

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

ÚSTAV ZDRAVOTNICKÉHO ZÁCHRANÁŘSTVÍ A INTENZIVNÍ PÉČE

Vítek Nieslanik

**Umělá plicní ventilace v přednemocniční péči z pohledu
zdravotnického záchranáře**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Jarušek, MBA

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem uvedenou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. června 2023

Vítek Nieslaník

Děkuji Mgr. Vladimíru Jaruškovi, MBA za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace:

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Umělá plicní ventilace

Název práce: Umělá plicní ventilace v přednemocniční péči z pohledu zdravotnického záchranáře

Název práce v AJ: Artificial ventilation in pre-hospital care from the paramedic perspective

Datum zadání: 24. 11. 2022

Datum odevzdání: 30. 6. 2023

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Autor práce: Vítek Nieslanik

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Jarušek, MBA

Oponent práce:

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce se zabývá metodami využití umělé plicní ventilace v přednemocniční neodkladné péči. Cílem přehledové bakalářské práce je předložit aktuální dohledané poznatky týkající se umělé plicní ventilace v přednemocniční neodkladné péči z pohledu zdravotnického záchranáře. Cíle jsou rozděleny do dvou kapitol, kdy obě kapitoly tvoří rešeršní činnost. Předložené poznatky jsou dohledány v elektronických databázích Google Scholar, PubMed a EBSCO.

Abstrakt v AJ: This bachelor thesis is focused on artificial ventilation in prehospital care. The aim of this summarising bachelor thesis is to present current findings of mechanical ventilation in prehospital care from paramedic point of view. Aims are divided into two chapters, with both chapters consisting in research. The presented current findings were searched in electronic databases such as PubMed, Google scholar and EBSCO.

Klíčová slova v ČJ: mechanická ventilace, manuální ventilace, přednemocniční péče, umělá plicní ventilace, kapnometrie, záchranáři, dospělí pacienti, pediatričtí pacienti

Klíčová slova v AJ: mechanical ventilation, manual ventilation, prehospital care, artificial ventilation, capnometry, paramedic, adult patients, pediatric patients

Rozsah: 43 stran

Obsah

Úvod	7
1 Popis rešeršní činnosti	9
2 Umělá plicní ventilace.....	12
2.1 Neinvazivní ventilace	16
3 Ventilace křísícím vakem.....	22
3.1 Volba vhodného resuscitačního vaku	25
3.2 Ventilační péče u pediatrických pacientů	28
3.3 Srovnání ventilačních metod	29
4 Význam a limitace dohledaných poznatků.....	31
Závěr.....	33
Referenční seznam.....	35
Seznam zkratk.....	41
Seznam tabulek.....	43

Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zabývá problematikou umělé plicní ventilace v přednemocniční neodkladné péči z pohledu zdravotnického záchranáře. Dýchání je jednou ze základních životních funkcí. V případě jeho zástavy je nutné mechanickou výměnu plynů nahradit anebo obnovit spontánní ventilaci, aby nedošlo ke smrti organismu. U pacientů s akutní respirační nedostatečností je mechanická ventilace nástrojem k dostatečné výměně krevních plynů. Zdravotnický záchranář musí respirační nedostatečnost správně diagnostikovat a provést opatření, která povedou k její kompenzaci. Při transportu takto postiženého pacienta je správná ventilační podpora klíčovým faktorem pro další fyziologické fungování organismu. Důsledkem nesprávné ventilace vznikají komplikace, které vedou k hypoventilaci nebo hyperventilaci pacienta a následně k rozvoji respirační insuficience. Pro ventilaci pacienta ve zdravotnické záchranné službě se používá křísící vak nebo mechanický přenosný ventilátor. Vyhláška č. 55/2011 Sb., která stanovuje kompetence zdravotnického záchranáře uvádí, že zdravotnický záchranář bez odborného dohledu a bez indikace lékaře zahajuje kardiopulmonální resuscitaci a dále bez odborného dohledu na základě indikace lékaře zajišťuje přístrojovou ventilaci parametry určenými lékařem. Její správné použití může snížit riziko vzniku barotraumatů a dále snížit riziko vzniku komplikací jako je například pneumothorax a ventilátorová pneumonie. Uplatnění umělé plicní ventilace nacházíme hlavně v nemocničních zařízeních na jednotkách anesteziologicko-resuscitační a intenzivní medicíny, a také v přednemocniční neodkladné péči. Jako u jiné problematiky v medicíně, i tato oblast zaznamenala v posledních několika letech významný rozvoj, například rozšíření domácí neinvazivní ventilace v léčbě chronického hyperkapnického respiračního selhávání. V souvislosti s touto problematikou je možno si položit otázku: Jaké jsou aktuální publikované poznatky o umělé plicní ventilaci v přednemocniční neodkladné péči?

Cílem této bakalářské práce je sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o umělé plicní ventilaci v přednemocniční neodkladné péči z pohledu zdravotnického záchranáře. Cíl bakalářské práce je dále specifikován v následujících dílčích cílech:

1. Sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o používání umělé plicní ventilace v prostředí přednemocniční péče z pohledu zdravotnického záchranáře.

2. Sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o ventilaci křísícím vakem v prostředí přednemocniční péče a porovnat efektivitu ventilace křísícím vakem a ventilátorem.

Před tvorbou bakalářské práce byly prostudovány následující publikace:

Seznam vstupní literatury:

BAEZ, Amado et al. 2022 Prehospital Mechanical Ventilation: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 88-95 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1994676

STEPHENS, Robert et al. 2019 Mechanical Ventilation in the Prehospital and Emergency Department Environment. *Respiratory Care* [online]. 2019, 64(5), 595-603 [cit. 2023-04-23]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: doi:10.4187/respcare.06888

FICHTNER, Falk et al. Clinical Guideline for Treating Acute Respiratory Insufficiency with Invasive Ventilation and Extracorporeal Membrane Oxygenation: Evidence-Based Recommendations for Choosing Modes and Setting Parameters of Mechanical Ventilation. *Respiration* [online]. 2019, 98(4), 357-372 [cit. 2023-04-23]. ISSN 0025-7931. Dostupné z: doi:10.1159/000502157

LYNG John W. et al. Prehospital Manual Ventilation: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 23-31 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1981506

WALTER, James M. et al. Invasive Mechanical Ventilation. *Southern Medical Journal* [online]. 2018, 111(12), 746-753 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1541-8243. Dostupné z: doi:10.14423/SMJ.0000000000000905

1 Popis rešeršní činnosti

Vyhledávací kritéria

Klíčová slova v češtině: mechanická ventilace, manuální ventilace, přednemocniční péče, umělá plicní ventilace, kapnometrie, záchranáři, dospělí pacienti, pediatričtí pacienti

Klíčová slova v angličtině mechanical ventilation, manual ventilation, prehospital care, artificial ventilation, capnometry, paramedic, pediatric patients, adult patients

Jazyk: čeština, angličtina

Období: 2013-2023

Další kritéria: recenzovaná periodika, plné texty

Databáze

EBSCO, Google Scholar, PubMed

Nalezeno

743 článků

Vyřazující kritéria

Duplicitní články, kvalifikační práce, články neodpovídající tématu

Sumarizace využitých databází a dohledaných dokumentů

EBSCO: 8

Google Scholar: 17

PubMed: 20

Sumarizace vybraných nejvýznamnějších dohledaných periodik s IF a dokumentů

Anesthesiology – 1
Air Medical Journal – 1
Anaesthesia – 3
British Journal of Anaesthesia – 1
Canadian Journal of Anesthesia – 1
Chest – 2
Children – 1
Cureus – 1
Cochrane Database of Systematic Reviews – 1
Critical Care Medicine – 1
Current Opinion in Critical Care – 1
Emergency Medicine Journal – 1
European Respiratory Journal – 1
Heart & Lung – 1
Indian Journal of Anaesthesia – 1
Internal Medicine – 1
Journal of Applied Physiology – 1
Journal of Clinical Medicine – 2
Journal of Clinical Nursing – 1
Medicine – 1
Pediatric emergency care – 1
Prehospital and Disaster Medicine – 2
Prehospital emergency care – 5
Resuscitation – 3
Respiration – 1
Respiratory Care – 2
Southern Medical Journal – 1
The American Journal of Emergency Medicine – 3
The Lancet Respiratory Medicine – 1
Western Journal of Emergency Medicine – 1

Počet použitých dokumentů

Pro tvorbu bakalářské práce bylo použito 45 dohledaných článků z výše uvedených databází. Dále byla použita národní legislativa, a to konkrétně vyhláška č. 55/2011 Sb.

Všechny použité zdroje jsou uvedeny v referenčním seznamu.

2 Umělá plicní ventilace

Emergentní stavy spojené s dušností jsou velice častou indikací k výjezdům zdravotnické záchranné služby. Respirační selhání bývá komplexním problémem s různorodou etiologií. Od zdravotnického záchranáře se očekává provedení vhodných léčebných opatření k zajištění co nejlepší oxygenace organismu a stabilizace základních životních funkcí. V případě potřeby podpory nebo náhrady ventilace je cílem zdravotnického záchranáře zajištění co nejlepší ventilační péče. (El Sayed et al. 2018, 763-768) Podle doporučení evropské resuscitační rady je v kritických situacích, u pacientů s respiračními problémy, první volbou ventilace pomocí křísícího vaku. (Perkins et al. 2021, s. 1-60) Rizika, která vznikají při nesprávně prováděné ventilaci křísícím vakem jsou hyper- nebo hypoventilace, variabilní dechové objemy, barotrauma a další. (Baez et al. 2022, s. 88-95) Mechanická ventilace je schopna přístrojově pomocí ventilátoru zajistit náhradu průtoku vzduchu dýchacími cestami. (Walter et al. 2018, s. 746-753) Výhodou použití ventilátoru je zlepšení oxygenace pacienta pomocí přesně dodané frakce vdechovaného kyslíku (FiO_2) a pozitivního tlaku na konci výdechu (PEEP). Zároveň pomocí přesně nastavených hodnot minutové ventilace a limitací ventilačních tlaků pomáhá k dosažení konzistentních ventilačních parametrů a snížení rizika vzniku potenciálních komplikací. (Baez et al. 2022, s. 88-95) Podle statistik NEMESIS (US National Emergency Medical Services Information System) je ventilátor nejčastěji používán při léčbě dechové tísně, poruch srdečního rytmu, snížené úrovně vědomí a srdeční zástavy. (El Sayed et al. 2018, 763-768) Použití umělé plicní ventilace vede také ke snížení metabolických potřeb pacienta při dýchání a zlepšuje redistribuci průtoku krve z dýchacích svalů do jiných tkání, například u pacientů v šoku. (Walter et al. 2018, s. 746-753) PEEP (positive end expiration pressure) je pozitivní tlak v dýchacích cestách na konci výdechu, který zlepšuje oxygenaci, působí preventivně proti kolapsu plicních alveol a brání vzniku atelektáz. Zlepšuje také rovnoměrnost proudění vzduchu v dýchacích cestách a snižuje dechovou práci. Nicméně v případě použití příliš vysokých hodnot PEEPu dochází k zvýšení nitrohruďního tlaku, který negativně ovlivňuje cirkulaci v krevním řečišti redukcí venózního návratu a zvýšením afterloadu pravé komory. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) Používání pozitivního tlaku při ventilaci pacientů v přednemocniční péči může s sebou nést také potenciální rizika. Některé studie našly nekonzistentní výsledky u běžně dostupných transportních ventilátorů mezi nastavenou a dodanou hodnotou dechového objemu s rozdíly přesahujícími v některých případech 10 %. (Lucy et al. 2018, s. 788-794)

