



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Praha, 20.4.2015

Seminář biomedicínského inženýrství LS 2014/2015

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: 978-80-01-05726-1

Počet stran: 33

Pořadí vydání: 1.

Poděkování:

Sborník vznikl jako výstup projektu SVK 24/15/F3 Seminář biomedicínského inženýrství 2015 financovaného Českým vysokým učení technickým v Praze.

Práce studentů FBMI ČVUT byla podporována projektem Podpora zkvalitnění týmu výzkumu a vývoje a intersektorální mobility na ČVUT v Praze, registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/30.0034.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘEDMLUVA

Sborník z konference Seminář biomedicínského inženýrství 2015, který se Vám dostává ke čtení, je souborem rozšířených abstraktů a prezentací diplomových prací obhajovaných v oborech biomedicínské inženýrství a příbuzných oborech na Fakultě elektrotechnické a Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze.

Myšlenka uspořádat konferenci vznikla jako logický výsledek diskusí o možnostech zvyšování kvality závěrečných prací v magisterském studiu a obecně i o možnostech celkového zkvalitňování výuky. Konference je určena pro studenty magisterských studijních programů FEL ČVUT a FBMI ČVUT v Praze, především pak pro studenty oborů Biomedicínské inženýrství.

Cílem konference je dát studentům v době ještě před termínem odevzdání diplomových prací možnost výsledky diplomové práce prezentovat, získat tak zpětnou vazbu od dalších účastníků, odhalit silné a slabé stránky diplomové práce a slabé stránky práce ještě před jejím odevzdáním potlačit. Lze očekávat, že taková možnost prezentace požadované zkvalitnění odevzdávaných závěrečných prací přinese a studenty dobře připraví pro obhajobu před státní zkušební komisí.

Koncepce konference navíc umožňuje přímé srovnání závěrečných prací vznikajících na obou zmíněných fakultách, vzájemnou inspiraci a další prohloubení mezifakultní spolupráce, která je oboustranně vítána.

Jan Havlík

Karel Roubík

OBSAH

PŘEDMLUVA	3
OBSAH	4
Bartoniček Jakub	
DETEKCE ADVERZNÍCH ÚČINKŮ UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE MULTISIGNÁLOVOU ANALÝZOU	6
Behenská Jarmila	
ZMĚNY V AKUSTICKÝCH CHARAKTERISTIKÁCH ŘEČI SOUVISEJÍCÍ S VĚKEM	7
Březinová Barbora	
VYHODNOCENÍ VYUŽITELNOSTI PROTOKOLU PROFINET V OBLASTI MEDICÍNSKÉ TECHNIKY	12
Buzková Kristýna	
VLIV VELIKOSTI ELEKTRODOVÉHO PÁSU NA PŘESNOST VYHODNOCOVÁNÍ REGIONÁLNÍ VENTILACE POMOCÍ ELEKTRICKÉ IMPEDANČNÍ TOMOGRAFIE	15
Johánek Jakub	
MODEL RESPIRAČNÍ SOUSTAVY SIMULUJÍCÍ VÝMĚNU PLYNŮ V ORGANISMU	16
Macej Patrik	
PREDIKCE VZNIKU FIBRILACE SÍNÍ A JEJÍ ÚSPĚŠNÉ TERMINACE NA ZÁKLADĚ NELINEÁRNÍ ANALÝZY EKG	17
Ort Václav	
MOŽNOST VZNIKU DYNAMICKÉ HYPERINFLACE PLIC PŘI HFOV	18
Pešek Tomáš	
ANALÝZA BIOLOGICKÝCH SIGNÁLŮ Z EXPERIMENTÁLNÍHO MODELU ARDS	19
Procházková Radka	
SENZOR PRŮTOKU PRO VYSOKOFREKVENČNÍ OSCILAČNÍ VENTILACI	20
Stránská Anežka	
STUDIUM DISTRIBUCE TLAKOVÝCH AMPLITUD V RESPIRAČNÍM SYSTÉMU PŘI HFJV	21

Stránská Monika

*STUDIUM MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ EKG SIGNÁLU K DETEKCI
OBĚHOVÉ ADVERZE UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE*22

Strnad Pavel

*TESTOVÁNÍ PSYCHOAKUSTICKÝCH PARAMETRŮ LIDSKÉHO
SLUCHU VE STÁŘÍ POMOCÍ PROTOTYPU STIMULAČNÍ
APARATURY*23

Tesař Štěpán

*GENERAL ARCHITECTURE FOR DEVELOPMENT OF
MULTIPLATFORM ELEARNING APPLICATIONS*24

Vondráčková Lenka

ANALYSIS OF HYPERCAPNIA DATA28

Zenker Daniel

*NÁVRH METODIKY PRO HODNOCENÍ ODCHYLKY POLOHY
IZOCENTER*32

DETEKCE ADVERZNÍCH ÚČINKŮ UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE MULTISIGNÁLOVOU ANALÝZOU

Jakub Bartoníček

FBMI ČVUT v Praze, Náměstí Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Střední tlak v dýchacích cestách (CDP) je parametr, který se nastavuje během připojení pacienta na vysokofrekvenční oscilační umělou plicní ventilaci (HFOV). V současnosti neexistuje žádná robustní metoda, podle které by se hodnota CDP u jednotlivých pacientů nastavovala. Práce je součástí projektu, jehož výsledkem má být nalezení způsobu, jak nastavit CDP, aniž by docházelo k adverzním účinkům na oběhovou soustavu vlivem příliš vysokého CDP. Cílem práce je zjistit, zda analýzou synchronně zaznamenaných biosignálů při ventilačních experimentech na zvířatech lze odhadovat vliv CDP na oběhovou soustavu u HFOV.

Jedná se o prospektivní intervenční studii. Měření bylo prováděno na živých dospělých prasatech, do studie byla zahrnuta data ze čtyř jedinců. V první části experimentu byla prasata zdravá, před druhou fází jim byl uměle navozen stav ARDS. Během experimentu byly synchronně zaznamenávány signály plicní ventilace a oběhové soustavy přístroji Datex Ohmeda, Nihon Kohden, LabChart a Terumo CDI. Pro každý použitý signál byl navržen filtr, některé signály byly decimovány. Pletysmografická křivka byla popsána souborem navržených příznaků v časové oblasti. Z celého souboru navržených příznaků byly vybrány takové, na které se projevuje vliv změny CDP. Na těchto samých příznacích byla poté zjišťována korelace s parametry oběhové soustavy, jako jsou: srdeční výdej (CO), saturace venózní krve kyslíkem (SvO₂), tlak v plicní tepně (PAP), parciální arteriální tlak kyslíku (PaO₂) a parciální arteriální tlak Oxidu uhličitého PaCO₂.

Změna CDP výrazně ovlivňuje následující parametry pletysmografické křivky vypočítané vždy v jednom srdečním cyklu: plocha pod křivkou, doba trvání, minimální hodnota signálu, gradient sestupné hrany k prvnímu dikrotickému zářezu (downslope), rozdíl maxima a prvního dikrotického zářezu (dikrotToVall) a rozdíl maxima a prvního lokálního maxima za dikrotickým zářezem (dikrotToHill). Příznak dikrotToHill v závislosti na CDP koreluje s hodnotou PAP v závislosti na CDP. Příznak downslope v závislosti na CDP koreluje s hodnotou SvO₂ a s průtokem arterií subclavia v závislosti na CDP.

Nalezená korelace CDP s pletysmografickou křivkou je dobrým základem pro určení nastavované hodnoty CDP. Už proto, že pletysmografický signál je snadno dostupný a jednoduše se měří. Celá studie se však potýká s problémem nízkého počtu subjektů a s kvalitou zaznamenaných signálů. Decimace signálů byla provedena zejména kvůli snížení výpočetní náročnosti. Proto se týkala jen signálů, ze kterých se vypočítávají průměrné hodnoty za delší časový úsek, nikoli signálů, u kterých byl hodnocen tvar, tedy právě pletysmografické křivky.

Vliv CDP na oběhovou soustavu se podařilo detekovat ve vybraných příznacích pletysmografické křivky, stejně jako v signálech oběhové soustavy: PAP, SvO₂ a v průtoku a. subclavia.

Klíčová slova

Pletysmografická křivka; střední tlak v dýchacích cestách; CDP; extrakce příznaků; vysokofrekvenční oscilační umělá plicní ventilace; HFOV

Změny v akustických charakteristikách řeči související s věkem

Age – related changes in acoustic characteristics of speech

Jarmila Behenská

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

V dnešní době se ukazuje, že výzkum věkové závislosti řečových charakteristik je důležitý hlavně ze dvou důvodů. Za prvé větší znalost změn řečových trendů způsobených stárnutím by mohla přinést více pohledů z obecných modelů na anatomické, fyziologické i lingvistické důsledky na řeč. Za druhé analýza zdravé řeči může poskytnout klíčový přínos pro včasnou diagnózu neurodegenerativních změn, jako například Parkinsonovy nebo Huntingtonovy choroby. Bez obecných poznatků o stárnutí lidské řeči u zdravých jedinců je velmi těžké rozpoznat, kdy jde o změny předznamenávající rozvíjející se neurodegenerativní nemoc a kdy jednoduše souvisejí s procesem fyziologického stárnutí.

Základní vlastnosti lidského hlasu jsou dány fyziologií hlasového ústrojí. Je známo, že vlivem stárnutí dochází k fyziologickým změnám organismu a tak i samotných akustických parametrů hlasu. Změny výšky hlasu vznikají změnami postavení hlasivkových chrupavek, proměnou napětí hlasivek, změnou tlaku výdechového vzduchu i práce svalů hrtanu. Hlas vycházející z hlasivek získává barvu průchodem jednotlivými rezonátory, typickými pro každého jednotlivce. S vyšším věkem se mění i vlastnosti rezonančních dutin a tím dochází ke změnám rezonančních frekvencí neboli formantů.

Věkovou závislostí některých hlasových parametrů se zabývala řada příčných i podélných studií, na jejichž základě jsem vybrala pro tuto práci vhodné akustické parametry. Studie zkoumaly jak mužské, tak ženské hlasy. Příčné studie zkoumají hodnoty u více jedinců v každé věkové kategorii. Sběr dat od různých věkových skupin způsobuje zkreslení průběhů parametrů vlivem individuální variability. Podélné se zabývají studiem jediného jedince během života. Záznam hlasu jedince v průběhu života nelze prakticky získat pro rychlou analýzu. Jako vhodné řešení se nabízí využít rozhlasové nebo filmové záznamy herců pro analýzu průběhů hlasových charakteristik.

