



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Praha, 22.4.2016

Seminář biomedicínského inženýrství 2016

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

Tisk: elektronická publikace

ISBN: 978-80-01-05917-3

Počet stran: 21

Poděkování:

Sborník vznikl jako výstup projektu SVK 24/16/F3 Seminář biomedicínského inženýrství 2016 financovaného Českým vysokým učení technickým v Praze.

PŘEDMLUVA

Sborník z konference Seminář biomedicínského inženýrství 2016, 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.

Záměr uspořádat konferenci vznikl jako logický výsledek diskusí o možnostech zvyšování kvality závěrečných prací v magisterském studiu a obecně i o možnostech celkového zkvalitňování výuky. První ročník konference proběhl v loňském roce, letošní druhý ročník je jeho volným pokračováním.

Cílem konference je dát studentům v době ještě před termínem odevzdání diplomových prací možnost výsledky diplomové práce prezentovat, získat tak zpětnou vazbu, odhalit silné a slabé stránky diplomové práce a slabé stránky práce ještě před jejím odevzdáním potlačit. Zkušenosti z loňského roku jasně ukázaly, že takový cíl je dobře splnitelný a že práce diskutované na semináři pak ve finální podobě mohou být i opravdu velmi kvalitní, a to mimo jiné i právě díky zapracování připomínek, které na semináři zazněly.

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

Jan Havlík

Karel Roubík

OBSAH

| | |
|---|----|
| PŘEDMLUVA | 3 |
| OBSAH | 4 |
| Hrstka Tomáš | |
| <i>ZPRACOVÁNÍ HIGHDENSITY EEG SIGNÁLŮ PRO POTŘEBY INVERZNÍ ÚLOHY V EPILEPTOLOGII.....</i> | 6 |
| Huttová Veronika | |
| <i>HODNOCENÍ EFEKTU OXIDU UHELNATÉHO NA TRANSPORTNÍ SCHOPNOSTI KRVE PŘI MĚŘENÍ DIFUZNÍ KAPACITY PLIC</i> | 7 |
| Ibl Martin | |
| <i>NÁVRH A VÝVOJ ELEKTROCHIRURGICKÉ JEDNOTKY.....</i> | 8 |
| Langer Václav | |
| <i>DEMONSTRAČNÍ MODEL SYSTÉMU ASISTIVNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO MONITOROVÁNÍ BEZPEČNÉ DOMÁCNOSTI</i> | 10 |
| Martínek Tomáš | |
| <i>MODEL VLIVU FRAKCE KYSLÍKU VE VENTILAČNÍ SMĚSI NA SATURACI ARTERIÁLNÍ KRVE KYSLÍKEM PŘI PODPOŘE DÝCHÁNÍ NOVOROZENCE.....</i> | 11 |
| Ondrušová Beáta | |
| <i>OPTIMALIZACE MĚŘENÍ A ANALÝZA VYBRANÝCH FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH VLIVŮ NA ULTRA SLABOU EMISI FOTONŮ Z LIDSKÉ RUKY</i> | 12 |
| Pézlová Anna | |
| <i>NUMERICAL MODEL OF MICROWAVE HEATING OF DIFFERENT TYPES OF TUMOURS</i> | 13 |
| Piorecký Marek | |
| <i>AUTOMATICKÁ KLASIFIKACE EEG SEGMENTŮ METODOU DBSCAN.....</i> | 14 |
| Poláček Milan | |
| <i>NÁVRH A IMPLEMENTACE WEBOVÉ APLIKACE PRO TELEMEDICÍNSKÉ ŘEŠENÍ ZAMĚŘENÉ NA DIABETES</i> | 15 |

Rom Matěj

*NÁVRH METOD HODNOCENÍ KINEMATICKÝCH DAT ZÁZNAMU
POHYBU VESTIBULÁRNÍHO SYSTÉMU MĚŘENÝCH GYRO-
AKCELEROMETRICKÝM SYSTÉMEM.....14*

Sobota Vladimír

*NOVÉ PŘÍSTUPY VE VYHODNOCOVÁNÍ DISTRIBUCE PLICNÍ
VENTILACE POMOCÍ ELEKTRICKÉ IMPEDANČNÍ TOMOGRAFIE.....17*

Surovcová Markéta

OPTIMALIZACE nCPAP GENERÁTORU MEDIJET.....18

Tylová Nad'a

*VYUŽITÍ SPEKTRÁLNÍ ANALÝZY EEG K DIAGNOSTICE
ALZHEIMEROVY CHOROBY.....19*

Vaněk Filip

*DETEKCE A ANALÝZA DECHOVÉHO CYKLU
ZE SIGNÁLU TLAKU A PRŮTOKU20*

Zpracování High Density EEG signálů pro potřeby inverzní úlohy v epileptologii

Tomáš Hrstka, FEL ČVUT v Praze

Abstrakt

Elektroencefalografie je důležitým nástrojem ke studiu záznamů elektrické aktivity mozku, avšak většina aplikací EEG nevytěží ze záznamu všechny informace, zejména polohu zdroje aktivity v mozku. Nalezení ložisek mozkové aktivity lze dosáhnout výpočtem takzvané inverzní úlohy. Tyto metody je možné využít například k lokalizaci epileptogenní zóny, která je zodpovědná za vyvolávání spontánních záchvatů epileptických pacientů. Chirurgické odstranění epileptogenní zóny je jedním z možných způsobů léčby epilepsie, tato léčba může pomoci pacientům s farmakorezistentní formou epilepsie u které nezabírá léčba antiepileptiky.