Umělá plicní ventilace může být prováděna invazivně nebo neinvazivně. Principem invazivní ventilace je zajištění dýchacích cest pomocí laryngeální masky, endotracheální kanyly nebo tracheostomické kanyly. Výhodou zajištění dýchacích cest pomocí endotracheální kanyly je ochrana proti aspiraci žaludečního sekretu, možnost odsávání z dýchacích cest a také možnost provádění některých výkonů, například bronchoskopie. (Walter et al. 2018, s. 746-753) Indikace pro zajištění dýchacích cest a následnou ventilaci je hodnota Glasgow Coma Scale (GCS) nižší než 8. Před invazivním zajištěním dýchacích cest může být u některých pacientů potřebná analgosedace a kontrola bolesti. (Jouffroy et al. 2019, s. 1860-1863) Ventilatorní asynchronie a tachykardie se objevuje zhruba u jedné třetiny ventilovaných pacientů. (George. et al.2020, s. 783-792) Při ventilatorní asynchronii dochází k interferenci mezi pacientem a mechanickým ventilátorem. Nesynchronizovanost dechové aktivity při invazivní i neinvazivní umělé plicní ventilaci je častou komplikací a je spojena s horšími léčebnými výsledky pro pacienta. (Walter et al. 2018, s. 746-753) Jednou z příčin ventilatorní asynchronie může být nedostatečná analgosedace. (George. et al.2020, s. 783-792) U hluboce sedovaných pacientů je sledována vyšší úmrtnost než u pacientů, u kterých byla volena nižší hloubka sedace. Zároveň je nižší hloubka sedace je spojena s vyšším spontánním dechovým úsilím. (Fichtner et al. 2019, s. 357-372) K hodnocení hloubky sedace se používá škála RASS (Richmond Agitation Sedation Scale). Hodnocení vlivu hloubky sedace a délky pobytu v zdravotnickém zařízení se věnovala následující studie. V této kohortové retrospektivní studii mechanicky ventilovaných pacientů, kteří byli transportováni leteckou záchrannou službou mezi lety 2013 a 2018 do Midwest Academic Medical Center byla přednemocniční hloubka sedace hodnocena pomocí škály RASS (Richmond Agitation Sedation Scale). Primárním hodnotícím kritériem byla délka pobytu v nemocničním zařízení. Sekundárním kritériem pro hodnocení bylo delirium, doba trvání mechanické ventilace a nemocniční úmrtnost. Celkem se studie zúčastnilo 327 pacientů. Z těchto pacientů 79,2 % obdrželo sedativa a 41 % těchto pacientů dosáhlo hluboké sedace (RASS=-4). Mezi pacienty, kteří obdrželi sedaci, 58,3 % obdrželo nejméně jednu dávku benzodiazepinů. Střední hloubka sedace byla asociována se zvýšenou dobou hospitalizace o 24 % a hluboká sedace o 59 %. Benzodiazepiny byly asociovány se zvýšenou délkou hospitalizace v průměru o 2,9 dní. Tato studie ukazuje, že střední a hluboká sedace a podání benzodiazepinů prodlužuje dobu hospitalizace pacientů. Hloubka sedace je modifikovatelným rizikovým faktorem, který negativně ovlivňuje délku hospitalizace pacienta. (George. et al.2020, s. 783-792)

Ventilace ventilátorem je spojena s rizikem poškození pacienta. Ve studii El Sayed et al. bylo zjištěno, že při použití umělé plicní ventilace dochází k prodloužení celkové doby od prvního kontaktu s pacientem do jeho předání na emergency o 4,1 minuty. Dále bylo zjištěno, že pacienti ventilováni ventilátorem jsou ohroženi vyšší mírou mortality (29 %) než pacienti u kterých ventilátor nebyl použit (21,1 %). (El Sayed et al. 2019, s. 98) Nejčastější příčinou poškození jsou špatně zvolené ventilační parametry. Historicky byly u pacientů nastavovány dechové objemy v rozsahu 12-15 ml /ideální tělesné hmotnosti (kg) a také nízké hodnoty PEEPu. Tento způsob ventilace vedl k rozvoji poškození plic a ARDS. Projevy poškození plic jsou patrné již v prvním nebo druhém dni ventilační péče. (Stephens et al. 2019, s. 595-603) Výzkumy, které probíhaly desítky let vedou ke konceptu tzv. protektivní ventilace. Doporučený dechový objem je 6-8 ml/ideální tělesné hmotnosti, tlak v plató méně než 30 cmH₂O a řídicí tlak (P_{plat} – PEEP) méně než 15 cm H₂O. Při dodržení výše zmíněných parametrů je užití ventilátoru preferováno nad použitím křísícího vaku. (Baez, et al. 2022, s. 88-95) Nastavení režimu a parametrů ventilace je závislé na velikosti pacienta, příčině respiračního selhání, komorbiditách pacienta a preferovaným cílem ventilace. (Walter et al. 2018, s. 746-753) Data, která srovnávala různé strategie protektivní ventilace a konvenční ventilační strategie při chirurgických operacích ukazují, že při brzké aplikaci protektivní ventilace dochází k mírnějšímu podráždění plic, snížení toxicity kyslíku a optimalizaci hemodynamiky a snížení incidence dalších komplikací. (Lellouche, 2020, s. neuveдена), Nicméně výzkumy, které se zabývaly problematikou protektivní ventilace probíhaly nejčastěji v prostředí zdravotnických zařízení. Proto tyto závěry mohou být platné i při použití v přednemocniční péči, ale jejich přínos není zatím výzkumem dostatečně potvrzen. (Baez et al. 2022, s. 88-95). Proto existuje riziko potenciálního poškození plic způsobeného nevhodným nastavením ventilátoru. Navíc několik studií zjistilo, že nastavení ventilátoru, které je použito při iniciálním připojení pacienta k ventilátoru zůstává až v 75% případů v prvních 24 hodinách nezměněno. Proto je prvotní nastavení ventilátoru velmi důležité, protože ventilační parametry mohou mít negativní vliv na zdraví pacienta i po předání do zdravotnického zařízení. (Stephens et al. 2019, s. 595-603)

Cílem studie Jouffroy et al. z roku 2019 bylo hodnocení velikosti dodávaného dechového objemu ventilátorem na míru úmrtnosti pacientů ve zdravotnickém zařízení. Studie probíhala u pacientů, kteří byli transportováni záchrannou službou do zdravotnického zařízení. Do této retrospektivní studie, která probíhala mezi lednem 2014 a prosincem 2017, bylo zařazeno celkem 59 pacientů v septickém šoku, jehož příčinou byla ze 64 % plicní infekce,

ze 17 % infekce urogenitálního traktu a z 10 % infekce trávicího systému. Informace o pacientově stavu, fyziologických funkcích, léčebných intervencích, nastavení ventilátoru a následná léčba byly získány ze zdravotnické dokumentace. Tito pacienti byli invazivně ventilováni ventilátorem průměrným dechovým objemem 7 ± 1 ml/kg. Horní hranicí pro hodnocení vysokého dechového objemu byla hodnota 8 ml/kg. Z celkových 59 pacientů bylo 33 pacientů ventilováno dechovým objemem nižším než 8 ml/kg a 26 pacientů bylo ventilováno dechovým objemem vyšším než 8 ml/kg. Celková úmrtnost pacientů dosáhla 42 %. Pacienti, kteří přežili byli v 76 % případů ventilováni dechovým objemem nižším než 8 ml/kg a 24 % případů bylo ventilováno objemem vyšším než 8 ml/kg. Pacienti, kteří zemřeli, byli ve 28 % případů ventilováni dechovým objemem nižším než 8 ml/kg a v 72 % případů dechovým objemem vyšším než 8 ml/kg. Z této studie lze vyvodit závislost mezi mírou úmrtnosti a velikostí dechového objemu. Ventilace pacienta dechovým objemem nižším než 8 ml/kg vede k nižší úmrtnosti pacientů. Naopak použití dechových objemů vyšších než 8 ml/kg přispívá k zvýšené mortalitě pacientů. Tato studie podporuje předchozí výzkumy z prostředí zdravotnických zařízení a ukazuje pozitivní vliv konceptu protektivní ventilace prováděného v přednemocniční péči na snížení úmrtnosti pacientů. (Jouffroy et al. 2019, s. 1860-1863)

Praktickému dosahování hodnot protektivní ventilace se věnovala další studie jejímž cílem bylo vyhodnocení dodávaných dechových objemů v péči záchranné služby. Celkem bylo do studie zařazeno 4186 pacientů, u kterých byla zaznamenána výška a mohla být dopočítána ideální tělesná hmotnost. Z celkového počtu 4186 pacientů bylo 511 (12,2 %) pacientů ventilováno v rozsahu neprotektivní ventilaci. 75 % této podskupiny tvořily ženy. Z celkového počtu žen (1543) bylo 24,8 % ventilováno v rozsahu neprotektivní ventilace. Ve srovnání s celkovým počtem mužů (2643), bylo pouze 4,84 % ventilováno v rozsahu neprotektivní ventilace. Z těchto studií mechanicky ventilovaných pacientů je možné odvodit oblasti pro možné zlepšení kvality poskytování přednemocniční péče. První oblastí je měření výšky pacienta nebo délky ulny pro zjištění ideální tělesné hmotnosti a nastavení optimálního dechového objemu, aby bylo dodrženo rozmezí hodnot protektivní ventilace. Druhou oblastí je kontrola a limitace tlaku v plátó, a třetí oblastí vymezení hyperoxie a vhodné kombinace PEEPu a FiO_2 . (Moy, et al. 2022, s. 563-563)

Při volbě ventilačního režimu je třeba určit, zda má být pacientovi umožněno spontánní dýchání. Způsob nastavení proměnných určuje režim ventilace. Pokud je cílem dosažení konstantní minutové ventilace, jedná se o objemově řízenou ventilaci (stejná objemová podpora každého dechu) (VC). Naopak, pokud je cílem dosažení tlak, jedná se o tlakově řízenou

ventilaci (PC). V rámci objemově řízené ventilace existují dvě strategie sekvenování dechu: asistovaná kontrola (AC) a synchronizovaná intermitentní řízená ventilace (SIMV). U tlakově řízené ventilace je voleno mezi asistovanou kontrolou (AC), tlakovou podporu (PS), SIMV a tlakově řízený regulovaný objem (PRVC). (Walter et al. 2018, s. 746-753)

