



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Praha, 2. 5. 2018

Seminář biomedicínského inženýrství 2018

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: 978-80-01-06435-1

Počet stran: 14

Poděkování:

Sborník vznikl jako výstup projektu SVK 20/18/F3 Seminář biomedicínského inženýrství 2018 financovaného Českým vysokým učení technickým v Praze.

PŘEDMLUVA

Sborník z konference Seminář biomedicínského inženýrství 2018, 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.

Letošní, celkově již čtvrtý, ročník konference má podobně jako předchozí ročníky za cíl dát studentům možnost prezentovat své diplomové projekty a navzájem se tak seznámit s aktuálně řešenými tématy v oboru jejich studia. Načasování konference v době ještě před termínem odevzdání diplomových prací navíc studentům umožňuje získat zpětnou vazbu a odhalit silné a slabé stránky diplomové práce. Zkušenosti z minulých let ukázaly, že takový cíl je splnitelný a že prezentace práce na semináři, její následná diskuse a zapracování připomínek mohou studentům velmi pomoci v přípravě kvalitních závěrečných prací.

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

Jan Havlík

Karel Roubík

květen 2018

OBSAH

<i>PŘEDMLUVA</i>	3
<i>OBSAH</i>	4
Benešová Michaela	
<i>KLASIFIKACE KREVNÍ PERFUZE TRANSPLANTOVANÉ LEDVINY</i>	5
Černohousová Tereza	
<i>HLOUBKA OSTROTI U PSEUDOFAKICKÝCH OČÍ</i>	6
Hryzák Ondřej	
<i>VÝVOJ VSTUPNÍ METODY PRO ANDROID VYUŽÍVAJÍCÍ</i>	
<i>BRAILLOVO PÍSMO</i>	7
Kabelková Eliška	
<i>NÁVRH SIGNÁLU PRO MULTIFREKVENČNÍ VENTILACI VÝRAZNĚ</i>	
<i>NEHOMOGENNÍCH PLIC NOVOROZENCŮ</i>	8
Kašánková Jana	
<i>APLIKACE LEGISLATIVNÍCH A TECHNICKÝCH PŘEDPISŮ</i>	
<i>PŘI NÁVRHU PROTÉZY HORNÍ KONČETINY</i>	9
Ličková Vanda	
<i>MODEL MIMOTĚLNÍHO OBĚHU</i>	10
Miltová Anna	
<i>REALIZACE SPIROMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ POMOCÍ EIT</i>	11
Mitriková Andrea	
<i>VLIV PARAMETRŮ VYSOKOFREKVENČNÍ OSCILAČNÍ VENTILACE</i>	
<i>NA REGIONÁLNÍ DISTRIBUCI DYNAMICKÉ HYPERINFLACE PLIC</i>	12
Tejkl Leoš	
<i>ANALÝZA VLIVU FRAKCE KYSLÍKU VE VENTILAČNÍ SMĚSI NA</i>	
<i>SATURACI ARTERIÁLNÍ KRVE KYSLÍKEM U NOVOROZENCE</i>	13

KLASIFIKACE KREVNÍ PERFUZE TRANSPLANTOVANÉ LEDVINY

Michaela Benešová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Práce se zabývá zpracováním signálu, který byl získán při monitorování transplantované ledviny. Signály zpracováváné v této práci pocházejí z měření transmitance a reflektance ledviny ve viditelné a blízké infračervené oblasti. Monitorování transplantátu v pooperačním období umožňuje včasné odhalení chyby perfuze a vykonání reoperace. Cílem práce je vytvoření klasifikátoru, který bude na základě amplitudy odraženého záření z viditelné a blízké infračervené oblasti schopen rozlišit správně prokrvenou ledvinu a ledvinu, u níž došlo k ucpání tepny nebo žíly. Dílčím cílem je zjistit, které vlnové délky jsou pro určení perfuze nejvhodnější.

