



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Využití kapnometrie v přednemocniční péči

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ

Autor: Vít Cimický

Vedoucí práce: Mgr. Barbora Němcová

České Budějovice 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Využití kapnometrie v přednemocniční péči*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 6.5. 2022

.....

Vít Cimický

Poděkování

Za vedení práce a konzultace, které byly potřebné k napsání bych chtěl poděkovat paní magistře Němcové. Nadále bych chtěl poděkovat všem informantům, kteří podstoupili rozhovor a v neposlední řadě i všem ostatním, kteří mi s prací pomáhali.

Využití kapnometrie v přednemocniční péči

Abstrakt

První polovina teoretické části práce je zaměřená na fyziologii dýchání a vliv oxidu uhličitého v lidském organismu. Druhá polovina teoretické části se zaměřuje na definování pojmu kapnometrie, jakým způsobem je měřena a také na stavy u kterých je využívána. U konkrétních stavů je popsáno, z jakého důvodu se využívá a jaké má limitace.

V praktické části je výzkumné šetření a výsledky, které z něho vzešly. Šetření bylo realizováno pomocí polostrukturovaného rozhovoru obsahujícího jedenáct otázek. Na rozhovor v dubnu 2022 přistoupilo šest nelékařských zdravotnických pracovníků, kteří zastupují různé pozice u Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje. Cílem výzkumu bylo zmapovat četnost a pravidelnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči.

Výzkum zodpověděl všechny výzkumné otázky. Objektivně byl cíl práce naplněn jen částečně, a to na základě malého množství získaných dat. Tato data jsou však velmi podobná a podložena opakujícími se argumenty. Z analýzy výsledků vyšla nízká četnost a vysoká míra nepravidelnosti využití kapnometrie v přednemocniční péči. Hlavním důvodem je nízký a nepravidelný výskyt stavů vyžadujících měření kapnometrie.

Klíčová slova

Kapnometrie; oxid uhličité; přednemocniční péče; měření EtCO₂

Use of capnometry in emergency care

Abstract

The first half of the theoretical part of the work is focused on the physiology of respiration and the effect of carbon dioxide in the human body. The second half of the theoretical part focuses on defining the concept of capnometry, how it is measured and also on the states in which it is used. For specific conditions, it is described why it is used and what limitations it has.

The practical part consists of the survey and the results that came from it. The survey was conducted through a semi-structured interview containing eleven questions. Six non-medical health professionals, who represent various positions at the Medical Rescue Service of the South Bohemian Region, joined the interview in April 2022. The aim of the research was to map the frequency and regularity of the use of capnometry in prehospital emergency care.

The research answered all the researched questions. Objectively, the goal of the work was only partially fulfilled, based on a small amount of data obtained. However, these data are very similar and supported by recurring arguments. The analysis of the results showed a low frequency and a high rate of irregular use of capnometry in prehospital care. The main reason is the low and irregular occurrence of conditions requiring capnometry measurements.

Key Words

Capnometry; Carbon Dioxide; Pre-Hospital Care; EtCO₂ Measurement

Obsah

Úvod.....	7
Teoretická část	8
1 Současný stav	8
1.1 Fyziologie dýchání	8
1.1.1 Základní pojmy	8
1.1.2 Transport oxidu uhličitého mezi plícemi a tkáněmi	9
1.1.3 Vliv oxidu uhličitého na regulaci dýchání	10
1.1.4 Vliv oxidu uhličitého na acidobazickou rovnováhu	12
1.1.5 Nízká kapnie v organismu	13
1.1.6 Vysoká kapnie v organismu.....	13
1.2 Kapnometrie	14
1.3 Využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči	16
1.3.1 Resuscitace.....	16
1.3.2 Kontrola stavu pacienta během anestezie	17
1.3.3 Kapnometrie při traumatu	18
1.3.4 Exacerbace CHOPN	19
1.3.5 Hypotermie	20
1.3.6 Kapnometrie u dětí.....	21
Praktická část	23
2 Cíle a výzkumné otázky	23
2.1 Cíl práce	23
2.2 Výzkumné otázky.....	23
3 Metodika.....	24
3.1 Využitá metoda	24
4 Výsledky výzkumu	27
4.1 Kategorizace výsledků:	27
4.1.1 Kategorie 1 – Stavy, u kterých se využívá kapnometrie.....	27
4.1.2 Kategorie 2: Četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči	29
4.1.3 Kategorie 3: Kapnometrie u pacienta s CHOPN bez zajištěných dýchacích cest	33
4.1.4 Kategorie 4: Kapnometry na výjezdových základnách Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje	33
4.1.5 Kategorie 5: Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii	34
5 Diskuse	39
Závěr	43
Seznam zdrojů.....	45
Seznam tabulek.....	49
Seznam zkratk	50

Úvod

Ústředním tématem této bakalářské práce je kapnometrie. Tato metoda měření oxidu uhličitého na konci výdechu se dříve využívala zejména v nemocničním prostředí. Díky značnému technologickému pokroku v posledních dvou desítkách let zaznamenala velký rozvoj a v přednemocniční neodkladné péči se stala neodmyslitelnou součástí nejen u kardiopulmonální resuscitace v režimu ALS (advance life support), kde plní mnoho nepostradatelných funkcí, například detekci návratu spontánního oběhu, ale i ve všech stavech vyžadujících umělou plicní ventilaci, kde napomáhá zejména kontrole správně nastavené ventilace a správné polohy endotracheální kanyly. Potenciál této hodnoty je, jak ukazuje teoretická část práce, veliký a stále vycházejí nové studie potvrzující, anebo vyvracející její využití a přínos.

Jedno ze specifik přednemocniční péče je prostředí, ve kterém je poskytována. To klade vysoké nároky jak na pracovníky, tak na techniku a metody, které využívají a vede k modifikaci techniky i metod. V případě kapnometrie tomu není jinak, a tak využití které je v nemocniční péči spíše vedlejší, může v situaci vzniklé v přednemocničním prostředí znamenat kritickou hodnotu.

Tato práce se zaměřuje na zmapování četnosti a pravidelnosti využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči. S tím souvisí i zjištění, u jakých stavů se v praxi využívá a u kterých by teoreticky mohla, ale nevyužívá se. Jelikož s měřením kapnometrie je úzce spojena i technologie pomocí které jsou hodnoty získávány, práce se lehce zabývá i touto tematikou.

Teoretická část

1 Současný stav

Kapnometrie je metoda neinvazivního měření hodnoty vydechovaného oxidu uhličitého. Využívá se při monitoringu kardiopulmonálního aparátu, ke kontrole zavedení tracheální rourky, při kontrole kvality kardiopulmonální resuscitace nebo pro brzkou detekci návratu spontánního oběhu (Astapenko a Černý, 2020). Dle shrnutí změn doporučení pro kardiopulmonální resuscitaci z roku 2005 od docenta Kasala se kapnometrie využívá k ověření polohy tracheální rourky a ke kontrole správně nastavené ventilace, především jako prevence hyperventilace (Kasal, 2006). V přehledu nejvýznamnějších změn doporučených postupů z roku 2010 je kapnometrie určena jako nejspolehlivější metoda kontroly zavedení tracheální rourky. Postupy také doporučují používat kapnometrii k prevenci dislokace tracheální rourky, k monitoraci kvality srdeční masáže a k časné detekci obnovení spontánního oběhu (Truhlář et al., 2011).

1.1 Fyziologie dýchání

Dýchání je jednou ze tří základních životních funkcí. Pometlová a Nohejlová (2015) dýchání definují jako výměnu plynů mezi tkáněmi a vnějším prostředím. Kittnar a Mlček (2020) rozšiřují definici na funkci celé dýchací soustavy, která je charakterizována výměnou kyslíku a oxidu uhličitého mezi atmosférickým vzduchem a buňkami organismu. Mourek (2012) dýchání vymezuje jako pojem, který si vysvětlujeme jako výměnu dýchacích plynů. Dále definici upřesňuje pomocí pojmů ventilace (vnější dýchání), respirace (vnitřní dýchání) a difuze. Mourek (2012) uvádí, že smyslem dýchání je zajištění dopravy kyslíku ze zevního prostředí k buňkám, kde je potřeba k metabolismu tvorby energie a zároveň k odvodu oxidu uhličitého jako jeho produkt pryč z těla.

1.1.1 Základní pojmy

„Ventilace je výměna vzduchu mezi dýchacím ústrojím a zevním prostředím, jejím podkladem jsou rozdíly tlaku vzduchu mezi atmosférou a alveoly.“ (Kittnar a Mlček, 2020). Mourek (2012) ventilaci definuje jako cyklický děj se střídáním aktivního nádechu a pasivního výdechu.

K výměně plynů mezi alveolami a plicními kapilárami dochází pomocí prosté difuze. Molekuly kyslíku a oxidu uhličitého se přesouvají z místa s vyšší koncentrací do místa

s koncentrací nižší, tedy po koncentračním gradientu (Slavíková a Švíglerová 2015). Protože difuze je fyzikální děj, vychází fyziologie a patologie z rovnice udávající, že: „Difuze závisí přímo úměrně na ploše alveolokapilární membrány a na rozdíl parciálních tlaků dýchacích plynů na obou stranách membrány, přes kterou difuze probíhá. Nepřímo úměrně závisí na tloušťce difúzní membrány.“ (Pometlová a Nohejlová, 2015)

Slavíková a Švíglerová (2012) definuje plicní perfuzi jako průtok krve kapilární sítě oprádkající alveoly, tento děj je zajištěn plicní cirkulací. Aby docházelo k výměně plynů, musí být krevní průtok v rovnováze s ventilací. Tento vztah se vyjadřuje tzv. ventilačně-perfuzním poměrem. Klidová perfuze plic je stejná jako minutový srdeční výdej, tedy 5 až 6 l/min (Kittnar a Mlček, 2020).

1.1.2 Transport oxidu uhličitého mezi plicemi a tkáněmi

Oxid uhličitý je transportován ve třech formách. Zhruba 75 % je přenášeno ve formě bikarbonátu (HCO_3^-). Dalších 20 % je navázáno na globinové řetězce, hemoglobin a bílkoviny plazmy tím tvoří karbaminosloučeniny. Zbylých 5 % je rozpuštěno v plazmě, tato hodnota je nám známa jako $PaCO_2$ (Pometlová a Nohejlová, 2015). V rozporu s těmito hodnotami jsou hodnoty, které uvádí Kittnar a Mlček. Ve své práci udávají podíl konvertovaného CO_2 na H_2CO_3 , který disociuje na H^+ a HCO_3^- , na hodnoty kolem 90 %. Rozpuštěnému a navázanému CO_2 na hemoglobin poté dává po 5 % (Kittnar a Mlček, 2020).

Oxid uhličitý vznikající v buňce zvyšuje intracelulární pCO_2 , za klidových podmínek má hodnotu kolem 6,2 kPa. V arteriální krvi v tkáňových kapilárách je hodnota pCO_2 zhruba 5,3 kPa, to má za následek, že pCO_2 difunduje po tlakovém gradientu z buňky do tkáňového moku a poté do plazmy. Hodnota pCO_2 v buňce není stálá, mění se v závislosti na produkci oxidu uhličitého a nepřímo jí ovlivňuje i průtok krve tkáněmi (Slavíková a Švíglerová, 2012).

V krevním řečišti naprostá většina oxidu uhličitého prostupuje z plazmy do erytrocytů ve směru gradientu parciálních tlaků. V erytrocytech se následně mění na H_2CO_3 , poté disociuje na H^+ a HCO_3^- (Kittnar a Mlček, 2020). Reakce je katalyzována enzymem karboanhydrázou (Pometlová a Nohejlová, 2015). „Proton je pufrován proteinovou částí hemoglobinu a bikarbonátový aniont difunduje z erytrocytů do plazmy. V rámci udržení

elektroneutrality musí do erythrocytu vstupovat jiný aniont, z toho důvodu je v membráně erythrocytů HCO_3^-/Cl^- výměník.“ (Kittnar a Mlček, 2020). Výsledkem aktivity bikarbonát-chloridového bílkovinného přenašeče je nahromadění chloridových aniontů v erythrocytech a vznik osmotického gradientu pro přesun vody do buněk. Důsledkem tohoto přesunu je větší objem erythrocytů venózní krve a také vyšší hodnota hematokritu v porovnání s arteriální krví (Slavíková a Švíglerová, 2012). V plicních kapilárách je proces přeměny oxidu uhličitého na bikarbonát obrácen z důvodu jiných poměrů gradientu parciálních tlaků. Nejprve se uvolní CO_2 z karbhemoglobinu, tím klesne pCO_2 v erythrocytech a vytvoří prostor pro vrácení HCO_3^- zpět do erythrocytu (přes HCO_3^-/Cl^- výměník výměnou za nahromaděné Cl^-). Bikarbonát asociuje s H^+ za vzniku H_2CO_3 , která je rozložena karboanhydrázou opět na CO_2 a H_2O (Kittnar a Mlček, 2020).

