		SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC	SEN	SPE	PPV	ACC	MCC
P033	I	0,261	0,735	0,571	0,463	-0,004	0,389	0,774	0,333	0,688	0,155	0,347	0,871	0,810	0,550	0,241
P060	I	0,200	1,000	1,000	0,600	0,333	0,500	1,000	1,000	0,900	0,667	0,333	1,000	1,000	0,800	0,509
P063	I	0,250	0,875	0,500	0,667	0,158	0,333	0,889	0,500	0,750	0,258	0,200	0,857	0,500	0,583	0,076
P068	I	0,185	0,966	0,714	0,721	0,257	0,000	0,911	0,000	0,837	-0,089	0,093	0,930	0,571	0,512	0,043
P078	I	0,333	0,959	0,750	0,792	0,400	0,100	0,879	0,083	0,802	-0,019	0,471	0,952	0,667	0,871	0,489
P079	I	0,364	0,870	0,308	0,800	0,218	0,500	0,875	0,308	0,838	0,305	0,286	0,864	0,308	0,763	0,154
P084	I	0,429	0,738	0,300	0,673	0,147	0,353	0,714	0,200	0,653	0,055	0,333	0,711	0,200	0,644	0,037
P097	I	0,000	0,989	0,000	0,851	-0,040	0,000	0,989	0,000	0,921	-0,027	0,016	1,000	1,000	0,386	0,078
P110	I	0,143	0,958	0,333	0,853	0,148	0,400	0,980	0,667	0,927	0,481	0,103	0,971	0,667	0,661	0,156
P127	I	0,324	0,887	0,667	0,656	0,260	0,227	0,809	0,278	0,667	0,039	0,233	0,830	0,556	0,544	0,078
P133	I	0,556	0,967	0,882	0,839	0,609	0,529	0,886	0,529	0,816	0,415	0,220	0,838	0,647	0,483	0,072
P143	I	0,323	0,778	0,455	0,612	0,110	0,259	0,741	0,318	0,588	0,001	0,327	0,848	0,773	0,529	0,195
P155	I	0,538	0,988	0,875	0,929	0,653	0,750	0,978	0,750	0,960	0,728	0,125	0,933	0,375	0,737	0,092
P170	I	0,107	0,914	0,333	0,684	0,034	0,167	0,925	0,333	0,786	0,123	0,085	0,902	0,444	0,510	-0,022
P177	I	0,226	0,789	0,269	0,645	0,016	0,200	0,783	0,115	0,711	-0,014	0,194	0,776	0,269	0,603	-0,032
P179	I	0,500	0,933	0,563	0,870	0,455	0,304	0,910	0,438	0,797	0,248	0,237	0,918	0,563	0,707	0,212
P181	I	0,407	0,887	0,355	0,824	0,278	0,321	0,875	0,290	0,799	0,188	0,000	0,848	0,000	0,848	0,000
P183	I	0,500	0,944	0,688	0,856	0,504	0,063	0,842	0,063	0,730	-0,095	0,219	0,886	0,438	0,694	0,135
P188	I	0,778	0,833	0,292	0,829	0,405	0,421	0,826	0,333	0,757	0,226	0,000	0,784	0,000	0,784	0,000
P193	I	0,762	0,836	0,471	0,824	0,501	0,321	0,757	0,265	0,664	0,074	0,000	0,740	0,000	0,740	0,000
P222	I	0,282	0,829	0,606	0,565	0,133	0,579	0,828	0,333	0,796	0,327	0,565	0,839	0,394	0,796	0,352
P005	II	0,324	1,000	1,000	0,549	0,371	0,000	0,756	0,000	0,667	-0,191	0,000	0,761	0,000	0,686	-0,173
P012	IIb	0,111	0,974	0,500	0,813	0,167	0,111	0,974	0,500	0,813	0,167	0,125	0,975	0,500	0,833	0,187
P017	IIb	0,600	0,967	0,800	0,900	0,637	0,692	0,938	0,600	0,909	0,593	0,500	0,900	0,333	0,864	0,335
P030	IIb	0,250	0,825	0,125	0,773	0,056	0,500	0,833	0,125	0,818	0,180	0,333	0,857	0,375	0,750	0,199
P036	IIb	0,214	0,767	0,300	0,591	-0,021	0,250	0,778	0,200	0,682	0,026	0,412	0,889	0,700	0,705	0,349
