

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 28. dubna 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: 28. 4. 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 využitím umělé plicní ventilace v přednemocniční péči. Zkoumá umělou plicní ventilaci a její přínos pro léčbu pacientů v přednemocniční péči. Základ práce je tvořen systematickým přehledem studií, které srovnávají možné způsoby ventilace a oxygenace pacienta v přednemocniční péči. Práce zároveň obsahuje i základní informace o umělé plicní ventilaci.

Abstrakt v AJ: This bachelor thesis is focused on artificial ventilation in prehospital care. Thesis describes artificial ventilation and its potential for treating patients in prehospital care. The main aim of this thesis is to systematically review publications that compare different forms of patient ventilation in prehospital care. This thesis also includes basic information about artificial ventilation.

Klíčová slova v ČJ: umělá plicní ventilace, mechanická ventilace, manuální ventilace, invazivní ventilace, neinvazivní ventilace, CHOPN, kapnometrie

Klíčová slova v AJ: artificial lung ventilation, mechanical ventilation, manual ventilation, invasive ventilation, noninvasive ventilation, COPD, capnometry

Rozsah: 40 stran

Obsah

Úvod	7
1 Popis rešeršní činnosti	10
2 Umělá plicní ventilace	12
2.1 Volba ventilačních parametrů v přednemocniční péči	14
2.2 Invazivní ventilace v prostředí letecké záchranné služby	15
3 Anatomie dýchacího systému	15
4 Fyziologie dýchacího systému	16
4.1 Protektivní ventilace	17
4.1.1 Přednemocniční umělá plicní ventilace u pacientů v septickém šoku	17
5 Zajištění dýchacích cest	17
6 Kapnometrie v přednemocniční péči	20
7 Neinvazivní ventilace	21
7.1 Neinvazivní umělá plicní ventilace v léčbě plicního edému a chronické obstrukční plicní nemoci v přednemocniční péči	22
8 Umělá plicní ventilace v léčbě jiných onemocnění	25
9 Ventilace křísícím vakem	26
9.1 Posouzení kvality ventilace	27
9.2 Ventilační péče u pediatrických pacientů	29
10 Preoxygenace v přednemocniční péči	30
11 Sedace a analgezie v průběhu mechanické ventilace	31
Význam a limitace dohledaných poznatků	33
Závěr	34
Referenční seznam	35
Seznam zkratk	40

Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zabývá problematikou umělé plicní ventilace v přednemocniční péči z pohledu zdravotnického záchranáře.

Dýchání je jednou ze základních životních funkcí. V případě jeho zástavy je nutné mechanickou výměnu plynů obnovit, aby nedošlo ke smrti organismu. U pacientů s akutní respirační nedostatečností je mechanická ventilace nástrojem k dostatečné výměně krevních plynů. Respirační nedostatečnost, musí zdravotnický záchranář 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. Pro ventilaci pacienta v přednemocniční péči se používá křísící vak nebo mechanický přenosný ventilátor. Umělá plicní ventilace přístrojově zajišťuje náhradu dýchání. Její správné použití může snížit riziko vzniku barotraumatů a snížit riziko vzniku komplikací jako je 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 jiných odvětví ve zdravotnictví, i toto zaznamenalo v posledních několika letech významný rozvoj, například rozšíření domácí neinvazivní ventilace v léčbě chronického hyperkapnického respiračního selhávání.

Cíle bakalářské práce jsou:

1. Sumarizovat aktuální dohledané poznatky, které se týkají problematiky používání umělé plicní ventilace v přednemocniční péči.
2. Porovnat účinnost ventilace křísícím vakem, neinvazivní a invazivní mechanické ventilace na základě schopnosti kompenzovat respirační potíže pacientů v prostředí přednemocniční péče.

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.00000000000000905

1 Popis řešeršní činnosti

Pro dohledání validních informací byl použit standardní postup řešeršní činnosti

Vyhledávací kritéria

Klíčová slova v češtině: mechanická ventilace v přednemocniční péči, manuální ventilace v přednemocniční péči, umělá plicní ventilace, kapnometrie

Klíčová slova v angličtině mechanical ventilation in prehospital care, manual ventilation in prehospital care, sedation in prehospital care, capnometry

Jazyk: česky, anglicky

Období: 2017-2023

Další kritéria: recenzovaná periodika, plné texty

Databáze

Google Scholar, PubMed

Nalezeno

396 článků

Vyřazující kritéria

Název, abstrakt nevhodný pro zvolené cíle, duplicitní články

Sumarizace využitých databází a dohledaných dokumentů

Google Scholar: 86

PubMed: 39

Sumarizace vybraných nejvýznamnějších dohledaných periodik s IF a dokumentů

Prehospital emergency care – 5

Journal of Clinical Medicine – 2

The American Journal of Emergency Medicine – 3

Anaesthesia – 3

Air Medical Journal – 1

British Journal of Anaesthesia – 1

Critical Care Medicine – 1

Prehospital and Disaster Medicine – 1

Počet použitých dokumentů

Pro tvorbu této bakalářské práce bylo použito 36 článků dohledaných rešeršní činností.

Celkový přehled použitých zdrojů je uveden v referenčním seznamu.

2 Umělá plicní ventilace

Umělá plicní ventilace je potenciálně život zachraňující intervence pro akutně ohrožené pacienty. Zajišťuje dýchání, při kterém je průtok plynu dýchacími cestami nahrazen plně nebo částečně mechanickým přístrojem.

Podle způsobu zajištění dýchacích cest je umělá plicní ventilace rozdělena na invazivní a neinvazivní. Invazivní mechanická ventilace zahrnuje zajištění dýchacích cest pomocí laryngeální masky, endotracheální kanyly nebo tracheostomické kanyly. Pro neinvazivní ventilaci je nejčastěji použita obličejová maska. 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. Nejčastěji je mechanická ventilace použita ke stabilizaci pacientů s hypoxemickým a hyperkapnickým respiračním selháním, snižuje metabolické potřeby pacienta při dýchání a redistribuuje průtok krve z dýchacích svalů do jiných tkání u pacientů v šoku. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

Ventilátory jsou pomocná zařízení, která nahrazují dechovou aktivitu pacienta. Cílem ventilační podpory pacienta je dodání potřebného množství vzduchu ve správný čas do plicních alveol. Způsob nastavení proměnných určuje režim ventilace. Pokud je cílem dosažení konstantní minutové ventilace, jedná se o objemově řízené ventilaci (stejná objemová podpora každého dechu) (VC). Naopak, pokud je cílem dosažený 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). Při neinvazivní ventilaci se nejčastěji volí režimy CPAP a BiPAP. Režimy umělé plicní ventilace jsou definovány 3-mi elementy, které označují dechový cyklus pacienta: „trigger“, „target“ a „cycle“. „Trigger“ je iniciátorem zahájení dechu. Pokud je pacient ventilován v režimu řízené ventilace, jsou dechy iniciovány v pevně daných časových intervalech nezávisle na pacientovi. Nádechy iniciované pacientem jsou označovány jako spontánní. V případě, kdy nedojde k iniciaci dechu pacientem, ventilátor sám iniciuje dechovou aktivitu tak, aby byla dosažena nastavená dechová frekvence. Ventilátor analyzuje dechovou činnost prostřednictvím změn tlaku v dýchacích cestách a synchronizuje dodání vzduchu podle pacientovy aktivity. Trigger je aktivován při zaznamenání poklesu tlaku v dýchacích cestách a spustí zahájení nádechu. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

„Target“ popisuje strategii dosažení požadované hodnoty tlaku v dýchacích cestách nebo množství vzduchu, které má být dodáno ventilátorem do pacientových dýchacích cest.