V erythrocytech reaguje oxid uhličitý s hemoglobinem a vzniká tzv. karbaminohemoglobin. Jedná se o reverzibilní vazby na aminové skupiny globinové složky hemoglobinu. V plicních kapilárách se CO_2 z těchto vazeb snadno odlučuje a po tlakovém gradientu difunduje přes alveolokapilární membránu (Slavíková a Švíglerová, 2012).

1.1.3 Vliv oxidu uhličitého na regulaci dýchání

Dýchání je složitý proces zahrnující regulaci na různých úrovních centrální a periferní nervové soustavy (Mourek, 2012). Mourek (2012) uvádí, že centra regulující dýchání jsou pod vlivem velkého množství podnětů z vyšších oblastí CNS a periferie. Tyto podněty pak rozděluje do tří základních oblastí. První je vliv vyšších oblastí CNS, především pak mozková kůra ovlivňující zvukovou komunikaci a volní kontrolu ventilace. Do této oblasti spadají také hypotalamus a limbický systém modifikující ventilaci při emocionálních projevech jako je strach, smích, pláč atd. Druhou oblastí jsou pak mechanoreceptory umístěné v plicích, které poskytují zpětnou vazbu. Inflační receptory se dráždí při nádechu a vysílají impulzy do dechového centra, kde dochází k utlumení inspiria a iniciaci expiria. Deflační receptory se dráždí při výdechu a v dechovém centru ukončují expirium a vyvolávají inspirium. Tento autoregulační mechanismus se nazývá jako Hering-Breuerův reflex. Třetí oblastí jsou informace z centrálních a periferních chemoreceptorů reagujících zejména na změny pH, pCO_2 a pokles pO_2 (Mourek, 2012). Nejcitlivější jsou tyto receptory na množství oxidu uhličitého v arteriální krvi, ten přímo detekují periferní chemoreceptory a nepřímo ty centrální (Kittnar a Mlček 2020).

Centrální receptory se nacházejí v mozgovém kmeni poblíž inspiračního centra a jsou podstatné pro regulaci minutové ventilace. Jmenované receptory jsou citlivé na pohyb pH v cerebrospinálním moku (CSF), kdy při zvýšení pH podává impuls k hypoventilaci a při snížení k hyperventilaci. Nepřímý mechanismus ovlivnění vychází z toho, že pH v CSF závisí na $p_a\text{CO}_2$. Závislost zde vzniká kvůli špatné propustnosti hematoencefalické bariéry pro H^+ a HCO_3^- , zatímco pro CO_2 je bariéra propustná dobře (Kittnar a Mlček, 2020). „*CO₂ se tak dostává do CSF, kde je po reakci s vodou konvertován na H⁺ a HCO₃, a tímto způsobem zvýšení p_aCO₂ vyvolá zvýšenou koncentraci H⁺ v CSF, tedy snížení pH.*“ (Kittnar a Mlček, 2020). Tyto změny poté detekují centrální chemoreceptory a stimulují inspirační centrum (Kittnar a Mlček, 2020).

Periferní chemoreceptory jsou samostatná tělíska s vysokým krevním průtokem nacházející se v bifurkaci karotid (karotické tělísko) a v aortálním oblouku (aortální tělísko). Buňky s chemosenzitivní funkcí jsou drážděny hypoxií, která vyvolává jejich depolarizaci vedoucí k produkci vzruchů v aferentních nervech. Z důvodu vysokého průtoku krví tělískem jsou potřeby buněk kryty převážně kyslíkem rozpuštěným v krvi. To má za následek stimulaci buněk při poklesu $p_a\text{O}_2$ nebo při zpomalení průtoku, ale také nečinnost buněk při patologiích saturace hemoglobinu kyslíkem. Vzruchová aktivita tělísek stoupá při poklesu $p_a\text{O}_2$ pod 12,5 kPa, ovšem alveolární ventilace se zásadněji mění až při poklesu pod 8 kPa (Slavíková a Švíglerová, 2012). Slavíková a Švíglerová (2012) nadále uvádějí, že aortální tělíska mají menší průtok než ta karotická a z toho vyvozují, že jsou méně citlivá na hypoxické podněty a mají na ně pomalejší reakci. Vzruchy jsou vedeny do mozkového kmene přes n. glossopharyngeus a n. vagus, kde stimulují respirační centrum v mozgovém kmeni a vyvolávají vzestup alveolární ventilace (Slavíková a Švíglerová, 2012). Periferní chemoreceptory reagují i na krevní hodnoty $p\text{CO}_2$ a H^+ , ale efekt změn hodnot těchto vlivů se dříve uplatní prostřednictvím činnosti centrálních chemoreceptorů (Slavíková a Švíglerová, 2012).

Z výše uvedené činnosti periferních a centrálních chemoreceptorů je vidět, že za fyziologických podmínek je pro ventilaci hlavním stimulem hladina oxidu uhličitého v krvi (Slavíková a Švíglerová, 2012). Slavíková a Švíglerová (2012) udávají, že vliv poklesu $p\text{O}_2$ se uplatňuje buď při hypoxii s hypokapnií, anebo při chronických plicních onemocněních, kdy se po čase tělo adaptuje na vyšší hodnoty $p\text{CO}_2$.

1.1.4 Vliv oxidu uhličitého na acidobazickou rovnováhu

Organismus má pro zajištění acidobazické rovnováhy a udržení homeostáze tři tzv. obranné linie. Těmito liniemi jsou pufrací systém, respirační kompenzace a renální kompenzace (Kittnar a Mlček, 2020).

Pufracích systémů je několik, ovšem oxid uhličitý je spojený s největším extracelulárním pufrům, a to s tím bikarbonátovým. Tento pufr vyjadřuje rovnice: $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3$ (Kittnar a Mlček, 2020). Výhoda pufracího systému spočívá především v rychlé reakci (během několika sekund) na změnu pH. Nevýhodou je, že výkyvy v pH pouze omezují, pokud nedojde ke změně množství pufrací látky v tekutině, tak změnu nemohou vrátit zpět. Z toho vyplývá, že jestliže se začne pH měnit, je potřeba zbylých dvou kompenzačních mechanismů pro zastavení změny (Kittnar a Mlček, 2020).

Respirační kompenzace pracuje pomaleji a během několik minut zvyšuje, nebo snižuje alveolární ventilaci. Vzhledem k rovnováze mezi parciálním tlakem oxidu uhličitého a vodíkových kationtů v krvi vycházející z reakce $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$, (Kittnar a Mlček, 2020) je pH snižováno, nebo zvyšováno změnou vylučování oxidu uhličitého (Kittnar a Mlček, 2020). Samotná reakce CO_2 a H_2O je popsána v podkapitole transport oxidu uhličitého mezi plicemi a tkáněmi (1.1.2.). Zvýšená alveolární ventilace pak tedy vede ke snížení koncentrace vodíkových kationtů z důvodu odstranění většího množství oxidu uhličitého z krve a plazmy. Při snížené ventilaci se zvyšuje koncentrace vodíkových kationtů z důvodu nedostatečného odvodu CO_2 z extracelulární tekutiny. Za klidových podmínek u zdravého člověka je hladina pCO_2 udržována na 40 mmHg. Tuto hodnotu kontrolují chemoreceptory a při výkyvech uzpůsobují ventilaci míře produkce oxidu uhličitého tkáněmi (Kittnar a Mlček, 2020). Nadále Kittnar (2020) uvádí, že: „*Respirační kompenzace je skutečným homeostatickým regulačním mechanismem, který dokáže zápornou zpětnou vazbou zvrátit změny pH.*“ Z výše zmíněného je patrné, že acidóza je spojena s hypoventilací a alkalóza je spojena s hyperventilací (Kittnar a Mlček, 2020).

Při metabolismu aminokyselin vznikají tzv. neprchavé kyseliny, které nejsou eliminovatelné respiračním aparátem. Kromě těchto kyselin musejí ledviny zabránit i ztrátám bikarbonátových iontů vyskytujících se v glomerulárním filtrátu. Z toho důvodu v proximálním a distálním tubusu probíhá sekrece iontů H^+ a resorpce iontů HCO_3^- .

V proximálním tubulu dochází k sekreci H^+ iontů do tubulární tekutiny, kde zreaguje s filtrovanými ionty HCO_3^- . Výsledkem této reakce je H_2CO_3 , která je za pomoci karboanhydrázy přítomné na apikální membráně rozložena na vodu a oxid uhličitý, jenž následně difunduje přes tuto membránu do tubulárního epitelu. Zde reaguje s vodou a za přítomnosti karboanhydrázy znovu vytváří kyselinu uhličitou. Po jejím rozpadu HCO_3^- přechází do plazmy a ionty H^+ jsou secrenovány zpět do tubulární tekutiny přes Na^+/H^+ antiport. V distálním tubulu dochází k syntéze nového bikarbonátu z vody a oxidu uhličitého, který vznikl jako produkt metabolismu a zčásti vstřebáváním z tubulární tekutiny. Vodíkové kationty jsou secrenovány do tubulární tekutiny, kde reagují s močových pufracním systémem. Nově vzniklý bikarbonát přechází do intersticiální tekutiny (Kittnar a Mlček, 2020).

1.1.5 Nízká kapnie v organismu

Snížení koncentrace oxidu uhličitého v arteriální krvi nebo v tkáních se nazývá hypokapnie (Slavíková a Švíglerová, 2012). Tento stav je způsoben hyperventilací (tzn. zvýšením alveolární ventilace) (Vokurka, 2018). Ta se nejčastěji projevuje při prožívání silných emocí nebo u pacientů s chronickými úzkostnými stavy (Slavíková a Švíglerová, 2012). Rokyta (2015) uvádí, že hyperventilace může vzniknout volním úsilím, stimulací periferních chemoreceptorů hypoxémií nebo zvýšením vodíkových kationtů. Vokurka (2018) se přiklání spíše k první definici a udává, že vzniká drážděním dechového centra, rozrušením nebo horečkou. Následek snížené kapie v organismu je vazokonstrikce (Vokurka, 2018). Takto vzniklá vazokonstrikce nastává v systémovém řečišti. Zúžení mozkových cév má za následek ztrátu orientace, zmatenost, závratě a parestezie (Slavíková a Švíglerová, 2012). Hypokapnie vede k respirační alkalóze (Vokurka, 2018). Jako kompenzační mechanismus se zvýší vylučování bikarbonátu ledvinami. Při respirační alkalóze se rozvíjí hypokalcémie, která může vyvolat tetanické křeče. První pomocí u člověka s křečemi vyvolanými hypokapnií je dýchání do sáčku. Tímto krokem zvýší koncentraci oxidu uhličitého ve vdechované i vydechované směsi (Slavíková a Švíglerová, 2012).

1.1.6 Vysoká kapnie v organismu

Hyperkapnie je vysoká hladina parciálního tlaku oxidu uhličitého v krvi (Rokyta, 2015). Slavíková a Švíglerová (2012) definici upřesňují na zvýšenou koncentraci CO_2 , která je způsobena jeho retencí a vztahuje jí nejen na krev, ale i na tkáň. K retenci dochází

sníženou alveolární ventilací (Vokurka, 2018). Rokyta (2015) důvod hypoventilace vidí v selhání respiračních svalů. Slavíková a Švíglerová (2012) jako jeden z důvodů zmiňují i patologickou nerovnoměrnost ventilace a perfuze plic. Respirační svaly primárně selhávají z neurologických příčin (například porucha dýchacího centra, porucha inervace kosterního svalstva) nebo sekundárním selháním způsobeným změnami plicní tkáně (například zvýšený odpor dýchacích cest, snížená poddajnost plic) (Rokyta, 2015). Následkem hyperkapnie je vazodilatace a respirační acidóza (Vokurka, 2018). Tato acidóza je kompenzována zvýšením resorpce bikarbonátu v ledvinách, což má za následek zvýšení jeho hladiny v plazmě (Slavíková a Švíglerová, 2012).

1.2 Kapnometrie

Kapnometrie měří koncentraci oxidu uhličitého ve vydechovaném vzduchu (Remeš a Trnovská, 2013). Měření koncentrace probíhá na konci výdechu a označuje se zkratkou EtCO₂ (Astapenko a Černý, 2020). Remeš a Trnovská (2013) stanovují fyziologické rozmezí normokapnie na 35 až 40 mmHg tedy na 4,6 až 6 kPa. Astapenko a Černý (2020) uvádí, že může docházet k alveolokapilární diferencii, jež se projeví odchylkou 2 až 5 mmHg, respektuje 0,5 kPa.

Měření kapnie při výdechu funguje na principu přímé úměrnosti, kdy podíl pohlceného infračerveného světla o určité vlnové délce (4300 nm) odpovídá koncentraci oxidu uhličitého ve vydechované směsi. Infračervené záření vysílané přístroji vysílá o více vlnových délkách. Z toho důvodu jsou tyto přístroje vybavené filtrem (Šeblová et al., 2018).