Cílem následující studie bylo monitorování používaných nastavení ventilátorových režimů v podmínkách letecké záchranné služby. Do této retrospektivní kohortová studie, která trvala od ledna 2015 až do prosince 2020 bylo zařazeno celkem 72 148 pacientů. Nejčastěji se v prostředí letecké záchranné služby prováděla ventilace objemově řízeným režimem ventilace (VC-AC), a to u 50,7 % pacientů a (SIMV) u 29,9 % pacientů. Z celkem 95 004 nastavení ventilátoru byl střední dechový objem 475 ml. Výška pacientů byla zaznamenána pouze u 5,9 % (4 225) pacientů. Střední aplikovaný dechový objem byl 6,6 ml/kg. Plató tlak byl zaznamenán u 60,4 % (43 611) pacientů se střední hodnotou 18 cmH₂O. Nejčastěji aplikovaný PEEP byl 5 cm H₂O a inspirovaná frakce kyslíkem 83 % (s rozsahem od 50-100 %). (Moy, et al. 2022, s. 563-563)

2.1 Neinvazivní ventilace

Neinvazivní ventilace je formou mechanické ventilační podpory vytvářející pozitivní tlak v dýchacích cestách, při které není potřeba invazivního zajišťování dýchacích cest, a spojení mezi pacientem a ventilátorem je zajištěno pomocí obličejové masky. (Bourke et al., 2018) Při používání neinvazivní ventilace je důležité správné nastavení masky na obličej pacienta, tak aby nedocházelo k úniku vzduchu vlivem netěsnosti. (Hensel, et al. 2019, s. 651-656) Jak hypoxické, tak hyperkapnické respirační selhávání je zhoršeno kolabujícími plicními alveoly. Použití pozitivního tlaku umožňuje udržení otevřených plicních sklípků k dosažení lepší difuze plynů v plicích a také pomáhá při rozvoji plicního edému k udržení hydrostatického tlaku k vstřebání tekutin zpět do krevního řečiště. (Mc. Coy et al. 2022, s. 80-87) Hlavním benefitem neinvazivní ventilace potvrzenou několika studiemi (Amri Maleh et al., 2016, He et al., 2019; Hongisto et al., 2017) probíhajícími ve zdravotnických zařízeních je snížení potřeby intubace a s tím spojených komplikací, například vzniku ventilátorové pneumonie při zvolení neinvazivní ventilace jako možnosti první volby léčby pacienta. Dalším benefitem je snížení práce dýchacího svalstva a snížení metabolických potřeb. (Abubacker et al. 2021, s. neuvedena) Indikací pro použití neinvazivní ventilace je léčba akutního respiračního selhání, exacerbace chronické obstrukční plicní nemoci a kardiogenního plicního edému. Její použití je vhodné také u těžce obézních pacientů, při patologiích hrudního koše v důsledku neuromuskulárních onemocnění. (Meng, et al. 2022, s. 3327-3337) Doporučené postupy

Evropské resuscitační rady doporučují zvážení použití u pacientů po tonutí, ale pouze v případě, že je metodu bezpečné použít. V případě, že by neinvazivní ventilace byla nebezpečná nebo neproveditelná, je doporučeno zvážit zahájení invazivní umělé plicní ventilace. (Perkins et al. 2021, s. 1-60). Rizikové je použití neinvazivní ventilace u pacientů s kardiogenním a hypovolemickým šokem, protože může docházet k rozvoji vysokých nitrohručních tlaků, které vedou ke zhoršení srdečního plnění, snížení preloadu a následně snížení srdečního výdeje. (Mc. Coy et al. 2022, s. 80-87) V případě, že po aplikaci neinvazivní ventilace nedojde ke zlepšení stavu pacienta, není vhodné v této intervenci nadále pokračovat, protože dochází k poždění zahájení invazivní umělé plicní ventilace. (Abubacker et al. 2021, s. neuvodena) Neinvazivní ventilace v režimech CPAP a BiPAP se stále více používá v zdravotnických zařízeních k léčbě akutního respiračního selhání a ke zmírnění respiračních obtíží. (Bourke et al., 2018) Navzdory významným pokrokům v porozumění a léčbě pacientů s ARDS, zůstává morbidita (10,4 %) a mortalita (v rozmezí od 35 do 40 %) vysoká. (Meng, et al. 2022, s. 3327-3337) Z důvodu bronchospasmu je u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí prodloužený výdech. Pro optimální ventilaci těchto pacientů je doporučená minutová ventilace 6-8 l/min, nízké dechové objemy a nízké dechové frekvence, kvůli možnému rozvoji auto-PEEPu. Důležité je sledovat saturaci krve s cílem 88–92 %. (Walter et al. 2018, s. 746-753) Léčba plicního edému v přednemocniční péči může být náročná. Základní léčbou je kyslíková terapie, vazodilatátory, a pokud je přítomná hypervolemie také diuretika. Použití neinvazivní ventilace je indikováno co nejdříve kvůli riziku vzniku refrakterní hypoxemie. V metaanalýze 24 studií bylo použití neinvazivní ventilace při léčbě plicního edému asociováno se signifikantní redukcí četnosti endotracheální intubace. (Berbenetz et al. 2019, s. neuvodena) Nejčastěji používané režimy neinvazivní ventilace jsou CPAP, který vytváří kontinuální přetlak v dýchacích cestách anebo BiPAP, který vytvoří dvě úrovně kontinuálního pozitivního tlaku. Oba tyto režimy se používají u spontánně ventilujících pacientů. (Hensel, et al. 2019, s. 651-656) U dětí do jednoho roku může být použita vysoce průtoková nosní kanyla (HFNC). Nicméně její použití v přednemocniční péči není dostatečně podloženo studiemi. (Mc. Coy et al. 2022, s. 80-87). Metaanalýza, která srovnávala použití neinvazivní ventilace pomocí speciální helmy, obličejové masky a HFNC při akutním respiračním selhání dospěla k závěru, že ve srovnání s obličejovou maskou použití neinvazivní helmy může snížit mortalitu a četnost intubace ve srovnání s obličejovou maskou, nicméně efekt helmy ve srovnání s HFNC není stále jasný. (Chaudhuri et al., 2022, s. neuvodena)

Syndrom akutní respirační dechové tísně

Cílem následující studie bylo srovnat účinnost ventilační podpory, konkrétně režimu CPAP, který vytváří kontinuální přetlak v dýchacích cestách a poskytované standardní péči u konkrétního onemocnění. Studie probíhala od března roku 2016 do prosince roku 2018. Do studie byli vybráni pacienti starší 40 let s akutním těžkým respiračním selháním netraumatického původu a dechovou frekvencí vyšší než 22 dechů/min. Pacienti byli randomizováni v poměru 1:1 do běžné péče a běžné péče doplněné o ventilační metodu CPAP. Primárním hodnotícím kritériem byla změna v míře dušnosti pacienta, délka hospitalizace a změna v dechové frekvenci. Sekundárním hodnotícím kritériem byla saturace krve kyslíkem. Celkem se studie zúčastnilo 708 pacientů, 346 pacientů bylo léčeno standardně a 362 pacientů bylo léčeno standardní léčbou doplněnou ventilací v režimu CPAP. Průměrný věk pacientů byl 77,3 let. Ve srovnání s klasickou léčbou měli pacienti, u kterých byla použita ventilace v režimu CPAP, větší pokles v dušnosti a také nižší dechovou frekvenci při příjezdu na urgentní příjem. Nicméně vliv na délku hospitalizace v této studii nebyl potvrzen. Rozdíly v saturaci při příjezdu na urgentní příjem mezi standardní péčí a péčí v režimu CPAP nebyly statisticky významné. U 10,3 % pacientů nebyla tolerována obličejová maska. Tato randomizovaná studie potvrzuje že ventilace v režimu CPAP je bezpečnou a efektivní intervencí pacientů s dušností v přednemocniční péči. (Finn et al. 2021, s. 37-44)

Další observační prospektivní multicentrická studie probíhala v Heidelbergu mezi říjnem 2016 až říjnem 2018 srovnávala léčbu akutního respiračního selhání způsobeného akutní exacerbací chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN) nebo akutního kardiogenního plicního edému, kyslíkovou maskou, neinvazivní ventilací (NIV) s využitím PEEPu v režimu BiPAP a endotracheálně intubovaného (ETI) pacienta na mandatorní ventilaci. Studie se zúčastnili pacienti starší 18 let. Kritériem pro porovnání byla hodnota pO_2 odebrána nejpozději 1 hodinu po předání pacienta v nemocnici. Při použití mechanické plicní ventilace byly hodnoty nastaveny podle pacientových potřeb. Pro zjištění údajů věku, pohlaví a komorbiditách pacientů bylo využito informačního systému nemocničního zařízení a záchranné služby. Při iniciálním vyšetření pacienta byly záchranářem hodnoceny vitální parametry: periferní saturace, dechová frekvence, srdeční frekvence, systolický tlak krve a GCS. Krevní odběry byly odebrány do jedné hodiny po přijetí do nemocničního zařízení. Do studie bylo zařazeno 545 vhodných pacientů. U 418 pacientů byla použita kyslíková maska, u 99 NIV a 28 pacientů byla k zajištění dýchacích cest použita endotracheální intubace. Průměrný věk pacientů byl 75 let. U pacientů se vstupně vyšší tepovou frekvencí a horší saturací byla použita

invazivní endotracheální intubace. Při použití NIV došlo ke zkrácení času stráveného na místě v průměru o 20 minut. Hodnota GCS byla vstupně nejnižší u intubovaných pacientů v průměru 12, u pacientů zařazených do léčby NIV a obličejovou maskou 15. Do jedné hodiny po příjezdu do nemocnice byly odebrány odběry krve. Tlak PaO₂ byl ve skupině i NIV i ETI porovnatelný, 126 mmHg oproti 135 mmHg. NIV tedy zajistila dostatečnou ventilaci CO₂. Byla vytvořena podskupina konkrétně 13 subjektů ventilovaných invazivně a 21 ventilovaných neinvazivně. Tito pacienti byli vybráni s přihlédnutím k velmi podobným fyziologickým funkcím. Analýza podskupiny, ve které byly provedeny odběry krve ukazují, že použití NIV zajistilo dostatečnou oxygenaci a hodnoty pO₂ byly vyšší než při použití pouze kyslíkové masky a porovnatelné s invazivně ventilovanými pacienty. Ve studii byl také hodnocen dopad NIV ve srovnání s ETI na rozvoj následných komplikací. Při porovnání invazivní a neinvazivní ventilace u pacientů s velmi podobnými fyziologickými funkcemi byla zaznamenána u NIV redukce času připojení na ventilátor (1,8 dne oproti 4,2 dne), délka setrvání na jednotce intenzivní péče (3,4 dne oproti 5,8 dne) a celková délka hospitalizace (6,8 dne oproti 10,2 dne). U obou skupin došlo ke 4 úmrtím pacientů v nemocnici: 22,2 % NIV a 30,8 % ETI. NIV bylo dosaženo kratších časů setrvání na místě. Při porovnání časové náročnosti bylo potřeba pro intubace o 20 minut více času ve srovnání s použitím NIV a o 25,7 minut ve srovnání s kyslíkovou maskou. Použití NIV se jeví jako vhodné u pacientů, kteří potřebují co nejkratší čas k definitivnímu ošetření. V této studii se projevila nedostatečnost NIV v 6,7 % případů. Tato selhání vznikla u pacientů s tepovou frekvencí vyšší než 30 a vstupní saturaci kyslíkem nižší než 80. Častěji docházelo k intubaci u pacientů léčených NIV než při použití kyslíkové masky. Použití NIV bylo spojeno s nižší spotřebou katecholaminů ve srovnání s intubací. Rozhodování, zda použít NIV kvůli vyhnutí se endotracheální intubaci je oprávněné i v případě závažných a hemodynamicky kompromitovaných pacientů. Je potřeba dalších randomizovaných studií, které tuto oblast nadále prozkoumají. (Schmitt et al. 2022, s. 11)