Akustické analýzy se hodnotí ze tří hledisek. Fonační subsystém zkoumá průměrné hodnoty a odchylky základní frekvence, jitteru, shimmeru. Artikulační se zabývá vokálním prostorem (VSA) a artikulačním indexem (VAI), což jsou parametry, podle kterých se dají rozpoznat nemocní od zdravých. Prozodické hledisko řeší rychlost artikulace a pauzy v promluvách.

Výsledkem dostupných výzkumů jsou všeobecně platné trendy, ale nejsou detailně popsány. Ve všech pracích se zkoumala základní frekvence neboli výška hlasu, která je dána nejen fyziologickými vlastnostmi hlasového ústrojí, ale i stavem organismu, emocemi, okolím. Dále by ly hodnoceny první čtyři rezonanční formantové frekvence. Jako věkově závislé byly potvrzeny pouze první a druhý formant. Poměr prvního a druhého formantu u samohlásek dává vokaliký trojúhelník. S rostoucím věkem se pozorují poměry formantů u jednotlivých vokálů.

Trendy základních hlasových parametrů jsou základem akustických analýz a metod rozpoznávání řeči, které pracují se všemi věkovými skupinami, a proto je velmi důležité popsat tyto charakteristiky během života. Znalosti trendů jednotlivých hlasových charakteristik mohou být dále využity i v komerčních aplikacích, kde se využívá ovládání lidským hlasem.

Cílem diplomové práce je podélná studie věkově závislých akusticko – fonetických jevů ženského hlasu pomocí softwaru Praat a Matlab. Pro analýzu jsem použila nahrávky herečky Ivany Chýlkové bez hudebního šumu i emočně vypjatých situací, kdy herečka pracuje s hlasem na hranici frekvencí, které v běžné mluvě nepoužívá. Nejvhodnější se ukázalo na základě tří hledisek hodnotit základní frekvenci (F0), první a druhý formant (F1, F2), jitter, shimmer a počátek znělosti (VOT), velikost vokálního prostoru (VSA), artikulační index (VAI), artikulační rychlost.

Klíčová slova

Akustická analýza hlasu, Praat, hlas, řeč, věková závislost, základní frekvence, formantové frekvence, počátek znělosti, jitter, shimmer, vokální trojúhelník.

Změny v akustických charakteristikách řeči související s věkem



Jarmila Behenská

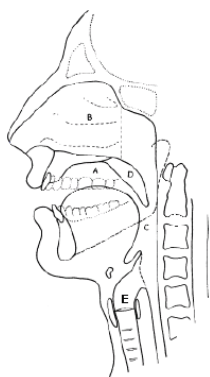
Osnova

- Motivace
- Hlas
- Základní frekvence
- Formantové frekvence
- Vokální prostor
- Počátek znělosti
- Jitter, shimmer
- Závěr
- Dotazy

Motivace

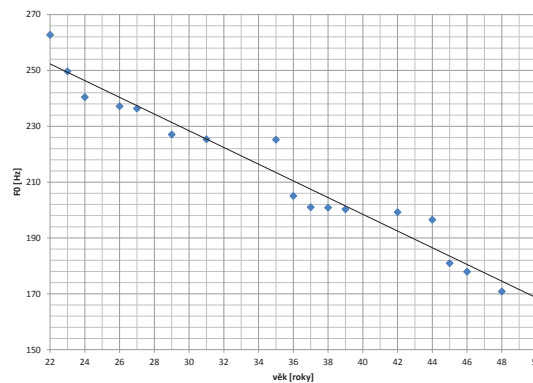
- 1) Fyziologické, anatomické, lingvistické důsledky
- 2) Včasná diagnóza neurodegenerativních změn
- 3) Komerční aplikace

Hlas

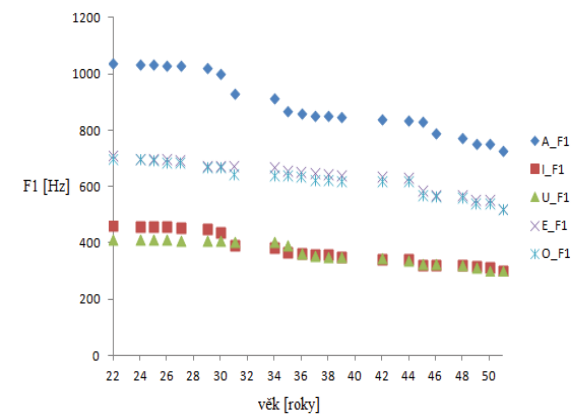


- A. dutina ústní - orální
- B. dutina nosní - nazální
- C. dutina hrdelní - laryngální
- D. velum (měkké patro)
- E. chordae vocales (hlasivky)

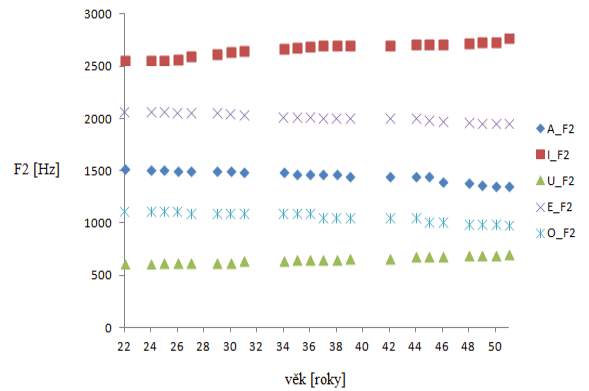
F0 z prodloužené fonace /a/



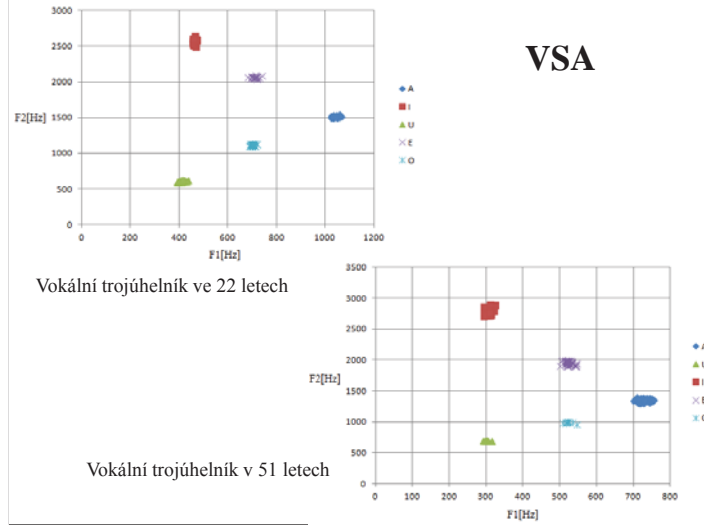
F1 s rostoucím věkem u samohlásek



F2 s rostoucím věkem u samohlásek

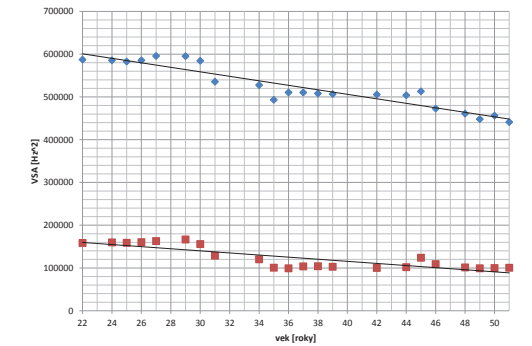


VSA

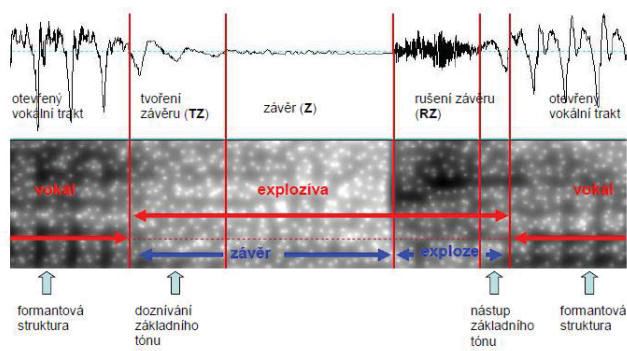


VSA – obsah vokálního prostoru

$$VSA = \text{abs}((F1i \cdot (F2a - F2u) + F1a \cdot (F2u - F2i) + F1u \cdot (F2i - F2a)) / 2);$$

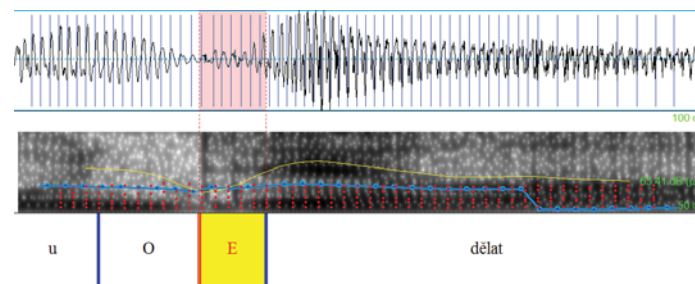


Počátek znělosti VOT

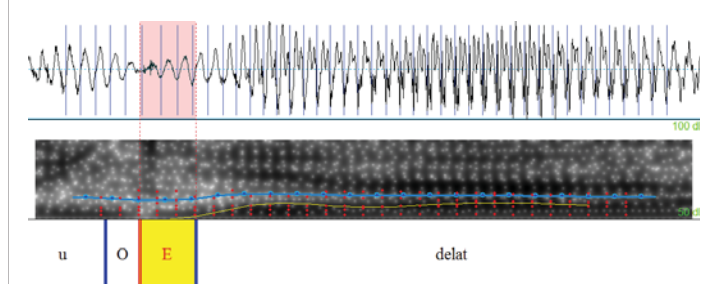


VOT slovo udělat ve 26

- Okluze a exploze



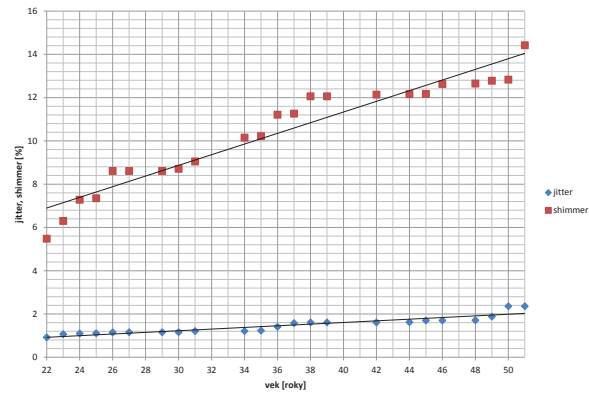
VOT slovo udělat ve 48



Jitter, shimmer

- Jitter – frekvenční variabilita
- Shimmer – amplitudová variabilita
- Kvalita fonace (fonační subsystém)

Jitter, shimmer s rostoucím věkem



Závěr

- F0 s rostoucím věkem klesá
- F1 pro všechny vokály klesá
- F2 pro /a/, /e/, /o/ klesá
- F2 pro /i/, /u/ roste
- VSA se zmenšuje
- VOT výrazně se nemění, okluze klesá
- Jitter, shimmer rostou

Otázky

Děkuji za pozornost

VYHODNOCENÍ VYUŽITELNOSTI PROTOKOLU PROFINET V OBLASTI MEDICÍNSKÉ TECHNIKY

Barbora Březinová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Cílem diplomové práce je zhodnotit možnost využití komunikačního protokolu PROFINET v oblasti lékařské techniky.

