

Oponentní posudek disertační práce

Uchazeč: Ing. Richard Paštěka, MSc

Název disertační práce: Modelling of the Human Respiratory System for clinically relevant application

Oponent: Prof. Ing. František Zezulka, CSc.

Pracoviště opontenta: Vysoká škola polytechnická Jihlava, Tolstého 17, 586 01 JIHLAVA

Oponent se v posudku vyjádří dle Studijního a zkušebního řádu VUT zejména:

- a) k aktuálnosti tématu disertační práce,*
 - b) zda disertační práce splnila stanovený cíl,*
 - c) k postupu řešení problému a k výsledkům disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,*
 - d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,*
 - e) k formální úpravě disertační práce a její jazykové úrovni,*
 - f) zda disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,*
 - g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru. Bez tohoto závěru je posudek neplatný.*
- Ke každému z níže uvedených bodů je nutno doplnit stručný komentář.*

Ad a) Aktuálnost tématu disertační práce

Téma disertační práce je **velmi aktuální**.

Komentář: Výsledky práce, tj. modely dýchání – in vivo, in vitro, in silico, jsou velmi aktuální problematikou v biomedicínských oborech.

Ad b) Splnění stanoveného cíle disertační práce

Cíl disertační práce byl **splněn**.

Komentář: Cílem práce byla tvorba fyzického modelu lidského respiračního systému, který využívá moderní znalosti, technologie a materiály (xPULM™). Vytvořit fyzický model horních cest dýchacích člověka a implementovat ho do stávajícího fyzického modelu PULM. Dalším cílem bylo vytvoření, testování a

vyhodnocení funkčnosti pracoviště pro simulování a následné testování interakce pacient – dýchací podpůrný systém, kde bude využit PULM ve spolupráci s různými komerčními plicními ventilátory před tím, než bude plicní ventilátor nasazen pacientovi. Třetím z cílů klinicky relevantních aplikací byl stanoven vývoj a sestavení měřicího a testovacího zařízení pro experimentální vyhodnocení funkce komerčních systémů pro dávkování léků do plic pacienta. Všechny tyto cíle byly splněny.

Ad c) Postup řešení problému a výsledky disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Postup řešení problému a výsledky disertační práce jsou **nadprůměrné**.

Komentář: Postup řešení této disertační práce vychází z velmi vhodného a víceúčelového využití systému, vyvinutého a používaného k výuce, výzkumu a aplikacím na obou školicích pracovištích FH Technikum Wien a FEKT VUT v Brně. Tento elektro – mechanický přístroj (xPULM™). pro fyzickou simulaci dýchání člověka byl původně určen pro zjišťování usazování množství polévatého prachu a aerosolů v plicích lidí a zvířat. Ing. Paštěka v kap. 1 dostatečně popisuje technické řešení tohoto přístroje a ověřuje jeho matematický model. Provádí srovnání měřených veličin dýchání - tlaku a průtoku na matematickém modelu s fyzickým modelem plíce, tj. s gumovým vakem se dvěma laloky obr. 1.4. Jako další testovací modely uvádí v dalších úvahách i jednoduchý gumový vak, gumový vak se dvěma laloky, který patrně lépe simuluje plíce, preparovanou prasečí a „živou“ prasečí plíci – z jatek. Shoda časových průběhů tlaku a průtoku na gumovém ekvivalentu s dvěma laloky s matematickým modelem je velmi dobrá. Postrádám takové srovnání s dalšími ekvivalenty, zejména s preparovanou prasečí plíci, kterou pak student používá v dalších kapitolách. Autor disertační práce pak tento xPULM™ následně používá pro řešení všech dalších cílů disertační práce s velmi dobrou erudicí.

Druhá část práce bylo vytvoření, testování a vyhodnocení funkčnosti pracoviště pro simulování a následné testování interakce pacient – dýchací podpůrný systém (ventilátor). Ing. Paštěka navrhl, vyvinul, zhotovil a zakomponoval fyzický model dýchacího traktu (UAM – Upper Airway Model) na vstupu do PULMu. Systém je ukázán na obr. 3.1. Metodika vývoje přídavných zařízení t.j zejména fyzický model dýchací cesty vychází z CT snímků, provedených na 28letém pacientovi, je digitalizován a model je pak fyzicky zhotoven na 3D tiskárně, což odpovídá jak teoreticky, tak technologicky současné době. Začlenění tohoto prvku, realizujícího odpor dýchacího ústrojí, který v původním PULMu nebyl nutný pro původní funkci PULMu, je naopak pro simulování a následné testování interakce pacient – dýchací podpůrný systém velmi důležité. Vytvoření pracoviště, sestávajícího z PULMu a ventilátoru umožňuje testování interakce pacient - plicní ventilátor. Metodika i výsledky měření na tomto testovacím zařízení jsou správné. Na tomto pracovišti doktorand rovněž vyhodnotil a řešil problém (PVA) rozsynchronizování frekvence a amplitudy dýchání pacienta a komerčních plicních ventilátorů, který může vést k ohrožení pacienta. Na tomto zařízení provedl dostatečné množství pokusů se správným vyhodnocením.

