



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Ústav zdravotnických studií ■

# Porovnání v praxi používaných metod odsávání z dýchacích cest

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3944 – Biomedicínská technika

*Studijní obor:* 3901R032 – Biomedicínská technika

*Autor práce:* **Veronika Füllová**

*Vedoucí práce:* Ing. Michal Kotek, Ph.D.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Institute of Health Studies ■

# Comparing of methods applied in practise the respiratory system suction

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3944 – Biomedical Technology  
*Study branch:* 3901R032 – Biomedical Technology  
*Author:* **Veronika Fůlová**  
*Supervisor:* Ing. Michal Kotek, Ph.D.

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Füllová**  
Osobní číslo: **Z13000127**  
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**  
Studijní obor: **Biomedicínská technika**  
Název tématu: **Porovnání v praxi používaných metod odsávání z dýchacích cest**  
Zadávací katedra: **Ústav zdravotnických studií**

## Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Cíle práce:

- 1) Návrh a realizace laboratorního experimentu in vitro pro porovnání v praxi používaných metod pro odsávání z dýchacích cest intubovaných pacientů neonatologických oddělení.
- 2) Zaměřit se na porovnání otevřených a uzavřených odsávacích systémů pro toaletu dýchacích cest, zejména z hlediska zajištění a udržení tlakových parametrů, generovaných ventilátory pro umělou plicní ventilaci.
- 3) Výstupem práce budou grafické závislosti dokumentující průběh procesu simulované toalety dýchacích cest odsáváním vzhledem k použitým metodám a použitým komponentům ventilačního okruhu a endotracheální kanyly.
- 4) Výsledky in vitro experimentu budou zpracovány do formy doporučení provozovatelům těchto systémů.

Teoretická východiska:

V klinické praxi se na neonatologických odděleních používají pro odsávání sputa z dýchacích cest dva typy odsávacích systémů otevřený a uzavřený. Při odsávání z dýchacích cest dochází k částečnému kolapsu alveolů, což se projevuje zhoršením vitálních funkcí pacienta. V případě použití otevřeného odsávacího systému dochází k rozsáhlým hemodynamickým nestabilitám pacienta, uzavřený systém by tyto nestability měl omezit. V případě uzavřeného systému je pro odsávání vložena do endotracheální kanyly (ETC) odsávací cévka, která však svou přítomností navýší odpor v ETC a ovlivní alveolární ventilaci ještě před samotným odsáváním. Vliv výše popsaných fenoménů je žádoucí prověřit pomocí laboratorního in vitro experimentu.

Výzkumné předpoklady:

Prozkoumání dějů v dýchacích cestách a ventilačním okruhu neonatálního pacienta před a během odsávání z dýchacích cest při použití otevřeného a nebo uzavřeného odsávacího systému umožní hlubší prozkoumání ovlivnění tlakových parametrů uvnitř plic a přispěje k optimalizaci nastavení ventilátoru před samotným odsáváním.

Metoda:

Kvantitativní, Empirická návrh a realizace experimentu, laboratorní měření a vyhodnocení experimentu.

Technika práce, vyhodnocení dat:

Provedení rešerše současného stavu zmíněné problematiky. Návrh a tvorba metodiky realizace experimentu in-vitro. Realizace modelu respirační soustavy novorozence (umělá plíce) napojitelná na používané ETC. Následně realizace laboratorních měření na zrealizované aparatuře ve spojení se zdravotnickou technikou ventilátor pro UPV, odsávací systémy. Získaná data z měření budou zpracována a vyhodnocena v SW prostředí, např. MATLAB.

Místo a čas realizace výzkumu:

Listopad - prosinec 2015, únor - březen 2016 - Všeobecná fakultní nemocnice v Praze gynekologicko-porodnická klinika oddělení neonatologie.

Vzorek:

Práce je zaměřena na technickou stránku řešení (práce se vzorkem pacientů není náplní práce).



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

**50 - 70 stran**

Forma zpracování bakalářské práce:

**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Kotek, Ph.D.**

Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Konzultant bakalářské práce:

**MUDr. Ivana Vrbová**

Datum zadání bakalářské práce:

**29. května 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. dubna 2016**

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs  
rektor



Mgr. Marie Froňková  
pověřena vedením ústavu

V Liberci dne 31. ledna 2016

## Příloha zadání bakalářské práce

### Seznam odborné literatury:

- [1] DOSTÁL, Pavel aj. *Základy umělé plicní ventilace*. 3. rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2014. ISBN 978-80-7345-397-8.
- [2] ŠKVOR, Zdeněk. *Elektroakustika a akustika: vysokoškolská učebnice*. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05034-7.
- [3] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB: začínáme se signály*. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2015. ISBN 978-80-263-0898-0.
- [4] KLIMEŠOVÁ, Lenka a Jiří KLIMEŠ. *Umělá plicní ventilace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-807-0135-389.
- [5] DORT, Jiří aj. *Neonatologie*. 2., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2253-8.
- [6] CHLUMSKÝ, Jan. *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf, 2014. Jessenius. ISBN 978-807-3453-923.
- [7] BOREK, Ivo aj. *Vybrané kapitoly z neonatologie a ošetrovatelské péče*. 2. dopl. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-701-3338-4.
- [8] SMOLÍKOVÁ, Libuše a Miloš Máček. *Respirační fyzioterapie a plicní rehabilitace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 978-807-0135-273.
- [9] FENDRYCHOVÁ, Jaroslava a Ivo BOREK. *Intenzivní péče o novorozence*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012. ISBN 978-80-7013-547-1.
- [10] JABOR, Antonín. *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1221-5.
- [11] BALDOLI, Ilaria aj. *An active one-lobe pulmonary simulator with compliance control for medical training in neonatal mechanical ventilation*. *Journal of clinical monitoring and computing*. Springer, 2014, 28(3). ISSN 1387-1307.
- [12] SHETTY, Sandeep a Anne GREENOUGH. *Neonatal ventilation strategies and long-term respiratory outcomes*. *Early Human Development* [online]. November 2014, 90(11), [cit. 20.3.2015]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.08.020>
- [13] SWAN, A. aj. *A computational model of the topographic distribution of ventilation in healthy human lungs*. *Journal of theoretical biology*. 2012, 300. ISSN 0022-5193.



## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 24.4. 2016

Podpis: *Fučová Teronika*

**Poděkování:**

Tímto bych ráda poděkovala mému vedoucímu Ing. Michalu Kotkovi PhD. za odborné vedení práce a ochotu při jejím zpracování. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petru Kudrnovi PhD. a MUDr. Ivaně Vrbové za cenné rady, čas a poskytnutí potřebných materiálů k řešení dané problematiky. V neposlední řadě patří velké díky mé rodině a blízkým za podporu během studia.



## ANOTACE

JMÉNO A PŘÍJMENÍ AUTORA:	Veronika Füllová
INSTITUCE:	UZS – Biomedicínská technika
NÁZEV PRÁCE:	Porovnání v praxi používaných metod odsávání z dýchacích cest
VEDOUCÍ PRÁCE:	Ing. Michal Kotek PhD.
POČET STRAN:	61
POČET PŘÍLOH:	4
ROK OBHAJOBY:	2016
ANOTACE:	<p>Tato práce se zabývá problematikou porovnání otevřeného a uzavřeného systému odsávání z dýchacích cest z hlediska zajištění a udržení tlakových parametrů, které jsou generované ventilátory pro umělou plicní ventilaci.</p> <p>Cílem práce je ověřit, který ze dvou systémů pro odsávání je vhodnější z hlediska udržení ventilačních parametrů. Navrhnout a zrealizovat laboratorního experimentu <i>in-vitro</i> pro porovnání v praxi používaných metod pro odsávání z dýchacích cest intubovaných pacientů neonatologického oddělení, dále pak zpracovat výsledky do formy doporučení provozovatelům těchto systémů.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA:	odsávání z dýchacích cest, otevřený systém odsávání, uzavřený systém odsávání, novorozenec

## ANNOTATION

NAME AND SURNAME: Veronika Füllová  
INSTITUTION: UZS – Biomedical technology  
TITLE: Comparing of methods applied in practise the respiratory system suction

SUPERVISOR: Ing. Michal Kotek PhD.  
PAGES: 61  
APENDIX: 4  
YEAR: 2016  
ANNOTATION: This bachelor thesis deals with the comparison of open and closed system of suction in terms of ensuring and maintaining pressure parameters that are generated by the mechanical ventilator. The aim of the thesis is to verify which of the two systems of suction is better. The next aim is proposal and realization of a laboratory experiment *in-vitro* for the comparison methods of suction that are used in practice on neonatology department. And process the results in the form of recommendations to the users of these systems.

KEY WORDS: endotracheal suction, open system suction, closed system suction, newborn

## Obsah

Seznam symbolů .....	13
Seznam zkratk .....	14
Úvod.....	15
Teoretická část .....	16
1 Novorozenec .....	16
1.1 Klasifikace novorozenců .....	16
1.2 Nemoci a zdravotní komplikace novorozenců .....	17
1.3 Syndrom dechové tísně.....	18
1.4 Chronická obstrukční plicní nemoc.....	20
1.5 Neonatální apnoe .....	20
2 Přístrojové zajištění péče o neonatologické pacienty .....	21
2.1 Monitorování pacienta.....	21
2.2 Pulzní oxymetrie.....	21
2.3 Měření dechové frekvence .....	22
2.4 Umělá plicní ventilace v neonatologii .....	23
2.4.1 CPAP .....	24
2.4.2 Konvenční ventilace .....	24
2.4.3 Vysokofrekvenční ventilace .....	24
2.5 Péče o novorozence při umělé plicní ventilaci .....	25
3 Toaleta dýchacích cest .....	26
4 Odsávací techniky.....	27
4.1 Odsávání otevřeným systémem .....	27
4.2 Odsávání uzavřeným systémem .....	28
4.3 Porovnání uzavřeného a otevřeného systému.....	29



4.4	Aktuální problematika odsávání z dýchacích cest.....	29
	Praktická část .....	31
5	Cíle a výzkumné předpoklady – porovnání otevřeného a uzavřeného systému ..	31
5.1	Návrh experimentu .....	31
5.2	Odsávací katétry a endotracheální kanyly .....	32
5.3	Výpočet velikosti obstrukce .....	32
5.4	Protokol – obstrukce dýchacích cest bez odsávání.....	33
5.5	Experimentální sestava .....	35
6	Metodika výzkumu .....	39
6.1	Ventilátor AVEA.....	41
6.2	iMON.....	42
7	Analýza výzkumných dat.....	43
8	Diskuze .....	50
	Závěr .....	53
	Seznam použité literatury .....	55
	Příloha 1 .....	58
	Příloha 2.....	60

## Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
C	l/kPa	Poddajnost
C <sub>ew</sub>	l/kPa	Poddajnost hrudní stěny
l	m	Délka
m	kg	Hmotnost
f	Hz	Frekvence
V	ml	Objem
t	s	Čas
V <sub>ex</sub>	ml	Objem exspirovaného plynu
pO <sub>2</sub>	mmHg	Tlak kyslíku v krvi
P <sub>alv</sub>	kPa	Alveolární tlak
P <sub>aw</sub>	kPa	Střední tlak v dýchacích cestách
PEEP	kPa	Pozitivní tlak na konci expiria (Positive End Expiratory Pressure)
P <sub>pl</sub>	kPa	Interpleurální tlak
SpO <sub>2</sub>	%	Saturace krve kyslíkem
TLC	l	Celková kapacita plic (Total Lung Capacity)
ΔP	cmH <sub>2</sub> O	Změna transpulmonálního tlaku
ΔV	l	Změna objemu plic

## Seznam zkratek

Zkratka	Význam
A/D	Analogově digitální (Analog-to-digital)
Apod.	A podobně
CPAP	Mechanická ventilace u spontánně dýchajícího pacienta (Continuous Positive Airway Pressure)
CV	Konvenční ventilace (Conventional Ventilation)
DC	Dýchací cesty
EKG	Elektrokardiograf
ETC	Endotracheální kanyla (endotracheal tube)
ETS	Endotracheální odsávání (Endotracheal Suctioning)
F	Francouzské číslování, stupnice (French)
HFV	Vysokofrekvenční ventilace ((High Frequency Ventilation)
HFJV	Vysokofrekvenční trysková ventilace (High-Frequency Jet Ventilation)
HFOV	Vysokofrekvenční oscilační ventilace (High Frequency Oscillatory Ventilation)
HFPPV	Vysokofrekvenční ventilace přerušovaným přetlakem (High Frequency Positive Pressure Ventilation)
CHOPN	Chronická obstrukční plicní nemoc
PSV	Tlakově podporovaná ventilace (Pressure Support Ventilation)
PSV-VG	PSV s garantovaným dechovým objemem (Volume Guarantee)
RDS	Syndrom dechové tísně (Respiratory Distress Syndrome)
RTG	Rentgen
UPV	Umělá plicní ventilace
VILI	Ventilátorem indukované plicní poškození (Ventilator-Induced Lung Injury)



## Úvod

V posledních deseti letech dochází v České republice k nárůstu porodnosti, která po velmi dlouhé době opakovaně přesahuje 100 tisíc porodů ročně. Daří se neustále snižovat novorozeneckou úmrtnost, což je přičítáno zejména celkové reformě péče o novorozence provedené po roce 1990, ale také neustálému vývoji v oblasti přístrojové zdravotnické techniky a léčebných postupů, včetně pokroku v resuscitaci novorozenců [1]. Těmito kroky je péče o novorozence v České republice na přední světové úrovni.

Na druhou stranu je pozorován nárůst počtu novorozenců, kteří se rodí s porodní hmotností pod 1 kg. Tento fenomén je přičítán mimo jiné vzrůstajícímu věku rodiček a častějšímu využívání umělého oplodňování v centrech asistované reprodukce. [2]

O novorozence s nízkou porodní hmotností pečuje personál neonatologických oddělení a zajišťuje těmto pacientům a jejich rodičům maximální podporu ve všech směrech zdravotní péče.

Součástí této péče je neustálá monitorace životních funkcí pacientů a případně jejich podpora. Právě nejmenší pacienti mají problém s dýcháním, neboť se častokrát jejich dýchací systém nestačil vyvinout před jejich narozením. V těchto případech se hojně využívá metod umělé plicní ventilace, kterou zajišťují přístroje – ventilátory pro umělou plicní ventilaci.

Běžným procesem je zajištění průchodnosti dýchacích cest jejich odsáváním. V současné době se v klinické praxi používají 2 přístupy pro toaletu dýchacích cest – otevřený a uzavřený systém odsávání.

Cílem této práce je navrhnout a realizovat experiment, který porovná výše uvedené systémy pro toaletu dýchacích cest.