Technologie měření určuje tři základní typy, a to main-stream, side-stream a micro-stream (Šeblová et al., 2018).

Čidlo hodnotící technikou main-stream je umístěno přímo na výdechové rameno okruhu (Astapenko a Černý, 2020). Šeblová et al. (2018) upřesňují tuto definici o informaci, že senzorem prochází veškerý vzduch vydechnutý pacientem. Šeblová et al. (2018) také zmiňují výhody a nevýhody. Mezi výhody se počítá absence mechanické pumpy, rychlé poskytnutí údajů a minimální riziko uzavření z důvodu přítomnosti vodních par. Nevýhodou představuje vysoká cena čidla a tubusového adaptéru, riziko nepřesných výsledků v přítomnosti nečistot a váha senzoru (Šeblová et al., 2018). Zástupcem této techniky v přednemocniční péči je například čidlo EMMA IPX1 (Phasein AB, 2007).

U technologie side-stream dochází k aktivnímu odtahu vzorku vydechované směsi pacientem (Astapenko a Černý, 2020). Šeblová et al. (2018) upřesňují mechaniku side-stream technologie o informaci, že k odběru dochází kontinuálně. Nadále popisuje proces transportu a zpracování vzorku, který je nasán do transportní hadičky a přepraven do přístroje, v němž jsou uloženy sací zařízení, filtry potřebné pro eliminaci vlhkosti, senzor a měřicí zařízení. Výhodné je krytí senzoru přístrojem, nadále také hlášení okluze zapříčiněné vysokou koncentrací vodních par (eliminace falešných měření), využití u pacientů s nezajištěnými dýchacími cestami. Za nevýhodu je považované zpoždění jednu až tři vteřiny (záleží na délce hadičky a výkonu sacího zařízení), ale i nutnost filtru a rozptyl hodnot. Při vysoké frekvenci a nízkém průtoku jsou side-stream kapnometry nepřesné, tento fakt je velkým problémem u novorozenců a malých dětí (Šeblová et al., 2018).

Side-stream i main stream technologie mají společné nevýhody v možnosti zkreslení výsledků na základě interference měření s vlhkostí vzduchu a sekrety z dýchacích cest pacienta. Také širší spektrum zdroje infračerveného záření s sebou přináší komplikace. Jedná se především o menší přesnost a nutnost použití filtrů na odstínění nežádoucích vlnových délek. Tvorba širšího spektra je energeticky náročná a limituje se tím výdrž přístroje pracujícího na baterie (Šeblová et al., 2018).

Nejnovější technologií je micro-stream využívající k hodnocení vzorků laser pracující na bázi spektroskopie (Šeblová et al., 2018). „*Používané spektrum přesně odpovídá absorpčnímu spektru CO₂.*“ (Šeblová et al., 2018). Přístroj je méně energeticky náročný a potřebuje menší množství vzorku než starší technologie. Změna je také v proudění vzduchu měřicí komůrkou, které je v této technologii laminární namísto turbulentního. Doplnky jsou přizpůsobené nové technologii a spojka s okruhem je vybavena hydrofobním ústím zamezujícím proniknutí vlhkosti a sekretu dále do systému. Nejvýraznější výhodou je přesné měření v oblastech, kde starší metody zaostávají, tedy přítomnosti jiných plynů, u malých dětí a novorozenců a díky hydrofobnímu ústí je zde i menší riziko okluze (Šeblová et al., 2018). Čidlo využívající metodu micro-stream je například kapnometrické zařízení k monitoru a defibrilátoru LIFEPAK 15 (Physio-Control. Inc, 2014).

1.3 Využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči

Kapnometrie je rychlou a spolehlivou metodou umožňující kontrolu kvality některých výkonů (například kontrola pozice tracheální rourky, kvalita KPR) a brzkou identifikaci situací poškozujících pacienta (například rozpojení okruhu, nedostatek kyslíku v tlakových lahvích) (Astapenko a Černý, 2020).

1.3.1 Resuscitace

Kapnometrie spadá do rozšířené neodkladné resuscitace, kterou by měli provádět k tomu vycvičené týmy. Za pomoci kapnometrie je možné ověřit kvalitu prováděné kardiopulmonální resuscitace a také umožňuje časnou detekci obnovení spontánního oběhu (Šeblová et al., 2018). Astapenko a Černý (2020) udává, že hodnoty EtCO₂ kolem 20 mmHg jsou charakteristické pro kvalitně prováděnou nepřímou srdeční masáž. Bradna et al. (2015) uvádí, že hlubší komprese hrudníku zvyšují hodnoty EtCO₂. Časným příznakem ROSC (return of spontaneous circulation) je vzestup EtCO₂ (Truhlář et al., 2021). Toto tvrzení podporuje Astapenko a Černý (2020) a rozšiřuje ho o porovnání s palpací krčních tepen nebo jejich vyšetření dopplerovskou ultrasonografií. Palpace je shledávána jako méně spolehlivá a nevýhodná metoda z důvodu nutnosti přerušování nepřímé srdeční masáže a dopplerovské USG jako nestandardní metoda (Astapenko a Černý, 2020). „*Je-li vzestup EtCO₂ jediným ukazatelem ROSC, srdeční masáž by neměla být ukončena.*“ (Truhlář et al., 2021). Truhlář et al. (2021) také uvádějí, že s vyšší hodnotou EtCO₂ je i větší pravděpodobnost přežití pacienta po obnovení spontánního oběhu. Nízká hodnota EtCO₂ by neměla být jediným důvodem ukončení KPR (Truhlář et al., 2021). Astapenko a Černý (2020) spojuje hodnoty nižší 10mmHg s nepříznivou dlouhodobou prognózou a vylučuje obnovení spontánního oběhu.

Po dosažení ROSC dochází k zahájení poresuscitační péče. V této péči je zahrnuta i kapnometrie. Normokapnie slouží jako jeden z ukazatelů normoventilace (Šeblová et al., 2018). Truhlář et al. (2021) uvádějí, že parametry UPV by se měly upravovat tak, aby parciální tlak CO₂ dosáhl normálních hodnot, tedy 35 až 45 mmHg. Také uvádějí, že u pacientů s nižší tělesnou teplotou by se měla zvážit korekce podle tělesné teploty a nadále pokračovat ve zvoleném přístupu. Pro zabránění hypokapnie u pacientů s nižší TT by měly být aplikované častější kontroly hodnoty PaCO₂ (Truhlář et al., 2021).

Jedním z několika využití kapnometrie při resuscitaci je i ověření správného zavedení tracheální rourky při intubaci a zároveň také k prevenci její dislokace (Šeblová et al., 2018). Informace získané pomocí kapnometrie jsou rovněž využity pro kontrolu ventilace a prevenci hyperventilace (Bradna et al., 2015).

1.3.2 Kontrola stavu pacienta během anestezie

Jedním ze základních ukazatelů bezpečné anesteziologické péče je kapnometrie, ta by měla být sledována u všech výkonů, kde jsou zajištěné dýchací cesty supraglotickou nebo supglotickou pomůckou (Adamus et al., 2018). V anesteziologické péči hraje kapnometrie především kontrolní a bezpečnostní roli. Monitorací kapnometrie se zvyšuje bezpečnost sedace (Astapenko a Černý, 2020).

Astapenko a Černý (2020) stanovují kapnometrii jako spolehlivou kontrolní metodu správného umístění tracheální rourky nebo tracheostomické kanyly. Šeblová et al. (2018) uvádí, že kontrola správného zavedení endotracheální rourky se provádí auskultačně fonendoskopem a za pomoci čidla EtCO₂. Kapnometrie nebo kapnografie poskytuje informaci, zdali je rourka zavedena v jícnu (nulové hodnoty EtCO₂), nebo v tracheji (vzestup hodnoty EtCO₂) (Šeblová et al., 2018). Barash et al. (2015) rozšiřuje tato tvrzení o informaci, že první dechy mohou obsahovat malé množství CO₂, které během dalších dechů klesne k nulové hodnotě, také zmiňuje, že ověření alveolární ventilace nevylučuje umístění pod karinou. Auskultační metoda pozoruje dýchací šelesty poskytující informaci o hloubce zavedení rourky a ventilaci pravé a levé plíce. Pomocí této metody se také ujistíme o absenci žaludečních zvuků (Šeblová et al., 2018).

Barash et al. (2015) v knize *Klinická anesteziologie* vysvětlují princip a využití kapnometrie při anestezii. Monitorace EtCO₂ je důležitá nejen pro kontrolu umístění tracheální rourky, ale také k hodnocení fyziologických parametrů, jako je ventilace, zpětné vdechování, srdeční výdej, distribuce krevního průtoku a metabolických aktivit. „*Koncentrace CO₂ na konci výdechu dává klinický odhad PaCO₂ za předpokladu normálního vztahu ventilace/perfuze v plicích (normální gradient je 5 – 10 mmHg) a absence technických obtíží během měření (např. Naředění čerstvým vzduchem nebo netěsnost systému).*” (Barash et al., 2015). Při narušení poměru ventilace/perfuze dochází k ventilaci mrtvého prostoru (dochází k ventilaci, ale už ne k perfuzi) nebo k tzv. shuntu (nedochází k ventilaci, ale jen k perfuzi). Při ventilaci mrtvého prostoru se rozdíl mezi

PaCO₂ a EtCO₂ zvětšuje, zatímco u shuntu jsou změny v gradientu těchto hodnot jen minimální (Barash et al., 2015).

Změny EtCO₂, které probíhají postupně, ukazují změny v produkci nebo eliminaci oxidu uhličitého, naopak náhlý a rychlý pokles vyžaduje rychlou analýzu a intervenci. Mezi stavy způsobující snížení hodnoty EtCO₂ patří hyperventilace, hypotermie, hypoperfuze, plicní embolizace, snížení metabolismu (Barash et al., 2015). Náhlý pokles koncentrace EtCO₂ vysvětluje Barash et al. (2015) jako malpozici tracheální rourky do faryngu nebo jícnu, porušení integrity dýchacích cest rozpojením nebo obstrukcí, plicní embolizací, nízký srdeční výdej nebo srdeční zástavu. Knor (2018) rozšiřuje příčiny snížení hodnoty EtCO₂ o interferenci s ventilátorem u zaintubovaných a relaxovaných pacientů. Pokles EtCO₂ a zvýšení dechové frekvence jsou patrné mnohem dříve, než se projeví klinické známky interference (Knor, 2020).

Naopak zvýšené hodnoty vydechovaného oxidu uhličitého varují před špatně nastavenou dechovou frekvencí na ventilátoru a z toho vyplývající hypoventilací. Nadále se zvýšené hodnoty vyskytují při reperfuzi a maligní hypertermii (Astapenko a Černý, 2020). Příčiny zvýšení hodnot Barash et al. (2015) rozšiřuje o hypertermie, sepsi, zpětné vdechování (tzv. rebreathing) a zvýšenou činnost kosterního svalstva. Stoupající hodnota PaCO₂ při narůstajícím odporu v DC může svědčit pro vyčerpání kompenzačních mechanismů organismu (Barash et al., 2015).

1.3.3 Kapnometrie při traumatu

Jak je výše zmíněno, kapnometrie je používána jako kontrolní metoda zajištění dýchacích cest. Také se využívá k průběžné kontrole nastavení ventilátoru a ventilace a nepřímo ukazuje stav krevního oběhu (Plodr a Púdelka, 2020). Knor (2018) zdůrazňuje roli kapnometrie pro nastavení hodnot dechového a minutového objemu a dechové frekvence. Měření EtCO₂ je využíváno u pacientů s polytraumatem, plicní embolií nebo kraniotraumatem (Barash et al., 2015). „*Možnost hodnocení stavu oběhu na základě EtCO₂ je velmi vypovídající v okamžiku obtížného neinvazivního měření krevního tlaku u pacientů s traumatem, kteří bývají mnohdy hypovolemičtí a hypotenzní.*“ (Plodr a Púdelka, 2020). Toto hodnocení vychází ze snížených hodnot při hypoperfuzi plic, ke které dochází při nízkém srdečním výdeji, nebo při hypovolémii (Plodr a Púdelka, 2020).