Pro vytvoření klasifikátoru byly zpracovávány dva typy dat získaných z měření na pokusných zvířatech (prasatech). První typ dat byl získán z experimentů, kdy byla pokusnému zvířeti v anestezii zaškrcována a následně uvolňována renální žíla nebo tepna (tzv. krátkodobé signály). Druhý typ dat byl získán z monitorování ledviny volně se pohybujícího zvířete několik hodin po operaci (tzv. dlouhodobé signály). Všechny vstupní signály obsahovaly amplitudy odraženého světla o vlnových délkách 1050 nm, 940 nm, 850 nm, 740 nm, 660 nm, 560 nm a 465 nm. Dlouhodobé signály se lišily fixací sensorového pásu na ledvině. V první části práce byly zpracovávány krátkodobé signály samostatně. V rámci předzpracování byly vypočítány relativní změny v signálu, které nastaly po zaškrcení žíly nebo tepny. Druhou částí práce byla kombinace krátkodobých a dlouhodobých signálů. Cílem bylo extrahovat změny dané zaškrcením tepny či žíly a spojit je se změnami danými pohybem, a tím simulovat změnu perfuze, která nastala při pohybu zvířete. Tímto způsobem byly vytvořeny dva datasety, jeden vycházející z dlouhodobého signálu měřeného sensorickým pásem volně umístěným na monitorované ledvině (tzv. volný dataset) a ze sensorického pásu pevně fixovaného k měřené ledvině (tzv. fixovaný dataset). Klasifikace probíhala do tří tříd: správná funkce, zaškrcená žíla a zaškrcená tepna. Každý dataset obsahoval sto vzorků rovnoměrně rozdělených mezi uvedené klasifikační třídy. Pro klasifikaci byl použit kvadratický klasifikátor, k-NN a Parzenova okna. Pro vyhodnocení klasifikátorů a porovnávání byla použita metodologie Monte Carlo křížové validace.

Při použití všech vlnových délek bylo pro volný dataset dosaženo úspěšnosti klasifikace 96,6 % pro kvadratický klasifikátor, 93,5 % pro k-NN ($k = 1$) a 93,6 % pro Parzenova okna ($\sigma = 0,01$). Pro fixovaný dataset byly výsledky ve stejném pořadí a se stejným nastavením 99,2 %, 99,5 % a 99,6 %. Při analýze vlnových délek byla nalezena kombinace vlnových délek, která vedla k nejvyšší úspěšnosti. U volného datasetu se jednalo o kombinaci 1050 nm, 850 nm, 740 nm a 660 nm. Uvedené výsledky platí pro všechny tři klasifikátory. U fixovaného datasetu byly pro kvadratický klasifikátor nejvhodnější vlnové délky 1050 nm, 850 nm, 660 nm a 560 nm. Pro k-NN a Parzenova okna to byla kombinace 1050 nm, 850 nm a 660 nm.

Bylo zjištěno, že klasifikace datasetu, který byl vytvořený z fixovaného sensorického pásu, dosahuje vyšší úspěšnosti. Dále bylo zjištěno, že použití vlnových délek pouze z červené a infračervené oblasti vede k vyšší úspěšnosti klasifikace. Při vhodné volbě vlnových délek poskytují všechny použité klasifikátory velmi dobré výsledky. Získané poznatky mohou být použity v dalších fázích vývoje zařízení.

Klíčová slova

transplantace ledviny; klasifikace; perfuze; zpracování signálu

HLOUBKA OSTROSTI U PSEUDOFKICKÝCH OČÍ

Tereza Černohousová

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

V této práci se zabývám hodnocením 6 nitroočních čoček, zejména z hlediska hloubky ostrosti, která u pacientů s umělou nitrooční čočkou do určité míry nahrazuje akomodaci. Pro tento účel byla zvolena metrika kvality zobrazení, odvozená z aberometrie oka, s nejvyšší klinickou relevancí, vizuální Strehlovův OTF poměr (VSOTF). Z VSOTF je odvozena objektivní hloubka ostrosti.