# Teoretická část

## 1 Novorozenec

Novorozencem se rozumí dítě od narození do 28. dne života. Bezprostředně po narození se u novorozence provádí prvotní vyšetření zdravotního stavu. Této diagnostiky se zpravidla ujmají pediatři, respektive neonatologové, kteří se specializují na péči o fyziologické i patofyziologické novorozence s různými vadami. [3] [4]

### 1.1 Klasifikace novorozenců

Každého novorozence lze ihned po porodu charakterizovat dle gestačního věku a porodní hmotnosti, což určuje stupeň zralosti nedonošeného novorozence, viz Tabulka 1. [3]

Tabulka 1: Stupně zralosti novorozenců

Stupeň nezralosti	Týden gestace	Hmotnost [g]
Extrémně nezralý	< 28.	500 - 900
Těžce nezralý	< 32.	1000 - 1499
Středně nezralý	< 34.	1500 - 1999
Lehce nezralý	< 38.	2000 - 2499

Fyziologickým novorozencem se rozumí jedinec, který je zdravý, zralý a narozený v řádném termínu - tedy v rozmezí 38. – 42. týdne gestace, s porodní hmotností 2500 – 4500 g, průměrnou délkou 50 cm a frekvencí dýchání 30 – 60 dechů/min. Jeho tělo je kryto mázkem a genitálie dítěte jsou plně vyvinuty. [3] [4]

Jedinci, kteří se narodí před 38. týdnem gestace s hmotností pod 2500 g, jsou klasifikováni jako nezralí novorozenci. Nezralost je většinou způsobena nemocemi matky – diabetes mellitus, infekce či srdeční onemocnění [3]. U nedonošených jedinců může nezralost způsobit akutní a chronická onemocnění např. syndrom respirační tísně,

hypotermii, anémii, apod. Dalšími projevy nezralosti je nezralost genitálií, sacích reflexů či centra pro termoregulaci. [4] [5]

Patologickým novorozencem je myšlen jedinec s porodní hmotností 1500 gramů a jakýkoliv novorozenec ohrožený na zdraví nebo životě. Nejčastější příčinou vzniklé patologie je hypoxie, nebo-li nedostatek kyslíku v tkáních, vrozená vývojová vada nebo infekce, která pronikne do dutiny děložní a vyvolá zánět placenty. Dalšími faktory může být nízký nebo naopak vyšší věk matky a špatná životospráva. [3] [4] [5]

V České republice zajišťuje péči o patologické a nezralé novorozence celkem dvanáct specializovaných neonatologických center. [6]

## 1.2 Nemoci a zdravotní komplikace novorozenců

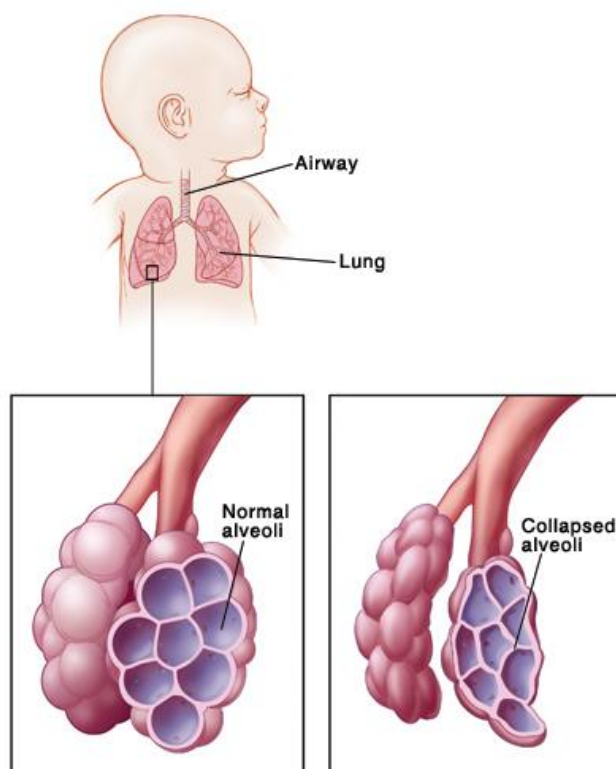
U zralých novorozenců ale především u nezralých jedinců je popisována celá řada zdravotních problémů a komplikací, které mají velký vliv na morbiditu (nemocnost) a mortalitu (úmrtnost) novorozenců [3]. Časté jsou problémy spojené s dýcháním, a to zejména u předčasně narozených dětí, u kterých nebyl ukončen vývoj respiračního systému a v jejich plicích chybí velmi důležitá látka - surfaktant, zabraňující kolapsu plic.

Surfaktant je fosfolipid, který snižuje povrchové napětí, a tím brání plochým buňkám alveolů se smrštit a zmenšit svůj povrch, což snižuje schopnost přenášet kyslík na alveolo-kapilární membráně. Zároveň je snížena elasticita plic a dochází k navyšování dechové práce, což podporuje rozvoj tzv. RDS (respiratory distress syndrome, syndrom akutní dechové tísně). Mezi další respirační poruchy se řadí chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) a neonatální apnoe. Tyto poruchy jsou popsány v následujících podkapitolách. [3] [4] [5]



### 1.3 Syndrom dechové tísně

Syndrom respirační tísně je nejčastějším plicním onemocněním u novorozenců, kteří se narodí o šest a více týdnů dříve a u dětí s nízkou porodní hmotností, a to až u 90 % jedinců. Jedná se také o nejčastější příčinu smrti v novorozeneckém období. Čím těžší je nezralost dítěte, tím větší je pravděpodobnost jeho výskytu. Pouze zřídka kdy tento syndrom postihuje i novorozence donošené. Syndrom je diagnostikován ihned po porodu, nebo až později s odstupem několika hodin (až 24 hodin). V mnoha případech jsou pacienti s RDS hospitalizováni výhradně na novorozenecké jednotce intenzivní péče a to z důvodu, že RDS je doprovázeno dalšími komplikacemi [3] [4] [7] [8]. Na Obrázku 1 lze vidět normální a kolabující plicní sklípky novorozence.



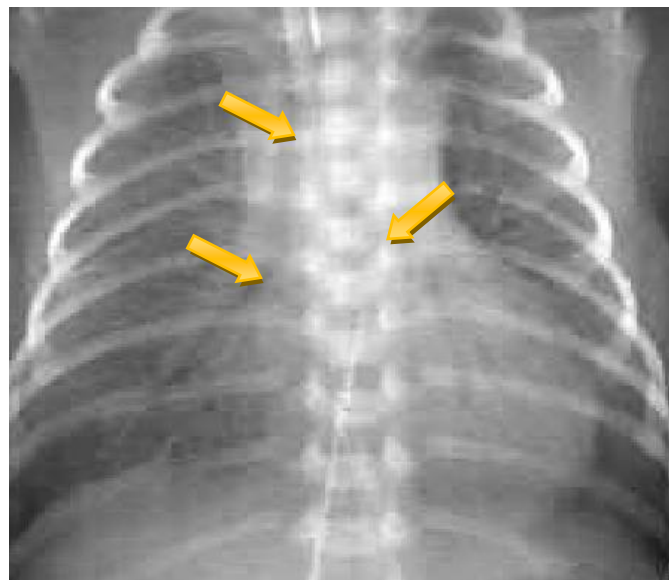
Obrázek 1: Detail plicních sklípků novorozence. Normální (vlevo) a kolabující (vpravo) plicní sklípky novorozence [9]

Úkolem surfaktantu je udržovat stabilitu alveolů a zabránit jejich kolapsu při výdechu. Nedostatek surfaktantu vede k atelektázám, čímž je snížena poddajnost plic a v samotném důsledku může dojít ke kolapsu alveolů. Pokud je plíce tuhá, nepoddajná,

nevejde se do ní potřebný objem plynu, který by měl zajistit optimální oxygenii. Následně dochází k poklesu oxygenace organismu a snížení saturace krve kyslíkem. Nedostatek kyslíku může dále zapříčinit poškození tělesných orgánů, jako je například mozek. [3] [4] [10]

Preventivní opatření proti vzniku RDS lze zahájit již během těhotenství a jedná se především o správnou prenatální péči a pravidelné kontroly budoucí matky. Při hrozícím předčasném porodu v období 24. až 34. gestačního týdne je možnost aplikovat matce kortikosteroidy, které podpoří tvorbu surfaktantu u dítěte a tím je riziko výskytu RDS u novorozence sníženo. [3]

Symptomů spojených se syndromem dechové tísně je několik. Mezi nejčastější patří cyanóza (modravé zbarvení kůže); dechové obtíže (dyspnoe = ztížené dýchání); tachypnoe – mělké dýchání až 60 dechů za minutu, které vede k nedostatečnému okysličení tkání, což se nazývá hypoxémie; zpomalená srdeční frekvence (bradykardie) a grunting (naříkavý výdech). Diagnostika RDS je jasná z klinického obrazu a potvrzena může být např. pomocí RTG, viz Obrázek 2.



Obrázek 2: Rentgenový snímek novorozence s RDS [11]. Hlavním znakem RDS na snímcích je mléčné zastínění plicní tkáně.

Léčba RDS je často v podobě přímého podání surfaktantu do průdušnice novorozence a podpoře ventilace pomocí ventilačního systému typu CPAP, což je kontinuální pozitivní tlak (Continuous Positive Airway Pressure), v těžkých případech je indikována vysokofrekvenční plicní ventilace. [4] [7] [12]

#### 1.4 Chronická obstrukční plicní nemoc

Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) je život ohrožující onemocnění plic, jejíž charakteristika je částečně odvozena z názvu. Toto onemocnění má dlouhodobý charakter, při němž dochází k zužování plicních průdušek, což komplikuje proudění vzduchu do a z plic. Dýchací cesty a plicní sklípky ztrácejí svou pružnost, snižuje se poddajnost a kvalita oxygenace. Samotnými projevy CHOPN je dušnost, nadměrná tvorba hlenu, chronický kašel a pokles srdeční akce. [4] [8]

#### 1.5 Neonatální apnoe

Apnoe novorozence, nazývaná také jako apnoická pauza, je stav bezdeší trvající typicky 15 – 20 sekund nebo déle. Tento stav je velice závažným klinickým projevem a to hlavně v případě, pokud se tyto pauzy často opakují. Apnoe mohou být primární nebo sekundární. Primární jsou zapříčiněné nezralostí dítěte, kdežto sekundární jsou vyvolané patologickými stavy a chorobami jako je RDS, abnormality dýchacích cest, srdeční selhání, anémie, apod. [4] [7]

Léčba u novorozenců s primární apnoí se skládá z několika zásad, které je nutno dodržovat. Dítě musí být dobře polohováno. Nejvíce dětem vyhovuje poloha na břiše. Dýchací cesty musí být neustále průchodné, což je zařízeno vhodnou polohou a také odsáváním sekretu. Pokud bude apnoe přetrvávat dále i přes tato opatření, je nutné napojit pacienta na ventilační podporu, např. CPAP. U sekundárních apnoí se léčí základní onemocnění, které apnoí způsobilo. [4] [7]



## 2 Přístrojové zajištění péče o neonatologické pacienty

Neonatologie je obor velmi úzce spojený s přístrojovou zdravotnickou technikou. Zdravotnické přístroje jako jsou např. patientské monitory zajišťují sledování vitálních funkcí pacienta, inkubátory poskytují pacientům tepelný komfort, přístroje pro umělou plicní ventilaci zajišťují optimální ventilaci a oxygenaci pacientů. Základní přístrojové vybavení intenzivního neonatologického lůžka je uvedeno níže.

### 2.1 Monitorování pacienta

Monitorování pacienta je velmi důležitou součástí nejen intenzivní péče a to i přes to, že není přímo léčebným postupem. Cílem monitorování je včasné zjištění abnormalit a život ohrožujících komplikací. Dále pak slouží k posouzení klinického stavu, průběhu onemocnění, účinnosti léčby či nežádoucích účinků terapie. [13]

U pacientů se standardně monitorují vitální funkce jako je EKG, pulzní oxymetrie, invazivní krevní tlak, srdeční a dechová frekvence. Detailnější popis se nachází v následujících podkapitolách. [13]

### 2.2 Pulzní oxymetrie

Pulzní oxymetrie je neinvazivní metoda, která slouží k měření saturace hemoglobinu kyslíkem, tzv. parametr  $SpO_2$ . Sonda oxymetru se přikládá na prst nebo ušní lalůček. [12]

Fyziologická hodnota  $SpO_2$  dospělého se pohybuje v rozmezí 95 – 98 % a u dětí je to v prvních dnech po narození 90 % a v dalších dnech stoupá. Tato hodnota je závislá na tlaku kyslíku v krvi. Jehož standardní hodnoty jsou 90 – 100 mmHg [14]. Interpretace hodnot  $SpO_2$  novorozenců jsou zobrazeny v Tabulce 2.

Pulzní oxymetrie s sebou nese řadu výhod jako je získání informace saturace krve kyslíkem a tepové frekvence z jednoho čidla, snadná obsluha, rychlé výsledky

a levný provoz. Nevýhody pulzní oxymetrie jsou obtížně měřitelné hodnoty saturace v případě nízkého prokrvení periferní tkáně a vyšší citlivost na pohybové artefakty.[12] [14]

Tabulka 2: Interpretace hodnot SpO<sub>2</sub>

Hodnoty SpO <sub>2</sub>	Klinické poznámky
Novorozenci > 90 % a děti nad 1 měsíc > 95 %	Fyziologické hodnoty
Novorozenci < 90 % a děti nad 1 měsíc < 95 %	Patologické hodnoty
< 80 %	Kritický stav
< 60 %	Bezprostřední kritická desaturace

### 2.3 Měření dechové frekvence

Dechová frekvence udává počet nádechů a výdechů za minutu. Tabulka 3 uvádí vývoj dechové frekvence v závislosti na věku pacienta. Lze vyčíst, že s přibývajícím věkem klesá dechová frekvence. To je zapříčiněno tím, že s rostoucím věkem se zvyšuje kapacita plic. Ale i přes to, že dospělý jedinec má dechovou frekvenci nižší, tak vdechne mnohem větší objem vzduchu než dítě. [12] [15]

Tabulka 3: Dechová frekvence vycházející z normálních hodnot

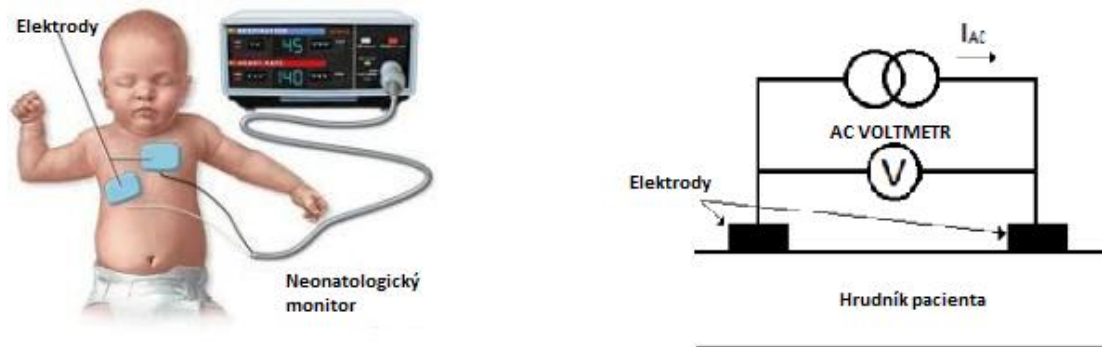
novorozenec	35-60 dechů/minutu
kojenec	30-40 dechů/minutu
dítě kolem 10 let	20 dechů/minutu
dospělý člověk	12-18 dechů/minutu

Měření dechové frekvence je velmi důležité především u dušných pacientů a u pacientů s plicním onemocněním, neboť může odhalit závažné změny zdravotního stavu pacienta. Prvním ukazatelem jakékoliv změny je právě dechová frekvence, která může díky abnormálním hodnotám identifikovat pacienty se srdeční zástavou, plicním edémem, zápallem plic či pacienty s RDS. [16] [17]

Objektivními metodami pro stanovení dechové frekvence novorozence jsou pneumotachografie a impedanční pneumografie. Pneumotachografie využívá

průtokoměr a dechová frekvence se hodnotí z průtoku dýchacích plynů na začátku dýchacích cest. [16] [17]

Impedanční pneumografie je založena na principu impedančních změn během dýchání a umožňuje měřit všechny objemy plic, kapacity plic a odpor dýchacích cest. Toto měření obvykle využívá jeden nebo dva páry elektrod, viz Obrázek 3 níže. [17] [18]



Obrázek 3: Impedanční měření pomocí dvou elektrod [17] [19]

## 2.4 Umělá plicní ventilace v neonatologii

Nezbytným přístrojovým vybavením pro zajištění dodávek kyslíku a odvětrávání oxidu uhličitého jsou plicní ventilátory. V neonatologii je dlouhodobě používána široká škála přístrojů, které se liší principem zajištění dodávky čerstvých respiračních plynů, frekvencí se kterou jsou plyny distribuovány a také tolerancí spontánní dechové aktivity. Nejčastěji používané techniky jsou zmíněny níže.