Kapnometrie je velmi důležitá při péči o pacienta s kraniotraumatem. Pacienti se středně těžkým a těžkým poraněním hlavy, u kterých došlo k alteraci vědomí, by měli být monitorováni, zdali se neobjeví příznaky zvyšujícího se intrakraniálního tlaku. V případě zvyšujícího se ICP je indikována přechodná hyperventilace, tzn. zvýšení dechové frekvence se záměrem snížení PaCO₂. Snížení parciálního tlaku oxidu uhličitého v krvi způsobí vazokonstrikci mozkových cév. Následkem vazokonstrikce je snížení objemu krve v mozku, tím dojde i k přechodnému snížení intrakraniálního tlaku. Pacient by měl být v poloze, kdy bude mít lehce zvýšenou horní část trupu (Plodr a Púdelka, 2020). Knor (2018) poukazuje na důležitost dostatečné oxygenace u pacientů s kraniocerebrálním poraněním a také uvádí, že v první fázi ošetření se nemá využívat extrémní hyperventilace. Plodr a Púdelka (2020) podporují toto tvrzení uvedením některých parametrů potřebných pro nastavení režimu přechodné hyperventilace. Toto nastavení zmiňuje jak režimové opatření (elevaci horní části trupu), tak samotné hodnoty dechové frekvence (20 dechů za minutu), nejvyšší koncentraci kyslíku (FiO₂ 1,0) a předpokládanou hodnotu EtCO₂ (30 až 35 mmHg). Dále uvádí, že přechodná hyperventilace se dá provádět i s ručním křísícím vakem, který je vybaven rezervoárem, obličejovou maskou a na který je napojen přívod kyslíku. Doporučený průtok O₂ je 12 až 15 l/min. Při absenci symptomů zvýšeného intrakraniálního tlaku není doporučeno preventivní využití hyperventilační techniky z důvodu zhoršení celkové prognózy.

1.3.4 Exacerbace CHOPN

Primární patofyziologickou změnou při akutní exacerbaci CHOPN je zhoršení ventilačně-perfuzního poměru a následné zhoršení výměny dýchacích plynů. Důsledkem těchto změn je respirační insuficience vedoucí k respirační acidóze, v těžších případech až k respiračnímu selhání. Mezi příznaky akutního zhoršení chronické plicní obstrukční choroby spadá i hodnota PaCO₂. U těžké exacerbace tato hodnota přesahuje 6kPa a u život ohrožující 9,3kPa. Tyto hodnoty se mohou lišit v závislosti adaptace jednotlivých pacientů na hodnoty krevních plynů. V přednemocniční neodkladné péči monitorujeme hladinu oxidu uhličitého pomocí kapnometrie. U pacientů, kteří nemají zajištěné dýchací cesty, lze využít tzv. ventimasku, kterou lze napojit na kapnometr (Šeblová et al., 2018).

Pomocí hodnot parciálního arteriálního tlaku oxidu uhličitého můžeme u pacienta s exacerbací CHOPN určit stav ventilace. U pacientů s chronickou obstrukční plicní

nemocí a hyperkapnickým respiračním selháním, kteří byli připojeni na mechanickou ventilační podporu (po zajištění dýchacích cest), byl prokázán vztah mezi PaCO₂ a EtCO₂ (Govindagoudar et al., 2021). Govindagoudar et al. (2021) ve své práci stanovují, že hodnoty CO₂ na konci výdechu jsou o 3 až 8 mmHg nižší než hodnoty oxidu uhličitého v arteriální krvi. U pacientů s CHOPN na tento vztah nemají vliv komorbidit, které by mohly ovlivnit krevní plyny, například kardiomegalie, hypotenze nebo zvýšený tlak v plicnici.

Akutní exacerbace CHOPN je indikací pro neinvazivní plicní ventilaci (Kapounová, 2020). Govindagoudar et al. (2021) uvádí, že kapnometrie nemůže být využita k monitoraci PaCO₂ při neinvazivní plicní ventilaci z důvodu špatné korelace hodnot. Ta může být zapříčiněna úniky z ventilačního okruhu, rozdílem v kapnometrických čidlech pro zaintubované a neintubované pacienty nebo ventilací mrtvého prostoru (Govindagoudar et al., 2021).

1.3.5 Hypotermie

Jedním z efektů hypotermie na lidský organismus je zvýšení rozpustnosti oxidu uhličitého v krvi a následné snížení parciálního tlaku CO₂ pro daný obsah CO₂ v krvi (Sitzwohl et al., 1998). Darocha et al. (2017) ve své práci uvádí, že u pacientů s hypotermií, kteří mají zajištěné dýchací cesty s kontrolou EtCO₂, je doporučené udržovat hodnotu kapnie v normálních hodnotách. Není-li možnost kontroly EtCO₂, měla by se dýchací frekvence snížit na polovinu hodnoty při normotermii. Také klade důraz na udržení normokapnie z důvodu prevence arytmií spojených s hyper nebo hypoventilací. Z důvodu prevence hyperventilace Darocha et al. (2017) nedoporučují ventilaci ambuvakem. V případě potřeby pro pacienta s hypotermií je doporučena mechanická protektivní plicní ventilace (Darocha et al., 2017).

Monitorace EtCO₂ u hypotermických pacientů slouží ke kontrole umístění tracheální rourky a také jako znak zachovalého plicního průtoku. Oběhová nestabilita se projeví poklesem hodnoty oxidu uhličitého na konci výdechu a velmi nízké hodnoty poukazují na srdeční zástavu (Darocha et al., 2017).

Darocha et al. (2017) uvádí kapnometrii jako techniku, pomocí které se dá v přednemocniční neodkladné pomoci nepřímě vyhodnotit parciální tlak oxidu uhličitého v arterii. Při normotermii je gradient Pa-EtCO₂ 4 až 6 milimetrů rtuťového sloupce. Díky

tomu se dají hodnoty EtCO₂ využít pro kontrolu normoventilace (Darocha et al., 2017). Dle Walther a Schmitt (2021) je tento gradient 3 až 5 mmHg a definují ho jako rozdíl hodnoty parciálního tlaku v artérii a hodnoty tlaku na konci výdechu. Hodnoty PaCO₂ jsou vyšší o hodnotu gradientu. Darocha et al. (2017) udávají, že střední kvocient Pa-EtCO₂ byl 2.15 mmHg, zatímco v extrémních případech se pohyboval mezi 35 až 36 mmHg. Z tohoto měření je vyvozena nespolehlivost EtCO₂ při výrazně snížené teplotě jádra (20,7 až 29 °C). Darocha et al. (2017) uvádí, že vysoké hodnoty jsou výsledkem kombinace zvýšené rozpustnosti oxidu uhličitého a ventilačně-perfuzních poruch včetně nízkého srdečního výdeje. Naopak při mírné hypotermii (32 až 36 °C) je Pa-EtCO₂ gradient konzistentní, nicméně s nižší teplotou jádra se projevuje trend vzrůstajícího Pa-EtCO₂ gradientu (Darocha et al., 2017).

Účinek hypotermie na parciální tlak oxidu uhličitého a pH arteriální krve se popisuje dvěma způsoby tzv. pH-statem a alfa-statem. Zatímco u metody pH – stat je ventilace nastavena tak, aby se PaCO₂ udržovala na 40 mmHg při aktuální tělesné teplotě pacienta, je u metody alfa – stat ventilace upravena tak, aby se PaCO₂ udržovala na 40 mmHg při tělesné teplotě 37 °C, to znamená že PaCO₂ při hypotermii bude nižší než 40 mmHg. Alfa – stat přístup je doporučován z důvodu menší náročnosti výpočtu (Darocha et al., 2017).

1.3.6 Kapnometrie u dětí

Dítě se od dospělého odlišuje v mnoha ohledech. Jeden z mnoha rozdílů je ten, že nemá vyvrážený respirační a kardiovaskulární systém. U dětí dochází rychleji k dekompenzaci při kardiopulmonálních onemocněních než u dospělého. K rychlejší dekompenzaci dochází z důvodu menších rezerv, rychlejšího metabolismu, většího srdečního výdeje a vyšší dechové frekvence, která pokrývá rychlejší výměnu plynů (Simulíková, 2015).

Dechovou činnost hodnotíme u dětí za pomoci Downes score (Simulíková, 2015). V případě, že má pacient čtyři body, jedná se o respirační tíseň a je indikováno měření krevních plynů. Hodnota 8 značí hrozící respirační selhání (Simulíková, 2015).

Pro ověření úspěšného zavedení endotracheální rourky se i u dětí využívá kapnometrie. Je zde ovšem mnohem víc jiných znaků svědčících o správném umístění endotracheální rourky například zlepšení barvy dítěte, zvýšení hodnoty saturace krve, poslech, pohled (symetrické pohyby hrudníku) (Simulíková, 2015). Truhlář et al. (2021) v překladu

doporučených resuscitačních postupů u dětského pacienta zmiňují u kontroly správnosti zavedení tracheální rourky jak kapnometrii, tak kapnografii, u které upozorňují na riziko nerozpoznání selektivní endobronchiální intubace. Bradna et al. (2015) také uvádí využití kapnometrie pro potvrzení pozice tracheální rourky a blíže ho specifikují. Udává, že kapnometrie může být využita k tomuto účelu u dětí nad dvě kila jak v nemocničním, tak i přednemocničním prostředí. Správné zavedení rourky se dá ověřit i kapnografií, a to zaznamenáním přítomnosti kapnografické křivky při čtyřech a více umělých vdeších (Bradna et al., 2015).

„EtCO₂ a parciální tlak oxidu uhličitého ve venózní krvi (P_vCO₂) používejte jako náhradu za P_aCO₂, pouze pokud byla prokázána u daného pacienta jejich korelace.“ (Truhlář et al. 2021).

Truhlář et al. (2021) doporučují při rozšířené resuscitaci dítěte zahájit monitoraci EtCO₂ po definitivním zajištění dýchacích cest tracheální rourkou nebo laryngeální maskou. Bradna et al. (2015) poukazují na skutečnost, že nulové hodnoty EtCO₂ se mohou vyskytnout i při správném zavedení endotracheální rourky, při zástavě dechu a oběhu jako důsledek nedostatečné perfuze plic. Hodnota EtCO₂ nad 2 kPa (15 mmHg) může značit kvalitně prováděnou kardiopulmonální resuscitaci, ale není považována za spolehlivý ukazatel a KPR by se neměla ukončovat na základě této hodnoty (Bradna et al., 2015). Toto tvrzení vyvrací Truhlář et al. (2021), kteří nedoporučují využívat hodnoty EtCO₂ k hodnocení kvality, zdůvodnění pokračování nebo ukončení rozšířené resuscitace dítě. K včasnému rozpoznání obnovení spontánního oběhu se využívá kapnografická křivka (Truhlář et al. 2021).

U traumatického poranění mozkové tkáně v dětské populaci by hodnoty získané měřením EtCO₂ neměly být použity jakožto ukazatel hodnoty PaCO₂ obzvláště u pacientů se syndromem akutní dechové tísně. Důvodem je nízká shoda hodnot EtCO₂ a PaCO₂ (Yang et al., 2019).

Praktická část

2 Cíle a výzkumné otázky

2.1 Cíl práce

Bakalářská práce má dva cíle. Prvím cílem této bakalářské práce je zmapovat četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči u stavů, u nichž je indikována. Druhý cíl je zmapovat pravidelnost využití kapnometrie při těchto stavech na výjezdových základnách v Jihočeském kraji.

2.2 Výzkumné otázky

1. Jaká je četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči?
2. U jakých stavů se nejčastěji využívá kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči?

3 Metodika

3.1 *Využitá metoda*

Pro vypracování výzkumné části v bakalářské práci byla zvolena kvalitativní metoda výzkumného šetření. Pro získání potřebných informací byl vybrán polostrukturovaný rozhovor s členy výjezdových skupin Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje. Aby bylo možné výzkum provést se členy ZZS JčK, byla podána žádost o povolení výzkumu k bakalářské práci na ředitelství ZZS JčK, která byla schválena. Poté byli kontaktováni jednotliví informanti nebo vedoucí pracovníci jednotlivých základen, kteří mi poskytli kontakt na jednotlivé informanty. Ti měli vždy potřebné materiály předem dostupné. Před začátkem každého rozhovoru proběhla domluva s informanty o jejich anonymitě a o nahrávání rozhovoru pro účely pozdější analýzy v rámci prováděného výzkumného šetření.

Ke sběru dat byl využit polostrukturovaný rozhovor skládající se z formálních otázek, které poskytly základní údaje o informantovi, a šesti hlavních otázek rozšířených o podotázky. Jedna část podotázek se týká zejména konkrétních stavů, jež indikují využití kapnometrie. Druhá část podotázek poté byla velmi individuální a rozvíjela se podle jednotlivých informantů, jejich zkušeností a také podle jejich pozice v systému výjezdových posádek.

Výsledky polostrukturovaných rozhovorů byly následně vyhodnoceny a pro přehlednost rozděleny do pěti kategorií.

V otázkách zaměřených na četnost využití kapnometrie byl jako časový údaj zvolen jeden kalendářní rok z důvodu nízkého a časově velmi náhodného výskytu některých stavů, při kterých se využívá kapnometrie.

Jako dostačující velikost výzkumného souboru bylo zvoleno 6 pracovníků zdravotnické záchranné služby. Výzkumný soubor tvoří 6 nelékařských zdravotních pracovníků, z toho 2 ženy a 4 muži, v rámci zachování anonymity jsou nadále v textu všichni označováni mužským rodem. Střední zdravotnický personál byl vybrán napříč spektrem jak z výjezdových základen ve větších městech, tak ze základen z aglomerací, venkovské oblasti a letecké záchranné služby.

