



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Použití ECMO přístrojů u pacientů s onemocněním COVID-19

Use of ECMO Devices in Patients with COVID-19 Disease

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Autor bakalářské práce: Tomáš Mondschein

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Tomáš Heřman

Kladno 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mondschein** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **491628**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Zdravotnický záchranář**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Použití ECMO přístrojů u pacientů s onemocněním COVID-19

Název bakalářské práce anglicky:

Use of ECMO Devices in Patients with COVID-19 Disease

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude zhodnocení použití přístrojů mimotělní membránové oxygenace (ECMO) u pacientů s onemocněním COVID-19. V teoretické části bude představeno onemocnění COVID-19, přístroje ECMO a jejich klinické využití. Dále budou popsány jednotlivé typy zapojení mimotělní podpory, očekávaný přínos pro pacienta a nejčastější komplikace a rizika spojená s léčbou. V praktické části se bude bakalářská práce zabývat srovnáváním několika vybraných kazuistik pacientů s onemocněním COVID-19, u kterých bylo přistoupeno k mimotělní membránové oxygenaci. Představí praktický postup léčby, zhodnotí nejčastější rizika a komplikace vzniklé s požitím ECMO a shrne kritické body léčby. Cílem práce bude demonstrace komplexní problematiky aplikace metody ECMO u vybraných pacientů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BROGAN, V. Thomas, Laurance LEQUIER, Roberto LORISSO et al., Extracorporeal life support: the ELSO red book, ed. 5., Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2017, 831 s., ISBN 987-0-9656756-5-9
- [2] MALÁSKA, Jan, Jan STAŠEK, Milan KRATOCHVÍL a Václav ZVONIČEK, Intenzivní medicína v praxi, ed. 1., Praha: Maxdorf (Jessenius), 2020, 712 s., ISBN 978-80-7345-675-7
- [3] VUYLSTEKE, Alain, Daniel BRODIE, Alain COMBES et al., EVMO in the Adult Patient, ed. 1., Cambridge: Cambridge University Press, 2017, 228 s., ISBN 978-11-3908-825-1

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Tomáš Heřman

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Použití ECMO přístrojů u pacientů s onemocněním COVID-19 vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 09.05.2022

.....
Tomáš Mondschein

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce MUDr. Tomáši Heřmanovi za ochotu, cenné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat pražské nemocnici, která si nepřála zveřejňovat svůj název, za ochotné umožnění sběru dat k výzkumu a vstřícné jednání při realizaci praktické části práce.

ABSTRAKT

V letech 2020 až 2022 postihla svět vlna pandemie viru SARS-CoV-2 způsobující onemocnění COVID-19. Nemocní často končili v kritickém stavu na jednotkách ARO s nemožností efektivní dechové práce. Tato práce má za cíl představit komplexnost terapie pomocí přístrojů pro mimotělní membránovou oxygenaci, nejčastější komplikace a zhodnotit kritické body léčby. V teoretické části práce představuje historii konceptu ECMO, jeho varianty a terapeutické využití u COVID-19. V praktické části zkoumá práce vzorek 25 pacientů, z nichž na výběru 4 kazuistik retrospektivně popisuje postup hospitalizace. Nejčastější zjištěná komplikace při léčbě bylo krvácení a kritickým bodem léčby je včasná rozvaha nad směřováním pacienta do specializovaných center ECMO. Práce shrnuje hlavní poznatky o ECMO u COVID-19 a poskytuje ucelený náhled na problematiku.

Klíčová slova

ECMO; Extrakorporální membránová oxygenace; COVID-19; SARS CoV-2; ARDS; mimotělní oběh

ABSTRACT

Between years 2020 and 2022, the world was hit by a SARS-CoV-2 pandemic causing COVID-19 disease. Patients often ended up in critical condition in intensive care units with the insufficient breathing work. This thesis aims to present the complexity of therapy with extracorporeal membrane oxygenation devices, the most common complications and evaluate the critical points of treatment. The theoretical part of the thesis presents the history of the ECMO concept, its variants and therapeutic use in COVID-19. In the practice part, the work examines a sample of 25 patients and selection of 4 cases reports that retrospectively describes the procedure of hospitalization. The most common treatment complication was bleeding, and the critical point of treatment is early evaluation of opportunities and transport to specialized ECMO centers. The thesis summarizes the main findings about ECMO in COVID-19 and provides a comprehensive view of the issue.

