

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Jaroslav Kubíček

**Komplikace a efektivita léčby u pacienta léčeného pomocí
extrakorporální membránové oxygenace**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Radana Pěružková

Olomouc 2024

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

Olomouc 24.3.2024

Jaroslav Kubíček

Děkuji paní Mgr. Radaně Pěružkové za odborné vedení a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Anotace

Typ závěrečné práce: Přehledová bakalářská práce

Téma práce: Péče o pacienta v intenzivní péči

Název práce: Komplikace a efektivita léčby u pacienta léčeného pomocí extrakorporální membránové oxygenace

Název práce v AJ: Complications and treatment efficacy in a patient treated with extracorporeal membrane oxygenation

Datum zadání: 21.11.2023

Datum odevzdání: 24.3.2024

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Autor práce: Kubíček Jaroslav

Vedoucí práce: Mgr. Radana Pěružková

Oponent práce:

Abstrakt v ČJ: Cílem této přehledové bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální dohledané publikované poznatky o komplikacích a efektivitě léčby pacientů na ECMO. Informace pro tvorbu práce byly dohledány v elektronických databázích EBSCO, PubMed a ProQuest. Dlouhodobé používání ECMO může přinášet řadu komplikací ovlivňujících řadu aspektů, od délky hospitalizace pacienta v nemocnici až po výslednou mortalitu pacientů. Predikce život ohrožujících komplikací a jejich zvládnutí jsou tedy kritické pro bezpečné poskytování podpory ECMO. Z výsledků léčby vyplývá, že přibližně tři čtvrtiny pacientů přežijí veno-venózní ECMO, ale různé (fyzické i psychické) zdravotní problémy mohou přetrvávat. Navzdory nim je velká část těchto pacientů nakonec schopna vrátit se do běžného života. Tato práce shrnuje dostupné poznatky o komplikacích, dlouhodobé mortalitě a kvalitě života přeživších pacientů po ECMO.

Abstrakt v AJ: The aim of this bachelor thesis was to summarize the current published findings on complications and effectiveness of treatment of patients on ECMO. Information for the development of the thesis was searched in the electronic databases EBSCO, PubMed and ProQuest. Long-term use of ECMO can present a number of complications affecting a range of aspects, from the length of a patient's hospital stay to the resulting mortality of patients. Prediction and management of life-threatening

complications are therefore critical to the safe delivery of ECMO support. Treatment outcomes suggest that approximately three-quarters of patients survive veno-venous ECMO, but various (physical and psychological) health problems may persist. Despite these, a large proportion of these patients are eventually able to return to normal life. This paper summarizes the available evidence on complications, long-term mortality and quality of life in surviving patients after ECMO.

Klíčová slova v ČJ: ECMO, extrakorporální membránová oxygenace, dospělí, intenzivní péče, komplikace, efektivita

Klíčová slova v AJ: ECMO, extracorporeal membrane oxygenation, adults, intensive care, complication, efficiency

Rozsah: 45 stran

Obsah

Úvod.....	6
1 Popis rešeršní činnosti	8
2 Přehled aktuálních poznatků z oblasti péče o pacienta na extrakorporální membránové oxygenaci	11
2.1 Komplikace u pacientů na ECMO	13
2.2 Efektivita léčby pacientů na ECMO	19
2.3 Význam a limitace dohledaných poznatků	33
Závěr	35
Referenční seznam	37
Seznam zkratk.....	45

Úvod

Extrakorporální membránová oxygenace (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) je jedna z metod mimotělní podpory života (extracorporeal life support, ECLS). Je využívána v průběhu několika dnů až týdnů u pacientů s kardiopulmonálním selháním, které nereaguje na konvenční léčbu. Principem je nahrazení funkce plic a v některých případech i srdce, čímž se dává organismu čas na zotavení se z původního onemocnění, a zároveň se brání rozvoji dysfunkce dalších orgánů (Haji et al., 2021). ECMO tedy může podporovat pacienty dny nebo týdny jako „most k rozhodnutí“, které zahrnuje odpojení pacienta od okruhu ECMO po obnovení funkce srdce nebo plic, transplantaci, dlouhodobou mechanickou podporu oběhu nebo ukončení léčby v případě infaustní prognózy (Lorusso et al., 2021).

Počátky vývoje ECMO sahají do 30. let 20. století, kdy Dr. John Gibson započal vývoj prvního přístroje k okysličení krve pomocí membránového oxygenátoru během prodloužených operací jako kardiopulmonální bypass. První případ úspěšného použití ECMO byl publikován v roce 1953, kdy byla provedena první ECMO asistovaná oprava defektu komorového septa 18leté dívky. Následné používání ECMO však bylo provázeno nepřesvědčivými výsledky a vysokou mortalitou, což mělo za následek omezení jeho používání. Díky pokroku v technologiích se však v posledních letech počet použití ECMO exponenciálně zvýšil. V roce 2001 bylo na celém světě evidováno přibližně 80 až 90 pacientů. Oproti tomu v roce 2015 bylo ve světě evidováno 2 192 pacientů indikovaných k podpoře ECMO (Brogan et al., 2017).

Pozitivní vliv na rozšíření ECMO měly i epidemie A H1N1 v roce 2009 a COVID 19 v roce 2019-2020. Výzkumy související s onemocněním COVID-19 ukázaly, že pacienti napojení na ECMO měli menší úmrtnost, než pacienti napojení na mechanickou ventilaci (48,6 % vs 59,2 %) (Ahmad et al., 2023). I přes neustálý vývoj je však stále evidována poměrně vysoká úmrtnost pacientů pohybující se v rozmezí 50 % \pm 5 %, což je dáno zejména vysokou mírou komplikací, které jsou s ECMO spojené (Burša et al., 2023).

Cílem této bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální poznatky z oblasti péče o pacienta na extrakorporální membránové oxygenaci. Cíl práce byl dále specifikován ve dvou dílčích cílech:

Cíl 1: Sumarizovat aktuální dohledané poznatky o komplikacích spojených s extrakorporální membránovou oxygenací.

Cíl 2: Sumarizovat aktuální dohledané poznatky o efektivitě léčby pomocí extrakorporální membránové oxygenace.

Seznam vstupní literatury:

1. Burša, F., Frelich, M., Sklienka, P., Jor, O., & Máca, J. (2023). Long-Term Outcomes of Extracorporeal Life Support in Respiratory Failure. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16), 5196. <https://doi.org/10.3390/jcm12165196>
2. Lorusso, R., Shekar, K., MacLaren, G., Schmidt, M., Pellegrino, V., Meyns, B., Haft, J., Vercaemst, L., Pappalardo, F., Bermudez, C., Belohlavek, J., Hou, X., Boeken, U., Castillo, R., Donker, D. W., Abrams, D., Ranucci, M., Hryniewicz, K., Chavez, I., et al. (2021). ELSO Interim Guidelines for Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. *ASAIO Journal*, 67(8), 827-844. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001510>
3. Ošťádal, P., Bělohlávek, J., Balík, M., & Říha, H. (2018). *ECMO: extrakorporální membránová oxygenace: manuál pro použití u dospělých* (2. aktualizované vydání). Maxdorf.
4. Sangalli, F., Patroniti, N., & Pesenti, A. (Eds.). (2014). *ECMO-Extracorporeal Life Support in Adults* (1st ed.). Springer Milano. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-5427-1>
5. Ševčík, P., Matějovič, M., Černý, V., Cvachovec, K., & Chytra, I. (Eds.). (2014). *Intenzivní medicína* (3., přeprac. a rozš. vyd). Galén.

1 Popis rešeršní činnosti

Pro rešerši byl použit standardní postup vyhledávání s použitím vhodných klíčových slov a booleovských operátorů. V první fázi rešeršní činnosti bylo zahrnuto období 2019-2023. Pro druhou fázi rešeršní činnosti bylo zvoleno období 2014-2023 z důvodu vyhledání malého množství kvalitních studií vyhovujících danému tématu.

Algoritmus rešeršní činnosti

Vyhledávací kritéria:

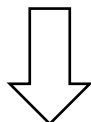
Klíčová slova v ČJ: ECMO, extrakorporální membránová oxygenace, dospělí, intenzivní péče, komplikace, efektivita

Klíčová slova v AJ: ECMO, extracorporeal membrane oxygenation, adults, intensive care, complication, efficiency

Jazyk: český, anglický

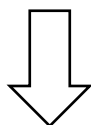
Období: 2014-2023

Další kritéria: recenzovaná periodika, plné texty

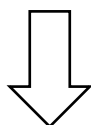


Databáze:

EBSCO, PubMed, ProQuest

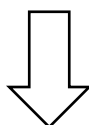


Nalezeno 356 článků



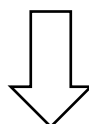
Vyřazující kritéria:

duplicitní články
kvalifikační práce
články nesplňující kritéria
články neodpovídající tématu



Sumarizace využitých databází a dohledaných zdrojů:

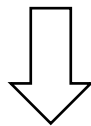
EBSCO – 29 článků
PubMed – 10 článků
ProQuest – 3 články



Sumarizace dohledaných periodik a dokumentů:

Acute Medicine & Surgery	1 článek
American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine	1 článek
Anaesthesia and Intensive Care	1 článek
Artificial Organs	3 články
ASAIO Journal	3 články
BioMed Research International	1 článek
BMJ	1 článek
Critical care	3 články
Critical Care Medicine	1 článek
Frontiers in Neurology	1 článek
Infection Control & Hospital Epidemiology	1 článek
Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery	1 článek
Intensive Care Medicine	2 články
Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia	2 články

Journal of Clinical Medicine	2 články
Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics	1 článek
Journal of Critical Care	2 články
Journal of Intensive Care Medicine	1 článek
Journal of Thoracic Disease	1 článek
Minerva Anestesiologica	1 článek
New England Journal of Medicine	1 článek
Pediatric Pulmonology	1 článek
PLoS ONE	2 články
The Annals of Thoracic Surgery	1 článek
The Annals of Intensive Care	1 článek
The International Journal of Artificial Organs	1 článek
The Journal of the American Medical Association	1 článek
The Lancet	1 článek
The Lancet Child & Adolescent Health	1 článek
The Lancet Respiratory Medicine	1 článek



Pro tvorbu teoretických východisek bylo použito 42 článků a 2 knihy.

2 Přehled aktuálních poznatků z oblasti péče o pacienta na extrakorporální membránové oxygenaci

V současné době existuje ECMO ve třech základních variantách. Výběr vhodného typu ECMO pro pacienta závisí především na jeho celkovém hemodynamickém stavu (Ošťádal et al., 2018).

Venovenózní ECMO (VV ECMO) se používá v případě izolovaného poškození plic s podmínkou zachovalé funkce srdce. Konkrétními indikacemi jsou respirační selhání, akutní plicní embolie, překlenutí období do transplantace plic a syndrom akutní respirační tísně (acute respiratory distress syndrome, ARDS), který je typický pro bakteriální a virové pneumonie (Brogan et al., 2017).

Principem je nasávání žilní krve tzv. inflow kanylou, perkutánně zavedenou přes vena femoralis do vena cava inferior, těsně pod ústí do pravé síně. Alternativně lze inflow kanylu zavést prostřednictvím vena jugularis interna do vena cava superior (Ošťádal et al., 2018). Takto nasátá odkysličená krev je přečerpána přes oxygenátor a vrací se s regulovanou teplotou pacientovi (Delnoij et al., 2016). Krev je hnána zpět do krevního oběhu pacienta prostřednictvím tzv. outflow kanyly, která je u VV ECMO zavedena nejčastěji přes vena jugularis interna s ústím do vena cava superior nebo pravé síně. Zároveň je nutné dodržet vzdálenost mezi kanylami cca 4-6 cm kvůli snížení rizika recirkulace okysličené krve (Ošťádal et al., 2018).

Venoarteriální ECMO (VA ECMO) se využívá v případě kombinovaného postižení srdce a plic, případně je-li postiženo pouze srdce samotné. VA ECMO může funkci srdce buďto částečně zastoupit, nebo úplně nahradit a bývá označováno jako biventrikulární nepulzativní podpurný systém. (Ošťádal et al., 2018).