Další prospektivní observační studie byla provedena mezi lety 2017 a 2019 ve Švédsku během největší soutěže konající se na otevřené vodě. Předmětem výzkumu byla léčba plicního edému způsobeného plaváním ve studené vodě. Do studie byli zařazeni plavci s diagnostikovaným plicním edémem a z periferní saturaci kyslíku nižší než 95 % a přetrvávajícími dechovými obtížemi. Jako hlavní metoda léčby byla zvolena neinvazivní umělá plicní ventilace konkrétně režim CPAP pomocí obličejové masky nebo zařízením PEP (Seiler et al. 2022, s. 162) Principem fungování zařízení PEP je vytvoření odporu proti aktivnímu výdechu se vznikem vyššího tlaku, než je atmosférický tlak. Zařízení se vkládá do úst

pacienta. Předpokládá se, že tato zařízení zvyšují průměr dýchacích cest a zlepšují tak odstraňování hlenu z dýchacích cest. Pacienti, kteří tyto pomůcky používají, musí být schopni vyvolat prodloužený kontrolovaný výdech. Přetlak je v těchto zařízeních vytvářen pouze při aktivním výdechu pacienta a je závislý na odporu vytvářeném pomůckou a vydechovaném vzduchu pacientem. (Demchuk et al. 2021, s. 482-493) Celkem se studie zúčastnilo 119 pacientů, 94 z nich bylo ventilováno v režimu CPAP, 24 osob bylo ventilováno zařízením PEP a jeden pacient byl tracheálně intubován. 108 pacientů bylo po 10 až 20minutové intervenci propuštěno a ponecháno na místě. 11 pacientů muselo být i přes aplikované intervence transportováno do zdravotnického zařízení. NIV způsobila nárůst pO₂ ze vstupních průměrných 91 % na konečných 97 %. U 6 pacientů došlo ke zlepšení respiračních obtíží. Hlavní limitací této prospektivní observační studie je absence kontrolní skupiny pacientů s dechovými obtížemi způsobenými pobytem ve studené vodě, u kterých by se použila terapie kyslíkovou maskou. Není možné srovnat léčbu efektivitu pomocí CPAPu ve srovnání s kyslíkovou maskou. (Seiler et al. 2022, s. 162)

Výsledky předchozích studií jsou ve shodě s výsledky metaanalýzy Meng, et al., ve které bylo prokázáno snížení potřeby intubace pacienta a také snížení délky času strávené na jednotce intenzivní péče při použití NIV ve srovnání s invazivní ventilací. Snížení úmrtnosti pacientů bylo statisticky nevýznamné. Ke zjištění vlivu NIV na snížení úmrtnosti pacientů je potřeba dalších studií. (Meng, et al. 2022, s. 3327-333)

Bezpečnosti používání neinvazivní ventilace v režimu CPAP personálem cvičeným pouze v Basic Life Support (BLS) v USA se věnovala tato retrospektivní observační studie, která trvala od roku 2009 do roku 2013. Cílem této studie bylo vyhodnocení, zda personál s výcvikem v BLS dokáže po teoretickém a praktickém výukovém bloku vhodně identifikovat pacienty, kteří by měli prospěch z léčby pomocí CPAP a dále léčbu zajistit a monitorovat pacienta do příjezdu zdravotníka vyškoleného v Advanced Life Support (ALS). BLS zdravotníci nejprve absolvovali 4hodinový výukový blok a řešili simulovaný zásah. Výzvou k výjezdu byla v 60 % případů dušnost. BLS zdravotníci byli na místě zásahu vždy 4 minuty před příjezdem zdravotníka ALS. Úkolem zdravotníka bylo identifikovat pacienta pro kterého je léčba pomocí CPAP vhodná a následně léčbu aplikovat. Celkem byl CPAP aplikován 74 pacientům. Správné rozpoznání obtíží a nastavení ventilace bylo provedeno u všech pacientů. U 98,6 % pacientů byl stav správně monitorován a řízen. Ze 74 pacientů 89,2 % vykazovalo celkové zlepšení zdravotního stavu po aplikaci ventilace v režimu CPAP, u 6,8 % nedošlo ke změně a pouze u 4,1 % pacientů došlo ke zhoršení stavu. Celkově došlo k 84 % snížení podílu

pacientů s hodnotami SpO₂ nižším než 92 %. K 55% snížení u pacientů s dechovou frekvencí vyšší než 24 dechů za minutu a 58% snížení výskytu cyanózy. Všechny závěry byly statisticky významné. Tato studie dospěla k závěru, že při odpovídajícím školení, kontrolou kvality a lékařským dohledem může být CPAP bezpečně používán zdravotníky s kurzem BLS. Podle posledních záznamů je aktuálně CPAP běžně používán na BLS úrovni ve 14 státech USA. (Sahu et al. 2017,s. 610-614)

3 Ventilace křísícím vakem

Použití křísícího vaku hraje důležitou roli při kardiopulmonální resuscitaci, iniciální stabilizaci, preoxygenaci, transportu a dalších emergentních situacích. Cílem manuální ventilace je zajištění bezpečných ventilačních parametrů a zároveň kompenzace individuálních fyziologických potřeb pacienta. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) Doporučené postupy Evropské resuscitační rady doporučují provádění ventilace křísícím vakem s frekvencí 8-10 vdechů za minutu s dostatečným dechovým objemem tak, aby při každém nádechu došlo k viditelnému zvednutí hrudníku. (Perkins et al. 2021, s. 1-60) Vzhledem k důležitosti použití křísícího vaku při resuscitaci se od zdravotnického záchranáře očekává jeho kvalitní provedení. Faktory, které ovlivňují kvalitu prováděné manuální ventilace jsou zajištění kvalitního kontaktu masky s obličejem pacienta, zajištěná průchodnost dýchacích cest, vhodně zvolená dechová frekvence vzhledem k věku, dechový objem a nejvyšší dosažené tlaky. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) Překračování těchto parametrů a ventilace příliš vysokými ventilačními objemy, tlaky a průtoky mohou způsobit poškození plic, ventilaci do žaludku a prohloubení hemodynamických a ventilačních obtíží, které následně vedou k zvýšení morbidity. (Culbreth et al, 2021, s. 471-475) Křísícím vakem je možné provádět ventilaci s obličejovou maskou nebo jej napojit na endotracheální kanylu či laryngeální masku. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) Přičemž podle aktuálních doporučených postupů Evropské resuscitační rady je potřeba zvolit masku správné velikosti tak, aby bylo dosaženo dobré těsnosti mezi maskou a obličejem. Doporučené je bimanuální držení masky. (Perkins et al. 2021, s. 1-60) Opakovaně byla ve studiích identifikována na vzorku více než 2000 pacientů předpokládaná riziková kritéria, která vedou k obtížné ventilaci pomocí křísícího vaku a to: věk vyšší než 55 let, Body Mass Index (BMI) vyšší než 26 kg/m², absence zubů, přítomnost vousů a chrápání pacienta. (Langeron et al. 2000, s. 1229-1236) (Kheterpal, 2006, s. 885-891) Dalšími komplikacemi, které mohou snižovat kvalitu manuální ventilace jsou omezené personální možnosti, náročnost prostředí a nevhodná poloha pacienta. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) Při ventilaci pacienta resuscitačními vaky může docházet k překračování standardních hodnot průtoku a vrcholového inspiračního tlaku. Tato skutečnost může vést k vyššímu riziku žaludeční insuflace a barotraumatu. (Lucy et al. 2018, s. 788-794) Při provádění simulovaných resuscitací, u kterých byli pacienti ventilováni křísícím vakem došlo v několika situacích k překročení vrcholových tlaků k hodnotám 100 cm H₂O a to i při ventilaci zkušenými zdravotníky. (Stephens et al. 2019, s. 595-603) Při studii prováděné na figuríně, která simulovala srdeční selhání bylo zjištěno, že použití tlakoměru na křísícím vaku při provádění manuální ventilace vedlo k lepší kontrole nejvyššího

inspiračního tlaku. (Lacerda et al. 2017, s. 615-620) V několika studiích bylo rovněž potvrzeno snížení inspiračního průtoku, vrcholného inspiračního tlaku a objemu vzduchu, který se dostane do žaludku při použití chytrých křísících vaků. Pokud je při ventilaci křísícím vakem zajištěná dobrá těsnost mezi obličejovou maskou a obličejem pacienta a nedochází k úniku vzduchu, může být křísící vak doplněn o PEEP ventil. (Lyng, et al. 2022 102-110) U pacientu s poruchou vědomí je vysoké riziko obstrukce dýchacích cest. Obstrukce může vzniknout na úrovni měkkého patra, jazyka, zadního oropharyngu a hrtanové příklopky. Při ventilaci křísícím vakem je potřeba zvolit správný záklon hlavy, tak aby došlo k efektivnímu zprůchodnění dýchacích cest. Vhodná je tzv. čichací pozice. (Lyng, et al. 2022 102-110) Studie věnující se vhodné pozici hlavy a krku při ventilaci pacientů zkoumala 80 anestetizovaných spontánně dýchajících pacientů. Flexe v oblasti krční páteře způsobuje neprůchodnost dýchacích cest. Po provedení záklonu hlavy dochází ke zprůchodnění dýchacích cest zhruba u 50 % pacientů. U dalších 50 % pacientů je k efektivnímu zprůchodnění potřeba předsunutí dolní čelisti anebo zajištění dýchacích cest. (Safar et al. 1959, s. 760-764) Zajištění dýchacích cest pomocí ústního nebo nosního vzduchovodu je vhodné k zabránění vzniku obstrukce dýchacích cest způsobené měkkými tkáněmi. V malé retrospektivní kohortové studii u pacientů se srdečním selháním v zdravotnickém zařízení Yamada et al. zjistili, že ventilace křísícím vakem je při použití ústního vzduchovodu spojena s lepším neurologickým výsledkem než použití křísícího vaku s obličejovou maskou, nebo zajištění dýchacích cest pomocí endotracheální kanyly. (Yamada et al. 2012, s. 1517-1521)