Pro splnění podmínek anonymity jsou informanti označeni I1 až I6 a pro rozeznání jsou definováni dvěma formálními otázkami, jimiž začínal rozhovor. Jejich odpovědi jsou zaznamenány v Tabulce č. 1 přiložené dále. První formální otázka byla: „*Jaké je vaše postavení ve výjezdové posádce?*“. Druhá formální otázka zněla: „*Kolikátým rokem jste u zdravotnické záchranné služby?*“

Tabulka č. 1– Rozdělení informantů dle formálních otázek

Informanti	Postavení ve výjezdové posádce	Délka praxe u ZZS JČK
I1	Zdravotnický záchranář Řidič RV i RZP	16 let
I2	Zdravotnický záchranář	LZS: 26 let RZP: 28 let
I3	NLZP	28 let
I4	Zdravotnický záchranář	6 let
I5	Zdravotnický záchranář Řidič RV	5 let
I6	Zdravotnický záchranář	LZS: 15 let

Zdroj: Vlastní výzkum

Všichni informanti jsou nelékařští zdravotničtí pracovníci. Informanti I2 a I3 jsou všeobecné sestry se specializací ARIP (anesteziologie, resuscitace a intenzivní péče). Informanti I1, I4, I5 a I6 jsou zdravotničtí záchranáři. Informant I2 a I6 pracují také u letecké záchranné služby. Informant I3 momentálně pracuje na pracovišti, kde byla dříve posádka RLP (skupina rychlé lékařské pomoci), nyní ale kvůli nedostatku lékařů je střídavě v posádkách RLP nebo RZP podle možnosti a dostupnosti lékařů na obsazení. Informanti I1 a I5 zastávají i pozici řidiče v rendez vous systému. Spolupracovníci, se kterými byl veden rozhovor, jsou u zdravotnické záchranné služby zaměstnáni v rozmezí 5 až 28 let, a tedy zastupují jak dlouholeté pracovníky, kteří procházeli postupnou implementací kapnometrie do přednemocniční neodkladné péče během své praxe, tak mladší pracovníky, kteří už nastoupili v momentě, kdy se u některých stavů kapnometrie stala neodmyslitelnou součástí. Nejdéle u zdravotnické záchranné služby pracují

informanti I2 a I3, a to 28 let. Nejkratší dobu pro Zdravotnickou záchrannou službu Jihočeského kraje pracuje informant I5.

4 Výsledky výzkumu

4.1 Kategorizace výsledků:

Výsledky získané z polostrukturovaných rozhovorů byly rozděleny do pěti kategorií. V rámci přehlednosti byla každá kategorie opatřena tabulkou. Z důvodu velkého množství podotázek v Kategorii 2 a obsáhlosti odpovědí v podotázce u Kategorie 1 jsou vytvořené tabulky i pro každou z těchto podotázek.

Kategorie 1: Stavy, u kterých se využívá kapnometrie

Kategorie 2: Četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči

Kategorie 3: Kapnometrie u pacienta s CHOPN bez zajištěných dýchacích cest

Kategorie 4: Kapnometry na výjezdových základnách Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje

Kategorie 5: Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii

4.1.1 Kategorie 1 – Stavy, u kterých se využívá kapnometrie

Tabulka č. 2 – Stavy, u nichž se využívá kapnometrie

Informanti	Stavy, u nichž se využívá kapnometrie
I1	KPR, UPV
I2	UPV, KPR
I3	KPR, intubace
I4	Stavy vyžadující zajištění DC intubací/LMA
I5	KPR, při zajištěných DC
I6	Stavy vyžadující zajištění DC

Zdroj: Vlastní výzkum

Informanti I1 a I3 a I5 jako první stav uvedli kardiopulmonální resuscitaci a poté stavy, kdy je zapotřebí orotracheální intubace a umělé plicní ventilace. Informant I2 vzhledem ke své praxi na LZS jako první zmínil stavy vyžadující umělou plicní ventilaci, až poté

kardiopulmonální resuscitaci, kde kapnometrii udává jako kontrolní parametr. Informant I3 uvádí využití podle toho, v jaké posádce vyjíždí. V případě, že vyjíždí v posádce RZP, udává využití kapnometrie téměř nulové, naopak v posádce s lékařem využívají kapnometrii při resuscitacích a intubacích. Informanti I4 a I6 všechny stavy shrnul tvrzením, že kapnometrii užívají u pacientů, kteří mají zajištěné dýchací cesty za pomoci OTI nebo laryngeální masky.

Vyskytují se situace, kdy lze kapnometrii využít, ale nevyužívá se?

Tabulka č. 3 – Situace, kdy lze kapnometrii využít, ale nevyužívá se

Informanti	Situace nevyužití kapnometrie
I1	KPR na masce s ambuvakem
I2	Zapomenutí posádky RZP
I3	X
I4	Zapomenutí, intubace při dostatečné periferní perfuzi
I5	X
I6	Rozhodnutí lékaře nepostupovat podle doporučení ČRR

Zdroj: Vlastní výzkum

Informanta I3 a I5 při rozhovoru nenapadla žádná situace, při níž se nevyužívá kapnometrie, ale bylo by možné ji využít. V době rozhovoru si informant I3 nevybavil žádnou situaci, ale uvedl: „*Dle mého názoru od doby, co máme LIFEPACK 15, který má integrovaný kapnometr do toho přístroje, se využívá častěji, než když byla jenom taková ta krabička EMMA.*“ Z toho tvrzení lze předpokládat, že před nástupem LP15 se občas na kapnometrii zapomínalo. Tato výpověď podporuje tvrzení zejména informanta I2: „*Občas se nevyužívá v posádkách RZP při resuscitaci, protože na to jednoduše zapomenou, jelikož to nemají ještě úplně všichni zajaté, zejména ti starší zasloužili záchranáři, protože za nás, když jsme začínali, tak se kapno nepoužívalo. Ale zlepšuje se to, myslím si, že u takových 80 % se už naučili, že si to kapno zapojí. Zásluhu na tom má vzdělávací centrum, které lidi driluje, aby si to zažili a neopomijeli ve sledu událostí. Takže ve výsledku se to kapno akorát napojí později.*“ Informant I1 uvedl možnost

sledování kapnografické křivky při resuscitaci za pomoci napojení kapnometrického čidla na set s maskou a ručním křísícím vakem, ale upozornil na nutnost dobrého utěsnění masky. Informant I4 sdělil, že na otázku nedovede odpovědět, ovšem v rámci úvahy se dostal k tomu, že se na to může zapomenout, anebo by to mohlo být ve chvíli, kdy pacient není po KPR a kvalita měření je zajištěna i jiným způsobem například saturačním čidlem, jelikož pacient má dobrou periferní perfuzi. Informant I6 na toto téma odpověděl, že už se s touto situací setkal, a to v případě, kdy lékař nepostupoval podle doporučení České resuscitační rady a pacient byl monitorovaný a zaintubovaný, ale kapnometr nebyl vložený do okruhu.

4.1.2 Kategorie 2: Četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči

Tabulka č. 4 – Četnost využití kapnometrie u všech stavů

Informanti	Celková četnost využití kapnometrie/rok
I1	4-8
I2	25-30
I3	11-13
I4	5-30
I5	2-3
I6	12-24

Zdroj: Vlastní výzkum

Informant I1 uvádí, že kapnometrii nejčastěji využívá u resuscitace, ale až v posledních letech poté, co se zvýšil tlak na její používání. Tvrdí, že dříve lékaři kapnometrii nevyžadovali, a proto se čidlo dávalo až na jejich pokyn. V současnosti ho tam dává automaticky, aby měl zpětnou vazbu o stavu pacienta. Nadále říká, že kapnometrii využívá především u KPR. Informanti I2 a I6 uvádí, že kapnometrii využívají vždy, kdy je pacient napojen na přístroj pro umělou plicní ventilaci. Pro informanta I6 je to značná část pacientů, zatímco informant I6 udává tak jednoho až dva zaintubované pacienty měsíčně. Informant I3 udává orientační četnost využití, kterou vysvětluje různorodostí a nepravidelností výjezdů, na nichž se může setkat s kapnometrií. Uvádí možnost setkat se s jejím využitím třikrát až čtyřikrát za měsíc, ale také možnost, kdy kapnometrii nevyužil dva měsíce. Informant I4 odpovídá, že s kapnometrií se setkává vždy u kardiopulmonální resuscitace, kde mu poskytuje zpětnou vazbu a kde je zakotvena

v postupu pro nelékařské zdravotnické pracovníky, ale v případě, že u stavu, který vyžaduje monitoraci kapnometrie zasahuje i lékař, domlouvá se s ním na použití. Při doptání se na číselnou hodnotu udává, že je to velmi malé a nepředvídatelné procento výjezdů, což znamená, že to může být 5, anebo klidně 30 výjezdů ročně. Informant I5 udává, že výjezdů, kdy využívá kapnometrii, není mnoho.

Četnost využití kapnometrie při kardiopulmonální resuscitaci

Tabulka č. 5 – Četnost využití kapnometrie u resuscitace

Informanti	Četnost využití kapnometrie u KPR/rok
I1	4
I2	10
I3	3
I4	4-6
I5	2-3
I6	12

Zdroj: Vlastní výzkum

Informant I1 uvedl, že kapnometrii v poslední době využívá u každé kardiopulmonální resuscitace, k níž se dostane. Informant I2 sdělil, že u letecké záchranné služby se kapnometrické čidlo při kardiopulmonální resuscitaci zapojuje automaticky, jelikož je to jediný ukazatel vývoje kardiopulmonální resuscitace. Informant I3 rozdělil četnost využití kapnometrie podle toho, v jakém uskupení se zrovna nachází jejich výjezdová posádka. V případě, že jsou v režimu RZP, kapnometrii nevyužívají z důvodu zajištění dýchacích cest laryngeální maskou a následnou ventilací za pomoci ručního křísicího vaku, ale v případě, že lékař po příjezdu na místo shledá zajištění dýchacích cest laryngeální maskou za dostačující, napojí na ni okruh s přístrojem pro umělou plicní ventilaci, připojí se do okruhu i kapnometrické čidlo. V případě, že posádka je v uskupení RLP, kapnometrické čidlo připojují do okruhu po připojení pacienta k přístroji pro umělou plicní ventilaci. Informant I4 říká, že ne u každé KPR je automaticky použita kapnometrie. Jako důvod udává, že ne každý pacient má během kardiopulmonální resuscitace zajištěné dýchací cesty a je napojen na UPV, dodává, že v případě, že dýchací cesty zajištěné jsou, poté je kapnometrie neodlučitelnou součástí. Informant I5 tvrdí,

že kapnometrii u KPR využívá pokaždé. Informant I5 uvedl, že kapnometrii při KPR využívá pravidelně z důvodu přínosů, které má pro zlepšení kvality resuscitační péče.

Všichni informanti (I1 až I6) se shodli, že četnost využití je velmi individuální jak z důvodu lokalizace posádky, práce na směny, tak z důvodu nepředvídatelnosti a nepravidelnosti stavů vyžadujících KPR.

Četnost využití kapnometrie při závažném traumatu

Tabulka č. 6 – Četnost využití kapnometrie u závažného traumatu

Informanti	Četnost využití kapnometrie u závažného traumatu/rok
I1	6
I2	16
I3	4
I4	13
I5	5
I6	12

Zdroj: Vlastní výzkum

Informant I1 uvádí: „*Pokud je polytraumatizovaný nebo traumatizovaný pacient na UPV, tak se kapno dává, jinak se samozřejmě nepoužívá, když není třeba zajišťovat dýchací cesty.*“ Výpovědi ostatních informantů (I2 až I6) jsou téměř shodné a potvrzují výrok informanta I1. Informant I4 přidává porovnání, že k úrazům, kde je zapotřebí umělá plicní ventilace, vyjíždí méně často než ke kardiopulmonální resuscitaci, ale vzhledem k tomu, že je vyslán na převozy mezi heliportem a nemocnicí, se častěji dostává do kontaktu s pacienty, u nichž je monitorována hladina oxidu uhličitého na konci výdechu.

Všichni informanti (I1 až I6) se znovu shodují, že četnost výjezdů k traumatu, kdy je indikována a využita kapnometrie, je velmi individuální. Důvody jsou stejné jako u KPR.

Četnost využití kapnometrie u hypotermického pacienta

Tabulka č. 7 – Četnost využití kapnometrie u hypotermie

Informanti	Četnost využití kapnometrie u hypotermie/rok
I1	0
I2	0-1
I3	0
I4	0
I5	0
I6	0

Zdroj: Vlastní výzkum

Informanti I1, I3, I4, I5 a I6 uvádějí, že se zatím nesetkali s pacientem s hypotermií natolik závažnou, aby bylo zapotřebí umělé plicní ventilace s kapnometrií. I Informant I2 uvádí, že: „*Pouze v případě, že byl pacient v bezvědomí a intubovali jsme ho, jinak ne.*“

Četnost využití kapnometrie u dětí a důvody nejčastějšího využití

Tabulka č. 8 – Četnost využití kapnometrie u dětského pacienta

Informanti	Četnost využití kapnometrie u dětského pacienta/rok
I1	0-1
I2	1
I3	0-1
I4	X
I5	X
I6	2

Zdroj: Vlastní výzkum

Informanti I4 a I5 se zatím za dobu své praxe nesetkali s dítětem v tak vážném stavu, aby bylo zapotřebí umělé plicní ventilace nebo resuscitace. Informanti I1 a I3 využili kapnometrii u dětského pacienta jednou u kardiopulmonální resuscitace. Informanti I2 a I6 uvádí využití kapnometrie u dětských pacientů, zejména u zaintubovaných pacientů.

