



# Školení studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru.

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B3944 Biomedicínská technika

*Studijní obor:*

Biomedicínská technika

*Autor práce:*

**Pavλίna Akrmanová**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Tomáš Dudich

Fakulta zdravotnických studií





## Zadání bakalářské práce

# Školení studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru.

*Jméno a příjmení:* **Pavína Akrmanová**  
*Osobní číslo:* D18000098  
*Studijní program:* B3944 Biomedicínská technika  
*Studijní obor:* Biomedicínská technika  
*Zadávací katedra:* Fakulta zdravotnických studií  
*Akademický rok:* **2021/2022**

## **Zásady pro vypracování:**

### **Cíle práce:**

1. Popsat princip fungování plicního ventilátoru dle relevantních zdrojů.
2. Popsat legislativní problematiku.
3. Sestavit osnovu školení budoucího nelékařského personálu v obsluze plicního ventilátoru.
4. Zjistit znalosti studentů nelékařských oborů o obsluze plicního ventilátoru.

### **Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):**

Plicní ventilátor je v nemocnicích nepostradatelnou součástí, kdy vzhledem k aktuální situaci je mnoho pacientů s respiračním onemocněním. Přístroj podporuje respirační systém. Je tedy velmi důležité, aby ho studenti zdravotnických oborů uměl obsluhovat.

Výstupem bakalářské práce bude článek v odborném periodiku.

### **Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:**

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

### **Metoda:**

Kvantitativní

### **Technika práce, vyhodnocení dat:**

Technika práce: Školení, 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: Vybraná 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:  
Jazyk práce:

tištěná/elektronická  
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*. 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. *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:

Mgr. Tomáš Dudich  
Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání práce:

30. listopadu 2021

Předpokládaný termín odevzdání:

29. července 2022

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.

24. července 2022

Pavλίna Akrmanová

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Tomášovi Dudichovi 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**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Autor:</b>         | Pavína Akrmanová  |
| <b>Instituce:</b>     | Fakulta zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci                      |
| <b>Název práce:</b>   | Školení studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru |
| <b>Vedoucí práce:</b> | Mgr. Tomáš Dudich   |
| <b>Konzultant:</b>    | Ing. Miroslav Trojáček  |
| <b>Počet stran:</b>   | 79  |
| <b>Počet příloh:</b>  | 5   |
| <b>Rok obhajoby:</b>  | 2022  |

### **Anotace:**

Bakalářská práce se zabývá umělou plicní ventilací, jejím popisem a legislativní problematikou. Práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část. Teoretická část práce poskytuje informace o umělé plicní ventilaci, její historii, formy, či technický popis. Další kapitolou teoretické části je základní popsání zákonů o zdravotnických prostředcích (konkrétně zákon č. 268/2014 Sb., a zákon č. 89/2021 Sb.) a stručné shrnutí jejich rozdílů. Poslední část teoretické části tvoří osnova pro zaškolení. Výzkumná část byla provedena kvantitativní metodou pomocí dotazníků, které byly vyplněny studenty nelékařských zdravotnických oborů. Studentům byl následně poskytnut námi vytvořený dokument o plicním ventilátoru. Poté měli možnost vyplnit totožný dotazník znovu. Cílem bylo zjistit jejich znalosti v oblasti umělé plicní ventilace a její obsluze a ověřit, zda mělo školení význam.

**Klíčová slova:** Umělá plicní ventilace, osnova pro zaškolení, zákon o zdravotnických prostředcích

## **Annotation**

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Author:</b>      | Pavĺína Akrmanová   |
| <b>Institution:</b> | Faculty of Health Studies, Technical University of Liberec                                  |
| <b>Title:</b>       | Training of students of healthcare study programmes in the operation of the lung ventilator |
| <b>Supervisor:</b>  | Mgr. Tomáš Dudich   |
| <b>Consultant:</b>  | Ing. Miroslav Trojček  |
| <b>Pages:</b>       | 79  |
| <b>Apendix:</b>     | 5   |
| <b>Year:</b>        | 2022  |

### **Annotation:**

The bachelor thesis deals with mechanical lung ventilation, its description and legislative issues. The thesis is divided into a theoretical and a research part. The theoretical part of this work provides information about mechanical lung ventilation, its history, forms and technical description. The next chapter of the theoretical part is a basic description of the laws on medical devices (specifically Act No. 268/2014 Coll. and Act No. 89/2021 Coll.) and a brief summary of their differences. In the last part of the theoretical part is a training form. The research part was carried out by means of a quantitative method using 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. Then 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 verify that the training was relevant.

**Keywords:** Mechanical lung ventilation, form for training, act on medical device



# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| Seznam použitých zkratk                                    | 11        |
| <b>1 Úvod</b>  | <b>13</b> |
| <b>2 Teoretická část</b>                                   | <b>14</b> |
| <b>2.1 Umělá plicní ventilace (UPV)</b>                    | <b>14</b> |
| 2.1.1 Historie   | 15        |
| 2.1.2 Cíle a indikace k umělé plicní ventilaci             | 16        |
| 2.1.3 Formy UPV  | 17        |
| 2.1.3.1 Konvenční UPV                                      | 18        |
| 2.1.3.2 Nekonvenční UPV                                    | 19        |
| 2.1.4 Technický popis ventilátoru                          | 21        |
| 2.1.5 Fáze dechového cyklu na UPV                          | 23        |
| 2.1.6 Komplikace umělé plicní ventilace                    | 24        |
| 2.1.7 Ukončování umělé plicní ventilace                    | 25        |
| 2.1.7.1 Kritéria pro zahájení odpojení od přístroje        | 26        |
| 2.1.7.2 Test schopnosti spontánní ventilace                | 27        |
| <b>2.2 Legislativní problematika</b>                       | <b>28</b> |
| 2.2.1 Zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích | 28        |
| 2.2.1.1 Vymezení pojmů – hlava I                           | 28        |
| 2.2.1.2 Výkon státní správy – hlava II                     | 30        |
| 2.2.1.3 Používání – hlava VIII                             | 31        |
| 2.2.1.4 Servis a revize – hlava IX                         | 33        |
| 2.2.2 Zákon č. 89/2021 Sb., o zdravotnických prostředcích  | 33        |
| 2.2.2.1 Předmět úpravy – část první                        | 34        |
| 2.2.2.2 Výkon státní správy – část druhá                   | 34        |
| 2.2.2.3 Používání prostředku – část sedmá                  | 35        |
| 2.2.2.4 Servis a revize – část osmá                        | 36        |
| 2.2.3 Shrnutí hlavních rozdílů                             | 37        |
| <b>2.3 Osnova pro zaškolení</b>                            | <b>38</b> |
| 2.3.1 Přívod a vývod plynů                                 | 38        |
| 2.3.2 Fyzický popis  | 39        |
| 2.3.2.1 Ovládací panel                                     | 39        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.3.2.2  | Ventilační jednotka .....                   | 41        |
| 2.3.3    | Ventilační režimy.....                      | 42        |
| 2.3.4    | Rizika spojená s používáním .....           | 44        |
| <b>3</b> | <b>Výzkumná část</b> .....                  | <b>46</b> |
| 3.1      | Cíle a výzkumné předpoklady.....            | 46        |
| 3.2      | Metodika výzkumu.....                       | 46        |
| 3.3      | Analýza výzkumných dat.....                 | 47        |
| 3.4      | Analýza výzkumných cílů a předpokladů ..... | 67        |
| <b>4</b> | <b>Diskuze</b> .....                        | <b>69</b> |
| <b>5</b> | <b>Návrh doporučený pro praxi</b> .....     | <b>74</b> |
| <b>6</b> | <b>Závěr</b> .....                          | <b>75</b> |
|          | Seznam použité literatury .....             | 76        |
|          | Seznam tabulek .....                        | 78        |
|          | Seznam příloh .....                         | 79        |

## Seznam použitých zkratek

|                    |   |
|--------------------|---|
| aj.                | a jiné  |
| 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   |
| cmH <sub>2</sub> O | centimetr vodního sloupce   |
| CO <sub>2</sub>    | oxid uhličitý   |
| EU                 | Evropská unie   |
| f                  | frekvence   |
| FiO <sub>2</sub>   | inspirační frakce kyslíku   |
| min                | minuta  |
| ml/kg              | mililitr na kilogram  |
| mmHg               | milimetr rtuťového sloupce  |
| např.              | například   |
| NIV                | neinvazivní ventilace, non-invasive ventilation                                     |
| O <sub>2</sub>     | kyslík  |
| PaO <sub>2</sub>   | parciální tlak kyslíku v arteriální krvi  |
| PaCO <sub>2</sub>  | parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi                                   |
| PBTK               | pravidelná bezpečnostní technická kontrola  |
| PEEP               | pozitivní end-expirační přetlak   |
| PIP                | špičkový inspirační tlak, peak inspiratory pressure                                 |
| př. Kr.            | před Kristem  |

|         |  |
|---------|--|
| Tab.    | Tabulka  |
| tzv.    | takzvaný, takzvané   |
| Sb.     | Sbírka zákonů  |
| 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 kteréhož 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, její historii, cíle a indikace, formy, technický popis přístroje, komplikace spojené s používáním a ukončování ventilace. V druhé části teoretické části jsou stručně popsány zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a zákon č. 89/2021 Sb. V roce 2021 došlo k úpravě prvního zákona, který je nyní platný pouze pro zdravotnické prostředky in vitro. V této sekci jsou shrnuté hlavní rozdíly. Poslední část teoretické části tvoří osnova pro zaškolení. Podle uživatelských manuálů je zde shrnuta základní obsluha plicního ventilátoru.

Výzkumná část práce je vypracována kvantitativní metodou, formou nestandardizovaného dotazníkového šetření (viz příloha D). 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 E), po jehož přečtení dostali dotazník znovu, pro zjištění efektivity tohoto školení.

Cílem práce je zjistit znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru.

## 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. Na území 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 kýčání (Rokyta et al., 2016), v neposlední řadě je využíván při termoregulaci a reflexní zástavě dechu (Dostál et al., 2014).

### 2.1.1 Historie

Vzduch je považován za jednu z životně nejdůležitějších látek, a pokusy o obnovení dýchání u umírajícího člověka jsou snad jednou z nejstarších metod resuscitace. Zásadní změny ve vývoji umělé plicní ventilace proto popíšeme níže. Již ve staroegyptských pramenech je zaznamenána řada případů k obnovení dýchání a zajištění dýchacích cest. Egypťané věřili, že krevní cévy vedou z nosu vzduch přes srdce do konečníku, a ze srdce se vzduch dále rozvádí do všech tkání v těle. Bible se také mnohokrát zmiňuje o úzké vazbě mezi životem a dýcháním. Hebrejské zdroje, patřící mezi nejstarší písemné památky, známé jako Talmud popisují, jak židovské porodní asistentky křísily novorozeňata: „...*pomáhání v dodávání dechu...*“, „...*novorozenec je držěn tak, aby nemohl spadnout na zem, a jeden fouká v jeho chřípí...*“ (Dostál et al., 2014, s. 18).

Další vývoj plicní ventilace lze sledovat ve starověkém Řecku a Římě. Galénos (131-210) ve svých pokusech na zvířatech pozoroval nitrohruční orgány in vivo. Homér (356 př. Kr.) vypovídá o otevření průdušnice řezem, aby se ulevilo dusícím se lidem, což se jeví, jako náznak tracheotomie (Dostál et al., 2014).

Ve středověku se ji lidé snažili dále rozvíjet. V západní civilizaci následoval v Galénových experimentech až Andreas Vesalius. Před ním však ještě arabský lékař Abu Ali Al-Hussein Ibn Abdallah Ibn Sinna (980-1037, latinsky Avicenna) popsal ve své nejznámější knize Kánon medicíny provedení a aplikování tracheální intubace. Ve 13. století další arabský lékař Saleh Ibn Bahla zdárně oživil pacienta aplikováním umělé plicní ventilace (Dostál et al., 2014). Již zmíněný Andreas Vesalius (1514/15-1564) byl nejvýznamnějším lékařem období renesance. Poprvé popsal techniku dechové resuscitace v roce 1543 ve své slavné knize *De corporis humani fabrica libri septem*. U pokusných zvířat aplikoval nejen tracheotomii, ale využíval i UPV. Ve svém díle píše: „...*život zvířeti může být navrácen, je-li otevřena trachea, do níž je vložena rákosová nebo třtinová trubička. Pak do ní budeš foukat tak, že plíce se budou opět rozpínat a zvíře může přijímat vzduch ... Když jsou plíce nafukovány v intervalech, pohyb srdce a arterií se nezastaví ...v celé Anatomii jsem se neučil ničemu, co by mě těšilo více...*“ (Dostál et al., 2014, s. 20-21).

V 17. století William Harvey popsal velký krevní oběh, což byl velmi podstatný objev ve fyziologii. 18. století byla doma objevení kyslíku a různorodých technik UPV. Používali například válení na sudu a dýchání z úst do úst bez pomůcek nebo s uplatněním

dýchacích vaků a pomůcek ke snazšímu průchodu v dýchacích cestách (Dostál et al., 2014).

Komplikace umělé plicní ventilace pozitivním přetlakem byly uvedeny v první polovině 19. století. V roce 1864 Alfred Jones sestavil dutinový ventilátor s negativním podtlakem, vzduch se ručně pumpoval do ventilátoru. Heinrich Dräger vynalezl v roce 1910 první mobilní kufříkový „resuscitátor“ a dalšími vynálezy UPV byly v tomto období vzduchotěsné komory, které fungují na principu negativního i pozitivního přetlaku (Dostál et al., 2014).

Významným objevem pro ventilaci negativním tlakem byl v roce 1929 dutinový ventilátor, pojmenovaný jako železné plíce. V roce 1951 Carl Engström zrekonstruoval první objemový ventilátor, ve kterém byl nastavený dechový objem produkovaný pohybem pístu. Tímto vynálezem začala pro plicní ventilátory nová éra, která se dále rozděluje do čtyř generací (Dostál et al., 2014).

### **2.1.2 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  $\text{CO}_2$  a  $\text{Ph}$ ), nebo arteriální oxygenace  $\text{PaO}_2$  (korekce tepenné tenze  $\text{O}_2$ , 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.

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

Zdroj: (Dostál et al., 2014, s. 55)

### 2.1.3 Formy UPV

Z hlediska **doby**, která je potřeba pro nutnou ventilační podporu, rozlišujeme 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 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<sub>2</sub>, 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).

### **2.1.3.1 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 nitrohrudní 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 určená 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).

### 2.1.3.2 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 (Bartůněk 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 (viz příloha A) (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 (Bartůněk 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 (Bartůněk et al., 2016).

#### 2.1.4 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 ( $F_{iO_2}$ ) – množství  $O_2$  ve vdechované směsi plynů
- Špičkový inspirační tlak (PIP) – maximální dosažená hodnota tlaku během dechového cyklu. Je konstantní u tlakově řízeného režimu, na rozdíl u objemově řízeného režimu se s nádechem může měnit, proto je ručně nastavený.
- Poměr délky nádechu a výdechu (I:E, inspirium:exspirium) – 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 cmH<sub>2</sub>O a uplatňuje se při krátkodobé ventilační podpoře. Střední PEEP jsou hodnoty 5-10 cmH<sub>2</sub>O a bývá u většiny pacientů často užívána. Poslední úroveň je vysoký PEEP, indikován především kvůli akutnímu plicnímu selhání pacienta. Hodnota je nad 15 cmH<sub>2</sub>O (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  $O_2$  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 přerušování dodávky elektrického proudu do přístroje (Klimešová a Klimeš, 2011).

### 2.1.5 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 příloha B).

**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. 3 je IN zkratka pro iniciaci, LIM pro limitaci a CYC pro cyklování (viz příloha B).

### 2.1.6 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).

### **2.1.7 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).

### 2.1.7.1 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   |
| $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 150 \text{ mm Hg}$        |
| $\text{PEEP} \leq 8 \text{ cmH}_2\text{O}$                |
| $\text{PaO}_2$ 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 $\leq 35$ 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).