### 2.4.1 CPAP

Ventilační technika typu CPAP (continuous positive airway pressure) představuje ventilační metodu, při které je maximálně možně tolerována spontánní dechová aktivita pacienta a přístrojem je v plicích pacienta udržován přetlak po ukončení výdechu, tzv. PEEP (Positive end expiratory pressure). Protože tlak v dýchacích cestách převyšuje atmosférický tlak během nádechu i výdechu, dochází ke zvyšování funkční reziduální kapacity plic pacienta a také ke zlepšení okysličení krve, pokud je hypoxémie způsobena nedostatečným plicním objemem. Tato tlaková podpora je zajišťována pomocí nostryl nebo nosní masky.

### 2.4.2 Konvenční ventilace

Konvenční ventilace je způsob umělé plicní ventilace pacienta, při kterém se používá ventilační frekvence srovnatelná s dechovou frekvencí při spontánním dýchání a zároveň je používán stejný dechový objem jako při spontánním dýchání. Pacient je při této metodě zaintubovaný pomocí endotracheální kanyly. Ventilace probíhá plně pod kontrolou ventilátoru, na kterém je možné nastavit tlakové nebo objemové ventilační režimy. [3] [4] [10]

### 2.4.3 Vysokofrekvenční ventilace

Vysokofrekvenční umělá plicní ventilace, nebo také nekonvenční plicní ventilace, používá velice malé dechové objemy, které jsou srovnatelné s objemem anatomického mrtvého prostoru pacienta a jež jsou dávkovány s frekvencí vyšší než 120 dechů za minutu. [12] [20]

Vysokofrekvenční ventilace se dá dále rozdělit na vysokofrekvenční ventilaci přerušovaným přetlakem (HFPPV tzv. High Frequency Positive Pressure Ventilation), která je nejstarší formou HFV. Používá frekvence 1 – 1,7 Hz, což je 60 – 100 cyklů/min. Poměr inspiria a expiria je 1:3. [10] [12]

Další v pořadí je ventilace trysková nebo-li HFJV (High Frequency Jet Ventilation), jež využívá úzké trysky, která je zavedena přímo do trachey nebo endotracheální trubice a přivádí pomocí ní směs do dýchacích cest pacienta. Zde je exspirium buď pasivní nebo aktivní a v tom případě je do endotracheální trubice umístěna druhá tryska s opačnou orientací.

Další v klinické praxi používanou formou je HFOV (High Frequency Oscillatory Ventilation), tedy vysokofrekvenční oscilační ventilace, kde kmitá membrána oscilátoru a tím je zajištěn pohyb plynu. Tato technika generuje malé dechové objemy v rozmezí 1 – 4 ml/kg tělesné hmotnosti o vysoké frekvenci nejčastější kolem 4 - 5 Hz (do 8 – 10 Hz) u dospělých a do 10 – 15 Hz u dětí Hz. Zde je aktivní exspirium i inspirium. Její výhodou je, že zajišťuje kontinuální recruitment (otevření) plicní tkáně při nižších maximálních inspiračních tlacích v dýchacích cestách (DC) na rozdíl u konvenčních ventilačních režimů. Tato ventilační technika je v současné době nejrozšířenější nekonvenční ventilací. [10] [20]

## 2.5 Péče o novorozence při umělé plicní ventilaci

Péče o neonatologického pacienta představuje komplexní péči, od zajištění vitálních funkcí, po tepelný komfort pacienta. Pacient nesmí být jakkoliv zdravotně ohrožen, proto musí být dodržovány veškeré hygienické zásady a opatření. Dalším důležitým aspektem je klidný spánek a zajištění klidného vývoje novorozence.



### 3 Toaleta dýchacích cest

Toaleta dýchacích cest patří mezi základní výkony provádějící se v intenzivní péči a zahrnuje tracheální odsávání, odsávání ze subglotického prostoru, toaletu dutiny ústní a nosu, techniky plicní rehabilitace, respirační fyzioterapie. U ventilovaných pacientů spočívá také v péči o endotracheální a tracheostomickou kanylu a v péči o ventilační okruh. [10] [12]

Endotracheální odsávání (Endotracheal suctioning, ETS) slouží pro udržení průchodnosti dýchacích cest. Používá se u pacientů, kteří mají nadměrné množství sekretu a vzhledem k neústupnosti nebo objemu sekretu, nejsou pacienti sekret sami schopni odstranit. U novorozenců se díky odsávání odstraňují i zbytky plodové vody, která brání ve správné průchodnosti DC. ETS je pro nemocného velmi nepříjemné a stresující. Nejen kvůli bolesti, vyvolání nevolnosti, pocitu na zvracení, dráždění ke kašli, ale i z důvodu poškození sliznice. A to i přes to, že se jedná o jednoduchý a rychlý postup, který však může vést k řadě komplikacím jako je hypoxémie, slizniční trauma, srdeční arytmie, zúžení průdušek, hypotenze, hypertenze nebo plicní krvácení. Aby se těmto komplikacím zabránilo, je nutné dodržovat řádnou techniku odsávání a hygienu. [10] [12] [17] [21]

Dnes se pro odsávání z dýchacích cest používají dvě techniky - a to otevřený a uzavřený systém odsávání. Tyto metody jsou podrobně popsány dále.

## 4 Odsávací techniky

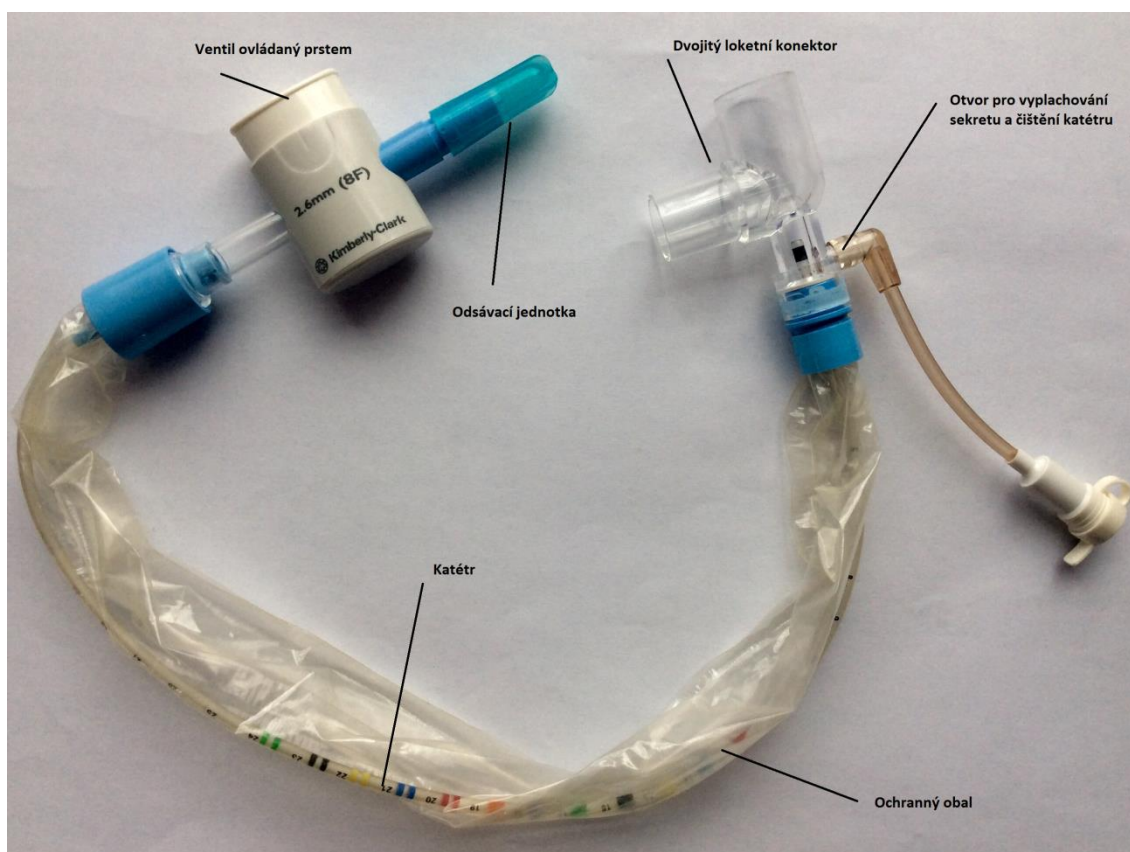
### 4.1 Odsávání otevřeným systémem

Otevřený systém se používá k jednorázovému odsávání, neboť je nutné na krátkou dobu odpojit pacienta od ventilátoru. Při odsávání je nutné dodržovat sterilitu, abychom nezanесли infekci do dolních dýchacích cest. Používá se proto vždy jednorázový katétr. Použité katétrů by měly být co nejmenší, aby nevznikla příliš velká obstrukce nebo-li překážka v dýchacích cestách, ale dostatečně velké na to, aby se usnadnilo odsátí sekretu. [12] [22]

Před samotným zákrokem by měl být pacient nejdříve preoxygenován, a to z důvodu vytvoření zásoby kyslíku ve tkáních, neboť při odsávání dochází k postupnému kolapsu dýchacích cest a ke konstantnímu snižování tlaku, čímž je zastaven přenos kyslíku do tkání a nastává hypoxie. Ale díky preoxygenaci je hypoxie nižší. Po té se pacient odpojí od ventilátoru, kvůli čemuž dojde k poklesu tlaku v plicích a z důvodu otevřeného prostředí může dojít k zanesení infekce. Následně se zavede odsávací katétr do dýchacích cest, čímž se vytvoří obstrukce a plíce se bude zavírat. Odsávání probíhá krátkodobě přerušovaným podtlakem po dobu maximálně 10 – 15 sekund. Pro dospělé se doporučuje podtlak 100 – 120 mmHg, pro děti 80 – 100 mmHg a pro kojence se doporučuje 60 – 80 mmHg. Nakonec se katétr vytáhne a pacient se připojí znovu k ventilátoru. Díky čemuž se plíce bude znovu otevírat. Pokud nejsou dýchací cesty stále průchodné, je nutné v odsávání pokračovat. Pacient se proto nechá odpočinout a na ventilátoru se mu umožní nejméně 3 – 4 dechové cykly. Pacientovi je ponechána časová prodleva mezi jednotlivými intervaly odsávání, aby nedošlo ke kolabování plic. Teprve potom lze pokračovat v odsávání novým sterilním katétrem. Během celého výkonu je nutné sledovat vitální funkce (EKG křivku, SpO<sub>2</sub> a tepovou frekvenci). [12] [22] [23]

## 4.2 Odsávání uzavřeným systémem

Uzavřený systém představuje metodu odsávání, která využívá opakovaně použitelného katétru o délce zhruba 30 cm. Katétr je uzavřen do ochranného sterilního obalu, díky němuž je zabráněno kontaktu katétru se zevním prostředím, a proto je možné katétr využívat opakovaně. Katétr je zaveden na 24 – 96 hodin, záleží na výrobcí a na nutnosti častého odsávání. Uzavřený systém odsávání je zobrazen na Obrázku 4. [10] [24] [25]



Obrázek 4: Uzavřený systém odsávání

Velkou výhodou uzavřeného systému je nepřerušeni ventilační podpory. Díky tomu je lépe udržena oxygenace a hodnota pozitivního tlaku na konci výdechu (positive end-expiratory pressure tzv. PEEP) během odsávání. Tento způsob odsávání se doporučuje u pacientů s potřebou častého sání či s infekčním onemocněním dýchacích cest. Nevýhodou tohoto systému jsou vyšší přímé náklady na spotřební materiál. [10] [21] [23]

#### 4.3 Porovnání uzavřeného a otevřeného systému

Postup odsávání je jak u otevřeného, tak u uzavřeného systému totožný. Liší se akorát v tom, že u otevřeného systému se musí pacient odpojit od ventilátoru. Co se týče ekonomického hlediska, tak náklady na materiál byly u otevřeného systému až stonásobně nižší než u uzavřeného systému. [26]

#### 4.4 Aktuální problematika odsávání z dýchacích cest

Cílem rešeršní studie bylo provést průzkum současného stavu odsávání z dýchacích cest otevřeným a uzavřeným systémem u nezralých novorozenců. V odborných pracích byly sledovány tyto odsávací techniky za posledních pět let.

Vědecké práce byly vyhledávány pomocí následujících bibliografických databází:

- **PubMed**
- **ScienceDirect**

*Klíčová slova: endotracheal suction, open system suction, closed system suction, newborn*

Celkem byly v databázi PubMed nalezeny 2 články a 134 článků na ScienceDirect z období 2012 – 2016. Z toho je více než 10 článků relevantních a pojednávajících o výše zmíněné problematice.

V současné době jsou v neonatální klinické praxi používány dvě techniky odsávání z dýchacích cest – otevřený a uzavřený systém. I když je tracheální odsávání důležitým aspektem efektivního řízení dýchacích cest, jsou s ním spojená rizika a komplikace, mezi něž se řadí krvácení, infekce, atelektázy, hypoxémie, zvýšení intrakraniálního tlaku a může dojít i k poškození tracheální sliznice. [21] [27]

Byla nalezena studie [28], která porovnává udržení průchodnosti endotracheální kanyly u novorozenců na mechanické ventilaci. Odsávání z endotracheální kanyly je jedním z nejběžnějších postupů prováděných v pediatrické intenzivní péči, která odstraňuje nahromaděné sekrety, které brání potenciální nežádoucí příhodě, ale odsávání může být pro pacienta potenciálně nebezpečné (viz komplikace uvedené výše). Tato studie porovnává otevřený a uzavřený systém z hlediska dechové a srdeční frekvence

u předčasně narozených novorozenců. Ale závěrem není žádný významně prokazatelný rozdíl mezi těmito dvěma systémy. [28]

Dalším důvodem pro porovnání otevřeného a uzavřeného systému byl průzkum zabývající se jejich účinky s ohledem na bolestivost odsávání u novorozenců s ventilační podporou. Ani toto šetření neodhalilo žádný statisticky významný rozdíl mezi těmito dvěma metodami. [29]

V následující práci se porovnával otevřený a uzavřený systém z hlediska bezpečnosti pro novorozence a náročnosti pro personál. Tato studie vyzdvihuje výhodu uzavřeného systému, jelikož nedochází k jeho odpojení od ventilátoru a personálem je tato metoda považována za jednodušší a časově úspornější. [30]

## Praktická část

### 5 Cíle a výzkumné předpoklady – porovnání otevřeného a uzavřeného systému

Cílem této práce je návrh a realizace laboratorního experimentu *in vitro* za účelem porovnání v praxi používaných metod pro odsávání z dýchacích cest intubovaných pacientů neonatologických oddělení. Dále se zaměřuje na porovnání otevřených a uzavřených odsávacích systémů pro toaletu dýchacích cest z hlediska zajištění a udržení tlakových parametrů, generovaných ventilátory pro umělou plicní ventilaci.