„Cycle“ popisuje ukončení dechu a přechod k výdechu. Hodnoty dosaženého tlaku, průtoku nebo času podmiňují zahájení další fáze dechu. Pokud dojde k dosažení těchto proměnných hodnot, kterými mohou být: dodaný dechový objem (VT), konec nastavené doby inspirace (Ti) nebo změna rychlosti inspiračního průtoku, začne pasivní výdech. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

PEEP (positive end expiration pressure) je pozitivní tlak v dýchacích cestách na konci výdechu. Zlepšuje oxygenaci, působí preventivně proti kolapsu plicních alveol a brání vzniku atelektáz. Zlepšuje rovnoměrnost proudění vzduchu v dýchacích cestách a snižuje dechovou práci. Při 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)

K interferenci mezi pacientem a mechanickým ventilátorem dochází zhruba u jedné třetiny ventilovaných pacientů. Příčinou mohou být například rozdílné doby inspiria a expiria. 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)

Hodnocení změn tlaků

Invazivní mechanická ventilace umožňuje posoudit změny tlaků v dýchacích cestách. Míra poddajnosti dýchacích cest a plic umožňuje přesněji zjistit diferenciální diagnózu nemoci pacienta. Po jejím rozpoznání může záchranář upravit management ventilace. Při vzniku náhlých tlakových změn v dýchacích cestách, může dojít k hemodynamické nestabilitě pacienta. Bezpečným řešením je odpojení z ventilátoru a ventilace křísícím vakem. Zvýšený vrcholový tlak spojený se zvýšeným plató tlakem naznačují sníženou poddajnost plic. Pokud dojde ke zvýšení vrcholového tlaku, akutně je třeba vyloučit pneumotorax a rozvoj auto-PEEPu. Zvýšení vrcholových tlaků a nízký plató tlak mohou naznačovat zvýšený odpor v dýchacích cestách. Namísto je kontrola endotracheální kanyly k vyloučení zalomení nebo ucpaní. Průchodnost je ověřena zavedením odsávací cévky a poslechem hrudníku pacienta, k vyloučení rozvoje bronchospazmu. Prudké snížení tlaku v dýchacích cestách může znamenat únik vzduchu z ventilačního okruhu. Možnou příčinou může být nedostatečné nafouknutí balónku endotracheální kanyly. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

Rozvoj auto-PEEPu

Auto-PEEP je způsoben nedokončeným výdechem pacienta při zahájení nového nádechu. Dochází k akumulaci vzduchu v plicích na konci výdechu. Nejčastěji se projevuje u pacientů se zvýšeným odporem dýchacích cest a sníženým průtokem při výdechu. Rizikové skupiny jsou pacienti s těžkým astmatem nebo chronickou obstrukční plicní nemocí. Při vzniku auto-PEEPu dochází ke zvýšení nitrohruďního tlaku a snižování venózního návratu. To vede ke zvýšení afterloadu pravé komory a zvýšení obtížnosti dýchání, protože pacient musí překonat tento odpor, aby mohl iniciovat nádech. Rozvoj auto-PEEPu je život ohrožujícím stavem. Rozpoznat vznik auto-PEEPu je možné několika způsoby. První indikací je přetrvávající výdechový průtok na začátku inspiria, který je zaznamenán buď sledováním nebo poslechem výdechového průtoku, který se nenavrtá na nulu při počínajícím nádechu. V případě, že u pacienta nejsou známy patologické příčiny snížené poddajnosti plic, zvýšení plató tlaku indikuje rozvoj auto-PEEPu. Aby nedošlo k rozvoji auto-PEEPu u pacientů s prodlouženým výdechem je vhodná ventilace sníženou dechovou frekvencí, nízkými dechovými objemy a zvýšeným inspiračním průtokem. Pokud získáme podezření rozvoje auto-PEEPu, je nutné pacienta ihned odpojit od ventilátoru a přejít na ventilaci křísícím vakem. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

2.1 Volba ventilačních parametrů v přednemocniční péči

Volba ventilačních parametrů při umělé plicní ventilaci v přednemocniční péči je volena podle specifického onemocnění pacienta. Je nutné u pacienta nevyvolat žádné poškození plic. (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. Minutová ventilace je dána součinem dechového objemu a dechové frekvence. V případě nízkých hodnot saturace lze dosáhnout lepší oxygenace pacienta pomocí zvýšení frakce vdechovaného kyslíku (FiO_2) anebo zvýšením hodnoty PEEPu. (Walter et al. 2018, s. 746-753)

Pro zajištění bezpečnosti ventilace se využívá tzv. protektivní ventilace. Doporučený dechový objem je 6-8 ml/kg, 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) Při volbě ventilačního režimu je třeba určit, zda má být pacientovi umožněno spontánní dýchání. U hluboce sedovaných pacientů je sledována vyšší úmrtnost než u pacientů, u kterých byla volena nižší hloubka sedace. Nižší

hloubka sedace je spojena s vyšším spontánním dechovým úsilím. (Fichtner et al. 2019, s. 357-372)

2.2 Invazivní ventilace v prostředí letecké záchranné služby

Leteckou záchrannou službou je transportováno velké množství mechanicky ventilovaných pacientů. Cílem této studie bylo monitorování četnosti použití ventilátorových režimů v podmínkách letecké záchranné služby. Tato retrospektivní kohortová studie trvala od ledna 2015 až do prosince 2020. Do studie bylo zařazeno celkem 72 148 pacientů. Nejčastěji se v prostředí letecké záchranné služby prováděla ventilace objemově řízeným režimem ventilace (VC-AC), a to v 50,7 % pacientů a (SIMV) u 29,9 % pacientů. Z celkem 95 004 nastavení ventilátoru byl střední dechový objem 475 ml. Výška 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 %).