#### **2.1.7.2 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**

V této části je popsán jednotlivě zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a zákon č. 89/2021 Sb., který byl uveden a publikován nově v roce 2021. Cílem této práce však není popis celého zákona, nýbrž spíše uvedení základních úseků obou zákonů a následné zjištění rozdílů. Z tohoto důvodu v práci není uvedeno celé znění zákona, pouze některé jeho části, zejména vymezení pojmů, výkon státní správy a obecné shrnutí pro poskytovatele zdravotních služeb (instruktáž, servis).

### **2.2.1 Zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích**

#### **2.2.1.1 Vymezení pojmů – hlava I**

##### **Zdravotnický prostředek § 2**

Dle zákona č. 268/2014 Sb., se jako zdravotnický prostředek pokládá nástroj, přístroj, zařízení či programové vybavení pro léčebné nebo diagnostické účely. Důvody použití jsou různé, například k určení diagnózy, monitorování, léčbě či prevenci nemoci, dále k vyšetřování, náhradě nebo přizpůsobení anatomické struktury, nebo také k ověření těhotenství (Česko, 2014).

Pokud jsou splněna obecná předchozí vymezení je zdravotnickým prostředkem (dále jen ZP) především:

- aktivní implantabilní ZP,
- diagnostický ZP in vitro,
- individuálně vyhotovený ZP,
- výrobek určený k podání léčiva,
- výrobek obsahující jako svojí integrální součást látku, kterou je možné pokládat za léčivý přípravek při samostatném použití (Kašpar, 2021).

Zdravotnický prostředek **není**:

- Léčivý přípravek,
- Lidská krev a případné výrobky z ní, krevní plazma, krevní buňka a prostředek, který obsahuje něco z předchozích v době svého uvedení na trh,
- Transplantát, tkáň nebo buňka lidského či zvířecího původu (kromě výroby zdravotnického prostředku z předchozích)
- Doplněk stravy, kosmetická pomůcka a biocidní přípravek (látka určená k hubení), (Česko, 2014).

**Aktivní zdravotnický prostředek** je závislý na zdroji elektrické nebo jiné energie, která nezprostředkovává lidský organismus nebo gravitace.

**Aktivní implantabilní ZP** je aktivní zdravotnický prostředek, akorát je určený pro plné či částečné zavedení do lidského těla (implantace).

**Diagnostický ZP in vitro** je činidlo, výsledek reakce činidla, kalibrátor, ověřovací materiál, souprava, nástroj, přístroj a zařízení. Plán výrobce je aplikace in vitro za účelem zkoumání vzorků, včetně darované krve a tkání (práce s tkáněmi v laboratořích).

**Zdravotnický prostředek pro sebetestování** je diagnostický prostředek in vitro, jež výrobce určil k používání v domácím prostředí, za přítomnosti osoby, která nemusí nutně být zdravotnickým pracovníkem (Česko, 2014).

Individuálně zhotovený ZP je vyroben výhradně pro jednoho konkrétního pacienta. Dalším prostředkem je ZP vymezený pro klinickou zkoušku, pro hodnocení funkční způsobilosti, nebo výrobcem určený ZP k jednorázovému použití. Příslušenství je předmět, který se uplatňuje se zdravotnickým prostředkem, ale není jím (Česko, 2014).

#### **Zacházení se zdravotnickým prostředkem § 4**

**Výroba** prostředku včetně posouzení shody dle právního předpisu, bez té nelze se ZP zacházet. **Uvedení na trh** je první dodání prostředku, který již není stanovený pro klinické hodnocení nebo pro klinické zkoušky. **Dovoz** je označení o uvedení ZP na trh, který je dovezen mimo území členských států. Pokud byl pořízen na území členských států, je to **distribuce**. **Uvedení do provozu** je moment, kdy je ZP pro stanovený účel poprvé nachystaný k aplikaci (Česko, 2014).

## **Účely zákona § 5**

Pro účely tohoto zákona se pokládá výdej, prodej, výrobce, zplnomocněný zástupce výrobce, dovozce (je-li prostředek pořízen mimo EU), distributor (ZP pořízen v rámci EU), výdejce (osoba spravující lékárnu, výdejnu ZP či oční optiku), notifikovaná osoba (osoba oprávněná k posuzování shody ZP). Dále určeným účelem použití (výrobce stanoven v návodu nebo v propagačních materiálech). Návodem k použití jsou informace od výrobce s cílem informovat o bezpečnosti ZP a správném používání, očekávané účinnosti a o nezbytných preventivních opatřeních. Vedlejším účinkem je zjištění nechtěného průvodního úkazu při používání ZP, nebo po jeho použití. Také vzájemné ovlivňování zdravotnických prostředků navzájem, nebo s léčivými přípravky. Stažení z trhu je postup k zabránění dodání ZP na trh v ČR. Stažením z oběhu se rozumí opatření k vrácení ZP osobě, která ho na trh uvedla, dodala, vydala nebo prodala (Česko, 2014).

## **Třídění zdravotnických prostředků § 6**

1. Dle míry zdravotního rizika – třídy I, IIa, IIb a III vzestupně na základě míry zdravotního rizika, které koresponduje s použitím ZP, s výjimkou u aktivních implantabilních ZP a diagnostických in vitro. Diagnostické ZP in vitro stanovuje právní předpis společně s prostředky pro sebetestování.
2. Dle generických skupin – zdravotnické prostředky stejného nebo podobného účelu, nebo společné technologie, které určí právní předpis (Česko, 2014).

### **2.2.1.2 Výkon státní správy – hlava II**

Státní správu zastává Ministerstvo zdravotnictví a Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL).

## **Ministerstvo zdravotnictví § 8**

Vystavuje zavazující stanovisko k žádosti o autorizaci, změně, pozastavení či zrušení autorizace na ZP. Rozhoduje o prozatímním stažení z trhu. Obstarává spolupráci zdravotnických prostředků s orgány členských států a Unie, spolupráci s příslušnými orgány cizích států, se Světovou zdravotnickou organizací a státními institucemi, které jsou zodpovědné za bezpečí a ochranu zdraví. Vzájemně kooperují se SÚKL, Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, s notifikovanými osobami,

orgány a osobami, které s nimi jednají. Řídí Registr zdravotnických prostředků (Česko, 2014).

### **Státní ústav pro kontrolu léčiv § 9**

Určuje, jestli se jedná o ZP a jeho zařazení. Eviduje výrobce, zplnomocněné zástupce, dovozce, servisní osoby, distributory, zadavatele klinických zkoušek a notifikované osoby. Zdravotnický prostředek zároveň notifikuje. Prostřednictvím Registru zveřejňuje informace o registrovaných lidech, notifikovaných ZP, informace poskytnuté výrobcem, zástupcem, distributorem o opatření bezpečnosti. Posílá data do Evropské databanky zdravotnických prostředků. Řídí a zveřejňuje rejstřík poskytovatelů zdravotních služeb. Schvaluje realizaci klinické zkoušky a vystavuje v dokumentaci svolení s jejími možnými změnami. Rozhoduje o pozastavení klinické zkoušky, nebo jejím úplném zastavení. Je zodpovědný za rozhodnutí o stažení ZP z trhu. Uskutečňuje monitorování vývoje šetření nežádoucích příhod. Vystavuje certifikáty volného prodeje. Rozhoduje o správních přestupcích a o ukončení používání v právním stupni. Spolupracuje s cizími státy a Unií. O svých rozhodnutích a opatřeních informuje Komisi a orgány členských států, aby se předešlo nežádoucím příhodám (Česko, 2014).

Klinické hodnocení a hodnocení funkční způsobilosti (hlava III) bylo v tomto zákoně z podstatné části zrušeno. Jak již bylo výše uvedeno, tato práce se nezabývá celou charakteristikou zákona. Další částí, která zde bude popisována, je používání zdravotnického prostředku (Česko, 2014).

#### **2.2.1.3 Používání – hlava VIII**

Používán může být pouze zdravotnický prostředek se symbolem CE. Pokud však jde o individuálně vyhotovený zdravotnický prostředek nebo o zdravotnický prostředek, u kterého to určí tento zákon, tak tato okolnost neplatí. Tak zní obecné ustanovení (Česko, 2014).

## **Povinnosti poskytovatele zdravotních služeb při používání ZP § 59**

Poskytovatel zdravotních služeb musí zaručit, aby:

- byl ZP použit výhradně k danému účelu na základně výrobních pokynů,
- ZP s měřicí funkcí byl řízen v souladu s požadavky jiného právního předpisu,
- se ZP pracovala pouze osoba, která s odpovídajícím vzděláním a zkušenostmi poskytuje v souladu s návodem postačující záruku odborného použití,
- byla osoba pracující se ZP a pacient poučeni o nutnosti, a před každým užitím zkontrolovat technický stav a funkčnost prostředku,
- byl prováděn servis ZP a bylo s ním nakládáno podle patřičných pravidel (Česko, 2014).

Se zdravotnickým prostředkem poskytovatel **nesmí** pracovat, pokud uplynula jeho doba použitelnosti, existuje pádné podezření, že by mohlo být ohroženo bezpečí a zdraví pacienta (např. kvůli nedostatkům při výrobě, očividnému porušení původního obalu), nebo když návod k použití není k dispozici v českém jazyce (Česko, 2014).

Záznam ve zdravotnické dokumentaci o pacientovi musí být zapsán tehdy, je-li během poskytování zdravotních služeb aplikován aktivní implantabilní ZP nebo ZP rizikové třídy IIb nebo III. Poskytovatel navíc musí zaznamenávat dokumentaci používaných prostředků, u kterých je nutná instruktáž, v některých případech i pravidelná bezpečnostní technická kontrola (PBKT), nebo které jsou pojmenovány jako stanovená pracovní měřidla (Česko, 2014).

### **Instruktaž § 61**

V této části je stanoveno, že s aktivním implantabilním ZP, aktivním ZP rizikové třídy IIb nebo III a ZP, u kterého to tak výrobce zadal, může pracovat jedině ten, kdo podstoupil instruktáž k náležitému zdravotnickému prostředku (nebo k některému ZP stejného typu podle návodu) a byla mu vysvětlena možná rizika spojená s užitím daného zdravotnického prostředku (Česko, 2014).

Instruktaž je umožněna provádět výhradně osobě, která na bázi adekvátního vzdělání, vhodných zkušeností a po proškolení výrobcem (nebo jím pověřenou osobou), poskytuje dostačující záruku odborného provedení instruktáže. Poskytovatel zdravotních služeb je povinen obstarávat a uchovávat data o veškerých uskutečněných instruktážích. Tyto informace je nutno schraňovat 1 rok ode dne vyřazení ZP (Česko, 2014).



#### 2.2.1.4 Servis a revize – hlava IX

**Servis** je vykonávání odborné údržby a případných oprav podle pokynů stanovené výrobcem, zákonem a předpisy, nebo metrologií a provádí ho výhradně právnická nebo podnikající osoba, která má alespoň jeden rok praxe v oboru, kvalifikaci k provádění práce a je registrovaná Ústavem.

Do **odborné údržby** spadá vykonávání pravidelných bezpečnostně technických kontrol (PBTK) včetně kontrol elektrických, které zachovávají bezpečnost a funkčnost prostředku. Podrobněji je PBTK popsáno a vysvětleno v kapitole 2.2.2.4 (Servis a revize – část osmá) u zákonu č. 89/2021 Sb.

**Opravou** prostředku se docílí toho, že se bez pozměnění technických parametrů navrátí do svého původního stavu a je znovu schopný provozu. **Revize** se provádí u ZP připojených k pevnému elektrickému zdroji energie, jejichž součástí jsou plynová či tlaková zařízení. Dle toho se rozlišuje revize tlaková a revize plynová a smí ji vykonávat odborně způsobilá osoba podle aktuálních právních předpisů (Česko, 2014).

#### 2.2.2 Zákon č. 89/2021 Sb., o zdravotnických prostředcích

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 jak to je u zákonu č. 268/2014 Sb. Místo hlav je rozdělován do jednotlivých částí a hlavy používá až od části šesté.

### **2.2.2.1 Předmět úpravy – část první**

V návaznosti na nařízení o zdravotnických prostředcích (dle příkazu Evropského parlamentu a rady EU) došlo v tomto zákoně k:

- Upravení kompetencí správních orgánů během výkonu státní správy spojené se zdravotnickými prostředky.
- Doplnění pravidel, která jsou přímo daná použitelnými předpisy Evropské unie, která adaptují oblast zdravotnických prostředků.
- Úpravě Informačního systému ZP a předepisování a vydávání zdravotnických prostředků, jejich použití a jejich servisní podmínky.
- Úpravě přestupků, které souvisí s porušením daných předpisů EU a výše jejich pokut.

Na diagnostické zdravotnické prostředky in vitro se tento zákon nevztahuje (Česko, 2021).

### **2.2.2.2 Výkon státní správy – část druhá**

Státní správu zde zastává kromě Ministerstva zdravotnictví a SÚKL také Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (Česko, 2021).

#### **Ministerstvo zdravotnictví § 4**

Spolupracuje s příslušnými orgány členských států a reprezentuje Českou republiku ve výborech a pracovních skupinách EU. Dále má za úkol jmenování představitele České republiky do Koordinační skupiny pro ZP včetně podskupin na základě článku 103 nařízení o zdravotnických prostředcích. Může rušit opatření Ústavu, které byly Evropskou komisí stanoveny jako neodůvodněné (Česko, 2021).

#### **Státní ústav pro kontrolu léčiv § 5**

Také reprezentuje Českou republiku v pracovních skupinách a výborech EU. Kooperuje s Úřadem pro technickou normalizaci. Akceptuje oznámení od osob, které vykonávají servis a od distributorů. Provozuje a řídí Informační systém ZP. Rozhoduje o restrikci a možném pozastavení dodávky prostředku na trh, stažení prostředku z trhu či oběhu, nebo přímo o ukončení používání prostředku. Určuje, jestli produkt vůbec do působnosti

nařízení o ZP spadá. Dohlíží na správné dodržování zákona. Odbornými přednáškami zajišťuje vzdělávací činnost. Podle zákona o léčivech ustanovuje centrální úložiště elektronických poukazů jako prvek informačního systému eReceptů. Seznam výdejců mající povolený přístup do systému eRecept může Ústav zveřejnit. Spravuje **Informační systém zdravotnických prostředků**, který je nepřístupný veřejnosti. Tento systém slouží k shromažďování a správě informací a k podávání oznámení a žádostí Ústavu a k informování veřejnosti, stanoví-li tak zákon. Prostřednictvím tohoto systému poskytují údaje distributoři nebo dovozci Ústavu (Česko, 2021).

### **2.2.2.3 Používání prostředku – část sedmá**

Zdravotnický prostředek **nesmí** být použit, pokud je v nesouladu s nařízením o ZP a osoba používající tento prostředek to věděla, nebo by to měla vědět. Dále pokud hrozí nebezpečí pacientovi, pokud uplynula doba pro implantaci a bezpečné používání, nebo má produkt značné zdravotně ohrožující nedostatky, či porušený obal, který ovlivňuje efektivitu ZP (Česko, 2021).

#### **Povinnosti poskytovatele zdravotních služeb při používání ZP § 39**

Poskytovatel zdravotních služeb musí zaručit, aby:

- byl ZP v souladu s instrukcemi řádně používán,
- byl v oblasti metrologie prostředek určený k měření používán v souladu s nároky,
- ten, kdo podává zdravotní služby, byl poučen o nutnosti a zkontroloval technický stav prostředku před každou manipulací,
- byl realizován servis a bezpečnostní nápravná opatření k eliminování rizik spojené s dodaným ZP,
- bylo dodržováno správné skladování prostředku (Česko, 2021).

U prostředků rizikové třídy IIb nebo III je nutné, aby poskytovatel sepsal záznam do zdravotnické dokumentace o pacientovi. Dokumentace je také u prostředků, u kterých musí být uplatňovaná instruktáž, PBTK nebo jsou předpisem stanovená jako pracovní měřidla (Česko, 2021).