PROFINET je jedním z hlavních komunikačních standardů založených na průmyslovém Ethernetu s velkou budoucností na celosvětovém trhu. Tento protokol je podporován řadou výrobců a využíván především v automatizaci výroby, automatizaci procesů řízení. Zejména se jedná o oblast automobilového průmyslu, strojírenství, potravinářského a balíčního průmyslu, tiskáren, logistiky a v dnešní době se začíná využívat i v lékařské technice a dalších oblastech.

Hlavními výhodami tohoto standardu jsou:

- Komunikace mezi PLC v distribuovaných systémech (distribuovaná inteligence)
- Komunikace mezi distribuovanou průstrojovou technikou, jako jsou vzdálené I/O, pohony atd.
- Komunikace v reálném čase a synchronizovaná komunikace (IRT) pro například aplikace s řízením pohybu
- Jednoduchá a jasná pravidla pro návrh a instalaci se standardizovanými průmyslovými konektory a průmyslovými síťovými komponentami
- Vzdálená údržba a diagnostika po síti prostřednictvím zavedených standardů IT (například SNMP)
- Ochrana proti nechtěné manipulaci, nepovolenému přístupu a celkové zabezpečení technologie pomocí průmyslových bezpečnostních komponent
- Průmyslová bezpečnost (PROFIsafe) pro ochranu strojů, personálu a okolního prostředí
- Kontinuální vývoj v mezinárodních pracovních skupinách sdružených mezinárodní organizací PROFIBUS International
- Kompatibilita s IT standardy: HTTP, FTP, e-mail
- Bezdrátová komunikace
- Vysoký komunikační výkon, rychlost přenosu až do 100 Mbit/s a latence 0,25 ms
- Nastavby
 - PROFInergy – úspora energie
 - PROFIdrive – řízení motorů
 - PROFIsafe – bezpečnost

Pokud se jedná o lékařskou techniku, v současné době se PROFINET využívá například v hyperbarické kyslíkové terapii pro řízení komory. Pomocí PROFINETu komunikuje PLC s řídicím počítačem a HMI (Human Machine Interface). Další stávajícím využitím protokolu PROFINET je řízení motorů při testování kolenních endoprotéz, kdy se simulují pohyby jako stání, sezení, atd.

V další části budou rozebrány další oblasti, ve kterých by se dal využít protokol PROFINET. Jedná se především o přenos signálu u chirurgického robota mezi ovládací konzolí a operátorem ramenem, pro řízení vozíků, které by samostatně jezdily po nemocnici, v diagnostických přístrojích, v asistivních technologiích, atd.

V této práci bude též provedeno měření, na jehož základ bude možné porovnání protokolu PROFINET s protokoly Ethernetem & IP na základě parametrů komunikace (datový tok, vzorkovací frekvence, přesnost synchronizace, spolehlivost a bezpečnost přenosu).

Klíčová slova

PROFINET, lékařská technika, Ethernet & IP, OSI model, IRT, PROFIsafe, PROFInergy, PROFIdrive, průmyslová komunikace, distribuované systémy

Vyhodnocení využitelnosti protokolu PROFINET v oblasti medicínské techniky

Barbora Březinová

Obsah

- ▶ PROFINET v OSI modelu
- ▶ PROFINET – základní informace
- ▶ Současné využití PROFINETu v průmyslu
- ▶ Současné využití PROFINETu v lék. technice
- ▶ Další možné využití PROFINETu v lék. technice
- ▶ Porovnání protokolů PROFINETu a Ethernet&IP

OSI model

ISO	PROFINET I/O Services PROFINET I/O Protokol		PROFINET CBA (dnes se již nepoužívá)
Aplikační B			
Aplikační A	RPC	DCOM Spojení orientované RPC	
Prezentační	Nepopsaný		Nepopsaný
Relační			
Transportní	UDP	TCP	
Síťová	IP		
Linková	IEEE 802.3 Full Duplex, IEEE 802.1 Q Priority Tagging		
Fyzická	IEEE 802.3 100 BASE-TX, 100 BASE-FX		

PROFINET – základní informace

- ▶ Průmyslový Ethernet
- ▶ Komunikace mezi PLC v distrib. systémech
- ▶ Komunikace mezi distrib. přístrojovou technikou (vzdálené I/O, pohony)
- ▶ Komunikace v reálném čase
- ▶ Komunikace (IRT) pro např. aplikace s řízením pohybu

PROFINET – základní informace

- ▶ Průmyslová bezpečnost (PROFIsafe)
- ▶ Kompatibilitnost s IT standardy: HTTP, FTP, e-mail
- ▶ Bezdrátová komunikace
- ▶ Vysoký komunikační výkon
- ▶ Rychlost přenosu až v řadech 0,25 ms
- ▶ Nadstavby
 - PROFInergy – úspora energie
 - PROFIdrive – řízení motorů
 - PROFIsafe – bezpečnost

Využití PROFINETu průmyslu

- ▶ Průmysl – automobilový, strojírenský,...
- ▶ Tiskárny
- ▶ Automatizace v letectví
- ▶ Monitorovací systém v lodním průmyslu
- ▶ Otáčení kabiny v zábavním
- ▶ Otáčející se hlava Franze Kavky

Využití PROFINETu v lék. technice

- ▶ Přístroj na testování kolenních endoprotéz
- ▶ Hyperbarická kyslíková terapie – řízení komory

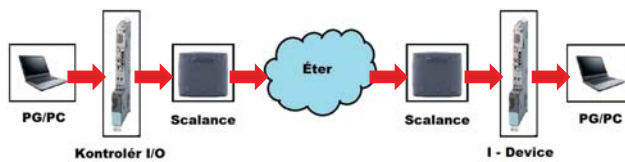
Další možné využití PROFINETu v lék. technice

	Rehabilitační stroje	Rehabilitační stroje	Robotické rameno	Samostatná jízdní	Aktivní technologie	Diagnostické přístroje
Infekční oddělení		Rehabilitační stroje	Robot operující infikované pacienty	Převoz pacientů	Přenos biologických signálů k ovládní aplikací	
Operace pomocí mini robotů	Mini roboti pro operace					
HMI (rakavice, přenos biologických signálů)		Zpětná vazba při operaci/rehabilitaci	Zpětná vazba při operaci/rehabilitaci		Přenos biologických signálů k ovládní aplikací	
Akutní příjem, JIP, RES				Převoz pacientů		
Rehabilitace		Rehabilitační stroje		Převoz pacientů		
Diagnostické oddělení						Diagnostické přístroje

Další možné využití PROFINETu v lék. technice

	Rehabilitační stroje	Rehabilitační stroje	Robotické rameno	Samostatná jízdní	Aktivní technologie	Diagnostické přístroje	Diagnostické přístroje
Rehabilitační stroje	Zpětná vazba, odpor	Přenos pokynů	Komunikace mezi přístrojem a řídicí jednotkou	Komunikace přes internet, nastavení parametrů (spát)			
Robot operující infikované pacienty	Zpětná vazba, odpor	Přenos pokynů	Komunikace mezi konzolí a robotickým ramenem	Ochrana před ztrátou zřív, chyby a špatným pořadím zpráv			Rychlý přenos příkazů i starší (minimální zpoždění)
Převoz pacientů		Monitorování polohy	Komunikace mezi vozíkem a centrálním ústředím, případně mezi vozíky	Komunikace přes internet (spát)	Uložení bezpečnosti provozu	Sleep mode při absenci vozíku po delší dobu (např. pro překládání nákladů)	
Přenos biologických signálů k ovládní aplikací	Snímání signálů	Přenos signálů	Přenos signálů mezi snímacím senzorem a PC				Minimální zpoždění, rychlá reakce na senzorový signál
Operace mini robotů		Přenos komunikace mezi roboty, monitorování polohy	Komunikace mezi roboty	Nastavení parametrů, polohy	Ochrana před ztrátou zřív, chyby a špatným pořadím zpráv		
Zpětná vazba při operaci rehabilitaci	Zpětná vazba, odpor	Přenos pokynů	Komunikace mezi konzolí a robotickým ramenem		Ochrana před ztrátou zřív, chyby a špatným pořadím zpráv		Rychlý přenos příkazů i starší (minimální zpoždění)
Diagnostické přístroje	Očíslení (např. rentgenky)	Přenos naměřených dat	Komunikace mezi řídicí jednotkou a ovládacím panelem, přenos naměřených dat	Ovládní, nastavení parametrů		Sleep mode mezi jednotlivými vyšetřeními	Řízení odtak

Porovnání protokolů PROFINETu a Ethernet & IP



Děkuji za pozornost 😊

VLIV VELIKOSTI ELEKTRODOVÉHO PÁSU NA PŘESNOST VYHODNOCOVÁNÍ REGIONÁLNÍ VENTILACE POMOCÍ ELEKTRICKÉ IMPEDANČNÍ TOMOGRAFIE

Kristýna Buzková

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Elektrická impedanční tomografie (EIT) je neinvazivní diagnostická metoda bez známých vedlejších účinků, která umožňuje zobrazit rovinné rozložení impedance hrudníku. Jelikož EIT není dosud rutinním nástrojem, nejsou metody vyšetřování zcela standardizované. Obraz se získá pomocí elektrod umístěných kolem hrudníku. Jedním z nejčastěji využívaných přístrojů pro monitoring plic je PulmoVista 500 (Dräger, Německo). Pro akvizici dat používá elektrodové pásy s 16 ekvidistantně rozmístěnými elektrodami a s několika variantami velikostí zapnutí kolem pacientova hrudníku. Výrobce dodává 4 velikosti tohoto pásu pro určité rozsahy obvodů hrudníku, jejichž hranice se ale pro jednotlivé pásy překrývají. Vznikají tak situace, kdy na pacientovi s hrudníkem, jehož obvod se nalézá v přechodové oblasti mezi dvěma pásy, může být zcela v souladu s návodem k použití použit menší i větší elektrodový pás. Protože rekonstrukční algoritmus počítá s rovnoměrně umístěnými elektrodami, je otázkou, zda při použití různých pásů, kdy rovnoměrné rozmístění elektrod není zachováno, nedochází k signifikantnímu rozdílu ve výsledných snímcích. Existuje řada studií zabývajících se změnou pozic elektrod jako možným zdrojem chyb při vyhodnocování EIT. Dosud se ale žádná studie nezabývala touto problematikou u systému PulmoVista 500 a vlivem rozmístění elektrod na hodnocení zobrazení distribuce ventilace. Cílem této práce je zjistit, zda dochází k signifikantnímu posuvu ve vyhodnocování regionální ventilace pomocí elektrické impedanční tomografie při použití dvou velikostí elektrodových pásů, které nezachovávají rovnoměrné rozmístění elektrod kolem hrudníku.