Z této největší studie mechanicky ventilovaných pacientů v prostředí letecké záchranné služby je možné odvodit oblasti pro možné zlepšení kvality přednemocniční péče. První oblastí je měření výšky pacienta nebo délky ulny pro zjištění ideální tělesné hmotnosti a nastavení optimálního dechového objemu. Druhou oblastí je kontrola a limitace tlaku v plató, a třetí oblastí vymezení hyperoxie a vhodné kombinace PEEPu a FiO₂. Cílem ventilace je zajištění protektivní plicní ventilace, která pozitivně ovlivňuje pacientův léčebný výsledek. (Moy, et al. 2022, s. 563-563)

3 Anatomie dýchacího systému

Horní cesty dýchací začínají dutinou nosní a pokračují nasopharyngem, oropharyngem až k hrtanu. Funkcí horních dýchacích cest je filtrace, zahřátí a zvlhčení vdechovaného vzduchu. Dolní cesty dýchací jsou tvořeny tracheou, a to od úrovně šestého krčního obratle až ke dvanáctému hrudnímu obratli, kde dochází k rozdělení na pravý a levý bronchus. Ty se dále dělí na průdušky, což je souhrnný název pro rozvětvený systém trubic, kterým proudí vzduch mezi průdušnicí a plicními sklípky. V nich následně probíhá výměna dýchacích plynů mezi vzduchem a krví. Plíce jsou párovým orgánem a dělí se na pravou a levou plíci. Pravá plíce je tvořena třemi plicními laloky, levá plíce je tvořena dvěma laloky. Plíce jsou uloženy v hrudní dutině a jejich povrch kryje viscerální pleura. Povrch hrudní dutiny je kryt parietální pleurou. Mezi těmito tenkými vrstvami vzniká malý prostor, tzv. pleurální štěrbina. V tomto prostoru je

tekutina, která má lubrikační funkci a umožňuje vzájemný posun. V této štěrbině je přítomen podtlak, který neumožňuje samovolný kolaps plic. (Barrow et al. 2017, s. 227-233)

Mrtvý prostor

Část dýchacích cest nacházejících se nad terminálními bronchioly se nepodílí na výměně plynů. Tento prostor se nazývá mrtvý prostor a jeho objem je cca 150 ml. (Barrow et al. 2017, s. 227-233)

4 Fyziologie dýchacího systému

Objem alveolů, které se neúčastní výměny plynů nazýváme alveolární mrtvý prostor. Anatomický a alveolární mrtvý prostor vytváří fyziologický mrtvý prostor, který reprezentuje celkový objem vzduchu v plicích, u kterého nedochází k výměně plynů. Dechový objem (VT) je množství vzduchu, které se vymění v plicích během jednoho dechového cyklu. Průměrný klidový dechový objem u dospělého muže odpovídá zhruba 500 ml, u průměrné zdravé ženy 400 ml. Minutová ventilace (MV) je objem vzduchu, který vstoupí do plic za jednu minutu. Vypočítá se jako dechový objem (VT) x dechová frekvence (RR). Alveolární ventilace počítá s neefektivně ventilovaným mrtvým prostorem a popisuje objem vzduchu, který dosáhne respirační zónu za jednu minutu. (Hallett et al. 2022, s. neuvedena)

Dech se skládá z inspiria a expiria. Inspirační čas je definován jako moment zahájení dechu do začátku výdechu. Expirační čas je definován jako perioda začínající momentem zahájení výdechu do začátku dalšího nádechu. Ventilací perioda je sumou inspiračního a expiračního času. Je také převrácenou hodnotou dechové frekvence. Poměr nádechu a výdechu je definován jako poměr inspiračního a expiračního času (I:E). (Baez et al. 2022, s. 88-95)

Cílem ventilace je dostatečná výměna dýchacích plynů, aby byly zachovány metabolické potřeby organismu. Kyslík, který je přítomný v okolní atmosféře se pomocí difuze dostává v plicních sklípcích do krve. Ve stejném čase oxid uhličitý přechází z krve do vzduchu a je při výdechu vyloučen z těla. Dostatečná výměna dýchacích plynů nedovoluje akumulaci oxidu uhličitého v organismu, který by způsobil metabolickou acidózu. Objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu pomáhá udržovat stabilní hodnoty parciálního tlaku kyslíku a oxidu uhličitého v arteriální krvi. Normativní hodnoty parciálního tlaku kyslíku jsou 10 – 13,3 kPa. Hodnoty parciálního tlaku oxidu uhličitého jsou 4,7 – 6 kPa. (Hallett, 2022, s. neuvedena)

Historicky se při umělé plicní ventilaci používaly vysoké dechové objemy (12 - 15 ml/kg) a nízké hodnoty PEEPu. Nicméně při použití takto vysokých dechových objemů bylo

zjištěno poškození plic, které se může rozvinout již po dvaceti minutách ventilace. Příliš vysokými dechovými objemy dochází k rozvoji volumotraumat. Důsledkem je rozvoj zánětlivé kaskády, která způsobuje zvýšenou permeabilitu plic, plicní edém, dysfunkci surfaktantu a způsobuje produkci cytokinů, které poškozují plíce. (Stephens et al. 2019, s. 595-603)

4.1 Protektivní ventilace

Výzkumy, které probíhaly desítky let vedou ke konceptu tzv. protektivní ventilace. Data, která srovnávala různé strategie protektivní ventilace a konvenční ventilační strategie při chirurgických operacích ukazují, že při brzké aplikaci protektivní ventilace docházelo k mírnějšímu podráždění plic a snížení incidence dalších komplikací. Protektivní ventilace slouží k minimalizaci poškození plic, snížení toxicity kyslíku a optimalizaci hemodynamiky. (Lellouche, 2020, s. neuvědlena), (Baez et al. 2022, s. 88-95)

4.1.1 Přednemocniční umělá plicní ventilace u pacientů v septickém šoku.

Cílem této studie bylo popsat nastavení ventilátoru u pacientů v septickém šoku v přednemocniční péči a vyhodnotit závislost mezi úmrtností pacientů ve 28. dni na jednotce intenzivní péče a nastaveným dechovým objemem.