## **Instruktaž § 41**

Prostředek smí obsluhovat výhradně osoba, která úspěšně absolvovala instruktáž daného prostředku a byla obeznána 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** je, že školení může zároveň provést osoba, která byla proškolená někým z výše uvedených a má s používáním prostředku alespoň 2 roky praxe. O všech uskutečněných instruktážích je poskytovatel povinen data zachovávat po celé období používání ZP a ještě 1 rok po vyřazení (Česko, 2021).

### **2.2.2.4 Servis a revize – část osmá**

Co je servis již bylo vysvětleno v předchozí kapitole o zákonu č. 268/2014 Sb. Náprava a bezpečnostně technická kontrola prostředku na zakázku se dle tohoto ustanovení za servis nepokládá. O provedených servisech je nutné, aby poskytovatel uchovával dokumentaci o provedení servisu po dobu životnosti ZP a 1 rok po jeho vyřazení (Česko, 2021).

### **Bezpečnostně technická kontrola prostředku § 45**

Pravidelná bezpečnostně technická kontrola (PBTk) je dohled nad stavem, funkčností a zachování bezpečnosti prostředku pomocí pravidelných úloh. Její součástí je elektrická kontrola elektrického přístroje, jež může vést k ohrožení na životě elektrickým proudem. Uskutečňuje se podle zařazení prostředku do rizikových tříd v rozsahu, který udává výrobce. U elektrického zařízení se musí PBTk udělat alespoň každé 2 roky (Česko, 2021).

Osoba, jež vykonává PBTk je povinna:

- Zaopatřit aktuální proškolení veškerých pracovníků, kteří vykonávají PBTk, vhodným školitelem.
- Zařídít, aby u kontroly rizikových tříd IIa, IIb a III byl školitel pouze biomedicínský technik, biomedicínský inženýr, ortotik-protetik, nebo pracovníkem s vysokoškolským vzděláním v oboru strojírenství, technologie a materiály či elektrotechnika, který má v této oblasti alespoň 3 měsíce odborné

praxe. Dále pracovník s ukončenou maturitní zkouškou na střední technické škole, či na jiné střední škole, ale minimálně s roční odbornou praxí.

- U elektrických zařízení zajistit, aby pracovníci, současně s předchozími podmínkami, splňovali také předpoklady pro pracovníky se způsobilostí pro samostatnou činnost a na pracovníky znalé v elektrotechnice.
- Dodat potřebné technické vybavení pro uskutečnění PBTK.
- Po provedené kontrole vyhotovil a podepsal záznam, který je poskytovatelem uchováván (Česko, 2021).

### **Oprava prostředku § 46**

Při opravě prostředku dochází k navrácení do původního, nebo provozuschopného bezpečného stavu, ale nedochází u toho k pozměnění technických parametrů nebo daného účelu (Česko, 2021).

Ten, kdo má na starosti servis, konkrétně opravu, musí zajistit splnění požadavků, které jsou téměř totožné, jako u PBTK s tím rozdílem, že místo pracovníků provádějící bezpečnostně technickou kontrolu, to jsou pracovníci vykonávající opravu.

V případě, že jde o opravu tlakových, nebo plynových zařízení, musí pracovník splňovat kritéria odborné způsobilosti dané předpisem a dodat vhodnou technickou výbavu. Po úspěšné opravě prostředek také překontroloval ve funkčnosti a bezpečnosti, a podepsal záznam, který je poskytovatelem zachován.

**Revize prostředku** se uskutečňuje tehdy, je-li ZP na pevně napojený ke zdroji elektrické energie, nebo jsou jeho složkou tlakové či plynové zařízení. Revize je tedy buď elektrická, tlaková nebo plynová (Česko, 2021).

### **2.2.3 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 Osnova pro zaškolení**

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. Tento protokol dále musí obsahovat místo pro podpis školených osob a školitele.

### **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 plyn dále pokračuje do inspiračního ventilu řízený mikroprocesorem, který reguluje jeho velikost a dobu, po jakou je inspirační 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 nádoby, snímač průtoku a snímač CO<sub>2</sub>, 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 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 CO<sub>2</sub> s adaptérem, datové médium a maska (Hamilton Medical, 2017).

#### **2.3.2.1 Ovládací panel**

Pracovníci ovládají ventilátor prostřednictvím dotykové obrazovky, otočného knoflíku a různých tlačítek (viz 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).

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

|   |  |
|---|--|
| Otáčecí knoflík (stiskni, otoč)             | Zvolení a nastavování ventilačních rozměrů a monitorovaných informací.                     |
| Alarmová kontrolka                          | Podle priority alarmu svítí buď červeně (vysoká priorita), žlutě (střední/nízká priorita). |
| Tlačítko standby (klidový režim)            | Aktivace čekacího režimu standby.  |
| Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru   | Zapnutí/vypnutí nebulizace (inhalace), nastavení délky trvání nebulizace.                  |
| Tlačítko ztišení (vypnutí zvukového alarmu) | Vypnutí hlavního zvukového alarmu po dobu 2 minut, aktivace po opakovaném stisknutí.       |
| Tlačítko 100% kyslíku                       | Po stisknutí podáván pacientovi 100% O <sub>2</sub>  |
| Tlačítko manuálního dechu                   | Stisknutí a uvolnění během expira vyvolá 1 řízený dech dle aktuálních parametrů.           |
| Tlačítko tisk obrazovky                     | Uložení do paměti aktuálních dat z obrazovky ventilátoru.                                  |

Na základní výchozí **obrazovce** lze sledovat:

- Aktivní režim, kategorie pacienta a situace apnoické ventilace (pokud je aktivní).
- Řízení hlavních parametrů, ovládacích prvků ventilace.
- Záložky oken k náhledu příslušného okna.
- Další možnosti aktivního režimu (např. prodechnutí a kompenzace rezistence rourky).
- 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).



- Grafická sekce obrazovky – znázorňuje časové průběhy (křivky) v přítomném čase, grafické trendy, smyčky, inteligentní okna.
- Symbol triggeru, který signalizuje, že pacient začal dýchat.
- Tlačítko pozastavení (freeze) je k pozastavení a následnému znovuspuštění grafického vývoje.
- Šipky k projíždění měřených dat, které umožňují sledovat hlavní a ostatní pozorované parametry.
- Pole pro zprávy zobrazuje alarmy či jiná hlášení pro informování obsluhy.
- Horní a dolní mez alarmů, je-li nastavená (Hamilton Medical, 2017).

### 2.3.2.2 Ventilační jednotka

K **přední části** dýchací jednotky je připojen patientský dýchací okruh. Mezi další důležité části patří konektor Paux, který je určen k připojení místa měření pomocného tlaku. Dále přípojka nebulizátoru, kryt výdechového ventilu a membrána, modul snímače oxidu uhličitého s přípojovacím konektorem. Při připojování snímače průtoku 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. Další část je výdechový port, který slouží k vývodu plynu z krytu výdechového ventilu do atmosféry. Na inspirační výstup (výstup k pacientovi) je napojen inspirační filtr a vdechová větev ventilačního okruhu pacienta. Pomocným ukazatelem stavu přístroje je panel s LED kontrolkami dýchací jednotky. 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).

Na **zadní straně** ventilační jednotky se nachází „*hlavní vypínač, filtr chladícího větráku, štítek s výrobním číslem ventilátoru, vývod přetlakového ventilu zásobníku, odlučovač vody s filtrem ve vysokotlakém přívodu plynu, konektory komunikačního rozhraní, přívodní síťový kabel s příchytkou, svorka vyrovnání potenciálu*“ (Hamilton Medical, 2017, s. 34). Dále přípojky typu DISS/NIST pro vysokotlaký přívod kyslíku a vzduchu, čidlo kyslíku s krytem a konektor pro zapojení kabelu ovládacího panelu (Hamilton Medical, 2017).

### 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 O<sub>2</sub>. 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**

Ve výzkumné části byl stanoven jeden cíl práce a k němu doložen patřičný výzkumný předpoklad. Cílem 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.

### **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 obsahoval celkem 21 otázek a byl zaslán elektronicky studentům fakulty zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci. Respondenti byli studenti oboru všeobecné ošetrovatelství 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 (příloha E), který jim poskytl seznámení s plicním ventilátorem. Na základě toho následně respondenti vyplnili druhý totožný dotazník pro ověření, že školení mělo na znalosti studentů v daném tématu vliv a tedy splnil účel.

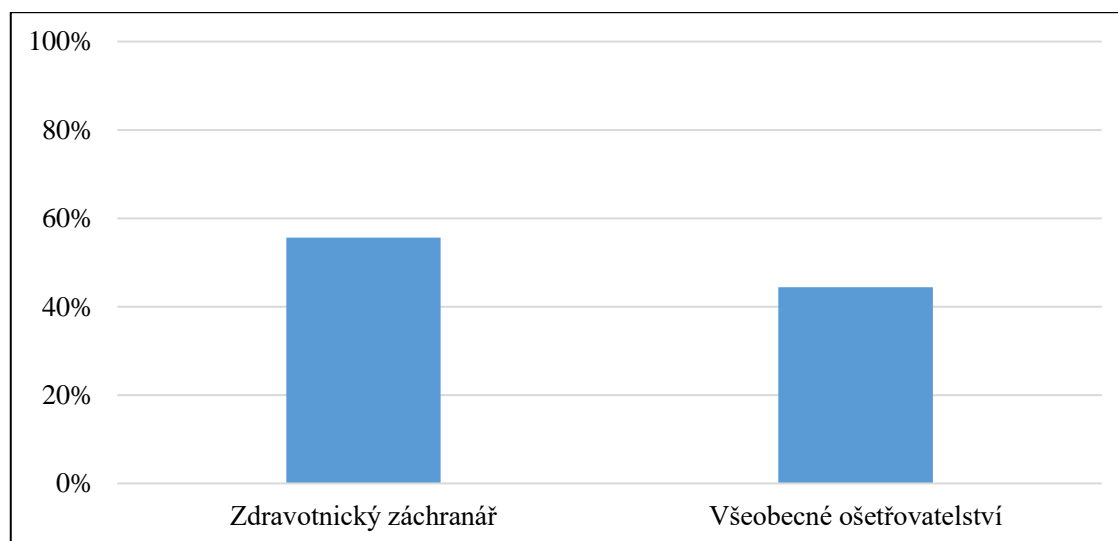
### 3.3 Analýza výzkumných dat

Všechna získaná data byla zpracována pomocí grafů a tabulek prostřednictvím programu Microsoft Office Excel 2013 a text byl zpracován pomocí Microsoft Office Word 2013. Správné odpovědi jsou v tabulkách zvýrazněny tučně. Data jsou uvedena v celých číslech, absolutní četnosti  $n_i$ , relativní četnosti  $F_i$  a celkové četnosti  $\Sigma$ . Hodnoty  $n_i$  a  $F_i$  v tabulkách uvádí výsledky respondentů po zaškolení, v grafech jsou od otázky č. 5 zobrazeny oranžovou barvou. Modrou barvou jsou zobrazeny výsledky před školením.

#### 3.3.1 Analýza dotazníkové otázky č. 1: Studovaný obor respondentů

Tab. 6 Studovaný obor respondentů

| <b>n = 54</b>             | <b><math>n_i</math></b> | <b><math>F_i</math></b> |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Zdravotnický záchranář    | 30                      | 55,6 %                  |
| Všeobecné ošetřovatelství | 24                      | 44,4 %                  |
| $\Sigma$                  | 54                      | 100 %                   |

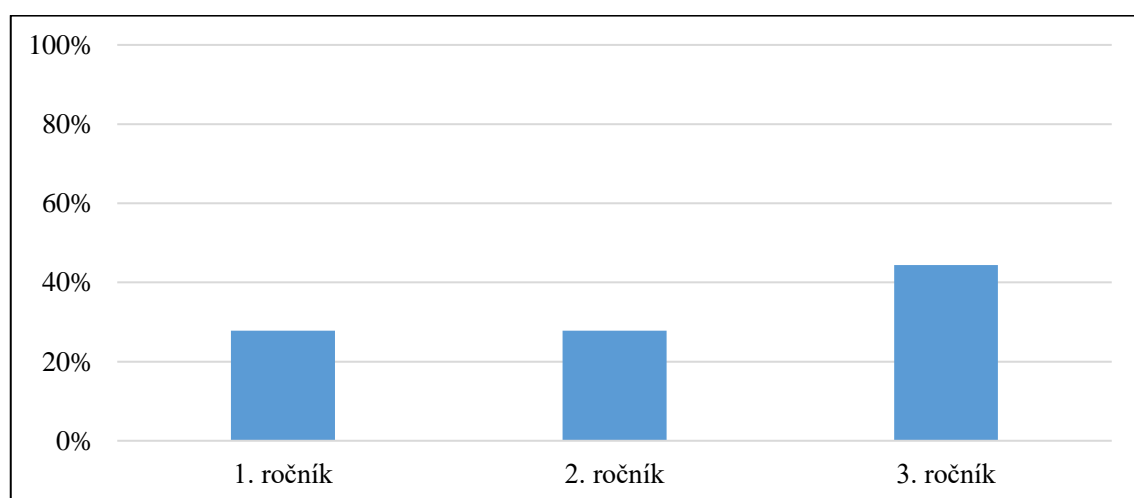


Z otázky č. 1, která se týkala studovaného oboru studenta Fakulty zdravotnických studií Technické univerzity v Liberci, vyplývá, že se dotazníkového šetření zúčastnilo 30 (55,6 %) zdravotnických záchranářů a 24 (44,4 %) studentů všeobecného ošetřovatelství.

### 3.3.2 Analýza dotazníkové otázky č. 2: Ročník studia

Tab. 7 Ročník studia

| <b>n = 54</b> | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> |
|---------------|----------------------|----------------------|
| 1. ročník     | 15                   | 27,8 %               |
| 2. ročník     | 15                   | 27,8 %               |
| 3. ročník     | 24                   | 44,4 %               |
| Σ             | 54                   | 100 %                |



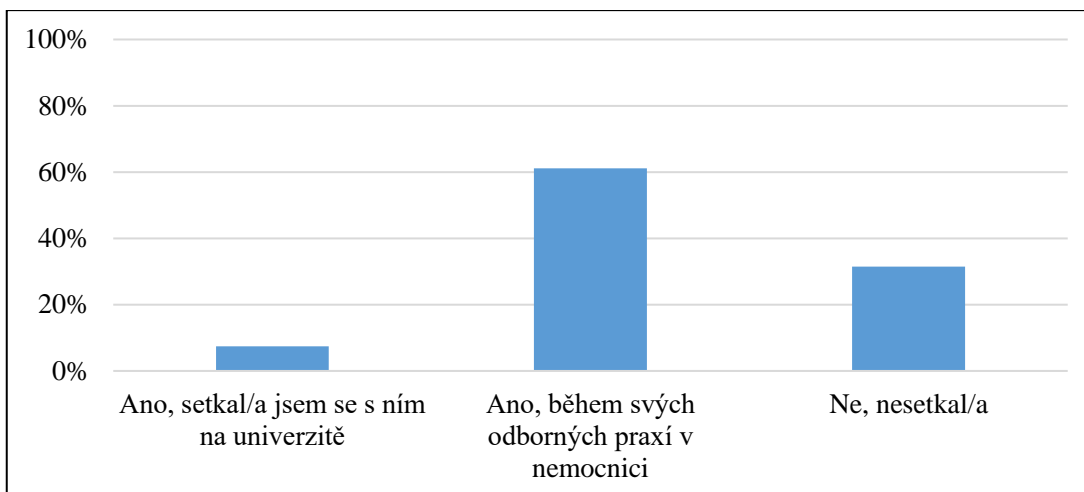
Z otázky č. 2, která se týkala ročníku studia studenta, vyplývá, že 15 (27,8 %) respondentů studuje v 1. ročníku, 15 (27,8 %) ve 2. ročníku a 24 (44,4 %) ve 3. ročníku.

