



Bakalářská práce

Edukace budoucího nelékařského zdravotnického personálu v obsluze plicního ventilátoru

Studijní program:

B3944 Biomedicínská technika

Studijní obor:

Biomedicínská technika

Autor práce:

Pavλίna Akermanová

Vedoucí práce:

Ing. Anna Horňáková, Ph.D.

Fakulta zdravotnických studií

Liberec 2022



Zadání bakalářské práce

Edukace budoucího nelékařského zdravotnického personálu v obsluze plicního ventilátoru

<i>Jméno a příjmení:</i>	Pavλίna Akrmanová
<i>Osobní číslo:</i>	D18000098
<i>Studijní program:</i>	B3944 Biomedicínská technika
<i>Studijní obor:</i>	Biomedicínská technika
<i>Zadávací katedra:</i>	Fakulta zdravotnických studií
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

Cíle práce:

1. Popsat princip fungování plicního ventilátoru dle relevantních zdrojů.
2. Popsat legislativní problematiku.
3. Zjistit znalosti studentů nelékařských oborů o obsluze plicního ventilátoru.
4. Navrhnout vhodnou formu edukace budoucího nelékařského personálu v obsluze plicního ventilátoru.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Plicní ventilátor je nepostradatelnou součástí přístrojového vybavení nemocnic. V současné době stále přibývá pacientů s respiračním onemocněním a je velmi důležité, aby ho zdravotnický personál uměl obsluhovat. Na základě zjištěné znalost studentů nelékařských oborů o obsluze plicního ventilátoru bude vybrána vhodná forma edukace budoucího nelékařského personálu. Výstupem bakalářské práce bude konkrétní forma edukace budoucího nelékařského zdravotního personálu.

Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

1. Výzkumný předpoklad nestanoven, jedná se o popisný cíl.
2. Výzkumný předpoklad nestanoven, jedná se o popisný cíl.
3. Předpokládáme, že 70 % studentů nelékařských oborů má znalosti v obsluze plicního ventilátoru.
4. Výzkumný předpoklad nestanoven.

Metoda: Kvantitativní

Technika práce, vyhodnocení dat:

Technika práce: Dotazník

Vyhodnocení dat: Data budou zpracována pomocí grafů a tabulek v programu Microsoft Office Excel 2013. Text bude zpracován textovým editorem Microsoft Office Word 2013.

Místo a čas realizace výzkumu:

Místo: Fakulta zdravotnických studií.

Čas výzkumu: duben – květen 2022.

Vzorek:

Respondenti: Studenti oboru zdravotnický záchranář a všeobecné ošetřovatelství.

Počet: 50.

Rozsah práce:

Rozsah bakalářské práce činí 50–70 stran (tzn. 1/3 teoretická část, 2/3 výzkumná část).

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- BARTŮNĚK, Petr et al. 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4343-1.
- ČESKO. 2014. Zákon č. 268 ze dne 22. října 2014 o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 110, s. 3146-3187. ISSN 1211-1244.
- ČESKO. 2021. Zákon č. 89 ze dne 9. února 2021 o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 36, s. 776-810. ISSN 1211-1244.
- DOSTÁL, Pavel et al. 2018. *Základy umělé plicní ventilace*. 4. vyd. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-562-0.
- MLÍKOVÁ SEIDLEROVÁ, Jitka. 2019. *Úvod do vnitřního lékařství*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-724-9.
- NAVRÁTIL, Leoš et al. 2017. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0210-5.
- POSPÍŠILOVÁ, Blanka a Olga PROCHÁZKOVÁ. *Anatomie pro bakaláře I: obecná anatomie, systémy pohybové a orgánové*. Vydání 2. nezměněné. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. 978-80-7494-470-3
- REICHENBACH, Adrian. 2021. Umělá plicní ventilace a základní nastavení ventilátoru. In: Jiří KETTNER et al. *Akutní kardiologie*. 3. vyd. Praha: Grada, s. 669-679. ISBN 978-80-271-3096-2.
- ROKYTA, Richard et al. 2016. *Fyziologie*. 3. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-238-1.
- WALTER JM., TC. CORBRIDGE a BD. SINGER. 2018. *Invasive Mechanical Ventilation*. South Med J. **111**(12):746-753. DOI: 10.14423/SMJ.0000000000000905.

Vedoucí práce: Ing. Anna Horňáková, Ph.D.
Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání práce: 25. října 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 29. května 2023

L.S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc.,
MBA
děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Anně Hornákové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, užitečné rady a ochotné jednání. Zároveň chci poděkovat Ing. Miroslavovi Trojáčkovi, za konzultování během psaní bakalářské práce a za jeho cenné rady, podněty a připomínky. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Martě Zizienové za pomoc s citacemi a úpravou práce. Děkuji také všem respondentům za spolupráci při dotazníkovém šetření. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za psychickou podporu, kterou mi poskytovali po dobu psaní bakalářské práce a po celou dobu studia.

Anotace

Autor:	Pavλίna Akrmanová
Institute:	Fakulta zdravotnických studií Technick univerzity v Liberci
Název práce:	Edukace budoucího nelékařského zdravotnického personálu v obsluze plicního ventilátoru
Vedoucí práce:	Ing. Anna Hornkov Ph.D.
Počet stran:	68
Počet ploh:	4
Rok obhajoby:	2023

Anotace:

Bakalrsk práce se zabývá umělou plicní ventilací, jejím popisem a stručnou legislativn problematikou. Práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část. Teoretick část práce poskytuje informace o umel plicní ventilaci, její formy, technick popis a zmiňuje zákony o zdravotnických prostředcích (konkrtn zákon č. 268/2014 Sb., a zákon č. 89/2021 Sb.) Nsledn strun shrnuje jejich hlavní rozdíly. Poslední část teoretick části tvor uivatelsk manuál UPV. Vzkumn část byla provedena kvantitativn metodou pomocí dotazníků, které byly vyplněny studenty nelékařských zdravotnických oborů. Studentům byl nsledn poskytnut námi vytvoen dokument o plicním ventilátoru. Poté měli možnost vyplnit toton dotazník znovu. Cílem bylo zjistit jejich znalosti v oblasti umel plicní ventilace a její obsluze a ověřit, zda měl pomocn manuál význam. Na základě analýzy výsledků dotazníkového šetření byl navržen strun návod, kter slour jako rychl edukace nelékařského zdravotnického personálu před obsluhou plicního ventilátoru.

Klčov slova: Umel plicní ventilace, uivatelsk manuál UPV, zkon o zdravotnickch prostředcích

Annotation

Author:	Pavλίna Akrmanová
Institution:	Faculty of Health Studies, Technical University of Liberec
Title:	Education of future non-medical medical personnel in the operation of a pulmonary ventilator
Supervisor:	Ing. Anna Hornakov Ph.D.
Pages:	68
Apendix:	4
Year:	2023

Annotation:

The bachelor thesis deals with mechanical lung ventilation, its description and brief legislative issues. The thesis is divided into a theoretical and a research part. The theoretical part of the thesis provides information about mechanical lung ventilation, its forms, technical description and mentions laws on medical devices (specifically Act No. 268/2014 Coll. and Act No. 89/2021 Coll.). The thesis briefly summarizes their main differences. The last part of the theoretical part is the mechanical lung ventilation user manual. The research part was carried out using a quantitative method - questionnaires that were filled in by students of non-medical health fields. The students were then provided with a document we created about the lung ventilator. After that they had the opportunity to fill in the same questionnaire one more time. The aim was to find out their knowledge in the field of mechanical lung ventilation and its operation and to verify whether our manual was relevant. Based on the analysis of the results of the questionnaire survey, a brief guide was designed, which serves as a quick education for non-medical medical personnel before operating the lung ventilator.

Keywords: Mechanical lung ventilation, user schematic manual, act on medical device

Obsah

Seznam použitých zkratek	9
1 Úvod	10
2 Teoretická část	11
2.1 Umělá plicní ventilace (UPV)	11
2.1.1 Cíle a indikace k umělé plicní ventilaci	12
2.1.2 Formy UPV	13
2.1.2.1 Konvenční UPV	13
2.1.2.2 Nekonvenční UPV	15
2.1.3 Technický popis ventilátoru	17
2.1.4 Fáze dechového cyklu na UPV	19
2.1.5 Komplikace umělé plicní ventilace	20
2.1.6 Ukončování umělé plicní ventilace	21
2.2 Legislativní problematika	24
2.2.1 Shrnutí hlavních rozdílů	25
2.3 Uživatelský manuál UPV	26
2.3.1 Přívod a vývod plynů	26
2.3.2 Fyzický popis	27
2.3.2.1 Ovládací panel	28
2.3.2.2 Ventilační jednotka	31
2.3.3 Ventilační režimy	32
2.3.4 Rizika spojená s používáním	35
3 Výzkumná část	37
3.1 Cíle a výzkumné předpoklady	37
3.2 Metodika výzkumu	37
3.3 Analýza výzkumných dat	38
3.4 Analýza výzkumných cílů a předpokladů	57
4 Diskuze	58
5 Návrh doporučený pro praxi	63
6 Závěr	64
Seznam použité literatury	65
Seznam tabulek	67
Seznam příloh	68

Seznam použitých zkratek

APRV	ventilace s uvolněním přetlaku v dýchacích cestách
APVcmv	tlakově řízená ventilace s adaptivní tlakovou podporou
APVsimv	tlakově řízená synchronizovaná přerušovaná ventilace s adaptivní tlakovou kontrolou
ASV	ventilace s adaptivní tlakovou podporou
EU	Evropská unie
FiO ₂	inspirační frakce kyslíku
NIV	neinvazivní ventilace, non-invasive ventilation
PaO ₂	parciální tlak kyslíku v arteriální krvi
PaCO ₂	parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi
PBTK	pravidelná bezpečnostní technická kontrola
PEEP	pozitivní end-expirační přetlak
PIP	špičkový inspirační tlak, peak inspiratory pressure
SBT	spontaneous breathing trial, test schopnosti spontánní ventilace
SIMV	synchronizovaná přerušovaná řízená ventilace
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
UPV	umělá plicní ventilace
VA ECMO	veno-arteriální extrakorporální membránová oxygenace
V _t	dechový objem, tidal volume
VV ECMO	veno-venózní extrakorporální membránová oxygenace
ZP	zdravotnický prostředek

1 Úvod

U pacienta, který je ohrožen na životě, je umělá plicní ventilace často nevyhnutelná. Ventilátor dokáže dočasně zcela nahradit dýchání, což je základní fyziologický děj (Šilhán, 2019). Proto je nutné, aby studenti nelékařských zdravotnických oborů měli v obsluze plicního ventilátoru alespoň základní znalosti. Téma bylo zvoleno v průběhu období pandemie Covidu-19, což je respirační onemocnění, následkem kterého pacienti mnohdy potřebovali podporu plic umělou plicní ventilací, proto je tato problematika tak důležitá.

Teoretická část bakalářské práce poskytuje v první části informace o umělé plicní ventilaci, cíle a indikace, formy, technický popis přístroje, komplikace spojené s používáním a ukončování ventilace. V druhé části teoretické části zmiňujeme zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích. V roce 2021 došlo k úpravě tohoto zákona a je nyní platný pouze pro zdravotnické prostředky in vitro. Nahradil ho zákon č. 89/2021 Sb. V práci jsou zde shrnuté hlavní rozdíly těchto zákonů.

Poslední část teoretické části tvoří uživatelský manuál UPV, ve kterém je stručně popsána základní obsluha plicního ventilátoru.

Výzkumná část práce je vypracována kvantitativní metodou, formou nestandardizovaného dotazníkového šetření (viz příloha B). Data z tohoto dotazníku jsou využita k analýze výzkumného cíle a předpokladu. Po vyplnění dotazníku byl studentům poskytnut dokument o seznámení s ventilátorem (viz příloha C), po jehož přečtení dostali dotazník znovu, pro zjištění efektivity tohoto pomocného manuálu.

Cílem práce je zjistit znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru, potvrdit účinnost edukace a navrhnout vhodnou formu edukace pro budoucí nelékařský zdravotnický personál (viz příloha D).

2 Teoretická část

2.1 Umělá plicní ventilace (UPV)

Umělá plicní ventilace podporuje dýchací systém, ve kterém je vzduch přiváděn do plic pomocí mechanického přístroje. Prostřednictvím umělé plicní ventilace se zvyšuje nebo nahrazuje dechový výkon, který může být krátkodobý nebo dlouhodobý (Bartůněk et al., 2016). V současné době je nejčastěji používaná metoda UPV ventilace s pozitivním přetlakem. Použití je buď s invazivním zajištěním cest dýchacích pomocí intubace a tracheostomie, nebo neinvazivní aplikací obličejové, či nosní masky (Reichenbach, 2021). Všeobecným cílem terapie je dosažení oxygenace a ventilace odpovídající stavu pacienta, s minimalizací nežádoucích účinků UPV na plíce (Kettner a Kautzner, 2021).

Dýchací (respirační) systém se skládá z plic a dýchacích cest. V oblasti hlavy jsou uloženy horní cesty dýchací. Patří do nich zevní nos, nosní dutina, vedlejší dutiny nosní a horní a střední část hrtanu (Pospíšilová a Procházková, 2019). Nosní dutina je propojená s vedlejší nosní dutinou, dutinou horní čelisti, dutinou v čelní a čichové kosti a dutinou klínové kosti (Dylevský, 2019). Dolní dýchací cesty se nacházejí v oblasti krku a hrudníku a zahrnují hrtan, průdušnici a hlavní průdušky (Pospíšilová a Procházková, 2019).

Základní funkcí respiračního systému je výměna dýchacích plynů. Inspirovaný vzduch je potřeba ohřát, zvlhčit a případné nečistoty vyčistit. Dýchání zahrnuje tyto čtyři děje:

- Ventilace – zevní dýchání, dodání vzduchu do plic atmosférou pomocí dýchacích svalů, dochází k výměně plynů.
- Přestup plynů do krve skrz alveolo-kapilární membránu.
- Přeprava dýchacích plynů krví.
- Difuze – vnitřní dýchání, z krve transport plynů do tkání a buněk.

Dýchací systém má kromě výměny plynů také nerespirační funkce. Tvoří převážně ochrannou bariéru proti zevním vlivům, dále se uplatňuje při fonaci (tvorba a vydávání hlasu), obraně organismu ve formě kašle či kýchání (Rokyta et al., 2016), v neposlední řadě je využíván při termoregulaci a reflexní zástavě dechu (Dostál et al., 2014).

2.1.1 Cíle a indikace k umělé plicní ventilaci

Cíle umělé plicní ventilace jsou rozdělovány na fyziologické a klinické. K fyziologickým cílům patří podpora alveolární ventilace (manipulace s arteriální tenzí CO_2 a Ph), nebo arteriální oxygenace PaO_2 (korekce tepenné tenze O_2 , nasycení hemoglobinu v arteriální krvi) (Bartůněk et al., 2016). Alveolární ventilace stanovuje, jaké množství vzduchu se během dýchání dostane do místa alveolo-kapilární membrány za minutu (Mlíková Seidlerová, 2019). Dalším cílem je ovlivnění velikosti objemu plic, ideálně jeho zvýšení, a pokles dechové práce (Bartůněk et al., 2016). Naopak jako klinické cíle se uvádí zvrát hypoxemie, zvrát dechové tísně a zvrát akutní respirační acidózy.

Indikací k použití UPV se využívá hodnocení parametrů oxygenace, ventilace a plicní mechaniky (viz Tab. 1). Dalším parametrem je posouzení dle celkového aktuálního klinického stavu pacienta a jeho předpokládaného vývoje (Dostál et al., 2014). Vitální kapacita plic je množství vzduchu, které pacient zvládne vydechnout po maximálním nádechu z plic (Navrátil et al., 2017).

Tab. 1 Indikace k použití UPV.

Ventilace
Apnoe
PaCO_2 větší než 55 mmHg
Plicní mechanika
Dechová frekvence větší než 35 dechů/min
Plicní vitální kapacita menší než 15 ml/kg
Maximální inspirační podtlak menší než 25 cmH ₂ O
Oxygenace
Alveolo-arteriální diference O_2 větší než 350 mmHg
Při inspirační frakci kyslíku 0,4 PaO_2 menší než 70 mmHg

Zdroj: (Dostál et al., 2014, s. 55)

2.1.2 Formy UPV

Z hlediska **doby**, která je potřeba pro nutnou ventilační podporu, rozdělujeme umělou plicní ventilaci na krátkodobou a dlouhodobou. K docílení dostatečné plicní ventilace (např. během kompletní anestezie, pooperační fáze) se využívá ventilace krátkodobá. Dlouhodobá ventilace přichází na řadu tehdy, jsou-li důsledkem selhání dýchání ohroženy základní životní funkce.

Na základě možností, které zprostředkovávají **průtok** plynů dýchacími cestami, dělíme na UPV negativním nebo pozitivním tlakem (Bartůněk et al., 2016). Ventilace negativním tlakem tvoří podtlak na břišní a hrudní stěnu, proto se také někde uvádí jako ventilace podtlaková. Příkladem jsou tzv. železné plíce, jsou však nevhodné pro závažně nemocné pacienty. V tomto případě dýchací cesty nemusí být zajištěné. UPV pozitivním přetlakem, známo jako konvenční ventilace, je v dnešní době nejčastěji používaný typ. Opakujícím se navyšováním tlaku na začátku dýchacích cest se tvoří inspirační průtok dýchacích plynů. Dále známe ventilaci oscilační a tryskovou (Dostál et al., 2014).

Podle **aktivity dechu** je umělá plicní ventilace řízená, asistovaná nebo spontánní. Řízená ventilace dokáže pacientovi zcela nahradit dechovou aktivitu. Je to zařízení, které samo reguluje frekvenci, objem, poměr výdechů a nádechů a koncentraci O_2 , což umožňuje pacientovi spontánně dýchat. Asistovanou ventilaci volíme tehdy, je-li pacient schopen částečně spontánně ventilovat, ale nestačí to na zajištění potřeb celého organismu. Třetí, spontánní ventilace, je potřebná v případě, kdy člověk sice dokáže samovolně dýchat, jeho dechová aktivita je obnovena, ale při náhlých potížích je přístroj nastaven pro dočasné zajištění dechu. Tlaková podpora být zařazena může, ale nemusí (spontánní nepodporované dechy) (Bartůněk et al., 2016).

2.1.2.1 Konvenční UPV

U ventilace pozitivním přetlakem je dechová frekvence u spontánního dýchání s použitou frekvencí srovnatelná. Při spontánním dýchání je dechový objem hrudníku podobný jako dechový objem při plicní ventilaci (Klimešová a Klimeš, 2011). Vedení nádechu je u této metody zprostředkováno jedním ze dvou parametrů. Prvním je průtok a druhým je tlak, ten se mění podle stavu dýchacího systému.

Vždy je jeden z těchto parametrů na druhém závislý. Rozlišujeme dva typy konvenční UPV. Objemově řízená, která byla použita historicky dříve, nebo tlakově řízená ventilace. Ta byla vyvinuta za účelem snížení možného rizika poranění plic (Chlumský, 2014).

U **objemově řízené ventilace** je přímo nastavena velikost frekvence a dechového objemu. Veličina, která je proměnná, je nitrohruční tlak dosahovaný v dýchacích cestách. Tento režim je výchozí například při dysfunkcích cévního nervového systému, srdeční selhání, nebo při anestezii. Režim CMV (Continuous Mandatory Ventilation) zcela nahrazuje dýchání pacienta, vše je kontrolováno přístrojem (Bartůněk et al., 2016). Je označován jako řízená zástupová ventilace, protože všechny dechy mají charakter tzv. řízených dechů (Dostál et al., 2014). U režimu SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation) je dýchání pacienta spojeno se strojovým dechem. Přístroj čeká na spontánní inspirium a poté vygeneruje nastavený řízený dech (Bartůněk et al., 2016). Zástupové dechy mohou být řízené, nebo asistované, podle dechové aktivity pacienta (Dostál et al., 2014).