Intervenční, prospektivní studie schválené etickou komisí ČVUT FBMI se zúčastnilo celkem 23 zdravých dobrovolníků. Obvod hrudníku všech dobrovolníků se pohyboval v rozmezích, pro která výrobce stanovil možnost použití dvou velikostí elektrodových pásů. Ve skupině S/M, tj. s velikostí hrudníku mezi 80 a 85 cm, bylo 9 probandů; ve skupině M/L, tj. s velikostí hrudníku 92 až 96 cm, bylo 13 probandů a v poslední skupině L/XL, tj. s velikostí hrudníku mezi 106 a 110 cm, byl jeden proband. Po absolvování vstupních vyšetření (spirometrické testy a měření množství podkožního tuku), probandi absolvovali vyšetření EIT v pozicích vsedě a vleže postupně s oběma pásy. Pásy byly umístovány vždy do oblasti pátého mezižebří v úrovni medioklavikulární čáry. Probandi dýchali 3 minuty spontánně a následně cca minutu forsírovaně. Během vyšetření EIT byli probandi rovněž monitorováni pomocí spirometru. Výsledky byly zobrazovány jako procentuální zastoupení celkové distribuce ventilace v jednotlivých oblastech zájmu (ROI). Pro ověření, zda menším pásem nedocházelo ke stlačování hrudníku a změně dechových objemů, byla vyhodnocena také data ze spirometrického měření.

Nejvýznamnější změny byly nalezeny v poloze vleže při spontánním dýchání, kdy pro skupinu S/M byla distribuce ventilace v první horizontální ROI pro pás S $9,7 \pm 1,9$ % (průměr \pm SD) a pro pás M $7,36 \pm 2,4$ %. Pro skupinu M/L pro pás M se byly tyto hodnoty $10,1 \pm 3,9$ % pro pás L $8,17 \pm 3,2$ %. Při srovnání všech probandů, tj. obecné porovnání menšího a většího pásu, jsou výsledky následující: pro menší pás $10,5 \pm 3,9$ % a pro větší pás $7,74 \pm 2,9$ %. Odpovídající hodnoty výsledků párového T-testu pak jsou 0,0032, 0,069 a 0,0029.

Výsledky prokazují, že pouhou změnou elektrodového pásu může dojít k signifikantním změnám v zobrazované distribuci ventilace pomocí EIT a k chybnému hodnocení vývoje plicního onemocnění. Je žádoucí vypracovat navazující studii zabývající se tím, nakolik jsou nalezené statisticky významné změny také klinicky významné.

Klíčová slova

elektrická impedanční tomografie, elektrodový pás, distribuce ventilace

MODEL RESPIRAČNÍ SOUSTAVY SIMULUJÍCÍ VÝMĚNU PLYNŮ V ORGANISMU

Jakub Johánek

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Umělá plicní ventilace je technika, která dokáže nahradit spontánní dýchání člověka. Úmrtnost pacientů, kteří jsou postiženi akutním respiračním selháním, dosahuje až 40 %. Vytvoření věrohodného metabolického modelu plic by mohlo zvýšit kvalitu testování ventilační techniky, výuku respiračních terapeutů či lékařů zajišťujících umělou plicní ventilaci či další zkoumání technik umělé plicní ventilace. Cílem práce je navrhnout a vytvořit nové konstrukční, hardwarové a softwarové součásti pro simulátor respirace, který má mechanické parametry odpovídající mechanickým parametrům respiračního systému dospělého člověka a který spotřebovává kyslík a produkuje oxid uhličitý s respiračním kvocientem odpovídajícím metabolismu člověka.

Celkový vnitřní objem modelu je navržen tak, aby jeho poddajnost odpovídala poddajnosti dospělé lidské plíce 1 L/kPa. Těsnot modelu byla ověřena pomocí tlakové zkoušky natlakováním modelu na 6 kPa a sledováním poklesu hodnoty tlaku v čase. Metabolická přeměna kyslíku na oxid uhličitý je prováděna spalováním směsi propan-butanu. Respirační kvocient propanu je 0,6 a butanu 0,615. Teplo, které při reakci vzniká, je odváděno vodním chlazením. Voda, vznikající kondenzací vodní páry na chladiči, je v průběhu simulace vypouštěna. Bezpečnost modelu je zajištěna sledováním hoření plamene pomocí ionizační elektrody, která uzavře palivový ventil v okamžiku uhašení plamene. Další bezpečnostní prvek umístěný v modelu je detektor hořlavých plynů, který při zvýšené, nikoliv však výbušné, koncentraci propan-butanu provede zastavení simulace a spustí automaticky průplach vnitřku modelu stlačeným vzduchem.

Při tlakové zkoušce byl zjištěn maximální pokles 6 Pa/s. Maximální únik objemu při tlaku 6 kPa byl 5 mL/s. Časová konstanta poklesu tlaku v modelu byla 40 minut. Během pilotního měření bylo dosaženo maximální koncentrace oxidu uhličitého uvnitř modelu 6,5 %, spotřebou kyslíku poklesla jeho koncentrace uvnitř modelu na 19 % při nastavené objemové ventilaci: dechový objem $V_t = 500$ mL, dechová frekvence $f = 30$ min⁻¹, $FiO_2 = 31$ %, $PEEP = 5$ cm H₂O. Vypočtený respirační kvocient $RQ = 0,54$. Respirační kvocient pilotního měření vyšel přibližně o 10 % méně, než je předpokládaná hodnota.

Výsledkem této práce je funkční a bezpečný metabolický simulátor plic s měřicím a řídicím HW, ke kterému je vyvinut ovládací a monitorovací SW.

Klíčová slova

simulátor respirace; metabolická plíce; metabolický plicní simulátor; fyziologický simulátor plic

Predikce vzniku fibrilace síní a její úspěšné terminace na základě nelineární analýzy EKG

Patrik Macej

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno 2

Abstrakt

Fibrilace síní je jednou z nejčastějších poruch srdečního rytmu. Je diagnostikována u 1–2 % populace a její výskyt stále roste. V současnosti bohužel neexistují kvalitní nástroje k diagnostice a včasnému odhalení fibrilace síní. Nalezení takových metod by výrazně zefektivnilo výsledky léčby a pomohlo k pochopení mechanismu vzniku fibrilace síní. Cílem práce je analyzovat RR intervaly z hlediska variability srdeční frekvence pomocí nelineárních metod a vybrat parametry, které by mohly predikovat vznik a terminaci fibrilace síní. Standardními metodami použitými v této práci jsou časová a frekvenční analýza. Nelineárními metodami jsou zde rekurentní analýza a fraktální dimenze. Data EKG signálu pochází od pacientů, kteří měli fibrilaci síní. Následně jim byla provedena kardioverze, po které podstoupili ortostatiké vyšetření za současného snímání EKG. Pacienti byli rozděleni do skupin podle toho, kdy se jim fibrilace síní vrátí. První skupině se vrátila fibrilace do 5 dnů (13 pacientů) od kardioverze a druhé skupině se nevrátila ve sledovaném období 30 dnů od kardioverze (15 pacientů). Výsledky jednotlivých metod byly porovnány a statisticky vyhodnoceny. Standardní metody časové analýzy neprokázaly signifikantní rozdíl mezi skupinami na hladině $p = 0,05$. U nelineárních metod nebyl prokázán signifikantní rozdíl u fraktální dimenze. Naopak u rekurentní analýzy byl statisticky významný rozdíl u parametru: LMAX (délka nejdélejší diagonální čáry), Entropie (Shannonova entropie rozdělení pravděpodobnosti délek diagonálních čar), AVDL (průměrná délka diagonální čáry), Divergence (převrácená hodnota LMAX) ve fázi lehu a Laminarita (procento rekurentních bodů, tvořící svislé čáry) a Entropie ve fázi sedu. Bohužel se nepodařilo naměřit větší množství pacientů, což mohlo ovlivnit kvalitu výsledků. Nebylo také možné použít klasifikátor, protože nebylo dostatek dat pro trénovací množinu. Další nepřesnosti do analýzy mohlo vnést určení času jednotlivých fází. Na druhou stranu je však patrné, že hodnoty parametrů rekurentní analýzy poukazují na nižší variabilitu srdeční frekvence u skupiny, které se fibrilace vrátí do 5 dnů od zákroku. Podařilo se najít parametry nelineární analýzy, které mohou predikovat vznik nebo terminaci fibrilace síní. Naopak se prokázalo, že lineární metody nejsou pro tuto predikci vhodné.

Klíčová slova

Fibrilace síní, nelineární metody, lineární metody

MOŽNOST VZNIKU DYNAMICKÉ HYPERINFLACE PLIC PŘI HFOV

Bc. Václav Ort

FBMI ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Dynamická hyperinflace plic (DH) může způsobovat změny v hemodynamice, zvyšovat dechovou práci, snižovat efektivitu ventilace, případně vést až k barotraumatu plic. Dle dostupné literatury lze DH při vysokofrekvenční oscilační ventilaci (HFOV) zjistit pomocí měření esofageálního tlaku (ESP), okluzním manévrem nebo pomocí měření tlakové diference mezi tlakem v dýchacích cestách (Paw) a tlaku v alveolech (Palv) chirurgicky umístěnou kapslí. Ani jedna z těchto metod není uspokojivá, neboť buď vyžaduje manévr ovlivňující normální průběh ventilace, nebo je invazivní. Cílem této studie je připravit metodu pro neinvazivní zjišťování DH za použití elektrické impedanční tomografie (EIT) a zjistit, za jakých podmínek k DH dochází.