Posouzení kvality ventilace

Při ventilaci pacienta křísícím vakem je důležité dodržování vhodných ventilačních parametrů pro konkrétního pacienta. Vhodnost ventilačních parametrů by měla být vyhodnocena na základě jeho konstitučních a fyziologických potřeb. (Yang et al. 2022, s. 55-62) Dynamické prostředí, ve kterém zdravotnický záchranář pracuje v přednemocniční péči může odklánět jeho pozornost od provádění vysoce kvalitní ventilace křísícím vakem. Při nedostatečné koncentraci může docházet k neadekvátní ventilaci pacienta, která má negativní vliv na pacientovy klinické výsledky. (Cordioli, 2019, s. 37-44) Při posuzování kvality prováděné manuální ventilace je potřeba se soustředit na pravidelné stlačování křísícího vaku, dostatečné zvedání hrudníku, poslech dechových fenoménů, změnu barvy kůže, změny hodnot na monitoru vitálních funkcí, odpor na křísícím vaku a hodnoty PaCO₂. Nicméně poslech dechových fenoménů může být v terénu problematický, zvláště při provádění hrudní masáže při kardiopulmonální resuscitaci. (Lyng et al., 2022, s. 23-31) (Dafilou et al. 2020, s. 21) Měření

ventilačních parametrů jako je dechový objem, dechová frekvence, maximální dosahované tlaky při ventilaci křísícím vakem je v přednemocničním prostředí náročným úkolem. (Yang et al. 2022, s. 55-62)) Běžně používanou a aktuálně nejlepší metodou monitorace manuální ventilace pacienta je použití kapnometrie. Zobrazená křivka kapnografu může odhalit nedostatečnou ventilaci křísícím vakem a také únik vzduchu kolem obličejové masky a jeho obtékání kolem EtCO₂ senzoru. Několik systematických studií potvrzuje, že použití kapnografie při provádění ventilace křísícím vakem může mít pozitivní vliv na kvalitu prováděné ventilace díky zobrazování hodnot EtCO₂ v reálném čase. (Becker et al. 2017, s. neuvedena), (Cereceda-Sanchez, 2019, s. 8) V retrospektivní studii z roku 2019 bylo zjištěno že u 8,4 % případů provádění manuální ventilace zdravotníky v přednemocniční péči, nedošlo ke správné identifikaci špatně prováděné ventilace. Pokud by byla použita kapnografie mohlo dojít k jejímu včasnému odhalení (Vithalani, et al. 2020 s. neuvedena) Ačkoliv pulzní oxymetrie a kapnografie dokážou nastínit informace o kvalitě ventilace pacienta, nejsou schopny měřit další významné ventilační parametry jako například dechový objem anebo tlaky v dýchacích cestách, které mohou ovlivňovat kvalitu zdraví pacienta v následné péči. Tyto parametry jsou nezbytné k vyhodnocení kvality prováděné ventilace, která by po analýze mohla vést k potenciálnímu zlepšení klinického výsledku. (Yang et al. 2022, s. 55-62)

Posouzení kvality ventilace křísícím vakem se věnovala následující studie. V této prospektivní pilotní studii, která probíhala mezi srpnem 2018 a lednem 2020 bylo u pacientů se zajištěnými dýchacími cestami vloženo zařízení Capnostat® mezi endotracheální kanylu a křísící vak. Zařízení bylo nasazeno co nejdříve, kdy to bylo v rámci ošetření pacienta možné. Měření bylo spuštěno od nasazení přístroje po celou dobu transportu pacienta až do zdravotnického zařízení. Toto zařízení zaznamenávalo ventilační parametry při ventilaci u pacientů během resuscitace, po návratu spontánního oběhu a také v dalších situacích. Hodnoty, které přístroj měřil, nebyly záchranářům zobrazovány, aby nebyli parametry ovlivněni. Během prováděné ventilace byly zaznamenávány hodnoty dechového objemu, inspiračního a expiračního tlaku, inspiračního průtoku a hodnota vydechovaného oxidu uhličitého. Hodnocen byl dodávaný dechový objem, kterým byli pacienti ventilováni ve srovnání s doporučeným dechovým objemem v rozmezí protektivní ventilace. Rozsah protektivní ventilace byl v této studii určen na 4-10 ml/kg. Ve studii byla prováděna ventilace pomocí dospělého i dětského křísícího vaku při aktivní resuscitaci, po spontánním návratu oběhu a v dalších situacích. Celkem se studie za 16 měsíců jejího trvání zúčastnilo 54 pacientů. Celkem u 32 pacientů byla příčinou mimonemocniční zástava oběhu, u 9 pacientů se vyskytlo

akutní respirační selhání, u 4 pacientů bylo indikováno snížené vědomí s rizikem obstrukce dýchacích cest, 3 pacienti byli intoxikováni a 2 traumatizováni. Celkem 19 pacientů bylo ventilováno dětským křísicím vakem a 35 pacientů bylo ventilováno dospělým křísicím vakem. Výška pro zjištění ideální tělesné hmotnosti nebyla zaznamenána u 15 pacientů. Celkově byli pacienti ventilováni středním dechovým objemem 7,0 ml/kg. Celkem 75 % provedených dechů křísicím vakem bylo v rozsahu protektivní ventilace (4-10 ml/kg). Studie ukazuje, že maximální dosahované tlaky nebyly závislé na velikosti křísicího vaku, ale na příčině, kdy při probíhající aktivní resuscitaci, byly dodávány nižší dechové objemy a vyšší maximální tlaky. Dalším poznatkem studie je zjištění, že měření ventilačních parametrů je při použití vhodného vybavení v přednemocniční péči proveditelné. (Yang et al. 2022, s. 55-62)

Následující retrospektivní observační kohortová studie hodnotila kapnometrická data u pacientů při probíhající mimonemocniční resuscitaci. Cílem studie bylo nalezení závislosti mezi ventilační frekvencí a vyhodnocení závislosti různých ventilačních schémat na pravděpodobnost obnovy spontánního oběhu. Studie pracovala s hypotézou, že rozdílné způsoby ventilace budou mít vliv na návrat spontánního oběhu. Do studie byly zařazeny všechny resuscitace trvající mezi léty 2017 a 2018. Do studie byli zařazeni pacienti, u kterých nebyl při příjezdu zdravotnické záchranné služby hmatný. Pediatričtí pacienti a pacienti u nichž zástava byla způsobena traumatickou příčinou byli ze studie vyňati. Celkem bylo do studie zahrnuto 314 případů, u kterých byla zaznamenána vhodná kapnografická data pro zařazení do studie. U 88 % procent pacientů byl vstupně nedefibrilovatelný rytmus. Střední hodnota dechové frekvence byla 7. Při zpracování dat bylo zjištěno, že pouze 22 % pacientů bylo ventilováno doporučenou frekvencí 8-10 dechů za minutu. Ve studii ale nebyly nalezeny žádné asociace mezi ventilačními frekvencí ventilace a pravděpodobností obnovy spontánního oběhu. (BENOIT et al. 2023, s. neuvedena.)

3.1 Volba vhodného resuscitačního vaku

Na dospělé figuríně RespiTrainer Advance byla provedena studie v roce 2016, která simulovala pacienta, u kterého byla prováděna manuální ventilace po dobu 2 minut při použití dětského nebo dospělého křísicího vaku. Studie se zúčastnilo celkem 130 aktivně pracujících zdravotníků v lékařských i nelékařských profesích jak v přednemocniční, tak v nemocniční péči. Po celou dobu byly zaznamenávány hodnoty dechového objemu, minutové ventilace, dechové frekvence a vrcholového tlaku. Vyhodnocení studie ukázalo, že při použití dospělého křísicího vaku byl dosažen střední dechový objem 807,7 ml a při použití dětského vaku 630,7 ml. Při srovnání naměřených hodnot s doporučenou hodnotou 560 ml dechového objemu

odpovídající rozsahu protektivní ventilace dospělého muže s váhou 70 kg, by dospělý křísící vak překročil tuto hodnotu v průměru o 44,2 % a dětský křísící vak o 12,6 %. Použitím dětského křísícího vaku je možné zajištění optimálnějších ventilačních parametrů ve srovnání s dospělým křísícím vakem. Rizikem vznikajícím při používání dospělého křísícího vaku jsou příliš velké dodávané dechové objemy, které mohou vést k rozvoji plicního barotrauma způsobeného rychlým nebo příliš vysokým zvýšením tlaku v plicích. (Dafilou et al. 2020, s. 21)

Další studie se věnovala hodnocení kvality prováděné ventilace pomocí křísícího vaku u zdravotníků aktivně poskytujících zdravotnickou péči. Výzkum byl proveden na kongresu Americké asociace pro respirační péči v roce 2019. Výzkumu se zúčastnili zdravotníci s různou délkou profesních zkušeností. Porovnávaná byla závislost mezi zkušenostmi zdravotníků a kvalitou prováděné ventilace pomocí křísícího vaku. Zaznamenány byly hodnoty středního dechového objemu, nejvyšší tlak a vrcholový průtok, inspirační čas. Výzkumu se zúčastnilo 98 záchranářů, z toho 67 žen a 31 mužů. 30 % zdravotníků mělo 0 až 5 let pracovních zkušeností, 15 % mělo 6-10 let pracovních zkušeností, 13 % mělo 11-20 let pracovních zkušeností a 42 % mělo více než dvacetileté pracovní zkušenosti. Záchranáři se zkušenostmi delšími než 10 let používali techniku ventilace pacienta pomocí křísícího vaku 0 až 5x měsíčně, což bylo více než zdravotníci s kratší dobou zkušeností. Napříč všemi skupinami bylo dosahováno velkých dechových objemů, tlaků a průtoků s krátkým časem pro inspirium. Skupina nejvíce zkušených záchranářů dodávala největší dechové objemy ve srovnání s jejich méně zkušenými kolegy (v průměru 619.84 ml vs 574.09 ml). Střední inspirační čas (0,75 s) byl podobný u všech skupin. Z výsledků je patrné, že skupina nejvíce zkušených zdravotníků, se zkušenostmi delšími než 10 let, ventilovala pacienty největšími dechovými objemy. (Culbreth et al, 2021, s. 471-475)

Technika ventilace křísícím vakem

Při ventilaci křísícím vakem je možné využít tři technik pro fixaci obličejové masky na obličej pacienta. Prvním způsobem je použití tzv. C-hmatu (C-E metoda). Princip této metody spočívá v uchycení masky jednou rukou ze strany mezi palcem a ukazovákem, kdy dojde k vytvoření tvaru podobnému písmenu “C” a zbylé tři prsty obemknou dolní čelist až po její úhel, který se přizvedává proti masce. Druhá metoda je velmi podobná, a k jejímu provedení je potřeba dvou osob. Fixace masky k obličejí se provádí stejným způsobem jako v předchozí technice, ale jsou použity obě ruce. Druhý záchránce je odpovědný za stlačování křísícího vaku. Třetí metoda tzv. V-E se provádí uchycením masky oběma palci a lehkým

přítlačení na tvář a ostatní prsty zvedají spodní čelist proti masce. Poslední zmíněná technika byla touto studií vyhodnocena jako nejlepší pro ventilaci křísícím vakem u dospělých pacientů. (Fei et al. 2019, s. 618-624) (Tento závěr je v souladu s doporučeným postupy Evropské resuscitační rady.)

