



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Praha, 25. 5. 2021

# Seminář biomedicínského inženýrství 2021

## SBORNÍK

*Editoři:*

*Ing. Jan Havlík, Ph.D.*

*prof. Ing. Karel Roubík, Ph.D.*

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta elektrotechnická

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

První vydání elektronicky

ISBN 978-80-01-06831-1

Počet stran:           12

Poděkování:

Sborník vznikl jako výstup projektu SVK 25/21/F3 Seminář biomedicínského inženýrství 2021 financovaného Českým vysokým učení technickým v Praze.

# PŘEDMLUVA

Sborník z konference Seminář biomedicínského inženýrství 2021, který právě držíte v ruce, je sborníkem rozšířených abstraktů diplomových prací obhajovaných v oborech biomedicínské inženýrství a příbuzných oborech na Fakultě elektrotechnické a Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze.

Po přestávce vynucené opatřeními přijatými za účelem omezení šíření pandemie onemocnění COVID-19 v loňském roce se letos koná seminář již pošesté. Studenti tak mají opět možnost prezentovat své diplomové projekty a navzájem se seznámit s aktuálně řešenými tématy v oboru jejich studia a s využitím zkušeností s prezentací na semináři se co nejlépe připravit i na prezentaci diplomové práce při její obhajobě před státní zkušební komisí.

Koncepce konference navíc umožňuje přímé srovnání závěrečných prací vznikajících na dvou různých fakultách ČVUT, vzájemnou inspiraci a další prohloubení mezifakultní spolupráce.

*Jan Havlík  
Karel Roubík  
květen 2021*

# OBSAH

|  |    |
|--|----|
| PŘEDMLUVA .....  | 3  |
| OBSAH .....  | 4  |
| <b>Adam Vojtěch</b>  |    |
| <i>ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ Z AKCELEROMETRICKÝCH SENSORŮ ZA ÚČELEM STANOVENÍ MÍRY TREMORU.....</i>       | 5  |
| <b>Barnová Michaela</b>  |    |
| <i>ROLE INTERIKTÁLNÍ RYTMICKÉ AKTIVITY FOKÁLNÍ KORTIKÁLNÍ DYSPLAZIE V INTRAKRANIÁLNÍM EEG.....</i> | 6  |
| <b>Castillo Mariana</b>  |    |
| <i>KLASIFIKACE PARASOMNÍCH EPIZOD Z 3-OSÝCH AKTIGRAFICKÝCH ZÁZNAMŮ .....</i>                       | 7  |
| <b>Hrdina Jindřich</b>   |    |
| <i>NÁVRH SYSTÉMU PRO KONTROLU TĚSNOSTI DÝCHACÍCH SOUSTAV BĚHEM LAVINOVÝCH EXPERIMENTŮ .....</i>    | 9  |
| <b>Maduda Samuel</b>   |    |
| <i>SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA DIADOCHOKINETICKÝCH ÚLOH U DĚTÍ.....</i>                                     | 10 |
| <b>Walzel Šimon</b>  |    |
| <i>VARIABILITA MĚŘENÍ SpO<sub>2</sub> V ZÁVISLOSTI NA VOLBĚ PRSTU PRO UMÍSTĚNÍ SENZORU .....</i>   | 11 |

# ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ Z AKCELEROMETRICKÝCH SENSORŮ ZA ÚČELEM STANOVENÍ MÍRY TREMORU

**Vojtěch Adam**

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

## *Abstrakt*

Cílem této práce bylo využít existující signálovou databázi obsahující záznamy z akcelerometrickým měření zdravých jedinců a pacientů s roztroušenou sklerózou. Signály následně zpracovat v programu Matlab a navrhnout vhodnou parametrizaci pro stanovení míry tremoru. Pro ověření funkčnosti parametrů navrhnout metodu klasifikace, natrénovat klasifikátor a ověřit jeho použitelnost otestováním na datech ze signálové databáze.

Ze signálů v databázi byl vypočten odhad jejich spektrální výkonové hustoty (PSD). Ve frekvenční oblasti byla navržena sada parametrů a jejich použitelnost pro rozlišení zdravých jedinců a pacientů s RS byla následně statisticky otestována. Subjektivním hodnocením na základě krabicových grafů byly nejprve vyřazeny zcela neperspektivní parametry. Následným objektivním testováním shodnosti středních hodnot obou skupin probandů byla potvrzena statistická významnost rozdílů mezi středními hodnotami u tří parametrů, konkrétně u maximální hodnoty PSD, kumulativní hodnoty PSD ve frekvenčním rozsahu od 0 do 4 Hz (frekvenční rozsah byl zvolen na základě provedené parametrické studie) a kumulativní hodnoty PSD ve flexibilním frekvenčním pásmu určeném poklesem hodnoty PSD na polovinu maxima. K testování byl využit Wilcoxonův test.

Vybrané parametry byly následně použity pro natrénování a otestování Bayesových klasifikátorů. Pro vícedimenzionální klasifikátory byla využita kompletní trojice vybraných parametrů a také všechny možné dvojice. Pro trénování i testování klasifikátorů byla využita data ze signálové databáze. Nejlepších výsledků dosahoval klasifikátor využívající všech tří parametrů s relativní chybou klasifikace přibližně 12 %.