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

Tab. 8 Setkání s plicním ventilátorem v minulosti

| <b>n = 54</b>                                | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> |
|--|----------------------|----------------------|
| Ano, setkal/a jsem se s ním na univerzitě    | 4                    | 7,4 %                |
| Ano, během svých odborných praxí v nemocnici | 33                   | 61,1 %               |
| Ne, nesetkal/a                               | 17                   | 31,5 %               |
| Σ  | 54                   | 100 %                |



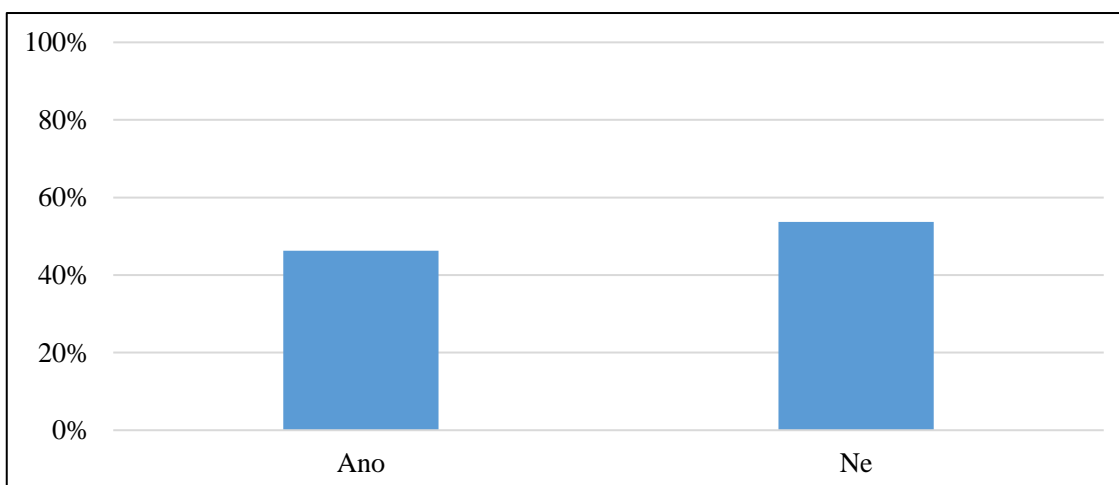


Z otázky č. 3, která se ptala, zda se studenti již někdy setkali s plicním ventilátorem, vyplývá, že 4 (7,4 %) studentů se s ním setkalo na univerzitě, 33 (61,1 %) během svých odborných praxí v nemocnici a 17 (31,5 %) respondentů se s ním nesetkalo vůbec.

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

Tab. 9 Možnost obsluhy během praxe

| n = 54 |  | n <sub>i</sub> | F <sub>i</sub> |
|--------|--|----------------|----------------|
| Ano    |  | 25             | 46,3 %         |
| Ne     |  | 29             | 53,7 %         |
| Σ      |  | 54             | 100 %          |

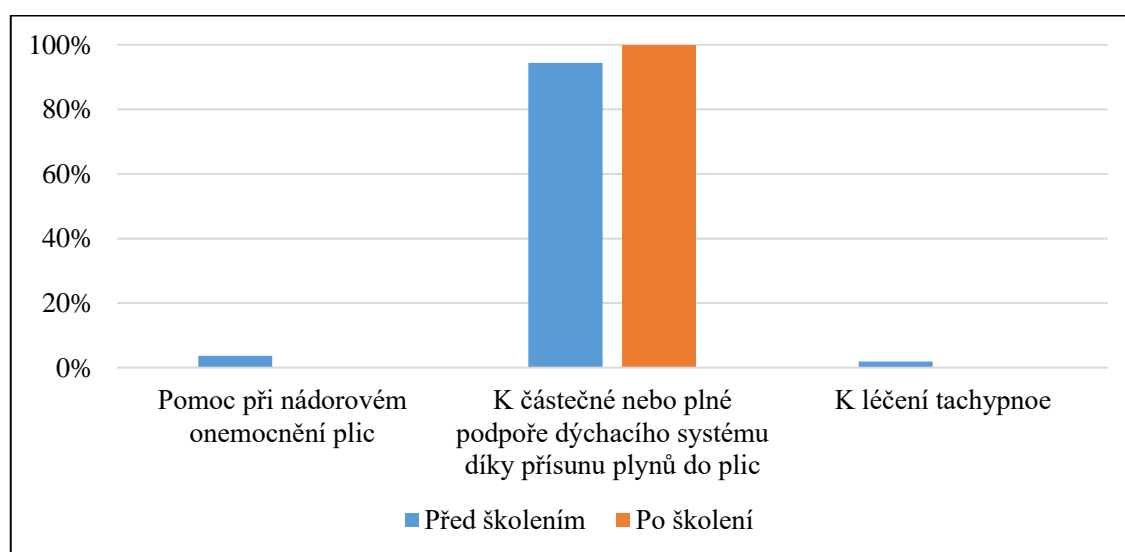


Z otázky č. 4, která se ptala, zda měl respondent možnost obsluhovat, či si vyzkoušet plicní ventilátor během praxe, vyplývá, že 25 (46,3 %) měli tuto možnost a 29 (53,7 %) tuto možnost neměli.

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

Tab. 10 K čemu slouží umělá plicní ventilace

| <b>n = 54</b>  | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Pomoc při nádorovém onemocnění plic  | 2                    | 3,7 %                | 0                      | 0 %                    |
| <b>K částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic</b> | <b>51</b>            | <b>94,4 %</b>        | <b>54</b>              | <b>100 %</b>           |
| K léčení tachypnoe   | 1                    | 1,9 %                | 0                      | 0 %                    |
| $\Sigma$   | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

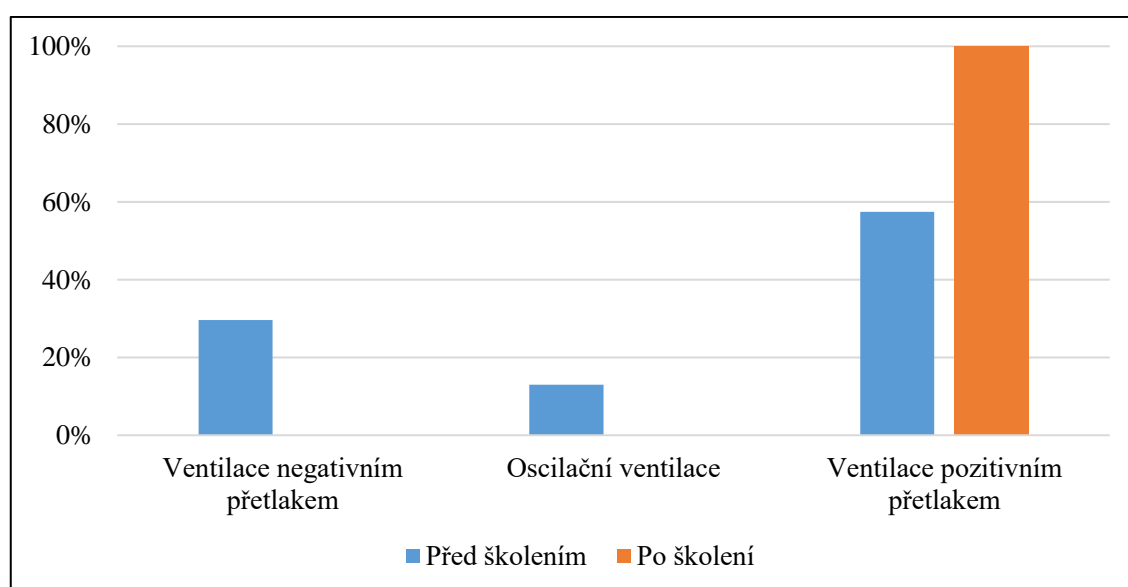


V otázce č. 5 měli respondenti určit, k čemu slouží umělá plicní ventilace. 2 (3,7 %) studenti zvolili pomoc při nádorovém onemocnění plic, 51 (94,4 %) zvolilo, že slouží k částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic a 1 (1,9 %) student uvedl, že slouží k léčení tachypnoe. Po zaškolení uvedlo 54 (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

| <b>n = 54</b>                         | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Ventilace negativním přetlakem        | 16                   | 29,6 %               | 0                      | 0 %                    |
| Oscilační ventilace                   | 7                    | 13,0 %               | 0                      | 0 %                    |
| <b>Ventilace pozitivním přetlakem</b> | <b>31</b>            | <b>57,4 %</b>        | <b>54</b>              | <b>100 %</b>           |
| $\Sigma$                              | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

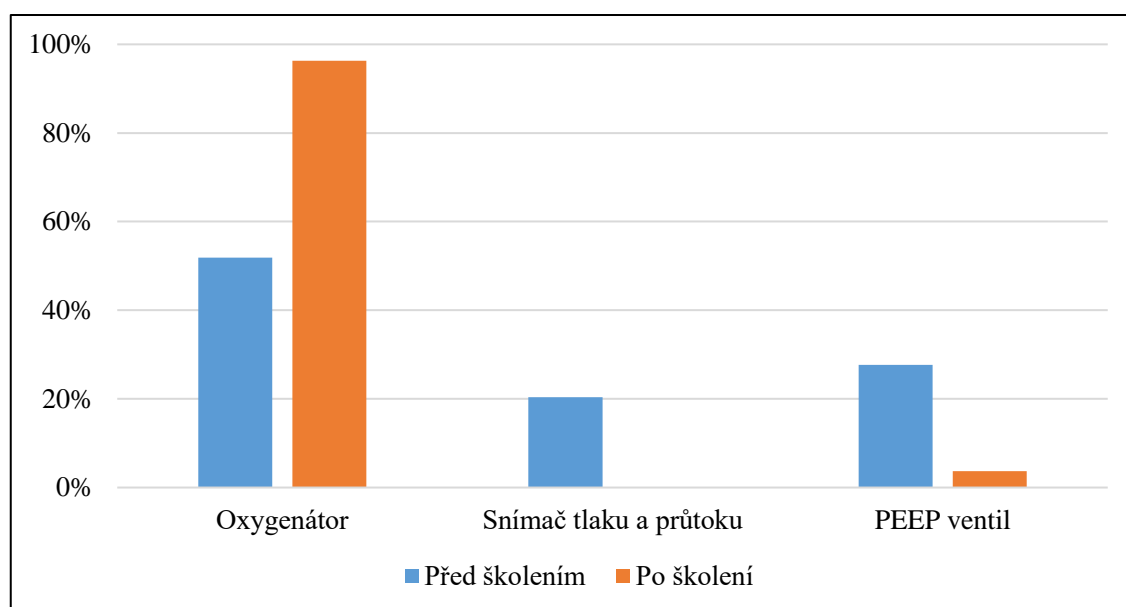


V otázce č. 6 měli dotazovaní určit, který typ ventilace je nejčastěji využíván. Před školením zvolilo 16 (29,6 %) ventilaci pozitivním přetlakem, 7 (13 %) oscilační ventilaci a 31 (57,4 %) ventilaci negativním přetlakem. Po školení zvolilo všech 54 (100 %) respondentů ventilaci pozitivním přetlakem.

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

Tab. 12 Co nepatří mezi části ventilátoru

| <b>n = 54</b>          | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Oxygenátor</b>      | <b>28</b>            | <b>51,9 %</b>        | <b>52</b>              | <b>96,3 %</b>          |
| Snímač tlaku a průtoku | 11                   | 20,4 %               | 0                      | 0 %                    |
| PEEP ventil            | 15                   | 27,7 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| $\Sigma$               | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

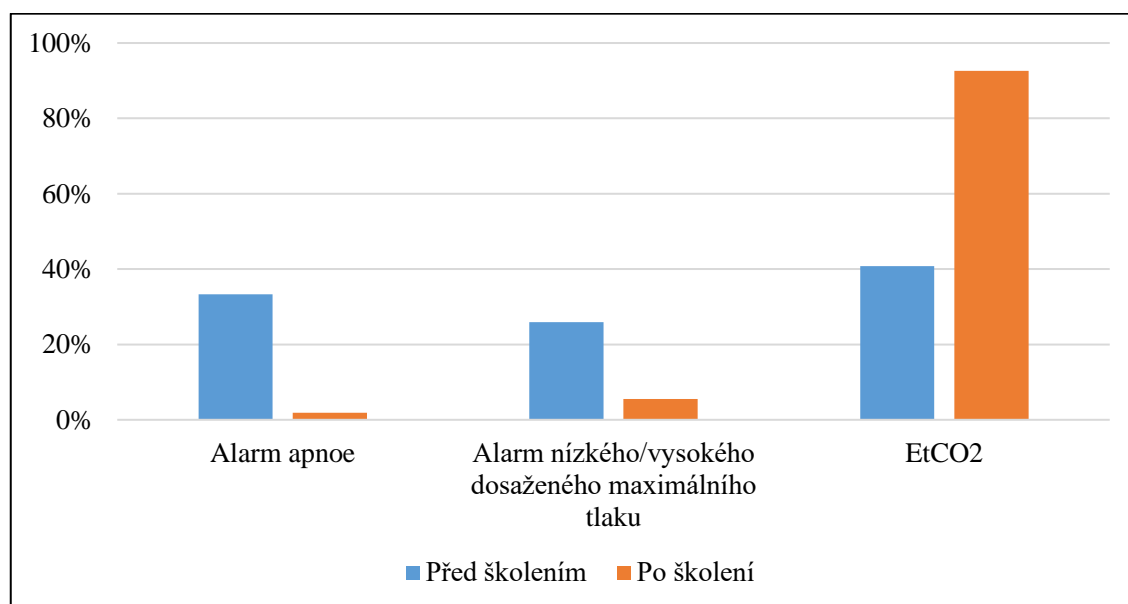


V otázce č. 7 měli respondenti uvést, co nepatří mezi části ventilátoru. Před školením 28 (51,9 %) studentů uvedlo oxygenátor, 11 (20,4 %) snímač tlaku a průtoku, a 15 (27,7 %) zvolilo PEEP ventil. Po školení již zvolilo 52 (96,3 %) studentů oxygenátor a 2 (3,7 %) PEEP ventil.

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

Tab. 13 Jaký alarm nemá plicní ventilátor

| <b>n = 54</b>                                       | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Alarm apnoe   | 18                   | 33,3 %               | 1                      | 1,9 %                  |
| Alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku | 14                   | 25,9 %               | 3                      | 5,5 %                  |
| <b>EtCO<sub>2</sub></b>                             | <b>22</b>            | <b>40,8 %</b>        | <b>50</b>              | <b>92,6 %</b>          |
| <b>Σ</b>  | <b>54</b>            | <b>100 %</b>         | <b>54</b>              | <b>100 %</b>           |

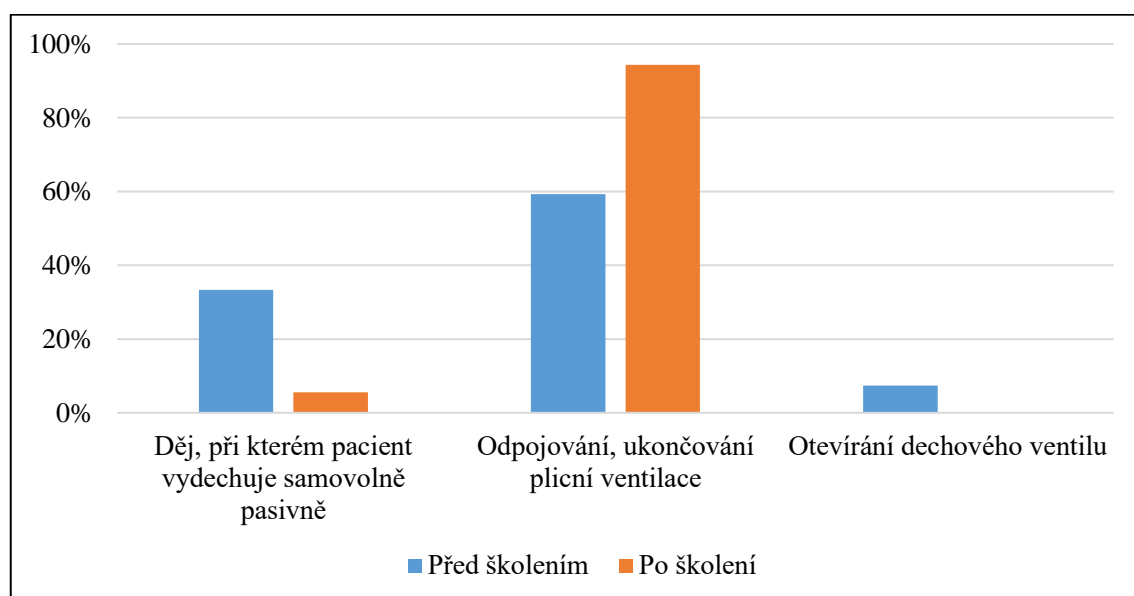


V otázce č. 8 měli studenti určit, jaký alarm nemá plicní ventilátor. Před školením zvolilo 18 (33,3 %) alarm apnoe, 14 (25,9 %) alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku a 22 (40,8 %) EtCO<sub>2</sub>. Po školení zvolil 1 (1,9 %) student alarm apnoe, 3 (5,5 %) studenti alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku a 50 (92,6 %) EtCO<sub>2</sub>.