Klasický scénář, kdy by se mělo uvažovat o VA ECMO, nastává, když selžou všechny dostupné metody léčby včetně tekutin, inotropních látek a potenciálně intraaortální balónkové pumpy (intra-aortic balloon pump, IABP). V ideálním případě by mělo být VA ECMO zahájeno před multiorgánovým selháním a po důkladném echokardiografickém vyšetření. Při rozhodování by měl být také zohledněn věk pacienta, komorbidita a prognóza základního onemocnění (Lorusso et al., 2021).

Konkrétními indikacemi pro VA ECMO jsou refrakterní kardiogenní šok a další onemocnění, která mohou do kardiogenního šoku progredovat jako akutní infarkt myokardu (AIM), fulminantní myokarditida, intoxikace kardiotoxickými léky, koncová fáze dilatační nebo ischemické kardiomyopatie, septický šok, hypotermie s refrakterní

kardiocirkulační nestabilitou a masivní plicní embolie (Lorusso et al., 2021). Mezi další indikace se řadí rizikové kardiochirurgické operace (perkutánní koronární intervence (percutaneous coronary intervention, PCI) jediné průchozí koronární tepny, ablace koronárních arytmií atd...). V neposlední řadě je ECMO indikováno při refrakterní srdeční zástavě, nereagující na standardní resuscitační postupy. V tomto případě mluvíme o tzv. extrakorporální kardiopulmonální resuscitaci (Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) (Ošťádal et al., 2018).

VA ECMO se podle způsobu zavedení kanyl rozděluje na centrální a periferní. Centrální varianta se využívá zejména v kardiochirurgii na operace při otevřeném hrudníku. Inflow kanylu lze umístit jak do velkých žil (vena cava inferior, vena cava superior), tak i do jednotlivých oddílů srdce. Outflow kanyla se zavádí nejčastěji do ascendentní aorty, případně do arteria subclavia. Periferní varianta se vyznačuje perkutánním zavedením kanyl prostřednictvím periferních žil. Inflow kanyla se nejčastěji zavádí prostřednictvím vena femoralis, alternativně prostřednictvím vena jugularis interna a vena subclavia, do pravé síně. Pro outflow kanylu se běžně používá přístup přes arteria femoralis, ojediněle arteria axilaris a arteria subclavia. Při kanylaci arteria femoralis dochází přibližně v 10-20 % případů k ischemii distální části dolní končetiny. Proto se zavádí progradně a distálně od vstupu outflow kanyly zavaděč, který propojíme se samotnou outflow kanylou a tím zajistíme dostatečnou perfuzi distální části dolní končetiny (Ošťádal et al., 2018).

Venoarteriovenózní ECMO (VAV ECMO) se využívá při přechodu z VA ECMO na VV ECMO, případně před odpojením z VA ECMO, kdy se dostatečně obnovila činnost srdce, ale funkce plic je stále nedostatečná. Velkou výhodou tohoto typu zapojení ECMO je výrazné snížení rizika vzniku tzv. Harlekýnského syndromu, kdy dochází k hypoxii horní poloviny těla. U této varianty jsou pacientovi zavedeny celkem 3 kanyly, jedna inflow a dvě outflow. Inflow kanyla bývá zavedena standardně přes vena femoralis do vena cava inferior. První outflow kanyla je zavedena jako při VA ECMO do arteria femoralis a pro druhou outflow kanylu se používá umístění, jako pro outflow kanylu u VV ECMO přes vena jugularis interna do PS. Obě outflow kanyly jsou propojené Y spojkou, aby byla distribuce krve rovnoměrná (Ošťádal et al., 2018).

2.1 Komplikace u pacientů na ECMO

Komplikace při ECMO jsou velmi časté a podle očekávání jsou spojeny se sníženou efektivitou léčby a významným zvýšením morbidit a mortality. Tyto komplikace mohou souviset se základní patologií, kvůli které je ECMO indikováno, nebo se samotným ECMO (chirurgické zavedení, hadičky okruhu, antikoagulace atd.) a zpravidla platí, že ECMO zavedené pro plicní podporu má méně komplikací než ECMO zavedené pro kardiogenní podporu. Nejhorší výsledky jsou hlášeny v případě, že je ECMO použito v rámci ECPR (Brogan et al., 2017).

Krvácivé komplikace

Krvácení je nejčastější komplikací u ECMO zejména kvůli systémové antikoagulaci, trombocytopenii a trombocytopatii. Jakýkoli rutinní postup, jako je endotracheální odsávání nebo umístění nazogastrické sondy, a diagnostické postupy, jako je transezofageální echokardiografie, mohou vést k nekontrolovatelnému krvácení, a proto by měly být prováděny s opatrností (Delnoij et al., 2016). Výsledky studií ukazují, že krvácení spojené s ECMO se může vyvinout u více než 50 % pacientů (Popugaev et al., 2020).

Závažné krvácení může vzniknout při zavádění kanyly ECMO. Studie provedená v roce 2020 ukázala, že krvácivé komplikace byly evidovány u 553 z 12 860 pacientů, což představuje 7 % případů (Kim et al., 2021a). Ve studii z roku 2022 bylo zaznamenáno dokonce 28 % pacientů s krvácivými komplikacemi při kanylaci (Kawauchi et al., 2022). K prevenci této závažné komplikace se doporučuje používat dostatečně velké dilatátory před zavedením kanyly. Dále je vhodné zavádět kanyly pod skiaskopickou kontrolou, kde se pečlivě sleduje průběh vodících drátů, aby se minimalizovalo riziko poškození cév. Důležitou roli hraje i volba nejvhodnějšího cévního přístupu, přičemž je možné provést angiografické nebo ultrazvukové vyšetření před samotnou kanylací. Tato opatření přispívají ke snížení rizika vzniku závažného krvácení při kanylaci, které by vyžadovalo opakovaný chirurgický zákrok. (Ošťádal et al., 2018).

Nežádka (u 28 % pacientů) se také můžeme setkat s krvácením do zažívacího traktu (Kawauchi et al., 2022). To bývá často spojeno s užíváním antikoagulační léčby, která bývá nasazována pacientům na ECMO kvůli udržení toku krve a prevenci tvorby sraženin. Bohužel, tato preventivní medikace může současně zvýšit riziko krvácení do

zažívacího traktu, zejména u pacientů s předchozím ischemickým poškozením. Toto krvácení může být velmi vážné a může ohrozit život pacienta. Prvními kroky léčby bývá snížení nebo dokonce zastavení antikoagulační terapie, což má zabránit dalšímu zhoršování krvácení. Tato opatření však přinášejí další rizika v podobě hyperkoagulačního stavu organismu s následnou tvorbou trombů a jejich embolizací. V případech, kdy je to možné, se snažíme provést endoskopické ošetření trávicího traktu, čímž můžeme přímo lokalizovat a případně zastavit zdroj krvácení. Zároveň je pacientům doporučeno preventivní užívání blokátorů protonové pumpy. Tyto léky snižují tvorbu žaludeční kyseliny a tím chrání stěny žaludku a zažívacího traktu před poškozením a vznikem krvácení (Ošťádal et al., 2018).

Během podpory ECMO se může spontánně objevit i krvácení z dýchacích cest nebo plic, zejména u pacientů s bronchiektáziemi, pneumoniemi a s mykobakteriálními infekcemi (Brogan et al., 2017). Podle jedné nedávné studie, publikované Kawauchim et al. (2022), bylo krvácení do dýchacích cest a plic zjištěno u přibližně 33 % pacientů. Z tohoto vzorku pacientů 19 % pacientů krvácelo do nosofaryngu, dalších 6 % pacientů mělo krvácení do trachey a v 8 % případů byl zjištěn hemotorax. Nicméně v jiné studii byl zaznamenán výskyt krvácení do dýchacích cest a plic ve vyšší míře, a to u 62 % pacientů (Popugaev et al., 2020). Léčba zahrnuje kontrolu krvácení, použití steroidů a bronchoskopii. Tato procedura umožňuje lékaři lokalizovat místo krvácení a provést případné terapeutické zákroky k zastavení krvácení. (Makdisi & Wang, 2015). Nové poznatky z roku 2022 uvádí případy 3 pacientů, kde se jako alternativní metoda léčby krvácení do DC a hemoptýzy používala nebulizace kyseliny tranexamové. Ta se zdá být užitečná při snižování množství času nutného k zastavení antikoagulační léčby, která musí být po dobu krvácení přerušena, a zároveň zmírňuje krvácení spojené s antikoagulační léčbou (Cabanilla, et al., 2022).

Dalším častým typem krvácení vznikajícího u pacientů s ECMO je intrakraniální krvácení. Systematický přehled studií uvádí relativně nízký výskyt tohoto krvácení u 1,8 % až do 21 % pacientů, avšak následky bývají často fatální. Úmrtnost se ve skupinách pacientů s intrakraniálním krvácením pohybovala od 32 % do 100 % (Fletcher-Sandersjö et al., 2018), což je v porovnání s pacienty bez komplikací, jejichž průměrná úmrtnost se pohybuje kolem 35 %, velký rozdíl (Burša et al., 2023). Přesná patofyziologie intrakraniálního krvácení u pacientů podporovaných pomocí ECMO není známa, ale může souviset s narušením hematoencefalické bariéry,

změnou hemostázy, získaným nedostatkem von Willebrandova faktoru, pumpou indukovanou dysfunkcí krevních destiček, konzumpční koagulopatií a záměrným užíváním systémové antikoagulace k prevenci trombózy v krevním oběhu. Léčba se skládá z okamžitého zastavení kontinuálního podávání heparinu a obnovení rovnováhy mezi pro a antikoagulačními faktory. Ve vybraných případech lze indikovat provedení neurochirurgické operace, která je však spojena se značnou morbiditou pacienta (Fletcher-Sandersjö et al., 2018).

Jako prevenci krvácení při péči o pacienty na ECMO je důležité pravidelně kontrolovat místa zavedení kanyl nejmeně v 15minutových intervalech. Při kontrole je nutné hodnotit integritu obvazu, pulzaci na končetině distálně od zavedené kanyly, vizuální hodnocení místa zavedení kanyly, umístění a zhodnocení délky zavedení kanyly pro případ dekanylace. V případě zjištěného krvácení, může sestra u lůžka umístit na místo krvácení obvaz napuštěný prokoagulantem, případně provést manuální tlak na místo krvácení a okamžitě informovat ošetřujícího lékaře. V případě hůře odhalitelného krvácení se musí ošetřovatelský personál soustředit na monitory všech dostupných přístrojů (monitor vitálních funkcí, monitor pumpy ECMO, ...), kde může být krvácení dobře detekovatelné, případně na výsledky krevních odběrů (Brogan et al., 2017).

Na výsledcích krevních odběrů si všímáme zejména patologických hodnot počtu krevních destiček a množství koagulačních faktorů. Množství těchto faktorů se může snižovat z různých důvodů, podobně jako je to u jiných kritických stavů. Existují však dvě specifické příčiny trombocytopenie, vyskytující se při léčbě ECMO. První příčinou je heparinem indukovaná trombocytopenie, druhou je shlukování trombocytů v oxygenátoru, které může nastat, pokud je oxygenátor na konci své životnosti. Jedním z indikátorů pro zhoršenou průchodnost oxygenátoru může být nárůst transmembránového tlaku oxygenátoru (rozdíl mezi krevním tlakem před a za oxygenátorem) způsobený krevními sraženinami. Pro diagnostiku hemokoagulačních poruch, které se mohou objevit během podpory ECMO, lze využít tromboelatomrické metody spolu s běžnými laboratorními testy. Mezi typické koagulopatie u pacientů na ECMO patří poruchy množství srážecích faktorů, jako je nedostatek faktoru XIII, von Willebrandova faktoru a nedostatek fibrinogenu. Tento získaný deficit faktorů se zejména při dlouhodobé léčbě vyskytuje u většiny pacientů léčených pomocí ECMO

a je často nutné tento deficit kompenzovat substitucí daných faktorů (Ošťádal et al., 2018).

Trombóza okruhu

Oproti hemoragickým komplikacím sice trombotické komplikace nedosahují takové četnosti (7 % pacientů s trombotickou komplikací vs 39 % pacientů s hemoragickou příhodou), ale následky mohou být taktéž fatální (Fanelli et al., 2022).