Doporučené postupy obsahují návod k nejlepšímu možnému způsobu uchycení masky, ale technice samotného stlačování křísícího vaku se nevěnují. Studie Kroll et al. z roku 2019 se zabývá otázkou, jakým způsobem nejlépe provádět stlačování křísícího vaku, tak aby nedocházelo k překračování hodnot protektivní ventilace. Studie probíhala na simulační figuríně, která zaznamenávala dechovou frekvenci, dechové objemy, vrcholový tlak a minutový objem při 6 různých scénářích. Pro držení křísícího vaku byly použity techniky: držení palcem a jedním prstem, držení palcem a dvěma prsty a držení palcem a třemi prsty. Všechny způsoby držení vaku byly postupně analyzovány při ventilaci s dětským i dospělým křísícím vakem. Studie se zúčastnilo 50 zdravotníků z velké městské nemocnice s průměrnou délkou zkušeností 8,6 let. Střední objemy při použití dospělého křísícího vaku byly dosahovány: 836 ml při použití palce a třech prstů, 834,5 ml při použití palce a dvou prstů a 794 ml při použití palce a jednoho prstu. Při ventilaci dětským křísícím vakem 576 ml při použití palce a tří prstů, 571,5 ml při stlačování palcem a dvěma prsty a 547 ml při stlačování palcem a jedním prstem. Ze studie vyplývá, že použití dospělého křísícího vaku významně překračuje doporučené hodnoty dechových objemů. U dětského křísícího vaku došlo k překročení doporučené hodnoty protektivní ventilace u 2 ze 3 scénářů. Technika ventilace pomocí palce a jednoho prstu s použitím dětského křísícího vaku byla nejvíce v rozsahu doporučených hodnot protektivní ventilace (střední hodnota 547 ml) . (Kroll et al. 2019, s. 210-214)

Podobné problematice jako v předchozí studii se věnovala následující studie. Cílem bylo zjištění vhodné techniky pro ventilaci pacientů do jednoho roku. Studie srovnávala efektivitu ventilace při použití dětského křísícího vaku, který je stlačován buď dvěma nebo pěti prsty. Výzkum byl prováděn na dětské resuscitační figuríně. V této randomizované studii 40 zdravotníků ventilovalo resuscitační figurínu křísícím vakem při použití techniky pomocí dvou nebo pěti prstů. V průběhu ventilace byly monitorovány hodnoty dodávaného dechového objemu, dechové frekvence, a také únik vzduchu kolem obličejové masky. V této studii nebylo nalezeno signifikantního rozdílu mezi dechovým objemem a minutovým dechovým objemem při použití dvou nebo pěti prstů při stlačování křísícího vaku. (Zweiker et al. 2018, s. 5)

3.2 Ventilační péče u pediatrických pacientů

Vzhledem k odlišné fyziologii a anatomii dětských pacientů ve srovnání s dospělým pacientem, je pro většinu zdravotníků, kteří pracující v přednemocniční péči, léčba dětského pacienta s respiračními obtížemi náročným a stresujícím úkolem. (Lyng, et al. 2022 102-110) Děti, a zvláště novorozenci, mají ve srovnání s dospělými nízkou rezervu kyslíku v organismu a zároveň jeho vysokou spotřebu. Tyto fyziologické odlišnosti se projevují náhlou změnou vitálních funkcí při vzniku infekce, zánětu nebo zranění. (Saikia 2019, s. 63) S ventilační péčí pomocí křísícího vaku a invazivním zajišťováním dýchacích cest nemá příliš mnoho záchranářů dostatečné zkušenosti, protože četnost respiračních obtíží u pediatrických pacientů není tak vysoká jako je tomu u dospělých pacientů. Nicméně respirační obtíže jsou nejčastější příčinou srdečního selhání u dětí. Mimoto zhruba 10 % novorozenců vyžaduje ventilační podporu po narození. Základním předpokladem úspěšné ventilace dětského pacienta je adekvátní ventilace pomocí křísícího vaku, který je vhodný pro zahájení ventilační podpory. (Zweiker et al. 2018, s. 5)

Také aktuální doporučené postupy Evropské resuscitační rady doporučují všem vyškoleným záchráncům provádění ventilace pomocí křísícího vaku s obličejovou maskou a použití techniky držení masky oběma rukama. Pouze v případě, že je dětský pacient intubován je doporučena asynchronní ventilace s frekvencí adekvátní věku dítěte (10-25/min). (Perkins et al. 2021, s. 1-60)

Věk dítěte	Doporučená dechová frekvence /min
1 měsíc	25 – 60
1 rok	20 – 50
2 roky	18 – 40
5 let	17 – 30
10 let	14 – 25

Tabulka 1 Závislost dechové frekvence na věku dítěte. (Tabulka vlastní tvorba, informace převzaty z Perkins et al. 2021, s. 1-60)

U dětských pacientů byla provedena randomizovaná studie s cílem srovnání efektivity různých technik držení obličejové masky. Porovnávány byly techniky C-E jednou rukou, technika C-E prováděna dvěma záchranáři a technika V-E. Pacienti byli ventilováni ventilátorem dechovou frekvencí 12 dechů za minutu při postupném použití každé z technik. Záznam byl proveden po 30 vteřinách po změně ventilační techniky. Velikost vydechovaného dechového objemu byla hlavním hodnotícím kritériem. Hlavním hodnotícím kritériem byla

velikost vydechovaného dechového objemu. Jako nedostatečná byla hodnocena naměřená hodnota vydechnutého dechového objemu menší než 2 ml/kg ve třech po sobě jdoucích deších. Studie se zúčastnilo 120 pacientů o průměrném věku 11,5 měsíce, hmotnosti 8,9 kg a výšce 74 cm. Střední naměřený vydechovaný objem byl 6,8 ml/kg u pacientů ventilovaných metodou C-E prováděné jednou rukou, 7,9 ml/kg při ventilaci metodou C-E prováděné oběma rukama a 8,9 ml/kg při ventilaci metodou V-E. K neschopnosti dosáhnout vydechovaného objemu vyššího než 2 ml/kg došlo u 5/30 (16,6 %) případů při metodě C-E prováděné jednou rukou, 2/30 (6,6 %) případů prováděné technikou C-E dvěma zachránci a 0/30 u techniky V-E. Obě techniky prováděné dvěma zachránci dosahovaly lepších výsledků, protože nedocházelo k tak velkému úniku vzduchu způsobeného kolem obličejové masky. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u techniky V-E. Příčinou je nejpravděpodobněji lepší tah za dolní čelist, který předchází uzavření úst a kompresi submandibulární tkáně. (Jain, et al. 2019, s. 999-1000)

3.3 Srovnání ventilačních metod

Hodnocení efektivity v poskytování nejlepší ventilační preoxygenaci v přednemocniční péči se věnovala následující studie. V prospektivní randomizované studii z roku 2017 podstoupilo 30 zdravých dobrovolníků třiminutovou preoxygenaci pomocí kyslíkové masky, křísícího vaku a přenosného ventilátoru. Primárním sledovaným parametrem byla změřená koncentrace vydechovaného kyslíku při prvním výdechu pacienta po třiminutové preoxygenaci. Při použití kyslíkové masky bylo dosaženo průměrně 64% koncentrace O₂, při použití křísícího vaku 89% koncentrace a při použití přenosného ventilátoru 95% koncentrace O₂. Výsledek této studie ukazuje, že použití kyslíkové masky je inferiorní pro preoxygenaci pacienta na rozdíl od křísícího vaku s obličejovou maskou nebo ventilátoru, protože není schopná dosáhnout tak vysoké koncentrace kyslíku ve vydechovaném vzduchu. Tato studie rovněž podporuje závěr dřívějších studií Groomridge a Haise, kteří ve svých studiích naměřili koncentraci kyslíku u obličejové masky v rozmezí 50 – 60 % a u křísícího vaku 80 – 90%. Nejlepší preoxygenace bylo dosaženo neinvazivní ventilací pomocí přenosného ventilátoru. Nevýhody této metody však spočívají v intoleranci agitovanými pacienty. Ventilace křísícím vakem je také dostatečně efektivní k zajištění preoxygenace pacienta. (Groombridge et al. 2017, s. 580-584)

Srovnání ventilačních metod u traumatizovaných pacientů se věnovala retrospektivní studie, která pracovala s intubovanými pacienty s těžkým traumatickým poškozením mozku (Glasgow Coma Scale nižším než 9), kteří byli intubováni a následně letecky transportováni z místa úrazu do traumacentra 1. úrovně mezi lety 2009–2015. Cílem této studie bylo porovnat

efektivitu manuální ventilace křísícím vakem a mechanické ventilace ventilátorem. Hodnotícím kritériem byla hodnota parciálního tlaku oxidu uhličitého v žilní krvi odebrána na oddělení urgentního příjmu do jedné hodiny od příjezdu pacienta do zdravotnického zařízení. Z 1070 traumaticky postižených pacientů 93 splňovalo kritéria zařazení do výzkumu. 26 pacientů z 93 bylo napojeno na umělou plicní ventilaci. Na oddělení urgentního příjmu byla zjištěna hypokapnie u 4 z 93 pacientů a hyperkapnie u 56 z 93 pacientů. Jako eukapnie byla považována hodnota PaCO₂ v rozsahu od 41-55 mmHg. Celkově se hypokapnie objevila ve 4,3 % případů, eukapnie v 35,5 % případů a hyperkapnie v 60,2 % případů. (Curry, et al. 2020, s. 410-413)

U pacientů ventilovaných různými technikami bylo dosaženo podobné míry výskytu eukapnie, u pacientů ventilovaných manuálně (36 %) a pacientů ventilovaných ventilátorem (35 %). Možnými důvody proč se ventilace ventilátorem neprojevila jako úspěšnější metoda mohou být: krátké transportní časy, použití kapnografie a dobře vycvičený personál letecké záchranné služby v poskytování ventilace křísícím vakem. Tato studie také potvrzuje snížení výskytu hypoventilace při použití kapnometrie. (Curry, et al. 2020, s. 410-413)

Limitací této studie je absence záznamů o přesném nastavení ventilátoru. Aktuální monitorovací technologie neumožňují měřit minutovou ventilaci při použití křísícího vaku. Hodnoty PaCO₂ v krvi pacienta mohly být ovlivněny okamžitým připojením pacienta na ventilátor při předání na urgentním příjmu, který tyto hodnoty normalizoval do rozsahu hodnot eukapnie. Nicméně charakter této retrospektivní studie neumožňuje zjistit skutečná zpoždění spojená s odebráním krevních vzorků. (Curry, et al. 2020, s. 410-413)