Keywords

ECMO; Extracorporeal membrane oxygenation; COVID-19; SARS CoV-2; ARDS; Extracorporeal circulation

Obsah

1	ÚVOD	9
2	CÍLE PRÁCE	11
3	ONEMOCNĚNÍ COVID-19	12
3.1	FORMY ONEMOCNĚNÍ	13
3.2	LABORATORNÍ PRŮKAZ	15
3.3	POČTY NAKAŽENÝCH A LETALITA	15
4	ECMO	16
4.1	KOMPONENTY.....	16
4.2	POUŽITÍ ECMO	17
4.3	HISTORIE.....	18
4.4	VENO-ARTERIÁLNÍ ECMO	19
4.4.1	<i>Kanylace</i>	20
4.5	VENO-VENÓZNÍ ECMO	21
4.5.1	<i>Kanylace</i>	22
4.6	VENO-ARTERIO-VENÓZNÍ ECMO	24
4.7	MONITORACE	25
4.7.1	<i>Oxymetrie a krevní tlak</i>	25
4.7.2	<i>Antikoagulace a krevní plyny</i>	26
4.8	OKRUH ECMO	26
5	KOMPLIKACE A RIZIKA	28
5.1	KRVÁCENÍ.....	28
5.2	ISCHEMIE	29
5.3	HARLEKÝNSKÝ SYNDROM	29
5.4	TROMBÓZA A VZDUCHOVÁ EMBOLIE	30
5.5	OSTATNÍ KOMPLIKACE	31
6	ECMO A COVID-19	32
6.1	INDIKAČNÍ KRITÉRIA.....	33
6.2	SPECIFIKA OŠETŘOVATELSKÉ PÉČE	34
7	METODIKA	35
8	VÝSLEDKY	36
8.1	KAZUISTIKA 1	39
8.2	KAZUISTIKA 2.....	41
8.3	KAZUISTIKA 3.....	43

8.4	KAZUISTIKA 4.....	45
9	DISKUZE	48
10	ZÁVĚR	53
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	54
12	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
13	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	60
14	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	61
15	SEZNAM GRAFŮ	62

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá problematikou použití přístrojů ECMO u pacientů s onemocněním COVID-19. Onemocnění COVID-19 je spojené se širokým spektrem příznaků. Z tohoto důvodu je někdy obtížné určit správnou diagnózu včas a zahájit cílenou terapii vedoucí ke zlepšení zdravotního stavu pacienta. Mnohdy je infekce rozpoznána pozdně což znamená zhoršení zdravotního stavu pacienta a vede k jeho akutní hospitalizaci na lůžku. Především kvůli progredující dušnosti a hyposaturaci je na místě časná oxygenoterapie prostřednictvím vysoko průtokové oxygenace (HFNO), neinvazivní ventilace, popřípadě umělé plicní ventilace. Při setrvávajícím respiračním selhání i přes veškerá úsilí může být přistoupeno k tzv. rescue postupům. Mezi takové patří i snaha o zlepšení poměrů krevních plynů pomocí přístrojů umožňující extrakorporální membránovou oxygenaci. Péče o takové pacienty je realizována na pracovištích vysoce specializované intenzivní péče nebo anesteziologicko-resuscitačních odděleních disponujícími zkušenostmi s vedením tohoto programu a patřičným vybavením. ECMO vyžaduje kvalifikovaný personál – specialisty vyškolené jednak k asistenci při zavádění kanyl a spouštění terapie, každodenní péči o pacienta a přístroj ale i k řešení případných komplikací. Rozvaha k implantaci ECMO je mnohdy zásadním bodem zvratu strategie terapie.

Předmětem teoretické části práce bude představení onemocnění COVID-19, představení systému mimotělní membránové oxygenace, jejích typů a užití. Teoreticky bude představena problematika možných komplikací a jejich řešení. Dále bude popisovat problematiku zahájení a vedení terapie strategií ECMO u pacientů pozitivních na COVID-19 a komplexností ošetrovatelské péče o tyto pacienty na jednotkách intenzivní péče nebo na anesteziologicko-resuscitačních odděleních. V praktické části se práce bude zabývat představením a popisem

jednotlivých kazuistik pacientů, úvahou nad postupem při jejich terapii a zhodnocením přínosu pro pacienty. Praktická část by měla shrnout kritické body léčby, a nastínit postup terapie.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je představení komplexní problematiky metody ECMO u nemocných s onemocněním COVID-19. Úkolem č. 1 je sehnat dostatečný vzorek pacientů, vhodných k výběru pro praktickou část. Úkol č. 2 je vybrat ze vzorku pacientů několik zástupců, jejichž kazuistika bude probírána v praktické části práce. Cílem 1 je představit terapeutický postup a vývoj onemocnění na vybraných kazuistikách. Cíl 2 je nalezení kritických bodů léčby, společných pro vybrané pacienty. Cíl 3 je nalezení komplikací spojených s poskytovanou terapií prostřednictvím mimotělního oběhu. Výsledkem práce bude shrnutí zkoumaného souboru formou komentované tabulky a získání základního přehledu souboru. Celá práce by měla sloužit k nastínění komplikovanosti a unikátnosti terapie při refrakterních respiračních selhání kvůli COVID-19.