V rešeršní části jsou shrnuty závěry několika studií aberometrie lidského oka, zejména sférické aberace a komy, které mají na hloubku ostrosti největší vliv a zároveň se výrazně podílí na změnách ve zobrazení oka s věkem. V další kapitole jsem zpracovala závěry ohledně změn celkové aberometrie s věkem, zejména změny v oční čočce a ztrátu kompenzace ve vlnové aberaci rohovky a oční čočky. Dále jsem shrnula výsledky studií o centraci optické soustavy lidského oka, s důrazem na decentraci a náklon oční čočky vzhledem v rohovce. Na závěr rešeršní části jsem popsala několik designů používaných v dnešních presbyopických nitroočních čočkách, přičemž 4 z těchto designů byly použity při měřeních.

Pro účely této diplomové práce bylo navrženo modelové oko kompatibilní s aberometrem iTrace. Toto modelové oko jsem použila pro měření aberometrie 6 nitroočních čoček (dle designu: akomodační, 2 difrakční trifokální, apodizovaná difrakční, EDOF difrakční a kontrolní jednoohnisková) při vertikální decentraci, horizontálním náklonu a kombinaci obou těchto pohybů v modelovém oku. Změna kvality zobrazení je popisována pomocí celkové vlnové aberace, sférické aberace a komy. Z vlnové aberace je odvozena VSOTF křivka pro definovaný rozsah defokusací a z této křivky je potom určena velikost objektivní hloubky ostrosti během její decentrace nebo náklonu v modelovém oku. Tyto výsledky budou analyzovány s ohledem na velikost decentrace a náklonu přirozené oční čočky vzhledem k rohovce, velikost aberačních koeficientů (zejména sférické aberace a komy) v populaci, a hlavně v závislosti na designu měřených čoček.

Klíčová slova

Aberometrie oka, pseudofakie, nitrooční čočky, hloubka ostrosti, VSOTF.

VÝVOJ VSTUPNÍ METODY PRO ANDROID VYUŽÍVAJÍCÍ BRAILLOVO PÍSMO

Ondřej Hryzák

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Tato práce se zabývá možnostmi vstupu Braillova písma na mobilních zařízeních se systémem Android. V úvodní části jsou popsány a porovnány vybrané systémy pro Braillov vstup z historie i současnosti, a to hardwarové i softwarové. Dále je v práci rozebráno, jakým způsobem se liší Braillovo písmo v různých jazycích a jaké to může způsobovat problémy.

V další části práce je navržena samotná implementace Braillovy klávesnice na mobilní telefon. Důležitou součástí je návrh uživatelského rozhraní klávesnice. Zde je kladen velký důraz na co nejlepší přizpůsobení ovládání nevidomým uživatelům tak, aby klávesnice byla co nejjednodušeji ovladatelná a zároveň bylo dosaženo vysoké přesnosti při psaní. K tomu slouží například úprava polohy jednotlivých kláves na základě historie uživatelových stisků. To je velice důležité vzhledem k absenci hmatové zpětné vazby o konkrétní poloze prstů na dotykovém displeji. Uživatel tak s nimi v průběhu psaní neúmyslně pohybuje po displeji a na to je třeba reagovat a korigovat pozici kláves. V práci je navrženo více metod, pomocí kterých lze pozici jednotlivých kláves upravovat, například pomocí Kálmánova filtru. Při závěrečném testování je pak chybovost psaní při použití jednotlivých metod vzájemně porovnána.

I přes korekci pozice kláves může docházet k chybám (gramatická chyba nebo překlep), které uživatel při psaní přeslechne. Proto se práce také zabývá možností automatické korekce již napsaných slov. K dalšímu usnadnění a zrychlení psaní je také navrženo doplňování rozepsaných slov. V obou případech jsou korekce prováděny na základě frekvenčních seznamů slov jednotlivých jazyků.