Pilotní experiment byl proveden na dvou prasatech domácích ventilovaných vysokofrekvenčním oscilačním ventilátorem SensorMedics 3100B (CareFusion). Tlaky Paw a ESP byly měřeny přístrojem vlastní konstrukce (rozsah ± 10 kPa, 14 bit, fvz = 1000 Hz). Palv byl vypočítán ze signálu EIT snímaného přístrojem PulmoVista 500 (Dräger). Pro výpočet Palv byl EIT signál kalibrován injekcí 60 mL vzduchu do uzavřeného respiračního systému při vypnutých oscilacích.

Při poměru inspiračního a expiračního (I:E) času 1:1 byl vypočtený Palv vždy větší, než Paw a naopak při I:E 1:2 byl vypočtený Palv vždy menší než Paw. Rozdíl v Palv mezi nastavenými I:E 1:1 a 1:2 byl až 1 kPa. Zjištěná tlaková diference je závislá na nastaveném středním tlaku Paw.

Tlakový gradient mezi Palv a Paw dokazuje přítomnost DH v plicích. Měření DH pomocí EIT bylo verifikováno současným měřením ESP a jeho porovnáním s vypočteným Palv vypočteným ze signálu EIT.

Neinvazivním měřením pomocí EIT bylo zjištěno, že k dynamické hyperinflaci dochází při nastavení poměru inspiračního a expiračního času 1:1 pro všechny nastavené hodnoty středního tlaku v dýchacích cestách.

Klíčová slova

dynamická hyperinflace plic; elektrická impedanční tomografie; vysokofrekvenční oscilační ventilace;

ANALÝZA BIOLOGICKÝCH SIGNÁLŮ Z EXPERIMENTÁLNÍHO MODELU ARDS

Tomáš Pešek

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno

Abstrakt

Vysokofrekvenční oscilační ventilace (HFOV) je druh umělé plicní ventilace (UPV), používané v klinické praxi, která zajišťuje výměnu plynů mezi plicemi pacienta a okolím. Pro ventilaci pacienta používá objemy srovnatelné, nebo menší, než je mrtvý prostor dýchací soustavy. Jedním z hlavních parametrů, nastavovaných při použití HFOV u pacienta, je střední tlak v dýchacích cestách (CDP). Doposud neexistuje spolehlivý a univerzální návod na nastavení ideálního CDP. Při extrémních hodnotách tlaku, příliš nízkých nebo vysokých, vznikají problémy s výměnou krevních plynů, respektive s hemodynamickou stabilitou organismu. Cílem práce je nalézt hraniční hodnotu CDP, jejíž překročení má za následek rapidní změnu srdečních parametrů (tlak a objem levé komory), a ověřit tento jev na skupině animálních modelů plic. Skupině 6 prasat ($m = 45 \pm 5$ kg) byl v anestezii zaveden katetr do levé srdeční komory a v průběhu experimentu kontinuálně měřen její tlak ($p_{LV} = 60 \pm 5$ mmHg) a objem ($V_{LV} = 120 \pm 27$ mL). Hodnoty CDP (rozsah $12-28 \pm 2$ cm H₂O) byly po 2 cm H₂O / 10 min zvyšovány do hraniční metabolické stability a následně stejným způsobem snižovány až na počáteční CDP. Následně byl plicní laváží fyziologickým roztokem vytvořen model ARDS, u kterého byl proveden stejný postup zvyšování a snižování CDP (rozsah $18-36 \pm 4$ cm H₂O). Parametr, určující srdeční práci, byl počítán jako plocha tlakově-objemové křivky srdce během každého srdečního cyklu. Její změna byla následně porovnána s cílenou změnou CDP. U 62 % testovaných subjektů bylo mezní CDP = 24 ± 2 cm H₂O a u 68 % ARDS modelů byl mezní tlak CDP = 28 ± 2 cm H₂O. Počet vyhodnocených mezních tlaků může být zvýšen cílenou kontrolou správnosti umístění měřicího katetru a věrohodnosti zaznamenávaných dat. S využitím získaných výsledků by mělo být možné další analýzou korelace signálů nalézt obdobné hranice CDP i v signálech získaných z pacientova těla neinvazivní cestou.

Klíčová slova

UPV (umělá plicní ventilace); vysokofrekvenční oscilační ventilace; HFOV (High frequency oscillatory ventilation); CDP (continuous distending pressure); ARDS (Acute respiratory distress syndrome); animální model plic; mezní CDP; tlakově-objemová křivka srdečního cyklu

SENZOR PRŮTOKU PRO VYSOKOFREKVENČNÍ OSCILAČNÍ VENTILACI

Radka Procházková

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Průtokový senzor u vysokofrekvenční oscilační ventilace slouží k měření průtoku plynu do plic ventilovaného pacienta. Integrací naměřeného průtoku v čase lze následně určit velikost dechového objemu pacienta. Tento parametr bylo dříve možné měřit s využitím monitoru Florian (ACUTRONIC Medical Systems AG, Švýcarsko), avšak pro vysoký odpor jeho senzoru nebylo možné pacienta dostatečně ventilovat. V současné době není velikost dechového objemu u vysokofrekvenční oscilační ventilace monitorována, ačkoliv u konvenční ventilace je jedním ze základních parametrů určujících aktuální stav ventilace pacienta. Cílem studie je vytvořit nový průtokový senzor pro monitoraci dechového objemu pacienta ventilovaného na vysokofrekvenčním oscilačním ventilátoru Sensormedics 3100B (CareFusion, USA).

Pro optimalizaci návrhu nového průtokového senzoru byly v první části práce měřeny parametry u třech velikostí kovových clon vlastní konstrukce, dále vlastnosti senzoru D – lite (GE Healthcare, Velká Británie) a senzoru monitoru Florian (ACUTRONIC Medical Systems AG, Švýcarsko). Na základě zjištěných údajů o velikosti mrtvého prostoru, charakteristice (závislosti průtoku na tlaku) prvku pro měření průtoku, velikosti odporu prvku a vlastnostech prvků při použití ventilace v laboratoři byl navržen nový senzor. Ten byl pomocí simulace optimalizován a vyroben metodou Rapid prototyping tzv. „3D tisk“. Parametry nového senzoru byly proměřeny v laboratorních podmínkách a porovnány s vlastnostmi ostatních senzorů. Na závěr byl nový senzor testován v rámci animálního experimentu na praseti domácím pro zjištění možnosti jeho použití v klinické praxi.

Tvar a rozměry senzoru byly optimalizovány pro co nejmenší velikost mrtvého prostoru (6,3 mL) oproti stávajícím prvkům: kovová clona využívaná u animálních experimentů: 7 mL a senzor Florian: 8,5 mL. Byl zajištěn odpor menší či stejný jako u senzoru D – lite, který se používá u konvenční ventilace v klinické praxi a nevykazuje zhoršenou ventilaci pacienta. Během laboratorního měření byla rozpoznána nevhodnost dlouhodobého použití plastového materiálu, z něhož byl senzor vyroben, jelikož docházelo k jeho deformaci a následnému zkreslení výsledku. Při animálním experimentu byla zaznamenána střední odchylka velikosti dechového objemu od referenčního měřidla Florian 10 %.

Nově navržený senzor je svými parametry vhodný pro monitoraci dechového objemu u vysokofrekvenčního ventilátoru Sensormedics 3100B. Pro možnost klinického použití by bylo nutné prvek vyrobit z materiálu, který nepodléhá rychlé deformaci a podrobit ho dalším animálním experimentům.

Klíčová slova

měřicí clona, senzor průtoku, vysokofrekvenční oscilační ventilátor

STUDIUM DISTRIBUCE TLAKOVÝCH AMPLITUD V RESPIRAČNÍM SYSTÉMU PŘI HFJV

Anežka Stránská

FBMI ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

Vysokofrekvenční trysková ventilace (High Frequency Jet Ventilation - HFJV) je nekonvenční způsob ventilace, který využívá ventilační frekvence v rozmezí 2–11 Hz. V klinické praxi se uplatňuje při otorhinolaryngologických operačních výkonech, hrudní chirurgii a velice často také při akutních stavech neonatálních pacientů. V současné době není známa studie zabývající se útlumem tlakových amplitud v respiračním systému novorozenců a neonatálních pacientů. Cílem práce je navrhnout a realizovat multikompartmentové modely respiračních systémů novorozenců a dále analyzovat útlum tlakové amplitudy dechů generovaných vysokofrekvenčním tryskovým ventilátorem v těchto modelech a v respiračním systému animálního modelu.

Tlakové amplitudy byly měřeny před vstupem do modelu a v každém kompartmentu modelu respiračního systému zdravého novorozence a neonatologického pacienta s onemocněním IRDS (idiopatický syndrom respirační tísně). Poddajnost modelu respiračního systému zdravého novorozence byla $3,92 \text{ mL} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$ a jeho odpor byl $24 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s} \cdot \text{L}^{-1}$ při inspiračním průtoku vzduchu $3,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. Poddajnost modelu respiračního systému neonatologického pacienta s onemocněním IRDS byla $1,02 \text{ mL} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$ a jeho odpor byl $41 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s} \cdot \text{L}^{-1}$ při stejném inspiračním průtoku vzduchu. Tlak v jednotlivých kompartmentech byl měřen uživatelsky vyrobeným experimentálním vícekanálovým měřičem tlaků. Použitý HFJV ventilátor byl Bunnell LifePulse (Bunnell, Salt Lake City, UT) v tandemu s Dräger Babylog 8000 plus (Drägerwerk AG & Co. KGaA, Německo).