Tato práce se zabývá teorií a problematikou algoritmů inverzních úloh, konkrétně podmínkami pro záznam elektroencefalogramů a měření pozic elektrod na skalpu, přímými úlohami, dostupnými modely hlavy a mozku, vybranými algoritmy inverzní úlohy a interpretací jejich výsledků. Získané znalosti jsou aplikovány při potřebných úpravách high density EEG záznamu a následné aplikaci algoritmů inverzních úloh SPM toolboxu. Práce porovnává správnost výsledků jednotlivých algoritmů inverzních úloh řešených nad uměle vygenerovanými daty, u kterých je známá pozice zdroje pozorovaných EEG signálů. V poslední fázi jsou získané poznatky využity v praxi, algoritmy jsou použity k nalezení zdrojů mozkové aktivity u reálných pacientů, jsou vyhodnocena ložiska skalpových somatosenzorických evokovaných potenciálů (SEP) ale i ložiska zdrojů epileptické aktivity. Data byla naměřena na pacientech nemocnice Motol pomocí high density systému o 256 elektrodách.

Zvolenou problematiku řeším pomocí vhodného předzpracování redukce a průměrování dat, specifikace přímé úlohy založené na modelu hlavy (odvozený z MRI snímků pacienta) a využitím SPM toolboxu a v něm naimplementovaných algoritmů inverzních úloh MN (minimal norm), LORETA, MSP (multiple sparse priors) a EBB (empirical bayes beamformer). Výsledky lokalizace je možné zobrazit do skleněného mozku, nebo přímo do MRI snímků, je dokonce možné využít virtuální elektrody a zobrazit průběhy kdekoliv v mozku.

Výsledky inverzních úloh ve většině případů potvrzují naše očekávání, je však nutné výsledky správně interpretovat. Při hodnocení ložiska zdrojů epileptické aktivity se stalo, že výsledná pozice ukázala na neočekávané místo, bylo to ovšem způsobeno silnou aktivitou na nízké frekvenci v této oblasti. Ta ovšem neměla s pacientovou epilepsií souvislost. Po úpravě frekvenčního pásma na vyšší frekvence jsme tuto nízkofrekvenční aktivitu odstranili a umožnili jsme tak aby se inverzní úloha zaměřila na vysokofrekvenční epileptiformní výboje spojené s onemocněním (komplexy hrot-vlna), výsledky poté vycházeli podle předpokladů.

Výsledky práce budou v budoucnu pomáhat lékařům nemocnice Motol při detekci epileptogenních zón ze záznamů EEG.

HODNOCENÍ EFEKTU OXIDU UHELNATÉHO NA TRANSPORTNÍ SCHOPNOSTI KRVE PŘI MĚŘENÍ DIFUZNÍ KAPACITY PLIC

Veronika Huttová

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Měření difuzní kapacity plic, v evropských zemích známé spíše pod pojmem transfer faktor plic (TL_{CO}), je funkční vyšetření, které poskytuje informaci o rychlosti přenosu kyslíku mezi alveolárním vzduchem a hemoglobinem červených krvinek v plicních kapilárách. Transfer faktor plic je měřen pomocí testovacího plynu s obsahem 0,3 % oxidu uhelnatého, který je pro lidský organismus toxický. Opakovaná měření transfer faktoru plic způsobují růst množství karboxyhemoglobinu v krvi a zároveň snížení tlakového gradientu oxidu uhelnatého na alveolokapilární membráně, v jehož důsledku dochází k měření falešně nízké hodnoty TL_{CO} . Cílem této práce je neinvazivně stanovit stupeň intoxikace organismu oxidem uhelnatým při opakovaných měřeních transfer faktoru plic, vyhodnotit vývoj transfer faktoru plic v závislosti na počtu opakovaných měření a na neinvazivně zjištěném množství karboxyhemoglobinu v krvi a u všech dílčích cílů porovnat rozdíly mezi měřenými skupinami.

Celkem 25 probandů rozdělených do čtyř skupin (muži nekuřáci, muži kuřáci, ženy nekuřačky a ženy kuřačky) bylo podrobena sedmi měřeními transfer faktoru plic s odstupem tří minut, během kterých jim byla monitorována a následně vyhodnocena saturace krve kyslíkem a karboxyhemoglobinem a tkáňový parciální tlak kyslíku a oxidu uhličitého. Měřené parametry včetně transfer faktoru plic byly statisticky vyhodnoceny.

Experimentální studie u všech skupin probandů prokázala, že při opakovaném měření transfer faktoru plic dochází ke statisticky významnému snížení TL_{CO} ($p < 0,01$). Z hlediska hodnocení intoxikace organismu studie ukázala jako statisticky významný pokles saturace krve kyslíkem ($p < 0,05$) i vzestup karboxyhemoglobinu v krvi ($p < 0,05$). Tkáňový parciální tlak kyslíku a oxidu uhličitého nebyl měřeními transfer faktoru plic ovlivněn. Z klinického hlediska je významné zejména ověření neinvazivních metod monitorování základních fyziologických parametrů a zjištění, že není vhodné opakovat měření transfer faktoru plic z důvodu nepřesných výsledků. Statisticky významné změny saturace krve kyslíkem a karboxyhemoglobinem ale nelze zároveň považovat za klinicky významné pro hodnocení intoxikace organismu. Studie poukázala i na limitaci metody měření transfer faktoru plic, protože prováděný dechový manévr byl, zejména pro některé kuřáky, velmi obtížně realizovatelný.

Studie byla podporována grantem SGS14/216/OHK4/3T/17.

Klíčová slova

difuzní kapacita plic; transfer faktor plic; karboxyhemoglobin; oxid uhelnatý

NÁVRH A VÝVOJ ELEKTROCHIRURGICKÉ JEDNOTKY

Martin Ibl

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Elektrochirurgie je v současné době již standardní chirurgická technika, která je nezbytnou součástí každého operačního sálu. Cílem této práce je zhodnotit moderní elektrochirurgické metody a navrhnout novou elektrochirurgickou jednotku. Výstupem by se měl stát prototyp nové jednotky nebo implementace moderních elektrochirurgických metod do stávajícího přístroje.