Tlakově řízená ventilace má dva hlavní řídicí faktory. Tlak v dýchacích cestách a frekvenci. Objem je řízen nastavením vrcholového tlaku, a po dosažení nejvyšší možné hodnoty se režim inspiria přepne na expirium (Bartůněk et al., 2016). Rozřazujeme následující režimy:

- PCV (pressure control ventilation) – Dechový cyklus je zahájen časovým, tlakovým nebo průtokovým triggerem (Dostál et al., 2014). Tlak je předem nastavený a řídí dechy. Objemy dechu jsou nestálé (Bartůněk et al., 2016).
- PSIMV (pressure targeted synchronized intermittent mandatory ventilation) kombinuje spontánní dechovou aktivitu pacienta s přístrojem vytvořenými tlakově řízenými dechy s daným objemem (Bartůněk et al., 2016).
- PSV (pressure support ventilation), také prohlašován jako „tlaková podpora.“ Dechový objem je proměnlivý (Dostál et al., 2014). Pomocný inspirační proud je vytvářený přístrojem do hodnoty, kam až je určena tlaková podpora. Poklesem na hodnotu inspiračního průtoku je přepnut na pasivní výdech (Bartůněk et al., 2016).
- BIPAP (biphasic positive airway pressure ventilation) – Dochází k přepínání mezi dvěma úrovněmi CPAP (continuous positive airway pressure). Pacient je schopen ventilovat spontánně na obou těchto úrovních (Dostál et al., 2014).

- ASV (adaptive support ventilation) – Na základě dechové aktivity pacienta využívá tlakové řízené nebo tlakově podporované dechy. Modifikuje frekvenci a dechový objem dle aktuální rezistence dýchacího systému a ochoty spolupracovat (Bartůněk et al., 2016).

2.1.2.2 Nekonvenční UPV

Historicky nejstarším typem ventilace je mechanická podpora negativním tlakem. Již zmiňované „železné plíce“ mají tvar trubice s několika prosklenými otvory po stranách. Ty dávají možnost moci aspoň z části manipulovat s pacientem (Chlumský, 2014).

U nekonvenční ventilace jsou využívány dechové objemy, které jsou nižší nebo téměř stejné s objemem mrtvého prostoru, který je anatomicky udáván (Klimešová a Klimeš, 2011). Typické jsou malé dechové objemy a hodně nízké tlakové amplitudy v alveolárním prostoru (Dostál et al., 2014).

Lze ji rozdělit na dvě skupiny. Nekonvenční ventilační režimy a podpůrné ventilační techniky. Pod režimy, které dokážou účinně zajistit výměnu plynů, spadá zejména vysokofrekvenční ventilace (HFV), úplná kapalinová ventilace (TLV) a mimotělní membránová oxygenace (ECMO). Jako nejvýznamnějším představitelem podpůrných ventilačních technik je tracheální insuflace plynu a částečná kapalinová ventilace (Klimešová a Klimeš, 2011).

Vysokofrekvenční ventilace (high frequency ventilation, HFV) je řízená ventilace, která má vyšší frekvenci než čtyřnásobek klidové dechové frekvence. Dechový objem by se měl pohybovat, či být menší, než mrtvý prostor dýchacích cest, z hlediska anatomických hodnot (Bartůněk et al., 2016). Stejně, jako u konvenční ventilace, lze rozdělovat vysokofrekvenční ventilaci přetlakem a podtlakem, nicméně většina režimů je přetlaková. Základní formy vysokofrekvenční přetlakové ventilace jsou (Klimešová a Klimeš, 2011):

- Vysokofrekvenční ventilace přerušovaným přetlakem (HFPPV) – Frekvence 1-1,7 Hz (přibližně 60-100 cyklů za minutu), dechový objem 3-4 ml/kg, poměr nádechu a výdechu 1:3 (Dostál et al., 2014).
- Vysokofrekvenční trysková ventilace (HFJV) – Frekvence 100-400 cyklů za minutu. Do průdušnice nebo endotracheální trubice, či její speciální spojky, je umístěna tryska, kterou jsou vysokou rychlostí ventilátorem dodávány

pneumatické pulsy. Rizikem je, že může nebezpečně zvýšit tlak v dýchacích cestách. Z toho důvodu se uplatňuje u pacientů bez komplikací s vydechováním (Klimešová a Klimeš, 2011).

- Vysokofrekvenční oscilační ventilace (HFOV) – Frekvence do 8-10 Hz u dospělých, a u dětí do 10-15 Hz (Dostál et al., 2014). Dle Bartůňka (2016) je tato nekonvenční metoda umělé plicní ventilace v dnešní době nejrozšířenější. Jde o vytvoření oscilačních kmitů v nízkotlakém dýchacím okruhu se stálým prouděním. Režim používá aktivní inspirační i expirační fázi (Dostál et al., 2014). Oproti konvenční UPV jsou vytvořené dechové objemy až desetkrát menší, čemuž patřičně odpovídá i amplituda tlaku v alveolárním prostoru (Klimešová a Klimeš, 2011).

Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO) se od vysokofrekvenční ventilace liší tím, že nemá vyšší ventilační frekvenci. Uplatňuje se při dlouhodobé podpoře plicního nebo srdečního oběhu (Bartůňek et al., 2016). Pomáhá okysličovat organismus, dokáže tak přechodně nahradit činnost plic a zároveň srdeční pumpy. Dle způsobu zapojení do krevního oběhu rozlišujeme VA-ECMO a VV-ECMO (Klimešová a Klimeš, 2011).

- VA ECMO (venoarteriální připojení) – Oxygenátor okysličí žilní krev a vrátí ji do tepenného systému. Tato metoda nahrazuje funkci plic i srdce, například při akutním srdečním selhání následkem infarktu myokardu, plicní embolií (Bartůňek et al., 2016).
- VV ECMO (veno-venózní přístup) – Pro podporu funkce plic pacientů s respiračním selháním. Žilní kanylou je odsáta krev a jinou kanylou se již okysličená vrací zpátky do žilního systému (Klimešová a Klimeš, 2011).

Změna připojení z VA ECMO na VV ECMO je v praxi možná, a to pomocí VAV ECMO (venoarteriovenózní připojení). Používá se převážně pro zabránění vzniku nedostatku kyslíku v těle v horní části lidského těla (Bartůňek et al., 2016).

2.1.3 Technický popis ventilátoru

Přístroj lze obecně charakterizovat jako generátor proudu vzduchu, který je ovládán složitým počítačovým systémem (Chlumský, 2014). Skládá se z řídicí jednotky, kontrolního panelu, zdroje pohonu, výdechového ventilu a pneumatického okruhu. Prostřednictvím dotykové obrazovky a grafického rozhraní stanovuje uživatel, lékař nebo zdravotní sestra parametry ventilace a monitorují data pacientů. Alarm na obrazovkách je podstatná část zajišťující bezpečnost pacienta (Dostál et al., 2014).

Řídicí jednotka (ŘJ) řídí činnost dalších součástí přístroje, aby jednotlivé části dechového cyklu byly na základě zvoleného ventilačního režimu vykonány bez potíží (Klimešová a Klimeš, 2011). Podle konstrukce se ventilátory rozlišují do určité generace ventilátorů:

I. generace – řídicí jednotka pouze mechanická,

II. generace – ŘJ z části také elektronická, kontrola činnosti pomocí alarmů,

III. generace – ŘJ tvořená mikroprocesorem, který poskytuje elektronickou zpětnovazebnou regulaci aktivity ventilů podle snímaných hodnot přístroje,

IV. generace – konstrukce umožňuje vzájemné ovládání více řídicích proměnných (Dostál et al., 2018). ŘJ s mikroprocesorem používá na bázi uzavřených regulačních obvodů zpětnovazební systém. Ulehčuje spontánní upravení vlastností dechového cyklu oproti plánovaným hodnotám (Klimešová a Klimeš, 2011).

Kontrolní panel zprostředkovává za pomoci ovládacího panelu nastavování nebo změnu parametrů ventilace. Jde nastavit čtyři proměnné: objem, průtok, tlak a čas. Vzájemné spojení těchto veličin reguluje vlastnosti tvořených dechů (Klimešová a Klimeš, 2011).

Základní parametry ventilátoru jsou:

- Dechový objem (V_t) – objem jednoho vdechu, velikost je přibližně 5-10 ml/kg závisující na hmotnosti pacienta,
- Dechová frekvence (f) – počet nádechů za minutu, normální hodnota u dospělých je 12-20 dechů/min,
- Inspirační frakce kyslíku (FiO_2) – množství O_2 ve vdechované směsi plynů

- Špičkový inspirační tlak (PIP) – maximální dosažená hodnota tlaku během dechového cyklu. Je konstantní u tlakově řízeného režimu, zatímco u objemově řízeného režimu se s nádechem může měnit, proto je ručně nastavený.
- Poměr délky nádechu a výdechu (I:E, inspirium:expirium) – klasicky je dán jako poměr 1:2, ale při prodloužení délky nádechu můžeme dosáhnout lepší okysličenosti. Změnou nastavení času nádechu a dechové frekvence může být poměr 1:1, 2:1, 3:1 nebo 4:1, ale u poměru vyššího, než 2:1 dochází k vzestupu nitrohruční tlaku (Klimešová a Klimeš, 2011).
- PEEP (positive and expiratory pressure) – vyjadřuje pozitivní tlak (vyšší než atmosférický) v dýchacích cestách na konci exspira pacienta (Dostál et al., 2014). Používá se pro zabránění zkolabování plicních sklípků nebo poškození plic následkem mechanické ventilace. Pro ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic, distribuce ventilace a perfuze, ovlivnění oběhu a dechové práce (Klimešová a Klimeš, 2011).

Rozdělení PEEP podle úrovně užitých tlaků je na nízkou, střední a vysokou úroveň. Nízká úroveň je do 5 cmH₂O a uplatňuje se při krátkodobé ventilační podpoře. Střední PEEP jsou hodnoty 5-10 cmH₂O a bývá u většiny pacientů často užívána. Poslední úroveň je vysoký PEEP, indikován především kvůli akutnímu plicnímu selhání pacienta. Hodnota je nad 15 cmH₂O (Dostál et al., 2014).

Zdroj pohonu, čili zdroj energie, je potřebný k tvorbě tlakového rozdílu mezi ventilátorem a pacientem. Přístroj aplikuje jako zdroj buď stlačený plyn z tlakové lahve, či centrálního rozvodu, nebo druhou možností je elektrická energie. Jedná se o krokový řízený motor, řízený počítačem. Tento motor vytváří hybnou sílu nutnou pro nádech, jako elektrický pohon (Klimešová a Klimeš, 2011).

Pneumatický okruh rozlišujeme na vnitřní a vnější. Principem je, že stlačený vzduch a kyslík jsou ve směšovači promíchány, aby množství O₂ odpovídalo nastavené hodnotě ve vdechované směsi. Systém hadic, který je brán jako vnější okruh, propojuje pacienta s ventilátorem. Inspirační rameno vede plyn do dýchacích cest, a přes expirační rameno se vrací vydechovaný vzduch zpátky do přístroje a mimo něj. K připojení vnějšího okruhu k pomůcce zajištění cest dýchacích se využívá Y-spojka. Dalšími částmi jsou výstupy pro tlakové detektory a zařízení pro ohřívání a zvlhčení dýchací směsi. Vnitřní okruh tvoří systém ventilů a hadic uvnitř přístroje. Pokud jsou plyny přiváděny přímo k pacientovi,

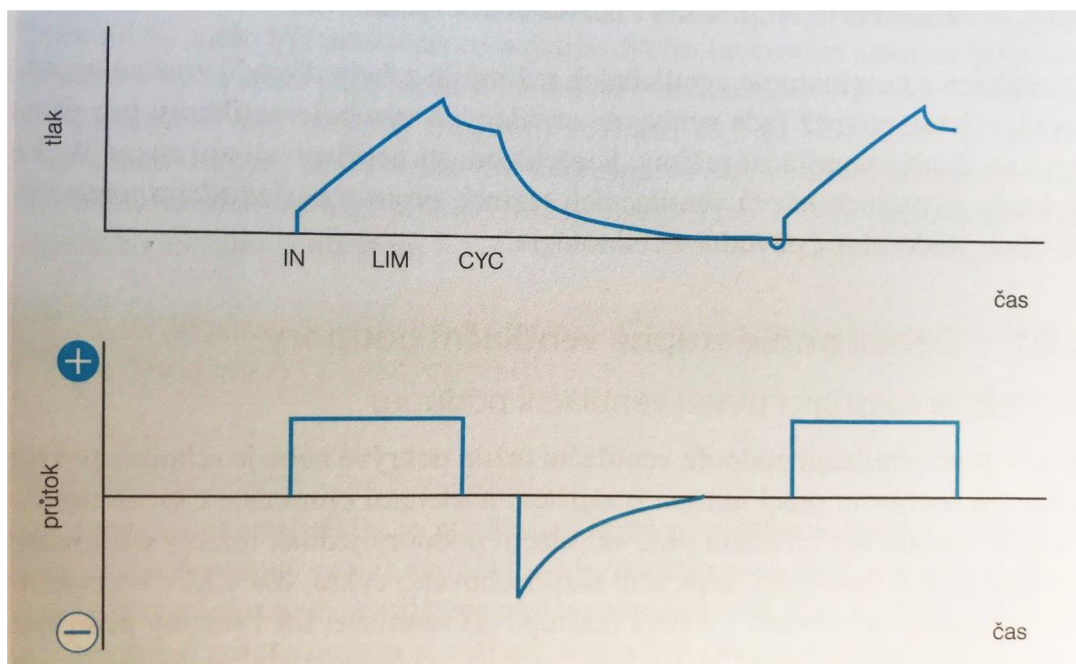
nebo jsou tyto plyny separovány od respiračních cest, rozlišujeme jednookruhové a dvouokruhové systémy. U dvouokruhového systému se využívá pneumatický pohon (Klimešová a Klimeš, 2011).

Výdechový ventil se stará o to, aby bylo proudění vzduchu přímo směřováno do dýchacích cest a nedošlo k nechtěnému úniku. Při nádechu nasměruje tok plynů a uzavře se, a naopak na konci výdechu se otevírá.

Alarmy upozorňují na jakoukoliv vážnou výchylku v okruhu přístroje. Dle naléhavosti jsou rozděleny na alarmy vysoké, střední a nízké naléhavosti. Každý stupeň má jiný zvukový i barevný varovný signál a důvod spuštění je vždy zobrazen na monitoru. Jako příklad může být alarm nízkého/vysokého minutového objemu, alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku, alarm apnoe či alarm signalizující přerušení dodávky elektrického proudu do přístroje (Klimešová a Klimeš, 2011).

2.1.4 Fáze dechového cyklu na UPV

Dechový cyklus fyziologicky představuje jeden nádech doprovázený výdechem (Rokyta et al., 2016). Ve ventilátoru je cyklus tradičně rozdělen do 4 částí podle směru posunu plynů systémem (viz Obr. 1).



Obr. 1 Fáze dechového cyklu (Dostál et al., 2014, s. 97)

Inspirační fáze (vdechová) je zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu. Nádech je spuštěn v momentě, kdy se tlak v plicích sníží na nastavenou hranici. V této fázi je ventilátor omezen tzv. limitací. Trvá, dokud při nádechu nedojde k dosažení určité nastavené hodnoty tlaku nebo dechového objemu. Je-li limitace dosažena, dochází k cyklování, přechodu do expira (Dostál et al., 2014).

Inspirační pauza je prodleva, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem. U některých ventilačních režimů se inspirační pauza nepoužívá (Ševčík et al., 2014).

Expirační fáze je pasivní děj, kdy pacient vydechuje pasivně samovolně, nebo s pomocí expiračního svalstva.

Expirační pauza zakončuje dechový cyklus. Začíná od ukončení proudění vzduchu na konci výdechu a pokračuje až do začátku dalšího dechového cyklu. Délka trvání této fáze nejde nastavit přesně, závisí totiž na délce výdechu a na nastaveném čase pro spuštění inspirační fáze (Dostál et al., 2014).

Z Obr. 1 je IN zkratka pro iniciaci, LIM pro limitaci a CYC pro cyklování.

2.1.5 Komplikace umělé plicní ventilace

V průběhu plicní ventilace mohou nastat komplikace spojené se zajištěním dýchacích cest, často již u intubace tracheální rourky do systému (Klimešová a Klimeš, 2011). Dále z nadměrného nebo nedostatečného zvlhčení či ohřátí vdechované směsi vzduchu. Nežádoucím účinkem je i dlouhodobé vystavení dýchacího systému vysokým koncentracím kyslíku. Snížení účinnosti reflexů z dýchacích cest představuje další komplikaci. V neposlední řadě jsou uváděny komplikace vzniklé v důsledku použití samotné plicní ventilace pozitivním přetlakem a mechanickým poškozením plic (Dostál et al., 2014). Může také nastat poranění zubů a měkkých tkání horních nebo dolních dýchacích cest, vdechnutí žaludečního obsahu nebo zavedení trubice do jícnu (Ševčík et al., 2014). Jako komplikace spojená přímo s funkcí přístroje je v první řadě nesprávné složení ventilátoru, či netěsnost přístroje.

Plicní nežádoucí účinky

Následkem užití příliš vysokého inspiračního tlaku nebo objemu může vzniknout emfyzém až pneumotorax (ruptura povrchových alveolů). Indikací jsou asymetrické pohyby hrudníku a absence dýchacích šelestů. Nadměrným dechovým objemem dochází k poranění plic zvané volumotrauma. Barotrauma je poškození plic použitím až příliš vysokého tlaku. Obě traumata mohou způsobit nižší produkci surfaktantu (látka snižující povrchové napětí plic) a vést k biotraumatu, což je poranění způsobené mechanizmy zánětlivé reakce (Klimešová a Klimeš, 2011).

Mimoplicní nežádoucí účinky

Vlivem ventilace pozitivním přetlakem je nežádoucími účinky ovlivněn kardiovaskulární systém, renální funkce, metabolismus vody a iontů, ale také gastrointestinální systém. U kardiovaskulárního systému má především vliv na krevní oběh. Přetlak může snížit srdeční výdej pacienta či způsobit přerodělení průtoku krve orgány. Nižší srdeční výdej ovlivňuje renální funkce, obvykle vede ke snížení výdeje moče, průtoku krve ledvinami a ke snížení glomerulární filtrace. Hromadění krve v játrech má negativní vliv na gastrointestinální trakt (Dostál et al., 2014).

2.1.6 Ukončování umělé plicní ventilace

Dle Dostála (2014) je odpojování, a tedy ukončování plicní ventilace, nedílnou složkou oblasti UPV. Proces odpojování od přístroje a odvykání si má název „weaning.“ Doba mezi začátkem odvykání a extubací činí u některých pacientů 40-50 % celkového času ventilační podpory. Podle diagnózy pacienta se určuje rychlost a způsob odpojení (Klimešová a Klimeš, 2011).

Udávají se 3 klasifikace v odvykacím procesu:

- Jednoduché odpojení (simple weaning) – pacient splňuje každodenní test spontánní ventilace, tzv. spontaneous breathing trial (SBT) a následně je odpojen. Tak to bývá přibližně u 70 % případů.
- Obtížné odpojení (difficult weaning) – test SBT není zprvu úspěšný, ale bývá do 3 pokusu či do 7 dnů od prvního testu spontánní ventilace.

- Prolongované odpojování (prolonged weaning) – klasifikace při třetím nepovedeném testu SBT, nebo když je proces extubace delší než 7 dnů od prvního testu (Dostál et al., 2014).

U obtížného a prolongovaného odpojení je úmrtnost až 25 %. Zdařilé odpojování se bere tehdy, je-li pacient bez potřeby ventilační podpory minimálně 48 hodin. Selhání znamená nutné znovuzapojení a zahájení UPV do 48 hodin od ukončení ventilace (Dostál et al., 2014).

2.1.6.1 Kritéria pro zahájení odpojení od přístroje:

Důvod k potřebě plicní ventilace je pod kontrolou, pacient je stabilizován.

Stav dýchacího systému (viz Tab. 2):

Tab. 2 Stav dýchacího systému pro odpojení (Dostál et al., 2014, s. 296)

Oxygenace
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 150 \text{ mm Hg}$
$\text{PEEP} \leq 8 \text{ cmH}_2\text{O}$
PaO_2 nad 55 mm Hg při $\text{FiO}_2 \leq 0,5$
Tlaková podpora $\leq 15\text{-}20 \text{ cmH}_2\text{O}$
Ventilace
Dechová frekvence ≤ 35 dechů/min
$\text{PaCO}_2 < 50 \text{ mm Hg}$
Dechový objem $> 5 \text{ ml/kg}$
Schopnost spontánního nádechu
Index $f/V_t < 105$ dechů/min/l

Stav kardiovaskulárního systému (viz Tab. 3):

Tab. 3 Stav kardiovaskulárního systému pro odpojení (Dostál et al., 2018, s. 296)

Absence známek ischemické choroby srdeční
Tepová frekvence < 140/min
Absence závažných poruch rytmu (Klimešová a Klimeš, 2011, s. 55)
Absence nízkého srdečního výdeje či stavu šoku
Systolický krevní tlak 90-160 mmHg

Dalšími kritérii je vyhovující psychický stav pacienta, absence febrilních stavů (horeček), absence vážné chudokrevnosti a schopnost pacienta si odkašlat (Dostál et al., 2014).