Tlakové amplitudy v kompartmentech modelu respiračního systému zdravého novorozence byly tlumeny o 95 % oproti tlakové amplitudě před vstupem do modelu. V případě modelu respiračního systému neonatologického pacienta s onemocněním IRDS byl tlakový útlum 80 % oproti tlakové amplitudě před vstupem do modelu. Snížení poddajnosti modelu respiračního systému neonatologického pacienta s onemocněním IRDS oproti modelu respiračního systému zdravého novorozence bylo $2,90 \text{ mL} \cdot \text{cm H}_2\text{O}^{-1}$ a zvýšení odporu modelu respiračního systému neonatologického pacienta s onemocněním IRDS oproti modelu respiračního systému zdravého novorozence bylo $17 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s} \cdot \text{L}^{-1}$. Změna mechanických parametrů zhoršila efektivitu dodávky dechového objemu do modelu respiračního systému neonatologického pacienta s onemocněním IRDS zhruba o 10 až 20 % v závislosti na nastavení parametrů ventilátoru.

Návrhy modelů respiračních systémů byly limitovány sporadickými informacemi o distribuci tlaků a průtoků v respiračním systému novorozenců a pacientů s onemocněním IRDS z klinické praxe. Výsledky studie mohou mít uplatnění v klinické praxi na neonatologickém oddělení při ventilování pacientů s onemocněním IRDS.

Klíčová slova

vysokofrekvenční trysková ventilace; tlakové amplitudy; model respiračního systému; respirační systém novorozence, mechanické parametry respiračního systému

STUDIUM MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ EKG SIGNÁLU K DETEKCI OBĚHOVÉ ADVERZE UMĚLÉ PLICNÍ VENTILACE

Monika Stránská

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno

Abstrakt

V současné praxi není znám parametr, podle kterého by se jednoznačně optimalizovaly parametry vysokofrekvenční oscilační ventilace (HFOV). Vysoký střední tlak v dýchacích cestách (CDP) prokazatelně ovlivňuje minutový srdeční výdej (CO). Ovlivnění CO je zřejmě důsledkem mechanického působení změn tlaku v respirační soustavě na srdce a oběhovou soustavu. Lze přitom uvažovat změnu tlakových poměrů v hrudníku, stlačování, distorzi a dislokace srdečního svalu v dutině hrudní důsledkem nadměrné inflace plic apod. EKG je jeden z vhodných kandidátů na parametr odrážející účinky CDP na oběhovou soustavu, protože je ovlivněno výše zmíněnými efekty a je rutinně měřeno u ventilovaných pacientů. Jedním z možných parametrů EKG signálů je úhel elektrické osy srdeční (UEOS). Vychýlení vektoru elektrické osy srdeční může být způsobeno hyperinflací, masivním plicním embolem či hypertenzí v plicním oběhu. Právě nastavení vysokého CDP může zapříčinit hypertenzi v plicním oběhu. Rozsah tohoto efektu bohužel neznáme, literární zdroje neposkytují žádné informace. Cílem práce je zjistit, zda se změna signálu CDP projeví na parametrech signálu EKG a zda lze z charakteristik EKG signálu predikovat oběhovou adverzi způsobenou vysokým tlakem v dýchacích cestách při HFOV.

Byl proveden experiment na animálním modelu (*Sus scrofa domestica*, N=3), bylo zaznamenáváno končetinové EKG – Einthovenovy a Goldbergovy svody, simultánně signál CDP a další hemodynamické parametry monitory Lifescope BSM-6301 (Nihon Kohden, Japonsko) a Vigilance (Edwards Lifesciences, USA). Elektrody pro měření EKG byly umístěny na končetinách prasete. Celý jeden cyklus měření byl rozdělen do úseků po 10 minutách a v těchto úsecích bylo nejdříve zvyšováno a poté snižováno CDP v rozsahu 10 – 30 cmH₂O. Data byla zpracovávána v programu Matlab.

Před samotnou analýzou signálů EKG a CDP byla vytvořena sada algoritmů pro jejich předzpracování. Ze signálů byly odstraněny úseky, které obsahovaly extrasystoly či výpadky signálu. Byly detekovány R vlny EKG signálu a vypočítána plocha pod křivkou QRS komplexu. UEOS byl poté vypočítán z ploch pod křivkou svodů aVF a I v průběhu celého jednoho cyklu a výsledkem byl průběh UEOS v jednom cyklu experimentu. Z jednotlivých QRS komplexů svodů I a aVF byla také vykreslena EKG smyčka ve frontální rovině.

Experimentálně byl prokázán vliv vzrůstajícího CDP na parametry EKG signálu, zejména na UEOS, EKG smyčky a úhel QRS-T. Velikost těchto změn vykazuje nelineární závislosti na CDP, což by v budoucnu mohlo být použito v hledání takové hodnoty CDP, která začíná mít negativní vliv na oběhovou soustavu.

Klíčová slova

Střední tlak v dýchacích cestách; elektrokardiografie; oběhová adverze; vysokofrekvenční oscilační ventilace; animální experiment

TESTOVÁNÍ PSYCHOAKUSTICKÝCH PARAMETRŮ LIDSKÉHO SLUCHU VE STÁŘÍ POMOCÍ PROTOTYPU STIMULAČNÍ APARATURY

Pavel Strnad

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno 2

Abstrakt

Častým problémem lidí ve stáří jsou obtíže s porozuměním řeči, což úzce souvisí se zhoršením kvality života, které může vést až k izolaci jedince od společnosti. Znalosti z oboru věnujícího se presbyakuzi (stařecké nedoslýchavosti) zahrnují především fakta o změnách v periferní části sluchové dráhy, o ztrátě schopnosti rozlišení vyšších frekvencí zvuku a o dalších patologiích na úrovni kochley. Jádrem problému s porozuměním řeči však pravděpodobně leží ve vyšších centrech sluchové dráhy a roli hrají i změny dalších vyšších funkcí lidského mozku. Z hlediska vnímání řeči je důležité, aby posluchač dokázal správně sledovat proměnlivost akustického signálu v čase. Vztah mezi zhoršeným časovým rozlišováním a mírou porozumění řeči u starších lidí nebyl však v minulosti jednoznačně objasněn. Cílem práce je připravit experimenty (kalibrace a otestování hardwaru a softwaru, návrh protokolu) zaměřující se na časové rozlišovací schopnosti lidského sluchu a na skupině mladých a starých probandů tyto experimenty realizovat.

Experimentu se účastnilo 29 probandů. Součástí experimentu bylo 14 starších dobrovolníků (11 žen a 3 muži) s věkovým průměrem $68,9 \pm 4,6$ let (věkové rozmezí 63 – 78 let). Ve skupině mladých probandů bylo 15 dobrovolníků (7 žen, 8 mužů) s věkovým průměrem $23,6 \pm 0,6$ let (věkové rozmezí 23 – 25 let). Z důvodu zaměření experimentů na časové rozlišovací schopnosti sluchu bylo zapotřebí vyloučit jiné faktory, které by mohly ovlivnit dosažené výsledky. Proto byl na začátku experimentu každý proband podroben vylučovacím testům, které obsahovaly lékařskou prohlídku vnějšího zvukovodu, Montrealský test kognitivních funkcí a test vysokofrekvenční tónové audiometrie. Vlastní časové rozlišovací schopnosti sluchu byly testovány prostřednictvím dvou různých testů: měřením laterogramu a detekcí mezery v šumu. U laterogramu se porovnává vliv interaurálního rozdílu v intenzitě stimulu s vlivem interaurálního rozdílu ve zpoždění stimulu na vjem jeho prostorové lokalizace. Test detekce mezery v šumu se zakládá na hledání minimální postřehnutelné délky tiché pauzy (přerušení) umístěné náhodně do kontinuálního bílého šumu. Závěrečným testem celého experimentu byla slovní audiometrie, při které se hodnotí porozumění slovům na různých hladinách intenzity zvuku.

Z hodnocení experimentu byla na základě vylučovacích testů vyřazena data tří probandů. Při testu laterogram se ukázalo, že u starších dobrovolníků ve srovnání s mladšími se interaurální zpoždění podílí na vjemu stranovosti menší měrou než interaurální rozdíl v intenzitě. U testu detekce mezery v šumu byla minimální délka postřehnutelné mezery u skupiny mladých probandů rovna $3,71 \pm 0,73$ ms, u skupiny starších probandů $6,75 \pm 1,3$ ms, což je statisticky významně více ($p = 1,7 \cdot 10^{-7}$, párový t-test). Při testu slovní audiometrie byla hodnocena hladina intenzity zvuku, při které proband rozuměl 50 % slov. U skupiny mladých probandů byla tato hodnota rovna $20,2 \pm 1,9$ dB HL, u starších pak $27,1 \pm 5,2$ dB HL ($p = 1,2 \cdot 10^{-4}$).

Získané výsledky potvrzují, že použitý prototyp aparatury (hardware a software) stejně jako navržené experimentální postupy (protokoly) jsou vhodné k měření časových parametrů lidského sluchu a poskytují reprodukovatelná data. Testy a jejich výsledky vznikly a budou dále použity v rámci grantového projektu zabývajícího se stárnutím sluchu, jehož cílem je mj. návrh testů pro podrobnější a přesnější klasifikaci presbyakuze.

Klíčová slova

sluch; porozumění řeči; časové rozlišovací schopnosti; presbyakuze

GENERAL ARCHITECTURE FOR DEVELOPMENT OF MULTIPLATFORM ELEARNING APPLICATIONS

Bc. Štěpán Tesař

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

In this master's work, a conceptual workflow and open tools were implemented, to provide a simple instrument for rapid development of educational software. The aim was to create a standardized environment, where only the task specific content has to be provided, and all of the user interface and functional behaviour is handled by the supporting software. For these purposes, several existing projects and frameworks had to be interconnected, and a strongly content-independent, modular user interface had to be constructed.

The focus was on medical educational applications. Therefore, the finished application has to fulfill basic expectations of an e-learning software, meaning that it does not only display the content, but also provides a simulated classroom behavior. The students are presented tasks and quizzes they have to solve, and the application reacts accordingly to their answers. Such applications also have some specific requirements for content and deployment. This led to formulation of more advanced targets, such as necessity to display visualisations of physiological models, or possibility to deploy the finished application on current technological solutions used by students. The framework is therefore made in a way that separates the programmer from the problems of multi-platform distribution, and provides a simple visual interface for interconnecting the provided content, and simple creation of new software product that is guaranteed to work on several platforms in a very short time.

Apart from providing a solution for developing an application rapidly, the framework also allows the programmer to connect a mathematical model (or several) created in the Modelica language, with a custom 2D or 3D visualisation, and allow the user to manipulate it through intuitive visual components. Modelica is a robust tool that can be used to create a mathematical model of various systems, allowing simulation of electrical, mechanical, and most importantly, physiological schemes. Thus, the final application can provide not only a purely theoretical materials, such as texts and images, but enables an interactive experience, where student can observe the systems behavior, and its reactions to different inputs. Since the visualisation can contain anything from a simple graph, to a 3-dimensional components, the possibilities of visualisation are endless.