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

Tab. 14 Co je tzv. „weaning“

| <b>n = 54</b>                                       | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně | 18                   | 33,3 %               | 3                      | 5,6 %                  |
| <b>Odpojování, ukončování plicní ventilace</b>      | <b>32</b>            | <b>59,3 %</b>        | <b>51</b>              | <b>94,4 %</b>          |
| Otevírání dechového ventilu                         | 4                    | 7,4 %                | 0                      | 0 %                    |
| $\Sigma$  | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

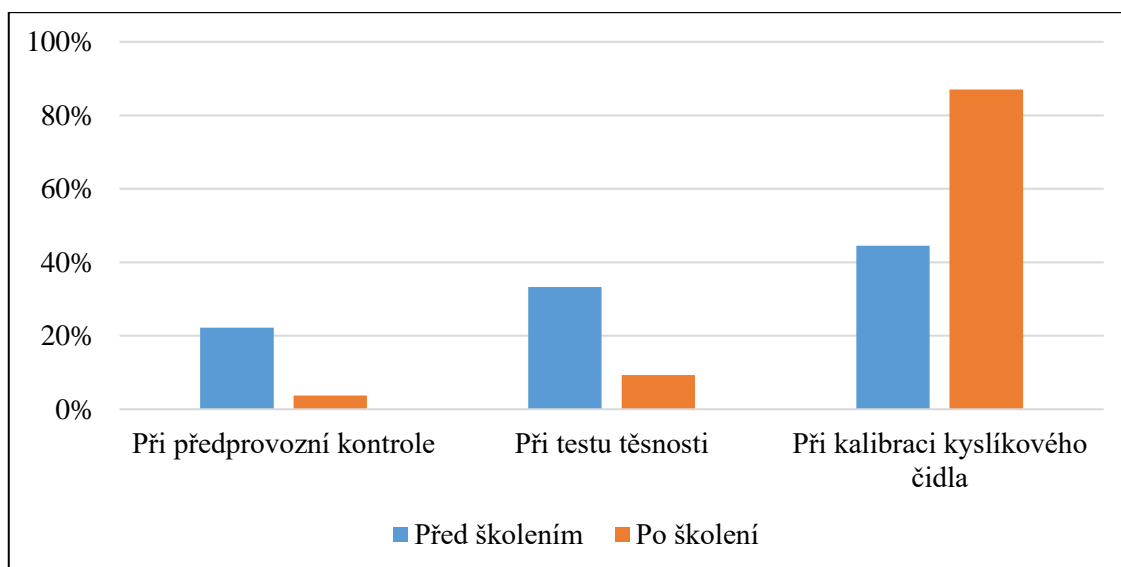


V otázce č. 9 měli studenti vybrat, co je tzv. „weaning.“ Před školení 18 (33,3 %) dotazovaných zvolilo děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně, 32 (59,3 %) zvolilo odpojování, ukončování plicní ventilace a 4 (7,4 %) zvolilo otevírání dechového ventilu. Po zaškolení určili první variantu 3 (5,6 %) studenti a 51 (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

| <b>n = 54</b>                          | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Při předprovozní kontrole              | 12                   | 22,2 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| Při testu těsnosti                     | 18                   | 33,3 %               | 5                      | 9,3 %                  |
| <b>Při kalibraci kyslíkového čidla</b> | <b>24</b>            | <b>44,5 %</b>        | <b>47</b>              | <b>87,0 %</b>          |
| Σ                                      | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

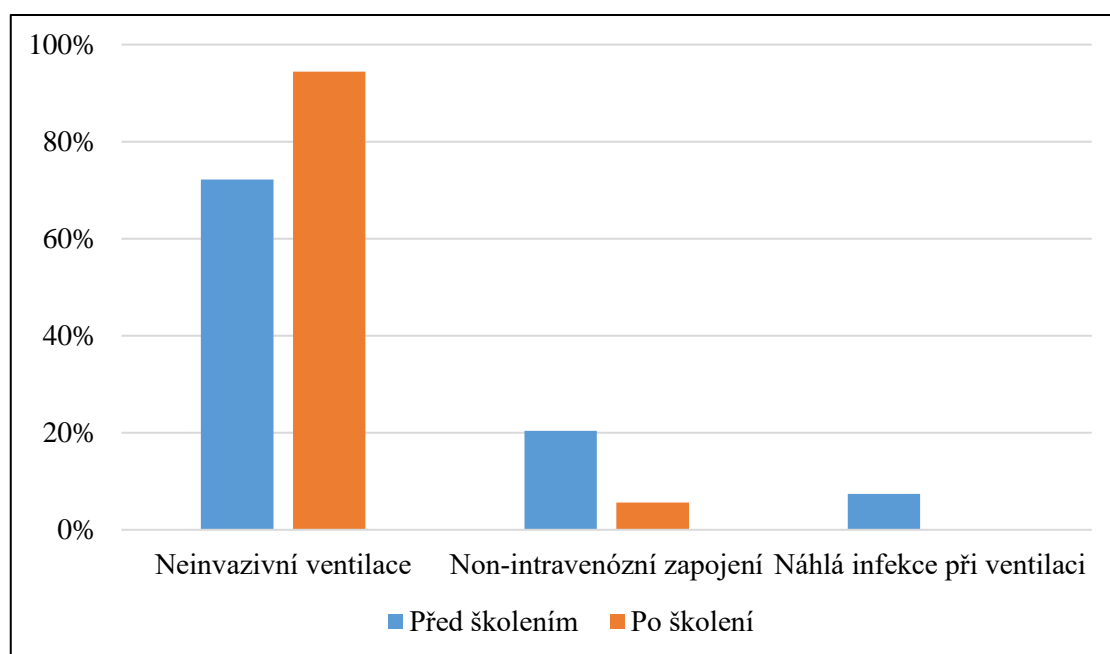


V otázce č. 10 měli dotazovaní rozhodnout, při kterém testu není nutné odpojit pacienta od ventilátoru. Před školením 12 (22,2 %) studentů zvolilo při předprovozní kontrole, 18 (33,3 %) při testu těsnosti a 24 (44,5 %) při kalibraci kyslíkového čidla. Po školení již pouze 2 (3,7 %) zvolili při předprovozní kontrole, 5 (9,3 %) při testu těsnosti a 47 (87 %) při kalibraci kyslíkového čidla.

### 3.3.11 Analýza dotazníkové otázky č. 11: Co je NIV

Tab. 16 Co je NIV

| <b>n = 54</b>                | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Neinvazivní ventilace</b> | <b>39</b>            | <b>72,2 %</b>        | <b>51</b>              | <b>94,4 %</b>          |
| Non-intravenózní zapojení    | 11                   | 20,4 %               | 3                      | 5,6 %                  |
| Náhlá infekce při ventilaci  | 4                    | 7,4 %                | 0                      | 0 %                    |
| $\Sigma$                     | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |



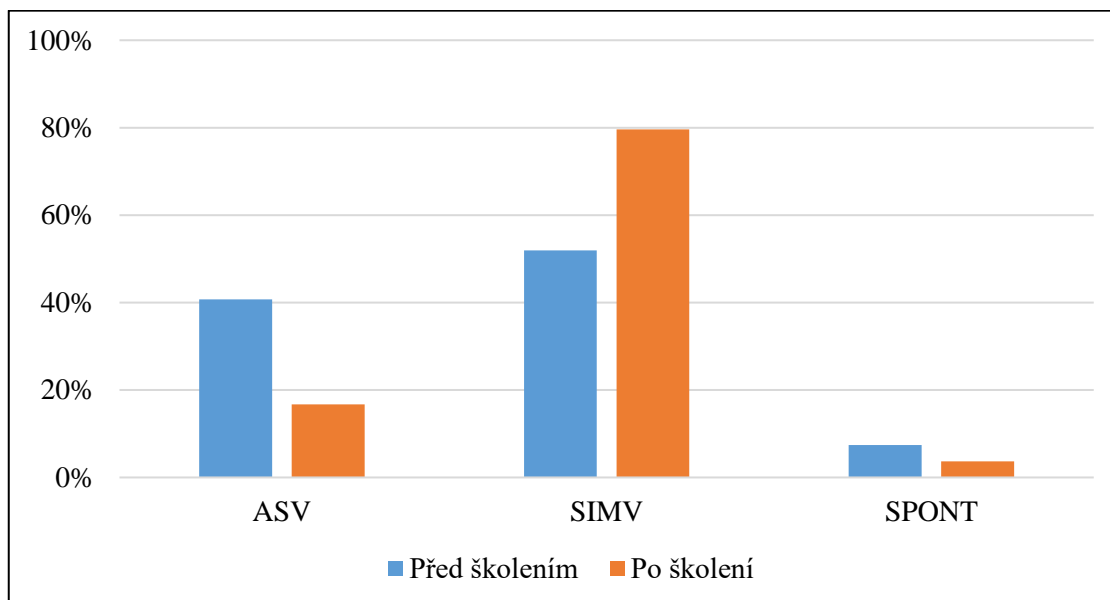
V otázce č. 11 měli studenti určit, co je NIV. Již před školením zvolilo 39 (72,2 %) studentů neinvazivní ventilaci, 11 (20,4 %) non-intravenózní zapojení a 4 (7,4 %) studenti vybrali náhlou infekci při ventilaci. Po školení určilo 51 (94,4 %) dotazovaných neinvazivní ventilaci a 3 (5,6 %) non-intravenózní ventilaci. Náhlou infekci při ventilaci nezvolil 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

| <b>n = 54</b> | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| ASV           | 22                   | 40,7 %               | 9                      | 16,7 %                 |
| <b>SIMV</b>   | <b>28</b>            | <b>51,9 %</b>        | <b>43</b>              | <b>79,6 %</b>          |
| SPONT         | 4                    | 7,4 %                | 2                      | 3,7 %                  |
| Σ             | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

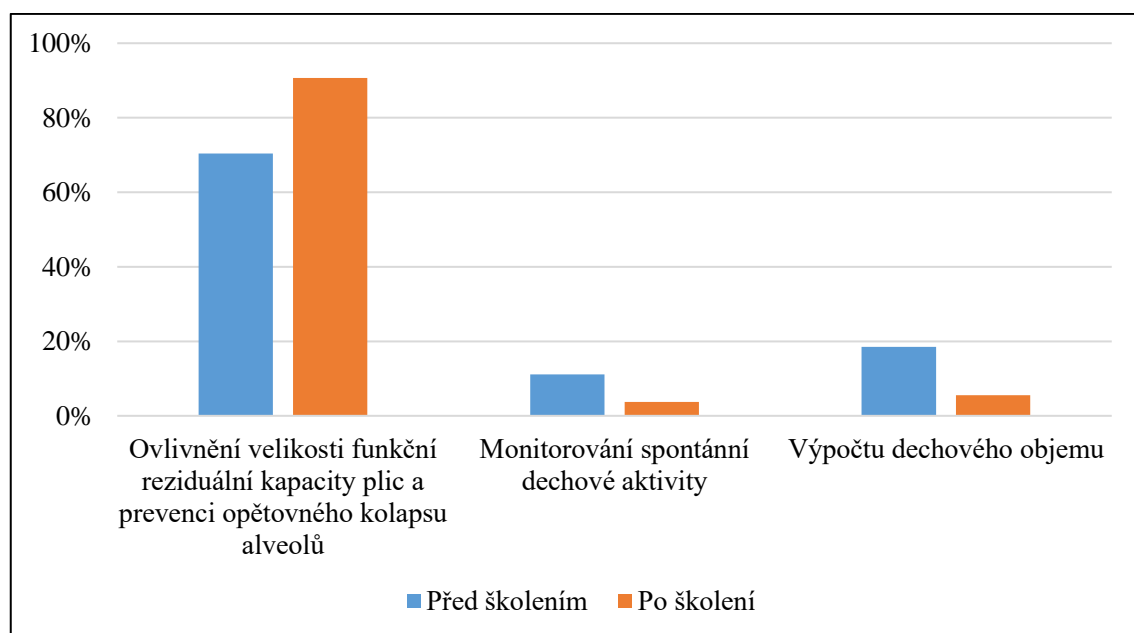


V otázce č. 12 měli respondenti zvolit, který ventilační režim patří do objemově řízených. Před školením určilo 22 (40,7 %) studentů režim ASV, 28 (51,9 %) režim SIMV a režim SPONT zvolili 4 (7,4 %) studenti. Po školení zvolilo 9 (16,7 %) ASV režim, 43 (79,6 %) SIMV režim a 2 (3,7 %) studenti režim SPONT.

### 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

| <b>n = 54</b>   | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovného kolapsu alveolů</b> | <b>38</b>            | <b>70,4 %</b>        | <b>49</b>              | <b>90,7 %</b>          |
| Monitorování spontánní dechové aktivity   | 6                    | 11,1 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| Výpočtu dechového objemu  | 10                   | 18,5 %               | 3                      | 5,5 %                  |
| $\Sigma$  | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

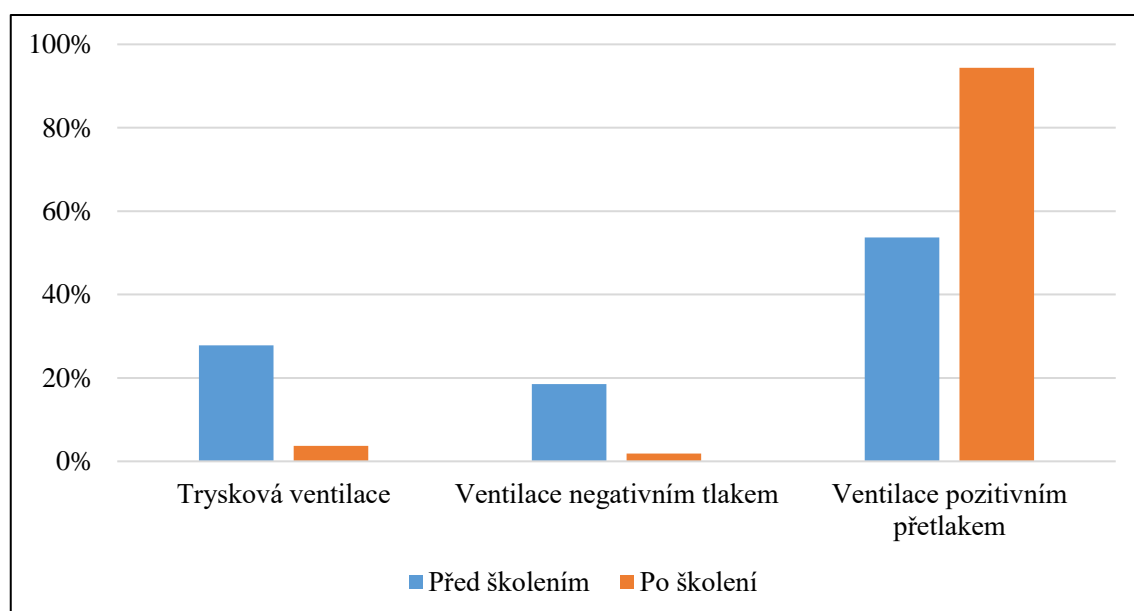


V otázce č. 13 měli dotazovaní rozhodnout, k čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu. Před školením 38 (70,4 %) studentů určilo, že je k ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovnému kolapsu alveolů, 6 (11,1 %) uvedlo monitorování spontánní dechové aktivity a 10 (18,5 %) zvolilo pro výpočet dechového objemu. Po školení první variantu zvolilo 49 (90,7 %) studentů, monitorování zvolili 2 (3,7 %) studenti a výpočet dechového objemu vybrali 3 (5,5 %) studenti.