Informanti I2 a I3 se shodují, že za dobu jejich praxe se stavy vyžadující monitoraci kapnometrie objevují velmi ojediněle. Toto tvrzení potvrzují data z Tabulky č. 7.

4.1.3 Kategorie 3: Kapnometrie u pacienta s CHOPN bez zajištěných dýchacích cest

Tabulka č. 9 – Využití monitorace kapnometrie u pacienta s CHOPN

Informanti	Odpověď
I1	Ne
I2	Ne
I3	Ne
I4	Ne
I5	Ne
I6	Ne

Zdroj: Vlastní výzkum

Žádný z informantů (I1 až I6) se v praxi neseťkal s měřením kapnometrie pomocí masky s možností napojení na kapnometr. Informant I1 na položenou odpověď řekl: „*Neseťkal, ale vím o tom, že je to teoreticky možné využít.*“ Informant I2 na položenou otázku odpověděl: „*V praxi ne, ale teoreticky ano, na konferencích se o tom mluví.*“

4.1.4 Kategorie 4: Kapnometry na výjezdových základnách Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje

Tabulka č. 10 – Přehled kapnometrů

Informanti	Kapnometry
I1	LIFEPACK čidlo, EMMA
I2	LIFEPACK čidlo, EMMA
I3	LIFEPACK čidlo, EMMA
I4	LIFEPACK čidlo
I5	LIFEPACK čidlo, EMMA
I6	LIFEPACK čidlo, EMMA

Zdroj: Vlastní výzkum

Informanti I1, I2, I3, I5 a I5 uvedli, že se na jejich výjezdových základnách používá primárně kapnometrické čidlo dodávané k monitoru a defibrilátoru LIFEPACK 15.

Informant I1 dodal, že se jedná o čidlo fungující na bázi micro-stream. Nadále se pak informanti I1, I2, I3, I5 a I6 shodli, že jako náhradní kapnometr je na základnách k dispozici kapnometr EMMA. Informant I1 doplnil, že tento kapnometr funguje na principu main-stream. Na výjezdové základně in Informant I4 se používá pouze čidlo k monitoru a defibrilátoru LIFEPAK 15. Informant r I3 kladně hodnotí přítomnost kapnografické křivky na monitoru a defibrilátoru LIFEPAK 15, kterou shledává velmi užitečnou při KPR.

4.1.5 Kategorie 5: Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii

Tabulka č. 11 – Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii část 1.

Informanti	Resuscitace	Kontrola OTI	Ventilace
I1	Indikátor kvality a perspektivisty	Poslední stupeň kontroly	Dobry ukazatel pro lékaře, pro záchranáře postradatelný
I2	Indikátor kvality, perspektivisty a ROSC	Kontinuální kontrola pozice ETR, spolehlivá kontrola v hlučném prostředí	Kontrola správně nastavené ventilace, ukazatel hyperventilace předcházející zajištění DC
I3	Indikátor kvality a perspektivisty	Sekundární kontrola umístění, kontrola těsnosti manžety a okruhu	Kromě KPR hodnota spíše pro lékaře
I4	Důležitá složka KPR	Spíše plusová metoda kontroly	Hodnota spíše pro lékaře k nastavení UPV, kontrola ventilace
I5	Indikátor kvality a perspektivisty	Sekundární metoda kontroly umístění, kontinuální monitorace ETK	Jeden z indikátorů ventilace pacienta
I6	Důležitá složka KPR, indikátor ROSC	Kontinuální monitorace pozice ETR, kontrola umístění	Ukazatel správně nastavené ventilace

Zdroj: Vlastní výzkum

Na kapnometrii jako nedílné součásti resuscitace z důvodu indikace kvality a perspektivisty prováděné KPR se shodují odpovědi všech šesti informantů. Informanti I2, I4 a I5 uvádějí jako velkou výhodu brzké odhalení spontánního návratu oběhu. Informant I6 rozvádí, jak kapnometrie napomáhá k rozpoznání ROSC podle postupu ALS

(advance life support). „Podle postupu ALS je kapno jedno z měřítek toho, jestli nastane ROSC, nebo ne. Kapnometr můžeme použít, aniž by byl pacient zaintubovaný, stačí, když bude mít laryngeální masku, poté se to vloží do okruhu a když nám stoupnou hodnoty nad 40, nad 50, tak můžeme předpokládat, že pacient dosáhl ROSC, takže tam může dojít potom k obnově oběhu. Ale samozřejmě tam musí doběhnout ty dvě minuty té resuscitace a až při analýze rytmu můžeme ozkoušet, zdali se nám navrátil oběh.“ Informant I4 uvádí jako jednu z výhod kapnometrie u resuscitace kontrolu kvality ventilace.

Odpovědi všech Informantů (I1 až I6) se shodují v použití kapnometrie k sekundární kontrole umístění endotracheální kanyly po orotracheální intubaci. Jako primární kontrolu udávají auskultační metodu. Informant I2 ale poukazuje na spolehlivost kapnometrie ve velmi hlučném prostředí nebo v případech, kdy je auskultační metoda vyhodnocena jako nespolehlivá. Nadále informant I2 uvádí: „U nás na letecké, když je pacient zaintubovaný a transportuje se třeba do vrtulníku nebo z vrtulníku, tak na tom poznám, jestli třeba nedošlo k posunutí té roury, protože když zajede moc hluboko do jedné plíce, je to poznat snížením hodnoty.“ Informant I3 udává další využití kapnometrie pro kontrolu těsnosti dýchacího okruhu a také to, jestli dobře těsní manžeta na endotracheální rource. Informant I6 ve své odpovědi říká, že v případě jsou-li hodnoty po zavedení endotracheální kanyly nulové, předpokládá se zavedení do jícnu. Informant I4 hodnotí kapnometrii takto: „V případě, že je kapno nasazené, tak se na něj doktor po poslechu podívá, jestli to všechno sedí, je to pro něj spíš plusová metoda, než že by se na ní spoléhal.“

Informanti I1, I3, I4 a I5 vnímají kapnometrii jako hodnotu potřebnou pro udržování správného nastavení ventilace pacienta a z toho důvodu ji v tomto ohledu vnímají jako podstatnou pro lékaře. Informant I2 poté uvádí, že po zaintubování dochází k úpravě ventilace dle potřeb pacienta a na kapnometrii lze pozorovat například to, jestli pacient před zákrokem hyperventiloval. Informant I6 popisuje využití kapnometru u ventilovaného pacienta takto: „Když je pacient na ventilátoru, tak nám to ukazuje, jestli toho pacienta ventilujeme správně, jestli ho nepředejcháváme nebo zároveň jestli mu neděláme hyposaturaci. Proto je tam ten kapnometr dobré do toho okruhu vložit a můžeme říct, že máme toho pacienta řádně ventilovaného a nijak ho nepoškozujeme.“

Tabulka č. 12 – Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii část 2.

Informanti	Trauma	Hypotermie	CHOPN	Dětský pacient
I1	Má smysl u pacienta na UPV	Má smysl u pacienta na UPV	Pro záchranáře nemá smysl	Určitě u KPR, UPV, podpora dýchání u novorozenců, těžká astmata
I2	Má smysl u pacienta na UPV	Orientační ukazatel	Nemá smysl	Určitě u KPR, kontrola UPV
I3	Užitečná hodnota u pacientů na UPV	Má smysl u pacientů na UPV	Nemá smysl	Nemám zkušenost, u KPR a pacienta na UPV
I4	Dobrá u pacientů na UPV, také s výhodou při postižení míst pro měření SpO ₂	Pro kontrolu u pacientů na UPV	Má smysl u pacientů na UPV, jinak smysl nemá	Vždy při zajištění DC, kontrola ventilace
I5	Užitečná hodnota při zajištění DC a řízené ventilaci	Užitečná hodnota při zajištění DC a řízené ventilaci	Užitečná hodnota při zajištění DC a řízené ventilaci	Užitečná hodnota při zajištění DC a řízené ventilaci a při KPR
I6	Užitečné u ventilovaného pacienta	Orientační ukazatel u pacienta na UPV	Užitečné u ventilovaného pacienta	Užitečné u ventilovaného pacienta

Zdroj: Vlastní výzkum

V odpovědi na využití kapnometrie u závažného traumatu se všichni informanti (I1 až I6) shodují na stavech, kdy je potřebné zajistit dýchací cesty a umělou plicní ventilaci, v jiných případech udávají, že nemá smysl kapnometrii využít. Informant I2 vylučuje výraznější užitečnost kapnometrie pro práci s vnitřním prostředím a metabolismem, zejména kvůli krátkému časovému úseku, kdy má pacienta v péči. Informant I3 rozšiřuje odpověď o zvažovací proces u pacienta se závažným traumatem, který, není-li k dispozici letecká záchranná služba, musí podstoupit delší cestu do specializovaného centra. Z důvodu dlouhé cesty bývají tedy někteří pacienti uvedeni do narkózy. Informant I4 v odpovědi uvádí měření kapnometrie u pacientů s poškozenou tkáňovou perfuzí na periférii jako výhodnou, především kvůli získání hodnot o tom, jak pacient dýchá.

Informant I6 ve své odpovědi rámcově popisuje i postup zajištění dýchacích cest, kde uvádí, že pacientovi je před vykonáním orotracheální intubace podán kyslík přes obličejovou masku a následně je proveden samotný výkon. Tento krok se provádí z důvodu prevence hypoxémie a následné tkáňové hypoxie v případě obtížného zajištění dýchacích cest.

U otázky, jaký je váš postoj ke kapnometrii u hypotermického pacienta, se informanti I1, I3 a I5 shodují v odpovědích na užitečnosti kapnometrie u pacientů napojených na umělou plicní ventilaci. Informant I1 uvedl využití kapnometrie jako výhodu u prolongované resuscitace a transportu na ECMO (extrakorporální membránová oxygenace). Informant I4 by tuto hodnotu využil jen pro kontrolu kvality nastavené umělé plicní ventilace. Hodnotu EtCO₂ u pacienta s hypotermií označili informanti I2 a I6 pouze jako orientační a nepřikládají jí zásadní roli. Informant I2 popisuje: „*My si ty hypotermické pacienty většinou zajistíme a strašně šetrně a strašně opatrně je manipulujeme a mažeme s nimi na mimotělní oběh, protože to je jediná šance v momentě, kdy jdou do zástavy.*“ Informant I3 poukazuje na veliké riziko zástavy oběhu u výrazně podchlazených pacientů (teplota tělesného jádra pod 29 °C), ale v případě, že pacient komunikuje, tak ho jen za stálého ohřevu transportují.

Informanti I1, I2, I3, I4 a I5 v odpovědi uvádějí, že podle jejich názoru nemá kapnometrie u pacienta, jenž není připojen na UPV, smysl, jelikož jejich stav je dobře rozeznatelný u klinického vyšetření, ale v případě, kdy má pacient zajištěné dýchací cesty uvádějí užitečnost kapnometrie pro lékaře při nastavení umělé plicní ventilace. Informant I4 se zamýšlí nad neměřitelností EtCO₂ v případě nezajištěných dýchacích cest, důvod neměřitelnosti vidí ve značném zkreslení v případě netěsností. Nadále k pacientovi bez zajištěných dýchacích cest uvádí: „*U nás to postrádá smysl, my stejně vyřešíme akorát nějakou formu desaturace podáním kyslíku a s tím ho převezeme na plicní nebo v případě, že je v bezvědomí, tak intubace.*“ Informant I6 odpovídá, že je jedno, z jakého důvodu a jakými pomůckami má pacient zajištěné dýchací cesty, ale v momentě napojení na UPV by tam mělo být vždy připojené kapnometrické čidlo a zbytek je v rukou lékaře, který si může poupravit nastavení přístroje pro umělou plicní ventilaci tak, aby nepoškodil pacienta. V rukou lékaře je to, protože NLZP nemají kompetence k nastavení přístroje pro umělou plicní ventilaci, ale jen k jeho obsluze pod dohledem lékaře.

Informanti I1 až I6 v oblasti využití kapnometrie neshledávají rozdíl mezi dospělým a dětským pacientem. Kapnometrie se tedy využívá u všech pacientů se zajištěnými dýchacími cestami. Informant I2 tvrdí, že u dětí je nutná větší obezřetnost ohledně správného nastavení přístroje pro umělou plicní ventilaci. Informant I1 v rámci úvahy nad stavy, které se vyskytují u dětského pacienta, uvedl i těžkou formu astmatu.