Na základě kapitoly 4, která uvádí, že není lepší či horší odsávací systém byl navržen a zkonstruován rigidní model respirační soustavy novorozence, ke kterému je možné připojit oba odsávací systémy. Celý měřicí okruh je připojen k ventilátoru. Aparatura má inspirační část, která je vyhřívána a je připojena směrem k pacientovi. Dále obsahuje expirační část a neonatologický průtokový senzor, jenž má dva žhavené dráty a měří dechové objemy. Další součástí je endotracheální kanyla (ETC), odsávací katétr a baňka představující model dětské plíce. Při zavádění odsávacího katétru vzniká v plicích obstrukce a dochází ke změnám ventilačních parametrů. Po vysunutí odsávacího katétru se ventilační parametry ustálí.

#### 5.1 Návrh experimentu

Cílem experimentu je zjištění velikosti obstrukce, která vzniká při zavádění odsávacích katétrů do endotracheální kanyly a dále sledovat ovlivnění ventilačních parametrů. Měření proběhlo na měřicí aparatuře rigidního modelu dětských plic, kde budou různé endotracheální kanyly a velikosti odsávacích katétrů používaných na nemocničním oddělení. Rigidní model je používán, protože se jedná o stabilní model v čase a lze se tak zaměřit na jednotlivé režimy. A jelikož k měření je potřeba stále stejných a stabilních podmínek, což by žádný jiný systém nezajistil, je právě rigidní model tím nejvhodnějším [31].

## 5.2 Odsávací katétry a endotracheální kanyly

Výrobce doporučuje používání pro 5F ( $\varnothing = 1,6$  mm) katétr jsou endotracheální kanyly o vnitřním průměru  $\varnothing = 2,0$  a 2,5 mm. Pro 6F ( $\varnothing = 2,0$  mm) je to endotracheální kanyla o 2,5; 3,0; 3,5 mm.

## 5.3 Výpočet velikosti obstrukce

Endotracheální kanyla i odsávací katétr mají tvar kruhu, proto je pro výpočet použit tento vztah:

$$S = \pi * r^2 = \frac{\pi * d^2}{4}$$

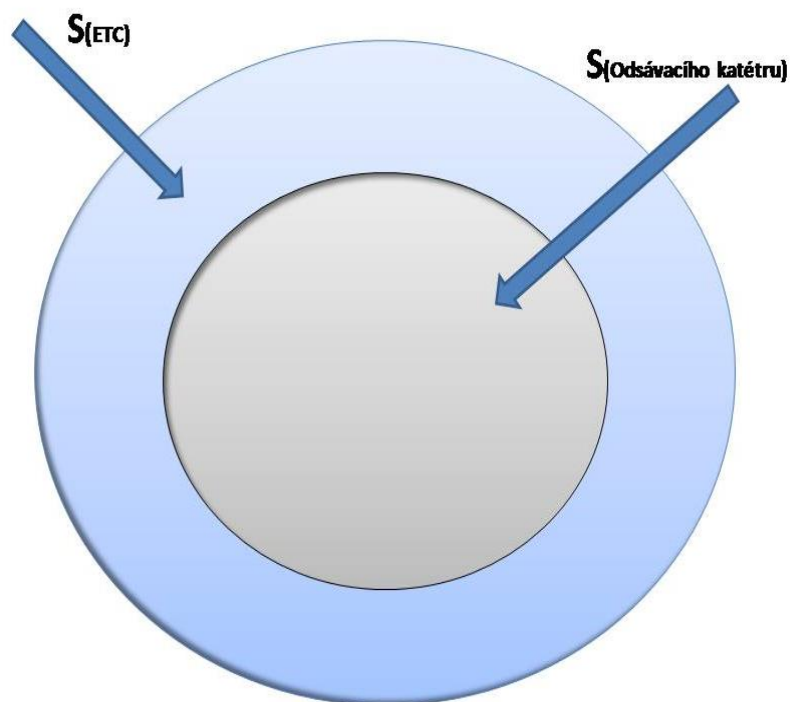
Tabulka 4: Výpočet redukce ploch ETC při vložení odsávacího katétru

Odsávací katétr [F]	ETC [mm]	$S_{\text{(odsávacího katétru)}} [\text{mm}^2]$	$S_{\text{(ETC)}} [\text{mm}^2]$	Obstrukce [%]
5	0	2,01	0	0
5	2,0	2,01	3,14	64
5	2,5	2,01	4,91	41
6	0	3,14	0	0
6	2,5	3,14	4,91	64
6	3,0	3,14	7,07	44
6	3,5	3,14	9,62	33

V prvním sloupci Tabulky 4 jsou uvedeny průměry odsávacích katétrů. V druhém sloupci se nachází průměry endotracheálních kanyl. Pro lepší představivost ploch endotracheální kanyly a odsávacího katétru slouží Obrázek 5. Třetí sloupec obsahuje velikost plochy odsávacího katétru. V předposledním sloupci jsou plochy endotracheálních kanyl. Na tyto údaje navazují velikosti obstrukcí v posledním sloupci, které se počítají pomocí vztahu uvedeného níže.

$$S = \frac{S_{\text{odsávací katétr}} * 100 \%}{S_{\text{ETC}}} = [\%]$$





Obrázek 5: Na tomto obrázku lze vidět dvě různé plochy. Ta větší plocha nebo-li  $S_{(ETC)}$  je plocha endotracheální kanyly. Menší plocha představuje plochu odsávacího katétru.

#### 5.4 Protokol – obstrukce dýchacích cest bez odsávání

##### **Použité přístroje:**

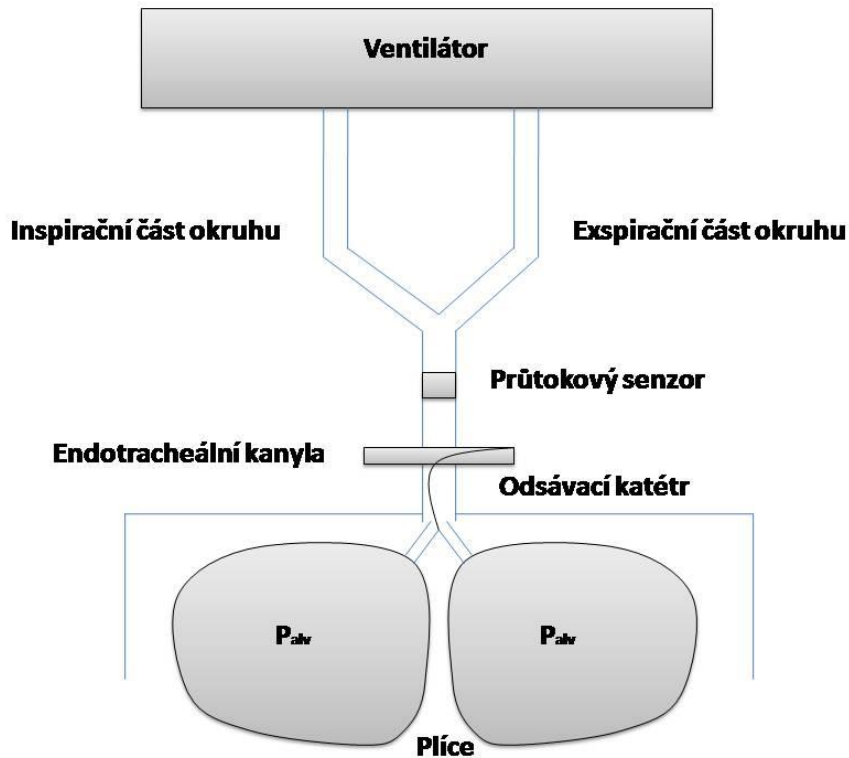
- Plicní ventilátor AVEA
- Tlakoměr – iMON

##### **Cíle měření:**

- Zjištění hodnoty změny jednotlivých parametrů při vložení katétru do ETC
- Porovnání hodnot jednotlivých parametrů bez obstrukce v DC a při obstrukci DC
- Export dat v čitelném formátu

## Experimentální sestava

Experimentální sestavu je třeba sestavit dle Obrázku 6:



Obrázek 6: Experimentální sestava je připojená k plicnímu ventilátoru. Aparatura se skládá z inspirační a expirační části okruhu, průtokového senzoru a endotracheální kanyly, do které je vložen odsávací katétr. V neposlední řadě i baňku představující model dětské plíce

### Příprava na měření – konvenční ventilátor

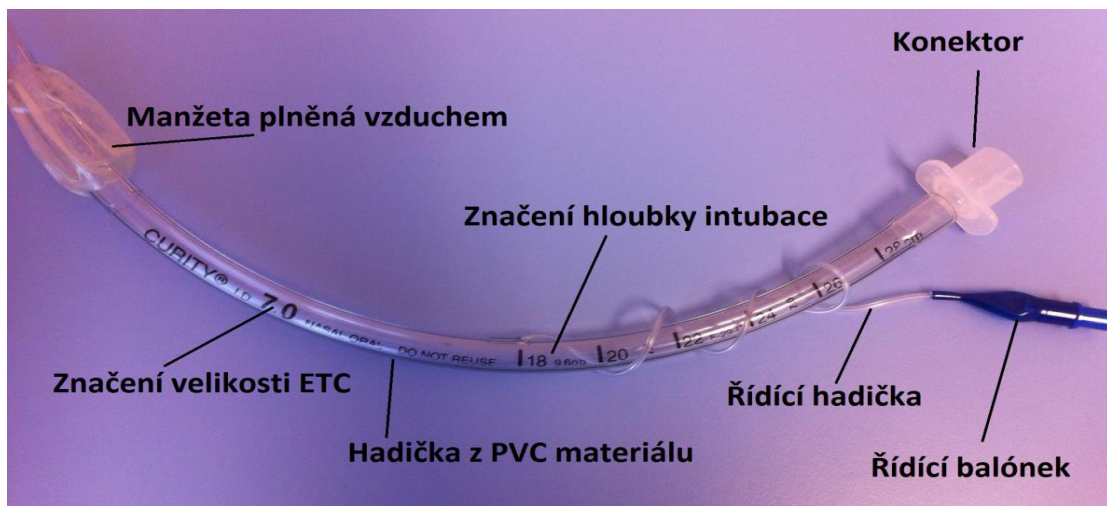
- Sestavit ventilační okruh
- Zapojit ventilátor do plynů – vzduch, kyslík
- Provést test funkčnosti ventilátoru
- Nastavit ventilační režim - PSV, PSV-VG
- Nastavit ventilační parametry – PEEP,  $V_T$ ,  $f_{iO_2}$ ,  $f_{RESP}$
- Spustit záznam pro měření

## Měření

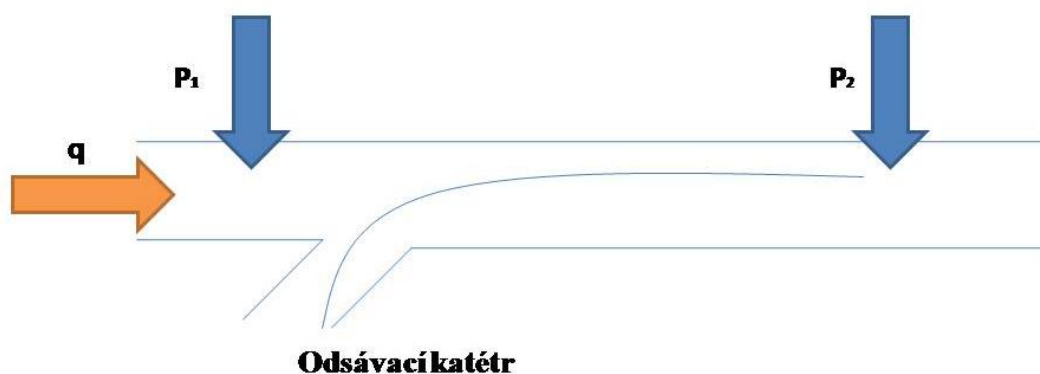
- Spuštění ventilace
- Vyčkat do ustálení hodnot
- Zavést katétru – vytvořit obstrukci v DC
- Simulace odsávání
- Vytáhnout katétru 5 – 10 s
- Ustálení parametrů
- Pojmenování souboru s daty

### 5.5 Experimentální sestava

Experimentální sestava se skládá z endotracheální kanyly, do níž je vložen odsávací katétru viz Obrázek 7. Pomocí tlakového měřidla, které bylo k ETC připojeno, se měřily dva tlaky -  $P_1$ , který byl měřen zhruba v jedné třetině endotracheální kanyly a  $P_2$  měřený na konci ETC. Tlakoměr zaznamenával jejich výsledný rozdíl  $\Delta P$ , který je uveden v Tabulce 5. Do endotracheální kanyly byl přiváděn konstantní průtok  $q = 7$  l/min.



Obrázek 7: Na obrázku lze vidět endotracheální kanylu, jejímž základem je hadička z PVC materiálu, kde je označena velikost ETC a značení hloubky intubace. Další nedílnou součástí je konektor, manžeta a řídicí jednotka

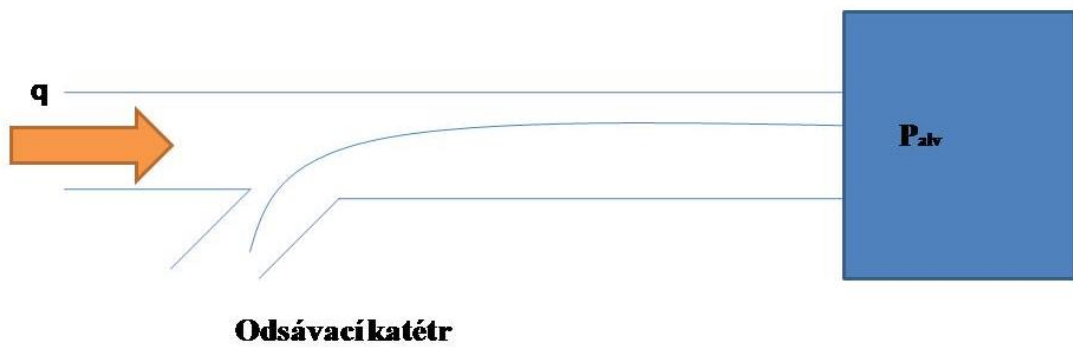


Obrázek 8: Obrázek znázorňuje endotracheální kanylu, do níž je vložen odsávací katétr a dojde tak v plicích k obstrukci. Dochází tak i k poklesu tlaku, který je měřen na začátku a ke konci ETC. Do ETC je konstantně přiváděn průtok.