Studie se zúčastnilo celkem 59 pacientů v septickém šoku nejčastěji způsobeným plicní infekcí, kteří byli intubováni a uměle ventilováni. Průměrný dechový objem byl 7+-1 ml/kg. Úmrtnost pacientů dosáhla 42 %. V této studii byla pozorována závislost mezi úmrtností pacientů ve 28. dni na jednotce intenzivní péče a dechovým objemem, kterým byli tito pacienti ventilováni v přednemocniční péči pomocí umělé plicní ventilace. Tato studie ukazuje, že ventilace pacienta dechovým objemem nižším než 8 ml/kg je spojena s nižší úmrtností pacientů. Naopak dechové objemy vyšší než 8 ml/kg vykazovaly vyšší úmrtnost pacientů. Tato studie podporuje prospěšnost nízkých dechových objemů v přednemocniční péči na snížení úmrtnosti pacientů. (Jouffroy et al. 2019, s. 1860-1863)

5 Zajištění dýchacích cest

Kvalita zajištění dýchacích cest je závislá na kvalifikaci a zkušenostech záchránce. U kritického pacienta musí být provedeno v co nejkratším časovém úseku. V přednemocniční péči se nejčastěji využívá tři techniky, od nejjednodušších po nejsložitější. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Cílem je zvolení vhodné pomůcky k zajištění dostatečné výměny dýchacích plynů s co nejmenším rizikem pro pacienta. V přednemocniční péči není dostupný komfort pro zajištění dýchacích cest jako v nemocničním zařízení. Ne všichni záchranáři mají dostatečné zkušenosti a praxi s endotracheální intubací zvláště v nestandardních situacích v terénu. Proto není intubace vždy první volbou invazivního zajištění dýchacích cest. V některých případech je ventilace pomocí křísícího vaku s obličejovou maskou nebo zajištění dýchacích cest pomocí supraglotické pomůcky dostatečné a není nutné přistupovat k intubaci pacienta. (Baez et al. 2022, s. 88-95)

Použití obličejové masky a manuálních manévrů ke zprůchodnění dýchacích cest

Základní manévry pro udržení průchodnosti dýchacích cest zahrnují předsunutí dolní čelisti, otevření úst a mírný záklon hlavy. U pacientů s rizikem poranění krční páteře stabilizujeme polohu hlavy pomocí krčního límce a provedeme pouze předsunutí dolní čelisti. Záklon hlavy se v tomto případě neprovádí. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Ústní vzduchovody

Ústní vzduchovody se používají k udržení průchodnosti dýchacích cest při ventilaci obličejovou maskou. Jsou tolerovány pouze u pacientů s Glasgow Coma Scale (GCS) nižším než 9. Pacienti, kteří pomůcku netolerují mají zachován kašlací a dávicí reflex. Při ponechání hrozí riziko regurgitace, aspirace a zvracení. Kontraindikováno je zavádění při frakturách obličejových kostí včetně nosu a krvácení z úst nebo nosu. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Supraglotické pomůcky

Původně byly supraglotické pomůcky používány hlavně při neúspěšném zajištění dýchacích cest pomocí endotracheální kanyly, protože kanylace tracheální rourkou nebyla často úspěšná. S postupem času se použití supraglotických pomůcek začalo používat stále častěji. (Harris, et al. 2022, s. 118-128)

Laryngeální maska

Pomůcka se zavádí ústy bez použití laryngoskopie. Její zavedení je jednoduché a může být provedeno i méně zkušeným personálem. Indikace k zavedení je u pacientů v bezvědomí, spontánně dýchajících nebo v bezdeší a při neúspěšných pokusech o tracheální intubaci. Nejčastěji používané modely laryngeálních masek jsou i-gel a LMA Supreme. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Kombirourka

Kombirourka byla vyvinuta pro případy neúspěšné intubace nebo pro použití málo zkušeným zdravotnickým personálem. Kanyla má dva lumény a zavádí se na slepo. Jeden lumen se zavádí do trachey, druhý do jícnu. Zavedení je složité a často neúspěšné. V současné době není použití této pomůcky v přednemocniční péči doporučováno. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Tracheální intubace

Tradičně preferována metoda zajištění dýchacích cest. V podmínkách přednemocniční péče s často nevhodnými prostorovými a světelnými podmínkami je intubace pacienta náročnější než v prostorech nemocničního zařízení. Část lékařů a záchranářů pracujících v přednemocniční péči nemají s tracheální intubací dostatečné zkušenosti. (Klementova et al. 2020, s. 6-12) Úspěšnost intubace v terénu je popisována mezi 75 – 98 %. Nyní dochází ke zlepšování úspěšnosti intubace vlivem lepšího přístrojového vybavení a větších zkušeností záchranářů. (Crewdson, K., et al. 2017, s. 21)

Chirurgické techniky k zajištění dýchacích cest

Indikace k zajištění pomocí chirurgické techniky je u pacientů v emergentní situaci při přímém ohrožení života, které již není možné intubovat a nedochází u nich k efektivní oxygenaci. Další indikací je masivní trauma obličejového skeletu, měkkých tkání, popáleniny obličeje, bodné poranění supralaryngeální oblasti. Využití této techniky je především vhodné ve válečné medicíně, kdy je jednodušší zajištění pomocí chirurgické techniky než pacienta tracheálně intubovat. K zajištění se používají techniky buží asistované koniotomie nebo otevřené koniotomie, prováděna skalpelem s přímým zavedením kanyly. U dětí, pokud není možné intubovat, je možné zajištění dýchacích cest pomocí punkce ligamentum conicum několika kanylami. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

Podle aktuálních studií je tracheální intubace stále preferovanou pomůckou pro invazivní zajištění dýchacích cest. Nicméně pro její provedení jsou potřebné dostatečné zkušenosti. V případě nezkušeného zdravotníka je vhodné použití některého z modelů laryngeální masky. Při akutní respirační insuficienci a intoxikaci je vhodné použití neinvazivních způsobů ventilace pacienta. Pouze v případě závažné hypoxemie a poruchy vědomí je vyžadováno invazivní zajištění dýchacích cest. (Klementova et al. 2020, s. 6-12)

6 Kapnometrie v přednemocniční péči

Kapnometrie je metoda měření hladiny oxidu uhličitého pomocí infračerveného záření ve vydechovaném vzduchu pacientem. Znázornění pomocí grafu se nazývá kapnografie. Odchyška měření je kolem 5 %. U pacientů s akutní respirační insuficiencí, syndromu akutní dechové tísně a u pacientů s plicní embolií, může mít za následek zvýšený nesoulad ventilační perfuse. Kapnometrie je vhodnou pomůckou pro zjištění správného zavedení endotracheální kanyly a pro monitoraci mechanické ventilace. Je pouze technikou monitorace pacienta, samotný stav pacienta neovlivní. Úkolem zdravotnického personálu je vyhodnotit naměřené hodnoty a na jejich základě upravit parametry ventilace. Po připojení kapnografického čidla se na monitoru vitálních funkcí objevuje kapnografická křivka. Při nárůstu hodnot kapnometrie nad rozmezí fyziologických hodnot, dochází k hypoventilaci pacienta. Intervencí je zvýšení minutové ventilace. To se provádí dvěma způsoby. Zvýšením dechového objemu nebo zvýšením dechové frekvence. Naopak při poklesu hodnot kapnometrie dochází k hyperventilaci. Intervencí je snížení minutového objemu nebo dechové frekvence. (Fichtner et al. 2019, s. 357-372)