Elektrochirurgie je založena na tepelných účincích vysokofrekvenčního elektrického proudu na měkké tkáně. Vysokofrekvenční elektrický proud o frekvenci vyšší než 100 kHz protékající lidským tělem nezpůsobuje neuromuskulární stimulace, tedy nevyvolává žádné kontrakce svalů a ani nezpůsobuje bolest. Jeho jediným účinkem je tepelné působení v místě vysoké proudové hustoty. Principiálně rozlišujeme dva elektrochirurgické režimy. Monopolární režim má pouze jednu aktivní elektrodu, kdežto bipolární režim má elektrody dvě, nejčastěji realizované formou pinzety. U monopolárního režimu je elektrický obvod uzavírán plošnou neutrální elektrodou.

Terapeutický účinek je dán zejména elektrochirurgickou metodou. Mezi základní metody patří řez a koagulace. Řez tkáně je realizován pomocí nepřerušovaného sinusového signálu, kdežto koagulace je založena na elektrickém signálu s vyšším napětím, ve kterém je okolo 20% aktivní složky. Směsný řez je vhodnou kombinací obou předchozích metod. Mezi další metody patří mikrokoagulace na zákroky poblíž citlivých orgánů a fulgurace, při níž dochází k bezkontaktní koagulaci formou dlouhých jisker.

První skutečně moderní elektrochirurgickou metodou je automatické zatavování cév. Tato metoda umožňuje chirurgovi zkoagulovat a následně odstranit část cévy bez nežádoucího krvácení. Z technického hlediska se jedná o řízený výkon podle impedance cévy, tedy vyhodnocování míry dokončení zatavení cévy. Druhá moderní metoda je užívána zejména při transuretrální resekci ve fyziologickém roztoku (TURis). Využívá vysokého počátečního pulzu, který zapříčiňuje vznik plazmy, pomocí které dochází k řezu tkáně. Třetí metoda, zejména založené na práci na nízkých impedancích, je pulzní řez. Ten se využívá zejména při naříznutí stěny dutých orgánů, jako například žlučníku, při Endoskopické retrográdní cholangiopankreatikografii (ERCP). Zde je řez po krátkých časových úsecích zastaven, aby nedošlo k proříznutí větší části stěny, než chirurg zamýšlí.

Po návrhu technických řešení moderních elektrochirurgických metod bylo možné začít se sběrem požadavků a definováním vlastností nové ESU. Následně byly provedeny prvotní návrhy a cenové kalkulace. Celý vývoj byl naplánován na dva roky s celkovou investicí čtyři až pět milionů korun. V této fázi byl vývoj z finančních důvodů pozastaven. Z důvodu udržení konkurenceschopnosti bylo nezbytné začlenit moderní metody do stávající elektrochirurgické jednotky. Proto byly návrhy technické realizace metod upraveny tak, aby je bylo možné začlenit do přístroje SMT BM M PF. Modifikace zahrnovala úpravu elektroniky, včetně softwaru, novou skříň a čelní panel.

Jedním z cílů této práce bylo vytvořit prototyp nové elektrochirurgické jednotky. Její vývoj byl však z finančních důvodů pozastaven. Část práce, zabývající se návrhem, by měla posloužit jako základ žádosti o datace vypsané Ministerstvem průmyslu a obchodu, což je nejpravděpodobnější způsob pokračování tohoto vývoje. Do té doby byly moderní elektrochirurgické metody implementovány do staršího modelu elektrochirurgické jednotky.

Klíčová slova

Elektrochirurgie, Řez a koagulace tkáně, Návrh a vývoj, Moderní elektrochirurgické metody, TURis, Automatické zatavování cév, Pulzní řez

DEMONSTRAČNÍ MODEL SYSTÉMU ASISTIVNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO MONITOROVÁNÍ BEZPEČNÉ DOMÁCNOSTI

Václav Langer

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

V této práci se zabývám systémem umožňujícím kontrolu a bezpečný život klienta v jeho domácím přirozeném prostředí. Mým cílem je navrhnout co nejefektivnější systém soustavy senzorů rozmístěných po domácnosti, popřípadě i přímo na těle pacienta. Základní teze vycházejí ze získaných teoretických znalostí, ale i z reakcí odborné veřejnosti, na kterou jsem se obrátil v dotazníkovém průzkumu. Přestože je již dostupných mnoho asistivních technologií použitelných pro účely monitorování osob v domácnosti, tato práce by měla shromažďovat informace potřebné pro návrh komplexního řešení, které v ucelené podobě doposud dostupné není.

To, že je vývoj a realizace stále nových systémů asistivních technologií pro bezpečnou domácnost do budoucna nezbytná, dokazují v úvodní kapitole této práce. Předkládám v ní statistické prognózy stárnutí naší populace, z nichž vyplývá, že péče o seniory bude vyžadovat nejen mnoho lidských sil, ale i moderní technickou podporu v podobě asistivních technologií. V kapitole představuji pojmy inteligentní a bezpečná domácnost a současné možnosti asistivních technologií. Zabývám se problematikou integrované péče a okrajově i ochranou citlivých dat.

V druhé kapitole řeším vhodné kombinace senzorů a jejich uspořádání pro instalaci v rámci chytré domácnosti. Představuji zde typická řešení a navrhuji systém konstruovaný na programovatelné platformě Arduino. V úvahu jsem bral i anketu mezi odbornou veřejností a klienty, která mi potvrdila, že využití asistivních technologií považuje většina respondentů za velmi potřebné a nezbytné. Hlavní nedostatky vidí v otázce ekonomické, a v pocitu “odlidsťeného” přístupu k uživateli, který technika může vyvolávat.

Ve třetí kapitole popisují navržený demonstrační systémem konstruovaný na programovatelné platformě Arduino. Zvolená platforma umožňuje návrh a realizaci modulárního systému, díky čemuž je možné celý systém dále rozšiřovat či vylepšovat. Je zde uveden konkrétní popis použitých senzorů a uskupení hardwaru systému včetně návrhu desek plošných spojů, a rovněž implementovaný firmware pro jednotlivé moduly systému.

Dále se v diplomové práci zabývám možností vytěžování dlouhodobých datových řad pro detekci změny zdravotního stavu na základě změny vzorců chování. Ve čtvrté kapitole proto popisují nejen hardwarovou a softwarovou podporu ukládání dat, ale i samotnou teorii o vzorcích chování a jejich sledování.