Jako prevence vzniku krevních sraženin je důležitá antikoagulační léčba. Tento způsob léčby je v současné době efektivnější díky používání okruhů, které jsou na celé ploše, jež může přijít do styku s krví, potaženy heparinem. Jako antikoagulační lék je běžně používán nefrakcionovaný heparin. Při zavedení ECMO kanyly se vyžaduje, aby hodnoty ACT (aktivovaný koagulační čas) byly vyšší než 200 s nebo aPTT (aktivovaný částečný tromboplastinový čas) vyšší než 60 s. Pokud jsou použity okruhy potažené heparinem, je obvykle dostatečné udržovat hodnoty aPTT v rozmezí 45-60 s. Obecně platí, že čím vyšší je krevní průtok, tím nižší úroveň antikoagulace je nutné udržovat. Přesto je intenzita antikoagulace individuální a musí být vyhodnocena vzhledem k možným prospěchům a rizikům pro pacienta. V případě vážného, život ohrožujícího krvácení je na co nejkratší dobu nutné omezit, nebo dočasně úplně přerušit antikoagulační léčbu. Zejména v těchto případech, ale i za běžného stavu, je důležité pravidelně vizuálně kontrolovat všechny části okruhu a měřit transmembránový tlak oxygenátoru, protože zvýšení tlaku může naznačovat obstrukci oxygenátoru trombem. Zároveň je v těchto situacích vhodné udržovat vyšší krevní průtok okruhem ECMO, kvůli snížení rizika vzniku trombu. V případě objevení krevní sraženiny, je nezbytné vyměnit okruh nebo jeho část, protože hrozí riziko embolizace (Ošťádal et al., 2018).

Zajímavých výsledků dosáhla studie, která se zaměřila na léčbu pacientů pomocí ECMO bez kontinuální systémové antikoagulace. Trombóza ECMO okruhu a trombóza pacienta se vyskytla u 27 (13,4 %) a 19 (9,5 %) pacientů. Jakékoli krvácení a velké nebo „závažné“ krvácení bylo hlášeno u 66 (32,8 %) a 56 (27,9 %) pacientů. Zemřelo 40 pacientů (19 %). Tento přehled odhaluje incidenci okruhové a patientské trombózy, spolu s podobnou mírou krvácení srovnatelnou s pacienty, kteří dostávají kontinuální systémovou antikoagulaci během ECMO (Olson et al., 2021).

Infekce komplikující ECMO

Zejména kvůli kritickému stavu pacientů je riziko vzniku infekcí spojených s hospitalizací (healthcare associated infection, HAI) u pacientů s ECMO vysoké. Toto riziko roste s dobou napojení pacienta na ECMO, věkem a intenzitou imunosuprese pacientů. Kvůli velké řadě invazivního zajištění pacienta se nabízí velká řada cest pro vstup infekce do organismu (Aubron et al., 2015).

Nejčastější infekcí u pacientů na ECMO bývá infekce krevního řečiště (bloodstream infection, BSI). Na četnost výskytu BSI se zaměřovala řada studií. Ve studii provedené na 139 pacientech bylo evidováno celkem 24 případů BSI (17 % pacientů postiženo BSI, 52 % ze všech infekcí). BSI vznikly u 6 pacientů jako sekundární infekce ventilátorové pneumonie (ventilator-associated pneumonia, VAP), v jednom případě souvisela s místem chirurgického výkonu a jeden pacient byl infikován prostřednictvím centrálního žilního katetru. Místa vstupu infekce u ostatních 16 pacientů nebyla identifikována. (Aubron et al., 2015). Studie zkoumající 44 pacientů uvádí 19 (43,2 %) pacientů s BSI. Druhou nejčastější infekcí u pacienta na ECMO bývá VAP. Ve vzorku 139 pacientů napojených na ECMO bylo postiženo VAP celkem 23 pacientů (16,5 % pacientů postiženo VAP, 50 % ze všech infekcí). V neposlední řadě byly evidovány i 4 % případů močové infekce v souvislosti se zavedeným močovým katetrem (Aubron et al., 2015).

Klinické příznaky a symptomy spojené s infekcí, zejména horečka, nemusí být u pacientů na ECMO rozpoznány, protože teplotu lze udržovat na libovolné úrovni nastavením teploty ohřívače krve. Proto je důležité sledovat další ukazatele infekce, jako je rozdíl mezi teplotou okruhu ECMO a teplotou pacienta, přítomnost hnisavých sekretů, změny v hemodynamice pacienta, případně zvýšené biomarkery infekce, kterými jsou například CRP a prokalcitonin. Při podezření na infekci je důležité zahájit antibiotickou léčbu časně, dokud nejsou známy výsledky mikrobiologické kultivace. Následně se léčba upravuje na základě citlivosti původce infekce na konkrétní typ antibiotik. Je třeba zdůraznit, že profylaktická antibiotická terapie u pacientů na ECMO standardně není nasazována. (Delnoij et al., 2016).

Celková míra výskytu infekcí u pacientů napojených na ECMO se pohybuje kolem 30,1 případů na 1000 dní napojení. Tato míra je zvyšována dobou trvání podpory

ECMO a závažností onemocnění před jejím zahájením. Infekce mají také vliv na délku pobytu pacientů v nemocnici. Medián délky pobytu u pacientů s infekcemi je o 13,5 dní delší (33,5 vs 20 dní) než u pacientů bez infekce, což naznačuje, že pacienti s infekcemi tráví průměrně více času v nemocnici než pacienti bez infekce. Mimo to, výsledky pacientů na ECMO s infekcí vykazují vliv na mortalitu. Podle studií je mortalita u pacientů s infekcemi 41,7 %, zatímco u pacientů bez infekce je mírně nižší, a to 32 %. Z těchto výsledků vyplývá, že přítomnost infekce na ECMO výrazně zvyšuje mortalitu pacientů (Aubron et al., 2015).

Technické komplikace

Četnost technických komplikací není nijak vysoká ve srovnání s ostatními druhy komplikací, ale mohou způsobit významné poškození pacienta. Ve studii monitorující 549 pacientů se jakýkoli druh mechanické komplikace vyskytl u 4 % pacientů. Nejčastější komplikací bývá náhodná dekanylace (1,3 %), následovaná náhlým poklesem průtoku v okruhu (1,1 %), selháním čerpadla (1,1 %), prasknutím okruhu (0,4 %) a vzduchem v okruhu (0,2 %). Šance na vznik těchto komplikací roste s nízkou úrovní sedace způsobující neklid pacienta, dále pak s dlouhodobou podporou ECMO. Vznik těchto komplikací může mít vliv i na výslednou mortalitu pacientů. Komplikace tohoto typu bývají většinou nepředvídatelné a nebývají závislé na standardu péče. Proto je rozhodující nejen pečlivé sledování, ale také rychlá reakce (Kim et al., 2021b). Nicméně kontrola schopnosti výměny plynů a poklesu tlaku v okruhu ECMO, stejně jako sledování parametrů koagulace a hemolýzy v průběhu času umožňuje dřívější identifikaci těchto komplikací (Lubnow et al., 2014).

V případě objevení dekanylace, která bývá nejčastěji způsobena samotným pacientem nebo personálem při převazu místa zavedení kanyly, musí ošetřovatelský personál co nejdříve zastavit průtok v ECMO okruhu a upnout vytažené kanyly okruhu pomocí dostupných pomůcek (svorky, peán, atd...). Následně je nutné provést kompresi místa zavedení kanyly kvůli snížení možných krevních ztrát, a zvýšení podpory ventilátoru, jako prevenci hypoxie. O vzniklé komplikaci je nutné neprodleně informovat členy ECMO týmu, kteří následně provedou rekanylaci a výměnu okruhu ECMO (Kim et al., 2021b).

Je-li identifikován pokles průtoku krve v okruhu, který je nejčastěji způsoben vmetením krevní sraženiny do oxygenátoru nebo poruchou pumpy, je jako první krok

zapotřebí zkontrolovat vedení okruhu ECMO, pro vyloučení jiné příčiny (dekanylaci, prasknutí kanyly, ...). Jako další krok je nutné zkontrolovat, jestli nedošlo ke kolapsu pacientových žil. V případě pozitivního nálezu je nutné snížit rychlost pumpy na velmi nízké úrovni a stejně jako u všech ostatních komplikací je důležité kontaktovat ECMO tým, který následně obnoví průtok v okruhu. Je zároveň vhodné doplnit intravenózní tekutiny spolu s podáváním ionotropních látek ke zvýšení intravaskulárního objemu. Další postup se soustředí na prevenci hypoxie prostřednictvím zvýšení podpory ventilátoru. ECMO tým v rámci řešení těchto komplikací běžně mění oxygenátor nebo jednotlivé části okruhu ECMO (Kim et al., 2021b).

Poslední z běžnějších komplikací je ruptura kanyly okruhu ECMO. V případě ruptury kanyly je prvním krokem zastavení průtoku v ECMO okruhu a upnutí obou kanyl (inflow i outflow kanyly). Dalším krokem by mělo být uložení pacienta do Trendelenburgovy polohy a zvýšení podpory ventilátoru jako prevence hypoxie. O všem je nutné neprodleně informovat ECMO tým, který provede výměnu okruhu. V tomto postupu existuje výjimka v případě nepatrné ruptury outflow kanyly. V tomto případě volá ošetřující personál ECMO tým ihned, kontroluje stav kanyly, ale jinak není třeba dále zasahovat a čeká na příchod ECMO týmu, který kanylu následně vymění (Kim et al., 2021b).

Při jakékoli ze zmíněných komplikací hrozí vniknutí vzduchu do okruhu ECMO s následným vznikem vzduchové embolie pacienta. V případě velké vzduchové embolie směřující k pacientovi by měla být outflow kanyla upnuta blízko pacienta, vypnuta pumpa a embolie odstraněna. I když se rizika vzduchové embolie během VV ECMO zdají poměrně malá, díky filtrační funkci plic je možná zástava srdce v důsledku vzduchového uzávěru, případně průchod skrz otevřené foramen ovale, které může být v případě patologie otevřeno i u dospělých jedinců. Proto je nutné dbát velké opatrnosti při jakékoli manipulaci s okruhem ECMO (Delnoij et al., 2016).

2.2 Efektivita léčby pacientů na ECMO

Přestože byla účinnost a výhody ECMO, zejména v posledních letech při epidemiích respiračních virových onemocnění, potvrzena řadou výzkumů a klinických studií, není zanedbatelný ani fakt, že tato metoda přináší vysoké riziko komplikací, které mohou samotný výsledek velmi výrazně ovlivnit (Combes et al., 2018). Pacienti s těžkým ARDS podporovaní ECMO mají stále vysokou úmrtnost (Friedrichson et al., 2021).

Výzkumy zaměřené na výsledky léčby pomocí ECMO obvykle zkoumají mortalitu pacientů. Je to zcela pochopitelné, protože primárním cílem použití ECMO je zachránit život pacientům se závažným selháním dýchacího nebo srdečního systému. Při hodnocení úmrtnosti léčby pomocí ECMO je však důležité mít na paměti zdravotní stav těchto pacientů před zahájením léčby. Mnozí z nich jsou ve stavu ohrožení života a ECMO pacientům poskytuje šanci na přežití, kterou by jinak neměli. Z tohoto pohledu může být úmrtnost pacientů na ECMO, i když je vysoká, stále považována za úspěch, protože mnoho z nich by bez této technologie nepřežilo. (Burša et al., 2023).

Náklady na podporu ECMO zahrnují jak inicializační náklady na zařízení a personál, tak i náklady na provoz a udržování systému. Zvyšují se, pokud je nutné podporu ECMO provádět po delší dobu, zejména pokud trvá několik týdnů nebo dokonce měsíců. Navíc nemusí být vždy k dispozici technické, finanční a/nebo personální zdroje. Proto je nutné systém efektivně využívat a identifikovat pacienty, kteří by mohli mít z této podpory největší prospěch. Dlouhodobé výsledky léčby pacientů jsou považovány za jedno z nejdůležitějších kritérií pro posuzování účinnosti léčby pomocí ECMO. Důležitost těchto výsledků spočívá v tom, že samotná podpora ECMO je náročná a zatěžující jak pro pacienty, tak i pro jejich okolí. Je proto důležité, aby tato léčba nejenom zachránila život pacientů, ale také jim umožnila návrat k plnohodnotnému životu, k práci a rodinám (Burša et al., 2023).

Úmrtnost pacientů s VV ECMO

Míra úmrtnosti bývá obvykle hlavním výsledkem studií na ECMO. Dosud největší randomizovaná kontrolní studie ECMO pro ARDS však testovala účinnost VV ECMO podpory a míru úmrtnosti u pacientů na ECMO. Studie ECMO to Rescue Lung Injury in Severe ARDS (EOLIA) srovnávala ventilaci s nízkými dechovými objemy a ventilací VV ECMO oproti konvenční ventilaci s použitím nižších dechových objemů (snížených pro udržení inspiračního plateau tlaku (P_{plat}) na 24 cm H₂O) a nižších tlaků v dýchacích cestách (pozitivní přetlak na konci výdechu (positive end expiratory pressure, PEEP) 10 cm H₂O a hnací tlak (ΔP) ≤ 14 cm H₂O). Studie měla za cíl zjistit, zda použití ECMO může snížit riziko úmrtí u pacientů s těžkým ARDS. Původní plán studie byl dosáhnout 20% snížení rizika úmrtí (z 60 % na 40 %) ve skupině pacientů léčených ECMO ve srovnání s kontrolní skupinou. Samotná studie však byla zastavena před plným dokončením, protože komise pro sledování bezpečnosti rozhodla, že dosažení předem

stanovených cílů při naplnění 75 % velikosti vzorku je nepravděpodobné. Během průběhu studie bylo navíc rozhodnuto aplikovat ECMO i 28 % pacientů z kontrolní skupiny, kteří vykazovali známky refrakterní hypoxemie (saturace kyslíkem (SpO₂) <80 % po dobu >6 hodin, navzdory použití dostupných a proveditelných doplňkových terapií). Tato rozhodnutí byla učiněna na základě lékařského posouzení, že u těchto pacientů neexistovalo žádné nevratné selhání více orgánů a že by použití ECMO mohlo mít vliv na výsledky léčby. Ačkoli snížení 60denní mortality v ECMO skupině oproti kontrolní skupině (35 % vs. 46 %, p = 0,09) nebylo statisticky významné (Combes et al., 2018), post hoc analýza studie EOLIA zjistila, že pacienti s velmi těžkým ARDS (PaO₂/FiO₂ <50 mm/Hg po dobu >3 h; PaO₂/FiO₂ <80 mm/Hg po dobu >6 h) měli s vysokou pravděpodobností prospěch z ECMO v 60denní mortalitě. Autoři dospěli k závěru, že použití ECMO u pacientů s těžkým respiračním selháním se zdá být bezpečnější než mechanická ventilace, a to i v případě použití protektivní plicní ventilace (Goligher et al., 2018).

Metaanalýza Munshi et al. (2019) shromáždila údaje z pěti studií (z toho dvou randomizovaných kontrolních studií CESAR a EOLIA a tří observačních studií s odpovídajícími technikami) o mortalitě 773 pacientů a zjistila statisticky významnou nižší 60denní mortalitu ve skupině ECMO ve srovnání s kontrolní skupinou (34 % vs. 47 %; p = 0,008). Je však třeba zdůraznit, že tři zahrnuté studie také zkoumaly výskyt velkého krvácení ve skupině pacientů léčených ECMO. Z těchto studií vyplývá, že se u 48 z 251 (19 %) pacientů vyskytlo velké krvácení. Tato komplikace je důležitá z hlediska bezpečnosti a musí být brána v úvahu při používání ECMO. I přes tyto komplikace výsledky metaanalýzy naznačují, že ECMO poskytuje významný přínos a může být účinnou terapií pro pacienty s kritickým selháním orgánů.

Další metaanalýza výsledků studií CESAR a EOLIA provedená na 429 pacientech s těžkým ARDS upřednostnila použití ECMO díky zlepšení 90denní mortality ve srovnání s konvenční léčbou (36 % vs. 48 %; p = 0,013). Záchrané ECMO bylo použito u 36 (17 %) z 215 kontrolních pacientů (35 v EOLIA a 1 v CESAR). Pacienti randomizovaní do ECMO měli 90. den od začátku hospitalizace více dní života mimo JIP (36 vs 28 dnů) a bez selhání respiračního (40 vs 31 dnů), kardiovaskulárního (35 vs 28 dnů), renálního (35 vs 28 dnů) a neurologického (38 vs 31 dnů) (Combes et al., 2020).

Enger et al. (2017) provedli studii, která se zaměřovala na dlouhodobou mortalitu u pacientů s VV ECMO. Během téměř desetiletého sledování (2007–2016) bylo do studie zahrnuto 553 pacientů, kteří byli hospitalizováni v ECMO centru v Regensburgu. Celková mortalita byla zaznamenána u 52 % pacientů, přičemž 39 % zemřelo během hospitalizace a 12 % po propuštění během sledovaného období, které trvalo průměrně 4,8 roku. Přežití pacientů, kteří byli propuštěni z nemocnice, bylo sledováno po dobu 30 dnů, 90 dnů, 1 roku a 5 let s tím, že zjištěná míra přežití byla 99 %, 95 %, 86 % a 76 % v tomto pořadí. Tato studie se liší od jiných vědeckých prací tím, že se na rozdíl od ostatních prací, které se obvykle zaměřují na prediktory krátkodobé úmrtnosti, zaměřila na mortalitu dlouhodobou a identifikovala několik faktorů, které s ní souvisí. Multivariační analýza ukázala, že vyšší věk, oslabený imunitní systém, vyšší skóre SOFA (skóre pro hodnocení selhání orgánů) před nasazením ECMO a delší doba trvání podpory ECMO byly spojeny s vyšší dlouhodobou mortalitou. Na druhou stranu bylo zjištěno, že kanylace ECMO mimo centrum byla spojena s lepším přežitím. Toto zjištění podtrhuje význam vyhýbání se transportu těchto pacientů bez napojeného ECMO. Výsledky této studie by mohly být využity pro optimalizaci péče a predikci přežití u těchto pacientů.

Z německého registru (Spolkový statistický úřad Německa) byla provedena retrospektivní analýza 45 647 pacientů všech věkových skupin ve 231 nemocnicích v letech 2007-2018. Počet případů VV ECMO mezi lety 2007 a 2018 vzrostl o 236 % z 825 na 2 768. Nejvyšší nemocniční mortalita byla zaznamenána v roce 2008: 70,1 % mezi všemi pacienty s VV ECMO (n = 649) a 70,4 % mezi pacienty s VV ECMO a ARDS (n = 138). V roce 2018 se nemocniční mortalita u pacientů s VV ECMO snížila na 53,9 % (n = 1493) a u pacientů s VV ECMO a ARDS na 54,4 % (n = 926). Na mortalitu měla vliv mimo jiné i délka napojení na ECMO. Nemocniční mortalita byla nejvyšší u pacientů s délkou léčby kratší než 2 dny (69,7 %) a nejnižší u pacientů, kteří dostávali 6–8denní léčbu (43 %). Tato studie představuje analýzu největšího počtu případů léčby ECMO u pacientů s ARDS na celém světě. Porovnání míry úmrtnosti u pacientů užívajících ECMO terapii pro ARDS z registru Organizace pro mimotělní podporu života (Extracorporeal Life Support Organization, ELSO) s údaji v této studii však odhalilo velký rozdíl (Friedrichson et al., 2021). Podle posledních údajů z registru ELSO byla mortalita u dospělých pacientů s ARDS léčených ECLS v období od 2015 do 25. 1. 2020 pouze 39 % (Road & Arbor, 2020). Jedním z možných vysvětlení je

zaujatost, protože jen malá část nemocnic na celém světě předkládá svá data registru ELSO a většina předkládajících nemocnic jsou zkušená centra s velkým objemem pacientů, která aktivně přispívají svými údaji (Friedrichson et al., 2021). Medián pro roční počet pacientů center z evropského registru ELSO v roce 2019 byl 18 případů na centrum (Road & Arbor, 2020), zatímco roční počet případů v mnoha z těchto ECMO center v Německu byl podstatně nižší, s mediánem čtyř případů pro VV ECMO v roce 2018 (Friedrichson et al., 2021), což mohlo ovlivnit výsledky vzhledem k menším zkušenostem ECMO personálu. Zároveň pokles úmrtnosti v průběhu času může být způsoben nárůstem počtu pacientů s podporou ECMO a z toho plynoucími většími zkušenostmi center a jejich personálu (Burša et al., 2023).

Tuto hypotézu potvrdila i studie, která si jako první studie na světě stanovila za cíl prozkoumat možnou souvislost mezi výsledky u pacientů s respiračním ECMO a nemocničním objemem léčby ECMO pro jakékoli indikace. Pomocí dat z databáze Diagnosis Procedure Combination (celostátní japonské ústavní databáze) bylo mezi 1. červencem 2010 a 31. březnem 2018 identifikováno 25384 dospělých pacientů ze 725 nemocnic. Z toho bylo 70,5 % případů kardiogenního šoku, 12,5 % případů po kardiotoronii, 5 % případů pro respirační selhání a 5 % sepse. Celková míra úmrtnosti byla nejnižší ve skupině pacientů s respiračním selháním (55,6 %) a nejvyšší ve skupině se sepsí (77,8 %), následovaná úmrtností ve skupině s kardiogenním šokem (70,2 %). Studie rozdělila zdravotnická zařízení do skupin s objemem nízkým (<8 případů/rok), středním (8–16 případů/rok) a velkým (≥17 případů/rok). Celková nemocniční úmrtnost na respirační selhání při léčbě ECMO byla 62,5 % v nízkých, 54,7 % ve středních a 50,4 % ve velkoobjemových institucích. Tím tato studie ukazuje pozitivní dopady směřování pacientů indikovaných k podpoře ECMO do specializovaných velkoobjemových center. Studie mimo jiné zjistila, že většina pacientů indikovaných k podpoře ECMO měla potřebu srdeční podpory, zatímco podíl pacientů s respiračním selháním vyžadujících ECMO byl relativně malý. Tento fakt naznačuje, že by v některých institucích nemusel být k dispozici vhodný výběr pump, oxygenátorů nebo kanyl pro VV ECMO, což by mohlo ovlivnit prognózu léčby respiračního selhání. Navzdory všem těmto důkazům studie zjistila, že pouze 213 (0,84 %) pacientů léčených pomocí ECMO bylo převedeno do zařízení s vyšším objemem pacientů, což naznačuje, že směřování pacientů na ECMO do velkoobjemových center bylo v Japonsku podporováno pouze velmi omezeně,

zejména kvůli možným rizikům vyplývajícím z převozu (Muguruma et al., 2020). Na transporty pacientů na ECMO podpoře se zaměřila studie, která shromáždila data ze 100 převozů. Střední přepravní vzdálenost byla 16 mil s tím, že převoz byl uskutečněn pomocí sanitního vozu v 97 případech a ve 3 případech letadlem. Úspěšně převezeno bylo všech 100 pacientů (0 % mortalita během převozu), což dokazuje, že transport může být ve vhodných podmínkách, s vhodným vybavením a vhodně proškoleným personálem bezpečný (Biscotti et al., 2015).

V prosinci roku 2019 byl v čínském Wu-Chanu identifikován první případ virového onemocnění později zvaného jako COVID-19. Tento vir se rozšířil po celém světě a způsobil tak celosvětovou pandemii. V březnu roku 2020 bylo provedeno vyhledávání ze všech dostupných zdrojů s cílem zjistit účinnost léčby pomocí VV ECMO u pacientů s ARDS spojeným s onemocněním COVID-19 (COVID-19 associated ARDS, CARDS). Byly nalezeny celkem 4 studie odpovídající vyhledávaným kritériím. Studie dohromady zahrnovaly celkem 562 pacientů s COVID-19, z toho se u 234 (41,6 %) pacientů vyvinul CARDS. Léčba pomocí VV ECMO byla provedena u 17 (7,2 %) pacientů s CARDS. Celková úmrtnost byla 94,1 % u pacientů léčených pomocí VV ECMO a 70,9 % u pacientů s konvenční terapií. Výsledky této studie provedené na začátku pandemie COVID-19 naznačovaly, že ECMO nemá žádný významný vliv na mortalitu ani na zlepšení stavu pacientů. Je však důležité brát v úvahu několik omezení této studie. Pacienti trpící CARDS mohou být v různě závažných stavech onemocnění a ti, kteří podstoupili ECMO, byli pravděpodobně, ve srovnání s pacienty na konvenční terapii, ve vážnějším stavu. Tato skutečnost může ovlivnit míru úmrtnosti a zkreslit výsledky. Nicméně je důležité si všimnout, že úmrtnost i v konvenční terapii byla relativně vysoká (70,9 %). Dalším důležitým faktorem, který je třeba zvážit, je velikost vzorku, který byl v této studii malý (17 pacientů na VV ECMO). Omezená velikost vzorku může ovlivnit statistickou výpovědní hodnotu výsledků a jejich obecnou aplikovatelnost na širší populaci pacientů s COVID-19 a ARDS. Je tedy zřejmé, že kvůli některým omezením této studie nebylo možné vyvodit zcela spolehlivé závěry (Henry & Lippi, 2020).

Na druhou stranu výsledky studie, která zkoumala údaje z registru ELSO v období mezi 16. lednem a 1. květnem roku 2020, byly značně optimističtější. Studie zahrnovala data 1035 pacientů s COVID-19, léčených pomocí ECMO, ze 36 zemí světa. Převážná většina (94 %) pacientů dostávala VV ECMO, 4 % pacientů dostalo

VA ECMO podporu, 0,9 % dostalo VAV ECMO podporu a 0,4 % jinou podporu ECMO. Celková 90denní mortalita byla u pacientů s již ukončenou léčbou 380 (39 %) pacientů. Z toho 322 (85 %) pacientům byla přerušena podpora ECMO kvůli špatné prognóze a 309 (81 %) pacientů zemřelo do 24 hodin po ukončení podpory ECMO. Vzhledem k tomu, že v době hodnocení studie nebyli ještě veškerí pacienti vyléčeni/propuštěni domů, byla výsledná 90denní nemocniční mortalita všech pacientů zahrnutých do studie odhadnuta na 37,4 %. Tato studie znamenala podstatnou změnu pro lékařskou komunitu a výzkumníky zabývající se terapií COVID-19 pomocí ECMO. Předchozí studie publikovaná Henrym a Lippim v roce 2020 naznačovala vysokou úmrtnost u pacientů s COVID-19, kteří byli léčeni VV ECMO, což vyvolalo pochybnosti ohledně účinnosti tohoto terapeutického přístupu. Tato studie provedla důkladnou analýzu účinnosti ECMO u pacientů s COVID-19 a přinesla nové a povzbudivé poznatky. Výzkumný tým se zaměřil na mezinárodní spolupráci a zapojení renomovaných odborníků v rámci organizace ELSO, což přispělo k získání komplexního a věrohodného souboru dat. Rozsáhlost tohoto souboru dat patří k silným stránkám této studie. Nicméně, jedním z hlavních omezení této studie je fakt, že v době analýzy nebyly známy výsledky léčby u některých pacientů. To je způsobeno tím, že tito pacienti byli stále hospitalizováni a konečné výsledky jejich léčby nebyly k dispozici. Proto byla nemocniční mortalita těchto pacientů odhadnuta na základě dostupných dat. Tato skutečnost samozřejmě může ovlivnit konečné výsledky a jejich interpretaci (Barbaro et al., 2020).

Jiná studie zkoumala údaje z největší německé zdravotní pojišťovny (Allgemeine Ortskrankenkasse, pojišťuje asi 32 % německé populace) v období od února do prosince roku 2020. Celkem bylo evidováno 768 pacientů s COVID-19, kteří podstoupili léčbu pomocí ECMO. Všichni pacienti zařazení do studie dokončili nemocniční léčbu a buď zemřeli, nebo byli propuštěni z nemocnice. Nemocniční úmrtnost dosáhla až na hodnotu 73 %. Podrobněji byla hospitalizační mortalita 56 % u pacientů ve věku 18–49 let, 67 % u pacientů ve věku 50–59 let, 83 % u pacientů 60–69 let a 88 % u pacientů ve věku >69 let. Tento výsledek však mohl souviset s charakteristikami studijní skupiny (vyšší věk, prodloužený medián doby od zahájení mechanické ventilace do zahájení ECMO, zvýšený podíl pacientů vyžadujících dialýzu) nebo s nejednotnými zkušenostmi s léčbou ECMO mezi personálem zúčastněných jednotek intenzivní péče. Navíc zejména během pandemie COVID-19

(jistě nejen v Německu) byly indikace k zahájení ECMO ovlivněny individuálními postoji, emocemi a strategiemi zdravotnického systému (zdroje a úhrady pojišťoven), často do značné míry řízenými mediálními očekáváními. Je možné, že neuvážené indikace k podpoře ECMO, zejména v kombinaci s menšími zkušenostmi s ECMO v menších centrech, mohly přispět k vysoké úmrtnosti (Karagiannidis et al., 2021).

Studie provedená Urnerem et al. (2022) měla za cíl posoudit, jaký je vliv ECMO ve srovnání s tradiční mechanickou ventilací na pacienty s respiračním selháním spojeným s COVID-19. K získání dat využili mezinárodní multicentrický registr COVID-19 Critical Care Consortium. Bylo identifikováno celkem 7345 pacientů, kteří byli přijati do nemocnice s diagnózou COVID-19 mezi 3. lednem 2020 a 29. srpnem 2021. Z tohoto počtu bylo u 844 pacientů (11,5 %) indikováno použití ECMO. U pacientů s nízkým poměrem arteriálního parciálního tlaku k frakci vdechovaného kyslíku ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80 \text{ mm/Hg}$) byla prokázána významná souvislost mezi použitím ECMO a sníženou 60denní mortalitou ve srovnání s konvenční mechanickou ventilací. Konkrétně mortalita ve skupině pacientů léčených pomocí ECMO činila 26 %, zatímco ve skupině pacientů bez ECMO byla 33,2 %. Autoři dále zjistili, že účinnost léčby ECMO se snižovala s rostoucím věkem pacientů, přičemž neúčinnější byla u pacientů mladších 65 let. Dále je třeba poznamenat, že někteří pacienti byli v průběhu studie ztraceni ze sledování z důvodu přeložení na jednotku dlouhodobé intenzivní péče. Z tohoto důvodu nebylo možné získat dlouhodobé výsledky těchto pacientů a jejich skutečná dlouhodobá mortalita by mohla být vyšší, než je v této studii prezentována.

Další rozsáhlou observační studii provedl ve Spojených státech amerických Shaefi et al. (2021). Studie zkoumala 5122 pacientů s COVID-19 z 68 nemocnic po celých Spojených státech amerických. Kritériem pro zařazení do studie byl poměr $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100 \text{ mm/Hg}$ a přijetí na JIP v prvních 7 dnech hospitalizace. Toto kritérium splňovalo celkem 1297 pacientů. Léčba pomocí VV ECMO byla indikovaná ve 130 (10 %) případech a 1167 (90 %) pacientů bylo léčeno konvenčně. Ze zkoumaného vzorku po 60 dnech zemřelo 598 pacientů (46,1 %), z toho 45 ze 130 (34,6 %) ve skupině pacientů léčených pomocí VV ECMO a 553 z 1167 (47,4 %) ve skupině léčených konvenčně. Tato data naznačují, že těžce hypoxemičtí pacienti, kterým se dostala ECMO podpora během prvních 7 dnů po přijetí na JIP, měli nižší riziko úmrtí ve srovnání s těmi, kteří byli léčeni konvenčními metodami.

Cílem další studie bylo zjistit vliv obezity na dlouhodobý výsledek pacientů s těžkým průběhem onemocnění COVID-19 léčených pomocí ECMO. Data byla shromážděna z lékařských záznamů ECMO centra ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze za období mezi březnem 2020 a březnem 2022. Do studie bylo zahrnuto celkem 292 pacientů s mediánem věku 57 let, přičemž většinu tvořili muži (66,4 %). Z 292 pacientů bylo 173 léčeno konzervativně a 119 (40,8 %) bylo léčeno pomocí ECMO. Podíl ECMO terapie byl nejvyšší u morbidně obézních (49 % u BMI >40 kg/m²) ve srovnání s pacienty s nižším BMI (43,8 % u BMI 30–40 kg/m², 31,9 % u BMI 25–30 kg/m²). Rozdíl mezi 90denní mortalitou pacientů s obezitou a pacientů s normálním BMI však nebyl nijak signifikantní (mortalita obézních 48,5 % vs 45,5 % s normálním BMI, $p = 0,603$). V této studii nebyla vysoká incidence obezity ve velkoobjemovém ECMO centru spojena s výrazně horšími krátkodobými a dlouhodobými výsledky ve srovnání s neobézními pacienty. ECMO tak u obézních pacientů může být spojeno s lepšími výsledky přežití, než se původně očekávalo (Balík et al., 2022).

Provaznik et al. (2023) si dali za cíl zjistit vliv věku na krátkodobé a dlouhodobé výsledky při léčbě pomocí VV ECMO. Retrospektivní studie zahrnovala 755 pacientů léčených pomocí VV ECMO mezi lety 2006 a 2020 v nemocnici v Regensburgu. Pacienti byli rozděleni do čtyř skupin podle věku 18–49,9 let, 50–59,9 let, 60–69,9 let a ≥ 70 let. Zjištění studie ukazují, že délka trvání podpory ECMO (medián 8-10 dní, $p = 0,256$) a míra odpojení (68,2–76,5 %, ($p = 0,354$)) byly ve všech věkových skupinách srovnatelné. Nicméně, hospitalizační mortalita stoupala s rostoucím věkem (18–49,9 let: 30,1 %, 50–59,9 let: 37,1 %, 60–69,9 let: 45,6 %; ≥ 70 let: 51,8 %; $p < 0,001$). Vyšší věk byl také spojen s horšími neurologickými výsledky. Studie zjistila, že se příčina úmrtí lišila v závislosti na věku. U mladších věkových skupin bylo nejčastější příčinou úmrtí multiorgánové selhání, zatímco u starších pacientů bylo nejčastější příčinou úmrtí sekundární respirační selhání (bez obnovení podpory ECMO). Zajímavým zjištěním bylo, že hladina C-reaktivního proteinu (CRP) v 1. den hospitalizace byla nepřímo úměrně spojena s úmrtností. Toto zjištění může naznačovat, že vyšší hladiny CRP mohou signalizovat vyčerpání imunitní reakce pacienta. Dalšími rizikovými faktory pro úmrtí v průběhu sledování byla ischemická choroba srdeční, primární onemocnění plic, malignita, hemodialýza a imunosuprese. Zvláštní pozornost byla věnována hemodialýze, když se ukázalo, že chronická hemodialýza byla silnějším rizikovým faktorem pro úmrtí v nemocnici než akutní

selhání ledvin vyžadující hemodialýzu. Výsledky této studie tedy ukazují, že stáří pacientů má významný vliv na výsledky léčby pomocí ECMO. Vyšší věk je spojen s vyšší nemocniční mortalitou a horšími neurologickými výsledky. To může být způsobeno nižší respirační výkonností u starších pacientů, což zvyšuje riziko infekce a následného respiračního selhání. Pokles dechové výkonnosti starších pacientů se odráží ve skutečnosti, že respirační insuficience po odstavení ECMO je hlavní příčinou úmrtí u starších pacientů.

V neposlední řadě má na výslednou mortalitu vliv i složení multidisciplinárního týmu, který pečuje o pacienta na JIP. Běžně se o pacienta na ECMO starali speciální lékaři intenzivní péče, kteří pracovali každý zvlášť a standardně docházelo k omezené spolupráci. V roce 2014 bylo proto společností ELSO doporučeno zřízení tzv. ECMO týmů, které by se specifikovaly na péči o pacienta na ECMO, čímž se měla zvýšit úspěšnost léčby vlivem lepší spolupráce a vyšších zkušeností personálu ECMO týmu. Složení jednotlivých ECMO týmů však není jednotné a liší se v závislosti na dané zemi i konkrétním zdravotnickém zařízení (Dalia et al., 2019).

Ve studii provedené v roce 2018 se porovnávala mortalita pacientů v období let 2012 až 2016. Multidisciplinární ECMO tým byl tvořen z kardiovaskulárního chirurga, kardiologa, lékaře intenzivní péče, kardiovaskulárního perfuzionisty a všeobecnou sestrou. Celkem bylo do studie zařazeno 116 pacientů, z toho 70 pacientů bylo ve skupině před zavedením ECMO týmů a 46 pacientů bylo ve skupině po zřízení ECMO týmů. Nemocniční mortalita činila ve skupině před ECMO týmy 75,7 % pacientů oproti 52,2 % mortalitě ve skupině ECMO týmu. Zároveň se zřízením ECMO týmů zkrátila průměrná doba strávená v nemocnici ze 74 na 40 dnů u přeživších pacientů (Na et al., 2018).

Dalia et al. (2019) provedli studii na vzorku 279 pacientů v Massachusettské všeobecné nemocnici v letech 2009 až 2017. Mezi lety 2009 až 2014, kdy ještě nebyly zřízené týmy ECMO, bylo léčeno celkem 130 pacientů s celkovou mortalitou 62,3 % do propuštění pacientů z nemocnice. Oproti tomu bylo mezi lety 2014 až 2017 léčeno pomocí ECMO 149 pacientů s celkovou mortalitou 47,7 % do propuštění pacientů z nemocnice. Z těchto výsledků vyplývá, že implementace ECMO týmu do péče o pacienta na ECMO byla spojena s významným snížením úmrtnosti na JIP a v nemocnicích.

Primárním výsledkem studií, které byly prozkoumány, byla především 60denní a 90denní úmrtnost pacientů. Většina těchto studií uvádí, že tato úmrtnost se pohybovala okolo 35 %, s dlouhodobou úmrtností kolem 50 % během několika let. Nicméně existují i některé výjimky, které uvádějí jak lepší, tak i horší výsledky. Při analýze studií provedených během pandemie COVID-19 lze pozorovat určitou tendenci zlepšování výsledků (Burša et al., 2023).

Funkční a psychické postižení u přeživších po VV ECMO

Po počáteční stabilizaci pacientů podstupujících VV ECMO je klíčové sledovat i jejich dlouhodobý zotavovací proces a celkový stav v horizontu měsíců a let. Průběh léčby a provádění rehabilitačních programů má na dlouhodobé výsledky obrovský vliv (Burša et al., 2023).

McDonald et al. (2019) provedl podrobný výzkum zaměřený na hodnocení kvality života u pacientů, kteří byli léčeni pomocí VV ECMO. Výzkum byl prováděn prostřednictvím rozhovorů s pacienty, kteří prošli hospitalizací. Od odpojení z VV ECMO uplynulo v průměru 14,6 měsíce. Celkem se rozhovoru zúčastnilo 42 pacientů. Podle Katzova indexu nezávislosti aktivit denního života se ukázalo, že 62 % pacientů bylo vysoce soběstačných. Avšak z výsledků rozhovorů vyplývá, že někteří pacienti stále uváděli nedostatky soběstačnosti v určitých oblastech. Nejčastějším nedostatkem byl deficit týkající se schopnosti samostatně se umýt, oblékat se, připravovat si jídlo a nakupovat potraviny. V rámci výzkumu se také zkoumaly i psychické a emocionální aspekty zdraví těchto pacientů. Ukázalo se, že 48 % pacientů vykazovalo příznaky úzkosti a 26 % pacientů se potýkalo s depresí. Na základě těchto výsledků se nabízí myšlenka systematického sledování přeživších pacientů s cílem identifikovat ty, kteří trpí určitými problémy. Tím by se mohlo zabránit dalšímu zhoršování jejich stavu, které nemusí být pouze psychického rázu. Ideálně by takové sledování mělo být součástí celkové péče poskytované daným zdravotnickým centrem.

Wilcox et al. (2020) provedl metaanalýzu, ve které se zaměřil na dlouhodobou morbiditu související se zdravím, konkrétně na kvalitu života spojenou se zdravím (health-related quality of life, HRQL). Jde o subjektivně vnímanou úroveň, podle níž lidé hodnotí své fyzické, emoční a sociální možnosti a schopnosti oproti stavu před vznikem daného onemocnění. K hodnocení HRQL se používají standardizované

dotazníky jako Sickness Impact Profile nebo Nottingham Health Profile. Byly prohledány elektronické databáze od roku 1984 do roku 2016 s cílem najít relevantní studie. Ve třech z těchto nalezených studií byl zaznamenán významný pokles HRQL u osob, které přežily ARDS a byly léčeny pomocí VV ECMO, oproti osobám, které přežily mechanickou ventilaci. Zajímavostí je, že dvě z nalezených studií naznačují, že osoby, které přežily léčbu pomocí VV ECMO, trpěly významně méně depresemi a úzkostmi ve srovnání s osobami, které byly léčeny pomocí mechanické ventilace.

Hodnocením HRQL se zabývala také studie Rilinger et al. (2021). V rámci studie bylo analyzováno 289 pacientů, kteří byli hospitalizováni v období od října 2010 do června 2019 v ECMO centru ve Freiburgu. Zjištěná nemocniční mortalita činila 55,4 %, což znamená, že přežilo přibližně 44,6 % pacientů. U těchto pacientů bylo sledováno přežití po dobu 6 a 12 měsíců od propuštění a bylo zaznamenáno vysoké procento přežívajících - 89 % po 6 měsících a 85 % po 12 měsících. Hodnocení kvality života pomocí HRQL bylo úspěšně provedeno u 53 pacientů, kteří byli léčeni pomocí ECMO. V ECMO skupině bylo zjištěno, že kvalita života je vysoká a rozdíl oproti běžné německé populaci je minimální. Nejčastěji hlášená omezení se týkala fyzických aktivit, omezení v plnění rolí v rámci rodiny nebo práce, omezení zdraví a celkového zdravotního stavu. Naopak v oblastech emocionálního stavu a sociálního fungování nebyla zaznamenána žádná omezení. Výsledky studie neprokázaly žádnou souvislost mezi kvalitou života a délkou trvání podpory ECMO. Duševní stav pacientů byl hodnocen pomocí škál pro úzkost a deprese (HAD-A a HAD-D) a bylo zjištěno, že pacienti měli srovnatelnou úroveň úzkosti s německou referenční skupinou, a dokonce nižší úroveň deprese než průměrná německá populace. Pokud jde o zaměstnanost pacientů, 82 % přeživších se vrátilo do práce. Z toho 61 % pokračovalo ve svém původním zaměstnání, 21 % muselo změnit své zaměstnání, 8 % bylo trvale invalidních a 10 % bylo bez práce již před podporou ECMO. Tato data naznačují, že ECMO může být úspěšnou terapií, která umožňuje pacientům návrat do normálního života, včetně návratu do práce.

Další provedená studie se zaměřila na retrospektivní analýzu dat 125 pacientů s VV ECMO z ECMO centra v Sydney za období 2005-2019. Ze všech pacientů přežilo do propuštění z nemocnice 87 jedinců, z nichž 48 (57 %) bylo následně pravidelně ambulantně sledováno. Sledování pacientů po propuštění trvalo přibližně rok, s mediánem 11,8 měsíce. Během prvních šesti měsíců po propuštění došlo

k výraznému zlepšení většiny problémů, zejména slabosti a dušnosti. Ze 32 pacientů, u kterých byly dostupné informace o zaměstnání, se 19 (83 %) vrátilo do práce v průměru po 5,5 měsících od propuštění, přičemž 16 (70 %) z nich nastoupilo na plný úvazek. Je tedy zřejmé, že většina pacientů byla schopna návratu do zaměstnání poměrně brzy po léčbě ECMO. U 33 % pacientů byly lékařem identifikovány příznaky úzkosti, deprese nebo posttraumatické stresové poruchy (PTSD). Z těchto pacientů mělo 43 % již dříve diagnostikovanou úzkost nebo depresi. Nebyl však nalezen žádný vztah mezi přítomností těchto příznaků a dobou strávenou na jednotce intenzivní péče nebo s dobou léčby VV ECMO (Gray et al., 2021).

V roce 2019 byla zveřejněna studie zkoumající HRQL u pacientů léčených pomocí ECMO a osob, které o ně po propuštění z nemocnice pečují. Data byla získána pomocí standardizovaného 36 položkového dotazníku zdravotního stavu Short-Form Health Survey (SF-36). Do studijní populace bylo zahrnuto 33 pacientů léčených pomocí VV ECMO mezi lety 2009 až 2016 a 31 pečujících osob, kteří souhlasili s vyplněním dotazníku. V dotazníku SF-36 byly zaznamenány nejnižší hodnoty (výrazné snížení kvality života) v oblastech fyzické omezení role (průměrně 25 bodů z maximálních 100 možných) a ve skóre fyzické složky (průměrně 42 bodů). Naopak nejvyšších hodnot bylo dosaženo (minimální snížení kvality života) v oblasti emocionální omezení role (100 bodů) a v oblasti sociální fungování (87 bodů). Nicméně se u zkoumané populace vyskytlo výrazné riziko vzniku deprese (42 % pacientů a 39 % jejich pečovatelů uvedlo příznaky deprese), dále riziko vzniku úzkosti (42 % pacientů a 39 % jejich pečovatelů uvedlo příznaky úzkosti) a nejvyšší riziko bylo zaznamenáno v případě PTSD (47 % pacientů, 61 % pečovatelů) (Sanfilippo et al., 2019).

Podle studií lze tedy říct, že většina pacientů, kteří byli odpojeni od VV ECMO a propuštěni z jednotky intenzivní péče, si dlouhodobě udržuje soběstačnost a více než tři čtvrtiny z nich se vrací do zaměstnání. Nicméně, výsledky studií ukazují, že zhruba 42-48 % pacientů trpí úzkostí a 26-42 % pacientů se potýká s depresí. Tato čísla poukazují na to, že i po úspěšném odpojení od VV ECMO a návratu do běžného života může být psychická pohoda pacientů narušena (Burša et al., 2023).

Predikce výsledku

Studie provedená v roce 2021 v České republice se zabývala porovnáním dostupných skórovacích systémů, které slouží k predikci přežití pacientů léčených

pomocí ECMO. Primárním cílem těchto hodnotících škál není výběr pacientů pro léčbu, ale sledování a predikce účinnosti této léčby. Nicméně myšlenka mít přesný nástroj pro výběr správné léčby je zajímavá. Pro porovnání byly vybrány následující skórovací systémy: PRESERVE, RESP, PRESET, ECMOnet, Roch skóre a skóre APACHE II. Z nich je skóre APACHE II původně určeno pro hodnocení prognózy léčby všech pacientů na jednotkách intenzivní péče během prvních 24 hodin, nikoliv specificky pacientům na ECMO. Pro provedení studie byla vybrána celkem čtyři ECMO centra v ČR, která splňovala kritérium minimálně deseti provedených VV ECMO podpor mezi lednem 2010 a dubnem 2018. Jednalo se o Všeobecnou fakultní nemocnici v Praze, Fakultní nemocnici v Ostravě, Fakultní nemocnici v Olomouci a Nemocnici Třinec Podlesí, s celkem 111 pacienty na VV ECMO zahrnutými do studie. Kohorta pacientů byla dále rozdělena na dvě skupiny podle etiologie primárního onemocnění – skupinu s chřipkou typu A a skupinu s jinou etiologií. Přesnost jednotlivých skórovacích systémů byla hodnocena pomocí ROC analýzy, která určuje plochu pod křivkou AUC. Vyšší hodnota AUC značí vyšší přesnost skórovacího systému. Výsledky ukázaly, že nejlepším prediktorem 6měsíční mortality u všech pacientů bylo Roch skóre společně se skóre APACHE II (oba systémy dosáhly stejné hodnoty AUC: 0,63). Nejlépe 28denní mortalitu predikovala skórovací škála PRESERVE (AUC: 0,66). Skóre APACHE II bylo nejlepším prediktorem nemocniční mortality (AUC: 0,66). Ve skupině pacientů s chřipkou A byla nejlepším prediktorem škála APACHE II (mortalita na JIP (AUC: 0,73), nemocniční mortalita (AUC: 0,73), 28denní mortalita (AUC: 0,70) a 6měsíční mortalita (AUC: 0,73)). Ve skupině s jinou etiologií primárního onemocnění bylo skóre APACHE II nejpřesnějším prediktorem pro přežití na jednotce intenzivní péče a v nemocnici (AUC: 0,54 a 0,57), zatímco skóre PRESET bylo přesnější v predikci 28denní a 6měsíční mortality (AUC: 0,60 a 0,56). Celkově lze z této studie vyvodit, že skóre APACHE II vykazuje nejlepší predikční schopnosti u pacientů s chřipkou typu A. U pacientů s jinou etiologií onemocnění byly nejlepšími prediktory skóre APACHE II a PRESET. Žádný z testovaných skórovacích systémů souvisejících s léčbou ECMO však nedosáhl vysoké přesnosti. Navíc zjištění z této studie ukázala, že momentálně neexistuje žádné skóre, které by přesně predikovalo dlouhodobé výsledky z hlediska neurologických nebo fyzických omezení u pacientů po VV ECMO (Maca et al., 2021).

2.3 Význam a limitace dohledaných poznatků

Bakalářská práce se zabývala problematikou ECMO. Konkrétně se zaměřovala na nejčastější komplikace spojené s touto léčebnou metodou a na efektivitu léčby pacientů na ECMO. Z výsledků dohledaných studií je patrné, že využívání metody ECMO se celosvětově rozmáhá. Spolu s vyšším počtem využití roste ale i technická vyspělost této metody a úroveň zkušeností zdravotnického personálu pečujícího o pacienty na ECMO. Tyto pokroky se pozitivně projevují na dlouhodobých výsledcích léčby. Je však důležité podotknout, že i přes technický pokrok ECMO a zvyšující se zkušenosti personálu je tato metoda neustále spojena s rizikem vzniku komplikací, které mohou do různé míry ovlivnit výsledek léčby.

O dlouhodobých výsledcích pacientů s akutním ARDS na VV ECMO jsou k dispozici pouze omezené informace. Většina dostupných studií se zaměřuje na hodnocení mortality a krátkodobé až střednědobé sledování. Databáze ELSO, ze které část studií v této práci čerpá, poskytuje hodnotná data o pacientech léčených pomocí ECMO, avšak tato data mohou být zkreslená. Jedná se o placenou členskou organizaci, která sdružuje převážně centra s velkým počtem pacientů. Členství v ní zahrnuje vkládání podrobných informací o pacientech do databáze, která je proto v tomto ohledu jedním z nejlepších zdrojů dat na světě. Údaje, statistiky a pokyny ELSO tak mají významný vliv na každodenní klinickou praxi. Na druhou stranu menší ECMO centra přispívají do této databáze v menší míře, a proto mohou být parametry úspěšnosti zjištěné v záznamech databáze ELSO zkresleny tím, že údaje z ECMO center s malými zkušenostmi v této databázi z velké části chybí (Burša et al., 2023).

Mimo jiné je třeba vzít v úvahu další faktory, které omezují validitu této práce. Mezi ně patří zařazení studií s výsledky z různých variant ECMO. Některé studie se soustředí pouze na použití VV ECMO, zatímco jiné zahrnují také výsledky léčby pomocí VA ECMO nebo jiných alternativních forem ECMO. Tento fakt může vzhledem k odlišné závažnosti stavu pacientů výrazně ovlivnit výsledky jednotlivých studií.

V neposlední řadě je důležité zmínit, že existují výrazné rozdíly v uspořádání a vzdělání multioborových týmů, pečujících o pacienta na ECMO u nás a v zahraničí. V roce 2014 sice organizace ELSO vydala doporučení ke zřízení ECMO týmů, ale ne na všech pracovištích bylo možné tato doporučení implementovat. Liší se ale i konkrétní složení ECMO týmů mezi jednotlivými zdravotnickými zařízeními. Zároveň studie hovoří o různé úrovni vzdělání zdravotnického personálu pečujícího o pacienta

na ECMO. V některých zemích musí nelékařský zdravotnický personál (NLZP) dokonce absolvovat speciální ECMO kurzy, aby mohl pečovat o pacienta na ECMO. Tyto odlišnosti mohou vést k rozdílům v kvalitě poskytované péče v jednotlivých zařízeních (Na et al., 2018).

Závěr

ECMO je zavedená metoda orgánové podpory u pacientů v kritickém stavu. V případech těžkého akutního respiračního selhání nebo ARDS se obvykle zvažuje použití VV ECMO. VA ECMO varianta se obvykle zvažuje při srdečním selhání nebo při kardiogenním šoku. Cílem této bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální poznatky z oblasti péče o pacienta na ECMO. Hlavní cíl práce byl dále specifikován ve dvou dílčích cílech.

Prvním dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané poznatky o komplikacích spojených s ECMO. Přestože byla potvrzena účinnost a užitečnost této metody, zejména po epidemiích respiračních virových onemocnění, je tato metoda stále spojena s vysokým rizikem komplikací. Mezi ty vůbec nejčastější patří krvácivé komplikace, které postihují až 50 % pacientů. Tato krvácení se obvykle vyskytují v důsledku užívání antikoagulační léčby, která slouží ke snížení rizika trombózy. Přestože antikoagulační léčba pomáhá snížit riziko tvorby krevních sraženin, je toto riziko stále přítomné a trombóza postihuje zhruba 7 % pacientů. Další častou komplikací u pacientů na ECMO jsou infekce. Mohou se vyskytnout v krevním řečišti (až u 43,2 % pacientů), v plicích ve formě ventilátorové pneumonie (16,5 % pacientů) a také v močovém traktu (4 % pacientů). Mezi méně časté, ale závažné komplikace patří technické problémy. Patří sem náhodné dekanylace (1,3 % pacientů), následované náhlým poklesem průtoku v okruhu (1,1 % pacientů), selháním čerpadla (1,1 % pacientů), prasknutím okruhu (0,4 % pacientů) a vzduchem v okruhu (0,2 % pacientů). Při jakékoli ze zmíněných komplikací hrozí vniknutí vzduchu do okruhu ECMO s následným vznikem vzduchové embolie pacienta, která může být pro pacienta fatální.

Druhým dílčím cílem bylo sumarizovat aktuální dohledané poznatky o efektivitě léčby pomocí ECMO. Pacienti s těžkým respiračním selháním podporovaní ECMO mají také stále vysokou úmrtnost pohybující se kolem 50 %. Při hodnocení mortality léčby ECMO je však třeba vzít v úvahu, že bez použití VV ECMO je většina těchto pacientů vystavena vysokému riziku úmrtí a že bez podpory ECMO by byl jejich výsledek pravděpodobně horší. S ohledem na značné finanční a personální zatížení zdravotnického systému touto metodou léčby je nezbytné ECMO efektivně využívat a identifikovat pacienty, kteří by z něj mohli mít prospěch. Klinické výsledky léčby pacientů s ECMO jsou jedním z nejlepších indikátorů účinnosti této metody. Cílem

podpory ECMO by však nemělo být jen přežití pacientů, ale především jejich návrat do normálního života, práce a rodiny. Podle provedených výzkumů se více než tři čtvrtiny přeživších vracejí zpět do svého zaměstnání s různými formami psychických problémů. Mezi nejčastější následky patří úzkosti, které postihují 48 % pacientů, a deprese, která se vyskytuje u 26 % pacientů. Udržení dobrých dlouhodobých výsledků je jedním z nejdůležitějších cílů podpory ECMO.

Hlavním přínosem práce je zvýšení povědomí NLZP na JIP o potenciálních komplikacích v průběhu léčby pacientů na ECMO a o správných postupech, které by měl personál uplatnit v případě výskytu jakékoli z komplikací. Dalším přínosem práce je možné posílení motivace NLZP k péči o pacienty na ECMO díky předloženým výsledkům studií. Výsledky těchto studií naznačují, že navzdory vyšší náročnosti léčby ECMO je práce NLZP smysluplná díky snížení mortality pacientů při léčbě ECMO v porovnání s méně náročnou konvenční léčbou. Zároveň tato práce může sloužit jako podnět k dalším studiím a výzkumům v oblasti péče o pacienta na ECMO.

Referenční seznam

Ahmad, R., Abrahamian, A., Salih, A., Patel, R., Holtzapple, Z., Assaly, R., & Safi, F. (2023). Demographics and Outcomes of Extracorporeal Membrane Oxygenation in COVID-19 Patients: National Database Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/jcm12186013>

Aubron, C., Cheng, A. C., Pilcher, D., Leong, T., Magrin, G., Cooper, D. J., Scheinkestel, C., & Pellegrino, V. (2015). Infections Acquired by Adults Who Receive Extracorporeal Membrane Oxygenation Risk Factors and Outcome. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 34(1), 24-30. <https://doi.org/10.1086/668439>

Balik, M., Svobodova, E., Porizka, M., Maly, M., Brestovansky, P., Volny, L., Brozek, T., Bartosova, T., Jurisinova, I., Mevaldova, Z., Misovic, O., Novotny, A., Horejsek, J., Otahal, M., Flaksa, M., Stach, Z., Rulisek, J., Trachta, P., Kolman, J., et al. (2022). The impact of obesity on the outcome of severe SARS-CoV-2 ARDS in a high volume ECMO centre: ECMO and corticosteroids support the obesity paradox. *Journal of Critical Care*, 72, 154162. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2022.154162>

Barbaro, R. P., MacLaren, G., Boonstra, P. S., Iwashyna, T. J., Slutsky, A. S., Fan, E., Bartlett, R. H., Tonna, J. E., Hyslop, R., Fanning, J. J., Rycus, P. T., Hyer, S. J., Anders, M. M., Agerstrand, C. L., Hryniewicz, K., Diaz, R., Lorusso, R., Combes, A., Brodie, D., et al. (2020). Extracorporeal membrane oxygenation support in COVID-19: an international cohort study of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *The Lancet*, 396(10257), 1071-1078. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32008-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32008-0)

Biscotti, M., Agerstrand, C., Abrams, D., Ginsburg, M., Sonett, J., Mongero, L., Takayama, H., Brodie, D., & Bacchetta, M. (2015). One Hundred Transports on Extracorporeal Support to an Extracorporeal Membrane Oxygenation Center. *The Annals of Thoracic Surgery*, 100(1), 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.02.037>

Brogan, V.T., Requier, L., Lorusso, R., MacLaren, G., & Peek, G. (Eds.). (2017). *Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book 5th Edition* (5 ed.). ELSO.

Burša, F., Frelich, M., Sklienka, P., Jor, O., & Máca, J. (2023). Long-Term Outcomes of Extracorporeal Life Support in Respiratory Failure. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16), 5196. <https://doi.org/10.3390/jcm12165196>

Cabanilla, M. G., Villalobos, N. E., & Ahmed, S. (2022). A role for nebulized tranexamic acid in veno-venous ECMO patients. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 47(1), 125-128. <https://doi.org/10.1111/jcpt.13463>

Combes, A., Hajage, D., Capellier, G., Demoule, A., Lavoué, S., Guervilly, C., Da Silva, D., Zafrani, L., Tirot, P., Veber, B., Maury, E., Levy, B., Cohen, Y., Richard, C., Kalfon, P., Bouadma, L., Mehdaoui, H., Beduneau, G., Lebreton, G., et al. (2018). Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal of Medicine*, 378(21), 1965-1975. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800385s>

Combes, A., Peek, G. J., Hajage, D., Hardy, P., Abrams, D., Schmidt, M., Dechartres, A., & Elbourne, D. (2020). ECMO for severe ARDS: systematic review and individual patient data meta-analysis. *Intensive Care Medicine*, 46(11), 2048-2057. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06248-3>

Dalia, A. A., Ortoleva, J., Fiedler, A., Villavicencio, M., Shelton, K., & Cudemus, G. D. (2019). Extracorporeal Membrane Oxygenation Is a Team Sport: Institutional Survival Benefits of a Formalized ECMO Team. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 33(4), 902-907. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2018.06.003>

Delnoij, T. S. R., Driessen, R., Sharma, A. S., Bouman, E. A., Strauch, U., & Roekaerts, P. M. (2016). Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Intractable Pulmonary Insufficiency: Practical Issues and Future Directions. *BioMed Research International*, 2016, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2016/9367464>

Di Nardo, M., De Piero, M. E., Hoskote, A., Belohlavek, J., Lorusso, R., Di Nardo, M., De Piero, M. E., Belohlavek, J., Lorusso, R., Hoskote, A., Thiruchelvam, T., Lillie, J., Stanley, V., StJohn, L., Amodeo, A., Balcells, J., Belda Hofheinz, S., Abecasis, F.,