Na hodnotu EtCO₂ (jednotka vyjadřující koncentraci CO₂ na konci výdechu) má vliv i srdeční výdej. Při provádění neodkladné resuscitace náhlý vzestup EtCO₂ může poukazovat na návrat spontánního oběhu pacienta. Tvar kapnografické křivky ukazuje plicní funkce pacienta. U pacientů s CHOPN pozorujeme prodloužené expirium a vyšší hodnoty EtCO₂. (Fichtner et al. 2019, s. 357-372)

Normativní hodnoty EtCO₂ ve vydechovaném vzduchu jsou 35–45 mmHg. Překračování normativního rozmezí EtCO₂ a odchylky v morfologii kapnogramu lze využít k posouzení hemodynamických a metabolických fluktuací. (Portelli et al. 2022, s. 45-50)

Kapnografie nyní poskytuje nejlepší metodu kontroly manuální ventilace pacienta. Zobrazená křivka kapnografu může odhalit nedostatečnou ventilaci křísicím vakem a také únik vzduchu kolem obličejové masky a jeho obtékání kolem EtCO₂ senzoru. Několik systematických studií potvrzuje, že použití kapnografie při provádění ventilace křísicím vakem může mít pozitivní vliv na kvalitu prováděné ventilace díky zobrazení hodnot EtCO₂ v reálném čase. (Becker et al. 2017, s. neuvezena), (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 neefektivní ventilace. V případě použití

kapnografie by tato neefektivní ventilace byla odhalena. (Vithalani, et al. 2020) (Lyng et al., 2022, s. 23-31)

7 Neinvazivní ventilace

Neinvazivní ventilace je efektivní metodou léčby akutního respiračního selhání a také exacerbace chronické obstrukční plicní nemoci a kardiogenního plicního edému. Její použití je vhodné u těžce obézních pacientů, při patologiích hrudního koše v důsledku neuromuskulárních onemocnění.

Syndrom akutní respirační dechové tísně

Syndrom akutní respirační dechové tísně (ARDS) je akutní difuzní zánětlivé poškození plic způsobené infekčními i neinfekčními vlivy, které vede ke zvýšené plicní vaskulární permeabilitě, poškození alveol a vzniku plicního edému. S tím souvisí snížení objemu funkční plicní tkáně a zvýšení hmotnosti plic. Dušnost může vzniknout z různých příčin, například akutního plicního edému, chronické obstrukční plicní nemoci, akutní exacerbace astmatu a pneumonie. 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)

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. BiPAP se nejčastěji používá k asistované nebo kontrolované ventilaci. U neinvazivní ventilace je důležité správné nastavení masky na obličej pacienta, tak aby nedocházelo k úniku vzduchu. (Hensel, et al. 2019, s. 651-656)

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 standartně a 362 pacientů bylo léčeno standartní 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 standartní 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)

7.1 Neinvazivní umělá plicní ventilace v léčbě plicního edému a chronické obstrukční plicní nemoci v přednemocniční péči

Chronická obstrukční plicní nemoc je podle World Health Organization (WHO) pátou nejvíce zatěžující nemocí působící na veřejné zdravotnictví. Kardiogenní plicní edém může vést k hypoxemickému respiračnímu selhání. Způsob optimálního zajištění dýchacích cest a ventilace pacienta je stále předmětem výzkumu. Příprava pacienta pro neinvazivní ventilaci obsahuje identifikaci příčin způsobujících respirační selhání. Hlavním benefitem neinvazivní ventilace je snížení potřeby intubace pacienta a s tím spojených komplikací, například vzniku ventilátorové pneumonie. V případě, že po aplikaci neinvazivní ventilace nedojde ke zlepšení stavu pacienta, není vhodné v této intervenci nadále pokračovat, protože dochází k opoždění zahájení invazivní umělé plicní ventilace. Ačkoliv je znám pozitivní dopad neinvazivní ventilace, stále není jasné, který z režimů CPAP nebo BiPAP je pro léčbu efektivnější. (Abubacker et al. 2021, s. neuvedena)

Tato observační prospektivní multicentrická studie probíhala v Heidelbergu mezi říjnem 2016 až říjnem 2018. Studie se zúčastnili pacienti starší 18 let s akutním respiračním selháním způsobeným akutní exacerbací chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN) nebo akutního kardiogenního plicního edému. Porovnávaná byla hodnota pO_2 odebrána nejpozději 1 hodinu po předání v nemocnici. Srovnávaná byla léčba kyslíkovou maskou, neinvazivní ventilací (NIV) s využitím PEEPu v režimu BiPAP a endotracheálně intubovaného (ETI) pacienta na mandatorní ventilaci. 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. Studie pracovala s 545 vhodnými pacienty. U 418 pacientů byla použita kyslíková maska, u 99 NIV a 28 pacientů bylo zaintubováno. 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 vs 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 odebírány ukazují, že použití NIV zajistilo dostatečnou oxygenaci a hodnoty pO₂ byly vyšší než u kyslíkové masky a porovnatelné s intubovanými 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), délku setrvání na jednotce intenzivní péče (3,4 dne oproti 5,8 dne) a celkovou délku 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% případech. 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)

Z důvodu těžkého bronchospasmu je u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí prodloužený výdech. Pro optimální ventilaci těchto pacientů je vhodná 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)

Výsledky těchto studií se shodují s výsledky metaanalýzy Meng, et al., ve které byla prokázána 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. 3327-3337)

Plicní edém způsobený plaváním

Při plavání ve studené vodě může dojít k rozvoji plicního edému. Této problematice se věnovala následující studie, která zkoumala vliv použití neinvazivní ventilace jako vhodného způsobu léčby dechových obtíží pacientů. Tato prospektivní observační studie, která byla provedena mezi lety 2017 a 2019 ve Švédsku během největší soutěže konající se na otevřené vodě zkoumala plavce s diagnostikovaným plicním edémem a z periferní saturaci kyslíkem 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 (umožňující vznik pozitivního tlaku při výdechu). 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 10-20 minutové intervenci propuštěno a ponecháno na místě. 11 pacientů muselo být i přes aplikované intervence transportováno do nemocničního zařízení. NIV způsobila nárůst pO_2 ze vstupních průměrných 91 % na konečných 97 %. U 6 pacientů došlo také 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 tedy možné srovnat efektivitu léčby pomocí CPAPu. (Seiler et al. 2022, s. 162)

Zařízení vytvářející pozitivní tlak na konci výdechu

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 vydechaným vzduchem pacientova. (Demchuk et al. 2021, s. 482-493)

8 Umělá plicní ventilace v léčbě jiných onemocnění

Traumatizovaní pacienti nezbytně nevyžadují invazivní mechanickou ventilaci. Rozhodnutí, zda je nutné zahájit invazivní ventilaci, je závislé na závažnosti poranění, hemodynamické stabilitě pacienta, logistice dopravy a vzdálenosti k definitivní nemocniční péči. Mechanická ventilace může být indikována k podpoře zvýšené potřeby kyslíku nebo ke snížení dechové práce u těžce traumatizovaných pacientů.