V závěru práce je provedeno testování klávesnic na nevidomých uživatelích, které je doplněno o jejich hodnocení. V testech jsou zjišťovány chybovosti při psaní, doba psaní, jaké typy chyb vznikají a co je jejich příčinou. Navržená klávesnice je porovnána s vybranými klávesnicemi popsány v úvodu práce.

Klíčová slova

Braillova klávesnice, asistivní technologie

NÁVRH SIGNÁLU PRO MULTIFREKVENČNÍ VENTILACI VÝRAZNĚ NEHOMOGENNÍCH PLIC NOVOROZENCŮ

Eliška Kabelková

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

Abstrakt

Plíce novorozenců s patologickým vývojem nejsou mechanicky homogenní a neúčinnější frekvence ventilace pro výměnu plynu se může v různých oblastech plic podstatně lišit. Rozdíly v časových konstantách jednotlivých plicních kompartmentů mohou být tak velké, že při optimálním nastavení parametrů umělé plicní ventilace pro jeden nebo dva kompartmenty je nastavení parametrů pro další kompartmenty výrazně nevhodné a při ventilaci může docházet k dalšímu poškození těchto částí plic. Cílem diplomové práce je navrhnout multifrekvenční signál vhodný pro optimální ventilaci všech částí nehomogenních plic novorozence.

Nehomogenita plic může být u novorozenců způsobena nedokončeným plicním vývojem a strukturální nezralostí plic. Možnou patologií novorozenců je syndrom respirační tísně, kdy není plně vyvinut systém na produkci surfaktantu a dochází ke snížení poddajnosti plic a snížení časové konstanty. Dalším onemocněním je bronchopulmonální dysplazie, která je primárně způsobena nedokončeným vývojem plic, v jejímž důsledku je vyšší odpor plic a časová konstanta roste.

V rámci diplomové práce byl na základě diferenciálních rovnic vytvořen matematický model nehomogenních plic. Model je založen na principech elektroakustických analogií a implementován v prostředí Matlab Simulink (MathWorks, Inc, USA). Skládá se z pěti kompartmentů, u kterých je možné měnit odpor dýchacích cest, poddajnost plicních kompartmentů a inertanci vzduchu v nich.

Dále byl zkonstruován pneumatický model nehomogenních plic novorozence, který se opět skládá z pěti plicních kompartmentů. Mechanické vlastnosti pneumatického modelu je možné měnit dle stupně patologického poškození a díky tomu modelovat různé typy onemocnění. Pomocí pneumatického modelu byla ověřena funkčnost matematického modelu a bylo dokázáno, že matematický model vykazuje stejnou distribuci ventilace do jednotlivých plicních kompartmentů jako pneumatický model.

Vytvořený multifrekvenční signál pro multifrekvenční ventilaci tvoří tři složky, které mají různou frekvenci, amplitudu a fázový posun. Jednotlivé složky signálu jsou voleny tak, aby co neúčinněji ventilovaly části nehomogenních plic lišící se odporem, poddajností a inertancí na základě plicního poškození.

Výsledky práce dokazují různé chování ventilačního signálu v oblastech plic s různým stupněm plicního poškození, které je popsáno odlišnými mechanickými vlastnostmi. Distribuce multifrekvenčního signálu do jednotlivých plicních kompartmentů, vizualizována pomocí matematického modelu, dokazuje předpoklad, že oblasti s vysokou časovou konstantou je účinné ventilovat vyššími frekvencemi v rozsahu 8–15 Hz, zdravé části plic rozsahem frekvencí 2–8 Hz a části s nízkou časovou konstantou frekvencemi kolem 1 Hz a méně. Výsledky dále dokazují, že nižší frekvence jsou schopny proniknout do všech plicních kompartmentů, zatímco vysoké frekvence pouze do kompartmentů s vysokou časovou konstantou. Z toho vyplývá, že při multifrekvenční ventilaci, jejíž signál obsahuje i vysoké frekvence, dochází ke zlepšení výměny plynů u částí plic, které mají vysokou časovou konstantu a které by jinak nebyly ventilovány optimálně.