## *Klíčová slova*

*Zpracování signálů; akcelerometrie; roztroušená skleróza; tremor; klasifikace*

# ROLE INTERIKTÁLNÍ RYTMICKÉ AKTIVITY FOKÁLNÍ KORTIKÁLNÍ DYSPLAZIE V INTRAKRANIÁLNÍM EEG

**Michaela Barnová**

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

## ***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 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 specificita 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 specificita CFC technik identifikace delta-brushes není postačující k jejich vymezení.

## ***Klíčová slova***

*fokální kortikální dysplázie, epilepsie, iEEG, delta-brushes, cross-frequency coupling*

# KLASIFIKACE PARASOMNÍCH EPIZOD Z 3-OSÝCH AKTIGRAFICKÝCH ZÁZNAMŮ

**Mariana Castillo**

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

## *Abstrakt*

Poruchy spánku jsou utrpením mnoha lidí, přestože je spánek jedním z nejdůležitějších faktorů pro udržení dobrého zdraví. NREM parasomnie je porucha, jejíž diagnostika je typicky založena na polysomnografii, což je velmi komplexní a drahá metoda. Parasomnie se navíc nemusí během vyšetření projevit. Alternativní metodou pro vyhodnocení a klasifikaci parasomnie může být 3D aktigrafie, která by přinesla finančně přístupnější možnosti a také možnost dlouhodobého nahrávání.

V této práci byly explorační analýzou identifikovány příznaky z aktigrafických a polysomnografických dat a následně klasifikovány pomocí různých modelů. Data byla statisticky porovnána s expertními anotacemi parasomní a fyziologické aktivity. Anotace znázorňovaly čas počátku aktivity, kdy nejdříve byly k dispozici s přesností na minutu a později doplněny kvůli přesnosti na vteřinu.

V první části práce byly zpracovány aktigrafické záznamy s využitím minutových anotací. Na vytvořených příznacích byla data klasifikována pomocí SVM (Support vector machine) modelu. Přesnost těchto dat se pohybovala okolo 67 % se směrodatnou odchylkou 6 %. Senzitivita tohoto modelu se však pohybovala jen okolo 10 % se směrodatnou odchylkou 16 %.

Proto byly následně doplněny anotace s přesností na vteřinu a do analýzy byly zahrnuty i vybrané polysomnografické signály (EMG, EKG). Příznaky byly vypočítány po dvouvteřinových oknech. Analýza příznaků v čase prokázala, že nejužitečnější informaci o rozlišení fyziologické a parasomní aktivity obsahuje prvních několik vteřin od počátku aktivity. Klasifikací pomocí Random forest modelu bylo zjištěno, že nejvyšší schopnost rozlišení nese biologický signál EMG a těsně pod ním aktigrafický signál. Celková přesnost klasifikace modelu byla 83 % a se senzitivitou 50 %.

Kromě klasifikace událostí získaných z anotací byla implementována detekce v celonočním záznamu. Byly vypočteny příznaky stejné jako při zpracování vteřinových anotací a klasifikovány na stejném modelu (RF). Celková senzitivita se průměrně pohybovala okolo 42 % (směrodatná odchylka 46 %) a pozitivní predikce 5 % (směrodatná odchylka 6 %).

Pro další studie byl vytvořen datový set z aktigrafických a polysomnografických dat obsahující události okolo anotací.

***Klíčová slova***

*parasomní epizody; polysomnografie; aktigrafie; detekce; extrakce příznaků; klasifikace*



# NÁVRH SYSTÉMU PRO KONTROLU TĚSNOSTI DÝCHACÍCH SOUSTAV BĚHEM LAVINOVÝCH EXPERIMENTŮ

**Jindřich Hrdina**

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

## *Abstrakt*

Při experimentech simulujících dýchání pod lavinou se může vyskytnout problém s netěsností speciálně navržených dýchacích soustav. Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zrealizovat dvě technická řešení dávkování oxidu dusného jako sledovacího plynu, která budou schopná ověřit těsnost nejen v okolí dýchacích cest dobrovolníka, ale také v celé respirační soustavě.

Díly, které nebyly běžně dostupné, byly vymodelovány speciálně pro tento systém. Bylo navrženo 9 komponentů v simulačním počítačovém programu COMSOL Multiphysics, jež byly posléze vytisknuty na 3D tiskárně.

Obě aparatury byly zkompletovány a ověřeny v klinické studii. Výsledky studie naznačují, že vhodnějším technickým řešením v okolí dýchacích cest probanda je to, které zahrnuje polomasku a to jak ve vnitřních, tak i vnějších podmínkách.

Systém pro kontrolu netěsností u zbývajících komponentů byl ověřen pouze při pilotním měření v laboratorních podmínkách, ale aplikace při experimentech je komplikovaná, protože ztěžuje manipulaci s aparaturou.