5 Diskuse

Tématem této bakalářské práce je „Využití kapnometrie v přednemocniční péči“. Od tématu se odvíjí cíle a metodika práce podrobněji rozebrané v kapitole dvě a tři. V Tabulce č. 1 je uvedeno, jaké postavení mají informanti ve výjezdových skupinách a kolik let jsou v praxi. Z Tabulky č.1 je patrná dlouholetá zkušenost informantů I2 a I3 a relativně krátká zkušenost informantů I4 a I5, kontrast těchto dvou skupin je pozorovatelný napříč celým výzkumným šetřením. Získané výsledky byli z důvodu přehlednosti rozděleny do pěti kategorií, které jsou ze stejného důvodu zachované i nadále.

První kategorie se věnuje ujasnění toho, u jakých stavů se kapnometrie v praxi využívá. Tato kategorie ukázala rozdíl mezi tím, jak výčet stavů charakterizují samotní informanti a jak ho definuje literatura. Informanti dávali přednost souhrnnému označení „*Stavy, které vyžadují zajištění dýchacích cest*“ nebo „*Vždy, když je pacient napojen na umělou plicní ventilaci*“ a mezi specifickými stavy uváděli nejčastěji kardiopulmonální resuscitaci a umělou plicní ventilaci. Literární prameny se uchylují spíše k vytyčení okruhu a k následnému výčtu specifických výkonů a stavů, například kontrola kvality některých výkonů (například kontrola pozice ETK, kvalita KPR), brzká identifikace situací poškozujících pacienta (například rozpojení okruhu, nedostatek kyslíku v tlakových lahvích) (Astapenko a Černý, 2020) nebo, kapnometrie je jednou z metod pro ověření správné polohy endotracheální kanyly a správné nastavení parametrů při UPV, naměřené hodnoty lze také využít pro hodnocení KPR. Nízké hodnoty mohou být ukazatelem hyperventilace, poruchy plicní perfuze (plicní embolie, srdeční selhání, pneumotorax) (Remeš a Trnovská, 2013).

Kategorie číslo dvě se zaměřuje na cíle práce a přímo se zaobírá četností využití a nepřímo pravidelností využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči. Ve výzkumu informanti odpovídali na otázky jak k četnosti využití u jednotlivých stavů, tak k četnosti využití měření kapnometrie u všech stavů. U všech četností, které informanti udali, poté doplnili, že jsou spíše orientační, a to z důvodu vysoké nepravidelnosti setkání se se stavy, u kterých je potřebné měření kapnometrie. Všichni informanti se shodli na tom, že četnost využití je velmi individuální z důvodu směnnosti, lokalizace a charakteru pracoviště a v neposlední řadě nepředvídatelnosti a nepravidelnosti výskytu těchto stavů, jež se navíc nevyskytují moc často. Fakt, že těchto stavů, které jsou již zmíněné, není mnoho,

potvrzuje i výroční zpráva Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje za rok 2020 (za rok 2021 prozatím není k dispozici na stránkách jihočeské Zdravotnické záchranné služby), která uvádí počet uskutečněných výjezdů u vybraných kategorií. Posádky vyjízděly k 387 případům resuscitace, 2011 případům dopravních nehod a 16 483 případům úrazů, letecká záchranná služba byla vyslána k 403 primárním zásahům (Zdravotnická záchranná služba Jihočeského kraje, 2020). Je nutné poukázat na to, že ne u všech výjezdů je potřebné využít umělou plicní ventilaci a kapnometrii, jelikož do úrazu spadá například i zlomená ruka, stejně tak u ne každé autonehody, kde zasahuje ZZS, jsou všichni účastníci polytraumatičtí, tak ani, jak uvádí informant I4, není u každé KPR využita kapnometrie. Nízký výskyt setkání pracovníků zdravotnických záchranných služeb se závažným traumatem zmiňuje i autorka na začátku diskuse ve své bakalářské práci z roku 2021 na téma „*Péče o pacienta se závažným traumatem v přednemocniční neodkladné péči*“. Zjištěný výsledek podporuje i má zkušenost z praxe na zdravotnické záchranné službě (400 hodin), kdy jsem se neseťkal s využitím kapnometrie i přes mou přítomnost u dvou resuscitací.

Při porovnání hodnot vycházejících z jednotlivých podotázek týkajících se četnosti u konkrétních stavů vyplývá, že nejčastějším důvodem využití kapnometrie v praxi je kardiopulmonální resuscitace. K té se nejčastěji dostávají informanti pracující u letecké záchranné služby a nejméně informanti z venkova a menších měst. Četnost uvedena informantem z velkého města je vyšší než u menších měst, ale jen o jeden až dva výjezdy. Informant I2 také poukázal v komentáři k Tabulce č. 3 na rezervy v četnosti využití kapnometrie při KPR. Také uvedl, že díky vzdělávacímu a výcvikovému středisku ZZS JčK se tuto anomálii daří odstranit. Toto tvrzení nepřímo podporuje výroční zpráva ZZS JčK z roku 2020, kde ve shrnutí od VVS je uveden v rámci zvyšování odbornosti výjezdových skupin ZZS JčK praktický nácvik KPR v PNP. Druhým nejčastějším stavem, u kterého je využito měření kapnometrie, je podle výzkumu v této bakalářské práci závažné trauma. Není překvapením, že největší četnost využití opět uvedli informanti pracující na LZS. Informant I4 se blíží ke stejné četnosti využití jako informanti I2 a I6. Důvodem, jak sám informant I4 udává, jsou převozy mezi heliportem a nemocnicí. Ostatní informanti (I1, I3, I5) hodnotami četnosti, které uvedli, podporují tvrzení uvedené výše o nízké četnosti setkání se závažným traumatem. Z Tabulky č. 7 lze vyčíst, že většina informantů (I1, I3, I4, I5, I6) se zatím neseťkala s hypotermií natolik závažnou, aby byla nutná umělá plicní ventilace a došlo tedy k využití kapnometrie.

Hodnota 0 je v tomto případě zvolena z důvodu, že informanti se s hypotermií přes zimní měsíce setkávají běžně. Z Tabulky č. 8 vyplývá, že stavy, při nichž lze využít kapnometrii u dětského pacienta, jsou velmi ojedinělé. Označení X poukazuje na to, že se informanti I4 a I5 s takovým stavem za dobu své praxe ještě nesetkali.

Kategorii 3 je zaměřená na využití kapnometrie u pacienta s chronickou obstrukční plicní nemocí. Informanti v otázkách spadajících pod Kategorii 5 uvedli, že v momentě, kdy je pacientův stav velmi vážný, nepomáhá žádná předchozí terapie, jsou zajištěné dýchací cesty a pacient je napojen na umělou plicní ventilaci, se kapnometrie využívá. Hlavním tématem kategorie je ale využití u pacienta s chronickou plicní obstrukční metodou, který zajištěné dýchací cesty nemá. Šeblová et al. (2018) udávají možnost využití tzv. ventimasky. Využití této metody nepřímo vyvrací Govindagoudar et al. (2021), kteří se ve své práci zabývají neinvazivní plicní ventilací a jako jeden z možných důvodů nepřesnosti hodnot zmiňují úniky ze systému. Vzhledem ke stavbě těla ventimasky budou úniky větší, a proto je teoreticky pro monitoraci PaCO₂ pomocí teoretického převodu z hodnoty EtCO₂ nevyužitelná. Tvrzení v předchozí větě není ověřeno žádnými daty. V Tabulce č. 9 jsou zaznamenány odpovědi informantů na otázku, jestli se někdy setkali s měřením kapnometrie u pacienta s CHOPN, který neměl zajištěné dýchací cesty. Prakticky se s tímto měřením žádný z informantů nesetkal, ale informanti I1 a I2 uvedli, že o této metodě už teoreticky slyšeli.

Kategorie 4 obsahuje konkrétní kapnometry, jimiž se měří kapnometrie na výjezdových základnách informantů. Informant I3 v Kategorii č. 1 v popisku k Tabulce č. 3 uvádí, že četnost využití kapnometrie vzrostla při přechodu z kapnometru EMMA na vbudovaný kapnometr a kapnograf v monitoru a defibrilátoru LIFEPACK 15. Největší rozdíl mezi těmito kapnometry je v technologii, kterou používají k měření. Zatímco kapnometr EMMA používá k měření starší metodu označovanou jako mainstream, která z důvodu nutnosti nasazení kapnometru na ventilační okruh zvětšuje mrtvý prostor, monitor a defibrilátor LIFEPACK 15 využívá novější metodu microstream pracující se světlem. Podrobnější informace k oběma metodám jsou v Kapitole 1.3 Kapnometrie. Při rozhovorech se členy pozemních výjezdových posádek jsem zjistil, že nejčastějším důvodem využívání kapnometru EMMA je nedostatek jednorázových čidel k monitoru a defibrilátoru LIFEPACK 15, který v momentě, kdy jsou čidla k dispozici, zastává rezervní funkci.

Poslední, pátá Kategorie zachycuje subjektivní postoje a názory informantů k využití kapnometrie. V této kategorii bylo hlavním cílem rozvinout během rozhovoru debatu o smysluplnosti využití kapnometrie v očích nelékařských zdravotnických pracovníků a tím porovnat teoretické možnosti s praxí na výjezdových základnách. Všichni informanti (I1 až I6) se shodují na tom, že kapnometrie je nedílnou součástí ALS u kardiopulmonální resuscitace a přináší značné zkvalitnění resuscitační péče. Také ji vnímají jako podstatný parametr u pacientů se zajištěnými dýchacími cestami a umělou plicní ventilací nehledě na stav, který je příčinou potřeby těchto intervencí, nebo na věk pacienta. Za největší výhodu kapnometrie při umělé plicní ventilaci informanti považovali kontrolu správně nastavené ventilace pacienta. V kontextu umělé plicní ventilace někteří informanti zastávají názor, že kapnometrie je důležitá především pro lékaře, pro nelékařský zdravotní personál má pouze informativní charakter. Na druhou stranu u hypotermie nebo u chronické plicní obstrukční nemoci v případě, že pacient není v tak těžkém stavu, aby byla indikována umělá plicní ventilace, považují měření kapnometrie za zbytečné. Z hlubší debaty s informanty o důvodech, proč je hodnota EtCO₂ nepotřebná u pacienta s chronickou plicní obstrukční nemocí, který je při vědomí, ale postihlo ho zhoršení stavu, vyšel jako hlavní důvod nepotřebnosti kapnometrie významný a dobře identifikovatelný klinický nález charakterizující daný stav. U hypotermie jsme s informanty v rámci rozhovoru nezacházeli hlouběji do teoretických detailů uváděných v teoretické části z důvodu jasné odpovědi, která většinou zněla podobně a dala by se shrnout větou „*Pokud je pacient zaintubován a ventilován, tak ano.*“

Závěr

Tématem bakalářské práce je „Využití kapnometrie v přednemocniční péči.“ Byly stanoveny dva výzkumné cíle. Prvním cílem práce je zmapovat četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči. Druhým cílem práce je zmapovat pravidelnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči.

První cíl práce se podařilo naplnit jen částečně. Z číselných odpovědí na první výzkumnou otázku lze usoudit, že četnost využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči je podmíněna zejména pracovištěm. Výzkum ukázal rozdíl v četnosti využití mezi pozemními a leteckými posádkami. Dále z výzkumu vyplynulo, že četnost využití kapnometrie při výjezdech Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje je nízká. Podle informací získaných z výzkumného šetření je příčinou nízké četnosti využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči malý počet výjezdů, na kterých je potřeba kapnometrii využít. Z výzkumu také vychází, že nejčastěji se kapnometrie využívá při kardiopulmonální resuscitaci. Z důvodu malého výzkumného souboru jsou číselné hodnoty převážně orientační a poslouží hlavně k získání přibližného přehledu o četnosti využití kapnometrie a četnosti výskytu stavů, které monitoraci kapnometrie vyžadují. Pro podrobnější zmapování četností by bylo zapotřebí zvolit kvantitativní metodu výzkumu a oslovit více respondentů (například formou dotazníku) a následně odpovědi porovnat se statickými údaji o výjezdech zdravotnické záchranné služby.

Druhý cíl práce byl naplněn. Při rozhovoru na dotaz zaměřený na četnost využití kapnometrie všichni informanti předtím, než uvedli číslo, poznamenali, že je to velmi individuální a na příkladech v podobě počtů výjezdů na měsíc uváděli nepravidelnost zásahů u stavů, které vyžadují využití kapnometrie. Jediný náznak pravidelnosti byl pouze u informantů z letecké záchranné služby, jež pokrývá větší oblast a má specifickou základnu pacientů, a u informanta, který se dostává k převozům pacientů z heliportu do nemocnice. Pro podrobnější výsledek by byl zapotřebí větší výzkumný soubor, ale vzhledem k tomu, že odpovědi informantů byly téměř totožné, si nemyslím, že by byl výsledek rozdílný.