Klíčová slova

Multifrekvenční umělá plicní ventilace, nehomogenita plic, novorozenci, RDS, BPD

APLIKACE LEGISLATIVNÍCH A TECHNICKÝCH PŘEDPISŮ PŘI NÁVRHU PROTÉZY HORNÍ KONČETINY

Jana Kašánková

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Každý zdravotnický prostředek (s výjimkou individuálně zhotovených nebo určených pro klinickou zkoušku), který je dostupný na trhu Evropské unie, musí nést označení *CE*. Výrobce má povinnost vydat prohlášení o shodě s platnou Direktivou Evropské unie.

V teoretické části diplomové práce je obsaženo seznámení s životním cyklem zdravotnických prostředků – od vývojové fáze, přes dovoz či distribuci, uvedení na trh, servisní služby, až po likvidaci – a uvedení důležitých osob v tomto cyklu spolu s jejich povinnostmi. Dále je v teoretické části úvod do legislativního systému a soustavy norem České republiky a Evropské unie a jejich pravidla pro uplatňování. Jedna z kapitol je zaměřena na proces posuzování shody s uvedením problematik, kterými se výrobce zabývá.

Úvod praktické části je věnován obecné problematice protéz horních končetin – kosmetických, tahových a myoelektrických. Funkce myoelektrických protéz je založena na neinvazivním snímání svalových potenciálů, kterými jsou ovládnuty pohyby náhrady. Podstatou praktické části je aplikace legislativních a technických norem na konkrétní zdravotnický prostředek – protézu horní končetiny firmy Protos, spol s r. o. V rámci toho byla protéza nejprve dle pravidel uvedených v nařízení vlády č. 54/2015 Sb., *o technických požadavcích na zdravotnické prostředky*, zařazena dle přílohy č. 9 tohoto nařízení do rizikové třídy I a nastudovány legislativní předpisy a normy, které se týkají jak obecně zdravotnických prostředků, tak specificky dané třídy. U zdravotnických prostředků spadající do rizikové třídy I (nesterilních a bez měřicí funkce) může provést posouzení shody výrobce sám, bez účasti notifikované osoby. Přesto však má výrobce povinnost toto prohlášení vydat a označit svůj výrobek značkou *CE* (v tomto případě bez kódu notifikované osoby).

V práci je zmíněno klinické hodnocení, které má v tomto případě podobu klinické studie. Zkoumání elektrické bezpečnosti ukázalo, že je nutné použít vhodnější typ akumulátorů, a to Li-Ion, a s nimi spojené obvody řešení pro ochranu proti přebíjení i podbití a balancér, který zaručí nekolísání hodnot napájení protézy. Další problematika, která je nastíněna v praktické části, je elektromagnetická kompatibilita. Při navrhování aktivních zdravotnických prostředků je důležité dbát jak na rušení, které způsobuje okolí, tak i rušení, které způsobuje samotný prostředek. Dále byla sepsána analýza rizik dle normy ČSN EN ISO 14971:2012. Z ní bylo vycházeno při navrhování dalších opatření. Mezi nejvýznamnější patří omezení stisku protézy a použití elektrod, které jsou vyrobeny pouze z jednoho kovu, aby se zabránilo vzniku elektrochemického článku. Jelikož je protéza v přímém kontaktu s uživatelem, je jedna z kapitol věnována biokompatibilitě použitých materiálů s ohledem na normy řady ČSN EN ISO 10993. Zkoumány byly materiály elektrod a jejich pouzdra. Tedy materiály, u kterých je jejich dotyk s pacientem nezbytný pro funkci protézy. Dále byla sepsána studie použitelnosti, v rámci níž byl definován profil uživatel, jež smí prostředek užívat. Též je zde kapitola o ostatních potřebných dokumentech, jako je návod na použití, pokyny protetikovi a protokol o poučení a školení uživatele.