Roncon-Albuquerque, R., et al. (2022). Extracorporeal membrane oxygenation in children with COVID-19 and PIMS-TS during the second and third wave. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 6(4), e14-e15. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(22\)00065-7](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(22)00065-7)

Enger, T. B., Philipp, A., Lubnow, M., Fischer, M., Camboni, D., Lunz, D., Bein, T., & Müller, T. (2017). Long-Term Survival in Adult Patients With Severe Acute Lung Failure Receiving Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Critical Care Medicine*, 45(10), 1718-1725. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002644>

Fanelli, V., Giani, M., Grasselli, G., Mojoli, F., Martucci, G., Grazioli, L., Alessandri, F., Mongodi, S., Sales, G., Montrucchio, G., Pizzi, C., Richiardi, L., Lorini, L., Arcadipane, A., Pesenti, A., Foti, G., Patroniti, N., Brazzi, L., & Ranieri, V. M. (2022). Extracorporeal membrane oxygenation for COVID-19 and influenza H1N1 associated acute respiratory distress syndrome: a multicenter retrospective cohort study. *Critical Care*, 26(34), 28-36. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03906-4>

Fletcher-Sandersjö, A., Thelin, E. P., Bartek, J., Broman, M., Sallisalimi, M., Elmi-Terander, A., & Bellander, B. -M. (2018). Incidence, Outcome, and Predictors of Intracranial Hemorrhage in Adult Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Systematic and Narrative Review. *Frontiers in Neurology*, 9(548), 125-135. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00548>

Friedrichson, B., Mutlak, H., Zacharowski, K., & Piekarski, F. (2021). Insight into ECMO, mortality and ARDS: a nationwide analysis of 45,647 ECMO runs. *Critical Care*, 25(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03463-2>

Goligher, E. C., Tomlinson, G., Hajage, D., Wijeyesundera, D. N., Fan, E., Jüni, P., Brodie, D., Slutsky, A. S., & Combes, A. (2018). Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome and Posterior Probability of Mortality Benefit in a Post Hoc Bayesian Analysis of a Randomized Clinical Trial. *The Journal of the American Medical Association*, 320(21), 2251–2259. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14276>

Gray, E. L., Forrest, P., Southwood, T. J., Totaro, R. J., Plunkett, B. T., & Torzillo, P. J. (2021). Long-term outcomes of adults with acute respiratory failure treated with veno-venous extracorporeal membrane oxygenation. *Anaesthesia and Intensive Care*, 49(6), 477-485. <https://doi.org/10.1177/0310057X2111042386>

Haji, J. Y., Mehra, S., & Doraiswamy, P. (2021). Awake ECMO and mobilizing patients on ECMO. *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 37(S2), 309-318. <https://doi.org/10.1007/s12055-020-01075-z>

Henry, B. M., & Lippi, G. (2020). Poor survival with extracorporeal membrane oxygenation in acute respiratory distress syndrome (ARDS) due to coronavirus disease 2019 (COVID-19): Pooled analysis of early reports. *Journal of Critical Care*, 58, 27-28. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.03.011>

Karagiannidis, C., Strassmann, S., Merten, M., Bein, T., Windisch, W., Meybohm, P., & Weber-Carstens, S. (2021). High In-Hospital Mortality Rate in Patients with COVID-19 Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation in Germany: A Critical Analysis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 204(8), 991-994. <https://doi.org/10.1164/rccm.202105-1145LE>

Kawauchi, A., Liu, K., Nakamura, M., Suzuki, H., Fujizuka, K., & Nakano, M. (2022). Risk factors for bleeding complications during venovenous extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to recovery. *Artificial Organs*, 46(9), 1901-1911. <https://doi.org/10.1111/aor.14267>

Kim, J. H., Pieri, M., Landoni, G., Scandroglio, A. M., Calabrò, M. G., Fominskiy, E., Lembo, R., Heo, M. H., & Zangrillo, A. (2021a). Venovenous ECMO treatment, outcomes, and complications in adults according to large case series: A systematic review. *The International Journal of Artificial Organs*, 44(7), 481-488. <https://doi.org/10.1177/0391398820975408>

Kim, D. H., Cho, W. H., Son, J., Lee, S. K., & Yeo, H. J. (2021b). Catastrophic Mechanical Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO Journal*, 67(9), 1000-1005. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001354>

Lorusso, R., Shekar, K., MacLaren, G., Schmidt, M., Pellegrino, V., Meyns, B., Haft, J., Vercaemst, L., Pappalardo, F., Bermudez, C., Belohlavek, J., Hou, X., Boeken, U., Castillo, R., Donker, D. W., Abrams, D., Ranucci, M., Hryniewicz, K., Chavez, I., et al. (2021). ELSO Interim Guidelines for Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. *ASAIO Journal*, 67(8), 827-844. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001510>

Lubnow, M., Philipp, A., Foltan, M., Bull Enger, T., Lunz, D., Bein, T., Haneya, A., Schmid, C., Riegger, G., Müller, T., Lehle, K., & Schäfer, A. (2014). Technical Complications during Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation and Their Relevance Predicting a System-Exchange – Retrospective Analysis of 265 Cases. *PLoS ONE*, 9(12), e112316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112316>

Maca, J., Matousek, V., Bursa, F., Klementova, O., Hanak, R., Burda, M., Sevcik, P., & Rulisek, J. (2021). Extracorporeal membrane oxygenation survival: External validation of current predictive scoring systems focusing on influenza A etiology. *Artificial Organs*, 45(8), 881-892. <https://doi.org/10.1111/aor.13932>

Mallory, P. P., Barbaro, R. P., Bembea, M. M., Bridges, B. C., Chima, R. S., Kilbaugh, T. J., Potera, R. M., Rosner, E. A., Sandhu, H. S., Slaven, J. E., Tarquinio, K. M., Cheifetz, I. M., & Friedman, M. L. (2021). Tracheostomy and long-term mechanical ventilation in children after venous extracorporeal membrane oxygenation. *Pediatric Pulmonology*, 56(9), 3005-3012. <https://doi.org/10.1002/ppul.25546>

Makdisi, G., & Wang, I. -wen. (2015). Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *Journal of Thoracic Disease*, 7(7), E166-E176. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.07.17>

McDonald, M. D., Sandsmark, D. K., Palakshappa, J. A., Mikkelsen, M. E., Anderson, B. J., & Gutsche, J. T. (2019). Long-Term Outcomes After Extracorporeal Life Support for Acute Respiratory Failure. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 33(1), 72-79. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2018.05.023>

Muguruma, K., Kunisawa, S., Fushimi, K., & Imanaka, Y. (2020). Epidemiology and volume-outcome relationship of extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure in Japan: A retrospective observational study using a national administrative database. *Acute Medicine & Surgery*, 7(e486), 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ams2.486>

Munshi, L., Walkey, A., Goligher, E., Pham, T., Uleryk, E. M., & Fan, E. (2019). Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*, 7(2), 163-172. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30452-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30452-1)

Na, S. J., Chung, C. R., Choi, H. J., Cho, Y. H., Sung, K., Yang, J. H., Suh, G. Y., & Jeon, K. (2018). The effect of multidisciplinary extracorporeal membrane oxygenation team on clinical outcomes in patients with severe acute respiratory failure. *Annals of Intensive Care*, 8(31), 182-192. <https://doi.org/10.1186/s13613-018-0375-9>

Olson, S. R., Murphree, C. R., Zonies, D., Meyer, A. D., Mccarty, O. J. T., Deloughery, T. G., & Shatzel, J. J. (2021). Thrombosis and Bleeding in Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Without Anticoagulation: A Systematic Review. *ASAIO Journal*, 67(3), 290-296. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001230>

Ošťádal, P., Bělohávek, J., Balík, M., & Říha, H. (2018). *ECMO: extrakorporální membránová oxygenace: manuál pro použití u dospělých* (2. aktualizované vydání). Maxdorf.

Popugaev, K. A., Bakharev, S. A., Kiselev, K. V., Samoylov, A. S., Kruglykov, N. M., Abudeev, S. A., Zhuravel, S. V., Shabanov, A. K., Mueller, T., Mayer, S. A., Petrikov, S. S., & ten Cate, H. (2020). Clinical and pathophysiologic aspects of ECMO-

associated hemorrhagic complications. *PLoS ONE*, 15(10), e0240117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240117>

Provaznik, Z., Philipp, A., Müller, T., Kostiantyn, K., Lunz, D., Schmid, C., & Floerchinger, B. (2023). Outcome after veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in elderly compared to younger patients: A 14-year retrospective observational study. *Artificial Organs*, 47(5), 882-890. <https://doi.org/10.1111/aor.14454>

Rilinger, J., Krötzsch, K., Bemtgen, X., Jäckel, M., Zotzmann, V., Lang, C. N., Kaier, K., Duerschmied, D., Supady, A., Bode, C., Staudacher, D. L., & Wengenmayer, T. (2021). Long-term survival and health-related quality of life in patients with severe acute respiratory distress syndrome and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation support. *Critical Care*, 25(1), 410-412. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03821-0>

Road, M., & Arbor, A. (Eds.). (2020). *Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), Registry Report European Summary 2020*. Retrieved December 1, 2023, from <https://www.elseo.org/portals/0/files/pdf/elseo%20annual%20report%202020%20produced.pdf>

Sanfilippo, F., Ippolito, M., Santonocito, C., Martucci, G., Carollo, T., Bertani, A., Vitulo, P., Pilato, M., Panarello, G., Giarratano, A., & Arcadipane, A. (2019). Long-term functional and psychological recovery in a population of acute respiratory distress syndrome patients treated with VV-ECMO and in their caregivers. *Minerva Anestesiologica*, 85(9), 971-980. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.19.13095-7>

Shaefi, S., Brenner, S. K., Gupta, S., O’Gara, B. P., Krajewski, M. L., Charytan, D. M., Chaudhry, S., Mirza, S. H., Peev, V., Anderson, M., Bansal, A., Hayek, S. S., Srivastava, A., Mathews, K. S., Johns, T. S., Leonberg-Yoo, A., Green, A., Arunthamakun, J., Wille, K. M., et al. (2021). Extracorporeal membrane oxygenation in patients with severe respiratory failure from COVID-19. *Intensive Care Medicine*, 47(2), 208-221. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06331-9>

Urner, M., Barnett, A. G., Bassi, G. L., Brodie, D., Dalton, H. J., Ferguson, N. D., Heinsar, S., Hodgson, C. L., Peek, G., Shekar, K., Suen, J. Y., Fraser, J. F., & Fan, E. (2022). Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in patients with acute covid-19 associated respiratory failure: comparative effectiveness study. *BMJ*, 377, /bmj/377/bmj-2021-068723.atom. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-068723>

Wilcox, M. E., Jaramillo-Rocha, V., Hodgson, C., Taglione, M. S., Ferguson, N. D., & Fan, E. (2020). Long-Term Quality of Life After Extracorporeal Membrane Oxygenation in ARDS Survivors: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Intensive Care Medicine*, 35(3), 233-243. <https://doi.org/10.1177/0885066617737035>

Seznam zkratk

AIM	Akutní infarkt myokardu
ARDS	Syndrom akutní respirační tísně
CARDS	Syndrom akutní respirační tísně spojený s COVID-19
CRP	C-reaktivní protein
ECLS	Mimotělní podpora života
ECMO	Extrakorporální membránová oxygenace
ECPR	Extrakorporální kardiopulmonální resuscitace
ELSO	Organizace pro mimotělní podporu života
EOLIA	ECMO to Rescue Lung Injury in Severe ARDS
HAI	Infekce spojená s hospitalizací
HRQL	Kvalita života spojená se zdravím
IABP	Intraaortální balónkové pumpy
JIP	Jednotka intenzivní péče
MCS	Mechanická podpora oběhu
NLZP	Nelékařský zdravotnický personál
PCI	Perkutánní koronární intervence
PEEP	Pozitivní přetlak na konci výdechu
P_{plat}	Plateau tlak
ΔP	Hnací tlak
PS	Pravá síň
SF-36	Short-Form Health Survey
VA ECMO	Venoarteriální Extrakorporální membránová oxygenace
VAV ECMO	Venoarteriovenózní Extrakorporální membránová oxygenace
VV ECMO	Venovenózní Extrakorporální membránová oxygenace