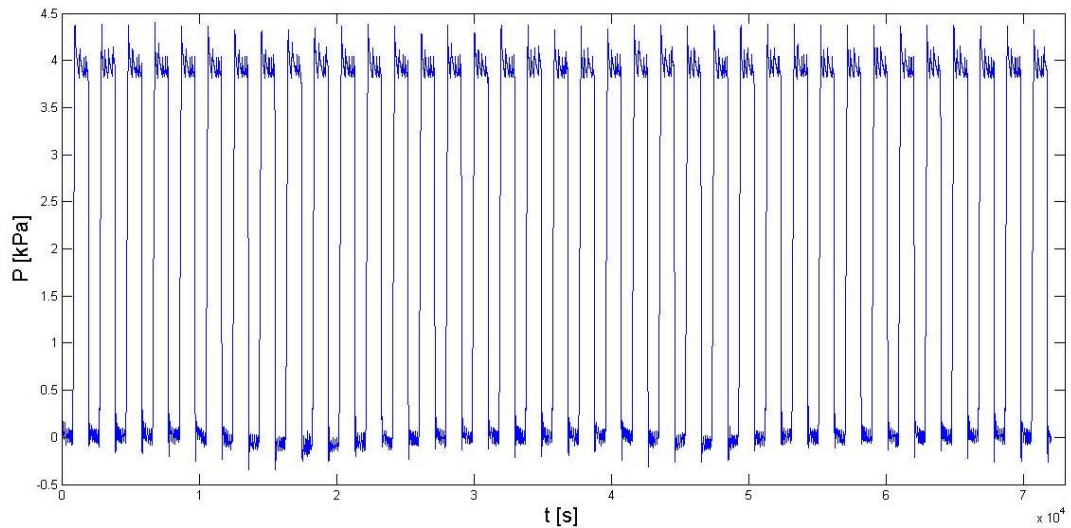
Tabulka 5: Tabulka znázorňuje, jak velký je rozdíl tlaků bez obstrukce a při obstrukci. Při vložení 5F odsávacího katétru do ETC o průměru 2,0 mm a 6F odsávacího katétru do ETC = 2,5 mm dojde k tak velké obstrukci, že rozdíl tlaků je větší jak 10 kPa a přesahuje tak rozsah tlakoměru.

Odsávací katétr [F]	ETC [mm]	q [l/min]	$\Delta P$ [Pa] bez obstrukce	$\Delta P$ [Pa] s obstrukcí
5	2,0	7	3001	> 10 000
5	2,5	7	1471	5640
5	3,0	7	1306	3529
6	2,5	7	1471	> 10 000
6	3,0	7	1306	7333

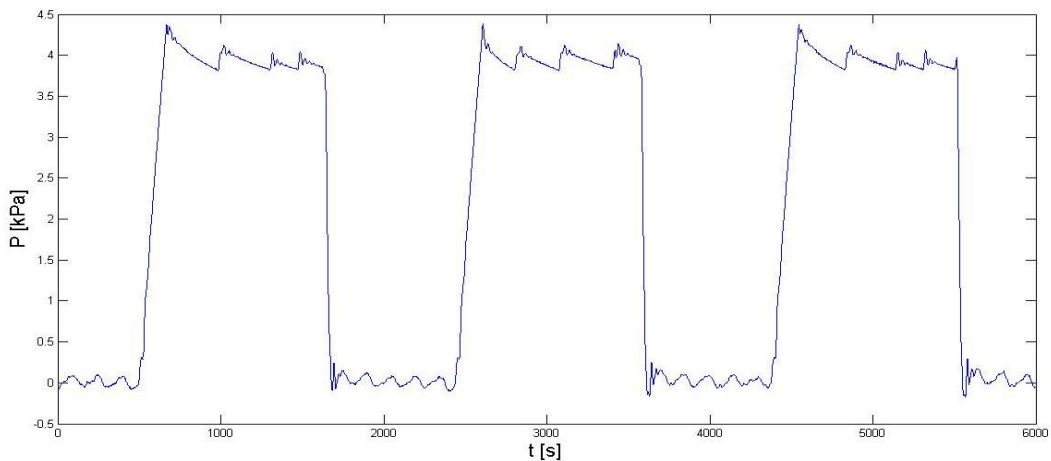
Endotracheální kanyla, viz Obrázek 9, je připojena k rigidnímu modelu dětských plic. Pomocí tlakového měřidla iMON je měřen alveolární tlak  $P_{alv}$  uvnitř baněk. Výsledný graf je vykreslen na Obrázku 10 a pro lepší představu je z celého grafu vybrán výřez, který představuje Obrázek 11.



Obrázek 9: Endotracheální kanyla připojená k rigidnímu modelu dětských plic, kde je měřen alveolární tlak.



Obrázek 10: Časový průběh změny alveolárního tlaku uvnitř rigidního modelu. Prodloužení v podobě čárky u dolních PEEP je z důvodu bitového rozlišení, protože byl používán A/D převodník a docházelo k převodu hodnot.



Obrázek 11: Časový průběh změny alveolárního tlaku uvnitř rigidního modelu. Pro lepší představu jsou vybrány první tři PEEP.

Pro výpočet maximální a minimální hodnoty byl v programu Matlab R2013b (MathWork) použit níže uvedený skript, viz Obrázek 12 pomocí kterého se udělal průměr z hodnot od 3,8 a výše a průměr z hodnot od 0,2 a níže. Takto vyselektované hodnoty jsou z důvodu, že kdyby se počítala maximální a minimální hodnota z celého grafu, mohla by se v grafu objevit extrémní hodnota, která by mohla být dána rušivými vlivy či nepřesnostmi měřením.

```

%close all;
%clc;

n = 0;    %počet větších
m = 0;    %počet menších

h = 0;    %high - součet větších
l = 0;    %low - součet nižších
for i=1:7200
    if(x(i)>=3.8)
        n = n + 1;
        h = h + x(i);
    end
    if(x(i)<=0.2)
        m = m + 1;
        l = l + x(i);
    end
end

prumerh = h/n; %průměr větších
prumerl = l/m; %průměr menších
prumerc = (prumerh + prumerl)/2; %celkový průměr
%clc

```

Obrázek 12: Skript v programu Matlab, který slouží pro výpočet maximální a minimální hodnoty.

## 6 Metodika výzkumu

Realizaci laboratorního experimentu probíhala z části na Gynekologicko-porodnickém oddělení VFN v Praze a z části v laboratoři na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně.

Celý měřicí okruh, viz Obrázek 13, je připojen k ventilátoru AVEA (CareFusion), který je popsán v podkapitole 6.1. Aparatura má inspirační část, která je vyhřívána a je připojena směrem k pacientovi a má také expirační část. Dále obsahuje neonatologický průtokový senzor, jenž má dva žhavené dráty a měří dechové objemy. Další součástí je endotracheální kanyla, odsávací katétr a baňku představující model dětské plíce.



Obrázek 13: Realizace celého experimentu



Experiment byl proveden pro zvolené tři velikosti endotracheálních kanyl a dva odsávací katétry. Pro lepší představu je níže uvedena Tabulka 6. Celkem bylo uskutečněno 8 měření a každé měření bylo prováděno dvakrát. Jednou pro ventilační režim PSV-VG a podruhé pro PSV.

Tabulka 6: Tabulka představující počet měření, nastavované režimy, použité odsávací katétry a endotracheální kanyly.

měření	nastavený režim	odsávací katétr [F]	endotracheální kanyla [mm]
1	PSV-VG	5	2
2	PSV	5	2
3	PSV-VG	5	2,5
4	PSV	5	2,5
5	PSV-VG	6	2,5
6	PSV	6	2,5
7	PSV-VG	6	3
8	PSV	6	3

Před začátkem měření byly na plicním ventilátoru nastaveny parametry:

- PEEP = 5 cmH<sub>2</sub>O
- Dechový objem = 5 ml/kg
- Frekvence = 60 dechů/minutu
- fiO<sub>2</sub> = 21%

Výše uvedené parametry byly pro všechna měření stejné.

## 6.1 Ventilátor AVEA

Ventilátor AVEA zobrazený na Obrázku 14, představuje nejvyšší model ventilátorů CareFusion určený pro ventilaci extrémně nezralých novorozenců. Má široké spektrum ventilačních režimů a funkcí a zajišťuje přesnou ventilaci. Dále disponuje revolučním uživatelským rozhraním poskytující maximální flexibilitu s jednoduchou interakcí obsluhy. Při uvedení ventilátoru do provozu se nastavují tyto parametry:

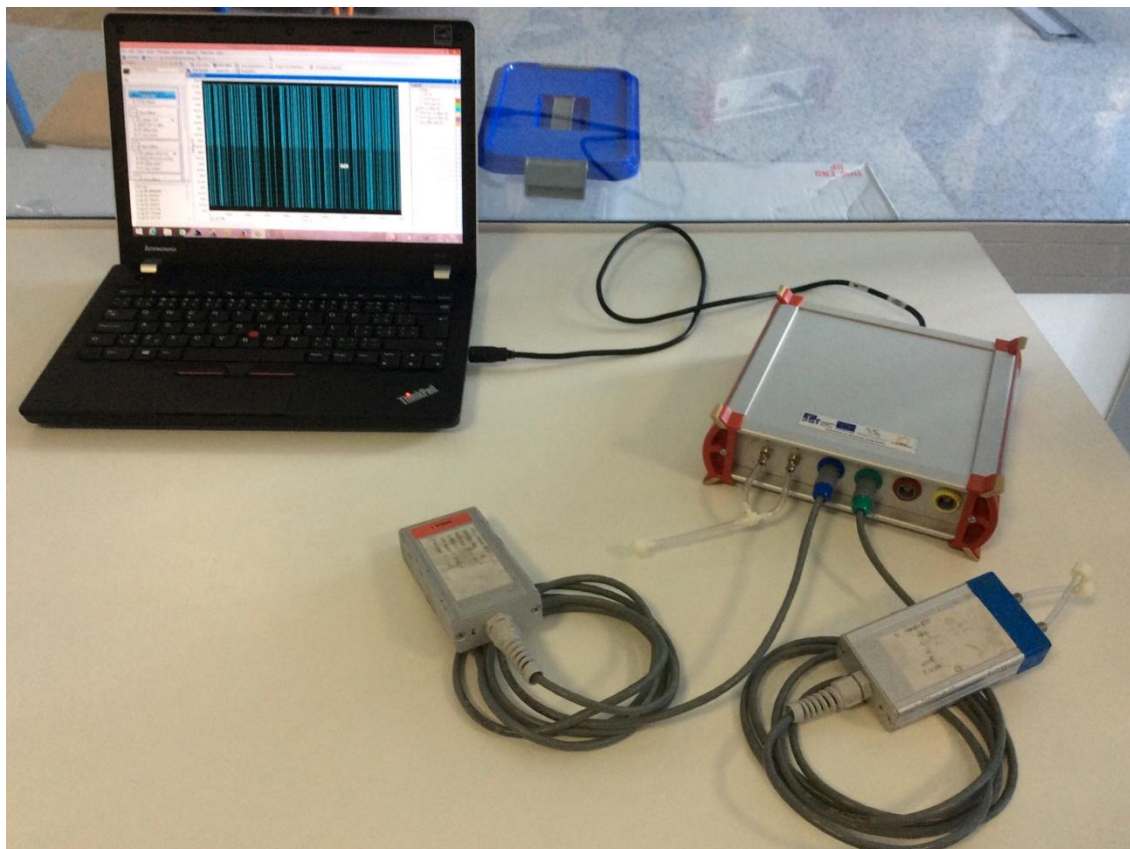
- PEEP – pozitivní tlak v dýchacích cestách na konci expira
- $V_T$  – dechový objem
- $fiO_2$  – inspirační koncentrace kyslíku, nastavovaná u novorozenců na 20%
- $f_{RESP}$  – respirační frekvence



Obrázek 14: Ventilátor AVEA, CareFusion

## 6.2 iMON

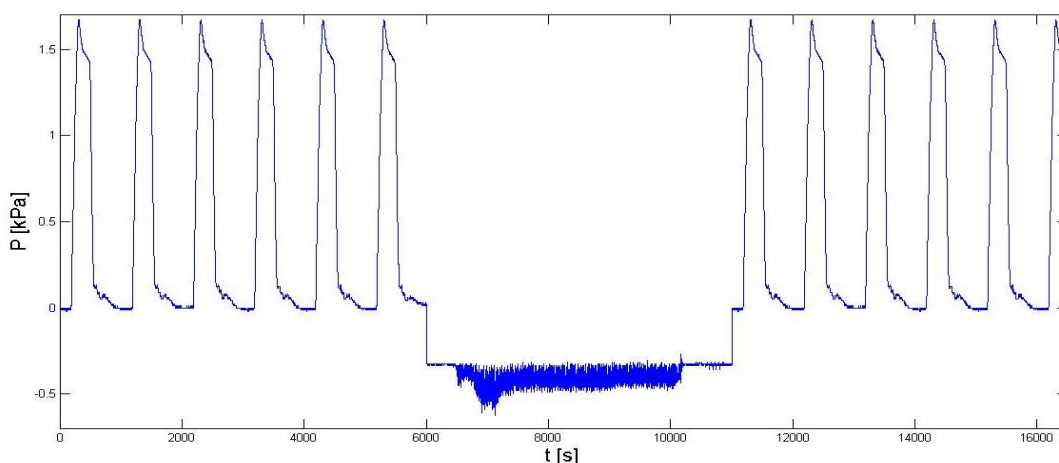
Experimentální měřidlo iMON je měřicí zařízení využívané pro kontinuální sledování a záznam až šesti různých tlaků zároveň a to při konvenční nebo vysokofrekvenční plicní ventilaci. Měřidlo má dvě hlavní části. Tou první je osobní počítač, který má nainstalován vyhodnocovací software a druhá část slouží k měření a sběru dat. Systém je založen na A/D převodníku USB NIDAQ 6009 (National Instruments), ke kterému se připojují tlakové senzory s příslušnými elektronickými obvody. Tyto obvody zajišťují impedanční přizpůsobení, zesílení a základní filtraci snímaného signálu. Pro zobrazení průběhů signálů a jejich ukládání do počítače se využívá softwaru Lab-View Signal Express (National Instruments). Na Obrázku 15 je vidět měřidlo iMON a počítač se softwarem Lab-View Signal Express.



Obrázek 15: Experimentální měřidlo iMON se softwarem Lab-View Signal Express.

## 7 Analýza výzkumných dat

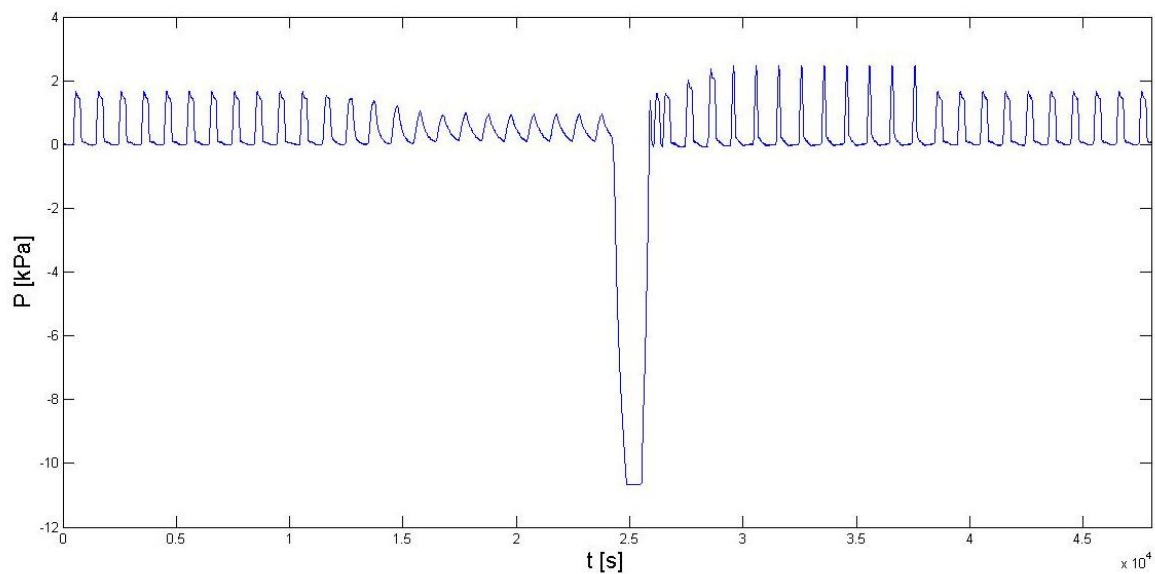
Byla provedena sada měření odsávání otevřeným systémem a odsávání uzavřeným systémem. Během experimentu byly měřeny a zaznamenávány změny tlaku uvnitř baňky (model respirační soustavy). Na Obrázku 16, tedy z grafu odsávání otevřeným systémem je jasný okamžitý pokles v momentě, kdy se rozpojí ventilační okruh a další pokles při odsávání, což je dáno právě samotným sáním.