Systém asistivních technologií pro monitorování bezpečné domácnosti by měl umět sám rozhodnout, zda je v domácnosti sledovaná osoba v pořádku. Zároveň by ale měl umožňovat komunikaci i mimo kontrolovanou domácnost a v případě potřeby přivolat pomoc.

Klíčová slova

asistivní technologie; bezpečná domácnost; Arduino

MODEL VLIVU FRAKCE KYSLÍKU VE VENTILAČNÍ SMĚSI NA SATURACI ARTERIÁLNÍ KRVE KYSLÍKEM PŘI PODPOŘE DÝCHÁNÍ NOVOROZENCE

Bc. Tomáš Martínek

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Předčasně narození novorozenci trpí řadou problémů a chorob, kvůli kterým musejí být hospitalizováni na novorozeneckých odděleních. Mezi tyto potíže patří hypoxémické stavy, jež mohou být vyvolány epizodami apnoe či nezralostí nebo nemocí respiračního systému a které vyžadují terapii suplementárním kyslíkem. Při nesprávně vedené terapii může ovšem nastat hyperoxémie, která často vede např. k retinopatii nebo poškození plic. Pro udržení oxygenace arteriální krve (SaO_2) pacienta v určeném rozmezí jsou vyvíjeny automatické zpětnovazební systémy, například *CLiO₂* (*Carefusion, USA*), které na základě informace o periferní saturaci krve kyslíkem (SpO_2) nastavují frakci kyslíku ve ventilační směsi. Doposud neexistuje vhodný matematický model, který by sloužil pro testování podobných systémů. Cílem práce je navrhnout, implementovat a otestovat matematický model, který popíše vliv FiO_2 na SaO_2 u novorozenců a bude sloužit pro návrh a testování správné funkce automatických systémů řízení FiO_2 či pro porovnání manuálního a automatického řízení FiO_2 .

V rámci práce byl navržen matematický model popisující transport kyslíku dýchací soustavou, poté přes alveolo-kapilární membránu a jeho následný transport krví do tkání. Model zahrnuje jak spontánní dýchání, tak vliv mechanické ventilační podpory. Z možností simulace respiračních potíží byly navrženy a implementovány apnoe, zhoršená difúze kyslíku přes alveolo-kapilární membránu a nepoměr ventilace a perfúze. Součástí modelu jsou i kardiovaskulární zkratky foramen ovale a Botallova dučej. Hlavním výstupem modelu je SaO_2 a je možná i simulace měření SpO_2 pulzní oxymetrií. Model byl implementován v programovém prostředí *MATLAB* a *Simulink R2015b* (*MathWorks, USA*) a otestován porovnáním jeho výstupů s daty naměřenými na předčasně narozených novorozencích.

Byly analyzovány hypoxémické epizody u měřených novorozenců, které byly způsobeny apnoí a problémy s dýcháním, a během nichž došlo k úpravě FiO_2 zdravotní sestrou. Na základě analýzy byla připravena a provedena simulace v implementovaném modelu, která co nejpřesněji napodobovala reálnou situaci u naměřeného novorozence. Výstup modelu se shodoval s naměřenými daty ($R^2 = 0,8189$). Ustálená hodnota SaO_2 96,6 % na výstupu modelu bez simulace dýchacích potíží ležela v intervalu mezi dolním kvantilem (93 %) a horním kvantilem (97 %) dat SpO_2 naměřených na tomtéž pacientovi.

Model dokáže zrekonstruovat reálnou situaci z klinické praxe. Limitace modelu spočívá především v nejspolehlivosti přesných hodnot některých fyziologických a anatomických parametrů potřebných pro fungování modelu. Z toho důvodu se musí některé odvozovat z literatury jako typické pro danou skupinu předčasně narozených novorozenců. Další limitací mohou být některé zjednodušující předpoklady přijaté při sestavování modelu, jako například konstantní odpor a poddajnost dýchacích cest či modelování kardiovaskulárního systému jako soustavy ideálních směšovací komor.

Studie byla podporována grantem SGS14/216/OHK4/3T/17.

Klíčová slova

Matematický model; transport kyslíku; FiO_2 ; SaO_2 ; SpO_2 ; předčasně narozený novorozenec; mechanická ventilační podpora

OPTIMALIZACE MĚŘENÍ A ANALÝZA VYBRANÝCH FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH VLIVŮ NA ULTRA SLABOU EMISI FOTONŮ Z LIDSKÉ RUKY

Beáta Ondrušová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Diplomová práce je zameraná na detekciu ultra slabej emisie fotónov z rúk ľudských subjektov. V teoretickej časti popisuje mechanizmy generovania elektrónovo excitovaných stavov s následnou emisiou fotónov, zhŕňa doterajšie výsledky výskumu so zameraním na ľudské subjekty a popisuje možnosti detekcie ultra slabej emisie fotónov. Experimentálna časť práce obsahuje popis laboratórneho systému pre meranie ultra slabej emisie fotónov, ktorý je zostavený v Ústave fotoniky a elektroniky AV ČR, a ako detektor používa fotonásobič HAMAMATSU R2256-02. Práca sa zameriava na nájdenie optimálneho nastavenia diskriminátora a vysokého napätia tohto fotonásobiča pre meranie ultra slabej emisie fotónov z ľudských subjektov. Optimálne nastavenie úrovne diskriminátora a vysokého napätia je určené z vynesných pomerov signál-šum. Signál bol pre nájdenie vhodného nastavenia fotonásobiča zaznamenávaný zo vzorky munga (*Vigna radiata*) a rastlinného oleja. Nájdené nastavenie sa používa pri meraní zmien spontánnej ultra slabej emisie fotónov z palmárnej a dorzálnej strany rúk meraného subjektu počas dňa a pri analýze anti- a prooxidatívnych procesov na parametre ultra slabej emisie fotónov. Spontánne zmeny ultraslabej emisie fotónov boli zaznamenávané počas 5 dní v 5 sériach meraní z jedného subjektu, ktorý dodržiaval pred meraním a počas merania stanovený protokol. Súčasťou merania bolo zaznamenávanie povrchovej teploty meranej časti ruky subjektu pre následnú analýzu vplyvu teploty na intenzitu ultra slabej emisie fotónov. Pre skúmanie zmien ultra slabej emisie fotónov aplikáciou prooxidantov a antioxidantov na pokožku rúk bol ako prooxidant zvolený peroxid vodíka a ako antioxidant bola zvolená kyselina askorbová.

Klíčová slova

ultra slabá emisia fotónov, elektrónovo excitované stavy, fotonásobič

NUMERICAL MODEL OF MICROWAVE HEATING OF DIFFERENT TYPES OF TUMOURS

Anna Pézlová

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

The knowledge of complete temperature field throughout heated tissues is crucial in designing efficient hyperthermia treatment for cancer. The cooling effect of large blood vessels may cause inhomogeneity in temperature distribution and possible underdose, which may later lead to tumour re-growth. The aim of this thesis is to create multiple numerical simulations describing local microwave heating of two different tumour types based on their blood supply – a tumour, which lies directly on the blood vessel and a tumour being supplied from its surface. The next aim is to validate correct parameter settings in the simulations experimentally. Numerical models of a tumour lying on a blood vessel and a tumour being supplied from its surface have been developed to calculate the temperature distribution in tissue during microwave hyperthermia treatment. Furthermore, an agar model was created and used in an experiment validating the settings of the numerical simulations. The used thermal model is based on bioheat transfer equation describing heat transfer in perfused tumour and surrounding tissue. Equations were solved in COMSOL Multiphysics by finite element method. As results of the simulations, tumours supplied from their surface are being heated more easily and complete tumour necrosis can be achieved with hyperthermal treatment. Compared to that, tumours lying directly on a blood vessel need less output power to be heated to desired temperatures, but more surrounding tissue can be damaged.

Klíčová slova

Microwave hyperthermia; numerical simulaton; tumour vasculature

AUTOMATICKÁ KLASIFIKACE EEG SEGMENTŮ METODOU DBSCAN

Marek Piorecký

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Elektrickou aktivitu mozku zaznamenáváme pomocí EEG (elektroencefalografu). Nedílnou součástí vyšetření je detekce grafoelementů. Metody, které jsou založeny na matematickém principu klasifikace, je vždy nutné přizpůsobit stochastickému rázu EEG signálu. Hojně využívanou metodou je modifikovaný algoritmus k-means. Tento přístup ale skýtá omezení v prostorově prolnutých shlucích. U hustotně založeného algoritmu DBSCAN se tento problém neobjevuje. Zároveň nabízí algoritmus DBSCAN velké množství modifikací uzpůsobených pro více dimenzionální data.

Cílem diplomové práce je otestovat účinnost algoritmu DBSCAN na klasifikaci segmentů EEG signálu na základě 23 vypočtených příznaků, případně navrhnout vhodnou adaptaci algoritmu pro EEG signál.

Zpracovávaná data byla naměřena v Nemocnici Na Bulovce na 20 pacientech, kterým bylo indikováno vyšetření na základě podezření na nemoc epilepsii. Pacienti byli obou pohlaví ve věku mezi 26 – 60 roky. Délka záznamu se pohybuje od 15 minut do 24 hodin.

Jednotlivé kanály EEG záznamu jsou klasifikovány zvlášť pro lepší přehlednost při vyhodnocení klasifikace. Z vyhodnocených dlouhodobých záznamů jsou vybírány náhodné segmenty, u kterých 2 nezávislí odborníci validují příslušnost k dané třídě. Signál rozřazujeme do tříd odpovídající epileptické, svalové a sinusové aktivitě, artefaktům způsobeným špatnou elektrodou a na pomalé průběhy vln. Na základě klinického vyhodnocení bude provedena ROC analýza.

Z prvotních výsledků vyplývá, že DBSCAN není vhodný pro klasifikaci EEG záznamů, neboť není schopen odlišit zašuměné artefakty. Modifikovaný algoritmus, který 23D prostor dělí pomocí buněk adaptivních rozměrů, má lepší senzitivitu u segmentů se sinusovým charakterem. Tato metodika zároveň detekuje i epileptické grafoelementy s nízkou amplitudou. Nedostatky algoritmu se projevují v špatném zařazení pomalých očních artefaktů.

K zefektivnění klasifikace by přispěl konkrétní výběr příznaků pro danou metodu. Modifikovaný DBSCAN lze využít k hodnocení záznamů EEG, ale stále je nutná intervence lékaře.

Klíčová slova

EEG; DBSCAN; automatická klasifikace

Návrh a implementace webové aplikace pro telemedicínské řešení zaměřené na diabetes

Milan Poláček, FEL ČVUT

Abstrakt:

V současné době existuje řada softwarových řešení pro stahování a agregaci dat z mobilních zařízení pro léčbu pacientů s diabetem. Pro využití záznamů z různých přístrojů musí tedy mít pacient či lékař přístup i k různým aplikacím. Protože tyto aplikace nebývají mezi sebou kompatibilní, lze následně vyhodnocovat přenesená data pouze separovaně, tedy z každého zařízení zvlášť, což snižuje uživatelský komfort či dokonce brání jejich praktickému využití.

Moji snahou tedy bylo vytvořit webový portál, kam by data z různých druhů přístrojů používaných pacienty byla automaticky přenášena a zároveň by zde pacient či jeho lékař měl možnost data v celistvosti prohlížet a analyzovat.

Tato diplomová práce pojednává o webové aplikaci Diani umožňující automatický přesun, uložení a hodnocení dat z různých elektronických přístrojů, jakými jsou např. hodnoty glykémie, krevního tlaku, počtu nachozených kroků, tepové frekvence aj. Kromě zobrazení grafů je možné vést i osobní kartu pacienta s informacemi jako je váha, výška, HbA1c, hodnoty sacharidů v jídle, dávky inzulínu, spánek/bdění aj. Do systému lze v libovolném časovém rozmezí manuálně nahrávat i data z kontinuálních monitorů glykémie. Uvedená data jsou přehledně graficky zobrazena na časové ose. Uživatel si může také vygenerovat výpis záznamů do přehledné tabulky a využít jej během konzultace s lékařem.