2.1.6.2 Test schopnosti spontánní ventilace

Pacient splňující výše uvedená kritéria je kompetentní k provedení zkoušky schopnosti spontánní ventilace (SBT). Přístroj se odpojí od pacienta, aby mohl sám spontánně ventilovat zvlhčenou ohřátou směs s přidáním kyslíkem FiO_2 ve výši 0,5 po dobu 30 až 120 minut. Následně je po této krátké době posuzován stav nemocného (viz Kritéria pro zahájení odpojení od přístroje). Délka testu bývá v rozmezí mezi 5 a 30 minutami, pokud jsou splněny stanovené předpoklady pro spontánní ventilaci a odpojení od přístroje. Při neúspěšném testu, čili selhání SBT, je pacient opět připojen na UPV a dříve, než za 24 hodin, by test neměl být prováděn (Dostál et al., 2014).

2.2 Legislativní problematika

Umělá plicní ventilace je definována, jako **zdravotnický prostředek**. Dle zákona č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích se jako ZP považuje nástroj, přístroj, zařízení či programové vybavení pro léčebné nebo diagnostické účely. Používají se například k určení diagnózy, monitorování, léčbě či prevenci nemoci, nebo k vyšetřování (Česko, 2014).

V roce 2021 došlo k úpravě tohoto zákona a byl uveden a publikován nový zákon č. 89/2021 Sb. Tento zákon, v celém znění „*Zákon č. 89/2021 Sb., o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů,*“ (Česko, 2021, s. 776) je členěn trochu jinak, než jako zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích. Na diagnostické zdravotnické prostředky in vitro se tento zákon nevztahuje (Česko, 2021).

Zdravotnické prostředky se třídí dle míry zdravotního rizika na třídu I, IIa, IIb a III vzestupně na základě míry zdravotního rizika, které koresponduje s použitím ZP. Plicní ventilátor spadá do třídy **IIb**. U zdravotnických prostředků třídy IIb je dle zákona č. 89/2021 Sb. povinností provádět pravidelnou bezpečnostní technickou kontrolu (PBTk) jednou za 2 roky. Prostředek smí obsluhovat výhradně osoba, která úspěšně absolvovala instruktáž daného prostředku a byla obeznámena s možnými riziky při manipulaci s prostředkem. Touto osobou může být výrobce, zplnomocněný zástupce výrobce či někdo jim pověřený, nebo ten, kdo byl proškolen osobou pověřenou výrobcem. Důležitou **změnou** v zákonu č. 89/2021 Sb., je, že školení může zároveň provést osoba, která byla proškolená někým z výše uvedených a má s používáním prostředku alespoň 2 roky praxe (Česko, 2021).

2.2.1 Shrnutí hlavních rozdílů

Po prozkoumání zákona č. 268/2014 Sb., a zákona č. 89/2021 Sb., byly zjištěny dva hlavní rozdíly, které se s novým zákonem mění. Prvním rozdílem je, na který zdravotnický prostředek musí být provedena instruktáž, a druhým, kdo má oprávnění toto školení provádět.

Zákon č. 268/2014 Sb., je stále platný, ale nyní již pouze pro diagnostický zdravotnický prostředek **in vitro**. Školení pracovníků bylo nutné na ZP třídy rizika IIb a III, případně na ZP, u kterých to vyžadoval výrobce v návodu použití. Toto již nyní neplatí a instruktáž musí být na ty prostředky, u kterých to vyžaduje výrobce v návodu. Na základě této změny se může stát, že nemusí být provedeno školení ani na ZP třídy rizika IIb, ale není to pravděpodobné. U plicních ventilátorů se nic nezmění, protože u těchto prostředků to výrobce vyžaduje vždy, zároveň jsou také v třídě rizika IIb.

U otázky, kdo může provést instruktáž, zůstal základ stejný. To znamená výrobce, zástupce výrobce, osoba pověřená výrobcem apod. Od těchto osob může být proškolen také například biomedicínský technik v nemocnici na obsluhu zdravotnického prostředku. Aby mohl technik provádět školení, musí být na dokumentu uvedeno, že byl proškolen i k provádění školení. Osoba, jež toto školení technikovi udělila, musí mít certifikát a vlastní školení na to, že školení k provádění školení může vykonávat.

Důležitá změna dále nastala v novém bodě, který umožňuje provádět instruktáž komukoli, kdo byl proškolen pouze v používání ZP a má s jeho užíváním minimálně dvouletou odbornou praxi. To znamená teoreticky kdokoli, kdo s daným přístrojem oficiálně zachází a splňuje výše zmiňované podmínky.

2.3 Uživatelský manuál UPV

V této kapitole je podle uživatelských manuálů shrnuta základní obsluha plicního ventilátoru. Je potřeba, aby školitel, který má někoho naučit pracovat s daným zdravotnickým prostředkem, uměl přístroj popsat. Hlavní je tedy popis přístroje, jeho části, ovládací prvky, ovládání, ventilační režimy, rizika spojené s používáním pro pacienta i pro uživatele.

2.3.1 Přívod a vývod plynů

Z tlakových lahví nebo centrálního rozvodu užívá přístroj stlačený kyslík a vzduch (popřípadě helium). Zdrojem vzduchu je kompresor. Přes kondenzační nádoby s vysoce účinnými filtry jsou vedeny plyny, které dále pokračují do pneumatické části přístroje. Zásobník se plní směsí, kterou obsluha ventilátoru nastavila směšovači pro mísení vzduchu a kyslíku pro zjištění hodnoty koncentrace směsi.

Ze zásobníku pokračuje plyn do vdechového ventilu, který řídí mikroprocesor a reguluje tak jeho velikost a dobu, po jakou je ventil otevřen. Pacientovi je plyn dopraven ventilátorem skrz inspirační větev v dýchacím okruhu. Do této části patří inspirační filtr, ohýbatelné dýchací hadice, zvlhčovač, Y-spojku, kondenzační nádobky, snímač průtoku a snímač CO₂, chceme-li ho použít.

Přes expirační větev dýchacího okruhu se dostává plyn, který pacient vydechuje. Součástí této větve jsou také ohýbatelné dýchací hadice, snímač průtoku (slouží k určení hodnot průtoku, tlaku a objemu pacienta), Y-spojka, kondenzační nádoba a kryt výdechového ventilu opatřený membránou. Tímto krytem je z přístroje plyn odváděn.

To, jaká je koncentrace kyslíku v plynu poskytovaném pacientovi, změří kyslíkové čidlo. Koncentrace by měla být totožná, jako v zásobníku a její měření nemá vliv na tlak nebo vlhkost v patientském okruhu. Kyslíkové čidlo vytváří napětí přiměřené parciálnímu tlaku kyslíku v přiváděném plynu (Hamilton Medical, 2017).

2.3.2 Fyzický popis

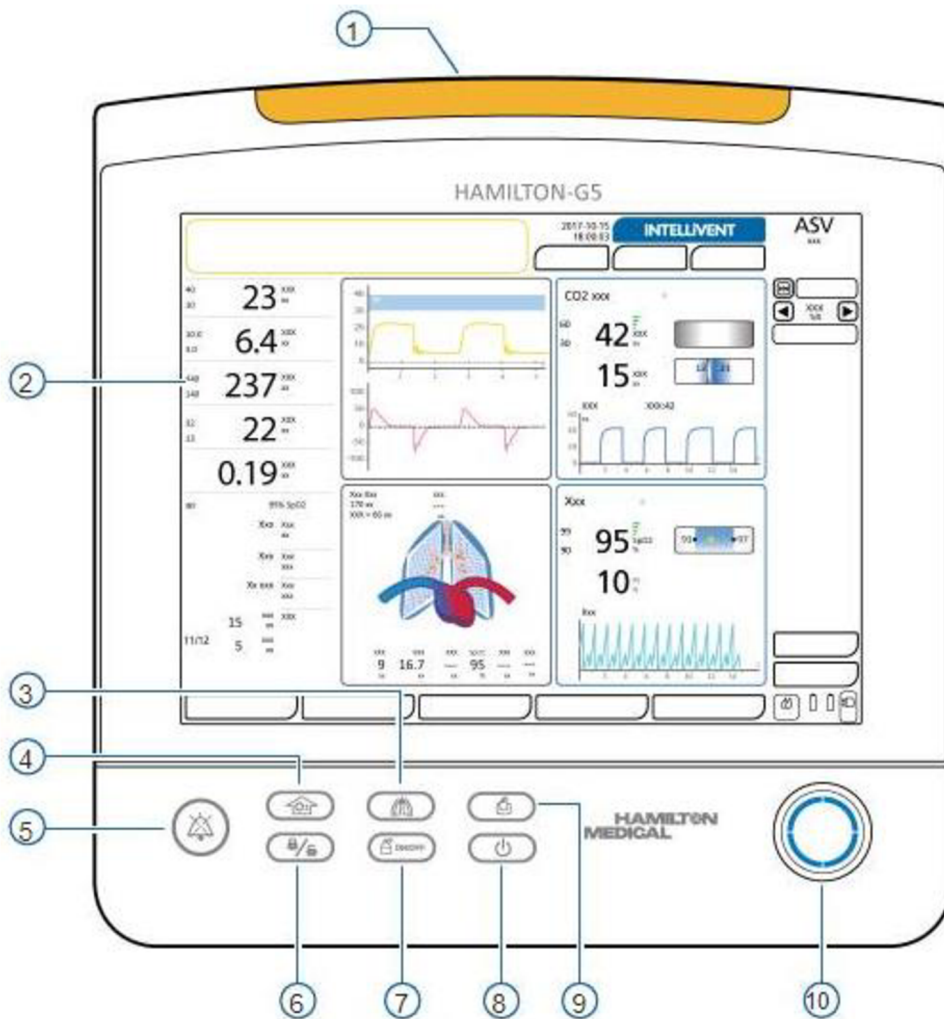
Plicní ventilátor se skládá z grafického uživatelského rozhraní, dýchací jednotky, dýchacích hadic, sběrné nádobky, napájecího kabelu, standardního rámu s kolečky, ohebného ramene a drenážního vaku (Covidien, 2018) (viz Obr. 2). Do kompatibilních dílů a příslušenství ventilátoru patří patientský dýchací okruh, inspirační a expirační filtr, zvlhčovací systém, snímač průtoku, kryt výdechového ventilu s membránou, kompresor, nebulizátor, snímač CO₂ s adaptérem, datové médium a maska (Hamilton Medical, 2017).



Obr. 2 Ventilátor Hamilton s příslušenstvím (Hamilton Medical, 2017, s. 22)

2.3.2.1 Ovládací panel

Pracovníci ovládají ventilátor prostřednictvím dotykové obrazovky, otočného knoflíku a různých tlačítek (viz Obr. 3, Tab. 4). Obrazovka umožňuje obsluze sledovat stav pacienta a přístroje, neslouží však jako monitor vitálních funkcí pacienta. Alarmové signály nejsou dostačující k přesnému určení problému (Hamilton Medical, 2017).

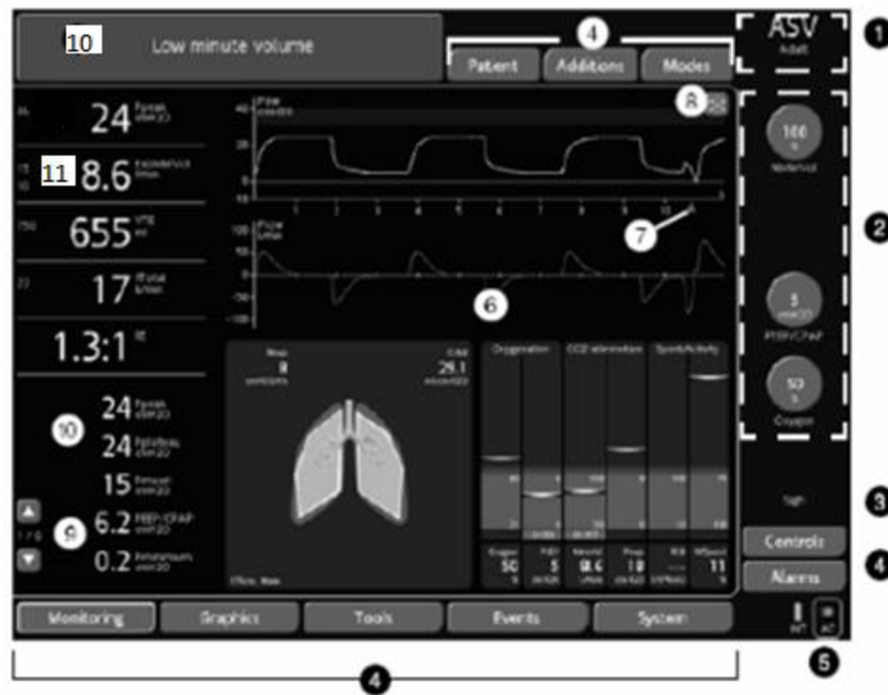


Obr. 3 Ovládací panel ventilátoru (Hamilton Medical, 2017, s. 25)

Tab. 4 Tlačítka na ovládacím panelu (Hamilton Medical, 2017, s. 25-26)

1	Alarmová kontrolka	Podle priority alarmu svítí buď červeně (vysoká priorita), žlutě (střední/nízká priorita).
2	Dotyková obrazovka	Ovládání.
3	Tlačítko manuálního dechu	Stisknutí a uvolnění během výdechu vyvolá 1 řízený dech dle aktuálních parametrů.
4	Tlačítko 100% kyslíku	Po stisknutí podáván pacientovi 100% O ₂
5	Tlačítko ztišení (vypnutí zvukového alarmu)	Vypnutí hlavního zvukového alarmu po dobu 2 minut, aktivace po opakovaném stisknutí.
6	Tlačítko zamknutí a odemknutí obrazovky	Zamknutí obrazovky např. kvůli čištění.
7	Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru	Zapnutí/vypnutí nebulizace (inhalace), nastavení délky trvání nebulizace.
8	Tlačítko standby (klidový režim)	Aktivace čekacího režimu standby.
9	Tlačítko tisk obrazovky	Uložení do paměti aktuálních dat z obrazovky ventilátoru.
10	Otáčecí knoflík (stiskni, otoč)	Zvolení a nastavování ventilačních rozměrů a monitorovaných informací.

Na základní výchozí **obrazovce** lze sledovat (viz Obr. 4):

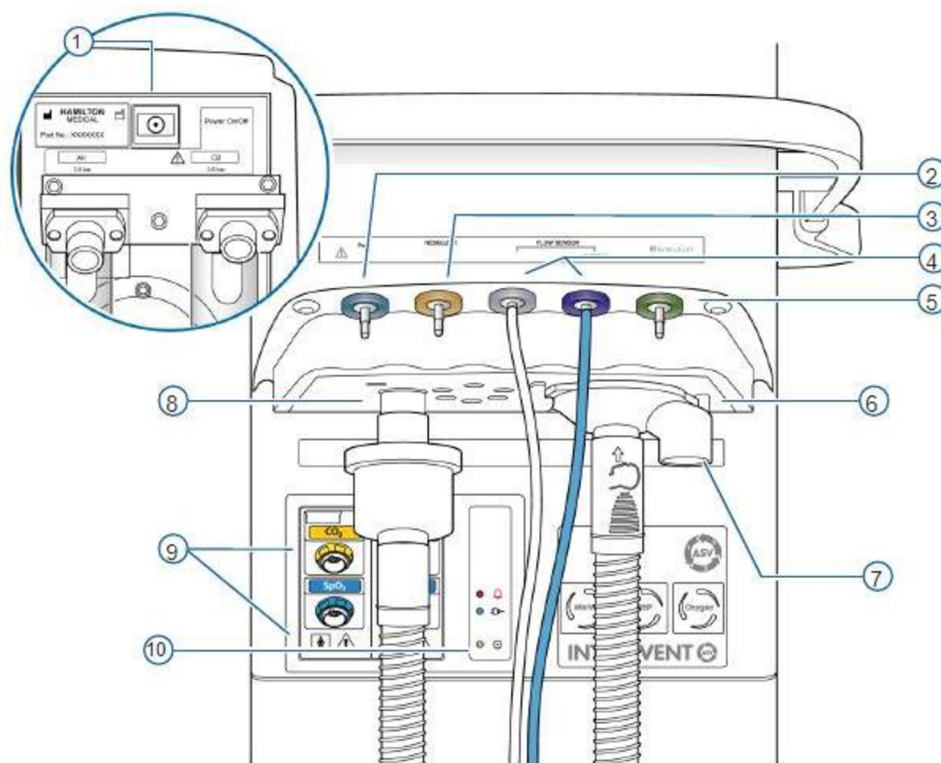


Obr. 4 Výchozí obrazovka Hamilton-G5 (Hamilton Medical, 2017, s. 29)

- 1) Aktivní režim, kategorie pacienta a situace apnoické ventilace (pokud je aktivní).
- 2) Řízení hlavních parametrů, ovládacích prvků ventilace.
- 3) Záložky oken k náhledu příslušného okna.
- 4) Další možnosti aktivního režimu (např. prodechnutí a kompenzace rezistence rourky).
- 5) Stav napájení – je možné vidět všechny dostupné napájecí zdroje. Aktuálně používaný zdroj bývá označen symbolem v rámečku. Barva symbolu signalizuje nabití/vybití baterie (zelená/červená). Zdrojem Může být AC (síťový rozvod), INT (interní baterie) či EXT (baterie externí).
- 6) Grafická sekce obrazovky – znázorňuje časové průběhy (křivky) v přítomném čase, grafické trendy, smyčky, inteligentní okna.
- 7) Symbol triggeru, který signalizuje, že pacient začal dýchat.
- 8) Tlačítko pozastavení (freeze) je k pozastavení a následnému znovuspuštění grafického vývoje.
- 9) Šipky k projíždění měřených dat, které umožňují sledovat hlavní a ostatní pozorované parametry.
- 10) Pole pro zprávy zobrazuje alarmy či jiná hlášení pro informování obsluhy.
- 11) Horní a dolní mez alarmů, je-li nastavená (Hamilton Medical, 2017).

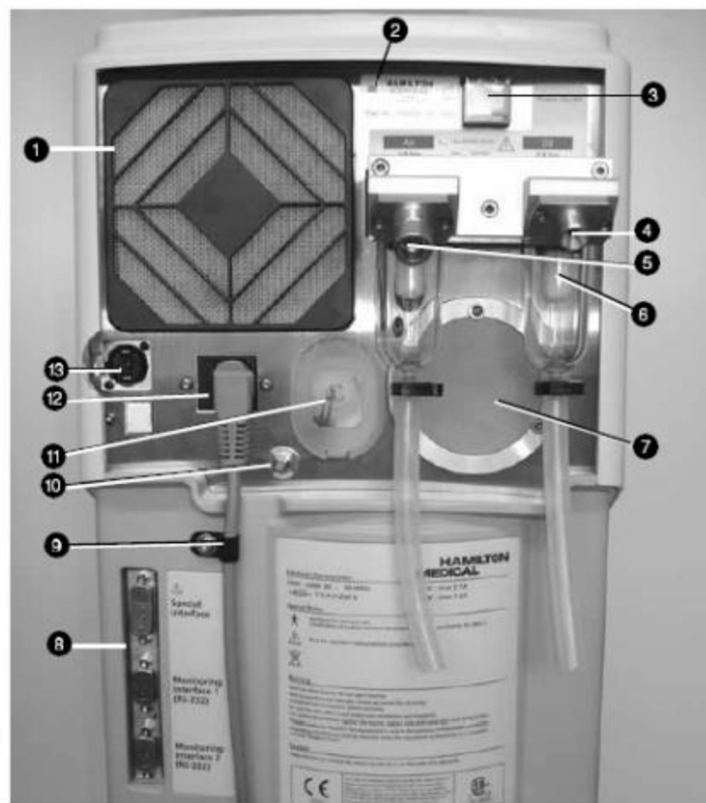
2.3.2.2 Ventilační jednotka

K **přední části** dýchací jednotky (viz Obr. 5) je připojen patientský dýchací okruh. Mezi další důležité části patří konektor Paux (2), který je určen k připojení místa měření pomocného tlaku. Dále přípojka nebulizátoru (3), kryt výdechového ventilu a membrána, modul snímače oxidu uhličitého (9) s připojovacím konektorem. Při připojování snímače průtoku (4) se vždy zapojuje průhledná hadička na stříbrný konektor a modrá hadička na modrý konektor (ta je vždy blíž k pacientovi). Na expirační větev dýchacího okruhu pacienta a výdechový ventil se připojuje vstup do pacienta (6). Další částí je výdechový port (7), který slouží k vývodu plynu z krytu výdechového ventilu do atmosféry. Na inspirační výstup (výstup k pacientovi) (8) je napojen inspirační filtr a vdechová větev ventilačního okruhu pacienta. Pomocným ukazatelem stavu přístroje je panel s LED kontrolkami dýchací jednotky (10). Informuje, že nastala nouzová situace, hlavní vypínač je zapnutý a že je ventilátor připojený k síťovému napájení. Mohou nastat i všechny tři situace současně (Hamilton Medical, 2017).