Minutová ventilace se upravuje s ohledem na metabolickou acidózu pacienta. Dechová frekvence by měla být stejná nebo vyšší než před intubací. Těžké traumatické poranění je rizikovým faktorem pro syndrom akutní respirační dechové tísně. Optimální je dechový objem v rozmezí protektivní ventilace, a to 6–8 ml/ předpokládané tělesné hmotnosti pacienta. Cílová saturace kyslíkem 94–98 %. (Baez et al. 2022, s. 88-95)

Hypokapnie, způsobena hyperventilací se nejčastěji vyskytuje u pacientů s kraniotraumatem, a to až u 79 % případů. Výskyt hypokapnie v přednemocniční péči vede ke zvýšené morbiditě. Patofyziologický mechanismus tohoto procesu spočívá ve snížení mozkového průtoku a vazokonstrikci, která zapříčiní ischemii mozkové tkáně. Proto používání kapnometrie v přednemocniční péči k indikaci nechtěné hypokapnie je spojováno se snížením výskytu hyperventilace. (Baez et al. 2022, s. 88-95)

Mechanická ventilace pacientů s vážným traumatickým poraněním mozku v přednemocniční péči

Srovnání ventilace traumatizovaných pacientů se věnovala následující retrospektivní studie, která pracovala s intubovanými pacienty s těžkým traumatickým postižením 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. 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 ventilaci křísícím vakem. 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)

V léčbě neurologických urgentních stavů je cílem minimalizace vzniku rizika sekundárního poranění mozku. V případě neurologických poranění tedy intrakraniálního krvácení a traumatického poškození mozku je invazivní mechanická ventilace vnímaná jako mechanismus předcházející sekundárnímu poškození mozku. Hypoxie, hyperkapnie a hypokapnie mohou zhoršit průtok krve mozkem a negativně ovlivnit intrakraniální tlak. Rozhodnutí, zda je potřeba přistupovat k intubaci pacienta, je závislé na vstupním vyšetření. Při absenci dýchacích reflexů, a známkách zvýšeného intrakraniálního tlaku v kombinaci s Glasgow Coma Scale nižším než 8, je indikována tracheální intubace. (Baez et al. 2022, s. 88-95)

Zlomeniny žeber mohou negativně ovlivnit oxygenaci a ventilaci pacienta. Dostatečná analgezie může pozitivně ovlivnit respirační kapacitu a také eliminovat potřebu intubace během transportu. Pokud je pacient správně analgetizován a nadále přetrvává zvýšená námaha při dýchání a projevy hypoxemie i po aplikaci neinvazivní ventilace, je potřeba zvážit přechod na invazivní ventilační podporu, zvláště v případě, pokud by pacient byl vystaven dlouhému transportnímu času. (Baez et al. 2022, s. 88-95)

9 Ventilace křísícím vakem

Ventilace pacienta pomocí samonafukovacího vaku napojeného na obličejovou masku nebo endotracheální kanylu či laryngeální masku je základní metodou sloužící k zajištění managementu ventilace pacienta v přednemocniční péči. (Lyng et al., 2022, s. 23-31)

Ventilace křísícím vakem hraje důležitou roli při iniciální stabilizaci a preoxygenaci pacienta jako příprava pro invazivní zajištění dýchacích cest. Využívá se i mezi jednotlivými pokusy zavedení endotracheální kanyly. Opakovaně byla ve studiích identifikována na vzorku více než 2000 pacientů předpokládaná riziková kritéria pro obtížnou 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 pro ventilaci jsou omezené personální možnosti, náročnost prostředí a nevhodná poloha pacienta. (Lyng et al., 2022, s. 23-31)

Základem správně prováděné ventilace pacienta pomocí křísícího vaku jsou vhodné ventilační parametry pro konkrétního pacienta. Ovlivnitelnými ventilačními parametry jsou dechový objem, dechová frekvence, nejvyšší dosažený tlak a průtok vzduchu. Příliš vysoké objemy, tlak nebo průtok mohou vést k poškození plic a ke zvýšené morbiditě pacientů. (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 barotraumatů. (Lucy et al. 2018, s. 788-794)

Při studii prováděné na figuríně, která simulovala srdeční selhání bylo zjištěno, že použití tlakoměru na samonafukovacím 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 samonafukovacích ventilačních vaků. (Lyng, et al. 2022 102-110)

Pokud při ventilaci křísícím vakem je zajištěná dobrá těsnost mezi obličejovou maskou a obličejem pacienta a nedochází k úniku vzduchu, může být PEEP ventil doplněn na klasický samonafukovací vak. (Lyng, et al. 2022 102-110)

9.1 Posouzení kvality ventilace

Při posuzování kvality prováděné manuální ventilace záchranář sleduje zvedání hrudníku, poslech dechových fenoménů, změnu barvy kůže, změny hodnot na monitoru vitálních funkcí, odpor na křísícím vaku, hodnoty PaCO₂ a frekvenci stlačení křísícího vaku. 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)

Srovnání dechových objemů při použití dospělého a dětského křísícího vaku

Na dospělé figuríně RespiTrainer Advance byla provedena studie v roce 2016, která simulovala pacienta, u kterého byla prováděná manuální po dobu 2 minut při použití dětského nebo dospělého křísícího 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 křísícího vaku byl dosažen střední dechový objem 807,7 ml a při použití dětského vaku 630,7 ml. Z naměřených hodnot zjišťujeme, že obě hodnoty převyšují horní hranici 560 ml dechového objemu potřebného pro protektivní ventilaci dospělého muže s váhou 70 kg. Dospělý křísící vak překročil tuto hodnotu v průměru o 44,2%, dětský o 12,6%. Použitím dětského křísícího vaku je možné zajištění optimálnějších ventilačních parametrů ve srovnání s dospělým křísícím vakem. Rizikem vysokých dechových objemů je plicní barotrauma, které je způsobené rychlým nebo příliš vysokým zvýšením tlaku v plicích. Tyto vysoké dechové objemy mohou přispět k poškození plic. (Dafilou et al. 2020, s. 21)