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

Tab. 19 Co je konvenční UPV

| <b>n = 54</b>                         | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Trysková ventilace                    | 15                   | 27,8 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| Ventilace negativním tlakem           | 10                   | 18,5 %               | 1                      | 1,9 %                  |
| <b>Ventilace pozitivním přetlakem</b> | <b>29</b>            | <b>53,7 %</b>        | <b>51</b>              | <b>94,4 %</b>          |
| $\Sigma$                              | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

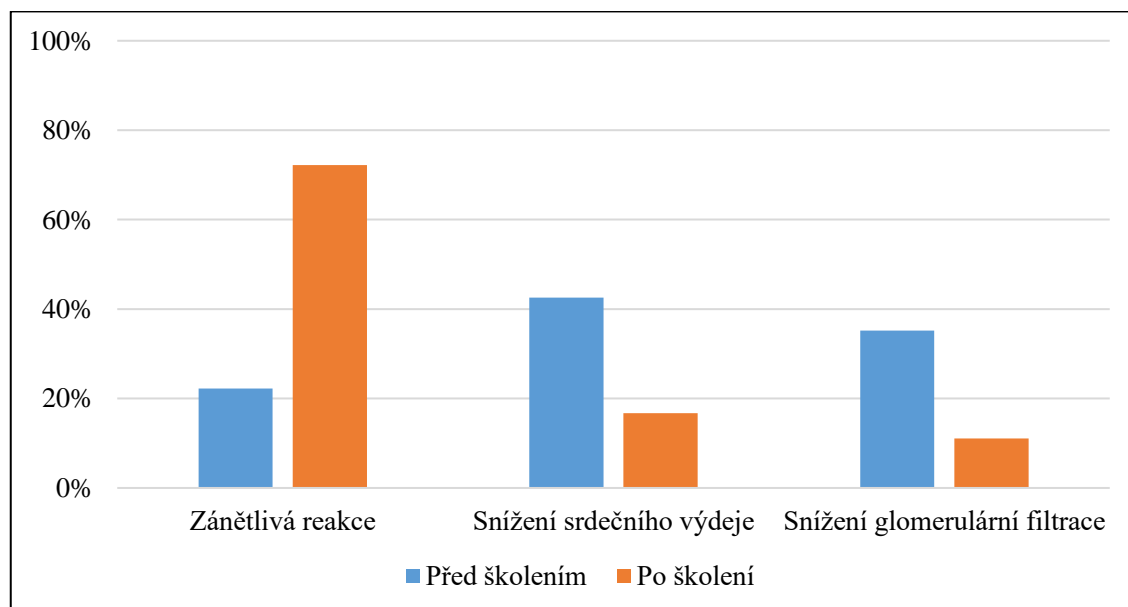


V otázce č. 14 měli studenti určit, co je konvenční UPV. Před školením uvedlo 15 (27,8 %) respondentů tryskovou ventilaci, 10 (18,5 %) ventilaci negativním tlakem a 29 (53,7 %) uvedlo ventilaci pozitivním přetlakem. Po zaškolení tryskovou ventilaci uvedli 2 (3,7 %) studenti, ventilaci negativním tlakem jen 1 (1,9 %) a 51 (94,4 %) studentů zvolilo ventilaci pozitivním přetlakem.

### 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

| <b>n = 54</b>                 | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Zánětlivá reakce</b>       | <b>12</b>            | <b>22,2 %</b>        | <b>39</b>              | <b>72,2 %</b>          |
| Snížení srdečního výdeje      | 23                   | 42,6 %               | 9                      | 16,7 %                 |
| Snížení glomerulární filtrace | 19                   | 35,2 %               | 6                      | 11,1 %                 |
| $\Sigma$                      | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

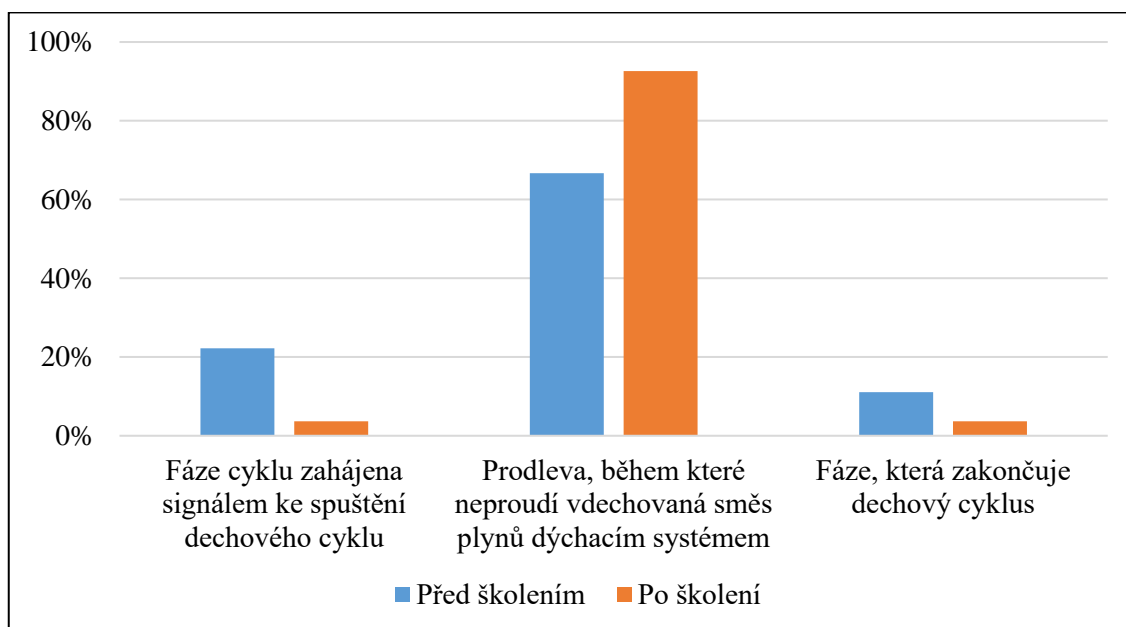


V otázce č. 15 měli studenti zvolit, jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním přetlakem. Před školením zvolilo pouze 12 (22,2 %) dotazovaných zánětlivou reakci, 23 (42,6 %) určilo snížení srdečního výdeje a 19 (35,2 %) snížení glomerulární filtrace. Po zaškolení zvolilo 39 (72,2 %) studentů zánětlivou reakci, 9 (16,7 %) snížení srdečního výdeje a 6 (11,1 %) poslední variantu.

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

Tab. 21 Co je inspirační pauza

| <b>n = 54</b>   | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu                      | 12                   | 22,2 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| <b>Prodleva, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem</b> | <b>36</b>            | <b>66,7 %</b>        | <b>50</b>              | <b>92,6 %</b>          |
| Fáze, která zakončuje dechový cyklus  | 6                    | 11,1 %               | 2                      | 3,7 %                  |
| $\Sigma$  | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

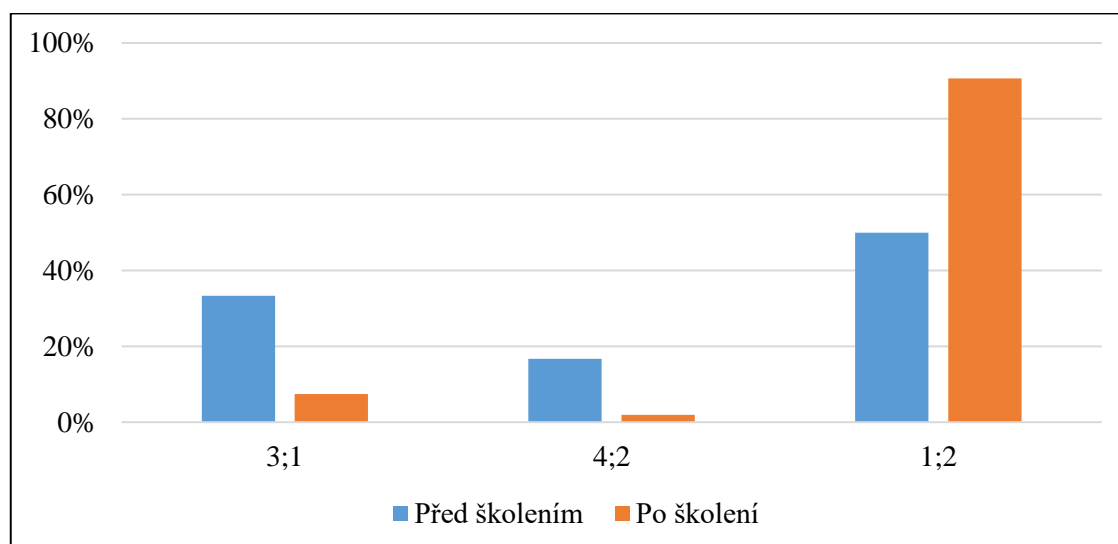


V otázce č. 16 měli studenti určit, co je inspirační pauza. Před školením určilo 12 (22,2 %) odpověď fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu, 36 (66,7 %) zvolilo prodlevu, během které neproudí vdechovaná směs plynů dýchacím systémem a 6 (11,1 %) zvolilo fázi, která zakončuje dechový cyklus. Po zaškolení zvolili první odpověď jen 2 (3,7 %) studenti, poslední také zvolili 2 (3,7 %) a prodlevu zvolilo 50 (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)

| <b>n = 54</b> | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 3:1           | 18                   | 33,3 %               | 4                      | 7,4 %                  |
| 4:2           | 9                    | 16,7 %               | 1                      | 1,9 %                  |
| <b>1:2</b>    | <b>27</b>            | <b>50 %</b>          | <b>49</b>              | <b>90,7 %</b>          |
| $\Sigma$      | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

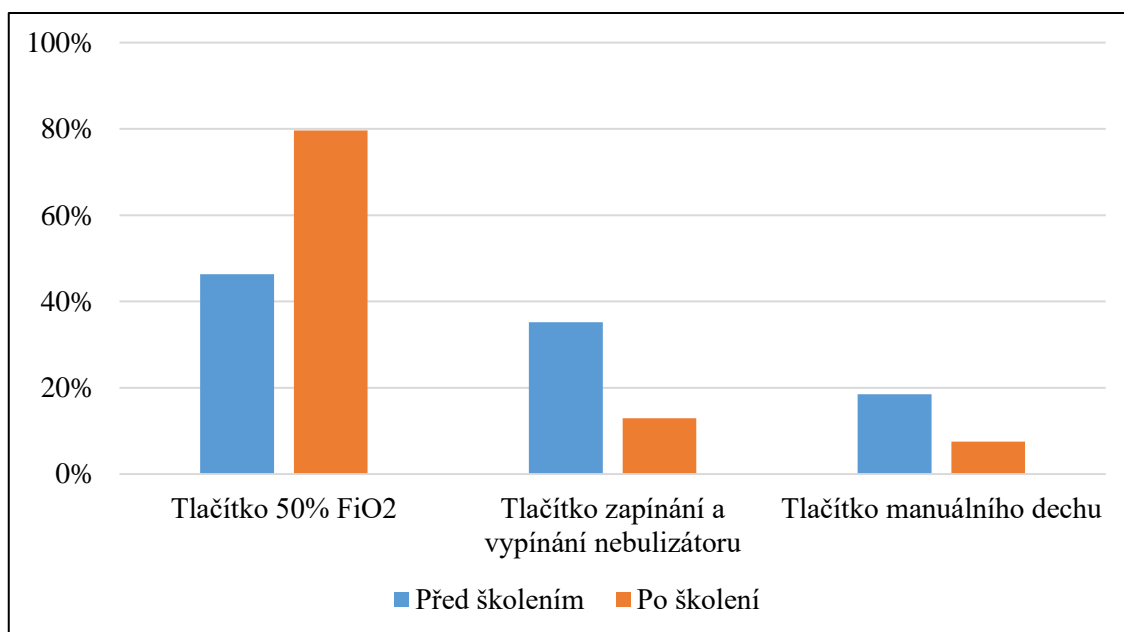


V otázce č. 17 měli studenti rozhodnout jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E. Před školením uvedlo 18 (33,3 %) respondentů 3:1, 9 (16,7 %) poměr 4:2 a 27 (50 %) studentů určilo poměr 1:2. Po školení poměr 3:1 volili 4 (7,4 %) studenti, 4:2 zvolil 1 (1,9 %) student a poměr 1:2 určilo 49 (90,7 %) dotazovaných.

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

Tab. 23 Které tlačítko neobsahuje ovládací panel

| <b>n = 54</b>                             | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Tlačítko 50% FiO<sub>2</sub></b>       | <b>25</b>            | <b>46,3 %</b>        | <b>43</b>              | <b>79,6 %</b>          |
| Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru | 19                   | 35,2 %               | 7                      | 12,9 %                 |
| Tlačítko manuálního dechu                 | 10                   | 18,5 %               | 4                      | 7,5 %                  |
| $\Sigma$                                  | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

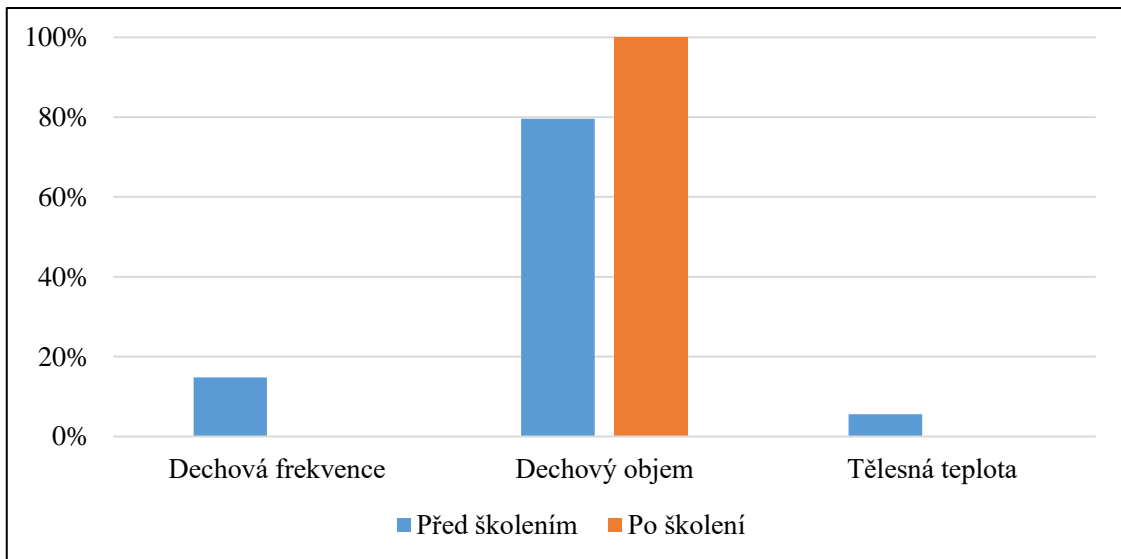


V otázce č. 18 měli studenti zvolit, které tlačítko neobsahuje ovládací panel. Tlačítko 50 % FiO<sub>2</sub> vybralo 25 (46,3 %) respondentů, 19 (35,2 %) zvolilo tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru a 10 (18,5 %) určilo tlačítko manuálního dechu. Po školení první tlačítko zvolilo 43 (79,6 %) studentů, druhé tlačítko 7 (12,9 %) studentů a 4 (7,5 %) studentů zvolilo tlačítko manuálního dechu.