Pomocí řídicí logiky v jazyce C# a také JavaScriptu je v současnosti možné data zobrazovat v denním, týdenním a měsíčním náhledu, kde měsíční náhled je obohacen o trend glykémie. Pro další statistické zpracování dat lze data stáhnout ve formátu csv.

Systém Diani je postavený na architektuře ASP.NET MVC s podporou HTML a CSS. Aplikace je dále doplněna o opensource pluginy (jako např. Highcharts, JQuery apod.).

Vytvořili jsme funkční webové rozhraní pro přenos, sběr, analýzu a export dat z mobilních zařízení jako je aplikace diabetického deníku pro smartphone, krokoměr, glukometr, kontinuální monitor glykémie, váha a tlakoměr. Webovou aplikaci Diani používají v testovacím módu jak pacienti, tak lékaři.

Klíčová slova:

telemedicína, ASP.NET MVC, C#, diabetes, edukace pacienta, highcharts, tenký klient

Návrh metod hodnocení kinematických dat záznamu pohybu vestibulárního systému měřených gyro-akcelerometrickým systémem

Matěj Rom

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Vestibulární aparát člověka je smyslový orgán, který se zásadně podílí na udržování rovnováhy hlavy a těla v prostoru. Správná funkce tohoto orgánu je zásadní pro posturální stabilitu a vnímání rovnováhy. Doposud však při vyšetřování funkce vestibulárního ústrojí nebylo možné určit příslušné kinematické charakteristiky pohybu vestibulárního aparátu vzhledem k jeho anatomické poloze. Tato práce se zabývá měřením pohybu vestibulárního aparátu pomocí gyro-akcelerometrického systému, přičemž vhodné rozmístění senzorů na tomto systému právě takového měření umožňuje. Práce si dává za cíl navrhnout vhodné metody hodnocení kinematických veličin pohybu vestibulárního ústrojí a poukázat na vhodné kvantitativní ukazatele, které by mohly hrát významnou roli při vyhodnocování kinematických dat záznamu pohybu vestibulárního aparátu člověka při běžných klinických vyšetřeních, jako je například head-impulse test nebo rotace na rotačním křesle. Z výsledků aplikace navržených metod na měření dvaceti zdravých subjektů je patrné, že se kinematická data pohybu pravého a levého vestibulárního aparátu znatelně odlišují, což dokazuje původní předpoklad vedoucí k vytvoření systému schopného zaznamenávat nejen pohyby hlavy, ale i nezávisle mapovat polohu obou vestibulárních aparátů. Dále byla v rámci vyhodnocení dat z obou vestibulárních aparátů nalezena výrazná symetrie v úhlových veličinách, mírná asymetrie pak pro veličiny translačního pohybu. Navržené metody a kvantitativní ukazatele byly voleny především s ohledem na charakter výstupních dat z měření. Pro head-impulse test lze zmínit například mediány iniciačních a reakčních impulsů v úhlové rychlosti, IP/SP ratio představující poměr mezi velikostmi nalezených iniciačních a reakčních vrcholů v úhlové rychlosti, nebo grafické zobrazení symetrií. Pro data z rotačního křesla pak můžeme představit průměrnou úhlovou rychlost pravého a levého vestibulárního aparátu při rotační fázi testu, nebo velikost překmitu a dobu ustálení úhlové rychlosti po rázném zastavení rotace.

Klíčová slova

Vestibulární aparát, gyro-akcelerometrický systém, head – impulse test, rotační křeslo, kvantitativní ukazatele pohybu

NOVÉ PŘÍSTUPY VE VYHODNOCOVÁNÍ DISTRIBUCE PLICNÍ VENTILACE POMOCÍ ELEKTRICKÉ IMPEDANČNÍ TOMOGRAFIE

Vladimír Sobota

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná. 3105, Kladno

Abstrakt

Elektrická impedanční tomografie (EIT) je neinvazivní zobrazovací metoda pro monitorování regionální distribuce plicní ventilace. Informace, které EIT poskytuje, jsou poměrně komplexní a občas i obtížně interpretovatelné. Cílem této práce je porovnat parametry, které popisují regionální distribuci plicní ventilace, implementovat algoritmy pro jejich výpočet v programovém prostředí MATLAB, analyzovat pomocí nich data získaná v průběhu animálních experimentů a analyzovat výsledky vzhledem k parametrům publikovaným v současné odborné literatuře. Práce samotná zahrnuje čtyři oblasti. V části zabývající se segmentací obrazu byl implementován tzv. lung area estimation algoritmus a algoritmy pro určení oblastí zájmu založené na směrodatné odchylce hodnot pixelů a lineárním regresním koeficientu. V druhé části byly implementovány metody pro výpočet indexu globální nehomogenity a dvě metody pro výpočet centra ventilace (CoV). Byla vyhodnocena data získaná v průběhu experimentu na ventilovaném animálním modelu, při kterém docházelo ke změnám pozitivního tlaku na konci výdechu. Výsledky ukazují, že existují statisticky významné rozdíly mezi hodnotami vypočítanými na základě různých metod pro výpočet CoV. Algoritmy pro výpočet regionálních plicních charakteristik (RFC) byly implementovány ve třetí části práce. Byla vyhodnocena data naměřená na zdravém animálním modelu a na animálním modelu s poškozením indukovaným plicním ventilátorem. Výsledky naznačují, že současný přístup v prahování hodnot RFC by měl být přehodnocen. V poslední části byly implementovány algoritmy pro výpočet regionálních časových konstant (τ) a byla vyhodnocena data získaná v průběhu animálního experimentu, při kterém byla použita různá nastavení ventilačních parametrů. Z výsledků plyne, že hodnoty τ jsou významně ovlivněny nastavením ventilátoru. V důsledku toho by tak mohlo být zkresleno posuzování různých plicních patologií využívající τ . Ačkoliv neexistuje žádný zlatý standard ve vyhodnocování EIT dat, tato práce ukazuje, že některé implementované postupy jsou více než slibné a mohou významně přispět k vyhodnocování regionální distribuce plicní ventilace v klinické praxi.