Další studie se věnovala hodnocení kvality prováděné ventilace pomocí křísícího vaku u zdravotníků poskytující 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. Zaznamenávány 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 zkušeností, 15 % mělo 6-10 let zkušeností, 13 % mělo 11-20 let zkušeností a 42 % mělo více než 20-leté 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 zdravotníci se zkušenostmi delšími než 10 let ventilovali 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). Její princip 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, ale k ventilaci jsou potřebné dvě osoby. K fixaci masky stejným způsobem jako v předchozí technice se použijí obě ruce. Druhý záchránce je odpovědný za stlačování samonafukovacího vaku. Třetí metoda tzv. V-E se provádí uchycením masky oběma palci a lehkým přitlačením na tvář a zbytek prstů zvedá spodní čelist proti masce. Technika V-E byla vyhodnocena jako nejlepší technika pro ventilaci křísícím vakem u dospělých pacientů. (Fei et al. 2019, s. 618-624)

9.2 Ventilační péče u pediatrických pacientů

Respirační obtíže nejsou u pediatrických pacientů v přednemocniční péči tak časté, jako je tomu v případě dospělých pacientů. S ventilační péčí pomocí křísícího vaku a invazivním zajišťováním dýchacích cest nemá příliš mnoho záchranářů dostatečné zkušenosti. Pro většinu zdravotníků pracujících v přednemocniční péči je léčba dětského pacienta s respiračními obtížemi náročným a stresujícím úkolem. (Lyng, et al. 2022 102-110)

Fyziologie a anatomie je u dětí odlišná oproti dospělým. Děti, a zvláště novorozenci mají ve srovnání s dospělými nízkou rezervu kyslíku v organismu a také jeho vysokou spotřebu. Tyto fyziologické odlišnosti se projeví zvláště při vzniku infekce, zánětu nebo zranění rychlou změnou vitálních funkcí. (Saikia 2019, s. 63) Zdravotnický záchranář proto na tyto skutečnosti musí pamatovat a v případě zaznamenání hypoxie, desaturace a bradykardie správně a včas zahájit vhodnou léčbu. Jednou z možností mírného zlepšení oxygenace zvláště novorozenců a mladších dětí, u kterých je problematická tolerance obličejové masky, je využití proudícího vzduchu obohaceného kyslíkem. Nicméně tato možnost je značně limitující a u starších dětí již nemá efekt. Aplikace kyslíkových brýlí nebo obličejové masky by měla být zvolena na základě závažnosti onemocnění, měření pulzní oximetrie a mentálního stavu a vzhledem k věku pacienta. (Lyng, et al. 2022 102-110) Pulzní oxymetrie je důležitým nástrojem pro hodnocení kvality respirace a stavu oběhového systému. Použití čidel navržených pro dospělé pacienty

může zvyšovat šanci na špatné rozhodnutí v případě rozpoznání dechových obtíží a respiračního selhávání. (Lyng, et al. 2022 102-110)

U dětských pacientů byla provedena randomizovaná studie s cílem srovnání efektivity různých technik ventilace obličejovou maskou. Porovnávané byly techniky C-E jednou rukou, technika C-E prováděna dvěma záchranáři a technika V-E. Hlavním hodnotícím kritériem byla velikost vydechovaného dechového objemu. Naměřená hodnota dechového objemu menší než 2 ml/kg byla hodnocena jako neúspěšný pokus. Studie se zúčastnilo 120 pacientů, průměrný věk pacientů byl 11,5 měsíce, hmotnost 8,9 kg a výška 74 cm. Naměřený vydechovaný objem byl 6,8 ml/kg pacientů metody C-E prováděné jednou rukou, 7,9 ml/kg u metody C-E prováděné oběma rukama a 8,9 ml/kg u metody 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 záchranáři a 0/30 u techniky V-E. Obě techniky prováděné dvěma záchranáři dosahovaly lepších výsledků, protože nedocházelo k tak velkému úniku vzduchu způsobeného lepším přiléháním masky k obličejí. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u techniky V-E, což může být způsobeno lepším tahem za dolní čelist, který předchází uzavření úst a kompresi submandibulární tkáně, která se vyskytuje při provádění techniky C-E. (Jain, et al. 2019, s. 999-1000)

Budoucí výzkum

Výzkumy zabývající se manuální ventilací dětských pacientů byly doposud prováděné pouze na simulačních figurínách. Další studie jsou také potřeba 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. (Lyng et al., 2022, s. 23-31)

10 Preoxygenace v přednemocniční péči

Význam preoxygenace spočívá ve snížení rizika desaturace a mortality spojené s intubací u pacienta. Principem preoxygenace je zvýšení koncentrace kyslíku v plicích. Vdechováním čistého kyslíku dochází k postupnému odstraňování dusíku z plic a jeho nahrazení kyslíkem. U pacientů intubovaných mimo zdravotnická zařízení hrozí vyšší riziko rozvoje hypotenze aspirace a hypoxemie. Pomůcky používané pro preoxygenaci pacienta jsou

kyslíková maska, křísící vak s obličejovou maskou a přenosný ventilátor. (Lyng et al., 2022, s. 23-31)

V prospektivní randomizované studii z roku 2017 podstoupilo 30 zdravých dobrovolníků 3-minutovou preoxygenaci pomocí kyslíkové masky, křísícího vaku a přenosného ventilátoru. Primárním sledovaným parametrem byla změřená koncentrace vydechovaného kyslíku při prvním výdechu pacienta po 3-minutové 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)

11 Sedace a analgezie v průběhu mechanické ventilace

Součástí péče o mechanicky ventilované pacienty je sedace a kontrola bolesti. Ventilací asynchronie a přetrvávající tachykardie jsou známky nedostatečné analgosedace. Poskytování komfortu a snižování stupně bolesti pacientů je nedílnou součástí péče o kriticky postižené pacienty. Cílem této studie bylo srovnat hloubku sedace a dobu hospitalizace dopad na klinický výsledek pacientů. (George. et al.2020, s. 783-792)

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 studii 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 s se zvýšenou délkou hospitalizace v průměru o 2,9 dní. Tato studie ukazuje, že střední a hluboká sedace a podání benzodiazepinů, je spojeno se prodlouženou dobou hospitalizace pacientů. Hloubka sedace je modifikovatelným rizikovým faktorem, který negativně ovlivňuje délku hospitalizace pacienta. (George. et al.2020, s. 783-792)

Význam a limitace dohledaných poznatků

Tato bakalářská práce se zabývá umělou plicní ventilací v přednemocniční péči, její indikaci a vhodnosti použití. Přínosem může být pro studenty a absolventy oboru zdravotnický záchranář a pracovníky zdravotnické záchranné služby. Zdravotničtí záchranáři by mohli ve své praxi využít poznatků zjištěných v této bakalářské práci, k rozhodování při volbě vhodné ventilační strategie při léčbě pacientů v přednemocniční péči.