U druhé výzkumné otázky („*U jakých stavů se nejčastěji využívá kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči?*“) bylo cílem zjistit, u jakých stavů se nejčastěji využívá kapnometrie a jestli například u dětského pacienta jsou i nějaké stavy specifické pro tuto specifickou skupinu. Cíl nebyl naplněn dle očekávání, jelikož informanti

neuváděli jiný konkrétní stav než kardiopulmonální resuscitaci a ostatní shrnuli pod umělou plicní ventilaci. Ve výzkumném šetření nebyl zjištěn žádný specifický stav pro využití kapnometrie u dětského pacienta.

Z výše uvedeného vyplývá, že výzkumné otázky byly zodpovězeny a cíle práce rámcově splněny. Tato práce může posloužit k orientačnímu přehledu o četnosti využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči a také k teoretické informovanosti, jaké výhody, nevýhody a limitace má kapnometrie. Tato práce by mohla být podnětem pro uskutečnění rozsáhlejšího a tím pádem podrobnějšího a přesnějšího výzkumného šetření o četnosti využití kapnometrie v přednemocniční neodkladné péči.

Seznam zdrojů

- 1) ADAMUS, M. et al., 2018. *Zásady Bezpečnosti anesteziologické péče: Doporučené postupy ČSARIM. Anesteziologie a intenzivní medicína*. 29(2), 107 - 110. ISSN 1212-1924.
- 2) ALHARBI, M., TURNER, P., , et al, © 2020. *The Effects of Hypocapnia on Brain Tissue Pulsations. Brain sciences* [online]. 6.9.2020, 10(9) [cit. 2021-11-30]. DOI: 10.3390/brainsci10090614. PMID: 32899967. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7565182/>
- 3) ASTAPENKO, D., ČERNÝ, V., 2020. *Kapnometrie - více než jen údaj o CO2. Urgentní medicína. Mediprax CB*, 23(3), 18-21. ISSN 1212-1924. Dostupné také z: www.urgentnimedicina.cz
- 4) BAR, S., FISCHER, M.-O., © 2019. *Regional capnometry to evaluate the adequacy of tissue perfusion. Journal of thoracic disease* [online]. 06. 2019, 11(11), 1568-1573 [cit. 2021-11-30]. DOI: 10.21037/jtd.2019.01.80. Dostupné z: <https://jtd.amegroups.com/article/view/26986/21667>
- 5) BARASH, P.G., CULLEN, B.F., STOELTING, R.K., 2015. *Klinická anesteziologie. Překlad šestého vydání*. Praha: Grada. 816 s. ISBN 978-80-247-4053-9.
- 6) BRADNA, J. et al., ed., 2015. *Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2015. Urgentní medicína. České Budějovice: mediprax CB*, 18. ISSN 1212-1924.
- 7) DAROCHA, T. et al., © 2017. *Should capnography be used as a guide for choosing a ventilation strategy in circulatory shock caused by severe hypothermia? Observational case-series study. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* [online]. 25(1) [cit. 2022-1-24]. DOI: 10.1186/s13049-017-0357-1. ISSN 1757-7241. Dostupné z: <http://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13049-017-0357-1>
- 8) GOVINDAGOUDAR, M.B., CHAUDHRY, D., TYAGI, D., JAKKA, S., CHANDRA, S., © 2021. *Correlation of PaCO2 and ETCO2 in COPD Patients with Exacerbation on Mechanical Ventilation. Indian Journal of Critical Care Medicine* [online]. 25(3), 305-309 [cit. 2022-1-26]. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23762. ISSN 0972-5229. Dostupné z: <https://www.ijccm.org/doi/10.5005/jp-journals-10071-23762>

- 9) HAVLÍKOVÁ, D., 2021. *Péče o pacienta se závažným traumatem v přednemocniční neodkladné péči*. Bakalářská práce. ZSF JČU
- 10) JINDROVÁ, B., STRÍTESKÝ, M., KUNSTÝŘ, J., 2016. *Praktické postupy v anestezii*. Druhé, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada. 200 s. ISBN 978-80-247-5612-7.
- 11) KAPOUNOVÁ, G., 2020. *Ošetrovatelství v intenzivní péči*. Druhé., aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada. 404 s. ISBN 978-80-271-0130-6.
- 12) KASAL, E., © 2006. *Doporučení pro kardiopulmonální resuscitaci 2005 - změny oproti doporučením z roku 2000. Anesteziologie a urgentní medicína* [online]. 26.4.2006, 17(2), 123-129 [cit. 2022-3-1]. Dostupné z: https://www.aimjournal.cz/pdfs/aim/2006/02/12.pdf?fbclid=IwAR2VGnJkbulkHF8vf0g5mWw8Sp4bEk0uG_39knh-q9QMBbRzih8TxgNuh-0
- 13) KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Druhé, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2020. 752 s. ISBN 978-80-247-1963-4.
- 14) MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Druhé, doplněné vydání. Praha: Grada, 224 s. ISBN 978-80-247-7873-0.
- 15) PHASEIN AB, © 2007. *Emma emergency capnometer: user's manual* [online]. Švédsko [cit. 2022-3-5]. Dostupné z: <https://studylib.net/doc/7773837/6-emma-emergency-capnometer-and-accessories>
- 16) PHYSIO-CONTROL, INC., © 2014. *Lifepak 15 monitor/defibrilátor: návod k obsluze* [online]. [cit. 2022-3-5]. PN: 3314911-301. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3667579-Lifepak-15-monitor-defibrilator-navod-k-obsluze.html>
- 17) PLODR, M., PÚDELKA, L., © 2020. *Urgentní péče v poli – učební texty* [online]. Brno: Univerzita obrany v Brně [cit. 2022-1-27]. ISBN 978-80-7582-159-1. Dostupné z: https://www.unob.cz/fvz/npp/Documents/UPP_tisk_vodoznak.pdf?fbclid=IwAR0yjkkdFmTN-ezXqNMIvNSr3q7miNu8e1hPSsyr0lxFkXqbTbIuIhDT3J4
- 18) REMEŠ, R., TRNOVSKÁ, S., 2013. *Praktická příručka přednemocniční urgentní medicíny*. Praha: Grada. 240 s. ISBN 978-80-247-4530-5.
- 19) ROKYTA, Richard. 2015. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada. 712 s. ISBN 978-80-247-4867-2.

- 20) SIMULÍKOVÁ, L., © 2015. *Specifika hodnocení a zajištění kriticky nemocného dítěte. Pediatrie pro praxi* [online]. 27.2.2015, 16(2), 127-129 [cit. 2022-1-25]. ISSN 1803-5264. Dostupné z: <https://www.pediatriepropraxi.cz/magno/ped/2015/mn2.php>
- 21) SITZWOHL, C. et al., © 1998. *The Arterial to End-Tidal Carbon Dioxide Gradient Increases with Uncorrected but Not with Temperature-Corrected PaCO₂ Determination During Mild to Moderate Hypothermia* [online]. 86(5), 1131-1136 [cit. 2022-1-24]. DOI: 10.1213/00000539-199805000-00043. ISSN 0003-2999. Dostupné z: <https://journals.lww.com/00000539-199805000-00043>
- 22) SLAVÍKOVÁ, J a ŠVÍGLEROVÁ J., 2012.. *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum. 94 s. ISBN 978-80-246-2787-8.
- 23) ŠEBLOVÁ, J., KNOR, J., KUNSTÝŘ, J., 2018. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře. 2.*, doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada. 492 s. ISBN 978-80-271-0596-0.
- 24) TRUHLÁŘ, A. et al., 2021. *Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2021: Souhrn doporučení. Anesteziologie a intenzivní medicína*. 32(Suppl. A), 1-60. ISBN 978-80-7471-358-3.
- 25) TRUHLÁŘ, A., KASAL, E., ČERNÝ, V., © 2011. *Přehled nejvýznamnějších změn v Doporučených postupech pro neodkladnou resuscitaci. Anesteziologie a urgentní medicína* [online]. 22(2), 115-123 [cit. 2022-3-1]. Dostupné z: https://www.resuscitace.cz/files/files/0/h9zj4/zmeny.pdf?fbclid=IwAR0H80F84i znG5mu1nLkj9WUHTnmUyxalWkTPe_2MsFGxkSpegx_wBcir-s
- 26) VOKURKA, Martin, 2018. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. Čtvrté, upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. 320 s. ISBN 978-80-246-3563-7.
- 27) WALTHER, F., SCHMITT, B., TEUBER, R., © 2021. *PaCO₂ - PetCO₂ gradient and target shift*. Hamilton Medical [online]. 29.01.2021 [cit. 2022-1-24]. Dostupné z: <https://www.hamilton-medical.com/tr/E-Learning-and-Education/Knowledge-Base/Knowledge-Base-Detail~2021-01-29~PaCO2---PetCO2-gradient-and-target-shift~f29bb8c8-f37e-498d-b14f-bbc888be8149~.html>

- 28) YANG, J.-T. et al., © 2019. *Agreement Between Arterial Carbon Dioxide Levels With End-Tidal Carbon Dioxide Levels and Associated Factors in Children Hospitalized With Traumatic Brain Injury*. JAMA Network Open [online]. 2(8) [cit. 2022-1-27]. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.9448. ISSN 2574-3805. Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2748050>
- 29) ZADÁK, Z., HAVEL, E., 2017. *Intenzivní medicína na principech vnitřního lékařství*. Druhé, doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada. 448 s. ISBN 978-80-271-0282-2.
- 30) ZDRAVOTNICKÁ ZÁCHRANNÁ SLUŽBA JIHOČESKÉHO KRAJE, © 2020. Výroční zpráva za rok 2020 [online]. [cit. 2022-4-17]. Dostupné z: <https://www.zzsck.cz/o-nas/vyrocní-zpravy>

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Rozdělení informantů dle formálních otázek.....	25
Tabulka č. 2 – Stavy, u nichž se využívá kapnometrie.....	27
Tabulka č. 3 – Situace, kdy lze kapnometrii využít, ale nevyužívá se	28
Tabulka č. 4 – Četnost využití kapnometrie u všech stavů.....	29
Tabulka č. 5 – Četnost využití kapnometrie u resuscitace.....	30
Tabulka č. 6 – Četnost využití kapnometrie u závažného traumatu	31
Tabulka č. 7 – Četnost využití kapnometrie u hypotermie	32
Tabulka č. 8 – Četnost využití kapnometrie u dětského pacienta.....	32
Tabulka č. 9 – Využití monitorace kapnometrie u pacienta s CHOPN	33
Tabulka č. 10 – Přehled kapnometrů	33
Tabulka č. 11 – Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii část 1.	34
Tabulka č. 12 – Subjektivní postoj informantů ke kapnometrii část 2.	36

Seznam zkratek

H_2CO_3 – chemické označení kyseliny uhlíkové

HCO_3^- – chemické označení hydrogenuhličitanu (bikarbonátu)

$^\circ\text{C}$ – stupně Celsia

ALS – advance life support

ARIP – anestézie, resuscitace a intenzivní péče

CNS – centrální nervová soustava

CO_2 – chemické označení oxidu uhličitého

CSF – cerebrospinální mok

č. – číslo

DC – dýchací cesty

et al. – et alii – a jiní

EtCO_2 – oxid uhličitý na konci výdechu

ETK – endotracheální kanyla

ETR – endotracheální rourka

FiO_2 – inspirační koncentrace kyslíku

H^+ – chemické označení vodíku

H_2O – chemické označení vody

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

I (číslo) – označení informanta

ICP – intrakraniální tlak

JčK – Jihočeský kraj

kPa – kilopascal

KPR – kardiopulmonální resuscitace

l – litr

LMA – laryngeální maska

LP15 – LIFEPAK 15

LZS – letecká záchranná služba

min – minuta

mmHg – milimetry rtuťového sloupce

n. – nervus – nerv

Na⁺ - chemické vyjádření sodíku

NLZP – nelékařský zdravotnický pracovník

nm – nanometr

O₂ – chemické označení kyslíku

OTI – orotracheální intubace

PaCO₂ – arteriální parciální tlak oxidu uhličitého

Pa-EtCO₂ – musím dohledat

PaO₂ – arteriální parciální tlak kyslíku

pCO₂ – parciální tlak oxidu uhličitého

pH – potenional of hydrogen - vodíkový exponent

PNP – přednemocniční neodkladná péče

pO₂ – parciální tlak kyslíku

RLP – rychlá lékařská pomoc

ROSC – return of spontaneous circulation – návrat spontánního oběhu

RV – rendez vous – výjezdová posádka složená z lékaře a zdravotnického záchranáře

RZP – rychlá zdravotnická pomoc

TT – tělesná teplota

tzn. – to znamená

tzv. – takzvaně

UPV – umělá plicní ventilace

USG – sonografické vyšetření

VVS – vzdělávací a výcvikové středisko

ZZS – zdravotnická záchranná služba