## *Klíčová slova*

*Lavinové experimenty; dýchací aparatura; oxid dusný; 3D tisk; klinická studie*

# SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA DIADOCHOKINETICKÝCH ÚLOH U DĚTÍ

**Samuel Maduda**

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

## ***Abstrakt***

Vývojová dysfázie je řečová porucha, která se objevuje v raném věku u dětí. Vývojová dysfázie je způsobena difúzním poškozením centrální nervové soustavy a má tedy charakter systémového porušení. Terapie této poruchy je komplexní proces vyžadující péči odborníků s různými specializacemi a včasná diagnóza může být klíčová pro úspěšnou léčbu. Potenciál odhalit vývojovou dysfázii u dětí skýtá zpracování dětských diadochokinetických promluv pomocí počítačového algoritmu, který na základě nahrané promluvy dokáže rozpoznat nerozvinutého řečníka vzhledem k jeho věku. Diadochokinetické úlohy představují vhodný nástroj k diagnostice nedostatečně rozvinutých motorických funkcí mluvidel, ovšem většina výzkumů je prováděna v temporální oblasti. Cílem této práce je analyzovat diadochokinetické promluvy zdravých dětí ve spektrální oblasti krátkodobého a dlouhodobého spektra. Krátkodobé spektrum je charakterizováno čtyřmi spektrálními momenty a spektrálním sklonem, dlouhodobé spektrum je charakterizováno třemi spektrálními vrcholy, které korespondují se základní frekvencí hlasu a formantovými frekvencemi. Tyto charakteristiky budou zkoumány z hlediska jejich závislosti (korelaci) na věku. Na základě informací od zdravých dětí by mohlo dojít k normalizaci dat spektrálních charakteristik diadochokinetických promluv a pomocí nich odlišit zdravé a nemocné jedince. Výzkum ukázal, že korelace spektrálních momentů plozív a samohlásek v promluvě /pa/-/ta/-/ka/ a věku je signifikantní, z krátkodobého spektra nejvíce korelují první spektrální momenty – neboli spektrální těžiště. Naopak, zanedbatelně korelují spektrální sklony. Charakteristiky dlouhodobého spektra korelují rovněž výrazně. Experiment s určením věku dítěte na základě jeho spektrálních charakteristik ukázal, že data nejsou vhodná kvůli velkému rozptylu ke klasifikaci, lepších výsledků dosahuje regresní úloha. Při určité selekci nejvíce korelujících parametrů bylo kritérium RMSE minimalizováno na 1,79 let pro chlapecký model a 1,88 let pro dívčí model.

## ***Klíčová slova***

*Spektrální analýza, diadochokinetické úlohy, vývojová dysfázie, spektrální momenty*

# VARIABILITA MĚŘENÍ $SpO_2$ V ZÁVISLOSTI NA VOLBĚ PRSTU PRO UMÍSTĚNÍ SENZORU

**Bc. Šimon Walzel**

FBMI ČVUT v Praze, Sítňá 3105, Kladno

## ***Abstrakt***

Měření periferní saturace krve kyslíkem ( $SpO_2$ ) pulzními oxymetry s využitím prstových senzorů je běžně využívanou metodou pro monitorování zdravotního stavu pacientů. Senzory jsou obvykle umísťovány na jeden ze tří prostředních prstů, ale některé studie poukázaly na možnost, že se měřené hodnoty  $SpO_2$  liší mezi jednotlivými prsty. Tato měření však probíhala pouze za fyziologických hodnot  $SpO_2$ . Cílem této práce bylo stanovit vliv volby prstu pro umístění senzoru pulzního oxymetru na výsledky měření  $SpO_2$  u zdravého člověka při krátkodobé hypoxii a hyperkapnii. Dvě části měření v náhodném pořadí (hypoxická část a hypoxicko-hyperkapnická část) podstoupilo 24 zdravých dobrovolníků. Před začátkem každé části byly simultánně připojeny senzory pulzních oxymetrů k prstům obou rukou. Na levé ruce měli dobrovolníci nasazené senzory pulzních oxymetrů Masimo (Masimo Corporation, Irvine, CA, USA) a na pravé ruce multikanálový monitor oxygenace Nonin SenSmart Model X-100 (Nonin Medical Inc., Plymouth, MN, USA). Po minutové ustalovací fázi následovala pětiminutová desaturační fáze, při které dobrovolníci vdechovali předpřipravenou směs plynů. Obě směsi obsahovaly shodné množství kyslíku (12 %), směs hypoxicko-hyperkapnická byla navíc doplněna pěti procenty oxidu uhličitého, zbytek obsahu směsi byl tvořen dusíkem. Měřené hodnoty  $SpO_2$  se mezi jednotlivými prsty lišily, rozdíly byly nižší, než je udávaná přesnost pulzních oxymetrů výrobcem, při ustalovací fázi i ve fázi desaturační. Při dostatečné perfuzi by náhodná volba prstu pro umístění senzoru pulzního oxymetru neměla způsobit chybnou interpretaci výsledků hodnot  $SpO_2$  při krátkodobé hypoxii a hyperkapnii.

## ***Klíčová slova***

*$SpO_2$ ; prstový senzor; hypoxie; hyperkapnie; perfuzní index*

SEMINÁŘ BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ 2021

© České vysoké učení technické v Praze

ISBN 978-80-01-06831-1