Obr. 5 Přední strana ventilační jednotky (Hamilton Medical, 2017, s. 31)

Na **zadní straně** ventilační jednotky (viz Obr. 6) se nachází hlavní vypínač (3), filtr chladícího větráku (1), štítek s výrobním číslem ventilátoru (2), vývod přetlakového ventilu zásobníku (7), odlučovač vody s filtrem ve vysokotlakém přívodu plynu (6), konektory komunikačního rozhraní (8), přívodní síťový kabel s příchytkou (9), svorka vyrovnání potenciálu (10). Dále přípojky typu DISS/NIST pro vysokotlaký přívod kyslíku (4) a vzduchu (5), čidlo kyslíku s krytem (11) a konektor (13) pro zapojení kabelu ovládacího panelu (Hamilton Medical, 2017).



Obr. 6 Zadní strana ventilační jednotky (Hamilton Medical, 2017, s. 33)

2.3.3 Ventilační režimy

Při použití plicního ventilátoru mají pracovníci na výběr z mnoha ventilačních režimů poskytujících částečnou či úplnou dechovou podporu plic. Pro veškeré typy dechů ve všech režimech může být nastavena základní míra pozitivního tlaku v plicích.

Ve všech režimech se také nastavují parametry jako PEEP/CPAP, citlivost patientského tlakového či průtokového trigerru a O₂. Ventilátor HAMILTON-G5 představuje tyto režimy (viz Tab. 5) (Hamilton Medical, 2017).

Tab. 5 Ventilační režimy (Hamilton Medical, 2017, s. 295)

Režim	Tlakově řízený	Objemově řízený	Řízený časem	Řízený průtokem	S tlakovým triggerem	S průtokovým triggerem
(S)CMV		ano	ano		ano	ano
SIMV	ano	ano	ano	ano	ano	ano
SPONT	ano			ano	ano	ano
P-CMV	ano		ano		ano	ano
APVcmv	ano	ano	ano		ano	ano
P-SIMV	ano		ano	ano	ano	ano
APVsimv	ano	ano	ano		ano	ano
ASV	ano		ano	ano	ano	ano
DuoPAP	ano		ano	ano	ano	ano
APRV	ano		ano	ano	ano	ano
NIV	ano		ano	ano	ano	ano

(S)CMV – synchronizovaná řízená ventilace (synchronized continuous mandatory ventilation), umožňuje jenom objemově řízené dechy (Hamilton Medical, 2017).

SIMV – synchronizovaná přerušovaná řízená ventilace (synchronized intermittent mandatory ventilation), smíšený režim, který umožňuje spontánní i řízené dýchání (Covidien, 2018). Přístroj čeká na spontánní nádech pacient a následně vygeneruje nastavený řízený dech (Bartůněk et al., 2016).

SPONT – spontánní režim s tlakovou podporou, obstarává jenom spontánní dýchání vždy iniciované pacientem (Covidien, 2018).

P-CMV – tlakově řízená ventilace (pressure controlled CMV), umožňuje jenom tlakově řízené dechy, dodává dech s nastaveným tlakem, ale nedokáže zaručit dodávku stálého objemu (Hamilton Medical, 2017).

APVcmv – tlakově řízená ventilace s adaptivní tlakovou podporou,

P-SIMV – tlakově řízená synchronizovaná přerušovaná ventilace,

APVsimv – tlakově řízená synchronizovaná přerušovaná ventilace s adaptivní tlakovou podporou,

ASV – ventilace s adaptivní tlakovou podporou (adaptive support ventilation), uchovává minimální minutovou ventilaci, kterou nastavila obsluha, nezávisle na pacientově aktivitě a bere v potaz spontánní dýchání (Hamilton Medical, 2017).

DuoPAP – režim s 2 úrovněmi přetlaku v dýchacích cestách,

APRV – ventilace s uvolněním přetlaku v dýchacích cestách (airway pressure release ventilation),

NIV – neinvazivní plicní ventilace (non-invasive ventilation), ventilace s tlakovou podporou s použitím obličejové masky nebo jiné neinvazivní pomůcky (Hamilton Medical, 2017).

Režimy APVsimv a APVcmv mají princip fungování velmi blízký konvenčním tlakově řízeným režimům P-CMV a S-CMV, akorát konvenční režimy nedokáží zaručit doručení vhodného dechového objemu, za to režimy APV to zaručují.

Režim DuoPAP a APRV jsou obdobné tlakově řízené režimy, u kterých jsou nastavovány dvě úrovně tlaku CPAP, a pacientovi je umožněno na obou úrovních dýchat spontánně po dobu kompletního dechového cyklu. U obou režimů jsou kombinovány spontánní a řízené dechy (Hamilton Medical, 2017).

Režimy ventilace lze popsat třemi klíčovými proměnnými: „trigger“ (spouštěč/stimul, který iniciuje mechanický dech), cíl (strategie dodávání dechu) a cyklus (jak je dech ukončen).

Měření mechaniky dýchacího systému usnadňuje vývoj diagnózy a pomáhá při počáteční léčbě mechanicky ventilovaných pacientů, u kterých dochází k náhlým změnám tlaku v dýchacích cestách (Walter, 2018).

Součástí přípravy přístroje je spuštění ventilátoru a vykonání testu funkce ventilátoru na již ohřátém přístroji. Jedná se o měření interní technické funkčnosti a těsnosti všech senzorů a jednotek a zkontrolování patientského dýchacího okruhu. Po realizaci testu se vloží data nového pacienta a zvolí se typ ventilace a alarmů pomocí grafického uživatelského rozhraní.

Poté se napojuje patientský dýchací okruh k pacientovi i k ventilátoru. Přesné zajištění dýchacího okruhu je velmi podstatné. Podle typu přístroje se určují jednorázové okruhy, nebo okruhy na více použití, které jsou možné opakovaně sterilizovat (Kolaříková, 2020).

2.3.4 Rizika spojená s používáním

Důsledkem chybného použití či vlivem špatné obsluhy přístroje mohou vzniknout zranění, smrt či jiné vážné situace. Těmito vlivy může nastat problém s ventilátorem, jako například jeho nesprávné plnění funkcí, poškození nebo porucha přístroje či jiného zdravotnického zařízení.

Vždy je nutné mít k dispozici nějakou náhradní metodu umělé ventilace. Pokud přístroj hlásí poruchu a není zaručené, že by byl schopný dále zajišťovat řádnou funkci, musí se ihned obstarat rezervní způsob ventilace (např. resuscitační vak) a ventilátor vyřadit z provozu, aby mohl být zkontrolován kvalifikovaným servisním technikem.

Na plicní ventilátor **nesmí** být pokládány žádné nádoby s kapalinami. V případě zatečení kapaliny dovnitř přístroje, hrozí riziko zkratu elektřiny, zásahu elektrickým proudem nebo požár.

Pro snížení rizika nebezpečí úrazu **elektrickým proudem** není doporučeno otvírat kryty přístroje a před začátkem servisu či údržby musí být elektrický síťový přívod odpojen. Po vypojení síťového napájení funguje napájení z baterií a některé díly prostředku mohou být stále pod napětím i po vypnutí hlavního vypínače.

Správné fungování ventilátoru mohou narušit určité přístroje (telefony, vysílačky, pagery), které vysílají rádiové vlny. Přístroj by neměl být používán v bezprostřední blízkosti těchto přístrojů a na území magnetické rezonance (Hamilton Medical, 2017).

Nebezpečí požáru

Pro zmenšení rizika požáru a explozi přístroje nesmí být ventilátor používán v hořlavém a výbušném prostředí (v blízkosti hořlavých anestetik či dalších hořlavých materiálů). Také by neměly být u ventilátoru žádné olejem či vazelínou znečištěné objekty.

Další faktor, který snižuje riziko vzniku požáru, je nepoužívání přívodních tlakových hadic, které jsou kontaminované hořlavou látkou nebo jsou poškozené.

Pro vyloučení rizika požáru by měl být užíván pouze ventilační okruh, který je stanovený pro užívání v prostředí se zvýšeným obsahem kyslíku. Elektricky vodivé a antistatické hadice je zakázáno používat. Pokud nastane situace, kdy se požár vyskytne, musí se okamžitě pacient přepojit na náhradní ventilaci a ventilátor vypnout, odpojit od přívodu plynů a zdroje napájení.

Sledování pacienta a dodávku plynů spravuje mikroprocesorový řídicí systém přístroje. Tyto dvě funkce se vzájemně kontrolují s řídicím alarmovým systémem, to napomáhá zabránit selhání obou funkcí, čímž se snižuje riziko zrodu softwarové chyby.

Riziku vzájemné kontaminace pacienta s ventilátorem lze zabránit při pravidelných kontrolách bakteriálního filtru v přesně daných časových úsecích.

Ventilátor by měl být náležitě upevněn a přišroubován na podvozku či polici, a jeho kolečka by měla být zabrzděna na místě, aby nedošlo k případné havárii a poškození osob nebo přístroje. Poškození pacienta také může zapříčinit špatně nastavená teplota a zvlhčení zvlhčovače (Hamilton Medical, 2017).

3 Výzkumná část

3.1 Cíle a výzkumné předpoklady

Cílem výzkumné části práce bylo zjistit znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů o obsluze plicního ventilátoru. Předpokládáme, že o obsluze plicního ventilátoru má znalosti 70 % studentů nelékařských zdravotnických oborů. Výzkumný předpoklad byl stanoven na základě toho, že se domníváme, že se studenti s plicním ventilátorem již někdy v minulosti setkali, a to buď během studia na univerzitě (formou přednášek či praktických cvičení), nebo během praxí v nemocnici.

Dalším cílem bylo navrhnout vhodnou formu edukace budoucího nelékařského personálu v obsluze plicního ventilátoru. Forma a obsah bude přizpůsobena zjištěným znalostem studentů.

3.2 Metodika výzkumu

Pro výzkumnou část bakalářské práce byla vybrána metoda kvantitativního průzkumu pomocí online anonymního dotazníkového šetření, který je zaměřený na zjištění základních znalostí studentů nelékařských zdravotnických oborů s umělou plicní ventilací. Nestandardizovaný dotazník (viz Příloha B) obsahoval celkem 21 otázek a byl zaslán elektronicky studentům fakulty zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci. Respondenti byli studenti oboru všeobecné ošetřovatelství nebo oboru zdravotnický záchranář. Výzkum byl proveden v červnu 2022. První 4 otázky byly identifikační, ostatní otázky byly již zaměřeny na znalosti ohledně plicního ventilátoru. U otázek je vždy pouze jedna správná odpověď. Dotazník obsahuje 21 uzavřených otázek. Po vyplnění tohoto dotazníku byl studentům zaslán dokument (viz Příloha C), který jim poskytl seznámení s plicním ventilátorem. Na základě toho následně respondenti vyplnili druhý totožný dotazník pro ověření, že pročetení rychlého pomocného návodu mělo na znalosti studentů v daném tématu vliv a tedy splnilo účel.

3.3 Analýza výzkumných dat

Všechna získaná data byla zpracována pomocí grafů a tabulek prostřednictvím programu Microsoft Office Excel 2013. Správné odpovědi jsou v tabulkách zvýrazněny tučně. Data jsou uvedena v celých číslech absolutní četnosti n_i . Hodnoty n_i 2 v tabulkách uvádí výsledky respondentů po přečtení návodu, v grafech jsou od otázky č. 5 zobrazeny oranžovou barvou. Modrou barvou jsou zobrazeny výsledky před přečtením návodu.

3.3.1 Analýza dotazníkové otázky č. 1: Studovaný obor respondentů

Tab. 6 Studovaný obor respondentů

n = 54	n_i
Zdravotnický záchranář	30
Všeobecné ošetřovatelství	24

Z otázky č. 1, která se týkala studovaného oboru studenta Fakulty zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci, vyplývá, že se dotazníkového šetření zúčastnilo 55,6 % zdravotnických záchranářů a 44,4 % studentů všeobecného ošetřovatelství.

3.3.2 Analýza dotazníkové otázky č. 2: Ročník studia

Tab. 7 Ročník studia

n = 54	n_i
1. ročník	15
2. ročník	15
3. ročník	24

Z otázky č. 2, která se týkala ročníku studia studenta, vyplývá, že 27,8 % respondentů studuje v 1. ročníku, 27,8 % ve 2. ročníku a 44,4 % ve 3. ročníku.

3.3.3 Analýza dotazníkové otázky č. 3: Setkání s plicním ventilátorem v minulosti

Tab. 8 Setkání s plicním ventilátorem v minulosti

n = 54	ni
Ano, setkal/a jsem se s ním na univerzitě	4
Ano, během svých odborných praxí v nemocnici	33
Ne, nesetkal/a	17

Z otázky č. 3, která se ptala, zda se studenti již někdy setkali s plicním ventilátorem, vyplývá, že 7,4 % studentů se s ním setkalo na univerzitě, 61,1 % během svých odborných praxí v nemocnici a 31,5 % respondentů se s ním nesetkalo vůbec.

3.3.4 Analýza dotazníkové otázky č. 4: Možnost obsluhy během praxe

Tab. 9 Možnost obsluhy během praxe

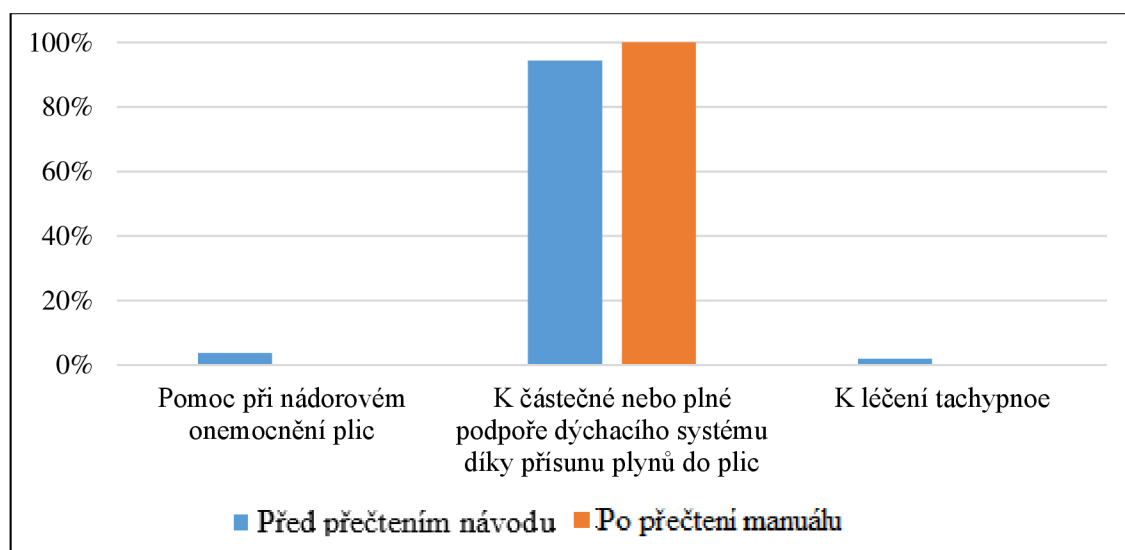
n = 54	ni
Ano	25
Ne	29

Z otázky č. 4, která se ptala, zda měl respondent možnost obsluhovat, či si vyzkoušet plicní ventilátor během praxe, vyplývá, že 46,3 % měli tuto možnost a 53,7 % tuto možnost neměli.

3.3.5 Analýza dotazníkové otázky č. 5: K čemu slouží umělá plicní ventilace

Tab. 10 K čemu slouží umělá plicní ventilace

n = 54	n_i	n_{i 2}
Pomoc při nádorovém onemocnění plic	2	0
K částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic	51	54
K léčení tachypnoe	1	0

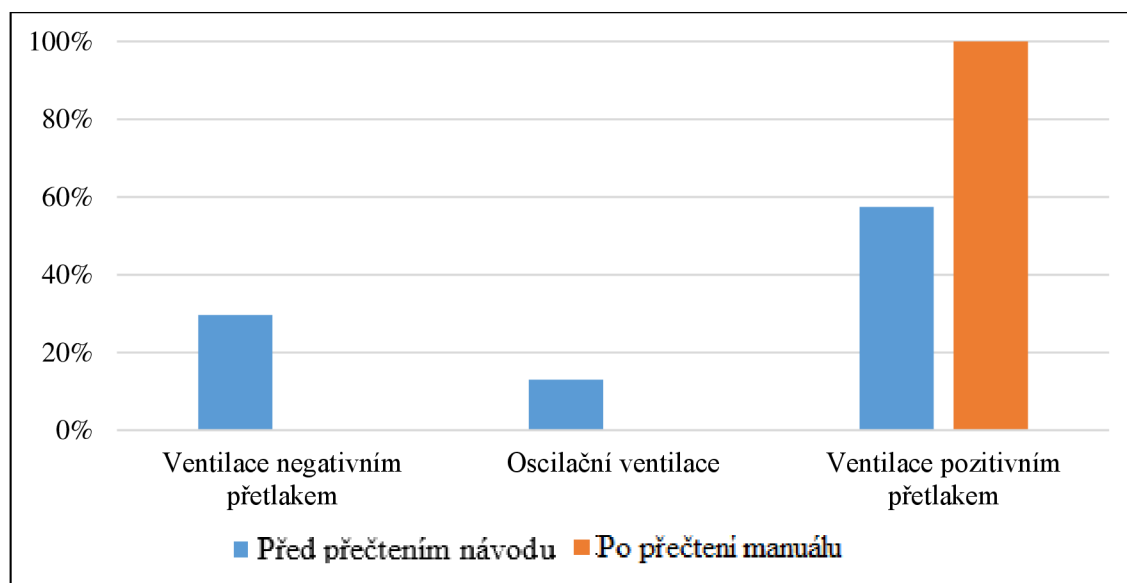


V otázce č. 5 měli respondenti určit, k čemu slouží umělá plicní ventilace. 3,7 % studentů zvolilo pomoc při nádorovém onemocnění plic, 94,4 % zvolilo, že slouží k částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic a 1,9 % studentů uvedlo, že slouží k léčení tachypnoe. Po prostudování návodu uvedlo již 100 % respondentů, že slouží k částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic.

3.3.6 Analýza dotazníkové otázky č. 6: Který typ ventilace je nejvíce využíván

Tab. 11 Který typ ventilace je nejvíce využíván

n = 54	n_i	n_{i 2}
Ventilace negativním přetlakem	16	0
Oscilační ventilace	7	0
Ventilace pozitivním přetlakem	31	54

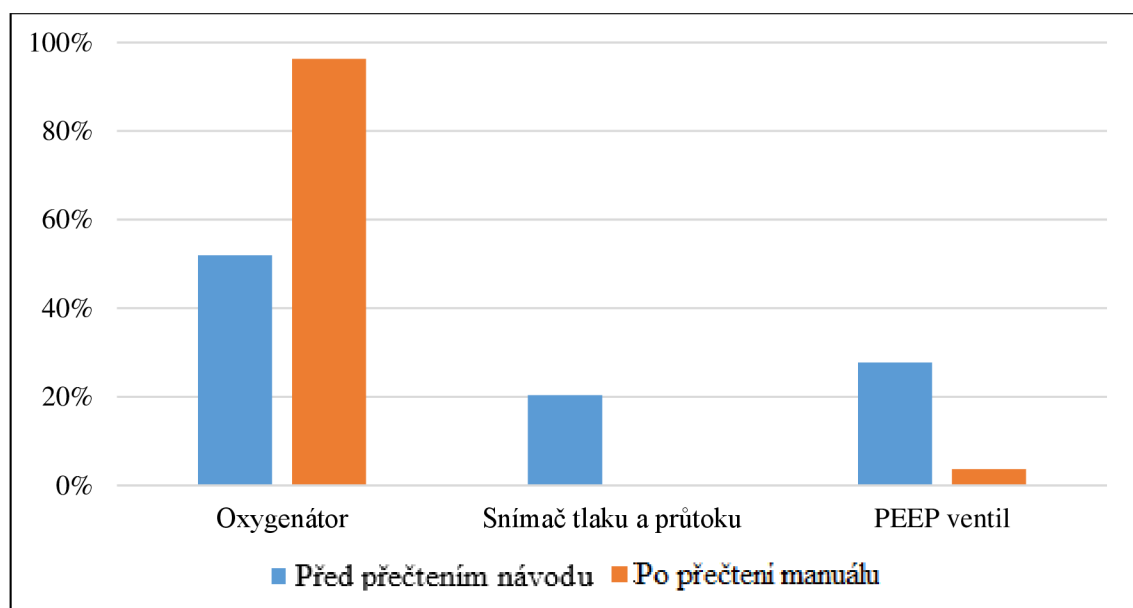


V otázce č. 6 měli dotazovaní určit, který typ ventilace je nejčastěji využíván. Před přečtením návodu zvolilo 29,6 % ventilaci pozitivním přetlakem, 13 % oscilační ventilaci a 57,4 % ventilaci pozitivním přetlakem. Po přečtení návodu zvolilo 100 % respondentů ventilaci pozitivním přetlakem.