Klíčová slova

prohlášení o shodě, bezpečnost zdravotnických prostředků, legislativa

CE; posouzení shody; legislativa; protéza horní končetiny; myoelektrická protéza

MODEL MIMOTĚLNÍHO OBĚHU

Vanda Ličková

FBMI ČVUT v Praze, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno 2

Abstrakt

Mimotělní oběh je velmi komplexní forma podpory životních funkcí pacienta během náročných kardiochirurgických operací. Využívá se především při zákrocích, které by byly s tlukoucím srdcem náročné a riskantní. Mimotělní oběh nahrazuje funkci srdce a plic, udržuje tělo a orgány pacienta saturované kyslíkem, zajišťuje výměnu krevních plynů, pomáhá udržovat acidobazickou rovnováhu, reguluje tělesnou teplotu pacienta a v neposlední řadě umožňuje chirurgům pracovat na zastaveném srdci.

Cílem práce bylo vytvořit matematický model vedení mimotělního oběhu na základě analýzy dat z monitoru vitálních funkcí, analyzátoru krevních plynů a z mimotělního oběhu. Následně model implementovat do prostředí Matlab Simulink a nabídnout uživateli možnost seznámení s problematikou ovládní mimotělního oběhu, reakcemi organismu pacienta na intervence klinického perfuziologa a možnost interaktivního zásahu do probíhající simulace za účelem adekvátní reakce na vzniklý problém, který bude zahrnut ve scénáři dané operace.

Model je rozdělen na dvě základní části, a to na část oběhovou a část dýchací. V oběhové části jsou sledovány parametry středního arteriálního tlaku (MAP) a centrálního žilního tlaku (CVP), které lze v průběhu simulace ovlivňovat pomocí dávkování noradrenalinu (NOR), změnou průtoku krve rotační válečkovou pumpou (Q_{out}) a utažením okludéru. V dýchací části jsou sledovány parametry saturace arteriální (SaO_2) a venózní (SvO_2) krve kyslíkem závislé na aktuální teplotě pacienta, které lze ovlivňovat změnami frakce kyslíku (FiO_2) a průtokem čerstvých plynů (FGF).

Součástí práce je vytvoření scénářů, které zahrnují standardní situace a výkyvy pozorovaných veličin z fyziologických mezí z důvodu různých úkonů v operačním poli, či nehomogenního chování organismu pacienta.

Klíčová slova

Mimotělní oběh; Matematický model; Matlab Simulink

REALIZACE SPIROMETRICKÉHO VYŠETŘENÍ POMOCÍ EIT

Anna Miltová

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

Abstrakt

Elektrická impedanční tomografie (EIT) je bezpečná neinvazivní diagnostická metoda, která poskytuje pomocí relativních změn bioimpedance informace o regionální i globální ventilaci. Na základě změny elektrické bioimpedance uvnitř hrudníku v průběhu dechového cyklu by mělo být možné realizovat spirometrické vyšetření pomocí EIT, které by odstranilo negativní vlastnosti standardního spirometrického vyšetření.

Cílem práce bylo realizovat spirometrické vyšetření pomocí EIT systému PulmoVista 500 (Dräger, Lübeck, Německo) s kalibrací pomocí klidového dechového objemu získaného ze simultánního měření spirometrem. Na základě kalibrace porovnat spirometrické parametry získané z oddělených měření pomocí EIT a standardní spirometrie pomocí pneumotachografu. Dílčím cílem bylo navrhnout vhodný experimentální protokol a algoritmus pro srovnání spirometrického vyšetření ze standardního spirometrického vyšetření a spirometrického vyšetření realizovaného elektrickou impedanční tomografií.