P038	IIb	0,000	0,857	0,000	0,727	-0,157	0,500	0,903	0,250	0,879	0,295	0,200	0,893	0,250	0,788	0,102
P046	II	0,087	0,714	0,250	0,386	-0,257	0,118	0,778	0,250	0,523	-0,132	0,071	0,767	0,125	0,545	-0,196
P066	IIb	0,524	0,680	0,407	0,634	0,192	1,000	0,657	0,148	0,676	0,312	0,583	0,661	0,259	0,648	0,189
P074	II	0,750	0,690	0,188	0,696	0,261	0,889	0,711	0,250	0,728	0,374	0,571	0,671	0,125	0,663	0,135
P075	IIb	0,448	0,941	0,765	0,794	0,469	0,448	0,941	0,765	0,794	0,469	0,315	1,000	1,000	0,619	0,411
P087	IIb	0,167	1,000	1,000	0,655	0,324	0,500	1,000	1,000	0,931	0,680	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P119	IIb	0,265	0,933	0,692	0,691	0,276	0,265	0,933	0,692	0,691	0,276	0,139	0,864	0,769	0,309	0,003
P125	IIb	0,333	0,956	0,667	0,825	0,384	0,400	0,957	0,667	0,860	0,443	0,200	0,909	0,250	0,816	0,120
P144	IIb	0,412	0,952	0,636	0,861	0,437	0,269	0,947	0,636	0,772	0,303	0,304	0,949	0,636	0,802	0,341
P147	IIb	0,333	0,965	0,700	0,840	0,406	0,556	0,948	0,500	0,915	0,481	0,217	0,940	0,500	0,783	0,222
P150	IIb	0,419	0,982	0,947	0,735	0,503	0,524	0,896	0,579	0,816	0,436	0,405	0,934	0,789	0,735	0,417
P160	IIb	0,600	0,889	0,720	0,796	0,515	0,500	0,736	0,040	0,731	0,077	0,250	0,729	0,080	0,688	-0,013
P162	IIb	0,600	0,808	0,444	0,765	0,368	0,714	0,758	0,185	0,755	0,272	0,679	0,886	0,704	0,827	0,571
P163	IIb	0,344	0,921	0,688	0,726	0,334	0,857	0,886	0,375	0,884	0,519	0,424	0,968	0,875	0,779	0,499
P165	IIb	0,364	0,977	0,667	0,908	0,449	0,357	0,988	0,833	0,898	0,504	0,208	0,986	0,833	0,796	0,349
P176	IIb	0,105	0,950	0,571	0,622	0,105	0,111	0,938	0,286	0,786	0,073	0,104	0,960	0,714	0,541	0,125
P185	IIb	0,455	0,757	0,469	0,660	0,213	0,400	0,705	0,188	0,660	0,080	0,000	0,689	0,000	0,689	0,000
P186	IIb	0,688	0,871	0,500	0,842	0,494	0,750	0,854	0,409	0,842	0,473	0,467	0,887	0,636	0,762	0,392
P198	IIb	0,296	0,873	0,381	0,752	0,186	0,083	0,829	0,048	0,760	-0,069	0,159	0,835	0,333	0,605	-0,007
P209	IIb	0,286	0,989	0,857	0,855	0,442	0,294	0,978	0,714	0,873	0,404	0,292	1,000	1,000	0,845	0,493

Přílohy B: Obsah přiloženého CD.

- Klíčová slova v ČJ a AJ,
- abstrakt v ČJ a AJ,
- zadání diplomové práce,
- diplomová práce
- skripty MATLAB:
 - Kvantitativní analýza pro CFC metody (CFC_analyse.m)
 - Analýza ze statistických parametrů a parametrů z reference klinického hodnocení mezi FCD I a FCD II
 - FCDIxFCDII_stat_parameters.m
 - FCDIxFCDII_SPE.m
 - FCDIxFCDII_SEN.m
 - Výpočet parametrů z reference klinického hodnocení mezi FCD typu I a FCD typu IIb
 - FCDIxFCDIIb_SEN.m
 - FCDIxFCDIIb_SPE.m
 - FCDIxFCDIIb_PPV.m
 - FCDIxFCDIIb_ACC.m
 - FCDIxFCDIIb_MCC.m
 - Velikost oblasti výskytu delta-brushes u FCD typu I vs. FCD typu II (volume.m)