3.3.7 Analýza dotazníkové otázky č. 7: Co nepatří mezi části ventilátoru

Tab. 12 Co nepatří mezi části ventilátoru

n = 54		n ₁	n ₂
Oxygenátor		28	52
Snímač tlaku a průtoku		11	0
PEEP ventil		15	2

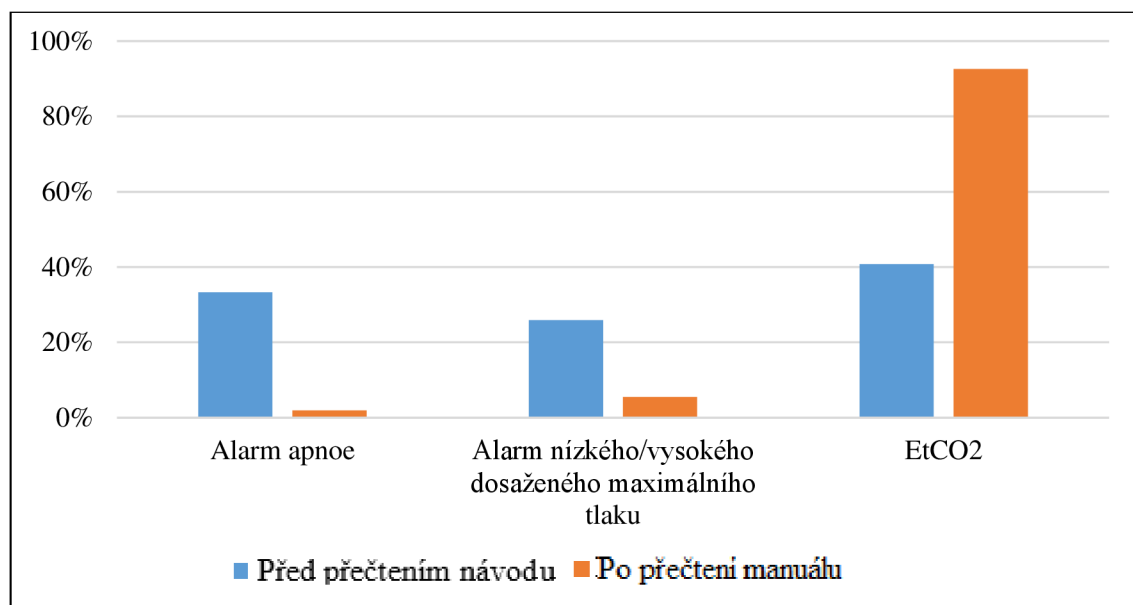


V otázce č. 7 měli respondenti uvést, co nepatří mezi části ventilátoru. Před přečtením návodu 51,9 % studentů uvedlo oxygenátor, 20,4 % snímač tlaku a průtoku, a 27,7 % zvolilo PEEP ventil. Po přečtení návodu již oxygenátor zvolilo 96,3 % studentů a 3,7 % PEEP ventil.

3.3.8 Analýza dotazníkové otázky č. 8: Jaký alarm nemá plicní ventilátor

Tab. 13 Jaký alarm nemá plicní ventilátor

n = 54	n_i	n_{i 2}
Alarm apnoe	18	1
Alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku	14	3
EtCO₂	22	50

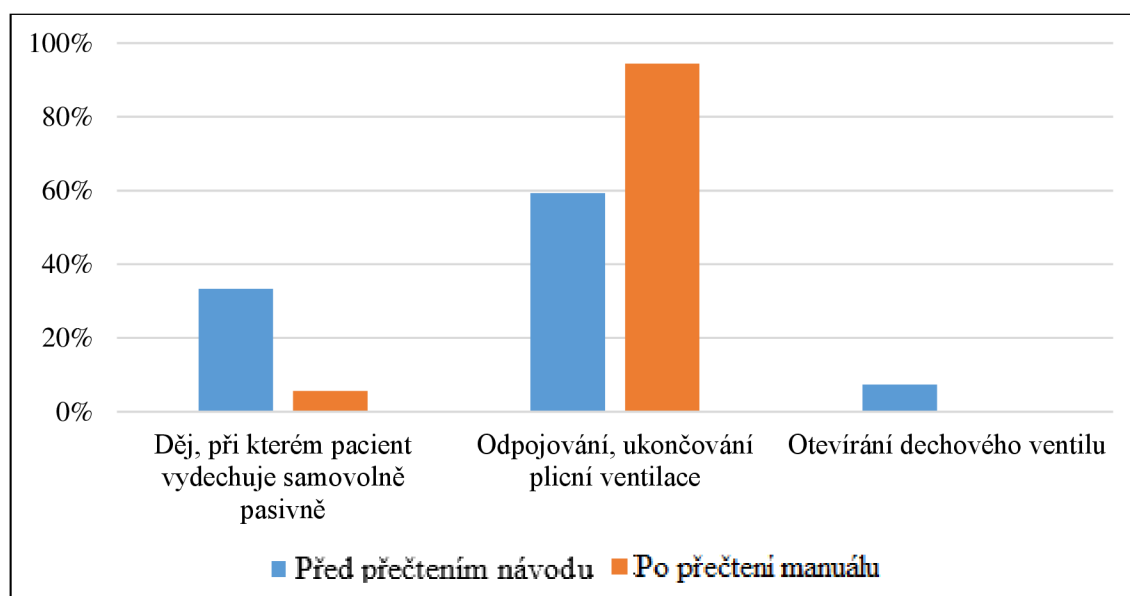


V otázce č. 8 měli studenti určit, jaký alarm nemá plicní ventilátor. Před přečtením návodu zvolilo 33,3 % alarm apnoe, 25,9 % alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku a 40,8 % EtCO₂. Po edukaci zvolilo 1,9 % studentů alarm apnoe, 5,5 % studentů alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku a 92,6 % EtCO₂.

3.3.9 Analýza dotazníkové otázky č. 9: Co je tzv. „weaning“

Tab. 14 Co je tzv. „weaning“

n = 54	n_i	n_{i 2}
Děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně	18	3
Odpojování, ukončování plicní ventilace	32	51
Otevírání dechového ventilu	4	0

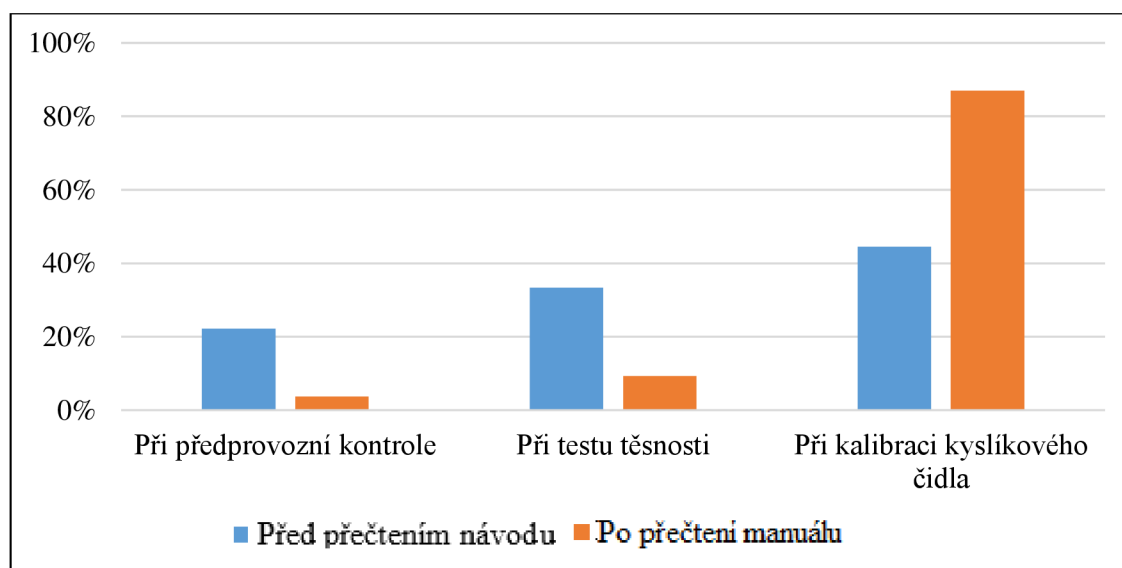


V otázce č. 9 měli studenti vybrat, co je tzv. „weaning.“ Před přečtením návodu 33,3 % dotazovaných zvolilo děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně, 59,3 % zvolilo odpojování, ukončování plicní ventilace a 7,4 % zvolilo otevírání dechového ventilu. Po přečtení návodu určili první variantu 5,6 % studentů a 94,4 % studentů zvolilo odpojování, ukončování plicní ventilace.

3.3.10 Analýza dotazníkové otázky č. 10: Při kterém testu není nutné odpojit pacienta od ventilátoru

Tab. 15 Při kterém testu není nutné odpojit pacienta od ventilátoru

n = 54	n₁	n₂
Při předprovozní kontrole	12	2
Při testu těsnosti	18	5
Při kalibraci kyslíkového čidla	24	47

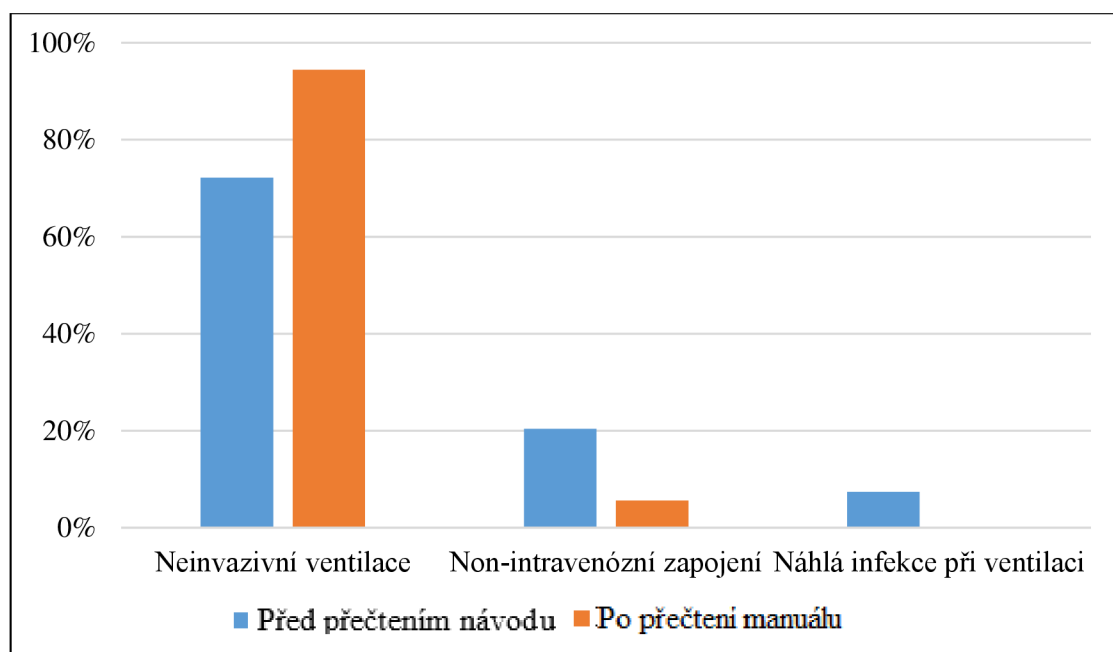


V otázce č. 10 měli dotazovaní rozhodnout, při kterém testu není nutné odpojit pacienta od ventilátoru. Před přečtením návodu 22,2 % studentů zvolilo při předprovozní kontrole, 33,3 % při testu těsnosti a 44,5 % při kalibraci kyslíkového čidla. Po přečtení návodu pouze 3,7 % zvolilo při předprovozní kontrole, 9,3 % při testu těsnosti a 87 % při kalibraci kyslíkového čidla.

3.3.11 Analýza dotazníkové otázky č. 11: Co je NIV

Tab. 16 Co je NIV

n = 54	n_i	n_{i 2}
Neinvazivní ventilace	39	51
Non-intravenózní zapojení	11	3
Náhlá infekce při ventilaci	4	0

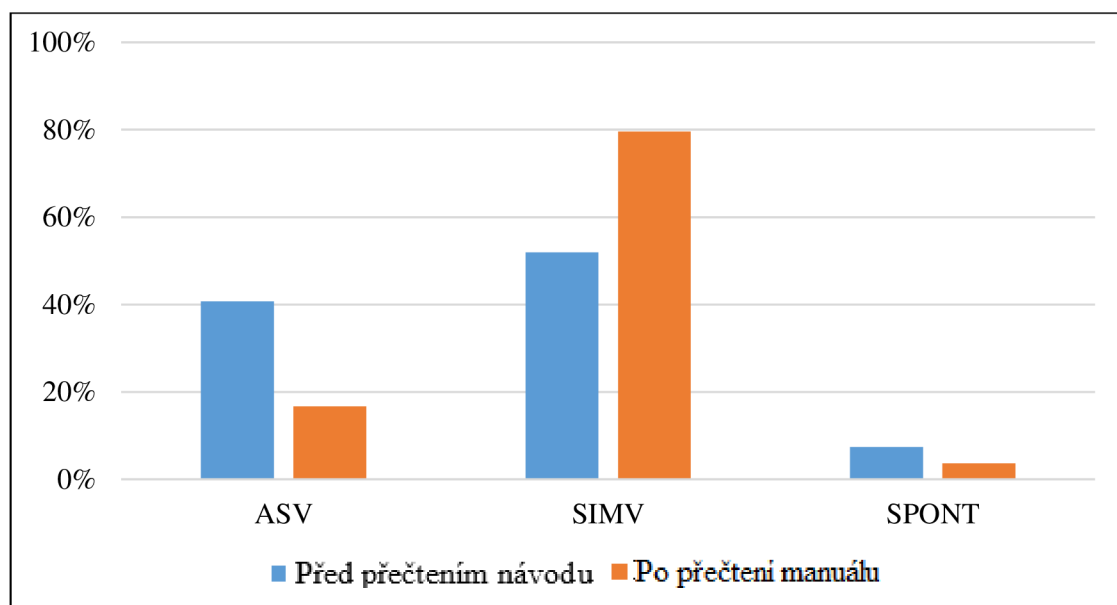


V otázce č. 11 měli studenti určit, co je NIV. Již před přečtením návodu zvolilo 72,2 % studentů neinvazivní ventilaci, 20,4 % non-intravenózní zapojení a 7,4 % studentů vybralo náhlou infekci při ventilaci. Po přečtením návodu určilo 94,4 % dotazovaných neinvazivní ventilaci a 5,6 % non-intravenózní ventilaci. Náhlou infekci při ventilaci ne zvolil již nikdo z dotazovaných.

3.3.12 Analýza dotazníkové otázky č. 12: Který ventilační režim patří do objemově řízených

Tab. 17 Který ventilační režim patří do objemově řízených

n = 54	n_i	n_{i 2}
ASV	22	9
SIMV	28	43
SPONT	4	2

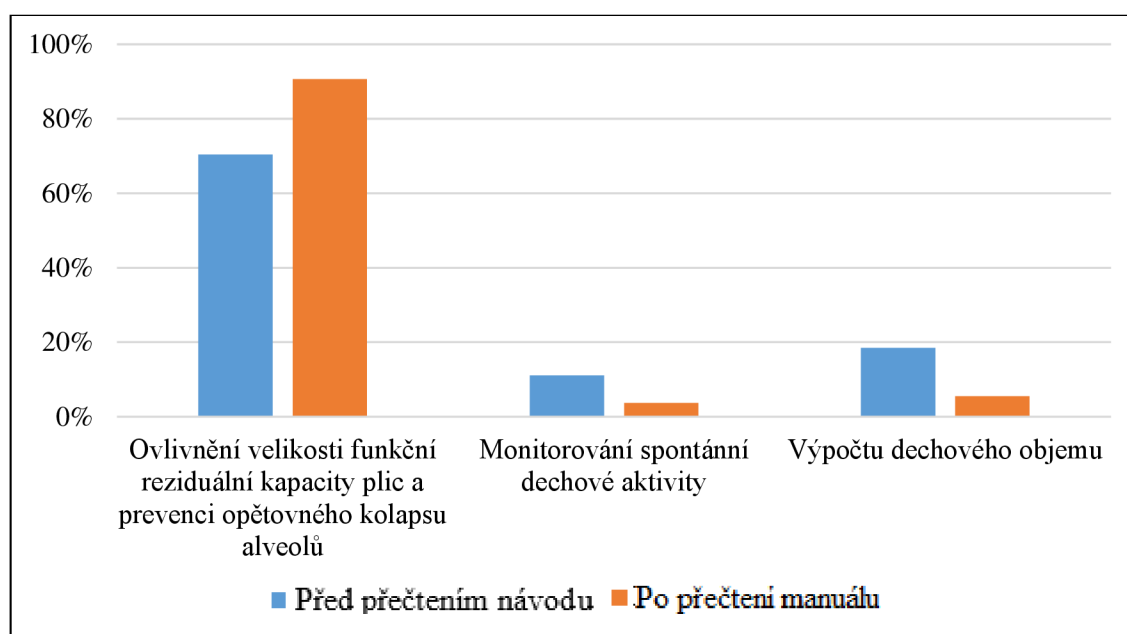


V otázce č. 12 měli respondenti zvolit, který ventilační režim patří do objemově řízených. Před přečtením návodu určilo 40,7 % studentů režim ASV, 51,9 % režim SIMV a režim SPONT zvolilo 7,4 % studentů. Po přečtení návodu zvolilo 16,7 % ASV režim, 79,6 % SIMV režim a 3,7 % studentů režim SPONT.

3.3.13 Analýza dotazníkové otázky č. 13: K čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu

Tab. 18 K čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu

n = 54	n ₁	n ₂
Ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovného kolapsu alveolů	38	49
Monitorování spontánní dechové aktivity	6	2
Výpočtu dechového objemu	10	3

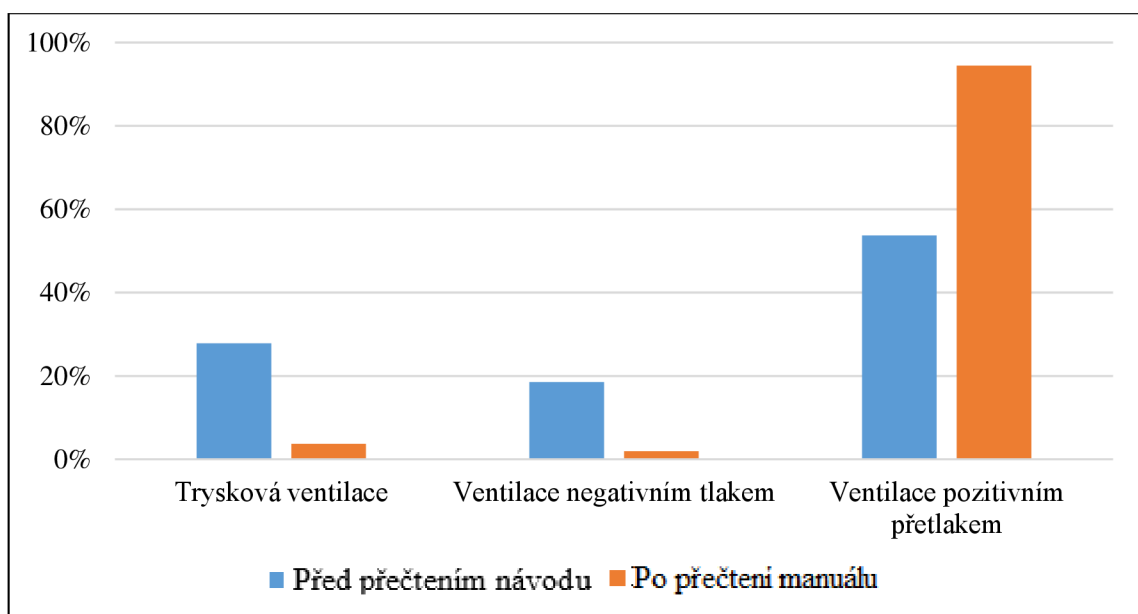


V otázce č. 13 měli dotazovaní rozhodnout, k čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu. Před přečtením návodu 70,4 % studentů určilo, že je k ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovnému kolapsu alveolů, 11,1 % uvedlo monitorování spontánní dechové aktivity a 18,5 % zvolilo pro výpočet dechového objemu. Po přečtení návodu první variantu zvolilo 90,7 % studentů, monitorování zvolilo 3,7 % studentů a výpočet dechového objemu vybralo 5,5 %.