V další části práce se ing. Paštěka zabýval návrhem a realizací, měřením a vyhodnocením výsledků měření na čtyřech komerčních systémech DPI (Dry powder Inhaler) pro dávkování léků do plic pacienta. Pracoviště sestává z PULMu a DPI a je uvedeno na obr. 3.1. Ing. Paštěka použil v této části práce

elektromechanického modelu dýchání v režimu, pro který byl původně vyvinutý, avšak metodika vyhodnocení usazování aerosolů a polévatého prachu v plíci nebo ekvivalentu plíce je naprosto citlivá a jednoduchá. Původní procedura vyhodnocení funkce PULM vedla na dlouhodobější, ale časově definované umělé dýchání „čerstvé“ prasečí plíce z jatek, následné vyjmutí plíce, chirurgickou operaci a fyzické změření obsahu aerosolů a polévatého prachu. V disertační práci je PULM použit pro vyhodnocení do jaké míry a množství se lék dostane a uloží v živé plíci pacienta. Přitom se množství uloženého léku indikuje - měří rozdílem množství při vdechu a výdechu spektrometrem (Optical Aerosol Spectrometer), obr. 3.1. Tato třetí část práce a zvolený postup může být úspěšně použit a využit pro léčbu obou závažných onemocnění – astma a COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease).

Za výsledky práce považuji zdokonalení stávajícího elektromechanického modelu dýchání na systém xPULM™, použití dvoulalokového gumového vaku jako ekvivalentu lidské plíce, vytvoření UAM – Upper Airway Model) na základě CT pacienta, fyzická simulace pneumatického odporu UAM, realizaci pracoviště pro zkoumání interakce pacient - ventilátor v obou modech V/A-C (volume assist – controlled) a PSV (pressure support ventilation) modech, metodika testování funkce komerčních a rovněž „ad hoc“ (rapidly manufactured) ventilátorů pomocí PULM jako reprezentativního modelu pacienta, možnost indikace krizových stavů na modelu v PULMu, grafy tlaku při těchto simulacích (str. 47 – 48), tabulky z těchto simulací Tab. 2.2.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je **nadprůměrný**.

Komentář: Vzhledem k aktuálnosti tohoto téma, kvalitě zpracování, kvalitní instrumentaci a kvalitě a zájmu obou školicích pracovišť považuji práci za významnou pro rozvoj tohoto oboru.

Ad e) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň je **nadprůměrné**.

Komentář: Nemám zvláštní výtky k formální úpravě, jen ve Fig.3.3 na str. 65 se popiska obrázku odvolává na Tab. 3.3. která se našla až na str. 69 v úplně jiné podkapitole. Na obr. 3.2 je uveden pojem Pharynx, ale v textovém odstavci na tímto obr. 3.2 je uveden pojem oropharynx. Jazyková úroveň práce je velmi dobrá.

Ad f) Disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona

Disertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách **splňuje**.

*(*4) Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou disertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.*

Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce splňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Komentář: Práce je velmi kvalitní, má velmi dobrou strukturu, kapitoly podkapitoly na sebe logicky navazují, u každé kapitoly je uveden výhled pro další téma a zhodnocení té kapitoly. Doktorand má předpoklady pro vědeckou práci, prokázal velmi dobré znalosti ve svém i příbuzných oborech. Doktorand rovněž splňuje požadavky na publikace svých prací jak v časopisech s IF, tak ve sbornících kvalitních mezinárodních konferencí.

Celkové hodnocení: velmi dobře

Otázky oponenta:

Prováděl jste nějaká měření na „čerstvě vyjmuté“ prasečí plíci? Můžete posoudit vlastnosti této čerstvě vyjmuté plíce ve srovnání s preparovanou prasečí plíci, která je již delší dobu preparovaná?

Disertační práci k obhajobě doporučuji nedoporučuji.

Dne: 15.08.2022

Podpis: