UNIVERZITA KARLOVA

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Bc. Lukáš Machek

Bezpečná defibrilace a podávání kyslíku při rozšířené resuscitaci

Safe Defibrillation and Oxygen Administration during Advanced Life Support

Diplomová práce

Praha, květen 2025

Autor práce: Bc. Lukáš Machek
Studijní program: Navazující intenzivní péče

Vedoucí práce: **PhDr. David Peřan, Ph.D., FERC**
Pracoviště vedoucího práce: **Klinika anesteziologie a resuscitace 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracoval samostatně a použil výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má závěrečná práce byla používána ke studijním účelům.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému Theses.cz a Turnitin za účelem soustavné kontroly podobnosti závěrečných prací.

V Praze dne 1. září 2025 **Bc. Lukáš Machek**

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval za odborné vedení, vstřícný přístup, i cenné rady a připomínky PhDr. Davidu Peřanovi, Ph.D., FERC. Děkuji také FNKV za umožnění realizace výzkumu, který byl nedílnou součástí této práce. Velmi si vážím podpory a pomoci kolegů i přátel, kteří mi byli oporou v náročnějších chvílích. V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost, podporu a pochopení během celého studia.

Abstrakt

Východiska: Bezpečné podávání kyslíku během resuscitace a intenzivní péče je klíčové nejen pro podporu oxygenace pacienta, ale také z pohledu prevence rizika vznícení při defibrilaci. Zvýšená koncentrace kyslíku v okolí pacienta může v kombinaci s elektrickým výbojem představovat závažné nebezpečí, přesto jsou dostupné klinické údaje o skutečném chování kyslíku v prostředí velmi omezené.

Cíl: Cílem této práce bylo zjistit, zda dochází při použití různých modalit oxygenoterapie a zajištění dýchacích cest ke změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta v různých časových intervalech a lokalitách.

Metodika: Studie měla prospektivní observační charakter a probíhala na anesteziologicko-resuscitační klinice a operačních sálech Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze. Celkem bylo zahrnuto 57 pacientů, u kterých byla aplikována oxygenoterapie čtyřmi způsoby: obličejovou maskou, ventilací samorozpínacím vakem s maskou, laryngeální maskou a orotracheální intubací. Koncentrace kyslíku byla měřena přístrojem GOX 100 T v šesti lokalitách (před obličejem, na hrudníku, v obou axilách, ve vzdálenosti 1 m a 2 m) a v osmi časových bodech (od zahájení terapie až po 10 minut po jejím ukončení). Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu R za použití Shapiro–Wilkova testu, lineárních smíšených modelů a post-hoc analýzy síly testu.

Výsledky: Nejvýraznější nárůst koncentrace kyslíku byl zaznamenán při ventilaci samorozpínacím vakem s maskou a při orotracheální intubaci, to zejména v bezprostřední blízkosti pacienta (před obličejem a na hrudníku). Tyto změny byly patrné již během první minuty a přetrvávaly po celou dobu terapie, přičemž po ukončení se hodnoty během 10 minut vrátily na výchozí úroveň. Oxygenoterapie obličejovou maskou nevedla k významným změnám, u laryngeální masky byl zjištěn pouze malý, klinicky nevýznamný pokles koncentrace. Ve vzdálenosti 1–2 metrů od pacienta zůstávala koncentrace stabilní.

Závěr: Studie prokázala, že různé modality oxygenoterapie vedou k odlišným změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta, nejvýrazněji při ventilaci vak-maskou a orotracheální intubaci. Tyto změny se však nepřibližují hodnotám, které by představovaly reálné riziko vznícení při defibrilaci, pokud jsou dodržovány standardní postupy. Z výsledků vyplývá význam nutnosti důsledného školení

zdravotnického personálu a dodržování bezpečnostních opatření při práci s kyslíkem během resuscitace.

Klíčová slova: oxygenoterapie, defibrilace, bezpečnost, koncentrace kyslíku, intenzivní péče, resuscitace

Abstract

Background: Safe administration of oxygen during resuscitation and intensive care is crucial not only for supporting patient oxygenation but also in terms of preventing the risk of ignition during defibrillation. Increased oxygen concentration in the patient's surroundings may, in combination with an electrical discharge, pose a serious hazard. However, clinical data on actual changes in environmental oxygen concentration are limited.

Objective: The aim of this study was to determine whether different oxygen therapy modalities and airway management techniques lead to changes in oxygen concentration in the patient's surroundings at various time intervals and measurement locations.

Methods: This prospective observational study was conducted at the Department of Anaesthesia and Intensive Care Medicine and in operating theatres of the University Hospital Královské Vinohrady in Prague. A total of 57 patients were included. Oxygen therapy was applied using four modalities: face mask, bag-mask ventilation, laryngeal mask airway, and orotracheal intubation. Oxygen concentration was measured with the GOX 100 T device at six locations (in front of the face, on the chest, in both axillae, at 1 m and 2 m distances) and at eight time points (from initiation up to 10 minutes after termination of therapy). Statistical analysis was performed in R using the Shapiro–Wilk test, linear mixed-effects models, and post-hoc power analysis.

Results: The most pronounced increases in oxygen concentration were observed during bag-mask ventilation and orotracheal intubation, particularly in close proximity to the patient (face and chest). These changes appeared within the first minute, persisted throughout the therapy, and returned to baseline within 10 minutes after termination. Face mask oxygen therapy showed no significant changes, and laryngeal mask airway was associated with only a small, clinically negligible decrease. At 1–2 m distance, no relevant changes were observed.

Conclusion: The study demonstrated that different oxygen therapy modalities result in varying changes in oxygen concentration in the patient's surroundings, most notably during bag-mask ventilation and orotracheal intubation. However, these changes did not approach levels that would pose a real risk of

ignition during defibrillation, provided that standard clinical procedures are followed. Our findings emphasize the importance of strict adherence to safety measures and continuous training of healthcare personnel when working with oxygen during resuscitation.

Keywords: oxygen therapy, defibrillation, safety, oxygen concentration, intensive care, resuscitation

Obsah

ÚVOD **11**

TEORETICKÁ ČÁST **12**

1 DEFIBRILACE **13**

1.1 DEFINICE 13

1.2 TYPY DEFIBRILÁTORŮ 13

1.3 MECHANISMUS ÚČINKU 14

1.4 INDIKACE 14

1.5 POSTUP 14

2 OXYGENOTERAPIE **16**

2.1 INDIKACE PRO OXYGENOTERAPII 17

2.2 DRUHY OXYGENOTERAPIE 19

2.3 FYZIKÁLNÍ PRINCIPY ŠÍŘENÍ KYSLÍKU V OKOLNÍM PROSTŘEDÍ 20

3 ROZŠÍŘENÁ RESUSCITACE **20**

3.1 REVERZIBILNÍ PŘÍČINY ZÁSTAVY OBĚHU 21

3.2 PREVENCE ZÁSTAVY OBĚHU A PŘÍSTUP KE KRITICKÉMU PACIENTOVI 21

3.3 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENI V ROZŠÍŘENÉ RESUSCITACI 23

3.3.1 Automatizované mechanické přístroje pro stlačování hrudníku 23

3.3.2 Defibrilátory – Manuální a automatizované externí defibrilátory 24

3.3.3 Monitorovací zařízení 24

3.3.4 Pomůcky k zajištění dýchacích cest 25

3.3.5 Ventilátory 26

3.4 KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACE 28

3.4.1 Postup rozšířené resuscitace 28

3.5 ZAJIŠTĚNÍ DÝCHACÍCH CEST 30

3.6 FARMAKOTERAPIE 32

PRAKTICKÁ ČÁST **34**

4 CÍLE PRÁCE – HLAVNÍ CÍL **34**

5 METODIKA PRÁCE **34**

6 VÝZKUMNÁ METODA **34**

7 CHARAKTERISTIKA RESPONDENTŮ **36**

8 REALIZACE VÝZKUMU 37

9 ZPRACOVÁNÍ VÝZKUMNÉ OTÁZKY 38

CHARAKTERISTIKA SOUBORU 38

ZMĚNY KONCENTRACE KYSLÍKU PŘI JEDNOTLIVÝCH MODALITÁCH 40

VÝSLEDKY PODLE MĚŘICÍCH LOKALIT 41

ČASOVÝ PRŮBĚH KONCENTRACÍ 41

POST-HOC ANALÝZA SÍLY 43

10 DISKUZE 44

ZÁVĚR 47

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 49

SEZNAM TABULEK 53

SEZNAM PŘÍLOH 54

PŘÍLOHY 55

Úvod

Zástava oběhu představuje jednu z nejzávažnějších akutních situací v medicíně, která vyžaduje okamžitou a efektivní intervenci. Úspěšnost kardiopulmonální resuscitace (KPR) je přímo závislá na včasnosti zahájení základních i rozšířených postupů, mezi něž patří defibrilace, zajištění dýchacích cest, umělá plicní ventilace a oxygenoterapie. Cílem rozšířené resuscitace (ALS – Advanced Life Support) je nejen obnovení spontánního oběhu (ROSC), ale také minimalizace neurologického poškození a zvýšení šance na přežití pacienta s dobrou kvalitou života.

Mezi základní intervence při ALS patří defibrilace, která může při správném načasování a provedení přerušit život ohrožující arytmie a obnovit koordinovaný srdeční rytmus. V bezprostřední péči o kriticky nemocného pacienta je však často podáván kyslík vysokým průtokem, a to buď otevřeným způsobem (např. maska s rezervoárem), nebo v uzavřeném ventilačním okruhu. Tato kombinace – přítomnost zvýšené koncentrace kyslíku v okolí pacienta a elektrický výboj defibrilátoru – představuje potenciální riziko vzniku požáru nebo jiného nebezpečného incidentu. Přestože jsou základní bezpečnostní pravidla při defibrilaci obecně známa, reálná klinická praxe ukazuje, že jejich důsledné dodržování není vždy samozřejmostí.

Cílem této diplomové práce je analyzovat, zda různé modality oxygenoterapie vedou ke změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta, a tím potenciálně zvyšují riziko při defibrilaci. Práce si klade za cíl přispět k lepšímu porozumění tomuto riziku a nabídnout doporučení pro jeho minimalizaci. Zvolená problematika spojuje teoretické poznatky z oblasti urgentní medicíny s praktickými aspekty intenzivní péče a má přímý dopad na bezpečnost pacientů i zdravotnického personálu

Teoretická část

Náhlá zástava oběhu představuje jeden z nejčastějších a zároveň nejzávažnějších akutních stavů, se kterými se v klinické praxi setkáváme. V Evropě je incidence odhadována na 67–170 případů na 100 000 obyvatel ročně a návrat spontánního oběhu se daří dosáhnout pouze u menší části pacientů (Truhlář et al., 2021). Prognóza pacientů je přitom zásadně ovlivněna rychlostí rozpoznání, okamžitým zahájením kardiopulmonální resuscitace a dostupností defibrilace – tedy jednotlivými články tzv. „řetězu přežití“ (Truhlář et al., 2021).

Resuscitaci dělíme na základní podporu života (Basic Life Support, BLS) a rozšířenou podporu života (Advanced Life Support, ALS). V rámci BLS klademe důraz na včasné rozpoznání zástavy, přivolání odborné pomoci, nepřerušovanou srdeční masáž a použití automatizovaného externího defibrilátoru (AED). ALS na tyto postupy navazuje zajištěním dýchacích cest, řízenou ventilací, podáním léků a použitím manuální defibrilace (Soar et al., 2021).

Kyslík má v resuscitaci nezastupitelnou roli. Umožňuje obnovit oxygenaci tkání, zejména mozku a myokardu, které jsou na nedostatek kyslíku mimořádně citlivé. Již během několika minut od zástavy oběhu dochází k nevratným ischemickým změnám a časná oxygenoterapie proto zvyšuje šanci na přežití (Truhlář et al., 2021).

Významnou součástí rozšířené resuscitace je defibrilace. Ta představuje jedinou účinnou léčbu fibrilace komor a bezpulzové komorové tachykardie, které patří k nejčastějším rytmům náhlé zástavy oběhu. Úspěšnost defibrilace je úzce vázána na čas – čím dříve výboj podáme, tím vyšší je pravděpodobnost obnovení spontánního oběhu. Z tohoto důvodu se defibrilátory staly standardní součástí vybavení přednemocniční i nemocniční urgentní péče. (Truhlář et al., 2021).

Z pohledu bezpečnosti si musíme uvědomit, že defibrilace je výkon, při kterém se kombinuje elektrický výboj a často i současné podávání kyslíku. Zvýšená koncentrace kyslíku v okolí pacienta může za určitých podmínek představovat riziko vznícení či požáru. Toto riziko je v literatuře popisováno zejména v souvislosti s vysokými průtoky kyslíku, těsným uložením dýchacích pomůcek na hrudník nebo při kombinaci s elektrochirurgickými nástroji (Truhlář et al., 2021).

1 Defibrilace

1.1 Definice

Defibrilace je urgentní terapeutická metoda, při které využíváme elektrický výboj k obnovení normálního srdečního rytmu při život ohrožujících arytmiích, jako je fibrilace komor nebo bezpulzová komorová tachykardie. Naším cílem je dosáhnout synchronizované depolarizace co největšího množství srdečních buněk (myocytů), čímž přerušíme chaotickou elektrickou aktivitu srdce a umožníme obnovení koordinovaného sinusového rytmu. (Truhlář et al., 2021)

1.2 Typy defibrilátorů

Defibrilátory můžeme rozdělit do několika kategorií na základě jejich technologie a využití. Prvním typem jsou monofázické defibrilátory. Tyto přístroje produkují elektrický výboj jedním směrem. V současnosti se však používají pouze zřídka, protože je nahrazujeme efektivnějšími bifázickými defibrilátory. Historicky byly monofázické defibrilátory standardem, avšak jejich nižší účinnost a vyšší energetické požadavky vedly k jejich ústupu z klinické praxe.

Bifázické defibrilátory jsou modernější a představují standard v současné klinické praxi. U těchto přístrojů proud prochází oběma směry ve dvou fázích, což zajišťuje vyšší účinnost, dosahující až 93–95 %. Díky této technologii také vyžadují nižší energii k dosažení stejného efektu ve srovnání s monofázickými defibrilátory. To nejen zlepšuje výsledky defibrilace, ale zároveň snižuje riziko poškození srdeční tkáně.

Další kategorií jsou automatizované externí defibrilátory (AED), které jsou navrženy především pro použití laiky. Tyto přístroje se často nacházejí na veřejných místech, kde je mohou použít svědci náhlé srdeční zástavy. AED mohou být plně automatizované (FAED), kdy přístroj sám rozhodne o podání výboje, nebo poloautomatické (SAED), kdy výboj iniciujeme stisknutím tlačítka na pokyn přístroje. Tyto defibrilátory představují zásadní nástroj v řetězci přežití, protože umožňují rychlou defibrilaci ještě před příjezdem odborné pomoci. (Marcián, Klementa a Klementová, 2011)

1.3 Mechanismus účinku

Při defibrilaci necháváme během několika milisekund procházet přes hrudník elektrický proud o hodnotě až několika desítek joulů Tento proud vyvoláváme s cílem způsobit depolarizaci srdečních buněk, což vede k dočasnému zastavení veškeré elektrické aktivity srdce. Následná repolarizace umožňuje přirozenému kardiostimulátoru srdce, sinusovému uzlu, převzít kontrolu a obnovit pravidelný srdeční rytmus. (Marcián, Klementa a Klementová, 2011)

Úspěšnost defibrilace závisí na několika faktorech, včetně velikosti námi použité energie, typu defibrilační vlny (monofázická vs. bifázická) a času od vzniku arytmie do podání výboje. Rychlé provedení defibrilace považujeme za klíčové pro zvýšení šancí na přežití pacienta s náhlou srdeční zástavou. (Truhlář et al., 2021)

1.4 Indikace

K podání defibrilačního výboje existují dvě hlavní indikace. První je přítomnost fibrilace komor na monitoru vitálních funkcí, druhou je bezpulzová komorová tachykardie. V obou případech je klíčové co nejrychlejší podání defibrilačního výboje, které umožní obnovit normální srdeční rytmus (Truhlář et al., 2021)

1.5 Postup

Podání defibrilačního výboje je klíčovou intervencí při resuscitaci pacientů s defibrilovatelnými srdečními rytmy, jako jsou fibrilace komor a bezpulzová komorová tachykardie. Abychom zajistili efektivní a bezpečné použití defibrilátoru, postupujeme podle následujících kroků dle Truhlář et al (2021).

Nejprve připravíme defibrilátor. Přístroj zapneme a necháme jej inicializovat. Na odhalený hrudník pacienta připojíme elektrody podle instrukcí na přístroji nebo zobrazených na elektrodách. Poté necháme přístroj analyzovat srdeční rytmus pacienta. Během této analýzy zajistíme, aby se nikdo nedotýkal pacienta, aby nedošlo k narušení přesnosti analýzy.

Pokud defibrilátor detekuje defibrilovatelný rytmus, například fibrilaci komor nebo bezpulzovou komorovou tachykardii, doporučí podání výboje. Před jeho podáním zajistíme, aby se nikdo nedotýkal pacienta. Na pokyn přístroje

stiskneme tlačítko pro podání výboje. U plně automatických přístrojů výboj proběhne bez našeho zásahu.

Po podání defibrilačního výboje okamžitě pokračujeme v kardiopulmonální resuscitaci (KPR). Přerušení srdeční masáže minimalizujeme na co nejkratší dobu, ideálně méně než 5 sekund. Každé dvě minuty znovu analyzujeme srdeční rytmus a podle výsledku pokračujeme v resuscitaci nebo defibrilaci.

Pro bezpečné použití defibrilátoru a abychom minimalizovali riziko vzniku požáru, před defibrilací vždy odstraníme kyslíkovou masku z obličeje pacienta. Zároveň zajistíme, aby byl zdroj kyslíku umístěn alespoň jeden metr od jeho hrudníku. Pokud je pacient napojen na ventilátor s uzavřeným dýchacím okruhem, ponecháme okruh neporušený a nerozpojujeme jej. Ujistíme se, že elektrody jsou správně připojeny, aby byla zajištěna jejich účinnost. Během celého procesu důsledně sledujeme pokyny přístroje, které mohou být hlasové i vizuální. (Truhlář et al., 2021)

Bezpečnostní zásady při defibrilaci v kyslíkem obohaceném prostředí

Při defibrilaci v prostředí obohaceném kyslíkem musíme počítat se zvýšeným rizikem vzniku požáru nebo dokonce výbuchu. Toto riziko vzniká kombinací tří faktorů tzv. "požárního trojúhelníku": oxidačním prostředím (kyslík), hořlavým materiálem (např. textilie, vlasy, plastové součástky) a zdrojem iniciace (elektrický oblouk během defibrilačního výboje).

Před provedením defibrilace bychom měli odstranit nebo vzdálit otevřený zdroj kyslíku, jako je obličejová maska nebo nosní kanyla. Doporučuje se vzdálit je alespoň o 1 metr od hrudníku pacienta. Pokud pacient dýchá pomocí samorozpínacího vaku napojeného na kyslík, je vhodné vak dočasně odpojit nebo jej odsunout stranou. Tento krok minimalizuje koncentraci kyslíku v bezprostřední blízkosti elektrod a snižuje tak riziko vzniku jiskry či plamene
(Peřan et al., 2018).

Dále je doporučeno používat samolepicí defibrilační elektrody, které přiléhají těsně k pokožce a snižují riziko vzniku elektrického oblouku ve srovnání s klasickými přítlačnými elektrodami. Dobře přiléhající elektrody zabraňují kontaktu vzduchu mezi pokožkou a povrchem elektrody, kde by mohlo dojít

k jiskření. V odborné literatuře se opakovaně uvádí, že při správné aplikaci těchto elektrod je riziko požáru prakticky eliminováno (APSF, 2022).

Měli bychom také minimalizovat přítomnost hořlavých materiálů v blízkosti pacienta, jako jsou deky, roušky, papírové podložky nebo alkoholové dezinfekční prostředky. Tyto materiály se v kyslíkovém prostředí mohou vznítit při kontaktu s jiskrou nebo horkým povrchem. Je vhodné se před defibrilací přesvědčit, že v okolí pacienta nejsou žádné nepotřebné předměty, které by mohly sloužit jako palivo (JRC, 2021).

Ve zdravotnických zařízeních bychom také měli dbát na pravidelné školení personálu ohledně manipulace s kyslíkem, prevencí požárů a postupů při krizových situacích. Měli bychom zajistit, aby personál byl seznámen s možnými riziky spojenými s použitím kyslíku a s pravidly bezpečného provozu přístrojů, které mohou být zdrojem jiskření (Joint Commission, 2023).

2 Oxygenoterapie

Oxygenoterapií rozumíme podávání kyslíku v koncentraci vyšší, než je běžně obsažena ve vzduchu. V neodkladné péči obvykle sledujeme saturaci periferní krve kyslíkem (SpO_2), přičemž se nezaměřujeme pouze na hodnotu saturace, ale také na kvalitu křivky pulzního oxymetru, abychom ověřili spolehlivost naměřených údajů. Cílové hodnoty SpO_2 se liší podle konkrétní klinické situace. U většiny pacientů se snažíme dosáhnout normálních hodnot, tedy SpO_2 mezi 94–98 %, nikoliv 100 %. U pacientů s akutním koronárním syndromem zahajujeme oxygenoterapii až při poklesu saturace pod 90 %, aby se předešlo rizikům spojeným s hyperoxií. Nižší cílové hodnoty saturace nastavujeme také u pacientů s chronickou obstrukční plicní nemocí (CHOPN). Pokud máme podezření na otravu látkou, která může zkreslovat hodnoty SpO_2 měřené pulzním oxymetrem (např. oxid uhelnatý), nebo u pacientů v kritickém stavu, u nichž si nejsme jisti přesností měření saturace na periferii, podáváme kyslík vždy vysokým

průtokem. Účinnost oxygenoterapie však závisí nejen na správné indikaci, ale také na dostatečné ventilaci pacienta, protože jakákoliv porucha ventilace ovlivňuje efektivitu podávání kyslíku. (Bílská et al., 2021)

Koncentraci kyslíku ve vzduchu chápeme jako procentuální zastoupení kyslíku v objemu okolního plynu. V běžné atmosféře činí přibližně 20,9 %. Tato hodnota je pro nás zásadní nejen z hlediska zajištění adekvátní oxygenace organismu, ale i kvůli hodnocení bezpečnosti prostředí, ve kterém kyslík používáme – například při použití kyslíkových masek, ventilátorů nebo během resuscitace. Pokud dojde ke zvýšení koncentrace kyslíku v okolním vzduchu, zvyšuje se riziko požáru. Z těchto důvodů považujeme za nezbytné koncentraci kyslíku sledovat a rozumět jejímu významu (European Commission, 2021).

2.1 Indikace pro oxygenoterapii

Oxygenoterapie představuje základní terapeutický přístup v akutní péči o pacienty s respiračním selháním. Jejím primárním cílem je zajistit adekvátní okysličení tkání a zabránit rozvoji hypoxémie, která by mohla vést k orgánovému poškození. Podle německé S3 směrnice pro podávání kyslíku v akutní péči dospělých je zahájení oxygenoterapie indikováno zejména při přítomnosti hypoxémie, kterou definujeme jako pokles saturace kyslíkem (SpO_2) pod 92 % u pacientů bez rizika hyperkapnie nebo pod 88 % u pacientů s rizikem hyperkapnie, například u chronické obstrukční plicní nemoci (COPD). Dalším kritériem pro zahájení terapie je pokles parciálního tlaku kyslíku (PaO_2) pod 60 mmHg při dýchání vzduchu. (Gottlieb et al., 2022)

Kromě primární hypoxémie indikujeme oxygenoterapii také u akutních stavů spojených s nedostatečnou oxygenací organismu. Mezi tyto stavy patří akutní respirační selhání, exacerbace chronické obstrukční plicní nemoci, pneumonie, kardiální selhání s plicním edémem, syndrom akutní dechové tísně (ARDS) a sepsa se septickým šokem. V těchto případech oxygenoterapie podporuje okysličení krve a snižuje metabolický stres na orgánové úrovni. (Gottlieb et al., 2022)

Další významnou skupinu indikací představují kardiovaskulární a neurologické poruchy, které mohou vést k tkáňové hypoxii. U pacientů s akutním

koronárním syndromem indikujeme podání kyslíku při současné hypoxémii, neboť nadměrná oxygenoterapie může vést k vazokonstrikci a potenciálně zhoršit myokardiální ischemii. U pacientů s cévní mozkovou příhodou zahajujeme oxygenoterapii pouze v případě dokumentované hypoxémie, neboť její rutinní podávání bez indikace nebylo spojeno s lepšími klinickými výsledky. Oxygenoterapie je nezbytnou součástí resuscitační péče po zástavě oběhu, kde se zaměřujeme na udržení optimálních hodnot saturace kyslíkem v rozmezí 92–96 %, abychom zabránili jak hypoxémii, tak potenciálně škodlivé hyperoxémii.

Mezi další indikace oxygenoterapie patří otrava oxidem uhelnatým, u níž využíváme kyslík vysokým průtokem ke zkrácení poločasu rozpadu karboxyhemoglobinu. Rovněž u těžkých forem anémie s projevy tkáňové hypoxie může být oxygenoterapie indikována jako podpůrné opatření. V některých případech, například u pacientů s pneumothoraxem, může podávání kyslíku urychlit resorpci vzduchu z pleurální dutiny.(Gottlieb et al., 2022)

V souladu s aktuálními doporučeními je nezbytné, abychom oxygenoterapii podávali cíleně a přizpůsobovali její rozsah konkrétním potřebám pacienta. Gottlieb doporučuje u pacientů bez rizika hyperkapnie udržovat saturaci kyslíkem (SpO_2) v rozmezí 92–96 %, zatímco u pacientů s rizikem hyperkapnie cílit na 88–92 %, aby se minimalizovalo riziko retence CO_2 a následné hyperkapnie.(Gottlieb et al., 2022)

Britská Thoracic Society naproti tomu uvádí mírně širší cílový rozsah 94–98 % pro většinu dospělých pacientů bez rizika hyperkapnie. U pacientů s chronickou retencí CO_2 rovněž doporučuje konzervativní přístup s rozmezím 88–92 %, přičemž zdůrazňuje důležitost předpisu oxygenoterapie jako léčiva – s jasně stanoveným cílem a pravidelným monitorováním. (O'Driscoll et al., 2017)

Oba zdroje se shodují na tom, že rutinní podávání kyslíku bez jasné indikace není doporučeno, a nadměrná oxygenoterapie může být škodlivá – zejména u pacientů s chronickými plicními onemocněními, kde hrozí zvýšené riziko hyperoxémie, retence CO_2 a zhoršení klinického stavu, což však neplatí pro stavy akutní dušnosti s hypoxií.
(Gottlieb et al., 2022; O'Driscoll et al., 2017).

Koncentraci kyslíku ve vzduchu vyjadřujeme v procentech (%), což odpovídá objemovému podílu kyslíku v plynné směsi. Naopak biologické hodnoty,

se kterými se setkáváme v klinické praxi – jako je saturace hemoglobinu kyslíkem (SpO_2) nebo parciální tlak kyslíku v arteriální krvi (PaO_2) – popisují množství kyslíku uvnitř těla. SpO_2 uvádíme rovněž v procentech, ale odráží nasycení hemoglobinu kyslíkem. PaO_2 se udává v mmHg a popisuje tlak, který kyslík vyvíjí v arteriální krvi. Tyto ukazatele tedy neslouží k hodnocení koncentrace kyslíku v okolním prostředí, ale poskytují informace o okysličení organismu
(Perry et al., 2020).

2.2 Druhy oxygenoterapie

Druhy oxygenoterapie rozdělujeme podle schopnosti zajistit konstantní FiO_2 na nízkoprůtokové a vysokoprůtokové. U nízkoprůtokové oxygenoterapie nejsme schopni zajistit konstantní FiO_2, protože závisí na velikosti přívodu kyslíku za minutu a minutové ventilaci pacienta. Pokud se dechový objem nebo dechová frekvence pacienta sníží, FiO_2 stoupá. K nízkoprůtokové oxygenoterapii používáme kyslíkové brýle, otevřenou masku, nebo kyslíkový stan. Kyslíkové brýle zajišťují FiO_2 do 40–50 %, avšak selhávají, pokud pacient dýchá pouze ústy, například u dětí s významnou nosní obstrukcí, jako je choanální atrézie. Tento fakt zdůrazňuje důležitost udržování volného nosního průchodu. Otevřená maska umožňuje dosáhnout FiO_2 40–70 %, zatímco maska s rezervoárem při vysokém průtoku poskytuje FiO2 80–100 %. (David, Jonáš a Koucký, 2022)

Vedle nízkoprůtokové oxygenoterapie stále častěji využíváme vysokoprůtokovou oxygenoterapii, a to prostřednictvím Venturiho masky nebo vysokoprůtokové nazální kanyly (HFNC). Tento způsob podání kyslíku nám umožňuje zajistit konstantní FiO2. Díky maximálním průtokům HFNC (60–70 l/min) dokážeme teoreticky generovat tlak na konci výdechu (PEEP) přibližně 3–5 cm H2O, což z této metody činí jednu z možností distenzní podpory. (David, Jonáš a Koucký, 2022)

2.3 Fyzikální principy šíření kyslíku v okolním prostředí

Když pacientovi podáváme kyslík, musíme si uvědomit, že část kyslíku se vždy dostává i do okolního vzduchu. Jak rychle a kam se kyslík šíří, závisí na několika faktorech.

Kyslík má přirozenou tendenci se šířit z místa, kde ho je hodně (například u výstupu z masky), do míst, kde je ho méně – tomu se říká difuze. Pokud je kyslíku hodně, začne se samovolně rozptylovat do okolí. Když je zároveň v místnosti špatné větrání, může se kyslík kolem pacienta hromadit (TeachMePhysiology, 2024).

Na šíření kyslíku má vliv také proudění vzduchu, například pokud se v místnosti pohybuje personál, otevřou se dveře nebo běží klimatizace. Takové proudění pomáhá kyslík rozptýlit a snížit jeho koncentraci v okolí pacienta (PhysioPedia, 2023).

Když používáme kyslík s vysokým průtokem, vzniká kolem pacienta tzv. kyslíkový oblak – oblast se zvýšenou koncentrací kyslíku. Ten může zůstat kolem hrudníku, obličeje nebo přístrojů, a právě v této oblasti je vyšší riziko vzniku požáru při použití defibrilátoru nebo jiných elektrických zařízení.

Proto bychom měli udržovat odstup mezi elektrodami a zdrojem kyslíku, dbát na dostatečné větrání místnosti a odstranit vše, co by se mohlo vznítit, pokud kyslík uniká do okolí. (PhysioPedia, 2023).

3 Rozšířená resuscitace

Resuscitaci definujeme jako soubor postupů zaměřených na obnovení spontánního oběhu a dýchání u pacientů, u nichž došlo k zástavě srdce. Cílem naší intervence je co nejrychlejší obnova krevního oběhu a minimalizace neurologického poškození prostřednictvím okamžitého zahájení kardiopulmonální resuscitace (KPR) a dalších pokročilých život zachraňujících opatření (Soar et al., 2021)

3.1 Reverzibilní příčiny zástavy oběhu

Během resuscitace je zásadní, abychom identifikovali a léčili reverzibilní příčiny zástavy oběhu, které jsou shrnuty pod označením "4H a 4T". Mezi tyto příčiny řadíme hypoxii, tedy nedostatečné okysličení tkání, které může vést k srdeční zástavě a vyžaduje zajištění adekvátní oxygenace pacienta. Dále se zaměřujeme na hypovolémii, tedy snížení objemu cirkulující krve, například v důsledku masivního krvácení, což vyžaduje podání tekutin a kontrolu krvácení. Významnou roli hrají také hypo- nebo hyperkalémie a další metabolické poruchy, které mohou ovlivnit srdeční rytmus a způsobit zástavu oběhu, proto musíme zajistit korekci hladin draslíku, vápníku a dalších iontů. K těmto příčinám přičítáme i hypotermii, tedy těžké podchlazení, které zpomaluje srdeční aktivitu a může vést k zástavě, a jeho léčbu zaměřujeme na postupné zahřívání pacienta. (Soar et al., 2021)

Mezi další reverzibilní příčiny patří tromboembolie, zejména plicní embolie, která způsobuje akutní obstrukci plicního řečiště a následné selhání pravé komory. V těchto případech zvažujeme podání trombolytik nebo provedení mechanické trombektomie. Závažnou příčinou může být i tenzní pneumotorax, tedy kolaps plíce vedoucí ke zvýšenému tlaku v hrudníku a oběhové nestabilitě, kterou řešíme urgentní dekompresí hrudníku jehlovou nebo drenážní technikou. Tamponádu srdeční považujeme za další možnou příčinu, kdy dochází k nahromadění tekutiny v perikardiálním vaku, což brání plnění srdce a vede k oběhovému selhání. V tomto případě provádíme perikardiocentézu. Poslední skupinu tvoří toxické a farmakologické příčiny, tedy otravy nebo předávkování léky, například tricyklickými antidepresivy, opiáty či beta-blokátory, které mohou vést k srdeční zástavě. Terapie se liší podle konkrétní látky a může zahrnovat podání antidot nebo eliminaci toxinu. Tyto faktory musíme systematicky hodnotit během resuscitace a v případě podezření na některou z těchto příčin okamžitě zahájit adekvátní léčbu. (Soar et al., 2021)

3.2 Prevence zástavy oběhu a přístup ke kritickému pacientovi

V péči o kriticky nemocné pacienty používáme systematický přístup ABCDE, který nám umožňuje efektivní hodnocení a léčbu život ohrožujících stavů.

Nejprve zajišťujeme vlastní bezpečnost a rychle hodnotíme celkový stav pacienta. Sledujeme jeho vědomí a reakce, přičemž jakákoliv změna nebo absence odpovědi naznačuje potenciálně kritický stav vyžadující okamžitou intervenci. (Resuscitation Council UK, 2015)

V rámci A – Airway (dýchací cesty) kontrolujeme, zda nejsou dýchací cesty obturovány. Přítomnost stridoru, paradoxních dechových pohybů nebo absence dechových šelestů naznačuje částečnou nebo úplnou obstrukci dýchacích cest. V případě jakéhokoliv podezření na obstrukci ihned aplikujeme základní metody zajištění průchodnosti dýchacích cest, jako jsou záklon hlavy, předsunutí čelisti, odsátí sekretů nebo zavedení orofaryngeální či nazofaryngeální pomůcky. Pokud tyto metody selžou, přistupujeme k pokročilému zajištění dýchacích cest pomocí tracheální intubace. Současně podáváme kyslík s vysokou koncentrací, zpravidla 15 l/min přes masku s rezervoárem, abychom zajistili adekvátní okysličení.

V kroku B – Breathing (dýchání) sledujeme frekvenci, hloubku a rytmus dýchání, přítomnost cyanózy, používání pomocných dýchacích svalů a poslechové nálezy na plicích. Sledujeme také saturaci kyslíkem (SpO_2) a hodnotíme hrudní symetrii. Kritické stavy, jako jsou tenzní pneumotorax, těžký astmatický záchvat nebo plicní edém, vyžadují okamžitou léčbu. V případě dýchací insuficience můžeme použít neinvazivní ventilaci (NIV) nebo zahájit umělou plicní ventilaci pomocí samorozpínacího vaku s maskou.

V rámci C – Circulation (cirkulace) hodnotíme kvalitu pulzu, krevní tlak, barvu kůže a kapilární návrat. Pacienta monitorujeme pomocí elektrokardiogramu (EKG), měříme neinvazivně krevní tlak a hodnotíme známky šoku. Pokud je přítomna hypotenze, hypoperfuze nebo známky oběhové nestability, zahajujeme podávání intravenózních tekutin. U pacientů s krvácením aktivně vyhledáváme a eliminujeme jeho zdroj, v případě septického šoku zahajujeme podání tekutin a včasné podání vazopresorů.

V kroku D – Disability (neurologické hodnocení) hodnotíme stav vědomí pomocí metody ACVPU nebo Glasgow Coma Scale (GCS). Sledujeme velikost a reaktivitu zornic, hodnotíme možné metabolické nebo toxické příčiny změněného vědomí. U každého pacienta měříme krevní glukózu a v případě hypoglykémie

ihned podáváme glukózu intravenózně. Zároveň přehodnocujeme možnost podání antidot v případě intoxikace.

V posledním kroku E – Exposure (expozice) pacienta plně odhalujeme, abychom vyhodnotili přítomnost poranění, vyrážek, hematomů nebo jiných patologických změn. Důležité je zachování tepelného komfortu pacienta, a proto minimalizujeme riziko hypotermie použitím zahřívacích metod.

Po každé intervenci pacienta znovu přehodnocujeme, abychom ověřili účinnost léčby a přizpůsobili další kroky na základě aktuálního klinického stavu. Tento strukturovaný přístup nám umožňuje efektivně identifikovat a řešit život ohrožující stavy včas a systematicky (Resuscitation Council UK, 2015)

3.3 Přístrojové vybaveni v rozšířené resuscitaci

3.3.1 Automatizované mechanické přístroje pro stlačování hrudníku

Přístroj pro automatické stlačování hrudníku (např. LUCAS^{TM}) využíváme k mechanickým kompresím hrudníku během kardiopulmonální resuscitace. Pomáhá nám zajistit účinné a konzistentní stlačování hrudníku u pacientů se srdeční zástavou, čímž standardizujeme resuscitaci a minimalizujeme přerušení kompresí. Díky tomu se můžeme soustředit na další život zachraňující úkony. Zařízení je snadno použitelné v různých prostředích – při zásazích v terénu, během transportu pacienta i v nemocnicích. Umožňuje nám pracovat efektivněji a zároveň zvyšuje naši bezpečnost, například při převozu pacienta v sanitním voze. (Stryker, 2025) Přístroj se skládá ze zadní desky poskytující oporu při kompresích, horní části s dobíjecí baterií a kompresním mechanismem s přísavkou na jedno použití, stabilizačního popruhu pro správnou fixaci a přepravní brašny usnadňující transport a skladování. Před použitím je nezbytné absolvovat odpovídající školení, abychom zajistili správnou a bezpečnou obsluhu přístroje. (Stryker, 2025)

3.3.2 Defibrilátory – Manuální a automatizované externí defibrilátory

Defibrilátory používáme k obnovení správného srdečního rytmu při život ohrožujících arytmiích, jako je fibrilace komor. Využíváme je při náhlé srdeční zástavě, kdy aplikací elektrického výboje přerušujeme chaotickou aktivitu srdce a umožňujeme mu obnovit pravidelný rytmus.

Rozlišujeme několik typů defibrilátorů. Manuální defibrilátory jsou určeny pro odborný zdravotnický personál a umožňují nám přesně nastavit výši výboje podle konkrétní situace. Často jsou kombinovány s EKG, pulzním oxymetrem nebo dalšími monitorovacími funkcemi. Automatizované externí defibrilátory (AED) jsou určeny i pro laiky a bývají umístěny na veřejných místech. Tyto přístroje samy analyzují srdeční rytmus a v případě potřeby nám dají pokyn k aplikaci výboje. Některé modely jsou poloautomatické a umožňují odborníkům přepnout do manuálního režimu, pokud je to nutné. (Zemanová et al., 2023)

3.3.3 Monitorovací zařízení

Kapnometr (měření CO_2)

Kapnometr využíváme k potvrzení správného umístění tracheální kanyly a jejímu kontinuálnímu sledování. Používáme ho také při monitoraci průběhu KPR, abychom včas rozpoznali návrat spontánního oběhu. Díky měření koncentrace CO_2 ve vydechovaném vzduchu nám pomáhá hodnotit ventilaci pacienta a optimalizovat resuscitační péči. (Zemanová et al., 2023)

Elektrokardiogram

EKG nám slouží k monitoraci srdečního rytmu a diagnostice akutních kardiologických stavů, jako jsou infarkty, život ohrožující arytmie nebo srdeční zástava. Používáme ho také během resuscitace k analýze srdečního rytmu a sledování změn v průběhu KPR. Pomáhá nám také u pacientů se synkopou, dušností či bolestí na hrudi k včasnému rozpoznání závažných stavů. Přenosné EKG přístroje nám umožňují rychlou diagnostiku přímo v terénu a v některých případech i přenos dat do nemocnice pro konzultaci s odborníky. (Zemanová et al., 2023)

3.3.4 Pomůcky k zajištění dýchacích cest

Zajištění průchodnosti dýchacích cest je klíčovým krokem v akutní medicíně, zejména při resuscitaci a intenzivní péči. Používáme různé pomůcky, které umožňují efektivní ventilaci a prevenci aspirace, a volíme je podle stavu pacienta a dostupnosti vybavení. (Zemanová et al., 2023)

Tracheální rourky představují základní metodu invazivního zajištění dýchacích cest. Jedná se o umělohmotné kanyly, které zavádíme buď orotracheálně, nebo nazotracheálně. Používáme je zejména v případech, kdy je nutná dlouhodobá umělá plicní ventilace. Některé typy jsou opatřeny obturační manžetou, která zajišťuje těsnost mezi rourkou a stěnou trachey, čímž snižuje riziko aspirace a umožňuje efektivnější ventilaci. (Zemanová et al., 2023)

Alternativou k tracheální intubaci jsou laryngeální tubusy, které zavádíme supragloticky a využíváme je především v přednemocniční neodkladné péči. Jsou vybaveny dvěma obturačními balonky – distálním, který blokuje vstup do jícnu, a proximálním, který stabilizuje tubus a zajišťuje těsnost v oblasti orofaryngu. Některé modely jsou navíc opatřeny drenážním kanálem, který umožňuje odsávání žaludečního obsahu a snižuje riziko aspirace. (Zemanová et al., 2023)

Další skupinu supraglotických pomůcek představují laryngeální masky (LMA), které používáme jako alternativu k tracheální intubaci zejména v situacích, kdy není nutná přímá vizualizace hlasivek. Tyto masky přiléhají k hypofaryngu a vytvářejí těsné spojení mezi dýchacími cestami a ventilačním okruhem. Některé modely umožňují zavedení tracheální rourky přímo přes masku, čímž usnadňují následnou intubaci. (Zemanová et al., 2023)

Pro usnadnění intubace využíváme videolaryngoskopy, které umožňují vizualizaci vstupu do dýchacích cest pomocí integrované kamery. Obraz je přenášen na monitor, což zvyšuje úspěšnost intubace, zejména u pacientů s anatomicky obtížnými dýchacími cestami nebo u infekčních pacientů, kde je žádoucí větší odstup intubujícího od pacienta. (Zemanová et al., 2023)

Při řešení situace s obtížným zajištěným dýchacích cest je doporučeno v souladu s aktuálními postupy ASA použití zavaděče (či bougie) jako pomůcky, která zvyšuje úspěšnost tracheální intubace, zejména v případech omezené vizualizace hlasivek. Pokud předpokládáme obtížnou intubaci, volíme kombinaci

videolaryngoskopu a zavaděče/bougie již při prvním pokusu, neboť tato strategie zvyšuje pravděpodobnost úspěchu a snižuje počet pokusů o zavedení tracheální kanyly. (Fiadjoe & Mercier, 2022)

K udržení průchodnosti dýchacích cest u pacientů v bezvědomí bez nutnosti invazivního přístupu používáme ústní a nosní vzduchovody. Ústní vzduchovody brání obstrukci dýchacích cest zapadnutým jazykem a zavádíme je konvexní stranou vzhůru, následně je rotujeme o 180° do finální polohy. Nosní vzduchovody jsou měkčí, delší a lépe tolerované pacienty se zachovanými obrannými reflexy. Před zavedením je zvlhčujeme nebo lubrikujeme, aby se minimalizovalo riziko poranění sliznice. Jejich použití je kontraindikováno při podezření na frakturu báze lební nebo nosu. (Zemanová et al., 2023)

Každá z uvedených pomůcek hraje důležitou roli v zajištění průchodnosti dýchacích cest a volíme ji na základě klinické situace, stavu pacienta a dostupných možností ventilace. (Zemanová et al., 2023)

3.3.5 Ventilátory

Přenosné mechanické ventilátory jsou využívané pro podporu dýchání. Transportní ventilátory představují klíčovou součást přístrojového vybavení určeného k zajištění přístrojové ventilace pacientů mimo standardní nemocniční prostředí. Používáme je zejména v rámci zdravotnické záchranné služby a při sekundárních transportech pacientů mezi zdravotnickými zařízeními. Tyto ventilátory umožňují jak invazivní, tak neinvazivní podporu ventilace a jejich použití je závislé na klinickém stavu pacienta a dostupnosti vybavení. (Zemanová et al., 2023)

Transportní ventilátory lze rozdělit podle způsobu pohonu na pneumatické, které využívají stlačený vzduch nebo kyslík, a bateriově poháněné, které umožňují delší provoz bez nutnosti externího zdroje plynu. Moderní transportní ventilátory jsou vybaveny širokou škálou ventilačních režimů a umožňují detailní nastavení ventilačních parametrů podle potřeb pacienta. (Zemanová et al., 2023)

Při nastavování mechanické ventilace vybíráme dechový objem (VT) podle ideální tělesné hmotnosti pacienta – u ARDS často volíme 4–8 ml/kg ideal body weight, abychom minimalizovali riziko poškození plic. Dechovou frekvenci (RR)

nastavujeme typicky mezi 12–16 dechy/min, eventuálně vyšší u zvýšeného CO_2 nebo acidózy. Poměr inspiria k exspiriu (I:E) volíme standardně 1:2 až 1:3, a u pacientů s obstrukčními chorobami, jako je CHOPN či astma, prodlužujeme exspirační fázi na I:E ≥ 1:3, aby se zabránilo auto-PEEP. (Hickey et al., 2024)

FiO_2 nastavujeme tak, abychom udrželi saturaci (SpO_2) mezi 90–96 % – vyhýbáme se hyperoxémii, která je spojena se zvýšenou mortalitou kriticky nemocných pacientů. Začínáme běžně s nižším FiO_2 (~40 %) a postupně ji titrujeme. PEEP standardně začíná na 5 cm H_2O, ale u ARDS pacienta ho zvyšujeme, abychom zabránili kolapsu alveolů.
(Hickey et al., 2024)

Dále nastavujeme inspirační tlak (Pi) mezi 10–20 cm H_2O při tlakem řízené ventilaci a inspiraci, která trvá obvykle okolo 1 sekundy. Trigger spouští ventilaci – tlakový nebo proudový – podle dechové aktivity pacienta. (Hickey et al., 2024)

Principem umělé plicní ventilace je náhrada nebo podpora spontánního dýchání pacienta. Využíváme řízenou ventilaci, kdy pacient nemá žádnou spontánní dechovou aktivitu, nebo asistovanou ventilaci, která podporuje jeho vlastní dýchání. Mezi základní režimy řízené ventilace patří tlakově řízená ventilace (PCV), při níž je dechový objem určen inspiračním tlakem, a objemově řízená ventilace (VCV), kde je objem přímo nastavován. Pro neodkladné situace můžeme využít také ventilaci synchronizovanou s kompresí hrudníku (CCSV). (Zemanová et al., 2023)

U pacientů se zachovanou spontánní ventilací aplikujeme režimy asistované ventilace, jako je CPAP, který udržuje stálý pozitivní tlak v dýchacích cestách, nebo BiPAP, jenž střídá dvě úrovně tlaku pro podporu spontánního dýchání. Alternativně využíváme režim SIMV, který kombinuje spontánní dechovou aktivitu pacienta se zástupovými dechy ventilátoru, a PSV, kde ventilátor při inspiraci poskytuje tlakovou podporu. (Zemanová et al., 2023)

Transportní ventilátory nám umožňují bezpečné a efektivní zajištění ventilace pacientů v terénu i během transportu. Díky pokročilým monitorovacím systémům můžeme průběžně sledovat ventilaci pacienta a upravovat její parametry podle aktuální potřeby, čímž zajišťujeme optimální péči i v podmínkách mimo standardní nemocniční prostředí. (Zemanová et al., 2023)

3.4 Kardiopulmonální resuscitace

Rozšířená resuscitace dospělých představuje soubor postupů, které aplikujeme při srdeční zástavě s cílem co nejrychleji obnovit spontánní oběh pacienta (ROSC) a minimalizovat následné neurologické poškození. Tento proces zahrnuje pokročilé techniky zajištění dýchacích cest, podání léků, elektrickou terapii a systematický přístup ke zjištění a léčbě reverzibilních příčin srdeční zástavy. (Truhlář et al., 2021)

3.4.1 Postup rozšířené resuscitace

V průběhu rozšířené resuscitace klademe důraz na vysokou kvalitu srdeční masáže, kterou provádíme s frekvencí 100–120 stlačení za minutu a hloubkou 5–6 cm u dospělých pacientů. Minimalizujeme přerušování kompresí a snažíme se co nejdříve provést defibrilaci u pacientů s defibrilovatelnými rytmy, jako je fibrilace komor (VF) a bezpulzová komorová tachykardie (pVT). (Truhlář et al., 2021)

Během resuscitace kontinuálně sledujeme srdeční rytmus a aplikujeme elektrickou terapii podle indikací. U defibrilovatelných rytmů provádíme výboje s energií 150–360 J u bifázických defibrilátorů a následně pokračujeme v srdeční masáži. Pokud pacient nereaguje po třech výbojích, podáváme 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu. U nedefibrilovatelných rytmů (asystolie, bezpulzová elektrická aktivita) podáváme adrenalin co nejdříve a pokračujeme v cyklech KPR s přehodnocením každé 2 minuty. (Truhlář et al., 2021)

Dýchací cesty nejprve zajišťujeme základními manévry, jako je záklon hlavy a předsunutí dolní čelisti. Pokud je potřeba pokročilé zajištění, zavádíme supraglotickou pomůcku nebo tracheální rourku. Intubaci provádíme pouze tehdy, pokud máme dostatečnou zkušenost a naše úspěšnost přesahuje 95 % během dvou pokusů. Při zajištění dýchacích cest monitorujeme ventilaci pomocí kapnografie, která nám pomáhá sledovat kvalitu resuscitace a odhalit případný návrat spontánního oběhu. (Truhlář et al., 2021)

Při selhání standardních postupů můžeme zvážit mimotělní kardiopulmonální resuscitaci (eCPR), pokud je k dispozici odpovídající tým a vybavení. (Truhlář et al., 2021)

Rozšířená resuscitace dospělých představuje soubor pokročilých postupů, které aplikujeme u pacientů v zástavě oběhu s cílem obnovit spontánní cirkulaci a minimalizovat neurologické poškození. Tento přístup zahrnuje efektivní zajištění dýchacích cest, kardiopulmonální resuscitaci, farmakoterapii a využití přístrojové podpory. Součástí je i systematická metodika A-I, kterou využíváme především v České republice umožňuje nám strukturovaně a rychle postupovat během resuscitace a následné intenzivní péče. (Haluzíková, 2023)

Prvním krokem je zajištění dýchacích cest (Airways – A), při kterém hodnotíme průchodnost dýchacích cest a v případě obstrukce je uvolňujeme základními manévry, jako je záklon hlavy a předsunutí dolní čelisti. Pokud pacient nereaguje a jeho dýchací cesty nejsou volné, zavádíme orofaryngeální nebo nazofaryngeální vzduchovod. Při nutnosti pokročilého zajištění volíme supraglotickou pomůcku nebo provádíme tracheální intubaci. (Haluzíková, 2023)

Dále přecházíme k hodnocení ventilace (Breathing – B), kdy ověřujeme, zda pacient spontánně dýchá. Pokud tomu tak není, zahajujeme umělou ventilaci pomocí resuscitačního vaku s kyslíkem nebo transportního ventilátoru. Kapnografie nám pomáhá sledovat kvalitu ventilace a identifikovat případné obnovení spontánního oběhu. (Haluzíková, 2023)

Dalším klíčovým krokem je defibrilace (Defibrillation – D). Pomocí defibrilátoru analyzujeme srdeční rytmus a při přítomnosti defibrilovatelných rytmů, jako je fibrilace komor (VF) nebo bezpulzová komorová tachykardie (pVT), podáváme výboj o energii 150–360 J. Pokud pacient nereaguje na tři výboje, podáváme 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu a pokračujeme v cyklech KPR. (Haluzíková, 2023)

Po defibrilaci přecházíme k elektrokardiografii (Electrocardiography – E), kdy hodnotíme srdeční aktivitu pacienta a hledáme možné příčiny srdeční zástavy. EKG nám pomáhá identifikovat akutní koronární syndrom jako možnou reverzibilní příčinu a rozhodnout o případné indikaci pro urgentní koronární intervenci. (Haluzíková, 2023)

Jakmile se podaří obnovit spontánní oběh, přecházíme do fáze gauging (G), tedy celkového posouzení stavu pacienta. Sledujeme hemodynamické parametry, jako je krevní tlak, saturace kyslíkem a hladina krevního cukru. Používáme

laboratorní testy a přístrojovou diagnostiku, jako je ultrazvuk, k identifikaci přetrvávajících rizikových faktorů a případných komplikací. (Haluzíková, 2023)

Následuje fáze human maintenance (H), ve které se zaměřujeme na stabilizaci pacienta a zajištění optimální podpory orgánových funkcí. Pokud je pacient po obnovení oběhu v bezvědomí, zahajujeme cílenou řízenou hypotermii ke snížení rizika neurologického poškození. Sledujeme elektrolytovou rovnováhu a metabolický stav pacienta s cílem minimalizovat sekundární poškození mozku a dalších vitálních orgánů. (Haluzíková, 2023)

Posledním krokem je intenzivní péče (Intensive care – I), kdy organizujeme transport pacienta na specializované oddělení pro další monitoring a terapii. Po dosažení ROSC optimalizujeme ventilaci, krevní tlak a srdeční funkce, přičemž využíváme farmakologickou a přístrojovou podporu podle individuálních potřeb pacienta. (Haluzíková, 2023)

Cílem všech těchto kroků je efektivní resuscitace vedoucí k ROSC (Return of Spontaneous Circulation), tedy návratu spontánní srdeční aktivity a obnově perfuze tkání. Tento stav poznáváme podle návratu pulzu na centrálních tepnách, normalizace barvy kůže a vzestupu hodnot $etCO_2$. Po dosažení ROSC zahajujeme poresuscitační péči, jejímž cílem je minimalizovat neurologické následky a zvýšit šance pacienta na plné zotavení. (Haluzíková, 2023)

Systematický přístup A-I nám umožňuje strukturovaně řídit celý proces resuscitace a následné intenzivní péče, čímž maximalizujeme šance pacienta na přežití s dobrým neurologickým výsledkem. (Haluzíková, 2023)

3.5 Zajištění dýchacích cest

Zajištění průchodnosti dýchacích cest považujeme za jednu z prioritních činností při prvotním hodnocení stavu pacienta. Pokud pacient artikuluje, zpravidla předpokládáme, že ústní dutina není obstrukčně uzavřena. V případě, že je pacient v bezvědomí, vždy kontrolujeme dutinu ústní a odstraňujeme případná cizí tělesa. K okamžitému zajištění dýchacích cest přistupujeme tehdy, pokud se setkáme s masivním poraněním obličeje, kraniotraumatem s hodnotou Glasgow Coma Scale 8 a méně, dále u pronikajících poranění do tělesných dutin – konkrétně hlavy, krku, hrudníku nebo břicha – a rovněž u stavů spojených se šokem. Tyto situace vyžadují

včasné a efektivní zajištění dýchacích cest s cílem zajistit dostatečnou oxygenaci a minimalizovat riziko obstrukce nebo aspirace. (Dobiáš a Bulíková, 2021)

Při zajištění dýchacích cest máme k dispozici několik možností, které můžeme rozdělit na supraglotické a infraglotické přístupy. Mezi supraglotické metody patří vzduchovody, obličejová maska, laryngeální maska, tracheální tubus a kombirourka. Tyto způsoby neprocházejí hlasivkami a využíváme je především při méně invazivních postupech nebo jako přechodné řešení. Infraglotické zajištění zahrnuje tracheální rourku, tracheostomii a koniopunkci či koniotomii. Tyto metody umožňují přímý přístup do dolních dýchacích cest a využíváme je zejména při dlouhodobé ventilaci nebo v situacích, kdy supraglotické přístupy nejsou dostačující. Přestože každý způsob zajištění má svá specifika a volba závisí na klinickém stavu pacienta, zlatým standardem zůstává orotracheální intubace. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

Při zajištění dýchacích cest máme k dispozici různé pomůcky a metody, které volíme podle klinické situace a stavu pacienta. Mezi základní pomůcky patří vzduchovody, které slouží k překlenutí vzdálenosti mezi ústy či nosem a hypofaryngem, čímž pomáhají udržet průchodnost dýchacích cest. Nosní vzduchovody jsou lépe tolerovány, zatímco ústní vzduchovody se doporučují pouze u pacientů s poruchou vědomí. Nevýhodou vzduchovodů je, že nechrání dýchací cesty před aspirací a používáme je především jako přechodné řešení před definitivním zajištěním dýchacích cest. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

Další možností jsou supraglotické pomůcky, které umožňují ventilaci pacienta bez nutnosti zavedení tracheální rourky. Laryngeální maska se využívá jak v anesteziologii, tak v urgentní medicíně a umožňuje bezpečnou ventilaci pacienta s tlakem do 25–30 cmH_2O. Existuje více typů laryngeálních masek, které se liší svou konstrukcí a možností těsnění. Další supraglotickou pomůckou je laryngeální tubus, který obsahuje proximální a distální obturační manžetu a umožňuje ventilaci přes speciální otvory. Přestože jeho zavedení je jednoduché, jeho použití je omezeno kvůli ceně a nedostatku kvalitních studií podporujících jeho účinnost. Podobnou funkcí disponuje kombirourka, což je dvoulumenová pomůcka zaváděná naslepo, přičemž jeden lumen obvykle končí v jícnu. Ventilace probíhá přes

proximální otvory, což snižuje riziko aspirace, ale nevýhodou je její omezené využití u pediatrických pacientů a vyšší cena. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

Pokud supraglotické metody nejsou dostatečné nebo není možné zajistit dýchací cesty neinvazivně, přistupujeme k infraglotickým metodám. Tracheostomie je chirurgický výkon spočívající ve vytvoření vstupu do průdušnice, obvykle mezi 3. a 4. prstencem trachey. Provádíme ji především u pacientů dlouhodobě závislých na umělé plicní ventilaci, kdy snižuje dechovou práci, usnadňuje weaning a zlepšuje komfort pacienta. V intenzivní péči často volíme punkční dilatační tracheostomii, která je méně invazivní než klasická chirurgická technika. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

Nejčastěji používanou a zároveň nejspolehlivější metodou je tracheální intubace, která představuje zlatý standard zajištění dýchacích cest. Tracheální rourku zavádíme subgloticky přímo do průdušnice, čímž zajišťujeme ochranu před aspirací a umožňujeme efektivní ventilaci pacienta. Intubaci provádíme pomocí laryngoskopu, přičemž využíváme různé typy lžic – Macintosh (zahnutá lžíce), Miller (rovná lžíce) či McCoy (se zvedačem špičky). U novorozenců a kojenců se častěji používá Millerova lžíce, která umožňuje přímou vizualizaci hlasových vazů. Pro usnadnění intubace můžeme využít videolaryngoskopii nebo fibrooptickou intubaci bronchoskopem. Po zavedení tracheální rourky je nutné ověřit její správnou polohu auskultací plic a kapnografickým měřením CO_2 ve vydechovaném vzduchu. Tracheální intubace je metodou první volby u pacientů s poruchou vědomí, respiračním selháním nebo u těch, u nichž předpokládáme nutnost dlouhodobé umělé plicní ventilace. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

Každá z uvedených metod má své indikace a výhody i nevýhody. Volbu konkrétního způsobu zajištění dýchacích cest vždy přizpůsobujeme aktuálnímu stavu pacienta, našim zkušenostem a dostupnému vybavení. (Frelich, Divák a Novák, 2020)

3.6 Farmakoterapie

Při rozšířené resuscitaci využíváme několik důležitých skupin léků, které pomáhají obnovit srdeční činnost a stabilizovat srdeční rytmus. Mezi základní látky patří vazopresory, zejména adrenalin, který podáváme v dávce 1 mg intravenózně

(IV) nebo intraoseálně (IO). U pacientů se zástavou oběhu s nedefibrilovatelným rytmem jej aplikujeme co nejdříve, zatímco u defibrilovatelného rytmu podáváme první dávku až po třetím defibrilačním výboji. Pokud resuscitace pokračuje, podání adrenalinu opakujeme každé 3–5 minut. (Truhlář et al., 2021)

Další důležitou skupinou léčiv jsou antiarytmika, která podáváme u pacientů, kde i po třech defibrilačních výbojích přetrvává fibrilace komor (VF) nebo bezpulzová komorová tachykardie (pVT). V takových případech aplikujeme amiodaron v dávce 300 mg IV/IO, a pokud porucha rytmu přetrvává i po pátém defibrilačním výboji, podáváme dalších 150 mg amiodaronu IV/IO. Pokud není amiodaron k dispozici nebo je nahrazován podle lokálních postupů, můžeme použít lidokain v dávce 100 mg IV/IO, přičemž při neúspěšných defibrilacích lze přidat dalších 50 mg IV/IO. (Truhlář et al., 2021)

V situacích, kdy je podezření, že srdeční zástava byla způsobena plicní embolií, zvažujeme podání trombolytik. Po jejich aplikaci může být nutné prodloužit dobu resuscitace až na 60–90 minut, aby se zvýšila šance na obnovení oběhu. (Truhlář et al., 2021)

Další podávanou léčbou mohou být tekutiny, které však podáváme pouze v případech, kdy se srdeční zástava s vysokou pravděpodobností vyvinula v důsledku hypovolémie, tedy nedostatku cirkulujícího objemu krve. (Truhlář et al., 2021)

Každé z těchto léčiv hraje klíčovou roli v resuscitační péči a jejich použití vždy přizpůsobujeme konkrétní situaci pacienta, aby byla zajištěna co nejvyšší šance na obnovení spontánního oběhu a stabilizaci stavu. (Truhlář et al., 2021)

Praktická část

4 Cíle práce – hlavní cíl

Dochází při použití různých metod oxygenoterapie a zajištění dýchacích cest ke změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta v různých lokalitách a časových intervalech?

5 Metodika práce

Tuto práci jsme realizovali jako kvantitativní výzkum s cílem objektivně změřit a vyhodnotit koncentrace kyslíku v okolí pacienta při použití různých modalit oxygenoterapie v reálných klinických podmínkách rozšířené resuscitační péče. Měření jsme prováděli přímo u pacientů, u nichž byla oxygenoterapie indikována, přičemž jsme nijak nezasahovali do průběhu léčby. Veškerá měření probíhala pasivně, pouze za účelem monitorace koncentrace kyslíku v okolním prostředí.

Před zahájením sběru dat jsme náš výzkumný projekt předložili Etické komisi Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, která jej posoudila a vydala souhlasné stanovisko pod číslem EK-VP/06/00/2025. Zároveň jsme získali i souhlas náměstkyně pro ošetřovatelskou péči FNKV, jenž umožnil realizaci výzkumu v rámci běžného klinického provozu. Nedílnou součástí přípravy byl také výzkumný protokol, ve kterém jsme podrobně popsali metodiku měření, měřicí body a časové intervaly. Protokol studie byl registrován na ClinicalTrials.gov pod číslem NCT06718361.

6 Výzkumná metoda

Provedli jsme prospektivní observační kohortovou studii, jejímž hlavním cílem bylo kvantifikovat změny koncentrace kyslíku v okolním prostředí pacienta během čtyř běžně používaných modalit oxygenoterapie. Konkrétně se jednalo o oxygenoterapii obličejovou maskou, ventilaci samorozpínacím vakem s maskou, ventilaci pomocí laryngeální masky a ventilaci při orotracheální intubaci. Data získaná během studie jsme následně podrobili systematickému statistickému zpracování. Veškeré analýzy byly provedeny v prostředí RStudio (R verze 4.5.1),

které je široce používaným nástrojem pro vědeckou práci díky své transparentnosti, otevřenosti a možnosti reprodukovatelného zpracování.

V první fázi jsme se zaměřili na ověření normality dat. Pro každý datový soubor, zahrnující konkrétní modalitu oxygenoterapie a časový bod měření, jsme použili Shapiro–Wilkův test. Tento test patří k nejpoužívanějším metodám pro ověřování, zda sledovaný soubor hodnot odpovídá normálnímu (Gaussovu) rozložení. Princip spočívá v porovnání skutečného rozdělení dat se teoretickou křivkou normálního rozložení. Výsledkem testu je tzv. p-hodnota, která udává, zda se rozdíl mezi oběma distribucemi považuje za statisticky významný. Pokud p-hodnota klesne pod hladinu 0,05, můžeme zamítnout hypotézu o normalitě. V našem případě Shapiro–Wilkův test ukázal, že data nesplňují předpoklad normálního rozložení. Tento krok byl pro naši analýzu zásadní, protože výběr vhodných statistických metod vždy závisí na tom, zda je distribuce dat normální. (Marečková, 2003)

Na základě těchto výsledků jsme přistoupili k popisné statistice, která nám umožnila získat základní přehled o rozložení dat. Protože data neměla normální rozložení, zvolili jsme pro jejich popis medián a kvartily místo průměru a směrodatné odchylky. Medián představuje prostřední hodnotu souboru a je odolnější vůči odlehlým hodnotám než průměr. Tento přístup nám umožnil prezentovat výsledky přesněji a objektivněji, zejména v souborech, kde rozložení nebylo symetrické.

Pro inferenční statistiku, tedy pro testování hypotéz a zjišťování, zda pozorované rozdíly mezi jednotlivými časovými body byly skutečné nebo vznikly náhodou, jsme využili lineární smíšené modely (Linear Mixed-Effects Models, LMM). Tento přístup je vhodný zejména v situacích, kdy se provádějí opakovaná měření u jednoho pacienta. V našem výzkumu to bylo zásadní, protože koncentrace kyslíku byla u každého pacienta sledována opakovaně v čase. Použití klasických metod (např. prosté ANOVY) by vedlo k chybným výsledkům, protože by ignorovalo závislost mezi jednotlivými měřeními. V modelu jsme časový bod zahrnuli jako fixní efekt a identifikátor pacienta jsme nastavili jako náhodný intercept. Tím jsme zajistili, že individuální rozdíly mezi pacienty neovlivnily celkové výsledky a každé opakované měření bylo správně zohledněno.

Analýzy jsme prováděli zvlášť pro každou modalitu oxygenoterapie, abychom mohli porovnat dynamiku změn kyslíkové koncentrace v jednotlivých postupech. Výsledky jsme prezentovali formou odhadovaných marginálních průměrů (estimated marginal means – emmeans), které poskytují korektní odhady hodnot pro jednotlivé časové body po zohlednění vlivu náhodných efektů. Tyto průměry jsme doplnili o 95% intervaly spolehlivosti (CI), které umožňují odhadnout, v jakém rozmezí se s vysokou pravděpodobností nachází skutečná hodnota.

Pro detailní posouzení, zda se jednotlivé časové body významně liší od výchozí hodnoty, jsme provedli párová srovnání. Abychom předešli zvýšenému riziku falešně pozitivních výsledků (tzv. chyba I. typu), použili jsme Bonferroniho korekci. Tato metoda upravuje hladinu významnosti tak, aby se i při opakovaných testech zachovala celková pravděpodobnost chyby na požadované úrovni.

Za statisticky významné jsme považovali výsledky s oboustrannou p-hodnotou <0,05. Tento standardní postup umožňuje zachovat konzistenci s většinou publikovaných studií v oblasti intenzivní péče.

Dodatečně jsme se rozhodli provést také post-hoc analýzu síly testu (power analysis). Tento krok je důležitý zejména pro posouzení, zda byl počet zařazených pacientů dostatečný k odhalení skutečných rozdílů. U každé modality oxygenoterapie jsme vypočítali velikost efektu (Cohenovo d) a statistickou sílu testu. Cohenovo d je ukazatel, který umožňuje kvantifikovat, jak velký je rozdíl mezi skupinami v porovnání s variabilitou dat.

Tento komplexní statistický přístup nám umožnil nejen posoudit statistickou významnost výsledků, ale také zhodnotit jejich klinickou relevanci. Díky tomu jsme mohli odpovědět na výzkumné otázky s větší jistotou a poskytnout doporučení, která mají praktický význam pro bezpečnost pacientů i zdravotnického personálu.

7 Charakteristika respondentů

Respondenty v našem výzkumu tvořili pacienti hospitalizovaní ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady, u nichž byla v rámci zdravotní péče indikována oxygenoterapie. Zařazení do výzkumu nebylo nijak omezeno věkem ani pohlavím – měření jsme prováděli vždy u pacientů, kteří splňovali základní podmínku

probíhající kyslíkové terapie, a kteří se nacházeli ve stavu umožňujícím bezpečné měření koncentrace kyslíku v jejich okolí.

Do výzkumu byli zahrnuti pacienti z různých oddělení nemocnice, zejména z anesteziologicko-resuscitačního oddělení (ARO), jednotek intenzivní péče, a operačních sálů. Spektrum diagnóz a klinických stavů bylo široké, což odpovídá reálnému prostředí běžné nemocniční praxe. Výběr nebyl podmíněn konkrétní diagnózou ani typem hospitalizace – primárním kritériem pro zařazení bylo použití některé z modalit oxygenoterapie, která byla následně měřena.

Díky tomuto otevřenému přístupu jsme získali datový soubor, který odpovídá běžnému rozložení pacientů vyžadujících kyslíkovou terapii v akutní a intenzivní péči.

8 Realizace výzkumu

Vlastní výzkum jsme realizovali ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Měření koncentrace kyslíku jsme prováděli přímo u reálných pacientů hospitalizovaných na odděleních intenzivní péče a také v prostředí operačních sálů, kde byla kyslíková terapie běžnou součástí anesteziologické a perioperační péče. Výběr pacientů probíhal na základě přirozeného výskytu konkrétních modalit oxygenoterapie – do žádné fáze léčby jsme nezasahovali a veškerá data jsme sbírali pasivně, bez jakéhokoliv ovlivnění rozhodování zdravotnického personálu.

Před zahájením každého měření jsme vždy provedli kalibraci měřicího přístroje Greisinger GOX 100 T a připravili jednotlivé měřicí body podle výzkumného protokolu. Měřicí zařízení jsme umisťovali v přesně definovaných lokalitách v okolí pacienta – před obličejem, na hrudníku, v pravé a levé axile, ve vzdálenosti 1 metru a 2 metrů. U každé sledované modality (kyslíková maska napojená na ventilátor, kyslíková maska napojená na zdroj kyslíku, laryngeální maska, orotracheální intubace) jsme zaznamenávali koncentrace kyslíku v osmi časových bodech: před zahájením aplikace kyslíku, po 1, 5 a 10 minutách od jejího zahájení, bezprostředně po jejím ukončení a dále po 1, 5 a 10 minutách od ukončení. Při zajištění dýchacích cest pomocí laryngeální masky nebo orotracheální intubace byly průtoky kyslíku nastaveny v rozmezí od 0,4 l/min do 2 l/min.

Teplotu a vlhkost jsme měřili pomocí přístrojů zabudovaných v prostorech operačních sálů. Během měření se teplota pohybovala přibližně kolem 21 °C a relativní vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 28 %.

Součástí měření byla i prostředí operačních sálů, kde je kyslík využíván jak během anestézie, tak při následné ventilační podpoře. Operační sály představují specifické prostředí s vyšší mírou technického vybavení a potenciálním rizikem vznícení, a proto bylo měření v těchto prostorách zvláště důležité z hlediska bezpečnosti. Při měřeních na operačních sálech jsme úzce spolupracovali s anesteziologickým týmem a dodržovali veškerá hygienicko-epidemiologická opatření i provozní pokyny.

Při sběru dat jsme dbali na standardizaci podmínek – omezovali jsme pohyb osob v blízkosti měřeného pacienta a dbali na přesné a konzistentní umístění měřicí sondy. Všechny hodnoty jsme zaznamenávali do připravených papírových protokolů, které jsme následně přepsali do elektronické podoby. Každé měření jsme označili číslem a evidovali typ použité oxygenoterapie.

Do výzkumu jsme zařadili celkem 57 měření provedených u pacientů. Po ukončení sběru jsme data strukturovali podle modalit a připravili je ke statistickému zpracování.

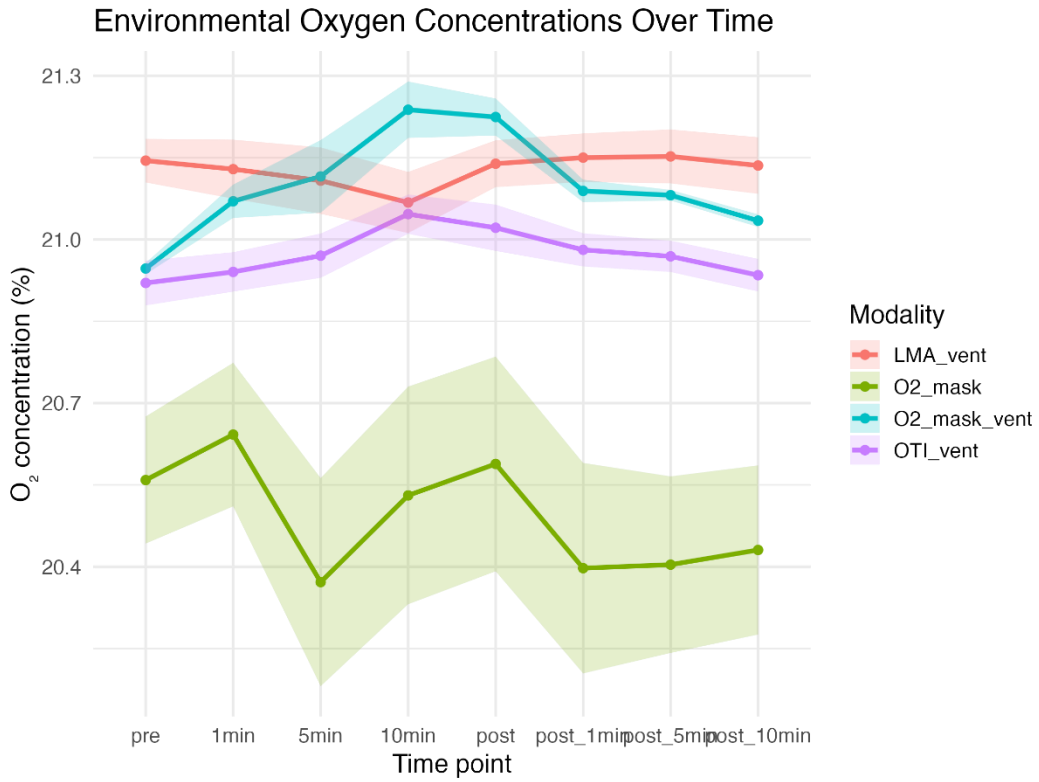
Celý výzkum proběhl v souladu se schváleným výzkumným protokolem i etickými zásadami. Díky podpoře a vstřícnosti zdravotnického personálu, zejména na ARO, operačních sálech a jednotkách intenzivní péče, jsme získali kompletní datový soubor, na jehož základě jsme mohli zodpovědět stanovené výzkumné otázky.

9 Zpracování výzkumné otázky

Charakteristika souboru

Do analýzy bylo zařazeno celkem 57 pacientů (13 s oxygenoterapií obličejovou maskou, 15 s ventilací samorozpínacím vakem s maskou, 15 s ventilací pomocí laryngeální masky a 14 s ventilací při orotracheální intubaci). Nebyla zaznamenána žádná chybějící měření. Výchozí hodnoty koncentrace kyslíku v prostředí se ve všech lokalitách pohybovaly v rozmezí 19,70 % až 21,40 %,

s úzkými 95% intervaly spolehlivosti. Hodnoty byly tedy velmi blízké fyziologické koncentraci kyslíku ve vzduchu.



Graf. 1: Koncentrace kyslíku v čase

modality	pre	1min	5min	10min	post	post_1min	post_5min	post_10min
O2_mask	20.9 [20.4; 21.4]	20.6 [20.25; 20.95]	20.2 [19.81; 20.59]	20.3 [19.95; 20.65]	20.35 [19.96; 20.74]	20.4 [19.95; 20.85]	20.4 [19.96; 20.84]	20.6 [20.11; 21.09]
O2_mask_vent	20.9 [20.85; 20.95]	21.1 [21; 21.2]	21.3 [21.2; 21.4]	21.3 [21.25; 21.35]	21.3 [21.3; 21.3]	21.1 [21; 21.2]	21.1 [21.1; 21.1]	21 [20.95; 21.05]
LMA_vent	21.1 [20.9; 21.3]	21.1 [20.9; 21.3]	21.1 [20.95; 21.25]	21.1 [20.9; 21.3]	21.1 [20.95; 21.25]	21.1 [20.95; 21.25]	21.1 [20.95; 21.25]	21.1 [20.9; 21.3]
OTI_vent	20.95 [20.85; 21.05]	21 [20.85; 21.15]	21 [20.95; 21.05]	21.1 [21.05; 21.15]	21 [20.95; 21.05]	21 [20.95; 21.05]	21 [20.95; 21.05]	21 [20.95; 21.05]

Tabulka 1: Měření koncentrace kyslíku před, během a po zahájení oxygenoterapie

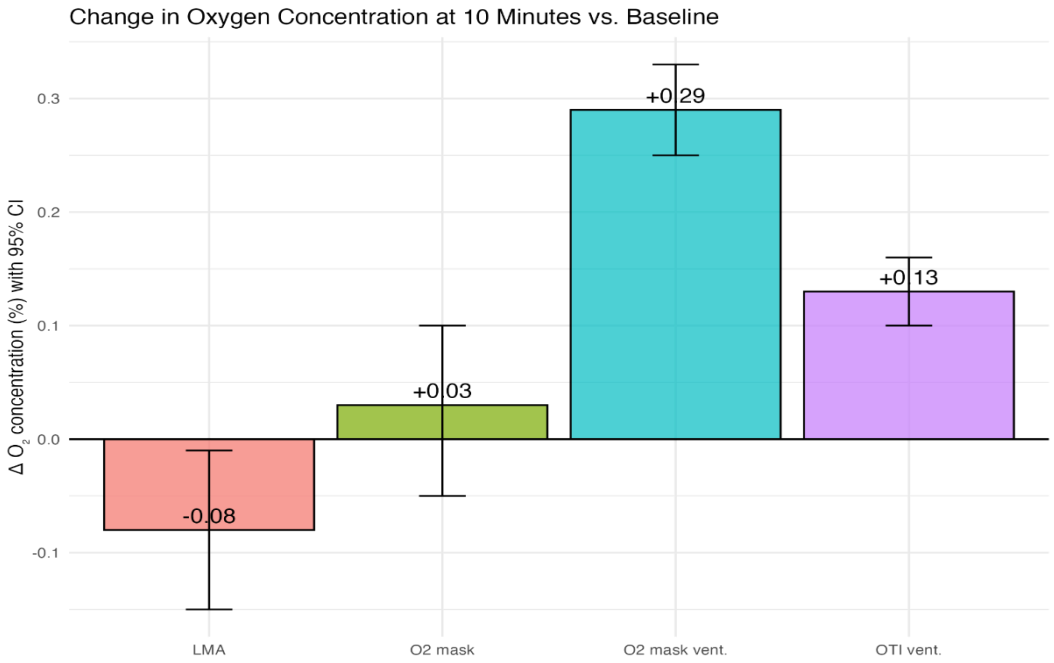
Změny koncentrace kyslíku při jednotlivých modalitách

Naše analýza ukázala, že k nejvýraznějšímu zvýšení koncentrace kyslíku v okolí pacienta docházelo během ventilace samorozpínacím vakem s maskou a také při ventilaci po orotracheální intubaci. Po deseti minutách ventilace se u samorozpínacího vaku s maskou medián koncentrace kyslíku zvýšil o +0,29 % (95% CI 0,28–0,30; p <0,001). Podobný trend jsme pozorovali také u orotracheální intubace, kde došlo k nárůstu o +0,13 % (95% CI 0,12–0,14; p <0,001).

Pro lepší interpretaci je vhodné vysvětlit, co znamená uvedený 95% interval spolehlivosti (CI – confidence interval). Tento interval udává, že s 95% pravděpodobností se skutečná hodnota efektu v populaci nachází mezi uvedenými mezemi.

Při oxygenoterapii obličejovou maskou připojenou na kyslík rozdíl činil +0,03 % (95% CI −0,06 až +0,12; p = 0,94).

Při použití laryngeální masky jsme zaznamenali dokonce mírný pokles koncentrace kyslíku v okolí pacienta, konkrétně o −0,08 % (95% CI −0,14 až −0,02; p = 0,0066).



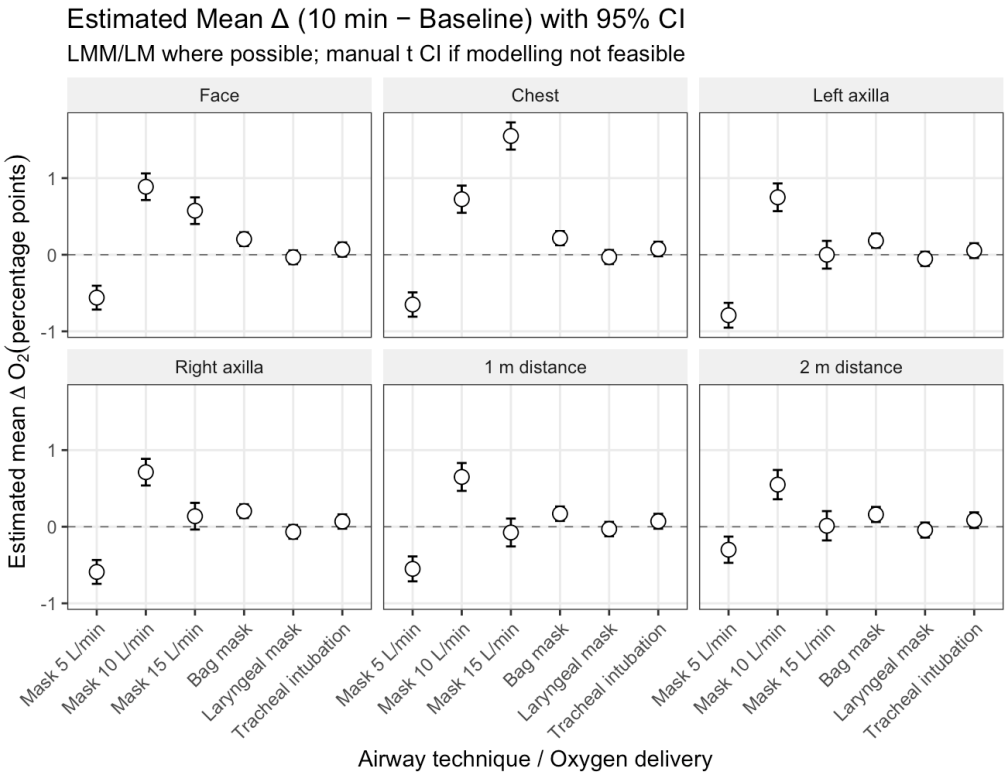
Graf 2: Změna koncentrace kyslíku po 10 minutách ve srovnání s výchozí hodnotou podle modality.

Výsledky podle měřicích lokalit

Při podrobnějším rozboru jednotlivých měřicích lokalit jsme zjistili, že nejvyšší nárůst koncentrace kyslíku se projevil v bezprostřední blízkosti pacienta – tedy před obličejem a na hrudníku.

Nejvýraznější hodnoty jsme zaznamenali při ventilaci samorozpínacím vakem s maskou. Po deseti minutách této modality byla koncentrace kyslíku na hrudníku pacienta vyšší o +1,48 % oproti výchozí hodnotě a před obličejem o +1,36 %.

Naopak ve vzdálenějších lokalitách, konkrétně ve vzdálenosti 1 metr a 2 metry od pacienta, byly změny koncentrace kyslíku zanedbatelné. U všech modalit oxygenoterapie zde činily rozdíly méně než 0,1 %, což znamená, že mimo bezprostřední okolí pacienta nedochází k relevantnímu nárůstu koncentrace kyslíku.



Graf 3: Rozdíl koncentrace kyslíku po 10 minutách oproti výchozí hodnotě podle lokalit a modalit.

Časový průběh koncentrací

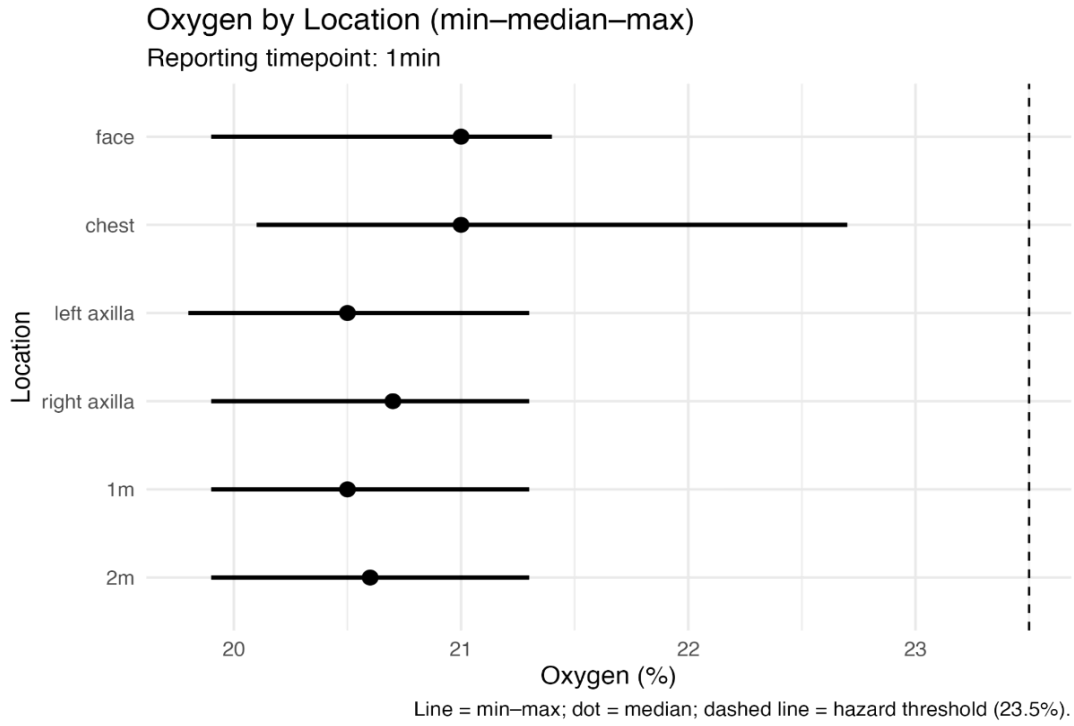
Z časového hlediska jsme zjistili, že k nárůstu koncentrace kyslíku v okolí pacienta dochází velmi rychle, prakticky okamžitě po zahájení oxygenoterapie. Již během

první minuty terapie jsme zaznamenali měřitelný a ve většině případů i statisticky významný vzestup hodnot.

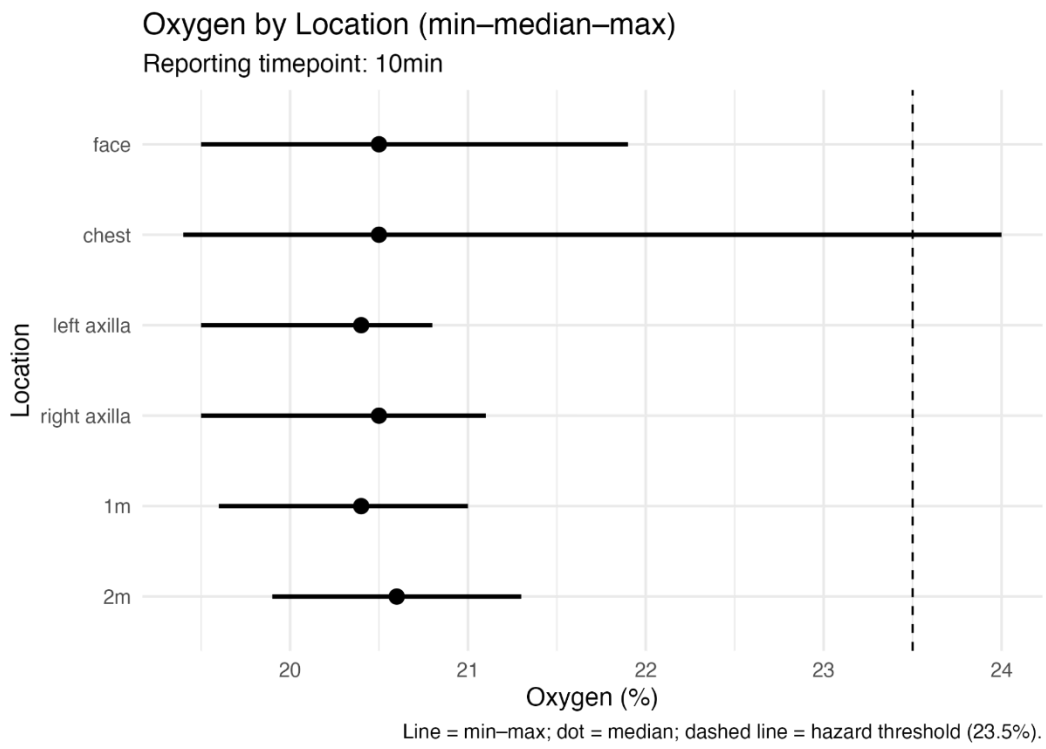
Po dosažení tohoto počátečního nárůstu zůstávaly hodnoty koncentrace kyslíku relativně stabilní po celou dobu trvání oxygenoterapie. To znamená, že po prvním prudkém zvýšení během úvodních minut již nedocházelo k dalšímu významnému kumulování kyslíku v prostředí.

Po ukončení podávání kyslíku jsme sledovali opačný trend – koncentrace se postupně vracela na výchozí hodnoty okolního prostředí. Tento pokles probíhal poměrně rychle a ve většině případů se hodnoty normalizovaly do 10 minut od ukončení terapie. Z klinického hlediska je to důležitý poznatek, protože ukazuje, že riziko zvýšené koncentrace kyslíku nepřetrvává dlouhodobě po ukončení terapie.

Nejvýraznější časový efekt jsme zaznamenali u ventilace samorozpínacím vakem s maskou a u ventilace po orotracheální intubaci. U těchto modalit byl nárůst hodnot během první minuty nejprudší a následně se udržoval na vyšší stabilní úrovni než u ostatních pomůcek. Naproti tomu při oxygenoterapii obličejovou maskou nebo při ventilaci pomocí laryngeální masky byly časové změny méně výrazné a koncentrace se pohybovaly spíše kolem výchozích hodnot, případně jen s minimálním nárůstem či dokonce mírným poklesem.



Graf 4: Koncentrace kyslíku v jednotlivých lokalitách po 1 minutě.



Graf 5: Koncentrace kyslíku v jednotlivých lokalitách po 10 minutách.

Post-hoc analýza síly

Dodatečně jsme provedli také post-hoc analýzu síly testu (power analysis), která nám umožnila zpětně zhodnotit, zda byl počet zařazených pacientů dostatečný k potvrzení pozorovaných změn koncentrace kyslíku. Tato analýza je důležitá, protože pouhé zjištění statistické významnosti (nebo její absence) nemusí vždy odpovídat skutečné schopnosti studie zachytit efekt – zejména v případě menších souborů nebo malých rozdílů.

U oxygenoterapie obličejovou maskou jsme zjistili zanedbatelný efekt (Cohenovo $d = -0{,}04$) a velmi nízkou sílu testu (0,05). To znamená, že i kdyby malé rozdíly skutečně existovaly, náš vzorek by nebyl dostatečně velký na to, abychom je zachytili.

Naopak u ventilace samorozpínacím vakem s maskou byl pozorován velký efekt (Cohenovo $d = 1{,}07$) a velmi vysoká síla testu (0,97). To jasně potvrzuje, že tento způsob oxygenoterapie vede k významnému a dobře měřitelnému zvýšení

koncentrace kyslíku v okolí pacienta a že náš soubor pacientů byl dostatečný k tomu, aby tento efekt zachytil.

Podobně u ventilace při orotracheální intubaci byla velikost efektu ještě vyšší (Cohenovo d = 1,40) a síla testu prakticky maximální (0,99). Tím jsme potvrdili, že i při této modalitě dochází k významnému nárůstu koncentrace kyslíku a že výsledky lze považovat za robustní a spolehlivé.

Odlišná situace nastala u laryngeální masky, kde jsme zaznamenali středně velký efekt (Cohenovo d = −0,52), avšak síla testu byla pouze 0,46. To znamená, že i když se u této pomůcky projevil malý pokles koncentrace kyslíku v okolí pacienta, náš soubor pacientů nebyl dostatečně silný, aby tento efekt bylo možné jednoznačně potvrdit.

10 Diskuze

Na základě výsledků našeho výzkumu můžeme konstatovat, že při použití různých modalit oxygenoterapie a zajištění dýchacích cest dochází ke změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta. Nejvýraznější nárůst jsme zaznamenali při ventilaci samorozpínacím vakem s maskou a při ventilaci po orotracheální intubaci. V obou případech bylo prokázáno statisticky významné zvýšení koncentrace kyslíku v bezprostřední blízkosti pacienta, především na hrudníku a v oblasti obličeje. Tyto změny se objevily již během první minuty oxygenoterapie, přetrvávaly po celou dobu jejího trvání a po ukončení podávání kyslíku se zpravidla do deseti minut vracely na výchozí hodnoty.

Tento jev lze vysvětlit únikem kyslíku z použitých pomůcek, kdy v bezprostředním okolí pacienta vzniká tzv. kyslíkový oblak. Ten se hromadí především v okolí dýchacích cest a ventilačních pomůcek. Naše výsledky tedy potvrzují, že nejvyšší koncentrace kyslíku se vyskytují při modalitách spojených s aktivní ventilací, zatímco prostá oxygenoterapie obličejovou maskou s průtoky 5, 10 a 15 l/min nebo použití laryngeální masky vedly jen k minimálním změnám.

Charakteristickým znakem bylo, že zvýšení koncentrace nastávalo velmi rychle – již po první minutě od zahájení podávání kyslíku. Tento efekt se udržoval po celou dobu terapie a odeznával až po jejím ukončení, kdy se hodnoty postupně vrátily

k výchozím hodnotám. Riziko akumulace kyslíku tedy souvisí zejména s okamžitou přítomností oxygenoterapie, nikoliv s její délkou.

Ve vzdálenějších lokalitách, konkrétně ve vzdálenosti jednoho a dvou metrů od pacienta, se koncentrace kyslíku prakticky neměnila. To ukazuje, že riziko vyšší koncentrace kyslíku je omezeno na bezprostřední okolí pacienta. V klinické praxi je proto nutné počítat s tímto rizikem především při výkonech spojených s použitím elektrických přístrojů, jako je defibrilace.

Naše výsledky odpovídají poznatkům dostupné literatury. Robertshaw a McAnulty (1998) ve své simulaci prokázali, že ke zvýšení koncentrace kyslíku dochází zejména tehdy, je-li ventilační okruh ponechán zapnutý v těsné blízkosti pacienta. Barker a Polson (2001) popsali, že kombinace vysokého průtoku kyslíku, alkoholového dezinfekčního prostředku a aktivace elektrochirurgické jednotky vedla k okamžitému vznícení, přičemž koncentrace kyslíku pod rouškou dosahovala až 50 %.

Známý je také případ popsaný Millerem (1972), kdy při defibrilaci došlo ke vznícení v oblasti obličeje, krku a hrudníku v důsledku jiskry mezi defibrilační a EKG elektrodou v prostředí obohaceném kyslíkem. Ward (1996) na základě podobného incidentu doporučil, aby ventilační pomůcky, zejména samorozpínací vaky nebo hadice s volným koncem, nebyly nikdy odkládány na hrudník nebo polštář pacienta.

Rizika spojená s kyslíkem jsou zdokumentována i v klinické praxi. V roce 2004 v Connecticutu došlo při mimoškolní resuscitaci ke vznícení pacientky po defibrilaci (Biomedical safety & standards, 2004). V roce 2021 byla v nemocnici v texaském Kingwoodu zaznamenána exploze při defibrilaci pacientky s COVID-19, která byla napojena na kyslíkovou terapii (ABC13, 2021). V roce 2023 pak v Tennessee došlo k dalšímu incidentu, kdy pacient vzplál během defibrilace; případ je stále předmětem vyšetřování, ale potvrzuje, že při porušení zásad bezpečné manipulace s kyslíkem může dojít k fatálním následkům (Fox business, 2023).

Na tato zjištění reagují i nejnovější doporučení Evropské resuscitační rady (Truhlář et al., 2021). Zdůrazňují nutnost minimalizovat riziko akumulace kyslíku v oblasti obličeje a hrudníku před defibrilací. Doporučují dočasně přerušit dodávku kyslíku

nebo fyzicky vzdálit ventilační pomůcku alespoň o jeden metr od pacienta, pokud je použit manuální defibrilátor. Dále uvádějí, že kyslíkové pomůcky nesmí být ponechávány na polštáři nebo hrudníku pacienta a že je nutné zabránit úniku kyslíku z hadic a konektorů. Zcela zásadní je také vyvarovat se použití alkoholových dezinfekčních prostředků těsně před defibrilací.

Z výsledků našeho výzkumu i literárních poznatků tedy vyplývá, že podávání kyslíku běžnými modalitami oxygenoterapie vede k nárůstu koncentrace kyslíku zejména v bezprostřední blízkosti pacienta, především při ventilaci vak-maskou a orotracheální intubaci. Tyto změny však nikdy nepřekročily hranici, která by sama o sobě představovala bezprostřední riziko vznícení. Kritické situace nastávají především tehdy, když se vyšší koncentrace kyslíku kombinují s elektrickým výbojem nebo přítomností alkoholu. Riziko je proto možné významně snížit správnou manipulací s kyslíkovými pomůckami, dodržováním bezpečnostních opatření a dostatečným proškolením personálu. Vzhledem k tomu, že důsledky mohou být fatální, považujeme prevenci těchto rizik za klíčové doporučení pro klinickou praxi.

Závěr

Naše studie jasně prokázala, že při použití různých modalit oxygenoterapie dochází ke změnám koncentrace kyslíku v okolí pacienta. Tyto změny se významně liší jak podle zvolené metody, tak podle místa měření i časového průběhu.

Nejvýraznější nárůst koncentrace kyslíku jsme zaznamenali u ventilace samorozpínacím vakem s maskou a u ventilace při orotracheální intubaci. Zde došlo během 10 minut k významnému zvýšení hodnot v bezprostřední blízkosti pacienta, zejména před obličejem a na hrudníku. Změny byly patrné již v první minutě oxygenoterapie, přetrvávaly po celou dobu jejího trvání a po ukončení podávání kyslíku se rychle vracely na výchozí hodnoty – obvykle do 10 minut.

Při oxygenoterapii obličejovou maskou napojenou na kyslík jsme neprokázali žádné významné změny koncentrace kyslíku v prostředí, laryngeální maska byla spojena jen s malým statisticky významným poklesem, který je klinicky zanedbatelný. Vzhledem k nízké síle testu jej nelze považovat za zobecnitelný.

Rozdíly byly patrné především v bezprostřední blízkosti pacienta – na hrudníku a před obličejem. Ve vzdálenosti 1–2 metry se koncentrace kyslíku prakticky neměnila a zůstávala v mezích běžného prostředí. To dokládá, že potenciální riziko zvýšené koncentrace kyslíku se týká hlavně prostředí těsně kolem pacienta a zdravotnický personál by měl toto riziko zohlednit zejména při provádění výkonů s použitím elektrických přístrojů, například defibrilace.

Zároveň je nutné zdůraznit, že i když jsme zaznamenali statisticky významné nárůsty koncentrace kyslíku v okolí pacienta, jejich absolutní hodnoty se nikdy nepřiblížily k hranici, která je považována za nebezpečnou z hlediska rizika vznícení. V odborné literatuře se za kritickou hodnotu udává přibližně 23–24 % objemu kyslíku ve vzduchu – od této hranice se prostředí považuje za zvýšeně hořlavé a existuje riziko vznícení při použití elektrického výboje či jiskry. Naše výsledky ukázaly, že koncentrace kyslíku se v blízkosti pacienta sice zvýšila, ale nikdy nepřesáhla 22 %, což znamená, že při dodržení standardních postupů oxygenoterapie a defibrilace nehrozí riziko vzplanutí kyslíku ani ohrožení pacienta či personálu.

Celkově tedy můžeme na naši výzkumnou otázku odpovědět kladně: při použití různých modalit oxygenoterapie dochází ke změnám koncentrace kyslíku

v okolí pacienta, přičemž rozsah těchto změn je ovlivněn modalitou, lokalitou měření a časem. Nejvýraznější a klinicky nejvýznamnější nárůsty jsme pozorovali při ventilaci vak-maskou a orotracheální intubaci. Tyto změny však nepředstavují reálné riziko vzplanutí při defibrilaci, pokud je oxygenoterapie vedena správně a v souladu s doporučenými postupy.

Doporučení pro praxi a další výzkum

Na základě našich zjištění považujeme za nezbytné, aby zdravotnický personál pracující v oblasti akutní a resuscitační péče byl důsledně a opakovaně školen v bezpečném zacházení s kyslíkem. Přestože jsme v našem výzkumu nezaznamenali dosažení koncentrací kyslíku, které by představovaly reálné riziko vzplanutí, nelze tuto možnost zcela vyloučit, zejména v časově kritických nebo technicky náročných situacích, jakými jsou například resuscitace nebo urgentní zajištění dýchacích cest. Proto považujeme za vhodné zaměřit se na pravidelná školení a opakování edukačních programů, které budou orientovány na rizika spojená s obohaceným kyslíkovým prostředím, práci s defibrilátorem a zásady prevence vzniku požáru.

Domníváme se, že tato práce přispívá k hlubšímu porozumění rizikům spojeným s oxygenoterapií v kontextu rozšířené resuscitace. Naše výsledky ukazují, že i když dochází ke změnám koncentrace kyslíku v bezprostřední blízkosti pacienta, tyto změny nepřesahují bezpečné limity. Přesto je důležité, aby byla tato problematika součástí vzdělávání zdravotnického personálu a aby byla pravidelně připomínána v klinické praxi.

Získaná data mohou sloužit jako podklad nejen pro tvorbu nebo úpravu interních nemocničních doporučení, ale i pro další výzkum zaměřený například na vliv různých ventilačních parametrů, odlišných klinických podmínek, jako je resuscitace mimo nemocnici, či vliv specifických prostředí, například uzavřené ambulance nebo transportní prostředky. Jsme přesvědčeni, že důsledné dodržování bezpečnostních opatření, zavedení edukačních strategií a větší důraz na prevenci rizik povede ke zvýšení bezpečnosti jak pacientů, tak zdravotnického personálu při poskytování urgentní a resuscitační péče.

Seznam použité literatury

ABC13. *Kingwood hospital patient dies in fire involving defibrillator*. ABC13 [online]. 2021 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://abc13.com/kingwood-hospital-patient-death-investigation-woman-burned-in-fire-involving-defibrillator-treated-for-covid-while-used-on-her/10845420/

ANESTHESIA PATIENT SAFETY FOUNDATION (APSF)**.** *Reducing the Risk of Defibrillation Fires* [online]. 2022 [cit. 2025-07-17]. Dostupné z: https://www.apsf.org/article/reducing-the-risk-of-defibrillation-fires/

BARKER, S. J. a POLSON, L. C. *Fire in the operating room: A case report and laboratory study*. Anesthesiology [online]. 2001, 95(5), 1296–1299 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://doi.org/10.1097/00000542-200111000-00032

BÍLSKÁ, Marcela, Roman ŠKULEC, Barbora STADLEROVÁ, Tomáš PAŘÍZEK, Michal KALINA a kol. Zásady správné oxygenoterapie u kriticky nemocných. *Urgentní medicína*. 2021, roč. 24, č. 4, s. 21–23. ISSN 1212-1924. Dostupné také z: https://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2021_4.pdf

BIOMEDICAL SAFETY & STANDARDS. *Patient set afire by defibrillator paddles*. Biomedical Safety & Standards [online]. 2004, 34(13), 101–102 [cit. 2025-05-03].