Studie byla podporována grantem SGS14/216/OHK4/3T/17.

Klíčová slova

Elektrická impedanční tomografie, EIT, umělá plicní ventilace, segmentace obrazu, centrum ventilace, index globální nehomogenity, regionální plicní charakteristiky, regionální časové konstanty

OPTIMALIZACE nCPAP GENERÁTORU MEDIJET

Bc. Markéta Surovcová

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

V neonatologické a pediatrické klinické praxi je standardně používána neinvazivní metoda umělé plicní ventilace, označovaná jako nCPAP (nasální kontinuální pozitivní tlak v dýchacích cestách, nasal continuous positive airway pressure). Při aplikaci nCPAP pacient dýchá spontánně. Při nádechu pacient nasává směs plynů z nCPAP generátoru, čímž je nádech usnadňován. Při výdechu je ale nezbytné vynaložit dechové úsilí pro změnu směru proudění ventilační směsi tak, aby byl samotný výdech ulehčen. Úsilí zohledňující nádech i výdech je označováno jako dechová práce – iWOB (imposed work of breathing).

V současné době se v klinické praxi používá několik různých nCPAP systémů, které se z hlediska dechové práce iWOB liší. Studie Thomase Drehammara [1] prokázala, že nCPAP generátor MEDIJET (Medical Innovation GmbH, Německo) vykazoval nejvyšší dechovou práci iWOB ve srovnání s ostatními zkoumanými nCPAP systémy. Cílem práce je snížit dechovou práci iWOB generátoru MEDIJET pomocí konstrukčních změn.

Generátor nCPAP byl identifikován z hlediska geometrických rozměrů a konstrukce. V softwaru SolidWorks (Dassault Systèmes, Francie) byly vytvořeny tři návrhy optimalizace konstrukce generátoru, které byly vytištěny technologií 3D tisku. Dechová práce vytištěných modelů byla měřena *in vitro* pomocí mechanického simulátoru plic ASL 5000 (IngMar Medical, USA), který simuloval dýchání zdravého novorozence. Měření dechové práce iWOB bylo prováděno pro pět úrovní tlaku CPAP (kontinuální pozitivní tlak v dýchacích cestách, continuous positive airway pressure): 2, 4, 6, 8 a 10 cmH₂O.

Dechová práce se zvyšovala s rostoucí úrovní tlaku CPAP. Dechová práce referenčního generátoru MEDIJET byla (1,0220 ± 0,0002) J/L při 10 cmH₂O. Dechová práce optimalizace A se statisticky významně zvýšila pro všechny úrovně tlaku CPAP (p < 0,01).

Zvýšení dechové práce optimalizace A se nacházelo v rozsahu 0,26 % (10 cmH₂O) až 9,92 % (4 cmH₂O). Dechová práce optimalizace B se statisticky významně snížila pro všechny úrovně tlaku CPAP (p < 0,01). Snížení dechové práce optimalizace B se pohybovalo v rozsahu -12,21 % (4 cmH₂O) až -21,61 % (10 cmH₂O). Dechová práce optimalizace C se statisticky významně zvýšila pro všechny úrovně tlaku CPAP (p < 0,01). Zvýšení dechové práce optimalizace C se nacházelo v rozsahu 0,44 % (2 cmH₂O) až 6,33 % (4 cmH₂O).

V rámci návrhu optimalizace B byla snížena dechová práce iWOB až o -21,61 %. Nicméně pro dosažení stanovených hodnot tlaku CPAP bylo třeba nastavit vyšší průtoky ventilační směsi než u ostatních návrhů optimalizace, což nebylo předpokládáno. Pravděpodobně docházelo u tohoto konstrukčního řešení k únikům ventilační směsi jinými, než konstrukčními otvory. Limitace optimalizace nCPAP generátorů spočívá zejména v použité technologii 3D tisku, kdy některé vytištěné modely generátorů byly mírně deformované. Generátory, skládající se z jednotlivě vytištěných prvků, vykazovaly po zkompletování velké úniky ventilační směsi. Tyto úniky byly omezeny tmelícím materiálem přidaným do spojů mezi vytištěné prvky. V rámci návrhů optimalizací A a C dechová práce iWOB snížena nebyla.

Studie byla podporována grantem SGS14/216/OHK4/3T/17.

Klíčová slova

nCPAP; dechová práce iWOB; neinvazivní ventilační podpora

[1] DREHAMMAR, Thomas, et al. Comparison of nasal continuous positive airway pressure delivered by seven ventilators using simulated neonatal breathing. *Pediatric Critical Care Medicine*, 2013, 14.4: e196-e201.

VYUŽITÍ SPEKTRÁLNÍ ANALÝZY EEG K DIAGNOSTICE ALZHEIMEROVY CHOROBY

Nad'a Tylová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Alzheimerova choroba (AD) je neurodegenerativní onemocnění, které způsobuje klinické projevy označované jako demence. Současná medikace není schopná toto onemocnění vyléčit, ale pouze zpomaluje jeho postup. Aktuálním trendem tedy je diagnostikovat AD co nejdříve. Objektivním, dostupným a nejméně zatěžujícím vyšetřením je EEG. Typickým projevem v EEG záznamu u pacientů s AD je zpomalením základních rytmů. To lze hodnotit pomocí spektrální frekvenční analýzy na základě poklesu výkonů v oblasti alfa a beta pásma a nárůstem výkonu v oblasti delta a theta pásma. Obvykle se hodnotí vývoj výkonu v těchto pásmech v čase. Vývoj výkonů spektra lze určit pomocí Gaborova transformace.