### 3.3.19 Analýza dotazníkové otázky č. 19: Co je Vt

Tab. 24 Co je Vt

| <b>n = 54</b>        | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Dechová frekvence    | 8                    | 14,8 %               | 0                      | 0 %                    |
| <b>Dechový objem</b> | <b>43</b>            | <b>79,6 %</b>        | <b>54</b>              | <b>100 %</b>           |
| Tělesná teplota      | 3                    | 5,6 %                | 0                      | 0 %                    |
| $\Sigma$             | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |



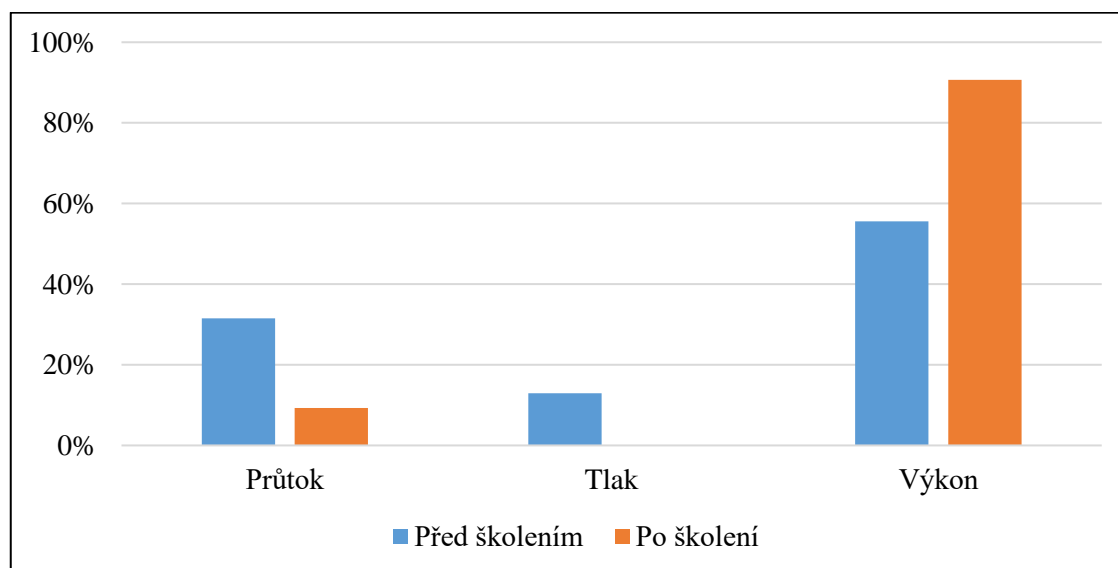
V otázce č. 19 měli respondenti určit, co je Vt. Před školením se 8 (14,8 %) studentů rozhodlo pro dechovou frekvenci, 43 (79,6 %) pro dechový objem a 3 (5,6 %) studenti pro tělesnou teplotu. Po zaškolení již všech 54 (100 %) studentů vybralo dechový objem.



### 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

| <b>n = 54</b> | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Průtok        | 17                   | 31,5 %               | 5                      | 9,3 %                  |
| Tlak          | 7                    | 12,9 %               | 0                      | 0 %                    |
| <b>Výkon</b>  | <b>30</b>            | <b>55,6 %</b>        | <b>49</b>              | <b>90,7 %</b>          |
| Σ             | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |

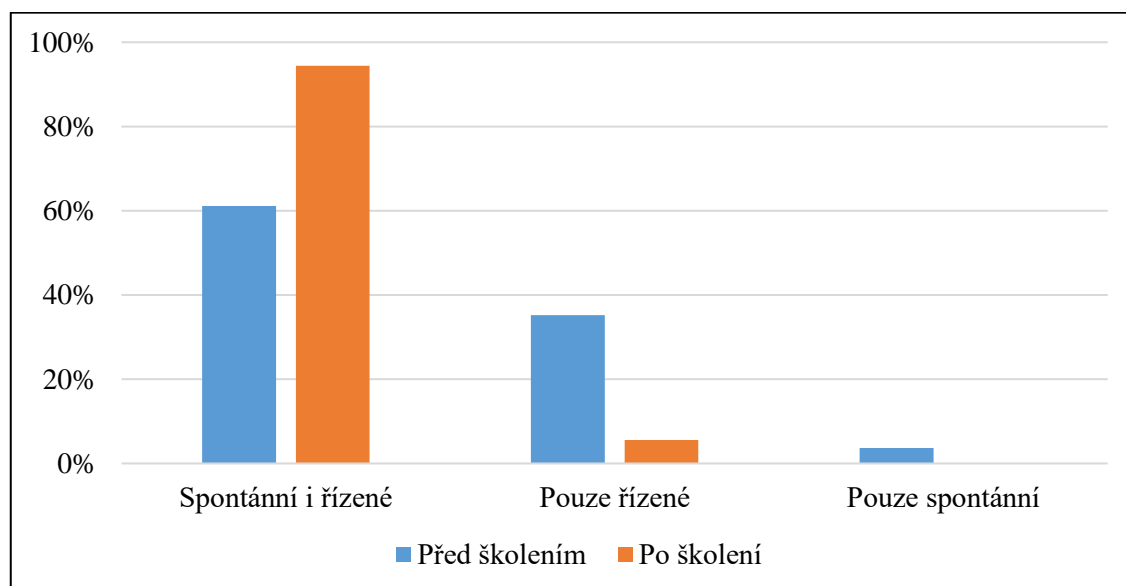


V otázce č. 20 měli dotazovaní rozhodnout, jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu. Před školením určilo průtok 17 (31,5 %) studentů, 7 (12,9 %) určilo tlak a 30 (55,6 %) se rozhodlo pro výkon. Po školení se pro tlak rozhodlo jen 5 (9,3 %) studentů a 49 (90,7 %) pro výkon.

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

Tab. 26 Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV

| <b>n = 54</b>             | <b>n<sub>i</sub></b> | <b>F<sub>i</sub></b> | <b>n<sub>i 2</sub></b> | <b>F<sub>i 2</sub></b> |
|---------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Spontánní i řízené</b> | <b>33</b>            | <b>61,1 %</b>        | <b>51</b>              | <b>94,4 %</b>          |
| Pouze řízené              | 19                   | 35,2 %               | 3                      | 5,6 %                  |
| Pouze spontánní           | 2                    | 3,7 %                | 0                      | 0 %                    |
| $\Sigma$                  | 54                   | 100 %                | 54                     | 100 %                  |



V otázce č. 21 měli studenti určit, jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV. 33 (61,1 %) respondentů před školením zodpovědělo spontánní i řízené, 19 (35,2 %) vybralo pouze řízené dechy a 2 (3,7 %) studenti zvolili pouze spontánní. Po školení zvolilo 51 (94,4 %) studentů spontánní i řízené dechy a pouze řízené vybrali 3 (5,6 %) studenti.

### 3.4 Analýza výzkumných cílů a předpokladů

Na základě dat získaných z dotazníkového šetření byla provedena analýza výzkumných cílů a předpokladů.

**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 | Splněna kritéria | Nesplněna kritéria | Celkem |
|--------------------|------------------|--------------------|--------|
| Otázka č. 5        | 94,4 %           | 5,6 %              | 100 %  |
| Otázka č. 6        | 57,4 %           | 42,6 %             | 100 %  |
| Otázka č. 7        | 51,9 %           | 48,1 %             | 100 %  |
| Otázka č. 8        | 40,8 %           | 59,2 %             | 100 %  |
| Otázka č. 9        | 59,3 %           | 40,7 %             | 100 %  |
| Otázka č. 10       | 44,5 %           | 55,5 %             | 100 %  |
| Otázka č. 11       | 72,2 %           | 27,8 %             | 100 %  |
| Otázka č. 12       | 51,9 %           | 48,1 %             | 100 %  |
| Otázka č. 13       | 70,4 %           | 29,6 %             | 100 %  |
| Otázka č. 14       | 53,7 %           | 46,3 %             | 100 %  |
| Otázka č. 15       | 22,2 %           | 77,8 %             | 100 %  |
| Otázka č. 16       | 66,7 %           | 33,3 %             | 100 %  |
| Otázka č. 17       | 50,0 %           | 50,0 %             | 100 %  |
| Otázka č. 18       | 46,3 %           | 53,7 %             | 100 %  |
| Otázka č. 19       | 79,6 %           | 20,4 %             | 100 %  |
| Otázka č. 20       | 55,6 %           | 44,4 %             | 100 %  |
| Otázka č. 21       | 61,1 %           | 38,9 %             | 100 %  |

|                    |               |        |       |
|--------------------|---------------|--------|-------|
| Aritmetický průměr | <b>57,5 %</b> | 42,5 % | 100 % |
|--------------------|---------------|--------|-------|

**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.

## 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 (100 %) studentů, z toho 30 (55,6 %) z oboru zdravotnický záchranář a 24 (44,4 %) 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 E) a následnému vyplnění identického dotazníku, došlo ke zlepšení u všech 21 (100 %) 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 školením korektně 51 (94,4 %) studentů. 2 (3,7 %) respondenti uvedli nesprávně účel plicní ventilace k pomoci při nádorovém onemocnění plic a 1 (1,9 %) dotazovaný zvolil nesprávně k léčení tachypnoe. Po školení mělo tuto otázku již všech 54 (100 %) 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 31 (57,4 %) studenty. Tato skutečnost je poměrně známá, ve svém textu to uvádí Kettner s Kautznerem (2021). Ventilace negativním přetlakem byla další odpověď v pořadí, kterou určilo nesprávně 16 (29,6 %) dotazovaných. Tento způsob ventilace je sice dle Chlumského (2014) historicky nejstarší, ale již ne nejčastěji užívaný. Variantu oscilační ventilace označilo 7 (13 %) respondentů.

V **sedmé otázce** nás zajímalo, zda respondenti znají části ventilátoru, respektive zda budou schopni určit, co do částí ventilátoru nepatří. Přibližně polovina 28 (51,9 %) dotazovaných určilo správně oxygenátor. Ve výzkumu Šilhána (2019) tuto odpověď vědělo pouze 40 % respondentů. Snímač tlaku a průtoku označilo 11 (20,4 %) studentů a PEEP ventil 15 (27,7 %), ale po školení zvolili tuto odpověď pouze 2 (3,7 %). Zbylá část respondentů již odpověděla správně.

V **otázce č. 8** měli studenti rozhodnout, jaký alarm plicní ventilátor nemá. Jedinou možnou odpovědí byl alarm EtCO<sub>2</sub>, který vybralo 22 (40,8 %) respondentů. Hamilton Medical (2017) ve svém návodu k obsluze plicního ventilátoru Hamilton Medical-G5 veškeré alarmy podrobně popisuje. Alarm apnoe i nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku přístroj obsahuje, přesto tyto odpovědi zvolilo pro apnoe 18 (33,3%) a pro druhý zmiňovaný alarm 14 (25,9 %) respondentů. Po školení vzrostl počet správné odpovědi na 92,6 %. **Devátá otázka** pojednává o termínu „weaning.“ Klimešová a Klimeš (2011) to vysvětlují jako termín pro odpojování a ukončování ventilace a tuto variantu zvolilo správně 32 (59,3 %) dotazovaných. Druhou nejčastěji zvolenou odpovědí byl děj, při kterém pacient vydechuje samovolně. Tato varianta byla nesprávně určena 18 (33,3 %) studenty a 4 (7,4 %) studenti vybrali otevírání dechového ventilu. Pozitivní je, že po zaškolení určilo správnou odpověď 51 (94,4 %) studentů. V odborném výzkumu Kellera s kolektivem (2019) 62 % jeho respondentů správně identifikovalo pacienta vhodného pro odpojení od ventilace.

U **desáté otázky** jsme zjišťovali vědomosti studentů o testech a kalibracích prováděných na přístroji, konkrétně, při kterém testu není nutné pacienta odpojovat. Jak je uvedeno v návodu od firmy Hamilton Medical (2017), pacient nemusí být odpojen od ventilátoru při kalibraci kyslíkového čidla. Před školením vědělo tuto skutečnost 24 (44,4 %) respondentů, po školení se hodnota zvýšila na 87 %. Při předprovozní kontrole pacient přímo musí být od přístroje odpojen, přesto tuto variantu zvolilo 12 (22,2 %) studentů, 18 (33,3 %) určilo nesprávně při testu těsnosti.

U **otázky č. 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 39 (72,2 %) respondentů. Nesprávně byla zvolena irelevantní možnost non-intravenózního zapojení 11 (20,4 %) studenty. K našemu překvapení byli 4 (7,4 %)

studenti, kteří zvolili náhlou infekci při ventilaci. Po školení uvedlo úspěšně odpověď 51 (94,4 %) dotazovaných.

Ve **dvanácté otázce** respondenti rozhodovali, který ventilační režim patří 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 28 (51,9 %) studentů, tedy přibližně polovina všech dotazovaných. Druhým nejvíce voleným režimem byl ASV, určený 22 (40,7 %) studenty. SPONT, spontánní režim s tlakovou podporou vybrali 4 (7,4 %) studenti. Po školení určilo režim správně 43 (79,6 %) studentů, předpokládali jsme větší počet.

V **otázce č. 13** se ptáme, k čemu je v dýchacím okruhu PEEP. 38 (70,4 %) respondentů uvedlo správně, že je k ovlivnění velikosti funkční reziduální kapacity plic a prevenci opětovného kolapsu alveolů. V odborném výzkumu Kellera s kolektivem (2019) uvedlo 65 % respondentů, že používali PEEP správně. PEEP neslouží k výpočtu dechového objemu, tuto variantu však zvolilo 10 (18,5 %) dotazovaných a druhou nesprávnou odpověď monitorování spontánní dechové aktivity určilo studentů 6 (11,1 %). Výsledek po školení byl uspokojivý s počtem správné 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 29 (53,7 %). V jeho výzkumu tuto odpověď vědělo 48 (80 %) dotazovaných. Validitu této odpovědi podkládá Klimeš a Klimešová (2011) i Dostál s kolektivem (2014). 15 (27,8 %) studentů označilo odpověď trysková ventilace, 10 (18,5 %) zvolilo ventilaci negativním tlakem. Školení 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 12 (22,2 %). Nejčastěji zvolenou odpovědí je snížení srdečního výdeje, kterou určilo nesprávně 23 (42,6 %) studentů. Odpověď snížení glomerulární filtrace zvolilo 19 (35,2 %) dotazovaných. 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 36 (66,7 %) studentů. 12 (22,2 %) respondentů nesprávně určilo, že je to fáze cyklu zahájena signálem ke spuštění dechového cyklu. Tato fáze je v textu Dostála a kolektivu (2014) označena jako inspirační fáze, nikoliv jako inspirační pauza. Exspirační fázi, která zakončuje dechový cyklus, zvolilo studentů 6 (11,1 %). Po školení 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 18 (33,3 %) studentů, je dle Klimeše a Klimešové (2011) možný, ale klasickým je 1:2. Tuto odpověď správně označilo přesně 50 % respondentů. Poslední varianta je nesprávný poměr 4:2 a zvolilo ho 9 (16,7 %) dotazovaných. Můžeme porovnat, že školení mělo 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% FiO<sub>2</sub>, kterou zvolilo 25 (46,2 %) studentů. Hamilton Medical (2017) ve svém textu podkládá správnost tohoto údaje. Záludností této otázky bylo, že na panelu není tlačítko 50% FiO<sub>2</sub>, nýbrž 100% FiO<sub>2</sub>. To mohlo způsobit, že po školení volilo správnou odpověď 79,6 % studentů. Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru nesprávně označilo 19 (35,2 %) respondentů, a tlačítko manuálního dechu 10 (18,5 %).