A basic application can be created with only a very limited programming skills, since most of the content can be applied in a visual interface. Only when creating an advanced, model-containing application, the creator will have to write new code. Even then is this process simplified by provided libraries and utilities, and reduces time spent writing code to a minimum.

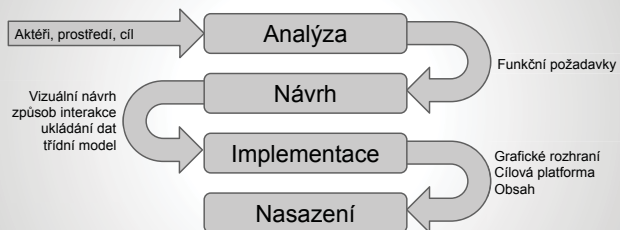
Klíčová slova

modularity; elearning; model; visualisation; multi-platformity;

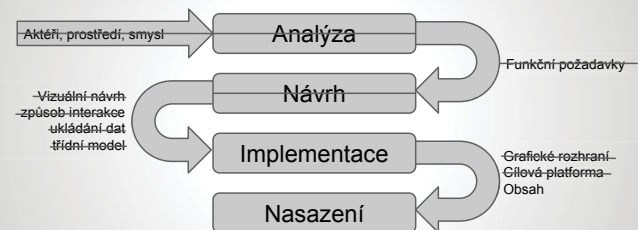
Obecná architektura pro vývoj multiplatformních výukových aplikací

Se zaměřením na medicínské obory

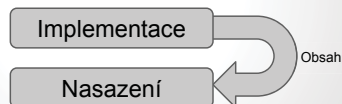
Vývoj aplikace



E-learningová aplikace



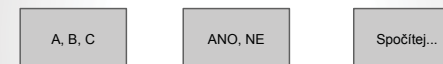
E-learningová aplikace



E-learningová aplikace

- Výukové texty
- Obrazová podpora
- Interaktivita

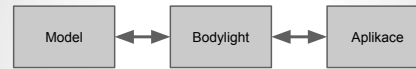
Interaktivita



Interaktivita

- Modelica
- Simulace fyziologických procesů

Vizualizace modelu

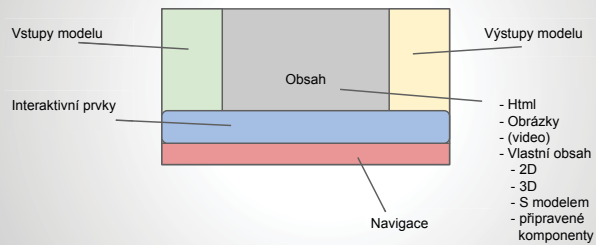


RadApp

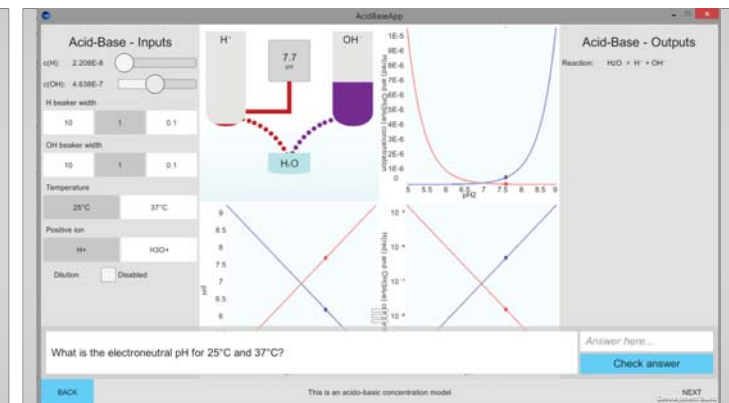
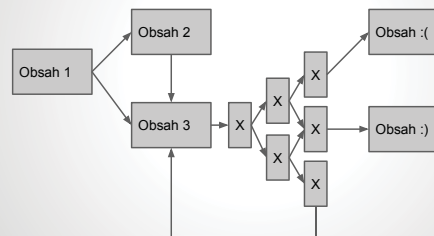
- Rapidní vývoj
- Mnoho platformem
- Bodylight konektivita

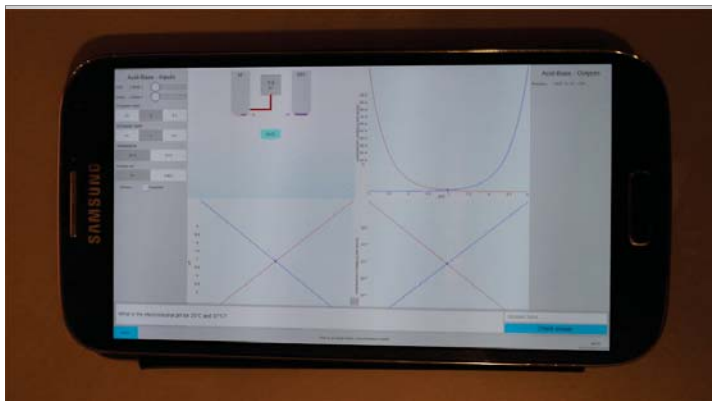


Kompozice aplikace



Kompozice obsahu





Děkuji za pozornost

Zdroje

- <https://www.modelica.org/>
- <http://unity3d.com/>
- http://www.creativeconnections.cz/medsoft/2013/Medsoft_2013_Jezek2.pdf

ANALYSIS OF HYPERCAPNIA DATA

Lenka Vondráčková

FEL CTU in Prague, Technická 2, Praha 6

Background: Cerebrovascular reactivity (CVR) is an autoregulatory mechanism that maintains constant cerebral blood flow by changing the vessel radius. Impaired CVR is an indicator of several pathologies including dementia, cerebrovascular disorders and tumors. Current method to assess CVR is based on BOLD-fMRI with hypercapnia stimulation induced by CO₂ enriched gases or breath holding. The advantage of the breath-holding task is the easy implementation that allows measurement during routine clinical MRI examination. The disadvantage is that the data analysis and CVR assessment fails in the case when the patient does not adhere completely to the breathing protocol.

Aim: This thesis introduces two methods to analyze BOLD-CVR measurement with the breath holding task. The first is a standard evaluation of the vascular response assuming the block design experiment with correcting for individual delays in the patients response to commands. The proposed method is a data-driven approach. It robustly processes the data even when the subject is not following the measurement protocol precisely. The main goal of this thesis was to implement an automatic pipeline for processing of hypercapnia BOLD data using the two methods and to compare them on a group of patients to provide an additional information for a clinical study of patients with stenosis.

Method: The methods were implemented in Matlab and used SPM8 routines. The preprocessing involved motion correction and spatial normalization. The classical approach (HRF method) used as a regressor a standard block function indicating periods of normal breathing and breath-holding convolved with haemodynamic function. First, the mean response over all voxels was calculated. The mean was filtered with a low-pass filter to remove high frequency noise and high-pass filter to remove drift. Secondly, the cross-correlation between the filtered mean and the block-function regressor was calculated to estimate the general delay of response (each subject has an individual delay of response to stimulus based on metabolism, previous inhalation pattern etc.). Finally, the shifted regressor was used for analysis using least square fitting that generated a CVR map.

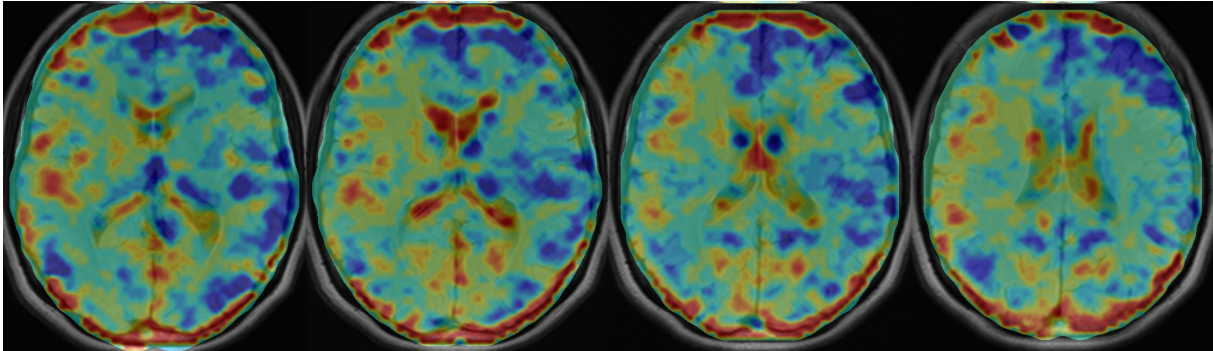
Data-driven approach (BF method) use the response from the best-fitting region as a regressor. The assumption was that in each patient there exists a region exhibiting a normal CVR. Using response from this region as a regressor than should prove more efficient than using a expected response in case the subject does not adhere to the breathing-protocol completely. The block regressor from the HRF method was used for initialization. The Pearsons correlation coefficient (PCC) was calculated for mean responses (drift removed, filtered, amplitude normalized) of several selected regions (based on vessel supply) and the region with largest PCC was used as regressor for the least square fitting.

Results: The CVR-maps were evaluated by three raters (experienced neuroradiologists and neurologists). All the raters were blinded from clinical findings, patient clinical history, the target stenosis region and finding from other imaging modalities. The raters were shown the CVR-map of the HRF method. They have scored the overall image quality on grade from 0-2 (0 unreadable, 1 poor quality, 2 good quality). More than one month later, the patients that scored 0 and 1 on HRF quality check were re-evaluated using the BF method. From 153sessions on 86 subjects 111 (73%) scored 2. In the second reading 140 (92%) sessions scored 2. From 42 session with score 0 and 1 at the first reading 12(8%) improved quality by 2 grades, 20 (13%) improved by 1 grade, 119 (78%) had same grade, and in 2 (1%) the quality worsened. Additionally the BF method was more sensitive to minor impairment in 4 cases however in 2 cases the sensitivity was lesser than in HRF method. In the attachment 1, you can see that in the HRF method the CVR map is of very poor quality, however, in the attachment 2 the CVR response is readable (regions with impaired CVR are blue).