Zatímco ve zdravotnickém zařízení je dostupné dostatečné materiální i personální vybavení, situace v přednemocniční péči je zcela odlišná. Při volbě typu ventilace pacienta je třeba vzít v úvahu dobu transportu, možné zkreslení naměřených hodnot a špatné vyhodnocení potřeb pacienta. Z výzkumu vyplývá, že použití neinvazivní formy umělé plicní ventilace je v řadě případů vhodným způsobem léčby i těžkých forem CHOPN a plicního edému. Při použití neinvazivní ventilace může pacient benefitovat z kratší doby hospitalizace a z eliminace rizik spojených se zajišťováním dýchacích cest a také vystavení analgosedaci. Limitací této práce je absence randomizovaných studií věnující se srovnání invazivní a neinvazivní ventilace u pacientů s těžkými respiračními obtížemi v přednemocniční péči.

V použití neinvazivní ventilace v přednemocničním prostředí studie potvrzují předchozí výsledky získané z nemocniční péče. Analýza dechové frekvence a GCS u pacientů v dušnosti by měla vést k rozhodnutí volby ventilačního režimu tak, aby ventilace optimálně korigovala pacientovy fyziologické potřeby a zároveň nedocházelo ke zbytečné době strávené v terénu s pacientem a zároveň s co nejkratší potřebnou délkou hospitalizace a co nejmenší spotřebou analgosedativ.

Závěr

Umělá plicní ventilace má v přednemocniční 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, šokových stavů a dalších. Forma ventilace, která je v přednemocniční péči zvolena, ovlivňuje budoucí zdravotní vývoj pacienta. V práci se podařilo sumarizovat základní poznatky o umělé plicní ventilaci v přednemocniční péči.

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 křísicím vakem. Použití umělé plicní ventilace jak v invazivní, tak v neinvazivní formě umělé je 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.

Díky studiím, které se srovnávají invazivní a neinvazivní ventilaci v přednemocniční péči, je možné smysluplně aplikovat neinvazivní ventilaci u pacientů s těžkými respiračními obtížemi. 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.

Dohledané informace a jejich sumarizace by mohly být přínosné pro zdravotnické záchranáře, kteří se díky této bakalářské práci mohou lépe rozhodovat pro ventilační strategie ve své pracovní činnosti. Tyto informace by mohly být přínosné také pro vedoucí pracovníky zdravotnické záchranné služby, jako podnět k organizaci školení věnujících se umělé plicní ventilaci a ventilačním strategiím v přednemocniční péči.

Referenční seznam

ABUBACKER, Ansha P, Andrew NDAKOTSU, Harsh V CHAWLA 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, Alejandro, Zaffer QASIM, Susan WILCOX, 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

BARROW, Anna a Jaideep J. PANDIT. Lung ventilation and the physiology of breathing. *Surgery (Oxford)* [online]. 2017, 35(5), 227-233 [cit. 2023-04-23]. ISSN 02639319. Dostupné z: doi:10.1016/j.mpsur.2017.02.004

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

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

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, Steven WARD, Christopher J. LINDSELL, 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

CREWDSON, K., D. J. LOCKEY, J. RØISLIEN et al. The success of pre-hospital tracheal intubation by different pre-hospital providers: a systematic literature review and meta-analysis. *Critical Care* [online]. 2017, 21(1) [cit. 2023-04-25]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: doi:10.1186/s13054-017-1603-7

DAFILOU, Benjamin, Daniel SCHWESTER, Nathan RUHL a Andreia MARQUES-BAPTISTA. 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

FEI, M., J.L. BLAIR, M.J. RICE, 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, Deon BRINK, Nicole MCKENZIE, 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/emmermed-2020-210256

GEORGE, Brendan P., J. Priyanka VAKKALANKA, Karisa K. HARLAND, 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., E. LEY, M. MILLER a T. KONIG. 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

Hallett S, Toro F, Ashurst JV. Physiology, Tidal Volume. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2022. PMID: 29494108.

HARRIS, Matthew, John W. LYNG, Maria MANDT et al. Prehospital Pediatric Respiratory Distress and Airway Management Interventions: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2022, 26(sup1), 118-128 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1090-3127. Dostupné z: doi:10.1080/10903127.2021.1994675

HENSEL, Mario, Mike Sebastian STRUNDEN, Sascha TANK 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, Nitika GOEL, Swati MEHTA 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, Anastasia SAADE, Antoine PEGAT-TOQUET 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

KLEMENTOVÁ, O, T HENLÍN, M. SZKORUPA a P. MICHÁLEK. Airway management in the adult prehospital medicine - to tube or not to tube?. *Anesteziologie a intenzivní medicína* [online]. 2020, 31(1-2), 6-12 [cit. 2023-04-23]. ISSN 12142158. Dostupné z: doi:10.36290/aim.2020.007

KHETERPAL, Sachin, Richard HAN, Kevin K. TREMPER, 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

LACERDA, Rodrigo Silva, Fernando Cesar Anastácio DE LIMA, Leonardo Pereira BASTOS, 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, Eva MASSO, Catherine HURAUX, 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

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

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. 2023-04-26]. ISSN 11555645. Dostupné z: doi:10.1111/pan.13389

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, Hawnwun, David OLVERA, B Daniel NAYMAN, 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

PORTELLI TREMONT, Jaclyn N., et al. Low initial in-hospital end-tidal carbon dioxide predicts poor patient outcomes and is a useful trauma bay adjunct. *The American Journal of Emergency Medicine* [online]. 2022, 56, 45-50 [cit. 2023-04-23]. ISSN 07356757. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajem.2022.03.034

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

SCHMITT, Felix C. F., Daniel GRUNEBERG, Niko R. E. SCHNEIDER, 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, Linda KRISTIANSSON, Cecilia KLINGBERG 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

Seznam zkratek

ARDS – syndrom akutní dechové tísně

AC – assist-control

BiPAP – bilevel positive airway pressure
CHOPN – Chronická obstrukční plicní nemoc

CPAP – continuous positive airway pressure

GCS – Glasgow Coma Scale

ETI – endotracheální intubace

MV – minutový objem

NIV – neinvazivní ventilace

PEEP – pozitivní tlak na konci výdechu

PEP – positive expiratory pressure

PC – pressure controlled

PRVC – pressure regulated volume control

PS – pressure support

RASS - Richmond Agitation Sedation Scale

RR – dechová frekvence

SIMV – synchronized intermittent mandatory ventilation

VC – volume controlled

VT – dechový objem