Dechový objem V<sub>t</sub>, který je podstatou **19. otázky**, správně určilo již před školením 43 (79,6 %) dotazovaných. Keller s kolektivem (2019) ve svém výzkumu uvádí, že pouze 52 % jeho respondentů použilo správný dechový objem. Dechová frekvence je úplně jiná veličina, zvolením této odpovědi tedy zodpovědělo 8 (14,8 %) studentů nesprávně. To samé platí u tělesné teploty, kterou přesto označili 3 (5,6 %) studenti. Výsledek této otázky po zaškolení 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 30 (55,6 %) respondentů. Druhou nejčastěji volenou veličinou byl průtok s 17 (31,5 %) odpověďmi studentů. Poslední veličinu tlaku označilo 7 (12,9 %) dotazovaných. 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. 33 (61,1 %) studentů označilo tuto odpověď správně. Pouze řízené dechy vybralo 19 (35,2 %) respondentů a pouze spontánní zvolili jen 2 (3,7 %) studenti. Po proškolení 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 pravidelná školení jsou opodstatněná a mají význam. Výzkum potvrdil, že znalosti studentů nelékařských zdravotnických oborů před provedením školení nebyly zcela dostačující. Z tohoto důvodu bychom doporučovali realizovat pravidelná školení pro studenty. Uvědomujeme si časovou náročnost těchto školení, proto navrhuje například školení o obsluze plicního ventilátoru formou interaktivních simulací, či pomocí instruktážního videa od výrobce nebo od jiné odborně způsobilé osoby, která má povolení vést instruktáž o přístroji.

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 (příloha E) studentům skutečně pomohl k ucelení znalostí a získání základních vědomostí v této problematice. 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 školení. Pokud by se tato výjimečná situace opakovala, doporučujeme již zmíněný krátký dokument o seznámení s ventilátorem, 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, její historii, cíle a indikace, formy ventilace, technický popis přístroje či komplikace spojené s používáním. V teoretické části využíváme poznatků z odborné literatury. Druhá podkapitola stručně popisuje zákon č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a zákon č. 89/2021 Sb. Na konci této kapitoly jsou shrnuty hlavní rozdíly dvou výše uvedených zákonů. Poslední část teoretické části jsme věnovali osnově pro zaškolení. Dle uživatelských 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. 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 školením 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 pravidelná školení mají pro studenty význam.

## 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](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](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.

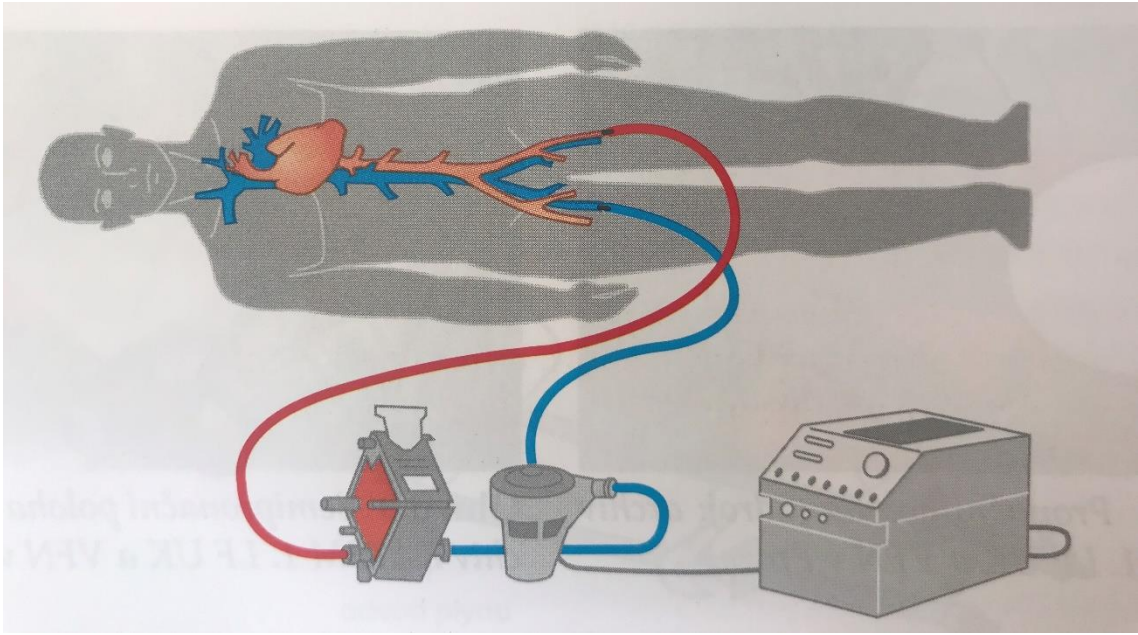
## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1 Indikace k použití UPV.....  | 17 |
| Tab. 2 Stav dýchacího systému pro odpojení.....   | 26 |
| Tab. 3 Stav kardiovaskulárního systému pro odpojení.....  | 26 |
| Tab. 4 Tlačítka na ovládacím panelu.....  | 39 |
| Tab. 5 Ventilační režimy.....   | 41 |
| Tab. 6 Studovaný obor respondentů.....  | 46 |
| Tab. 7 Ročník studia.....   | 47 |
| Tab. 8 Setkání s plicním ventilátorem v minulosti.....  | 47 |
| Tab. 9 Možnost obsluhy během praxe.....   | 48 |
| Tab. 10 K čemu slouží umělá plicní ventilace.....   | 49 |
| Tab. 11 Který typ ventilace je nejvíce využíván.....  | 50 |
| Tab. 12 Co nepatří mezi části ventilátoru.....  | 51 |
| Tab. 13 Jaký alarm nemá plicní ventilátor.....  | 52 |
| Tab. 14 Co je tzv. „weaning“.....   | 53 |
| Tab. 15 Při kterém testu není nutné odpojovat pacienta od ventilátoru.....                        | 54 |
| Tab. 16 Co je NIV.....  | 55 |
| Tab. 17 Který ventilační režim patří do objemově řízených.....                                    | 56 |
| Tab. 18 K čemu je tzv. PEEP v dýchacím okruhu.....  | 57 |
| Tab. 19 Co je konvenční UPV.....  | 58 |
| Tab. 20 Jaké nežádoucí účinky nemohou vzniknout vlivem ventilace pozitivním<br>přetlakem.....     | 59 |
| Tab. 21 Co je inspirační pauza.....   | 60 |
| Tab. 22 Jaký je klasický nastavený poměr délky nádechu a výdechu I:E<br>(inspirium:expirium)..... | 61 |
| Tab. 23 Které tlačítko neobsahuje ovládací panel.....   | 62 |
| Tab. 24 Co je Vt.....   | 63 |
| Tab. 25 Jaká proměnná veličina nelze nastavit na kontrolním panelu.....                           | 64 |
| Tab. 26 Jaké dechy umožňuje ventilační režim SIMV.....  | 65 |
| Tab. 27 Analýza výzkumného předpokladu.....   | 67 |

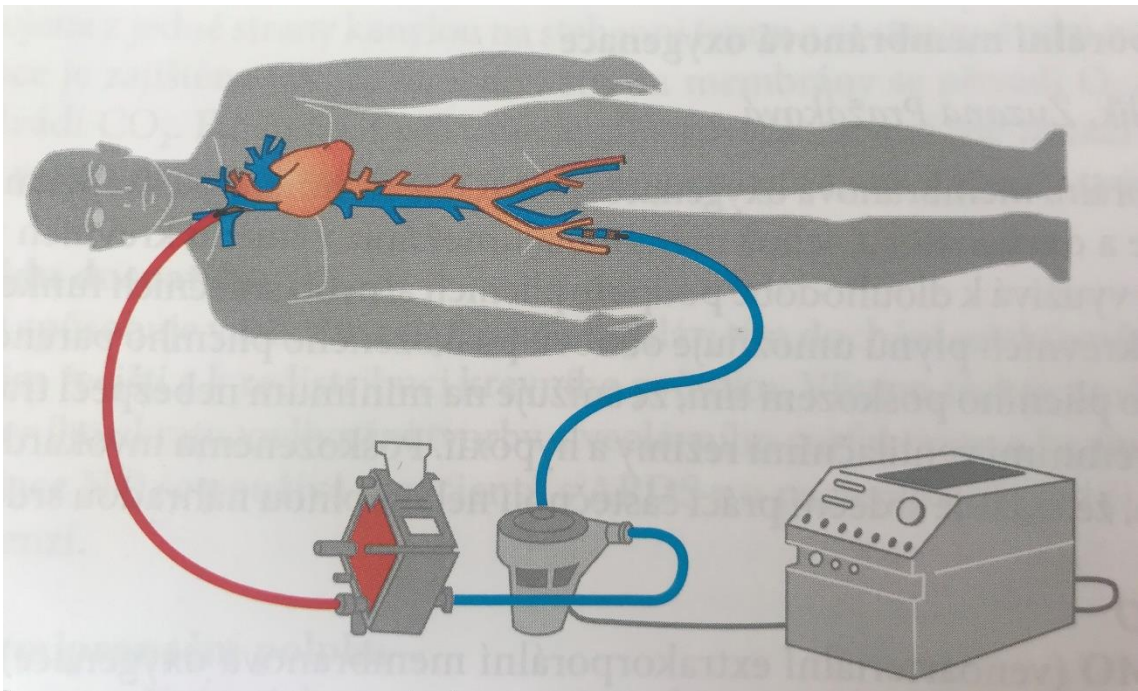
## Seznam příloh

|                  |                                   |    |
|------------------|-----------------------------------|----|
| <b>Příloha A</b> | Zapojení VA ECMO a VV ECMO.....   | 75 |
| <b>Příloha B</b> | Fáze dechového cyklu.....         | 76 |
| <b>Příloha C</b> | Protokol k realizaci výzkumu..... | 77 |
| <b>Příloha D</b> | Dotazník.....                     | 78 |
| <b>Příloha E</b> | Seznámení s ventilátorem.....     | 82 |

## Příloha A Zapojení VA ECMO a VV ECMO



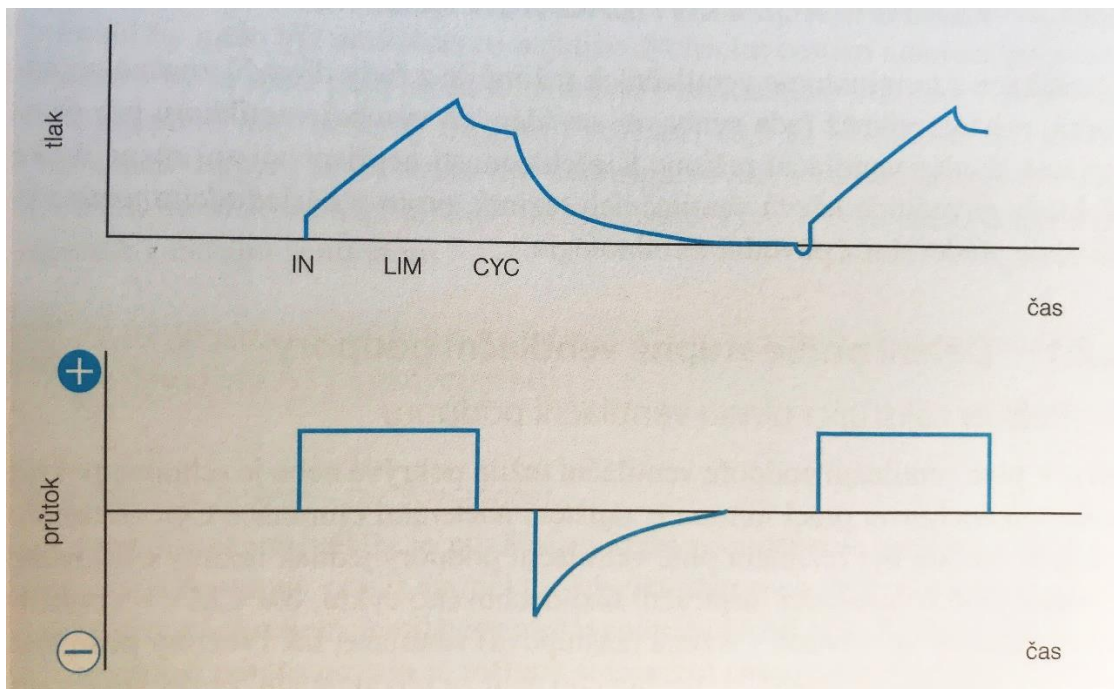
Obr. 1 Zapojení VA ECMO. Převzato z (Bartůněk et al., 2016, s. 234)



Obr. 2 Zapojení VV ECMO. Převzato z (Bartůněk et al., 2016, s. 234)



## Příloha B Fáze dechového cyklu



Obr. 3 Fáze dechového cyklu (Dostál et al., 2014, s. 97)

## Příloha C Protokol k realizaci výzkumu



### PROTOKOL K REALIZACI VÝZKUMU

|  |   |  |
|--|---|--|
| Jméno a příjmení studenta:   | Pavína Akmanová   |  |
| Osobní číslo studenta:   | D18000098   |  |
| Univerzitní e-mail studenta:   | pavina.akmanova@tul.cz  |  |
| Studijní program:  | Biomedicínská technika  |  |
| Ročník:  | 3   |  |
| <b>Kvalifikační práce</b>  |   |  |
| Téma kvalifikační práce:   | Školení studentů nelékařských zdravotnických oborů v obsluze plicního ventilátoru               |  |
| Kvalifikační práce:  | <input checked="" type="checkbox"/> bakalářská <input type="checkbox"/> diplomová               |  |
| Jméno vedoucího kvalifikační práce:  | Mgr. Tomáš Dudich   |  |
| Metoda a technika výzkumu:   | kvantitativní   |  |
| Soubor respondentů:  | Cca 50  |  |
| 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              |  |
| <b>Prohlášení studenta</b>   |   |  |
| <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 type="checkbox"/> souhlasím <input type="checkbox"/> nesouhlasím                         |  |
| Podpis studenta:   |   |  |
| Podpis vedoucího práce:  |   |  |
| Podpis vedoucího pracovníka instituce:   | Technická univerzita v Liberci<br>Fakulta zdravotnických studií<br>Studentské 2, 461 17 Liberec |  |
| Podpis vedoucího pracovníka dílčího pracoviště:  |   |  |



## **Příloha D     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 Školení studentů nelékařských zdravotnických oborů 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:
- a) Pomoc při nádorovém onemocnění plic
  - b) K částečné nebo plné podpoře dýchacího systému díky přísunu plynů do plic
  - c) K léčení tachypnoe
- 6) Který typ ventilace je nejvíce využíván:
- a) Ventilace negativním přetlakem
  - b) Oscilační ventilace
  - c) Ventilace pozitivním přetlakem
- 7) Co nepatří mezi části ventilátoru:
- a) Oxygenátor
  - b) Snímač tlaku a průtoku
  - c) PEEP ventil
- 8) Jaký alarm nemá plicní ventilátor:
- a) Alarm apnoe
  - b) Alarm nízkého/vysokého dosaženého maximálního tlaku
  - c) EtCO<sub>2</sub>
- 9) Co je tzv. „weaning“:
- a) Děj, při kterém pacient vydechuje samovolně pasivně
  - b) Odpojování, ukončování plicní ventilace
  - c) Otevírání dechového ventilu
- 10) Při kterém testu není nutné odpojovat pacienta od ventilátoru:
- a) Při předprovozní kontrole
  - b) Při testu těsnosti
  - c) Při kalibraci kyslíkového čidla
- 11) Co je NIV:
- a) Neinvazivní ventilace
  - b) Non-intravenózní zapojení
  - c) Náhlá infekce při ventilac

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:expirium):

- a) 3:1
- b) 4:2
- c) 1:2

18) Které tlačítko neobsahuje ovládací panel přístroje:

- a) Tlačítko 50% FiO<sub>2</sub>
- b) Tlačítko zapínání a vypínání nebulizátoru
- c) Tlačítko manuálního dechu

19) Co je Vt:

- 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 E 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 nitrohruční 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 CO<sub>2</sub> 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 % FiO<sub>2</sub>, 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 O<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub>, 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 O<sub>2</sub> a vzduchu, čidlo O<sub>2</sub> 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 O<sub>2</sub>.

**(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 O<sub>2</sub>. 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 FiO<sub>2</sub> 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](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 FiO<sub>2</sub> 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. Vt). PEEP nastavíte také přes nastavení, stejně jako I:E, rozsah PEEP činí 0 až 50 cmH<sub>2</sub>O.

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](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](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.