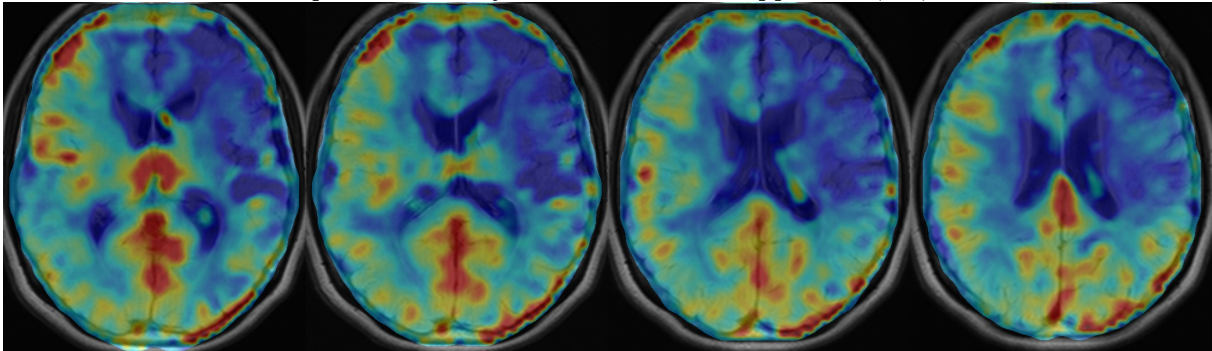
Discussion and conclusion: Data driven approach is a promising tool to assess CVR in clinical population. It gives reasonable results in cases where the standard analysis completely fails. It is robust when there is a important overlap of the expected response and the actual response in healthy tissue. However, the data-driven approach also fails in the situations when the subject did not hold breath for sufficient time to generate an adequate response or did deviate from the protocol in any other way. Further investigation has to be carried out to assess the diagnostic benefit of using this method and to do a more thorough analysis on a larger number of subjects.

Keywords: Cerebrovascular reactivity; hypercapnia; breath holding; BOLD; fMRI;

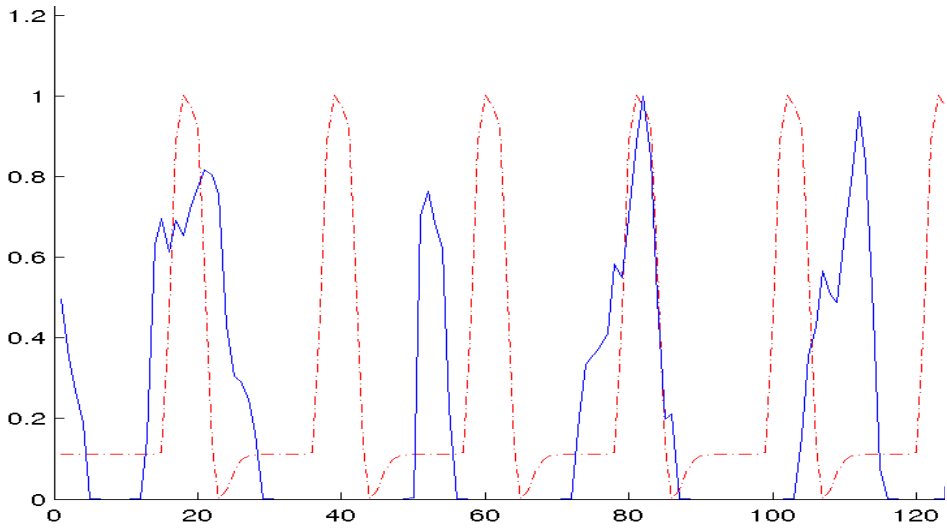
Attachment 1: CVR map of subject that does not follow protocol properly (4 BH instead of 6) – classical approach (HRF)



Attachment 2: CVR map of same subject – data driven approach (BF)



Attachment 3: Regressor (region: vertebral, PCC:0.155) red dashed line is initial regressor and blue line is the regressor used for generating the CVR map



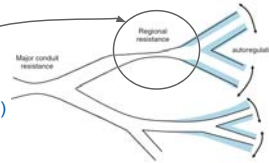
Analysis of hypercapnia data

Lenka Vondráčková

supervisors: doc. Dr. Ing. Jan Kybic,
Mgr. Jan Petr, Ph.D.

Background:

- 86 Patients (153 sessions) with stenosis or occlusion
- fMRI - BOLD EPI,
- Anatomical - FLAIR
- CVR - cerebrovascular reactivity (reduced, paradoxical, steal)
- Hypercapnia ($\uparrow\text{CO}_2$) - vasodilatation
- Designed and implemented as an automatic processing pipeline



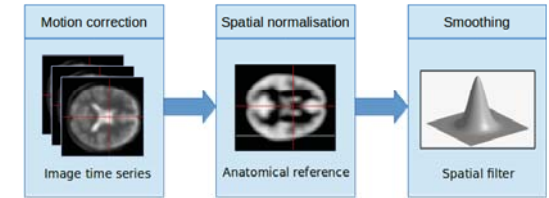
Methods:

Preprocessing

Processing

Evaluation

- DICOM to NIFTI
- standard SPM8 preprocessing routine



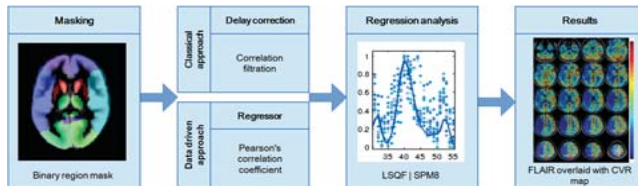
Methods:

Preprocessing

Processing

Evaluation

- Block design approach (classical)
 - Blocks convolved with HRF
 - Subject specific delay correction
- Data driven approach
 - Initial regressor - Block * HRF
 - Pearson's correlation coefficient to select regressor based on data
- Both methods
 - Drift correction, noise correction, amplitude normalisation
 - Least square regression analysis for CVR map generation
 - Overlay with anatomical image



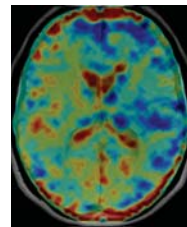
Methods:

Preprocessing

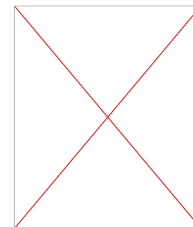
Processing

Evaluation

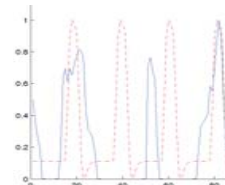
Comparison of methods visual:
CVR map of subject that does not follow protocol properly (4 BH instead of 6)



Classical approach



Data driven approach



Averaged response (filtered)

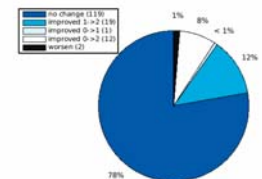
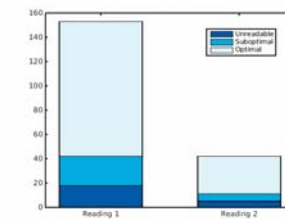
Methods:

Preprocessing

Processing

Evaluation

- 2 radioneurologists blinded from findings from other modalities
- grades (0 unreadable, 1 suboptimal, 2 optimal quality)



- 4 cases had improved diagnostic sensitivity in BF
- 2 cases in HRF

Thesis tasks:

- Design and implement a pipeline for automatic processing of hypercapnia BOLD data. The inputs are BOLD EPI and FLAIR images in DICOM format and the output is a CVR-map overlaid over a FLAIR image normalized to the MNI template.
- Implement a standard evaluation of the vascular response assuming the block design experiment. Correct for individual delays in the patients response to commands.
- Implement a novel data-driven approach which robustly evaluates the data even when the subject is not following the measurement protocol precisely.
- Perform the analysis on a group of patients to provide an additional information for a clinical study of patients with cerebrovascular pathology.
- Compare the quality of the CVR-maps for the standard and novel analysis method and evaluate if the same regions are shown as pathological by the two methods.

Tools:

- [SPM8 for preprocessing](#)
- [Matlab for processing and visualization](#)

Thank you for your attention!

Any questions?

NÁVRH METODIKY PRO HODNOCENÍ ODCHYLKY POLOHY IZOCENTER

Daniel Zenker

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, Kladno 2

Abstrakt

Léčba nádorových onemocnění pomocí lineárního urychlovače je v dnešní době stále na vzestupu. Aby terapie byla co nejučinnější a nedocházelo k recidivě, případně ozáření zdravých tkání. Požadovanou dávku je nutné co nejpřesněji dodat do cílového objemu dle ozařovacího plánu. Z tohoto důvodu se provádí testy parametrů určující přesnost lineárních urychlovačů. Cílem této diplomové práce je zvolit vhodný postup pro testování jednoho z těchto parametrů, a to polohy radiačního a mechanického izocentra v rámci onkologického centra FN Motol. Nyní využívaná manuální metoda je závislá na zkušenostech pracovníka provádějícího vyhodnocení. Z tohoto důvodu může docházet k nepřesnostem. Dílčími cíli je analýza testovacího obrazce v programovém prostředí Matlab a vytvoření metodiky pravidelné kontroly parametru pro uvedené pracoviště.

Testování bylo provedeno na tzv. starshot obrazech (N=15), pořízených na GafChromický film EBT2 pomocí dvou lineárních urychlovačů Varian Clinac 2100C/D. Pro zpracování digitalizovaných filmů byly navrženy a realizovány dvě metody. První metoda je založena na znalosti manuálního procesu určení středu radiačního izocentra. Jedná se o nalezení středu pomocí protnutí os svazků zaznamenaných na film. V uvedené metodě byl využit Cannyho hranový filtr a Houghova transformace. Druhá metoda využívá vlastnosti pořízených obrazů. Díky rozdílu pozadí a ozářených svazků bylo využito segmentace obrazu prahováním a následně vyhodnoceno těžiště nalezeného objektu určující radiační izocentrum. Oba postupy byly vytvořeny v programovém prostředí Matlab. Byl vytvořen kontrolní protokol s pokyny pro testování kvality za využití vytvořeného algoritmu. Přesnost obou použitých metod je srovnatelná. Díky rychlosti a jednoduchosti metody prahování je tato metoda preferována, a proto implementovaná i v softwaru ImageJ pro pravidelnou kontrolu.

Klíčová slova

Radiační izocentrum; mechanické izocentrum, odchylka, automatické hodnocení, lineární urychlovač

SEMINÁŘ BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ LS 2014/2015

© České vysoké učení technické v Praze
ISBN: 978-80-01-05726-1