Prospektivní intervenční studie byla provedena na 22 zdravých dobrovolnících (13 mužů a 9 žen). V rámci experimentu bylo pro každého probanda provedeno šest měření pro výpočet spirometrických parametrů FVC, FEV₁ a Tiffeneauova indexu (TI) FEV₁/FVC. Měření byla provedena v randomizovaném pořadí: dvě standardní spirometrická vyšetření, dvě spirometrická vyšetření realizovaná pomocí EIT a dvě simultánní měření oběma metodami. Spirometrické vyšetření a výpočet jednotlivých parametrů byl proveden v souladu s ATS/ERS standardy z roku 2005 a jejich doplněním z roku 2017. Naměřené a vypočtené spirometrické parametry byly statisticky vyhodnoceny.

Výsledky z experimentální studie ukázaly, že při statistickém hodnocení simultánního měření EIT a standardní spirometrie nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi vypočtenými parametry FVC, FEV₁ a FEV₁/FVC z jednotlivých metod ($p > 0,05$). Hodnocení spirometrických parametrů získaných z oddělených měření bylo provedeno pro každého probanda zvlášť, na základě kalibrační konstanty získané během simultánního měření. Pro statistické hodnocení jednotlivých parametrů bylo využito mediánů ze všech standardních spirometrických vyšetření a násobky mediánu absolutních odchylek od mediánu (MAD). Pro parametr FVC v rámci všech probandů odpovídalo 42,5 % hodnot intervalu spolehlivosti s $\pm 3,5$ násobkem MAD, pro parametr FEV₁ 50 % hodnot $\pm 3,5$ násobkem MAD a FEV₁/FVC 42,5 % hodnot $\pm 3,5$ násobkem MAD.

Z klinického hlediska výsledky prokázaly, že lze realizovat spirometrické vyšetření pomocí EIT na základě předchozí kalibrace simultánního měření EIT a standardní spirometrie. Studie poukázala na limitaci a přesnost metody měření spirometrického vyšetření pomocí EIT a přepočtu hodnot bioimpedance na objem.

Klíčová slova

Elektrická impedanční tomografie, spirometrické vyšetření, bioimpedance, FVC, FEV₁, Tiffeneauův index

VLIV PARAMETRŮ VYSOKOFREKVENČNÍ OSCILAČNÍ VENTILACE NA REGIONÁLNÍ DISTRIBUCI DYNAMICKÉ HYPERINFLACE PLIC

Andrea Mitriková

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

Abstrakt

Dynamická hyperinflace plic (DH) je nežádoucí tlakový gradient, který může vznikat při umělé plicní ventilaci. Současné diagnostické metody pro její detekci nejsou optimální. Elektrická impedanční tomografie (EIT) je zobrazovací metoda, která nabízí možnost neinvazivního kontinuálního sledování stavu ventilovaných plic. V současnosti jsou studie více zaměřeny na hledání nových metod monitorování stavu plic při ventilaci pacienta. Zobrazení regionální distribuce DH by mohlo přinést slibné výsledky pro klinickou praxi. Cílem této práce je navrhnout metodiku pro zobrazení regionální DH, ověřit ji na experimentálních datech a nalézt závislost získaných distribucí DH na nastavených parametrech vysokofrekvenční oscilační ventilace (HFOV).

Pro zobrazení regionální distribuce DH bylo potřeba provést tlakovou kalibraci EIT dat, a to v každém pixelu EIT snímku. Poté se kalibrovaný snímek omezil na region plic metodou, která stanoví prahovou hodnotu na základě průměru a maximální odchylky ve snímku. Pro porovnání skupin dat ke zjištění vlivu nastavených parametrů HFOV byla data normalizována a zprůměrována.