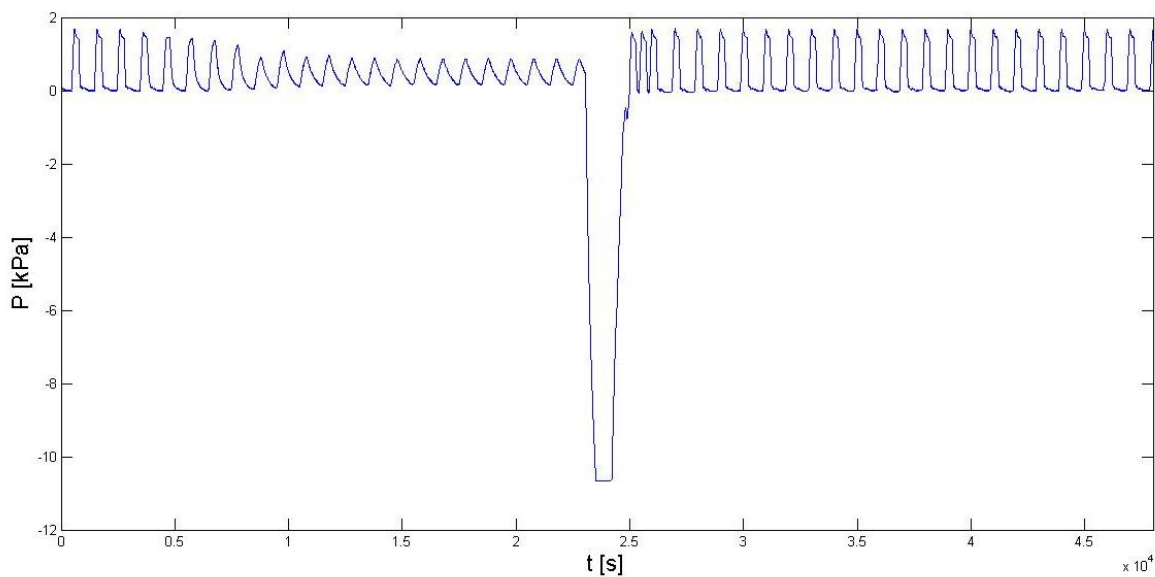
Obrázek 16: Na obrázku lze vidět graf, který zachycuje odsávání otevřeným systémem. Na začátku je vidět průběh s normální ventilací, po té došlo ke skokové změně pod 0, kdy se odpojil plicní ventilátor a odsávalo se, následně došlo opět k připojení k plicnímu ventilátoru.

Na níže uvedených grafech pro jednotlivá měření uzavřeného systému lze vidět, že zpočátku jsou hodnoty tlaku ustálené – to je považováno za výchozí stav. Po té byl zaveden katétr do endotracheální kanyly, čímž se vytvořila obstrukce a došlo tak k změně tlakové amplitudy uvnitř baňky. V poslední fázi se začalo odsávat a odsávací katétr byl vytahován z endotracheální kanyly, čímž se tlakové parametry začaly znovu ustalovat.

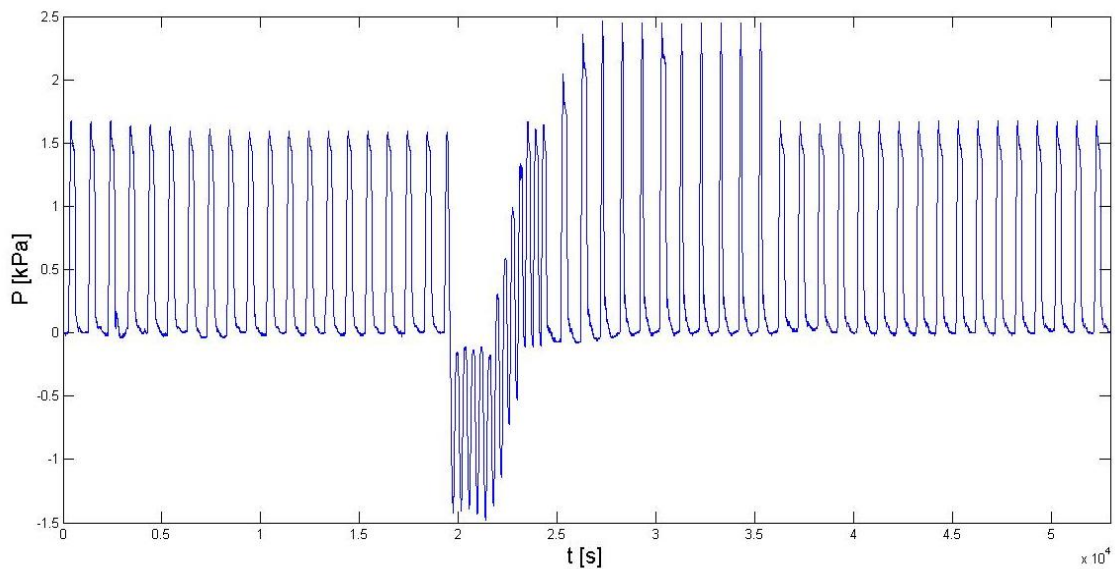
Signál se rozdělí na tři požadované oblasti. První částí je ustálený stav na počátku, druhým stavem je doba zavedení odsávacího katétru do ETC a posledním intervalem je znovu ustálení tlakových parametrů. U těchto tří zájmových oblastí definujeme  $\Delta P$  a střední tlak.



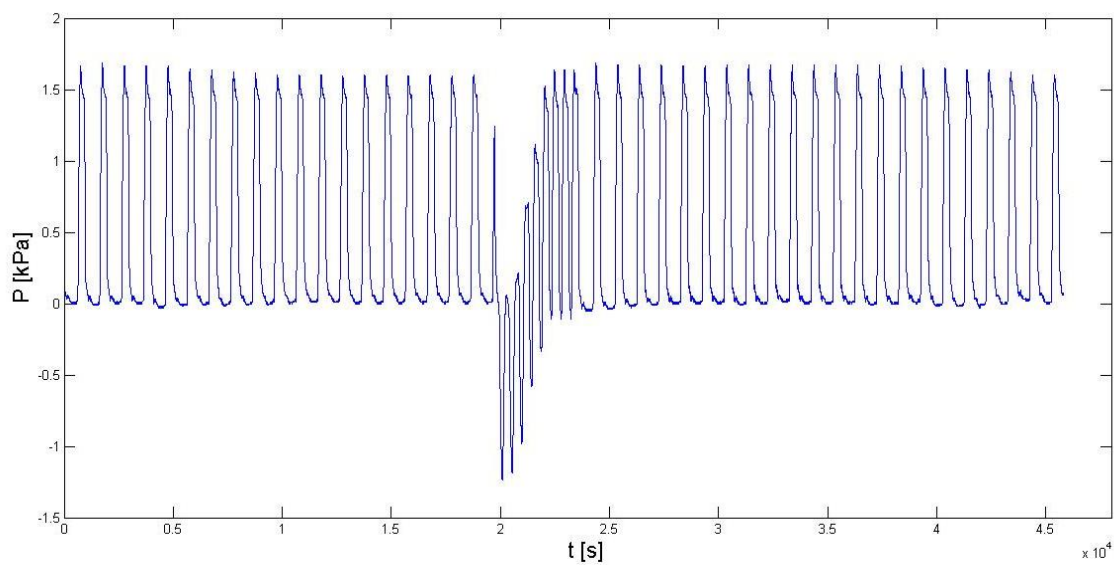
Obrázek 17: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV-VG, 5F odsávací katétr a ETC = 2,0 mm



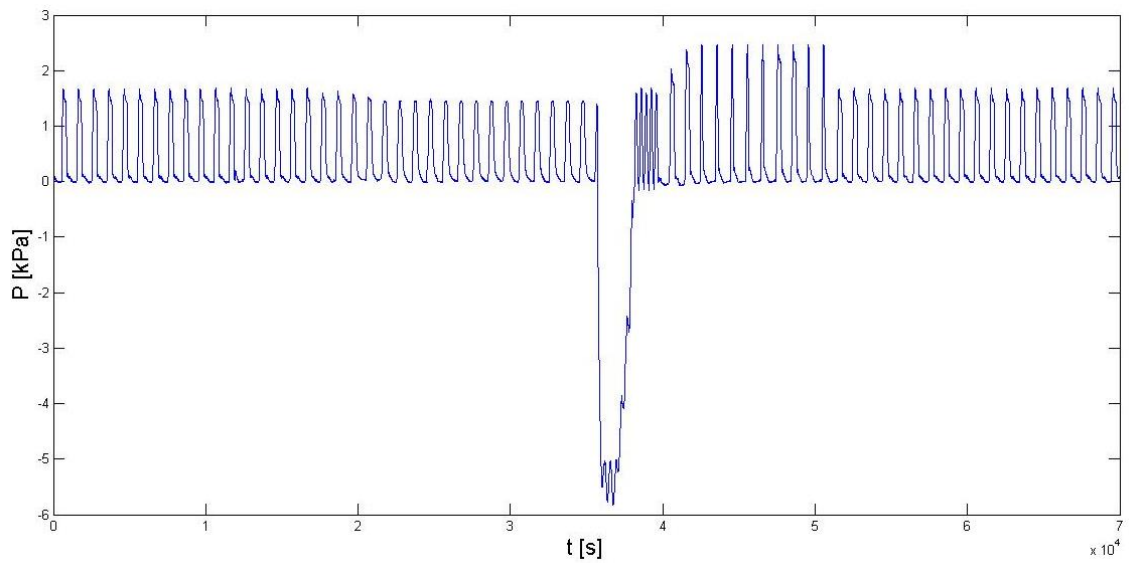
Obrázek 18: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV, 5F odsávací katétr a ETC = 2,0 mm



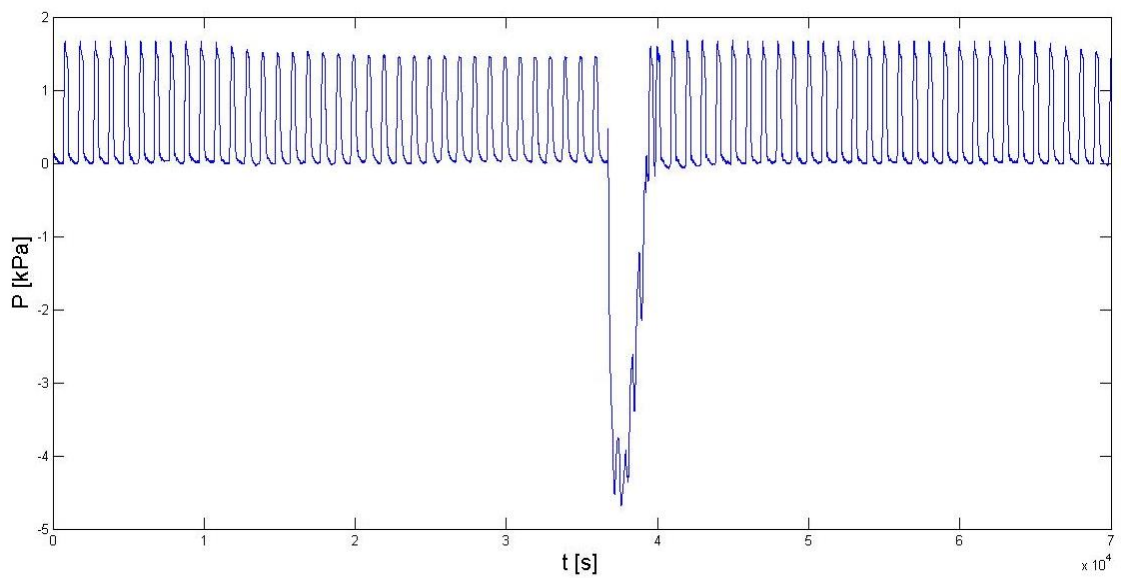
Obrázek 19: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV-VG, 5F odsávací katétr a ETC = 2,5 mm



Obrázek 20: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV, 5F odsávací katétr a ETC = 2,5 mm

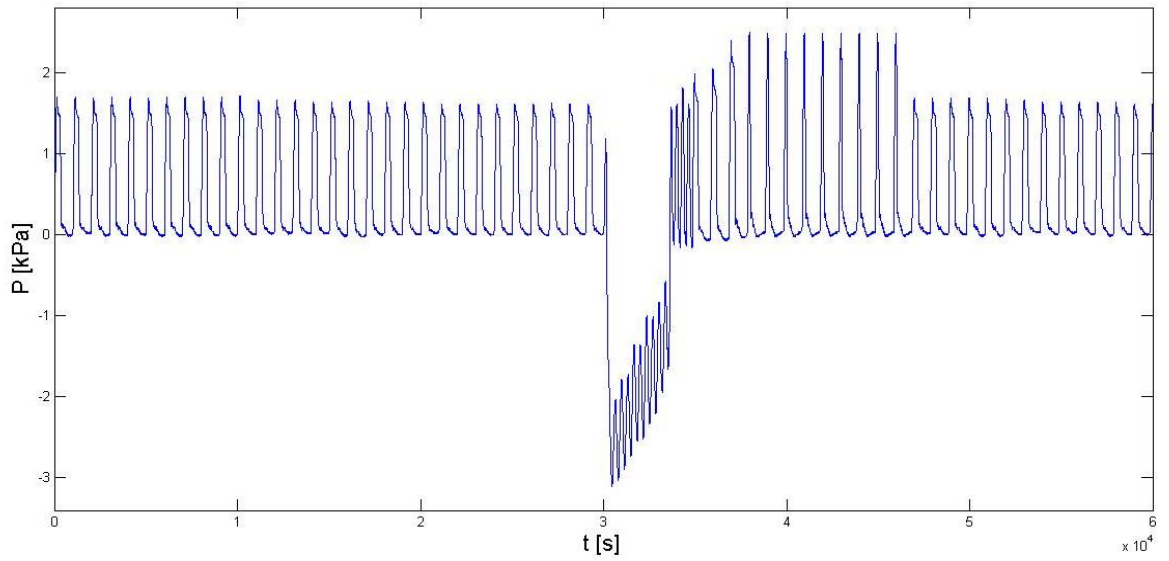


Obrázek 21: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV-VG, 6F odsávací katétr a ETC = 2,5 mm