3.3.14 Analýza dotazníkové otázky č. 14: Co je konvenční UPV

Tab. 19 Co je konvenční UPV

n = 54	n_i	n_{i 2}
Trysková ventilace	15	2
Ventilace negativním tlakem	10	1
Ventilace pozitivním přtlakem	29	51

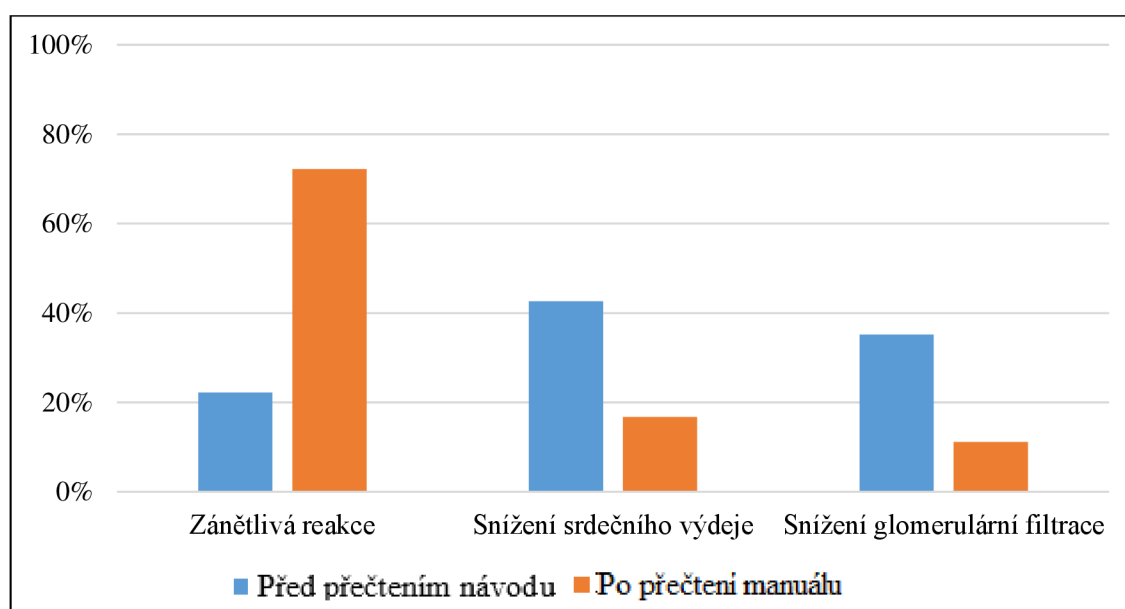


V otázce č. 14 měli studenti určit, co je konvenční UPV. Před přečtením návodu uvedlo 27,8 % respondentů tryskovou ventilaci, 18,5 % ventilaci negativním tlakem a 53,7 % uvedlo ventilaci pozitivním přtlakem. Po přečtení návodu tryskovou ventilaci uvedlo 3,7 % studentů, ventilaci negativním tlakem jen 1,9 % a 94,4 % studentů zvolilo ventilaci pozitivním přtlakem.

3.3.15 Analýza dotazníkové otázky č. 15: Jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem

Tab. 20 Jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem

n = 54	n ₁	n ₂
Zánětlivá reakce	12	39
Snížení srdečního výdeje	23	9
Snížení glomerulární filtrace	19	6

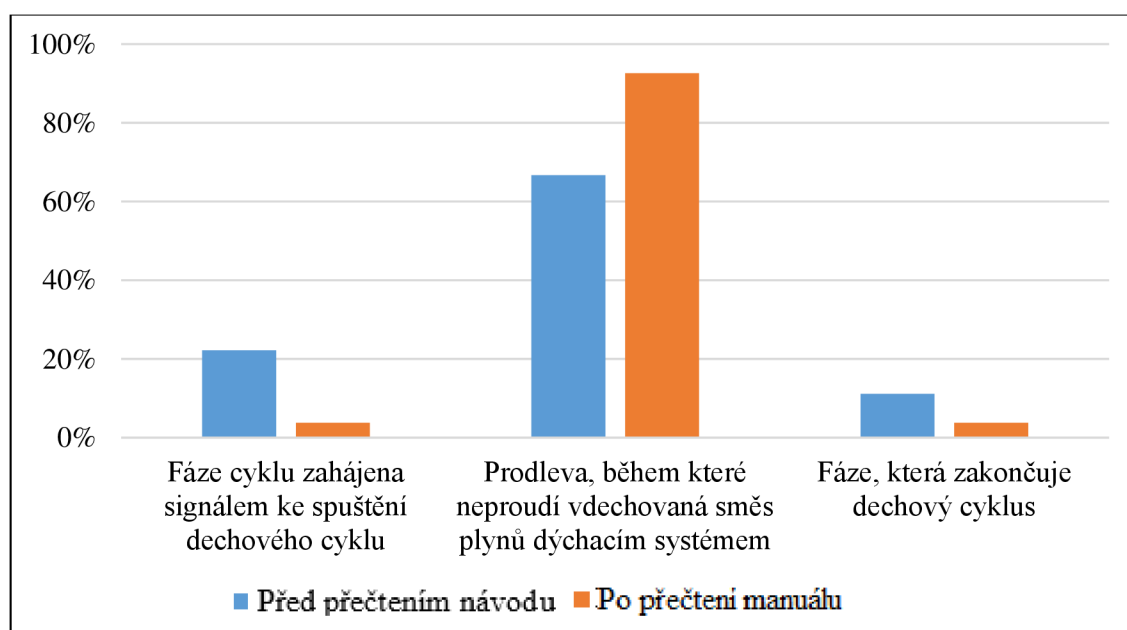


V otázce č. 15 měli studenti zvolit, jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem. Před přečtením návodu zvolilo pouze 22,2 % dotazovaných zánětlivou reakci, 42,6 % určilo snížení srdečního výdeje a 35,2 % snížení glomerulární filtrace. Po přečtení návodu zvolilo 72,2 % studentů zánětlivou reakci, 16,7 % snížení srdečního výdeje a 11,1 % poslední variantu.

3.3.16 Analýza dotazníkové otázky č. 16: Co je inspirační pauza

Tab. 21 Co je inspirační pauza

n = 54	n _i	n _{i 2}
Fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu	12	2
Prodleva, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem	36	50
Fáze, která zakončuje dechový cyklus	6	2

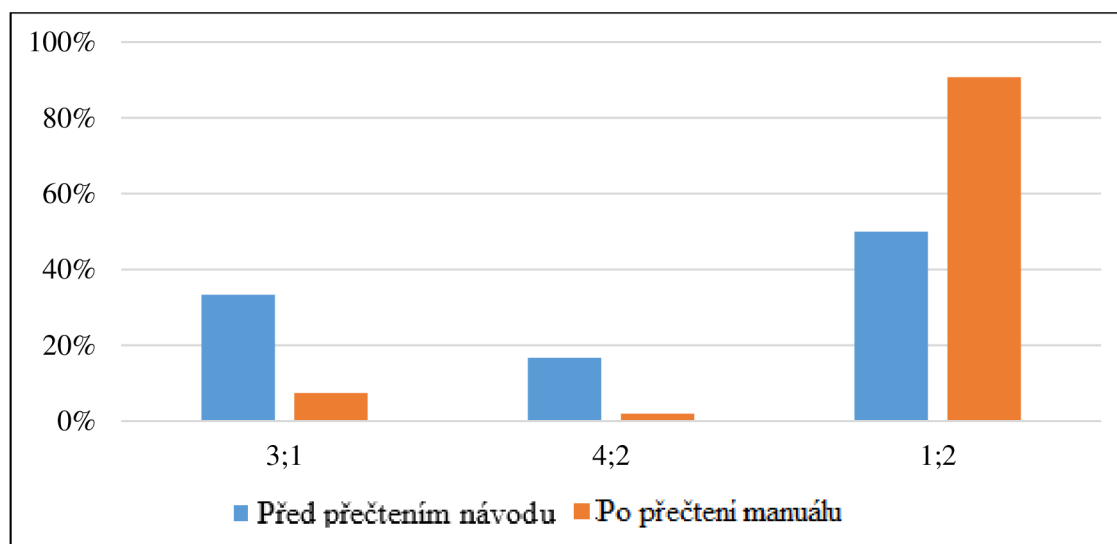


V otázce č. 16 měli studenti určit, co je inspirační pauza. Před přečtením návodu určilo 22,2 % odpověď fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu, 66,7 % zvolilo prodlevu, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem a 11,1 % zvolilo fázi, která zakončuje dechový cyklus. Po přečtení návodu zvolilo první odpověď jen 3,7 % studentů, poslední také zvolilo 3,7 % a prodlevu zvolilo 92,6 % respondentů.

3.3.17 Analýza dotazníkové otázky č. 17: Jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E (inspirium:exspirium)

Tab. 22 Jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E (inspirium:exspirium)

n = 54	n_i	n_{i 2}
3:1	18	4
4:2	9	1
1:2	27	49

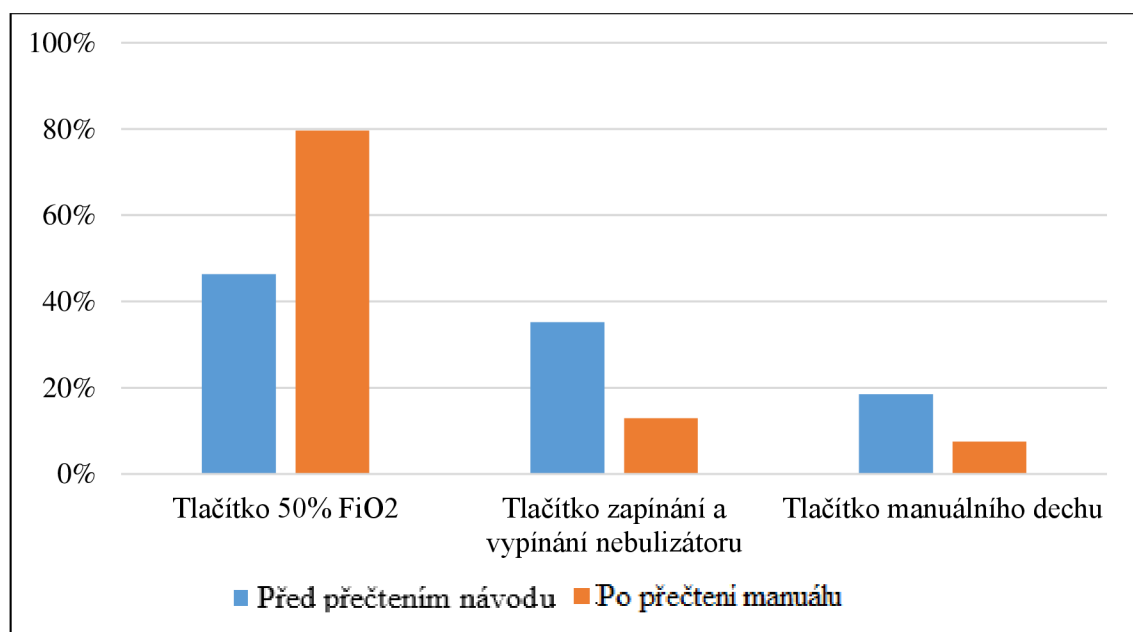


V otázce č. 17 měli studenti rozhodnout jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E. Před přečtením návodu uvedlo 33,3 % respondentů 3:1, 16,7 % poměr 4:2 a 50 % studentů určilo poměr 1:2. Po přečtení návodu poměr 3:1 volilo 7,4 % studentů, 4:2 zvolilo 1,9 % studentů a poměr 1:2 určilo 90,7 % dotazovaných.

3.3.18 Analýza dotazníkové otázky č. 18: Které tlačítko neobsahuje ovládací panel

Tab. 23 Které tlačítko neobsahuje ovládací panel

n = 54	n_i	n_{i 2}
Tlačítko 50% FiO₂	25	43
Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru	19	7
Tlačítko manuálního dechu	10	4

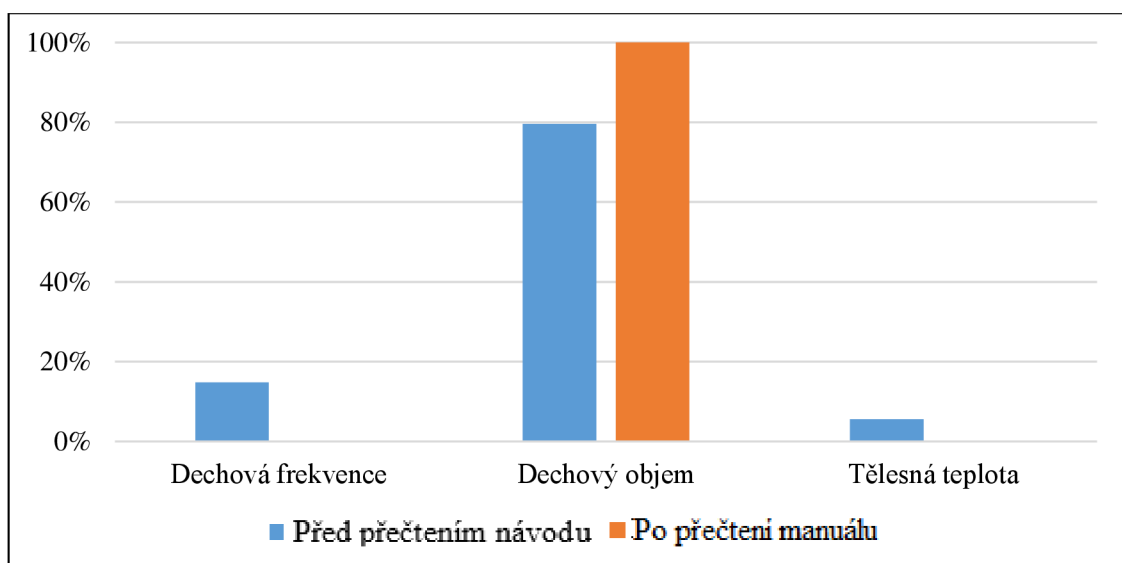


V otázce č. 18 měli studenti zvolit, které tlačítko neobsahuje ovládací panel. Tlačítko 50 % FiO₂ vybralo 46,3 % respondentů, 35,2 % zvolilo tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru a 18,5 % určilo tlačítko manuálního dechu. Po přečtení návodu první tlačítko zvolilo 79,6 % studentů, druhé tlačítko 12,9 % studentů a 7,5 % studentů zvolilo tlačítko manuálního dechu.

3.3.19 Analýza dotazníkové otázky č. 19: Co je V_t

Tab. 24 Co je V_t

n = 54	n_i	n_{i 2}
Dechová frekvence	8	0
Dechový objem	43	54
Tělesná teplota	3	0

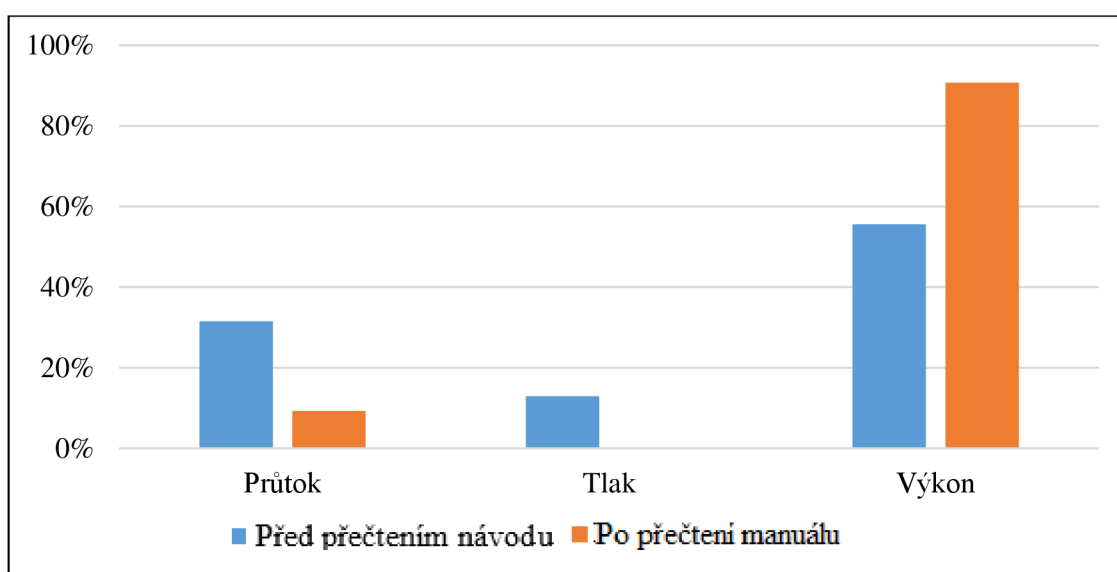


V otázce č. 19 měli respondenti určit, co je V_t . Před přečtením návodu se 14,8 % studentů rozhodlo pro dechovou frekvenci, 79,6 % pro dechový objem a 5,6 % studentů pro tělesnou teplotu. Po přečtení návodu vybralo dechový objem již 100 % studentů.

3.3.20 Analýza dotazníkové otázky č. 20: Jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu

Tab. 25 Jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu

n = 54	n_i	n_{i 2}
Průtok	17	5
Tlak	7	0
Výkon	30	49

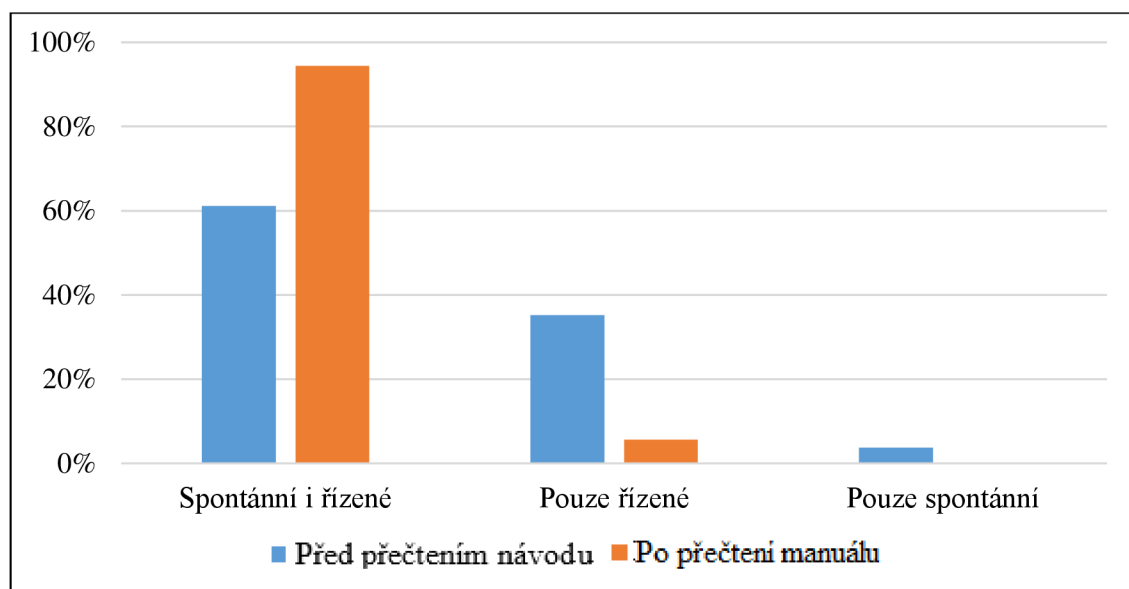


V otázce č. 20 měli dotazovaní rozhodnout, jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu. Před přečtením návodu určilo průtok 31,5 % studentů, 12,9 % určilo tlak a 55,6 % se rozhodlo pro výkon. Po přečtení návodu se pro tlak rozhodlo jen 9,3 % studentů a 90,7 % pro výkon.