Navržená metodika umožnila zobrazení distribuce DH pomocí dat EIT. Porovnáním výsledných distribucí byl zjištěn vliv poměru inspiračního a expiračního času na vznik dynamické hyperinflace při poměru 1:1 a dynamické hypoinflace při poměru 1:2. Byla také nalezena rozdílná distribuce pro vstupní tlaky do dýchacích cest 12 a 18 cmH₂O při poměru 1:1 a totožná distribuce pro oba vstupní tlaky rovnoměrně po vrstvách při poměru 1:2.

Klíčová slova

dynamická hyperinflace plic; elektrická impedanční tomografie; vysokofrekvenční oscilační ventilace

ANALÝZA VLIVU FRAKCE KYSLÍKU VE VENTILAČNÍ SMĚSI NA SATURACI ARTERIÁLNÍ KRVE KYSLÍKEM U NOVOROZENCE

Leoš Tejkl

FEL ČVUT v Praze, Technická 2, Praha 6

Abstrakt

Předčasně narozené děti často trpí hypoxémií a k udržení normální hladiny kyslíku v krvi vyžadují oxygenoterapii, tedy léčbu kyslíkem. Ta musí být vedena správně, protože nízké i vysoké hodnoty koncentrace kyslíku neonatologického pacienta poškozují a vedou k nesprávnému vývoji orgánů. Normoxémie je udržována v požadovaném rozmezí hodnot saturace periferní krve kyslíkem (SpO_2) nastavováním frakce kyslíku v inspirační směsi (FiO_2). Nastavování se provádí manuálně nebo automaticky v závislosti na aktuální hodnotě SpO_2 měřené pulzním oxymetrem. Automatické zpětnovazební systémy pro kontrolu a udržení požadované hodnoty saturace periferní krve kyslíkem mají mnoho výhod, z nichž tou nejdůležitější je doba strávená v požadovaném rozmezí nastavených hodnot, oproti manuální kontrole. Matematický model popisující transport kyslíku u neonatologických pacientů je cenným nástrojem k návrhu, testování, porovnání a validaci automatických zpětnovazebních algoritmů. Cílem této práce je optimalizace současného modelu na základě experimentálních dat a dostupné literatury. Dále návrh a realizace laboratorního experimentu s cílem zjistit prodlevu změny frakce kyslíku ve ventilačním systému CPAP při změně nastavení frakce kyslíku na ventilátoru v závislosti na aktuálním průtoku plynu patientským okruhem.

Práce je rozdělena do dvou částí, kde v první části z analýzy modelu vyplynula potřeba vylepšení bloku alveolo-kapilární membrány. Nově je popsána pomocí difuzního koeficientu, který ovlivňuje tok kyslíku z alveolu do plicní kapiláry. Řešení s difuzním koeficientem se více přibližuje fyziologickému procesu výměny kyslíku přes alveolo-kapilární membránu a vylepšuje dynamickou odezvu modelu. V rámci optimalizace modelu byl změněn typ řešiče matematických výpočtů. Nyní model provádí výpočty v konstantních diskretních krocích. Správná funkce modelu s provedenými změnami byla ověřena při porovnání SpO_2 na výstupu modelu s naměřenými daty na neonatologických pacientech s R^2 až 0,87. V druhé části je popsán laboratorní experiment, který prokázal nezanedbatelné zpoždění distribuce kyslíku ve ventilačním systému nCPAP po změně frakce kyslíku na ventilátoru. Průběhy prodlevy distribuce kyslíku v závislosti na průtoku vzduchu ve ventilačním systému při zvyšování i snižování frakce kyslíku jsou popsány rovnicemi a implementovány do modelu. Díky tomu je průběh simulace při automatickém zpětnovazebním řízení věrohodnější.

Klíčová slova

Matematický model; neonatologický pacient; transport kyslíku; alveolo-kapilární membrána; respirační podpora.

SEMINÁŘ BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ 2018

© České vysoké učení technické v Praze

ISBN: 978-80-01-06435-1