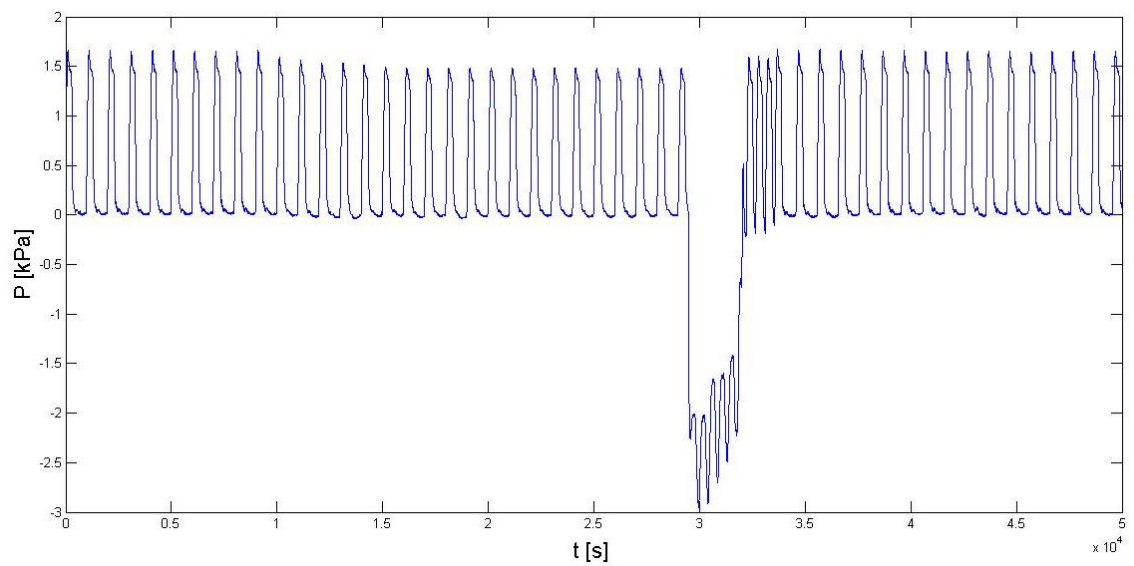


Obrázek 22: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV, 6F odsávací katétr a ETC = 2,5 mm

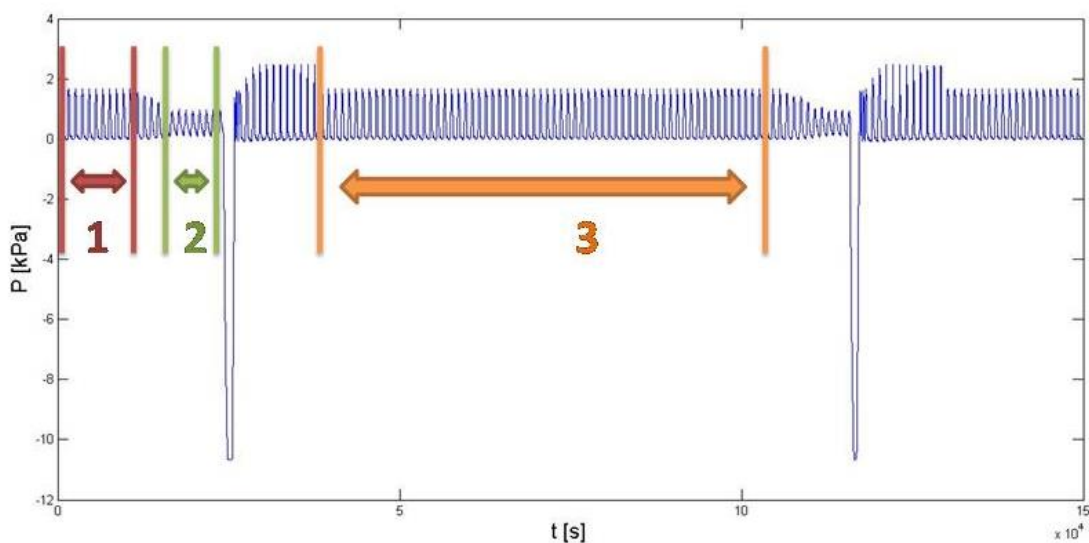




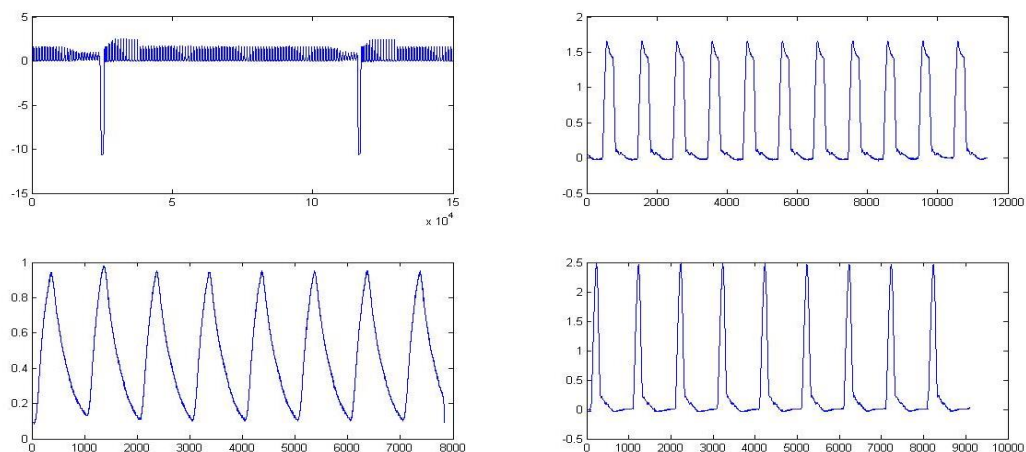
Obrázek 23: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV-VG, 6F odsávací katétr a ETC = 3,0 mm



Obrázek 24: Časový průběh změny tlaku uvnitř rigidního modelu pro režim PSV, 6F odsávací katétr a ETC = 3,0 mm



Obrázek 25: Obrázek slouží k lepší představivosti vybraných oblastí, kde první zájmovou oblastí je výchozí stav označený číslem 1, následující oblast 2 je zeleně zvýrazněná a představuje úsek po vložení odsávacího katétru. Poslední pasáží je znovu ustálený stav reprezentován číslem 3.



Obrázek 26: Dle předchozího obrázku se u každého grafu vyseletovaly požadované oblasti. Na prvním obrázku je původní graf všech dat pro měření s 5F odsávacím katétre a ETC = 2,0 mm, na druhém obrázku lze vidět ustálený stav nebo-li oblast 1 z Obrázku 25, dole vlevo je zobrazen oblast 2 - ustálený průběh po zavedení katétru a na posledním obrázku (oblast 3) je znovu ustálení od vytažení odsávacího katétru z endotracheální kanyly. Z těchto tří pasáží se počítal střední tlak, který je zhodnocen v Tabulce 7.

Tabulka 7: Tabulka představující jednotlivých osm měření pro nastavované režimy PSV a PSV-VG s 5F a 6F odsávacím katétre a ETC = 2,0 mm; 2,5 mm a 3,0 mm. Oblast 1 představuje oblast výchozího stavu, Oblast 2 reprezentuje ustálený průběh po vložení odsávacího katétru a Oblast 3 znázorňuje znovu ustálený stav po vytažení odsávачo katétru. V těchto tři oblastech jsou porovnávány střední tlaky a průměrné amplitudy požadovaných tři oblastí pro oba ventilační režimy.

		Oblast 1		Oblast 2		Oblast 3	
		střední tlak [kPa]	amplituda	střední tlak [kPa]	amplituda	střední tlak [kPa]	amplituda
<b>odsávací katétr = 5F</b>	PSV-VG	0,4677	0,831	0,4904	0,532	0,4755	0,831
	<b>ETC = 2,0 mm</b>	PSV	0,4861	0,8375	0,4839	0,502	0,4917
<b>odsávací katétr = 5F</b>	PSV-VG	0,4741	0,8375	0,4751	0,79	0,4852	0,8375
	<b>ETC = 2,5 mm</b>	PSV	0,4812	0,8325	0,4904	0,8015	0,4847
<b>odsávací katétr = 6F</b>	PSV-VG	0,4876	0,8375	0,4817	0,725	0,4886	0,8375
	<b>ETC = 2,5 mm</b>	PSV	0,4852	0,8325	0,49	0,745	0,4826
<b>odsávací katétr = 6F</b>	PSV-VG	0,4927	0,8425	0,486	0,8065	0,4957	0,8425
	<b>ETC = 3,0 mm</b>	PSV	0,4835	0,8325	0,4504	0,74	0,4886

## 8 Diskuze

Práce definovala obstrukce u jednotlivých odsávacích katétrů. V případě použití 5F odsávacího katétru s 2,0 mm endotracheální kanyly a 6F odsávacího katétru s 2,5 mm ETC dojde k 64% obstrukci, dále u 6F katétru s 3,0 mm ETC dojde k 44% obstrukci, 41% obstrukce nastane u 5F odsávacího katétru, který je zaveden do 2,5 mm endotracheální kanyly a nejmenší obstrukce, tedy 33%, nastane v případě použití 6F odsávacího katétru a 3,5 mm ETC. Rozdíly mezi obstrukcemi jsou dány velikostí plochy odsávacího katétru a endotracheální kanyly. Čím větší odsávací katétr je do ETC zasouván, tím větší obstrukce vzniká a tím dochází k většímu poklesu tlakové amplitudy uvnitř baňky. Výrobce doporučované velikosti endotracheálních kanyl pro 5F odsávací katétr jsou kanyly o vnitřním průměru 2,0 a 2,5 mm, pro 6F odsávací katétr výrobce doporučuje používat endotracheální kanyly o vnitřním průměru 2,5 mm; 3,0 mm a 3,5 mm [32]. Avšak z dosažených výsledků tohoto experimentu vyplývá, že kombinace 5F odsávacího katétru s 2,0 mm ETC a 6F odsávacího katétru s 2,5 mm ETC se v důsledku velké obstrukce jeví jako nevhodná a proto tato práce doporučuje používat 5F odsávací katétr v kombinaci s 2,5 mm ETC a 6F odsávací katétr s 3,0 mm nebo 3,5 mm endotracheální kanylou.

Bylo zrealizováno jedno měření pro odsávání otevřeným systémem a celkem osm měření odsávání uzavřeným systémem. Na grafu odsávání otevřeným systémem, viz Obrázek 16, lze pozorovat okamžitý pokles tlaku v momentě, kdy došlo k rozpojení ventilačního okruhu – odpojení od ventilačního okruhu patří mezi jednu z nevýhod oproti uzavřenému systému. Další pokles tlaku je zaznamenán při odsávání, což je dáno právě sáním s pod tlakem 50 mmHg. U této metody odsávání nejsou udrženy tlakové parametry a vše záleží na mechanice plíce nebo-li její poddajnosti. Graf začíná na hodnotě 0,05 kPa, což je hodnota odpovídající hodnotě atmosférického tlaku, následně dochází k odsávání a poklesu hodnot tlaku v grafu. Po ukončení odsávání se hodnoty tlaku vrátily zpět na původní hodnotu. U odsávání uzavřeným systémem jsou porovnávány jednotlivé střední tlaky tří zájmových oblastí u každého měření zvlášť. V případě použití 5F odsávacího katétru a ETC = 2,0 mm u režimu PSV-VG, viz Obrázek 17, je střední tlak výchozího stavu nižší než u ustáleného stavu po vložení odsávacího katétru, což je dáno tím, že ustálený stav po vložení odsávacího katétru

nezačíná v nule, jako tomu je tak v případě výchozího stavu a koncového ustáleného stavu, ale je posunut nad nulu – dochází k tzv. inflaci plíce, neboť se plíce nestihne vydechnout kvůli vzniklému odporu. Avšak střední tlak znovu ustáleného stavu se dostal na stejnou hodnotu jako je střední tlak výchozího stavu. Pro stejný průměr odsávacího katétru a ETC byl nastaven i režim PSV, viz Obrázek 18. Z tohoto měření je pozorovatelné, že střední tlak druhé oblasti je nižší, než-li výchozího stavu. Konečný střední tlak je srovnatelný s výchozím středním tlakem.

U 5F odsávacího katétru a 2,5 mm, viz Obrázek 19, endotracheální kanyly s režimem PSV-VG je opět střední tlak výchozího stavu nižší, než-li střední tlak druhé oblasti a střední tlak znovu ustálení je větší, než-li na začátku, ale tento rozdíl je zanedbatelný. U režimu PSV, viz Obrázek 20, tentokrát došlo také k navýšení středního tlaku po vložení odsávacího katétru oproti střednímu tlaku první oblasti. Střední tlak třetí oblasti je stejný jako střední tlak výchozího stavu.

Střední tlak výchozího stavu s režimem PSV-VG v případě použití 6F odsávacího katétru a 2,5 mm ETC, viz Obrázek 21, je stejný jako konečná hodnota středního tlaku. Hodnota středního tlaku druhé oblasti oproti výchozímu tlaku se trochu snížila. V případě režimu PSV, viz Obrázek 22, došlo k navýšení hodnoty středního tlaku druhé oblasti oproti střednímu tlaku výchozího stavu, kdež to u režimu PSV-VG se střední tlak druhé oblasti snížil. Avšak střední tlak stavu 3 se ustálil na výchozí hodnotě středního tlaku.

U posledního měření se stejným odsávacím katétrem jako v předešlém případě, pouze s větší endotracheální kanylou o vnitřním průměru 3,0 mm s režimem PSV-VG, viz Obrázek 23, je střední tlak výchozího stavu vyšší, než-li je střední tlak po vložení odsávacího katétru a konečný střední tlak se vrátil zpět na původní výchozí hodnotu. Stejně tomu je i u režimu PSV, viz Obrázek 24, kde je výchozí střední tlak vyšší v porovnání se středním tlakem druhé oblasti. I zde jsou střední tlaky výchozího a konečného stavu srovnatelné.

Kromě středního tlaku byl počítán ještě medián amplitud jednotlivých oblastí, viz Tabulka 7, z čehož je pozorovatelné, že všechny amplitudy výchozího stavu se pohybují kolem hodnoty 0,83 a znovu ustáleného stavu také. Rozdíl je patrný u oblasti 2, kde dochází ke snížení hodnoty amplitud. Nejvýraznější pokles je u prvního

a druhého měření, kde hodnota klesla až na 0,5. To je právě dáno inflací plíce. U dalších měření hodnota amplitud se oproti výchozímu stavu příliš nezměnila, protože u následujících měření nebyla inflace plíce tak velká nebo téměř žádná.

Při přípravě experimentu byla zjištěna jedna nevýhoda této metody a to, že celý okruh měl příliš mnoho součástek a spojů, kde mohlo docházet k zalomení hadiček či úniku dodávaného plynu mezi jednotlivými spoji.

Tímto experimentem bylo prokázáno, že existuje technicky významný rozdíl mezi otevřeným a uzavřeným systémem odsávání z dýchacích cest, což v porovnání s články [26] [28] [29], které neshledávají žádný technicky významný rozdíl mezi výše uvedenými systémy, je zcela novým zjištěním.

Zásadním zjištěním tohoto experimentu bylo, že pokud dojde k vysoké obstrukci, chová se režim PSV-VG vždy stejně. Vždy dojde k navýšení středního tlaku po vložení odsávacího katétru v oblasti 2 oproti střednímu tlaku výchozího stavu – oblast 1. A jelikož má režim PSV-VG tlakové limity, tak v případě, že je obstrukce příliš velká, tak dodávat stále více tlaku není možné.

I přes to se režim PSV-VG jeví jako stabilnější, neboť dokáže prodloužit inspirium, aby se dodalo požadované množství plynu. Kdež to režim PSV se zalimituje na nastavené tlakové hodnotě a s nádechem je ukončen.

## Závěr

V rámci bakalářské práce s názvem: „Porovnání v praxi používaných metod odsávání z dýchacích cest“ byl navržen a zrealizován laboratorní experiment *in vitro*, který se zaměřil na porovnání otevřeného a uzavřeného odsávacího systému pro toaletu DC z hlediska zajištění a udržení tlakových parametrů. Výstupem této práce jsou grafické závislosti, které dokumentují průběh simulované toalety DC odsávání jak otevřeným, tak uzavřeným systémem. Výsledky jsou zpracovány do formy doporučení pozorovatelům těchto systémů.