4 Význam a limitace dohledaných poznatků

Tato bakalářská práce se zabývá umělou plicní ventilací v přednemocniční neodkladné péči, její indikaci a vhodnosti použití. Zatímco ve zdravotnickém zařízení je dostupné dostatečné materiální i personální vybavení, situace v prostředí zdravotnické záchranné služby je zcela odlišná. Při volbě způsobu zajištění ventilace a zvolení vhodné pomůcky pro zajištění dýchacích cest a také správné techniky ventilace je třeba vzít v úvahu dobu transportu, možné zkreslení naměřených hodnot a špatné vyhodnocení potřeb pacienta. Z dohledaných poznatků vyplývá, že aktuálně nejsou dostupné komplexní doporučené postupy, které by poskytovaly jasný návod pro nastavení ventilačních parametrů v přednemocniční neodkladné péči tak, aby byl maximalizován užitek umělé plicní ventilace při konkrétním onemocnění pacienta a nedocházelo k poškození zdraví pacienta. Při správném nastavení ventilačních parametrů je použití ventilátoru vhodnější než použití křísícího vaku, a to kvůli schopnosti dodání stabilních ventilačních parametrů a s tím spojeným nižším rizikem vzniku dalších obtíží. Nicméně pokud je zdravotnický záchranář dobře vycvičen v provádění manuální ventilace může manuální ventilací dosáhnout podobně kvalitní ventilace jako při použití ventilátoru. Zdravotnický záchranář má ve svých kompetencích podle vyhlášky č. 55/2011 Sb. možnost použití umělé plicní ventilace s parametry určenými lékařem, a proto by měl být schopen s ventilátorem správně pracovat. Parametry, které jsou na ventilátoru nastavovány jsou: ventilační režim, dechový objem (VT), dechová frekvence (Df), vrcholový průtok, maximální tlak, řídicí tlak, tlak v plató, PEEP a frakce kyslíku. Nejčastěji dostupné ventilační parametry jsou:

VC – CMV	Objemová ventilace
VC – AC	Objemová ventilace assist/control
VC – SIMV	Objemová ventilace synchronizovaná zástupová
BIPAP	Ventilace na dvou úrovních tlaku
CPAP	Ventilace kontinuálním pozitivním přetlakem
O ₂ inhalace	Inhalace 100% O ₂ s nastavitelným průtokem

Doporučené postupy České resuscitační rady doporučují v poresuscitační péči co nejrychlejší napojení pacienta k ventilátoru tak, aby byly dosaženy normativní hodnoty PaCO₂ v arteriální krvi (4,5–6,0 kPa nebo 35–45 mmHg). Doporučena je strategie protektivní ventilace jako i u

jiných kritických stavů, které se v přednemocniční neodkladné péči vyskytují (např. ARDS a akutní respirační selhání) s cílovým dechovým objemem 6–8 ml/kg ideální tělesné hmotnosti. (Perkins et al. 2021, s. 1-60). Režim VC – AC je vhodný pro pacienty s normální minutovou ventilací, je použitelný například u pacientů s obstrukcí horních dýchacích cest nebo alterovaným vědomím, a který je zároveň používán i při chirurgických operacích. V tomto případě by nastavení mohlo vypadat takto: ventilační režim VC – AC, dechový objem v rozsahu 4 – 8ml/kg, dechová frekvence u dospělého pacienta 14/min, tlak v plató menší než 30 cmH₂O a řídicí tlak nižší než 15 cmH₂O. Parametr frakce kyslíku (FiO₂) se nastavuje v rozmezí 0,4 – 1 v závislosti na udržení cílové saturace pacienta v rozsahu 94-98%, PEEP v rozmezí 5 – 10 cmH₂O u pacientů s ARDS nebo plicním edémem jsou nastavovány hodnoty až 15 cmH₂O. (Baez et al. 2022, s. 88-95) (Walter et al. 2018, s. 746-753)

Všechny studie, které byly v této práci použity, jsou získány ze zahraničních zdrojů, většinou z USA. Dohledané informace a jejich sumarizace by mohly být přínosné pro studenty oboru zdravotnický záchranář a zdravotnické záchranáře, kteří se díky této bakalářské práci mohou dozvědět aktuální informace týkající se problematiky umělé plicní ventilace v přednemocniční péči. Informace by mohly být přínosné také pro lektory vzdělávacího a výcvikového střediska zdravotnické záchranné služby, jako podnět k organizaci školení věnujících se umělé plicní ventilaci a správné a bezpečné strategii při zajištění ventilace pacienta prováděné zdravotnickým záchranářem.

Závěr

Umělá plicní ventilace má v přednemocniční neodkladné péči své nezastupitelné místo při podpoře ventilační aktivity pacienta nebo při její plné náhradě. Její použití je vhodné zejména v léčbě těžkých respiračních onemocnění, u pacientů se sníženým stavem vědomí, traumaty, šokovými stavy a dalších. Forma a způsob ventilace, včetně zajištění dýchacích cest, která je v přednemocniční péči zvolena, ovlivňuje budoucí zdravotní vývoj v léčbě pacienta. Tato přehledová bakalářská práce popisuje formy mechanické ventilace používané v přednemocniční neodkladné péči a shrnuje hlavní problémy a možná rizika spojené s jejím použitím. Hlavní cíl byl dále specifikován ve dvou dílčích cílech.

Prvním dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o používání umělé plicní ventilace v prostředí přednemocniční péče z pohledu zdravotnického záchranáře. Srovnávaná byla ventilace invazivním a neinvazivním způsobem. Obě formy ventilace jsou bezpečné pouze při nastavení vhodných ventilačních parametrů pro konkrétního pacienta. Při vzniku komplikací jako ventilační asynchronie nebo rozvoj auto-PEEPu je nutné přejít k ventilaci křísicím vakem. Ze všech dohledaných studií vyplynulo, že použití neinvazivní formy umělé je možné smysluplně aplikovat u pacientů s těžkými respiračními obtížemi, těžkými formami CHOPN a plicního edému. Analýza dechové frekvence a GCS u pacientů s dušností a respiračním selháváním by měla vést k rozhodnutí volby ventilačního režimu tak, aby ventilace optimálně korigovala pacientovy fyziologické potřeby. Volba neinvazivní ventilace přináší benefity ve zkrácení doby zajišťování pacienta v terénu, nepatrné zkrácení délky hospitalizace a také snížení rizik spojených s endotracheální intubací. Srovnání mezi jednotlivými neinvazivními ventilačními režimy CPAP a BiPAP zatím neprokázalo, který z režimů přináší lepší efekt léčby. Limitací výzkumu je absence randomizovaných studií věnujících se srovnání invazivní a neinvazivní ventilace u pacientů s těžkými respiračními obtížemi v přednemocniční neodkladné péči. Dílčí cíl byl splněn.

Druhým dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o ventilaci křísicím vakem v prostředí přednemocniční neodkladné péče a porovnat efektivitu ventilace křísicím vakem a ventilátorem. Dohledané studie ukazují, že tento způsob ventilace je náročnou praktickou činností, a i zkušení zdravotníci mohou pacienty ventilovat nevhodnými ventilačními parametry. Proto je potřeba se tuto činnost dobře naučit a procvičovat ji, aby riziko nevhodně prováděné ventilace bylo minimální a zbytečně nezhoršovalo pacientův zdravotní stav. Výzkumy zabývající se manuální ventilací dětských pacientů byly doposud prováděné pouze na simulačních figurínách. Je zde tedy možnost jiných výsledků v přednemocniční péči.

Je také potřeba další studií pro vyhodnocení kvality ventilace u pacientů po resuscitaci, pro validaci používání EtCO₂ jako markeru pro ventilaci dostatečného dechového objemu a také korelaci amplitudy hodnot EtCO₂ ze specifickými hodnotami dechových objemů. Budoucností je také vývoj zařízení sloužící k monitorování kvality prováděné manuální ventilace, které v reálném čase budou snímat ventilační parametry při manuální ventilaci křísícím vakem. Studie, které srovnávají jednotlivé ventilační metody v přednemocniční péči ukazují, že ventilace pacienta pomocí ventilátoru dokáže lépe zajistit stabilitu ventilačních parametrů a oxygenaci pacienta než ventilace křísícím vakem. Druhý dílčí cíl byl také splněn.

Bakalářská práce se zpracovávala dobře, dostupný byl dostatek zdrojů a práce splnila moje očekávání.

Referenční seznam

ABUBACKER, Ansha P et al. Non-invasive Positive Pressure Ventilation for Acute Cardiogenic Pulmonary Edema and Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Prehospital and Emergency Settings. *Cureus* [online]. [cit. 2023-04-25]. ISSN 2168-8184. Dostupné z: doi:10.7759/cureus.15624

BAEZ, Amado et al. 2022 Prehospital Mechanical Ventilation: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 88-95 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1994676

BECKER, Heather J. a Melissa L. LANGHAN. Can Providers Use Clinical Skills to Assess the Adequacy of Ventilation in Children During Bag-Valve Mask Ventilation? *Pediatric Emergency Care* [online]. 2017, Publish Ahead of Print [cit. 2023-04-23]. ISSN 0749-5161. Dostupné z: doi:10.1097/PEC.0000000000001314

BENOIT, Justin L. et al. Ventilation rates measured by capnography during out-of-hospital cardiac arrest resuscitations and their association with return of spontaneous circulation. *Resuscitation* [online]. 2023, 182 [cit. 2023-06-12]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2022.11.028

BERBENETZ, Nicolas et al. Non-invasive positive pressure ventilation (CPAP or bilevel NPPV) for cardiogenic pulmonary oedema. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2019, (4) [cit. 2023-06-11]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD005351.pub4

BOURKE, Stephen C et al. Beyond the guidelines for non-invasive ventilation in acute respiratory failure: implications for practice. *The Lancet Respiratory Medicine* [online]. 2018, 6(12), 935-947 [cit. 2023-06-13]. ISSN 22132600. Dostupné z: doi:10.1016/S2213-2600(18)30388-6

CERECEDA-SÁNCHEZ, Francisco a Jesús MOLINA-MULA. Systematic Review of Capnography with Mask Ventilation during Cardiopulmonary Resuscitation Maneuvers. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2019, 8(3) [cit. 2023-04-23]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm8030358

ČESKO. Vyhláška č. 240/2012 Sb., kterou se provádí zákon o zdravotnické záchranné službě, 2012. [online]. [cit. 2023-02-12]. In: Sbíрка zákonů ČR, částka 82, s. 3226-3231. ISSN 1211-

1214. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=240/2012&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

CHAUDHURI, Dipayan et al. Helmet noninvasive ventilation compared to facemask noninvasive ventilation and high-flow nasal cannula in acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *European Respiratory Journal* [online]. 2022, 59(3) [cit. 2023-06-13]. ISSN 0903-1936. Dostupné z: doi:10.1183/13993003.01269-2021