3.3.21 Analýza dotazníkové otázky č. 21: Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV

Tab. 26 Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV

n = 54	n_i	n_{i 2}
Spontánní i řízené	33	51
Pouze řízené	19	3
Pouze spontánní	2	0



V otázce č. 21 měli studenti určit, jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV. 61,1 % respondentů před přečtením návodu zodpovědělo spontánní i řízené, 35,2 % vybralo pouze řízené dechy a 3,7 % studentů zvolilo pouze spontánní. Po přečtení návodu zvolilo 94,4 % studentů spontánní i řízené dechy a pouze řízené vybralo 5,6 % studentů.

3.4 Analýza výzkumných cílů a předpokladů

Na základě dat získaných z dotazníkového šetření byla provedena analýza výzkumných cílů a předpokladů (viz Tab. 27).

Výzkumný cíl: Zjistit znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru.

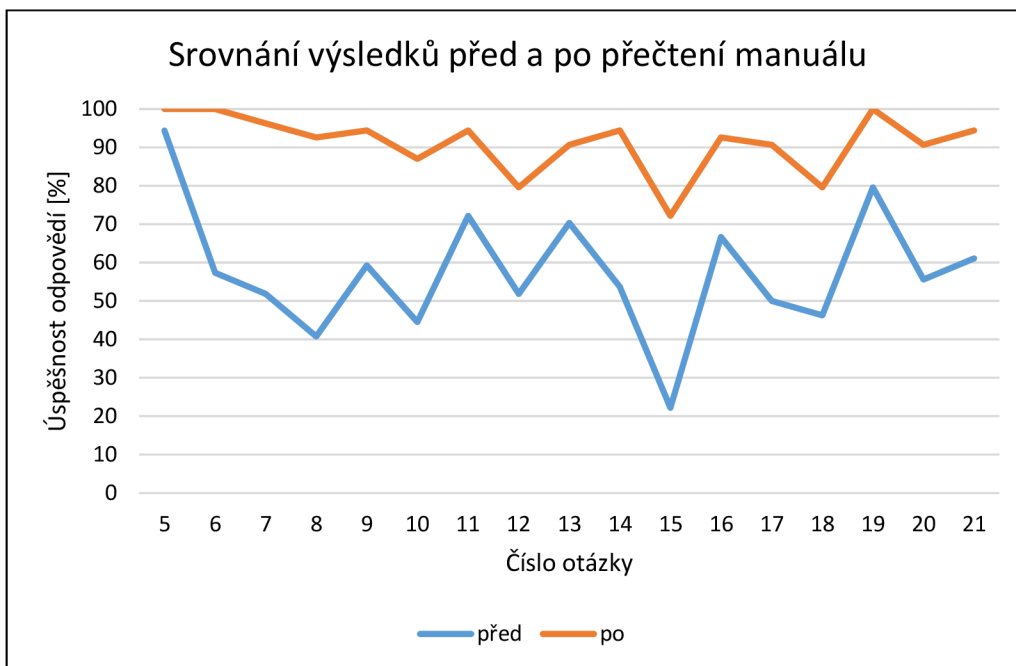
K výzkumnému cíli byl stanoven **výzkumný předpoklad:** Předpokládáme, že 70 % studentů nelékařských zdravotnických oborů má znalosti v obsluze plicního ventilátoru. K analýze byly využity dotazníkové otázky č. 5. až 23.

Tab. 27 Analýza výzkumného předpokladu

Dotazníkové otázky	Před přečtením návodu	Po přečtení návodu
Otázka č. 5	94,4 %	100 %
Otázka č. 6	57,4 %	100 %
Otázka č. 7	51,9 %	96,3 %
Otázka č. 8	40,8 %	92,6 %
Otázka č. 9	59,3 %	94,4 %
Otázka č. 10	44,5 %	87 %
Otázka č. 11	72,2 %	94,4 %
Otázka č. 12	51,9 %	79,6 %
Otázka č. 13	70,4 %	90,7 %
Otázka č. 14	53,7 %	94,4 %
Otázka č. 15	22,2 %	72,2 %
Otázka č. 16	66,7 %	92,6 %
Otázka č. 17	50,0 %	90,7 %
Otázka č. 18	46,3 %	79,6 %
Otázka č. 19	79,6 %	100 %
Otázka č. 20	55,6 %	90,7 %
Otázka č. 21	61,1 %	94,4 %
Aritmetický průměr	57,5 %	91,2 %

Závěr analýzy: 57,5 % studentů nelékařských zdravotnických oborů má znalosti v obsluze plicního ventilátoru. Tato hodnota je nižší, než předpokládaných 70 %, Výzkumný předpoklad **není v souladu** s výsledky výzkumného šetření. Nicméně se potvrdila potřeba průběžného opakování a doplňování znalostí. Po přečtení návodu k umělé plicní ventilaci došlo u studentů k výraznému zlepšení. Správně odpovídalo až 91,2 % studentů.

V následujícím grafu je modrou barvou znázorněna křivka správných odpovědí před přečtením návodu a oranžovou barvou křivka po jeho přečtení. Z tohoto je zřejmé, že výsledky se podstatně zlepšily po přečtení pomocného návodu. U některých otázek došlo k menšímu zlepšení, jsou tedy i nadále rezervy.



4 Diskuze

Záměrem této bakalářské práce bylo dotazníkové šetření zaměřené na znalosti studentů všeobecného ošetrovatelství či zdravotnických záchranářů o umělé plicní ventilaci a její obsluze. Výzkumu se zúčastnilo celkem 54 studentů, z toho 30 z oboru zdravotnický záchranář a 24 z oboru všeobecné ošetrovatelství.

Výsledky výzkumného šetření ukázaly, že znalosti studentů o umělé plicní ventilaci a její obsluze nejsou zcela dostačující a mají jisté rezervy. Zároveň je však naprosto evidentní, že po prostudování dokumentu Seznámení s ventilátorem (viz příloha C) a následnému vyplnění identického dotazníku, došlo ke zlepšení u všech otázek. Výzkumné šetření probíhalo formou nestandardizovaného dotazníku, který obsahuje 21 uzavřených otázek s pouze jednou správnou odpovědí.

Cílem bakalářské práce bylo zjištění znalostí studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru. K tomuto cíli byl stanoven 1 výzkumný předpoklad, a sice ten, že 70 % respondentů bude mít v této oblasti znalosti. Výzkumného předpokladu se týkaly otázky č. 5 až č. 21. Po provedení analýzy zkoumaných dat jsme zjistili, že výzkumný předpoklad není v souladu s výsledky výzkumného šetření. Znalosti o umělé plicní ventilaci a její obsluze má podle výzkumného šetření pouze 57,5 % studentů Technické univerzity v Liberci, Fakulty zdravotnických studií.

V **otázce č. 5** respondenti nejčastěji správně uvedli, že umělá plicní ventilace slouží k částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic. Ostatně to potvrzuje i ve svém textu Dostál s kolektivem (2014). Tuto otázku mělo již před přečtením návodu korektně 94,4 % studentů. Po přečtení návodu mělo tuto otázku již všech 54 respondentů určenou zcela dobře.

V **šesté otázce**, která se dotazovala, který typ ventilace je nejčastěji užíván, byla nejopakovanější správná odpověď ventilace pozitivním přetlakem, a to 57,4 % studenty. Tato skutečnost je poměrně známá, ve svém textu to uvádí Kettner s Kautznerem (2021).

Sedmá otázka se týkala toho, zda respondenti znají části ventilátoru, respektive zda budou schopni určit, co do částí ventilátoru nepatří. Přibližně polovina - 51,9 % dotazovaných, určilo správně oxygenátor. Ve výzkumu Šilhána (2019) tuto odpověď

vědělo pouze 40 % respondentů. Po přeětení návodu zvolilo tuto odpověď 96,3 % studentů.

V **otázce ě. 8** měli studenti rozhodnout, jaký alarm plicní ventilátor nemá. Jedinou možnou odpovědí byl alarm EtCO₂, který vybralo 40,8 % respondentů. Hamilton Medical (2017) ve svěm návodu k obsluze plicního ventilátoru Hamilton Medical-G5 veškeré alarmy podrobně popisuje. Po přeětení návodu vzrostl poěet správně odpovědí na 92,6 %. **Devátá otázka** pojednává o termínu „weaning.“ Klimešová a Klimeš (2011) to vysvětlují jako termín pro odpojování a ukonĉování ventilace a tuto variantu zvolilo správně 59,3 % dotazovaných. Pozitivní je, že po přeětení návodu urĉilo správnou odpověď 94,4 % studentů. V odborněm výzkumu Kellera s kolektivem (2019) 62 % jeho respondentů správně identifikovalo pacienta vhodného pro odpojení od ventilace.

U **10. otázky** jsme zjišřovali vědomosti studentů o testech a kalibracích prováděných na přístroji, konkrětně, při kterěm testu není nutné pacienta odpojovat. Jak je uvedeno v návodu od firmy Hamilton Medical (2017), pacient nemusí být odpojen od ventilátoru při kalibraci kyslíkověho ěidla. Před přeětením návodu vědělo tuto skuteĉnost 44,4 % respondentů, po přeětení se hodnota správně odpovědi zvýšila na 87 %.

U **otázky ě. 11** jsme předběžně předpokládali, že bude zodpovězena ze 100 % správně. Ptali jsme se, co znamená NIV. Neinvazivní ventilaci, jak pojem uvádí Chlumský (2014), zvolilo správně 72,2 % respondentů. Po přeětení návodu uvedlo úspěšně odpověď 94,4 % dotazovaných.

Ve **dvanáctě otázce** respondenti rozhodovali, který ventilaĉní režim patřĩ do objemově řízených. Z uvedených možností ASV, SIMV a SPONT je objemově řízený pouze režim SIMV. Správnost této odpovědi podkládá Dostál s kolektivem (2014) i Bartůněk s kolektivem (2016). Režim SIMV v dotazníku zvolilo 51,9 % studentů, tedy přĩbližně polovina všech dotazovaných. Po přeětení návodu urĉilo režim správně 79,6 % studentů, předpokládali jsme většĩ poěet.

V **otázce ě. 13** se ptáme, k ěemu je v dýĉacím okruhu PEEP. 70,4 % respondentů uvedlo správně, že je k ovlivnění velikosti funkĉní reziduální kapacity plic a prevenci opětovného kolapsu alveolů. V odborněm výzkumu Kellera s kolektivem (2019) uvedlo 65 % respondentů, že používali PEEP správně. Výsledek po přeětení návodu byl uspokojivý s poětem správně odpovědi 90,7 %.

Co je konvenční UPV pokládáme v **otázce č. 14**. Můžeme ji porovnat s hodnotami z výzkumu od Šilhána (2019). Správnou odpověď ventilaci pozitivním přetlakem označilo nejvíce respondentů, a to 53,7 %. V jeho výzkumu tuto odpověď vědělo 80 % dotazovaných. Validitu této odpovědi podkládá Klimeš a Klimešová (2011) i Dostál s kolektivem (2014). Přečtení návodu mělo význam, správná odpověď poté zvýšila svou hodnotu na 94,4 %.

Možnými nežádoucími účinky se zabýváme v **otázce č. 15**, konkrétně, které nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem. V této otázce zvolilo správnou odpověď, zánětlivou reakci, nejmenší počet respondentů, a to pouze 22,2 %. Nejčastěji zvolenou odpovědí je snížení srdečního výdeje, kterou určilo nesprávně 42,6 % studentů. Dostál s kolektivem (2014) však potvrzují, že vlivem ventilace pozitivním přetlakem může dojít ke snížení srdečního výdeje, a tím i ovlivnit glomerulární filtraci.

Ševčík s kolektivem (2016) ve své knize podkládá odpověď na **16. otázku** v dotazníku. Vysvětluje, co je inspirační pauza, a správnou odpověď, že se jedná o prodlevu, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem, zvolilo 66,7 % studentů. Po přečtení návodu došlo ke zlepšení zvolené správné hodnoty na 92,6 %.

V **17. otázce** se dotazujeme, jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E. Poměr 3:1, který zvolilo 33,3 % studentů, je dle Klimeše a Klimešové (2011) možný, ale klasickým je 1:2. Tuto odpověď správně označilo přesně 50 % respondentů. Můžeme porovnat, že rychlý pomocný návod měl význam, protože poté odpovědělo správně 90,7 % studentů.

Při technickém popisu přístroje jsme uvedli i tlačítka na ovládacím panelu. **Otázka č. 18** se ptá, které tlačítko ovládací panel neobsahuje. Jedinou správnou odpovědí je v tomto případě tlačítko 50% FiO₂, kterou zvolilo 46,2 % studentů. Hamilton Medical (2017) ve svém textu podkládá správnost tohoto údaje. Záludností této otázky bylo, že na panelu není tlačítko 50% FiO₂, nýbrž 100% FiO₂. To mohlo způsobit, že po přečtení návodu volilo správnou odpověď 79,6 % studentů.

Dechový objem V_t, který je podstatou **19. otázky**, správně určilo již před přečtením návodu 79,6 % dotazovaných. Keller s kolektivem (2019) ve svém výzkumu uvádí, že pouze 52 % jeho respondentů použilo správný dechový objem. Výsledek této otázky po přečtení návodu byl nadmíru uspokojivý s celkovým počtem 100 % správných odpovědí.

Fyzikálními veličinami jsme dále se zabývali i v **otázce č. 20**. Studenti měli rozhodnout, jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu. Na výběr byl průtok, tlak, či správná odpověď výkon. Tu zvolilo 55,6 % respondentů. Walter, Corbridge a Singer (2018) ve svém výzkumu tyto dvě proměnné veličiny podkládají a potvrzují.

V poslední **otázce č. 21** měli respondenti určit, zda ventilační režim SIMV umožňuje pouze řízené dechy, pouze spontánní, nebo spontánní i řízené dechy. Správná odpověď jsou spontánní i řízené dechy. Covidien (2018) společně s Hamilton Medical (2017) správnost této odpovědi podkládají. 61,1 % studentů označilo tuto odpověď správně. Po přečtení návodu došlo i u této poslední otázky ke zlepšení správně zvolené odpovědi na 94,4 %.

5 Návrh doporučený pro praxi

Na základě získaných informací a sesbíraných dat z výzkumné části můžeme konstatovat, že poskytnutý pomocný manuál měl význam, výsledky respondentů se po jeho přečtení zlepšily. Výzkum potvrdil, že znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů před přečtením návodu nebyly zcela dostačující. Z tohoto důvodu bychom doporučovali realizovat pravidelná školení pro studenty. Uvědomujeme si časovou náročnost těchto seminářů, proto navrhujeme jednoduchý schematický manuál (viz Příloha D), podle kterého si student, či jiný budoucí zdravotnický pracovník rychle zopakuje a připomene základní kroky, postupy, ovládání atd. Následně lze použít samozřejmě i instruktážní videa. Pro získání adekvátnějších vědomostí v této problematice by mohl být kladen větší důraz ve výuce na zdravotnických školách. Jak bylo zřejmé z výsledků otázek, vytvořený dokument o seznámení s ventilátorem (viz Příloha C) studentům skutečně pomohl k ucelení znalostí a získání základních vědomostí. Nepostradatelné je také samostudium studentů nelékařských zdravotnických oborů v této oblasti. Během pandemie Covid-19 se totiž mohlo stát, že důsledkem nedostatku zdravotnického personálu v nemocnici, mohli být studenti vystaveni pouze nedostačujícímu proškolení. Pokud by se tato výjimečná situace opakovala, doporučujeme již zmíněný schematický manuál, který studenti oboru zdravotnický záchranář, všeobecné ošetřovatelství, či kdokoliv jiný, mohou mít stále k dispozici.

6 Závěr

V bakalářské práci jsme se věnovali umělé plicní ventilaci, legislativní problematice a zabývali jsme se znalostmi studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část.

Teoretická část je členěna do třech podkapitol podle cílů, které jsme si stanovili. První úsek popisuje umělou plicní ventilaci, cíle, indikace, formy ventilace, technický popis přístroje či komplikace spojené s používáním. V teoretické části využíváme poznatků z odborné literatury. Druhá podkapitola vysvětluje hlavní rozdíly zákona č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a zákona č. 89/2021 Sb. Poslední úsek teoretické části jsme věnovali uživatelskému návodu UPV. Dle manuálů jsme popsali základní obsluhu plicního ventilátoru, ventilační režimy a ovládání.

Ve výzkumné části jsme se zabývali posledním cílem práce, ke kterému byl stanoven výzkumný předpoklad. Cílem práce bylo zjistit vědomosti studentů nelékařských oborů o obsluze plicního ventilátoru. Výzkumnou část jsme zpracovali pomocí kvantitativní metody a použili jsme techniku nestandardizovaného online dotazníku s 21 otázkami. Výzkumu se zúčastnilo 54 respondentů. Po vyplnění prvního pokusu byl studentům zaslán krátký dokument o seznámení s ventilátorem. Studenti následně vyplnili totožně strukturovaný dotazník, akorát již s ucelenými znalostmi. Výzkum potvrdil, že u všech odpovědí došlo ke zlepšení v porovnání s výsledky z pokusu realizovaného před poskytnutím dokumentu. Odpovědi respondentů jsme rozřadili do tabulek a grafů.

Výsledky výzkumného šetření před přečtením pomocného návodu ukázaly, že znalosti o umělé plicní ventilaci a její obsluze má 57,5 % studentů nelékařských zdravotnických oborů. Předpokládali jsme, že vědomosti o této problematice bude mít 70 % studentů nelékařských oborů. Výzkumný předpoklad tedy není v souladu s výsledky výzkumného šetření. Nicméně se prokázalo, že pročtení rychlého pomocného návodu mělo pro studenty význam. Došlo k výraznému nárůstu správných odpovědí. Znalosti po přečtení prokázalo 91,2 % studentů.

Na základě tohoto výsledku a zpětné vazby od vybraných účastníků studie jsme navrhli edukativní schematický manuál (viz příloha D). Brožura vychází z uživatelského manuálu UPV, ale je snáz a rychleji použitelná v praxi.

Seznam použité literatury

BARTŮNĚK, Petr et al. 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4343-1.

COVIDIEN. 2018. *Puritan Bennett: plicní ventilátor řady 980: návod k obsluze*. Mansfield: Covidien. Zveřejnil Medtronic. Dostupné také z: https://asiapac.medtronic.com/content/dam/covidien/library/us/cs/product/acute-care-ventilation/PuritanBennett980Ventilator_OperatorsManual_cs_PT00096316A00.pdf

ČESKO. 2014. Zákon č. 268 ze dne 22. října 2014 o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 110, s. 3146-3187. ISSN 1211-1244.

ČESKO. 2021. Zákon č. 89 ze dne 9. února 2021 o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 36, s. 776-810. ISSN 1211-1244.

DOSTÁL, Pavel et al. 2014. *Základy umělé plicní ventilace*. 3. vyd. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-397-8.

DYLEVSKÝ, Ivan. 2019. *Somatologie: pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka*. 3. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-2111-3.

HAMILTON MEDICAL. 2017. *Návod k obsluze plicního ventilátoru HAMILTON-G5: 624074/00*. Bonaduz: Hamilton Medical. Poskytnuto Krajskou nemocnicí Liberec.

CHLUMSKÝ, Jan. 2014. *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-392-3.

KAŠPAR, Jakub. 2021. *Management zdravotnické techniky: Zákon č. 268/2014 Sb., Zákon o zdravotnických prostředcích* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií, 11. 1. 2021.

KETTNER, Jiří a Josef KAUTZNER. 2021. *Akutní kardiologie*. 3. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3096-2.

- KLIMEŠOVÁ, Lenka a Jiří KLIMEŠ. 2011. *Umělá plicní ventilace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. ISBN 978-80-7013-538-9.
- KOLAŘÍKOVÁ, Eva. 2020. *Design stojanového plicního ventilátoru*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Dostupné také z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/192288/final-thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- MLÍKOVÁ SEIDLEROVÁ, Jitka. 2019. *Úvod do vnitřního lékařství*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-724-9.
- NAVRÁTIL, Leoš et al. 2017. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0210-5.
- POSPÍŠILOVÁ, Blanka a Olga PROCHÁZKOVÁ. *Anatomie pro bakaláře I: obecná anatomie, systémy pohybové a orgánové*. 2. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. 978-80-7494-470-3.
- REICHENBACH, Adrian. 2021. *Umělá plicní ventilace a základní nastavení ventilátoru*. In: Jiří KETTNER et al.
- ROKYTA, Richard et al. 2016. *Fyziologie*. 3. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-238-1.
- ŠEVČÍK, Pavel et al. 2014. *Intenzivní medicína*. 3. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-066-0.
- ŠILHÁN, Daniel. 2019. *Specifika ošetrovatelské péče u umělé plicní ventilace*. Liberec. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií. Dostupné také z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/153369/CD,_STAG.pdf
- WALTER JM., TC. CORBRIDGE a BD. SINGER. 2018. *Invasive Mechanical Ventilation*. South Med J. **111**(12):746-753. DOI: 10.14423/SMJ.0000000000000905.