V této práci bylo využito 19-ti kanálové EEG 28 pacientů s diagnózou AD a 146 kontrolních pacientů (CN) bez patologického EEG. Vzorkovací frekvence záznamu byla 200 Hz a pro zpracování byla využita unipolární montáž. Na vybrané úseky EEG bez artefaktů byla aplikována Gaborova transformace s délkou okna 8 vteřin pro dosažení frekvenčního rozlišení 0,125 Hz a posunem okna o jeden vzorek. Vývoj spektra v čase byl hodnocen jako průměrný výkon na jednotlivých frekvencích a zároveň byl hodnocen i rozptyl na jednotlivých frekvencích. U výsledných křivek průměru a rozptylu byly vybrány frekvence, na kterých se nacházely lokální extrémy. Jejich poměr byl určující pro zařazení kanálu a pacienta do skupiny patologie nebo normálního EEG.

Při hodnocení průměrných výkonů spektra jsme dospěli k výsledkům, které byly publikovány ve studiích EEG u AD pacientů. U AD pacientů převažoval vyšší výkon na hranici delta a theta pásma v okolí 4 Hz, než v oblasti hranice alfa a beta pásma v okolí 14 Hz. Při hodnocení rozptylu výkonu spektra jsme u AD pacientů zaznamenali charakteristický průběh křivky, kterým byl pokles rozptylu v oblasti 3 Hz a následné maximum v oblasti 5 Hz. U kontrolních pacientů rozptyl exponenciálně klesal. Rozdíl mezi AD a CN tak bylo možné klasifikovat na základě poměrů významných frekvencí průměru i rozptylu. Klasifikace na základě rozptylu byla přesnější. V případech, kdy poměr výkonů na významných frekvencích určil AD pacienta jako zdravého, poměr rozptylů významných výkonů odpovídal stanovené diagnóze. Charakteristický tvar rozptylu byl u AD pacientů přítomný především ve frontální oblasti mozku.

V této práci se nám podařilo potvrdit, že Gaborova transformace je vhodná pro hodnocení spektrální výkonové charakteristiky v čase. U pacientů s AD byl oproti kontrolním pacientům patrný nárůst výkonu na hranici delta a theta pásma a pokles na hranici alfa a beta pásma. Dále byly porovnány klasifikace pacientů na základě charakteristik průměrného výkonu spektra a jeho rozptylu. Klasifikace AD pacientů na základě rozptylu spektra byla přesnější.

Klíčová slova

EEG; Alzheimerova choroba; Gaborova transformace; klasifikátor; statistická analýza

DETEKCE A ANALÝZA DECHOVÉHO CYKLU ZE SIGNÁLU TLAKU A PRŮTOKU

Bc. Filip Vaněk

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Monitorování plicní ventilace je důležitou zpětnou vazbou pro lékaře a obsluhu ventilátoru. Při použití vysokofrekvenční umělé plicní ventilace neexistuje v tuto chvíli spolehlivé monitorovací řešení pro všechny typy ventilačních režimů. Za tímto účelem je na ČVUT FBMI vyvíjen systém iMon, který umožňuje měřit a vyhodnocovat signály tlaku a průtoku na vstupu do dýchacích cest pacienta při různých ventilačních režimech. Vzhledem k velké rozmanitosti tvaru měřených signálů, šumu a artefaktům v signálech obsažených není však možné signály jednoduše vyhodnotit. Tato diplomová práce se zabývá tvorbou algoritmu, který spolehlivě detekuje dechové cykly z naměřených signálů tlaku a průtoku při různých ventilačních režimech jak konvenčních, tak i nekonvenčních.

Algoritmus je postaven na principech vlnkové transformace. Vlnková transformace (wavelettransform) využívá korelace mezi naměřeným signálem a dceřinou vlnkou odvozenou od mateřské vlnky. Volbou vhodné mateřské vlnky ve tvaru první derivace Gaussovy křivky získáme po provedení vlnkové transformace škálogram (časově-frekvenční spektrum), který obsahuje informace o poloze dechových cyklů, přibližném začátku dechu, frekvenci a přítomnosti spontánního dechu překrývajícího se s ventilačním cyklem ventilátoru anebo náhlého rušení. Využitím detektoru lokálních extrémů, hledáním průchodu signálu nulou a dalších metod jsou výše zmíněné informace extrahovány ze škálogramu a využity pro analýzu dechových cyklů.

Algoritmus detekce dechových cyklů byl navržen v prostředí Matlab, kde je možné ho využít pro zpracování již naměřených dat, a následně byl implementován v jazyce C# do systému iMon pro real-time vyhodnocování. Algoritmus společně se systémem iMon byl ověřen jak laboratorně, tak na animálním modelu. Laboratorní ověření bylo provedeno pro každý typ ventilace zvlášť při různém nastavení ventilačních parametrů. Výsledky pro vysokofrekvenční oscilační a trysovou ventilaci byly porovnány s výsledky měřidla Florian (Acutronic, Švýcarsko). U vysokofrekvenční trysovou ventilaci proběhlo navíc ověření s pomocí Douglasova vaku a průtokoměru CalTrak XL (Sierra Instruments, USA). Výsledky algoritmu pro konvenční ventilaci byly srovnány s výsledky integrovaného monitoru ventilátoru Veolar (Hamilton Medical, Švýcarsko). Přesnost navrženého algoritmu je z hlediska hardwarového sběru limitována především stabilitou offsetu senzorů systému iMon. Další limitace vyplývají z principu vlnkové transformace. Signály méně podobné mateřské vlnce, a to zejména signály s ostrými hranami tvořené konvenčními ventilátory, vytvářejí po korelaci méně přesné začátky cyklu, což má za následek zvýšení rizika selhání algoritmu. Takováto situace však doposud nenastala. Vytvořený algoritmus uceluje systém iMon, umožňuje vyhodnocení ventilace v reálném čase, a tím i použití systému v klinické i experimentální praxi.

Studie byla podporována grantem SGS14/216/OHK4/3T/17.

Klíčová slova

dechový cyklus, algoritmus, vlnková transformace, HFOV, HFJV, CV

SEMINÁŘ BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ 2016

© České vysoké učení technické v Praze
ISBN: 978-80-01-05917-3