DAVID, Jan, Jakub JONÁŠ a Václav KOUCKÝ. Oxygenoterapie u akutních stavů v praxi. *Česko-slovenská pediatrie*. 2022, roč. 77, č. 2, s. 91–93. ISSN 0069-2328. Dostupné také z: https://cspediatrie.cz/contents/ped/2022/02.pdf

DOBIÁŠ, Viliam a BULÍKOVÁ, Táňa. *Klinická propedeutika v urgentní medicíně*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2021. 272 s. ISBN 978-80-271-3020-7.

European Commission, Joint Research Centre**.** *Reducing the risk of oxygen-related fires and explosions in hospitals treating COVID-19 patients* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021 [cit. 2025-07-17]. ISBN 978-92-76-38415-3. Dostupné z: https://minerva.jrc.ec.europa.eu

FIADJOE, J. E., & MERCIER, D. *Anesthesia Patient Safety Foundation Update: 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management*

of the Difficult Airway. APSF Newsletter, 37(2), 47–53. Dostupné z: https://www.apsf.org/article/apsf-update-2022-american-society-of-anesthesiologists-practice-guidelines-for-management-of-the-difficult-airway/

FOX BUSINESS. *Tennessee hospital patient dies on Thanksgiving after catching fire during defibrillator use*. Fox Business [online]. 2023 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://www.foxbusiness.com/healthcare/tennessee-hospital-patient-dies-thanksgiving-catching-fire-exploding-defibrillator-paddles

FRELICH, Michal, Jan DIVÁK a Martin NOVÁK. *Dětské polytrauma*. První vydání. Ostrava: Ostravská univerzita, 2020. ISBN 978-80-7599-162-1.

GOTTLIEB, Jens, Philipp CAPETIAN, Uwe HAMSEN, Uwe JANSSENS, Christian KARAGIANNIDIS, Stefan KLUGE, Monika NOTHACKER, Sabrina ROITER, Thomas VOLK, Heinrich WORTH a Thomas FÜHNER. German S3 Guideline: Oxygen Therapy in the Acute Care of Adult Patients. *Respiration*. 2022, roč. 101, č. 2, s. 214–252. DOI: 10.1159/000520294

HALUZÍKOVÁ, Jana. *Základy první pomoci a přednemocniční péče: pro nelékařské obory.* Praha: Grada, 2023. ISBN 978-80-247-4903-7.

HICKEY, Sean M., Abdulghani SANKARI a Al O. GIWA. *Mechanical Ventilation* [online]. StatPearls Publishing, aktualizováno 30. 3. 2024 [cit. 2025-07-17]. Dostupné z: **https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539742/**

MARCIÁN, Pavel, Bronislav KLEMENTA a Olga KLEMENTOVÁ. Elektrická kardioverze a defibrilace. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2011, roč. 10, č. 1, s. 24–29. ISSN 1214-2158. Dostupné také z: www.iakardiologie.cz

MAREČKOVÁ, Jitka. Základy statistiky pro medicínu a biologie. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0387-3.

MILLER, H. I. *Fire hazard of oxygen and electric apparatus in resuscitation*. British Medical Journal [online]. 1972, 2(5821), 63–64 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://doi.org/10.1136/bmj.2.5821.63

O'DRISCOLL, B. R., HOWARD, L. S., EARIS, J. a MAK, V. British Thoracic Society Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings [online]. BMJ Open Respiratory Research, 2017, roč. 4, č. 1, e000170 [cit.

2025-07-17]. DOI: 10.1136/bmjresp-2016-000170. Dostupné z: https://doi.org/10.1136/bmjresp-2016-000170

PERRY, A. G., POTTER, P. A. a OSTENDORF, W. R. Clinical Nursing Skills and Techniques. 9. vyd. St. Louis: Mosby, 2020

PERAN, David, JIŘÍ KODET a JAROSLAV PEKARA. *Oxygen concentration during patient transportation in the ambulance of the EMS* [online]. International Journal of Engineering Technologies and Management Research, 2018, roč. 5, č. 9, s. 1–6 [cit. 2025-07-17]. DOI: 10.29121/ijetmr.v5.i9.2018.281. Dostupné z: https://doi.org/10.29121/ijetmr.v5.i9.2018.281

PhysioPedia. *Oxygen Therapy* [online]. 2023 [cit. 2025-07-17]. Dostupné z: https://www.physio-pedia.com/Oxygen_Therapy

RESUSCITATION COUNCIL UK. *Guidance notes: Fire risk during oxygen therapy and defibrillation*. Resuscitation [online]. 1996, 32(2), 103–104 [cit. 2025-05-03].

RESUSCITATION COUNCIL UK. The ABCDE Approach [online]. London: Resuscitation Council UK, 2015 [cit. 2025-04-16]. Dostupné z: https://www.resus.org.uk/library/abcde-approach

ROBERTSHAW, H. J. a McANULTY, G. R. *Ambient oxygen concentrations during simulated cardiopulmonary resuscitation*. Anaesthesia [online]. 1998, 53(10), 1015–1019 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://doi.org/10.1046/j.1365-2044.1998.00528.x

SOAR, Jasmeet, Bernd W. BÖTTIGER, Pierre CARLI, Keith COUPER, Charles D. DEAKIN, Therese DJÄRV, Carsten LOTT, Theresa OLASVEENGEN, Peter PAAL, Tommaso PELLIS, Gavin D. PERKINS, Claudio SANDRONI a Jerry P. NOLAN. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult Advanced Life Support. *Resuscitation*. 2021, roč. 161, s. 115–151. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.010

STRYKER. LUCAS – Systém pro mechanickou kompresi hrudníku [online]. 2025 [cit. 2025-04-16]. Dostupné z: https://www.lucas-cpr.com/cz/#home

TeachMePhysiology. *Gas Exchange* [online]. 2024 [cit. 2025-07-17]. Dostupné z: https://teachmephysiology.com/respiratory-system/gas-exchange/gas-exchange/

THE JOINT COMMISSION. *Sentinel Event Alert #68: Updated surgical fire prevention for the 21st century* [online]. 2023 [cit. 2025-07-17]. Dostupné z: https://www.jointcommission.org/resources/sentinel-event/sentinel-event-alert-newsletters/sentinel-event-alert-68-updating-surgical-fire-prevention-in-the-21st-century/

TRUHLÁŘ, Anatolij, Renata ČERNÁ PAŘÍZKOVÁ, Jose DIZON, Jana DJAKOW, Jarmila DRÁBKOVÁ a Ondřej FRANĚK, 2021. *Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2021: souhrn doporučení*. Olomouc: Solen, s.r.o. ISBN 978-80-7471-358-3.

WARD, C. *Patient set afire by defibrillator paddles*. Biomedical Safety & Standards [online]. 1996, 26(19), 150–151 [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/S0300-9572(96)00961-6

ZEMANOVÁ, Jitka, Roman GŘEGOŘ, Petr MATOUCH a Vlasta VAŘEKOVÁ. *Technika v přednemocniční neodkladné péči v kostce. 1. vydání*. Praha: Grada, 2023. 124 s. ISBN 978-80-271-2835-8.

Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1: Měření koncentrace kyslíku před, během a po zahájení oxygenoterapie

Graf 1: Koncentrace kyslíku v čase
Graf 2: Změna koncentrace kyslíku po 10 minutách ve srovnání s výchozí hodnotou podle modality
Graf 3: Rozdíl koncentrace kyslíku po 10 minutách oproti výchozí hodnotě podle lokalit a modalit
Graf 4: Koncentrace kyslíku v jednotlivých lokalitách po 1 minutě
Graf 5: Koncentrace kyslíku v jednotlivých lokalitách po 10 minutách

Seznam příloh

Příloha č. 1: Souhlas etické komise

Příloha č. 2: Protokol měření

Přílohy

Příloha č. 1 Souhlas etické komise

ETICKÁ KOMISE PRO MULTICENTRICKÁ KLINICKÁ HODNOCENÍ
FAKULTNÍ NEMOCNICE KRÁLOVSKÉ VINOHRADY, ČESKÁ REPUBLIKA
Ethics Committee for Multi-Centric Clinical TrialsThe University Hospital Kralovske Vinohrady, Czech Republic
✉ Šrobárova 1150/50, 100 34 Praha 10 ☎ +420 296 472 272 🖷 eticka.komise@fnkv.cz

STANOVISKO ETICKÉ KOMISE K AKADEMICKÉ STUDII
Opinion of the Ethics Committee on the Academic Study

Číslo jednací/*Reference Number*:	**EK-VP/06/00/2025**
Identifikační číslo KH/*EudraCT Number*:	**N/A**
Zadavatel/*Sponsor:*	**Fakultní nemocnice Královské Vinohrady,** Šrobárova 1150/50, 100 34 Praha 10 PhDr. David Peřan, Ph.D., FERC
Žadatel/*Applicant:*	**Fakultní nemocnice Královské Vinohrady,** Šrobárova 1150/50, 100 34 Praha 10 PhDr. David Peřan, Ph.D., FERC

Název /*Full Title:*

Bezpečná defibrilace a podávání kyslíku při rozšířené resuscitaci.

Datum doručení žádosti/*Date of Submission of the Application Form:* 15. 01. 2025
Datum jednání EK/*Date of Ethics Committee´s Session:* **05. 02. 2025 /** 13,00 h

Vyjádření EK/ *Ethics Committe´s Opinion*:
EK vydává / *EC issues*
☒ **Souhlasné stanovisko / *Favourable Opinion*** ☐ Nesouhlasné stanovisko/*Unfavourable Opinion*

Zdůvodnění stanoviska EK / *Reasons for EC opinion:* Etická komise vydává souhlasné stanovisko na základě hlasování nadpoloviční většinou. / *The Ethics Committee issues a favourable opinion on the basis of an absolute majority of votes.*

Úhrada nákladů spojených s posouzením žádosti a vydáním stanoviska /*Reimbursement of Costs related to Assessment and Issue of the EC Opinion:* ☐ Ano/*Yes* ☒ Ne, zdůvodnění/ *No, reasons*: akademická studie / *Academic study*

Místo klinického hodnocení/*Clinical Trial site:*

Místo hodnocení/Jméno zkoušejícího / *Trial Site/Name of Investigator*	**Místní EK / *Local EC***	**Adresa místní EK / *Address***
Fakultní nemocnice Královské Vinohrady Klinika anestezie a resuscitace Šrobárova 1150/50, 100 34 Praha 10 Hlavní zkoušející: **PhDr. David Peřan, Ph.D., FERC**	☒	Etická komise FN Královské Vinohrady Šrobárova 1150/50, 100 34 Praha 10 e-mail: eticka.komise@fnkv.cz tel.: +420 296 472 272

Seznam hodnocených dokumentů / *List of all submitted documents:*

Název dokumentu, verze, datum ***Document title, version, date***	**Schváleno** ***Approved***		**Vzato na vědomí** ***Taken into account***	
	Ano/*Yes*	**Ne/*No***	**Ano/*Yes***	**Ne/*No***
Žádost, Eticka_komise.pdf	☒	☐	☐	☐
Protokol, Protokol_studie.pdf	☒	☐	☐	☐
Životopis, CV_David_Peran_2025.pdf	☒	☐	☐	☐
Souhlas přednosty, Souhlas_prednosta.pdf	☒	☐	☐	☐

Seznam členů etické komise/ *List of the Ethics Committee Members:*

Jméno a příjmení ***First name and surname***	**Muž/ Žena** ***Male/ Female***	**Odbornost** ***Specialism***	**Zaměstnanec zřizovatele EK*** **Ano** ***Yes***	**Ne** ***No***	**Funkce v EK** ***Role in EC***	**Přítomen** ***Attendance*** **Ano** ***Yes***	**Ne** ***No***	**Hlasoval** ***Voted*** **Ano** ***Yes***	**Ne** ***No***
MUDr. Martin Herold	M	kardiolog / *cardiologist*	☒	☐	předseda / *chairman*	☒	☐	☒	☐
MUDr. Milan Brychta	M	onkolog / *oncologist*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
JUDr. Milada Džupinková	F	právnička/ *lawyer*	☐	☒	člen / *member*	☐	☒	☐	☒
PharmDr. Kryštof Dobečka	M	lékárník / *pharmacist*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☐	☒
MUDr. Eva Krpenská	M	chirurg / *surgeon*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
Adéla Mahdalová	F	tajemnice / *secretary*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
MUDr. Nikola Mejzlíková	F	internistka / *internist*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
Luboš Olejár	M	zástupce pacientů / *representative of patients*	☐	☒	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
prof. MUDr. Jan Pachl, CSc.	M	anesteziolog / *anaesthetist*	☒	☐	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
MUDr. Jaroslav Pažout	M	anesteziolog / *anaesthetist*	☒	☐	místopředseda / *vice-president*	☒	☐	☒	☐
Mgr. Libuše Pešlová	F	zástupce pacientů / *representative of patients*	☐	☒	člen / *member*	☒	☐	☒	☐
Mgr. Lenka Turková	F	zdravotní sestra / *nurse*	☒	☐	člen / *member*	☐	☒	☐	☒

(pozn: *Zaměstnanec zřizovatele EK/ *Employee of EC appointing authority)*

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje podle jednacího řádu v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými právními předpisy/*The Ethics Committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with Good Clinical Practice and valid legal regulations:*

☒Ano/*Yes* ☐Ne/*No*

MUDr. Martin Herold

Digitálně podepsal MUDr. Martin Herold
Datum: 2025.02.11 11:06:37 +01'00'

5.2.2025
Datum
Date

MUDr. Martin Herold
předseda EK FNKV
Chairman of EC FNKV

Podpis předsedy / místopředsedy EK
Signature of Chairman / Vice-chairman of EC FNKV

Příloha č. 2 Protokol měření

Protokol měření

Oxygen study

Datum:		Čas:	
Teplota:		Vlhkost:	
Tlak:		Poř. č.	

Parametry měření	
Způsob zajištění DC (obličejová maska/LMA/OTI)	
Způsob ventilace (samorozpínací vak/ventilátor)	
Průtok O2 (L/min)	
FiO2 (%)	
Ventilační režim (VCV, SIMV, PCV, PSV, SIMV, CPAP…)	
Peep (cmH2O)	
Chirurgická rouška (ANO/NE)	

Místo	Před zahájením	Po 1 min	5 min	10 min	Po ukončení	Po 1 min	5 min	10 min
Před obličejem								
Na hrudníku								
Pravá axila								
Levá axila								
1 m od paceinta								
2 m od pacienta								