CULBRETH, Rachel E. a Douglas S. GARDENHIRE. Manual bag valve mask ventilation performance among respiratory therapists. *Heart & Lung* [online]. 2021, 50(3), 471-475 [cit. 2023-04-23]. ISSN 01479563. Dostupné z: doi:10.1016/j.hrtlng.2020.10.012

CURRY, Bentley Woods et al. Mechanical Ventilation of Severe Traumatic Brain Injury Patients in the Prehospital Setting. *Air Medical Journal* [online]. 2020, 39(5), 410-413 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1067991X. Dostupné z: doi:10.1016/j.amj.2020.04.020

CORDIOLI, Ricardo L et al. New physiological insights in ventilation during cardiopulmonary resuscitation. *Current Opinion in Critical Care* [online]. 2019, 25(1), 37-44 [cit. 2023-06-07]. ISSN 1070-5295. Dostupné z: doi:10.1097/MCC.0000000000000573

DAFILOU, Benjamin et al. It's In The Bag: Tidal Volumes in Adult and Pediatric Bag Valve Masks. *Western Journal of Emergency Medicine* [online]. 2020, 21(3) [cit. 2023-04-23]. ISSN 1936900X. Dostupné z: doi:10.5811/westjem.2020.3.45788

DEMCHUK, Angela M a Robert L CHATBURN. Performance Characteristics of Positive Expiratory Pressure Devices. *Respiratory Care* [online]. 2021, 66(3), 482-493 [cit. 2023-04-27]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: doi:10.4187/respcare.08150

EL SAYED, Mazen J. et al. Impact of prehospital mechanical ventilation. *Medicine* [online]. 2019, 98(4) [cit. 2023-06-08]. ISSN 0025-7974. Dostupné z: doi:10.1097/MD.00000000000013990

EL SAYED, Mazen, et al. Ventilator use by emergency medical services during 911 calls in the United States. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2018, 36(5), 763-768 [cit. 2023-06-11]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2017.10.008

FEI, M. et al. Comparison of effectiveness of two commonly used two-handed mask ventilation techniques on unconscious apnoeic obese adults. *British Journal of Anaesthesia* [online]. 2017, 118(4), 618-624 [cit. 2023-04-23]. ISSN 00070912. Dostupné z: doi:10.1093/bja/aex035

FICHTNER, Falk et al. Clinical Guideline for Treating Acute Respiratory Insufficiency with Invasive Ventilation and Extracorporeal Membrane Oxygenation: Evidence-Based Recommendations for Choosing Modes and Setting Parameters of Mechanical Ventilation. *Respiration* [online]. 2019, 98(4), 357-372 [cit. 2023-04-23]. ISSN 0025-7931. Dostupné z: doi:10.1159/000502157

FINN, Judith C et al. Prehospital continuous positive airway pressure (CPAP) for acute respiratory distress: a randomised controlled trial. *Emergency Medicine Journal* [online]. 2021, 39(1), 37-44 [cit. 2023-04-27]. ISSN 1472-0205. Dostupné z: doi:10.1136/emered-2020-210256

GEORGE, Brendan P. et al. Sedation Depth is Associated with Increased Hospital Length of Stay in Mechanically Ventilated Air Medical Transport Patients: A Cohort Study. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2020, 24(6), 783-792 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2019.1705948

GROOMBRIDGE, C. J. et al. A prospective, randomised trial of pre-oxygenation strategies available in the pre-hospital environment. *Anaesthesia* [online]. 2017, 72(5), 580-584 [cit. 2023-04-26]. ISSN 00032409. Dostupné z: doi:10.1111/anae.13852

HENSEL, Mario et al. Prehospital non-invasive ventilation in acute respiratory failure is justified even if the distance to hospital is short. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2019, 37(4), 651-656 [cit. 2023-04-23]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2018.07.001

JAIN, Divya et al. Comparison of three techniques of face mask ventilation in children less than two years of age—a randomized crossover study. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie* [online]. 2019, 66(8), 999-1000 [cit. 2023-04-26]. ISSN 0832-610X. Dostupné z: doi:10.1007/s12630-019-01394-9

JOUFFROY, Romain et al. Pre-hospital mechanical ventilation in septic shock patients. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2019, 37(10), 1860-1863 [cit. 2023-04-23]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2018.12.047

KHETERPAL, Sachin et al. Incidence and Predictors of Difficult and Impossible Mask Ventilation. *Anesthesiology* [online]. 2006, 105(5), 885-891 [cit. 2023-04-27]. ISSN 0003-3022. Dostupné z: doi:10.1097/00000542-200611000-00007

- KROLL, Melissa, Jyoti DAS a Jeffrey SIEGLER. Can Altering Grip Technique and Bag Size Optimize Volume Delivered with Bag-Valve-Mask by Emergency Medical Service Providers?. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2019, 23(2), 210-214 [cit. 2023-06-07]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2018.1489020
- LACERDA, Rodrigo Silva et al. Benefits of Manometer in Non-Invasive Ventilatory Support. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2017, 32(6), 615-620 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1049-023X. Dostupné z: doi:10.1017/S1049023X17006719
- LANGERON, Olivier et al. Prediction of Difficult Mask Ventilation. *Anesthesiology* [online]. 2000, 92(5), 1229-1236 [cit. 2023-04-27]. ISSN 0003-3022. Dostupné z: doi:10.1097/00000542-200005000-00009
- LELLOUCHE, François, Mathieu DELORME a Laurent BROCHARD. Impact of Respiratory Rate and Dead Space in the Current Era of Lung Protective Mechanical Ventilation. *Chest* [online]. 2020, 158(1), 45-47 [cit. 2023-04-23]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1016/j.chest.2020.02.033
- LUCY, Malcolm J. et al. Artificial ventilation during transport: A randomized crossover study of manual resuscitators with comparison to mechanical ventilators in a simulation model. *Pediatric Anesthesia* [online]. 2018, 28(9), 788-794 [cit. 2023-06-07]. ISSN 11555645. Dostupné z: doi:10.1111/pan.13389
- LYNG, John, et al. Prehospital Manual Ventilation: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 23-31 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1981506
- LYNG, John, et al. Prehospital Pediatric Respiratory Distress and Airway Management Training and Education: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 102-110 [cit. 2023-04-25]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1992551
- MENG, Meng, et al. Prehospital noninvasive positive pressure ventilation for severe respiratory distress in adult patients: An updated meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing* [online]. 2022, 31(23-24), 3327-3337 [cit. 2023-04-23]. ISSN 0962-1067. Dostupné z: doi:10.1111/jocn.16224

MOY, Hawnwan et al. 1130: MECHANICAL VENTILATION PRACTICES AMONG AIR MEDICAL TRANSPORT PATIENTS. *Critical Care Medicine* [online]. 2022, 50(1), 563-563 [cit. 2023-04-25]. ISSN 0090-3493. Dostupné z: doi:10.1097/01.ccm.0000810844.72073.49

MOY, Hawnwan P. et al. Mechanical Ventilation Practices and Low Tidal Volume Ventilation in Air Medical Transport Patients: The AIR-VENT Study. *Respiratory Care* [online]. 2022, 67(6), 647-656 [cit. 2023-06-08]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: doi:10.4187/respcare.09824

PERKINS, Gavin D. et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary. *Resuscitation* [online]. 2021, 161, 1-60 [cit. 2023-06-27]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2021.02.003

SAIKIA, Diganta a Bandana MAHANTA. Cardiovascular and respiratory physiology in children. *Indian Journal of Anaesthesia* [online]. 2019, 63(9) [cit. 2023-04-25]. ISSN 0019-5049. Dostupné z: doi:10.4103/ija.IJA_490_19

SAHU, Novneet, et al. Observational Study on Safety of Prehospital BLS CPAP in Dyspnea. *Prehospital and Disaster Medicine* [online]. 2017, 32(6), 610-614 [cit. 2023-06-11]. ISSN 1049-023X. Dostupné z: doi:10.1017/S1049023X17006677

SAFAR, Peter, Lourdes A. ESCARRAGA a Francis CHANG. Upper airway obstruction in the unconscious patient. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1959, 14(5), 760-764 [cit. 2023-06-07]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1959.14.5.760

SCHMITT, Felix C. F. et al. Non-Invasive Ventilation as a Therapy Option for Acute Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Acute Cardiopulmonary Oedema in Emergency Medical Services. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2022, 11(9) [cit. 2023-04-25]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm11092504

SEILER, Claudia et al. Swimming-Induced Pulmonary Edema. *Chest* [online]. 2022, 162(2), 410-420 [cit. 2023-04-23]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1016/j.chest.2022.02.054

STEPHENS, Robert et al. 2019 Mechanical Ventilation in the Prehospital and Emergency Department Environment. *Respiratory Care* [online]. 2019, 64(5), 595-603 [cit. 2023-04-23]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: doi:10.4187/respcare.06888

WALTER, James M. et al. Invasive Mechanical Ventilation. *Southern Medical Journal* [online]. 2018, 111(12), 746-753 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1541-8243. Dostupné z: doi:10.14423/SMJ.00000000000000905

YAMADA, Atsushi et al. Bag-valve-mask Ventilation with Airway Adjuncts Improves Neurological Outcomes of In-hospital Cardiac Arrest. *Internal Medicine* [online]. 2012, 51(12), 1517-1521 [cit. 2023-06-07]. ISSN 0918-2918. Dostupné z: doi:10.2169/internalmedicine.51.7015

YANG, Betty Y. et al. A pilot evaluation of respiratory mechanics during prehospital manual ventilation. *Resuscitation* [online]. 2022, 177, 55-62 [cit. 2023-06-12]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2022.06.003

ZWEIKER, David et al. Does the Number of Fingers on the Bag Influence Volume Delivery? A Randomized Model Study of Bag-Valve-Mask Ventilation in Infants. *Children* [online]. 2018, 5(10) [cit. 2023-06-07]. ISSN 2227-9067. Dostupné z: doi:10.3390/children5100132

Seznam zkratek

AC – assist-control

ALS – Advanced Life Support

ARDS – syndrom akutní dechové tísně

BLS – Basic Life Support

BiPAP – Bilevel Positive Airway Pressure

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

CPAP – Continuous Positive Airway Pressure

FiO₂ – frakce kyslíku

GCS – Glasgow Coma Scale

EtCO₂ – koncentrace oxidu uhličitého na konci výdechu

ETI – endotracheální intubace

MV – minutový objem

NIV – neinvazivní ventilace

PEEP – pozitivní tlak na konci výdechu

PEP – Positive Expiratory Pressure

PC – pressure controlled

pO₂ – parciální tlak kyslíku

PRVC – pressure regulated volume control

PS – pressure support

RASS - Richmond Agitation Sedation Scale

Df – dechová frekvence

SIMV – synchronized intermittent mandatory ventilation

VC – volume controlled

VT – dechový objem

Seznam tabulek

Tabulka 1 Závislost dechové frekvence na věku dítěte. (Tabulka vlastní tvorba, informace převzaty z Perkins et al. 2021, s. 1-60).....	28
--	----