Seznam tabulek

Tab. 1 Indikace k použití UPV.....	12
Tab. 2 Stav dýchacího systému pro odpojení.....	22
Tab. 3 Stav kardiovaskulárního systému pro odpojení.....	23
Tab. 4 Tlačítka na ovládacím panelu.....	29
Tab. 5 Ventilační režimy.....	33
Tab. 6 Studovaný obor respondentů.....	38
Tab. 7 Ročník studia.....	38
Tab. 8 Setkání s plicním ventilátorem v minulosti.....	39
Tab. 9 Možnost obsluhy během praxe.....	39
Tab. 10 K čemu slouží umělá plicní ventilace.....	40
Tab. 11 Který typ ventilace je nejvíce využíván.....	41
Tab. 12 Co nepatří mezi části ventilátoru.....	42
Tab. 13 Jaký alarm nemá plicní ventilátor.....	43
Tab. 14 Co je tzv. „weaning“.....	44
Tab. 15 Při kterém testu není nutné odpojovat pacienta od ventilátoru.....	45
Tab. 16 Co je NIV.....	46
Tab. 17 Který ventilační režim patří do objemově řízených.....	47
Tab. 18 K čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu.....	48
Tab. 19 Co je konvenční UPV.....	49
Tab. 20 Jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem.....	50
Tab. 21 Co je inspirační pauza.....	51
Tab. 22 Jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E (inspirium:expirium).....	52
Tab. 23 Které tlačítko neobsahuje ovládací panel.....	53
Tab. 24 Co je V_t	54
Tab. 25 Jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu.....	55
Tab. 26 Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV.....	56
Tab. 27 Analýza výzkumného předpokladu.....	57

Seznam příloh

Příloha A	Protokol k realizaci výzkumu.....	69
Příloha B	Dotazník.....	70
Příloha C	Seznámení s ventilátorem.....	74
Příloha D	Schematický manuál plicního ventilátoru.....	76

PROTOKOL K REALIZACI VÝZKUMU

Jméno a příjmení studenta:	Pavčina Akrmanová
Osobní číslo studenta:	D18000098
Univerzitní e-mail studenta:	pavčina.akrmanova@tul.cz
Studijní program:	Biomedicínská technika
Ročník:	3
Kvalifikační práce	
Téma kvalifikační práce:	Edukace budoucího nelékařského zdravotnického personálu v obsluze plicního ventilátoru
Kvalifikační práce:	<input checked="" type="checkbox"/> bakalářská <input type="checkbox"/> diplomová
Jméno vedoucího kvalifikační práce:	Ing. Anna Horňáková Ph.D.
Metoda a technika výzkumu:	kvantitativní
Soubor respondentů:	54
Název pracoviště realizace výzkumu:	Technická univerzita v Liberci, Fakulta zdravotnických studií
Datum zahájení výzkumu:	2. 6. 2022
Datum ukončení výzkumu:	18. 7. 2022
Souhlas vedoucího kvalifikační práce:	<input checked="" type="checkbox"/> souhlasím <input type="checkbox"/> nesouhlasím
Vyjádření vedoucího kvalifikační práce k finančnímu zatížení pracoviště při realizaci výzkumu:	<input type="checkbox"/> bude spojen <input checked="" type="checkbox"/> nebude spojen
Souhlas vedoucího pracovníka instituce:	<input checked="" type="checkbox"/> souhlasím <input type="checkbox"/> nesouhlasím
Souhlas vedoucího pracovníka dílčího pracoviště:	<input checked="" type="checkbox"/> souhlasím <input type="checkbox"/> nesouhlasím
Prohlášení studenta	
<p>Prohlašuji, že v kvalifikační práci ani v publikacích souvisejících s kvalifikační prací nebudu uvádět osobní údaje o respondentech nebo institucích, kde byl výzkum realizován. V kvalifikační práci nebude uveden název instituce, pokud není získán souhlas v tomto protokolu. Dále prohlašuji, že budu dodržovat povinnou mlčenlivost o skutečnostech, o kterých jsem se dozvěděl při realizaci výzkumu v rámci osobní ochrany zúčastněných osob.</p>	
Vyjádření vedoucího pracovníka instituce o případném zveřejnění názvu instituce v kvalifikační práci a v publikacích souvisejících s kvalifikační prací:	<input checked="" type="checkbox"/> souhlasím <input type="checkbox"/> nesouhlasím
Podpis studenta:	
Podpis vedoucího práce:	
Podpis vedoucího pracovníka instituce:	
Podpis vedoucího pracovníka dílčího pracoviště:	



Příloha B Dotazník

Vážené kolegyně, vážení kolegové, jmenuji se Pavlína Akrmanová, jsem studentka Technické univerzity v Liberci, Fakulty zdravotnických studií, 3. ročníku v oboru Biomedicínská technika. Dovoluji si Vás tímto požádat o vyplnění níže uvedeného dotazníku, za cílem sběru informací potřebných k napsání mé bakalářské práce. Názvem práce je Edukace budoucího nelékařského zdravotnického personálu v obsluze plicního ventilátoru. Dotazník je zcela anonymní a jeho vyplnění Vám nezabere víc než 5 minut času. Pouze jedna odpověď je správná.

Předem velice děkuji za Váš čas a spolupráci.

Akrmanová Pavlína

- 1) Jsem student/ka Technické univerzity v Liberci, Fakulty zdravotnických studií oboru:
 - a) Všeobecné ošetřovatelství
 - b) Zdravotnický záchranář

- 2) Ročník, ve kterém obor studuji:
 - a) 1. ročník
 - b) 2. ročník
 - c) 3. ročník

- 3) Setkal/a jste se již v někdy s plicním ventilátorem:
 - a) Ano, setkala jsem se s ním na univerzitě
 - b) Ano, během svých odborných praxí v nemocnici
 - c) Ne, nesetkala

- 4) Měli jste možnost obsluhovat, či si vyzkoušet plicní ventilátor během praxe:
 - a) Ano
 - b) Ne

- 5) K čemu slouží umělá plicní ventilace:
- Pomoc při nádorovém onemocnění plic
 - K částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic
 - K léčení tachypnoe
- 6) Který typ ventilace je nejvíce využíván:
- Ventilace negativním přetlakem
 - Oscilační ventilace
 - Ventilace pozitivním přetlakem
- 7) Co nepatří mezi části ventilátoru:
- Oxygenátor
 - Snímač tlaku a průtoku
 - PEEP ventil
- 8) Jaký alarm nemá plicní ventilátor:
- Alarm apnoe
 - Alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku
 - EtCO₂
- 9) Co je tzv. „weaning“:
- Děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně
 - Odpojování, ukončování plicní ventilace
 - Otevírání dechového ventilu
- 10) Při kterém testu není nutné odpojovat pacienta od ventilátoru:
- Při předprovozní kontrole
 - Při testu těsnosti
 - Při kalibraci kyslíkového čidla
- 11) Co je NIV:
- Neinvazivní ventilace
 - Non-intravenózní zapojení
 - Náhlá infekce při ventilaci

- 12) Který ventilační režim patří do objemově řízených:
- a) ASV
 - b) SIMV
 - c) SPONT
- 13) K čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu:
- a) Ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovného kolapsu alveolů
 - b) Monitorování spontánní dechové aktivity
 - c) Výpočtu dechového objemu
- 14) Co je konvenční UPV
- a) Trysková ventilace
 - b) Ventilace negativním tlakem
 - c) Ventilace pozitivním přetlakem
- 15) Jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem:
- a) Zánětlivá reakce
 - b) Snížení srdečního výdeje
 - c) Snížení glomerulární filtrace
- 16) Co je inspirační pauza:
- a) Fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu
 - b) Prodleva, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem
 - c) Fáze, která zakončuje dechový cyklus
- 17) Jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E (inspirium:exspirium):
- a) 3:1
 - b) 4:2
 - c) 1:2

18) Které tlačítko neobsahuje ovládací panel přístroje:

- a) Tlačítko 50% FiO₂
- b) Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru
- c) Tlačítko manuálního dechu

19) Co je V_t:

- a) Dechová frekvence
- b) Dechový objem
- c) Tělesná teplota

20) Jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu:

- a) Průtok
- b) Tlak
- c) Výkon

21) Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV:

- a) Spontánní i řízené
- b) Pouze řízené
- c) Pouze spontánní

Příloha C Seznámení s ventilátorem

Seznámení s plicním ventilátorem

Umělá plicní ventilace (UPV) zajišťuje úplnou nebo částečnou podporu dýchacího systému. Přisun plynů do plic zajišťuje mechanický přístroj (Dostál et al., 2014). Všeobecným cílem terapie je dosažení oxygenace a ventilace odpovídající stavu pacienta, s minimalizací nežádoucích účinků na plíce. V současné době je nejčastěji používaná konvenční metoda UPV ventilace s pozitivním přetlakem (Kettner a Kautzner, 2021).

Ve ventilátoru je dechový cyklus tradičně rozdělen do 4 částí podle směru posunu plynů systémem. **Inspirační fáze** (vdechová) je zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu. Nádech je spuštěn v momentě, kdy se tlak v plicích sníží na nastavenou hranici. **Inspirační pauza** je prodleva, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem. **Exspirační fáze** je pasivní děj, kdy pacient vydechuje pasivně samovolně, nebo s pomocí výdechového svalstva. **Exspirační pauza** zakončuje dechový cyklus. Začíná od ukončení proudění vzduchu na konci výdechu a pokračuje až do začátku dalšího dechového cyklu. Délka trvání této fáze nejde nastavit přesně, závisí totiž na délce výdechu a na nastaveném čase pro spuštění inspirační fáze (Dostál et al., 2014).

Základní parametry ventilátoru jsou:

- **Dechový objem** (V_t) – objem jednoho vdechu, velikost je přibližně 5-10 ml/kg závisející na hmotnosti pacienta,
- **Dechová frekvence** (f) – počet nádechů za minutu, normální hodnota u dospělých je 12-20 dechů/min,
- **Inspirační frakce kyslíku** (FiO_2) – množství kyslíku ve vdechované směsi plynů
- **Špičkový inspirační tlak** (PIP) – maximální dosažená hodnota tlaku během dechového cyklu. Je konstantní u tlakově řízeného režimu, na rozdíl u objemově řízeného režimu se s nádechem může měnit, proto je ručně nastavený.
- **Poměr délky nádechu a výdechu** (I:E, inspirium:expirium) – klasicky je dán jako poměr 1:2, ale při prodloužení délky nádechu můžeme dosáhnout lepší okysličenosti. Změnou nastavení času nádechu a dechové frekvence může být

poměr 1:1, 2:1, 3:1 nebo 4:1, ale u poměru vyššího, než 2:1 dochází k vzestupu nitrohrudní tlaku (Klimešová a Klimeš, 2011).

- **PEEP** (positive and expiratory pressure) – vyjadřuje pozitivní tlak (vyšší než atmosférický) v dýchacích cestách na konci expíria pacienta (Dostál et al., 2014). Používá se pro zabránění zkolabování plicních sklípků nebo poškození plic následkem mechanické ventilace. Pro ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic, distribuce ventilace a perfúze, ovlivnění oběhu a dechové práce (Klimešová a Klimeš, 2011).

Technický popis přístroje

Plicní ventilátor se skládá z grafického uživatelského rozhraní, dýchací jednotky, dýchacích hadic, sběrné nádoby, napájecího kabelu, standardního rámu s kolečky, ohebného ramene a drenážního vaku (Covidien, 2018). Do kompatibilních dílů a příslušenství ventilátoru patří patientský dýchací okruh, inspirační a expirační filtr, zvlhčovací systém, snímač průtoku, kryt výdechového ventilu s membránou, kompresor, nebulizátor, snímač CO₂ s adaptérem, datové médium a maska. Na kontrolním panelu lze nastavit objem, průtok, tlak a čas (Hamilton Medical, 2017).

Přístroj je ovládán prostřednictvím dotykové obrazovky, otočného knoflíku a různých tlačítek. **Tlačítka** na ovládacím panelu: otáčecí knoflík, alarmová kontrolka, Standby (klidový režim), zapínání/vypínání nebulizátoru, tlačítko manuálního dechu, ztišení (vypnutí alarmu), tlačítko 100 % FiO₂, tisk obrazovky.

Na základní výchozí obrazovce lze sledovat:

- Aktivní režim, kategorie pacienta
- Řízení hlavních parametrů, ovládacích prvků ventilace
- Záložky oken k náhledu příslušného okna
- Stav napájení, všechny dostupné napájecí zdroje
- Grafická sekce, znázorňuje časové průběhy (křivky) v aktuálním čase
- Symbol triggeru, ukazuje, že pacient spustil dech
- Tlačítko Freeze (pozastavení) grafického vývoje
- Pole pro zprávy zobrazující alarmy či jiná hlášení

Přístroj má možnost hlásit velké množství alarmů. Pro příklad **alarm** apnoe, nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku, ověření typu čidla průtoku, odpojení

u pacienta/ventilátoru, překážka při výdechu, vysoký minutový objem, vysoký podíl O₂, nízká kapacita baterie a jiné.

Ventilační jednotka je v přední části připojena na dýchací okruh pacienta. Jejími částmi jsou přípojka nebulizátoru, kryt výdechového ventilu a membrána, modul snímače CO₂, vstup do pacienta připojený na výdechový ventil, výdechový port k vývodu plynu, inspirační filtr, panel s LED kontrolkami. Zadní strana obsahuje hlavní vypínač, vývod přetlakového ventilu zásobníku, filtr chladícího větráku, odlučovač vody s filtrem, konektory, síťový kabel, vysokotlaký přívod O₂ a vzduchu, čidlo O₂ a konektor zapojení kabelu do ovládacího panelu.

Ventilační režimy

Při použití plicního ventilátoru je na výběr z mnoha ventilačních režimů. Ve všech režimech se nastavují parametry jako PEEP, citlivost patientského tlakového či průtokového trigerru a O₂.

(S)CMV – synchronizovaná řízená ventilace (synchronized continuous mandatory ventilation), umožňuje jenom objemově řízené dechy (Hamilton Medical, 2017).

SIMV – synchronizovaná přerušovaná řízená ventilace (synchronized intermittent mandatory ventilation), patří i do objemově řízených, smíšený režim, který umožňuje spontánní i řízené dýchání.

SPONT – spontánní režim s tlakovou podporou, obstarává jenom spontánní dýchání vždy iniciované pacientem (Covidien, 2018).

P-CMV – tlakově řízená ventilace (pressure controlled CMV), umožňuje jenom tlakově řízené dechy, dodává dech s nastaveným tlakem, ale nedokáže zaručit dodávku stálého objemu (Hamilton Medical, 2017).

APVcmv – tlakově řízená ventilace s adaptivní tlakovou podporou,

P-SIMV – tlakově řízená synchronizovaná přerušovaná ventilace,

APVsimv – tlakově řízená synchronizovaná přerušovaná ventilace s adaptivní tlakovou podporou,

ASV – ventilace s adaptivní tlakovou podporou (adaptive support ventilation), uchovává minimální minutovou ventilaci, kterou nastavila obsluha, nezávisle na pacientově aktivitě a bere v potaz spontánní dýchání (Hamilton Medical, 2017).

DuoPAP – režim s 2 úrovněmi přetlaku v dýchacích cestách,

APRV – ventilace s uvolněním přetlaku v dýchacích cestách (airway pressure release ventilation),

NIV – neinvazivní plicní ventilace (non-invasive ventilation), ventilace s tlakovou podporou s použitím obličejové masky nebo jiné neinvazivní pomůcky (Hamilton Medical, 2017).

V průběhu plicní ventilace mohou nastat **komplikace** spojené se zajištěním dýchacích cest, často již u intubace tracheální rourky do systému (Klimešová a Klimeš, 2011). Může dojít k poranění zubů, zavedení do jícnu či komplikace spojená přímo s funkcí přístroje. Nežádoucím účinkem je dlouhodobé vystavení pacienta vysokým koncentracím O₂. Použití příliš vysokého inspiračního tlaku nebo objemu zapříčiňuje pneumotorax. Vlivem ventilace pozitivním přetlakem může dojít ke snížení srdečního výdeje, ten ovlivňuje renální funkce a snižuje průtok krve ledvinami a glomerulární filtraci (Dostál et al., 2014).

Během užívání přístroje jsou potřebné určité testy a kontroly. Pacient se musí odpojit od plicního ventilátoru při předprovozní kontrole, testu těsnosti či kalibraci čidla průtoku. Při kalibraci kyslíkového čidla pacient být odpojen nemusí (Hamilton Medical, 2017).

Proces odpojování a odvykání si od plicní ventilace („weaning“) u některých pacientů činí až 50 % celkového času ventilační podpory. Podle diagnózy se určuje rychlost a způsob odpojení. Pokud má pacient vyhovující kritéria pro zahájení odpojení, musí dále splnit test schopnosti spontánní ventilace. Přístroj se odpojí od pacienta, aby mohl sám spontánně ventilovat zvlhčenou ohřátou směs s přidaným kyslíkem FiO₂ ve výši 0,5 po dobu 30 až 120 minut (Dostál et al., 2014).

Na obrázcích níže můžete vidět plicní ventilátor Hamilton Medical-G5 a Oxylog 2000 plus.



(Převzato z: Hamilton Medical, 2017, s. 22)



(Převzato z: https://www.draeger.com/cs_cz/Products/Oxylog-2000-plus)

Ventilátor Oxylog 2000 zapneme pomocí hlavního vypínače. Knoflíkem pro výběr vybereme, kterou hadici použijeme, např. jednorázovou. Výchozím režimem na tomto ventilátoru je VC CMV, objemově řízený CMV. Levý otáčecí knoflík slouží k úpravě hodnot dechového objemu (6-8 ml/kg). Vedle něj je ovládání dechové frekvence (RR) ideálně 22 dechů/min. Druhý knoflík zprava ovládá špičkový inspirační tlak (Pmax). Malé tlačítko FiO₂ ovlivňuje inspirační frakci kyslíku. Pro poměr inspira a expira se musí přes tlačítko nastavení, dokud na výchozí obrazovce nevidíte I:E. Otočným knoflíkem vyberte příslušnou funkci, klikněte, otočením upravte na vybranou hodnotu a znovu klikněte pro uložení. Tím se nastaví základní parametry. To, jaký dechový objem pacient generuje, lze sledovat po stisknutí tlačítka hodnot vlevo. Je potřeba projít menu a najít hledaný parametr (např. V_T). PEEP nastavíte také přes nastavení, stejně jako I:E, rozsah PEEP činí 0 až 50 cmH₂O.

Pro názornou ukázkou doporučuji zhlédnout krátké instruktážní video Dearmana (2020).

Použitá literatura:

COVIDIEN. 2018. *Puritan Bennett: plicní ventilátor řady 980: návod k obsluze*. Mansfield: Covidien. Zveřejnil Medtronic. Dostupné také z: https://asiapac.medtronic.com/content/dam/covidien/library/us/cs/product/acute-care-ventilation/PuritanBennett980Ventilator_OperatorsManual_cs_PT00096316A00.pdf

DEARMAN, James a AMIN Daven. In: Youtube [online]. 31. 3. 202 [cit. 2022-03-21]. Dostupné také z: https://www.youtube.com/watch?v=I7EvTVoI_3k. Kanál uživatele Covid MedEd.

DOSTÁL, Pavel et al. 2014. *Základy umělé plicní ventilace*. 3. vyd. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-397-8.

HAMILTON MEDICAL. 2017. *Návod k obsluze plicního ventilátoru HAMILTON-G5: 624074/00*. Bonaduz: Hamilton Medical. Poskytnuto Krajskou nemocnicí Liberec.

KETTNER, Jiří a Josef KAUTZNER. 2021. *Akutní kardiologie*. 3. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3096-2.

KLIMEŠOVÁ, Lenka a Jiří KLIMEŠ. 2011. *Umělá plicní ventilace*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. ISBN 978-80-7013-538-9.