Teoretická část se na základě uvedené literatury věnuje problematice novorozenců a nemocemi a komplikacemi, které jsou spojené s jejich respiračním systémem. V další samostatné kapitole je zpracována přístrojová technika péče o neonatologické pacienty, jelikož obor neonatologie je s přístrojovou technikou úzce spojený. V další kapitole je popsána toaleta dýchacích cest, neboť se řadí mezi základní výkony, které se v intenzivní péči provádějí. Na tuto kapitolu navazuje následující téma, která je nejdůležitější částí celé bakalářské práce, tato kapitola se nazývá Odsávací techniky, mezi něž patří dvě v současnosti nejpoužívanější techniky, jimiž je otevřený a uzavřený systém. Tyto dva systémy byly podrobeny rešerši a dosavadní výsledky studií ukazují, že v intenzivní péči jsou otevřené systémy čím dál více nahrazovány uzavřenými systémy odsávání. A to i přes to, že účinnost systémů týkající se bezpečnosti pacientů a náklady těchto systémů nebyly doposud pečlivě analyzovány. Uvádí se pouze fakt, že uzavřený systém odsávání je dražší než otevřený systém. Literatura však neuvádí žádný významný technický rozdíl mezi těmito dvěma systémy [26].

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zrealizovat laboratorní experiment *in vitro* pro porovnání v praxi používaných metod pro odsávání z dýchacích cest intubovaných pacientů neonatologických oddělení. Jedná se o rigidní model respirační soustavy novorozence a k tomuto modelu je možné připojit oba odsávací systémy. Rigidním modelem je proto, že je to jediný systém, který zajistí stabilní podmínky v čase a ty jsou potřebné z důvodu zaměření se na jednotlivé režimy, což by žádný jiný systém nezajistil.

Dalším dílčím úkolem bylo zaměřit se na porovnání otevřených a uzavřených odsávacích systémů pro toaletu dýchacích cest, zejména z hlediska zajištění a udržení

tlakových parametrů, generovaných ventilátory pro umělou plicní ventilaci. Měření prokázala, že uzavřený systém odsávání je z hlediska udržení tlakových parametrů vhodnějším systémem, jelikož pacient je nepřetržitě ventilován i v době zavedení odsávacího katétru do dýchacích cest, kde sice dochází k poklesu tlakových parametrů, ale po jeho vytažení dochází k jejich obnovení a ustálení se na výchozí hodnotu. Navíc tento systém je vhodnější i z hlediska časové a personální náročnosti, neboť u odsávání otevřeným systémem dochází k odpojení pacienta od plicního ventilátoru, tudíž plíce nejsou během odsávání ventilovány. Po odsávání je nutné pacienta znovu připojit k plicnímu ventilátoru, znovu nastavit parametry a k tomu všemu je potřeba více lidí.

Výstupem práce jsou grafické závislosti dokumentující průběh procesu simulované toalety dýchacích cest odsáváním vzhledem k použitým metodám a použitým komponentům ventilačního okruhu a endotracheální kanyly, což je popsáno v kapitole 7.

Na základě získaných výsledků a poznatků bylo vytvořeno doporučení pro klinickou praxi provozovatelům výše uvedených dvou systémů odsávání z dýchacích cest, které je uvedeno v Příloze 1 a Příloze 2.

Jako autorka doufám, že výstupy a závěry přispějí k optimalizaci a zlepšení péče o nezralé novorozence v klinické praxi.



## Seznam použité literatury

- [1] *Česká neonatologie „na špičce“*. *A co dál? – Malý průvodce vývojem některých ukazatelů kvality péče o novorozence v uplynulých 15 letech v České republice* [online]. [cit. 21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.neonatology.cz/odborne-clanky>
- [2] *Neonatální mortalita a morbidita* [online]. [cit. 21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://www.neonatology.cz/vysledky-pece-v-cr>
- [3] DORT, Jiří aj. *Neonatologie*. 2., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013.  
ISBN 978-80-246-2253-8.
- [4] FENDRYCHOVÁ, Jaroslava a Ivo BOREK. *Intenzivní péče o novorozence*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012. ISBN 978-80-7013-547-1.
- [5] BOREK, Ivo aj. *Vybrané kapitoly z neonatologie a ošetrovatelské péče*. 2. dopl. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001.  
ISBN 80-701-3338-4.
- [6] *Česká neonatologická společnosti* [online]. [Cit. 23. 3. 2016]. Dostupné z: <http://www.neonatology.cz/neonatologicka-centra>
- [7] JABOR, Antonín. *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1221-5.
- [8] CHROBOK, V., ASTL, J. *Tracheostomie a koniotomie: techniky, komplikace a ošetrovatelská péče*. 1. vyd. Praha: Maxdorf, 2004. ISBN 80-7345-031-3.
- [9] STAYWELL. *Mount Nittany Health* [online]. [Cit. 23. 3. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.mountnittany.org/articles/healthsheets/5904>
- [10] KLIMEŠOVÁ, Lenka a Jiří KLIMEŠ. *Umělá plicní ventilace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011.  
ISBN 978-807-0135-389.
- [11] REJTAR, P. *Novorozenecké plíce v normě a patologii*. Radiologická klinika FN Hradec Králové, 2007.

Dostupné z: [https://www.suro.cz/cz/lekarske/udalosti/Rejtar\\_tisk.pdf](https://www.suro.cz/cz/lekarske/udalosti/Rejtar_tisk.pdf)

[12] DOSTÁL, Pavel aj. *Základy umělé plicní ventilace*. 3. rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2014. ISBN 978-80-7345-397-8.

[13] ČEŠKA, R. aj. *Interna*. 2. dopl. vyd. V Praze: Stanislav Juhaňák - Triton, 2015. ISBN 978-80-7387-885-6.

[14] CHLUMSKÝ, Jan. *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf, 2014. Jessenius. ISBN 978-807-3453-923.

[15] SALAJKA, F. *Základní vyšetřovací metody v pneumologii*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, 1996. 43 s. ISBN: 80-210-1390-7.

[16] HRAZDIRA, I.; MORNSTEIN, V. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Vyd. 1. Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4

[17] GUPTA, Amit K. *Respiration rate measurment based on impedance pneumography*. [online]. 2011 [cit. 3.2.2016].

Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/sbaa181/sbaa181.pdf>

[18] ROZMAN, J., a kol. *Elektronické přístroje v lékařství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2006. ISBN 80-200-1308-3.

[19] CZERVINSKE, Michael a Sherry BARNHART. *Perinatal and pediatric respiratory care*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders, 2003. ISBN 0721682316.4

[20] ROUBÍK, K. *Nekonvenční režimy umělé plicní ventilace*. Košice, 2009. Habilitační práce. Fakulta Strojní, Technická univerzita v Košicích.

ISBN 80-8073-674-x.

[21] PEDERSEN, M., aj. *Endotracheal suctioning of the adult intubated patient – What is the evidence?* Intensive and Critical Care Nursing [online]. 2009, 25(1), [cit. 3.2.2016]. ISSN: 0964-3397.

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964339708000566#>

[22] CHULAY, M., BURNS, S. *Essentials of critical care nursing*. 2nd ed. Syngapore: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0-07-108165-8.

[23] ROBERTS, J. R., aj. *Clinicals procedures in emergency medicine*. 5th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2010. ISBN 978-1-4160-3623-4.

[24] STACY, K., aj. *Critical care nursing: Diagnosis and management*. 6th ed. New York: Elsevier, 2011. ISBN: 9780323057486.

[25] KAPOUNOVÁ, Gabriela. *Ošetrovatelství v intenzivní péči*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-1830-9.

[26] JONGERDEN, I., aj. *Open and closed endotracheal suction systems in mechanically ventilated intensive care patients: a meta-analysis*. Critical care medicine [online]. 2007, 35(1), [cit. 3.2.2016]. ISSN: 0090-3493.

[27] DAY, T. et al. *Tracheal suctioning: an exploration of nurses' knowledge and competence in acute and high dependency ward areas*. Journal of Advanced Nursing [online]. 2002, 39(1), [cit. 3.2.2016]. ISSN: 1365-2648.

Dostupné z: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f3aae33d-45d7-4a0d-b598-66aa8df6de0c%40sessionmgr111&vid=1&hid=111>

[28] CARDOSO, J., aj. *Randomized crossover trial of endotracheal tube suctioning systems use in newborns*. [online] 2015, [cit. 24.3.2016].

[29] ACIKGOZ, A., aj. *Effects of Open and Closed Suctioning Systems on Pain in Newborns Treated with Mechanical Ventilation*. 2015, 16(5), [cit. 24.3.2016]. ISSN: 1524-9042

[30] EVANS, J., aj. *Comparison of open and closed suction on safety, efficacy and nursing time in a paediatric intensive care unit*. 2014, 27(2), [cit. 25.3.2016] ISSN: 0019-5359

[31] ROUBÍK, K., RÁFL, J. *Poddajnosť a rezistencia v rigidných modeloch respiračnej soustavy*. Lékař a technika. 2009, roč. 39, č. 1. ISSN: 0301-5491

[32] KIMBERLY-CLARK\* BALLARD\* *Neonatal and Pediatric TRACH CARE* [online]. [cit. 23. 4. 2016]. Dostupné z: [http://www.na.kccustomerportal.com/documents/digitalassets/BROCHURES/RESP/product%20literature\\_pediatic%20and%20neonatal\\_trach%20care%20product%20sell%20sheet.pdf](http://www.na.kccustomerportal.com/documents/digitalassets/BROCHURES/RESP/product%20literature_pediatic%20and%20neonatal_trach%20care%20product%20sell%20sheet.pdf)

## **Příloha 1**

Standardní postup pro odsávání z dýchacích cest uzavřeným systémem

### **Účel**

Účelem je poskytnout uživatelům praktické informace týkající se odsávání novorozenců a kojenců na základě nejlepších dostupných důkazů. Cílem odsávání je uvolnit dýchací cesty v případě obstrukce a udržet je průchodné v případě dlouhodobého zavedené endotracheální kanyly. Cílem je sjednotit péči v odsávání novorozenců a kojenců a odstranit zbytečné činnosti.

### **Zaměření**

Doporučení je zaměřeno na novorozence všech gestačních kategorií, zdravé, nemocné i rizikové, a na kojence, kteří mají problémy s udržením volných dýchacích cest nebo by u nich tyto problémy mohly nastat.

### **Určení**

Doporučení je určeno sestřám a porodním asistentkám, pracujícím na všech typech novorozeneckých oddělení, ambulantních nebo v domácí péči.

### **Odsávání z endotracheální kanyly**

Odsávání z ETC lze rozdělit na otevřené a uzavřené. Odsávání otevřeným systémem není doporučováno, protože dochází k odpojení pacienta od ventilačního okruhu a tím dochází k okamžitému poklesu tlaku, z důvodu se doporučuje odsávat uzavřeným systémem (např. Trach-care), u kterého nedochází k rozpojení ventilačního okruhu a jsou tak udrženy a zajištěny tlakové parametry.

**Klinickou indikací** k odsávání může být podezření na obstrukci v ETC, slyšitelné nebo viditelné známky sekretu v endotracheální kanyle, viditelné známky dechové tísně, změny inspiračních tlaků. Dítě je potřeba vždy nejprve vyšetřit a zhodnotit jeho stav.

**Frekvence** odsávání záleží na stavu dítěte, ne na předem určených intervalech.

**Pomůcky** k odsávání musí být připraveny předem a patří k nim: trach-care, sterilní rukavice/pinzeta, mechanická/elektrická odsávačka.

**Při odsávání je třeba sledovat:** frekvenci a kvalitu dýchání, srdeční frekvenci, barvu kůže, saturaci krve kyslíkem

**Po odsávání je třeba zkontrolovat:** frekvenci a kvalitu dýchání, srdeční frekvenci, barvu kůže, saturaci krve kyslíkem, hloubku zavedení ETC

**Komplikace odsávání z ETC:** zanesení infekce, atelektázy, pneumonie, zvýšení nitrolebního tlaku, hypertenze nebo naopak hypotenze, apod.

**Do dokumentace** je třeba zapsat množství, konzistenci a barvu sekretu. Zda byl použit fyziologický roztok, preoxygenace. Zda došlo k fyziologickým či behaviorálním změnám dítěte.

### **Postup uzavřeného odsávání (bez rozpojení systému) z ETK**

- Zrušit alarm ventilátoru a monitoru
- Zkontrolovat klinické parametry dítěte
- Umýt a vydesinfikovat si ruce
- Zapnout odsávačku, zkontrolovat podtlak (60-80-120 mmHg) dle hmotnosti/stavu dítěte
- Spojit odsávačku s odsávacím systémem (Trach-care), uvolnit zámek sacího ventilu
- Preoxygenovat
- Zavést katétr přes ochranný obal do odměřené délky, stisknout sací ventil, odsávat, katétr postupně vytahovat
- V průběhu odsávání sledovat frekvenci a kvalitu dýchání, srdeční frekvenci, barvu kůže, saturaci krve kyslíkem
- Aplikovat fyziologický roztok k propláchnutí odsávacího katétru Trach-care, odsát, vypnout odsávačku, uzavřít zámek sacího ventilu
- Vrátit parametry ventilátoru na původní hodnoty
- Po odsávání dítě uklidněte, zkontrolujte jeho klinický stav, zkontrolovat hloubku zavedení ETC
- Znovu zapnout alarm ventilátoru a monitoru
- Provést záznam do dokumentace
- V případě potřeby (nadměrná sekrece) po malé přestávce opakovaně odsát

## Příloha 2

Anagram pro odsávání uzavřeným systémem z dýchacích cest novorozence



### Zhodnoťte potřebu dítěte odsát:

Kontrolou vitálních funkcí  
Poslechem dechových šestů  
Zhodnocením barvy kůže



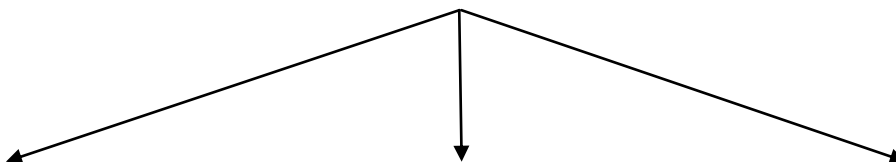
### Nastavte ventilační parametry:

Ventilační režim  
PEEP  
fiO<sub>2</sub>  
Dechové objemy  
Frekvenci  
Popřípadě PIP



### Pečlivě si umyjte ruce a připravte všechny pomůcky pro odsávání z trachey:

Trach-care  
Sterilní rukavice/pinzeta  
Mechanická/elektrická odsávačka



**Preoxygenujte dítě:** dochází – li  
k denaturaci  
roztok  
kanyly

**prodýchejte dítě:** se sníženou  
plicní poddajností

**aplikujte  
fyziologický  
pro zvlhčení**



## Odsávejte:

### Bezpečné odsávání za použití:

ETC odsávací katétr

2,5 mm 5F

3,0 mm 6F

3,5 mm 6F

### sterilně:

ve sterilních rukavicích,  
trach-carem,  
pinzetou

### s podtlakem:

60-80 mmHg 2,5  
u novorozence

a

80-100 mmHg u dětí

### Krátkodobě:

10-15 sekund

### Přítom sledujte:

frekvenci a kvalitu dýchání,  
srdeční frekvenci, barvu kůže,  
saturaci krve kyslíkem



### Po odsávání:

Dítě uklidněte,  
zkontrolujte jeho vitální funkce,  
zapište výkon do dokumentace