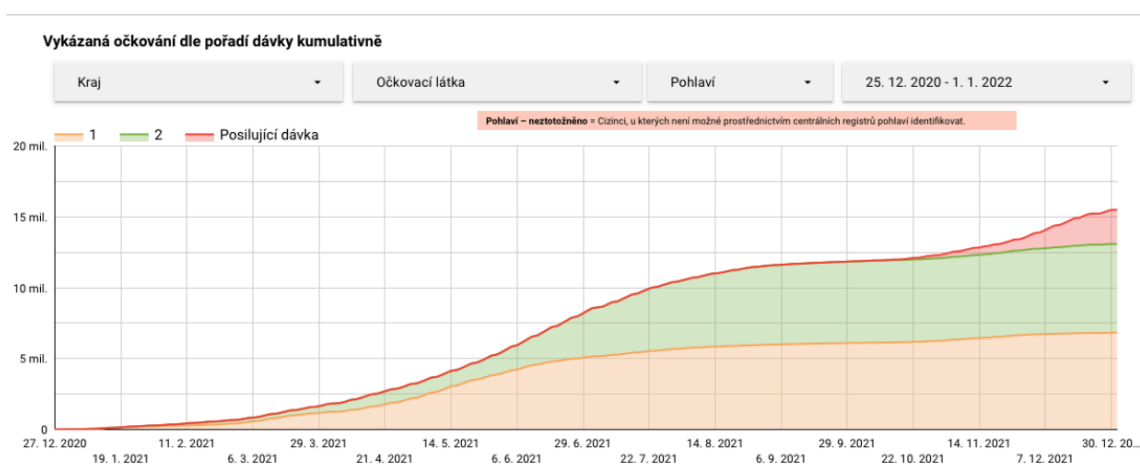
3 ONEMOCNĚNÍ COVID-19

COVID-19 je vysoce nakažlivé akutní onemocnění způsobené virem SARS-CoV-2 (z anglického Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2). Postihuje zejména respirační trakt člověka. Nejčastější forma přenosu z člověka na člověka je pomocí kapének a aerosolem při kašlání, kýchání, řeči a dalších rizikových činnostech. Ministerstvo zdravotnictví České republiky (Komenda et al, 2020) udává, že nejnebezpečnější odstup pro přenos je do vzdálenosti dvou metrů mezi osobami.

Inkubační doba viru se udává od 2 do 14 dní, avšak nejčastěji to bývá v rozmezí 4-6 dnů. Mezi hlavní klinické projevy při respirační infekci se uvádí kašel (50%), dušnost (28%), pocit bolesti nebo škrábání v krku (20%) a rýma (v 6% případů). Celkové příznaky onemocnění jsou horečka, která přervává až 10 dnů, únava a pocit slabosti s bolestí svalů nebo hlavy, průjem, nechutenství spojené s nauzeou a zvracením, doprovázené možnou ztrátou čichu a/nebo ztrátou chuti. Projevy onemocnění mohou být i nenápadné, hlavně u starších pacientů. Matoucími situacemi může být například hypoxie bez přítomnosti dušnosti nebo dehydratace a slabost bez příznaků respirační infekce. Závažnost stavu může být odhalena, až při dekompenzaci jiného chronického onemocnění. Nejčastějším orgánovým projevem je pneumonie. Při covidu-19 jsou významné komplikace ve formě hyperkoagulačního stavu, končící až plicní embolií, cévní mozkovou příhodou, hlubokou žilní nebo arteriální trombózou (Wassie et al, 2020; Stokes et al, 2020).

Očkování proti viru je dle Ministerstva zdravotnictví České republiky (Komenda et al., 2020) považováno za nejlepší prevenci možného těžkého průběhu onemocnění. Od 26. 12. 2020 jsou v České republice k dostání první varianty očkovacích látek firem BioNTech a Pfizer. S postupným vývojem

nových očkovacích látek a zároveň přítomnosti nových forem viru bylo zavedeno několika stupňové očkovací schéma. Od jednotlivé dávky s posilující druhou, po dvou dávkové schéma s pozdější třetí posilující. K dostání jsou (k dubnu roku 2022) vakcíny společností Novavax (vakcína Nuvaxovid), Moderna (vakcína Spikevax), AstraZeneca (Vaxzevria), Jonson&Johnson (Janssen) a vakcína Comirnaty od společnosti Pfizer/BioNTech (Komenda et al, 2020). Od 25. 12. 2020 bylo až k 1. 1. 2022 podáno na území ČR více než 15 milionů dávek očkovací látky viz *Obrázek 1*. (MZČR, 2022).



Obrázek 1 Vykázaná očkování dle pořadí dávky kumulativně (MZČR, 2022)

3.1 Formy onemocnění

Společnost infekčního lékařství ČLS JEP (Štefan et al, 2021) rozděluje 5 forem průběhu onemocnění:

1. *Asymptomatická forma* je taková, při které postižený nevykazuje žádné klinické příznaky infekce COVID-19.
2. Pro *mírnou formu* svědčí přítomnost jednoho, nebo více příznaků onemocnění COVID-19. Tím může být: horečka, bolest v krku, bolest svalů a kloubů, únava, nauzea a zvracení nebo ztráta čichu a chuti a další.

U pacientů nepozorujeme známky pneumonie z radiologických vyšetření ani dušnost.

3. *Středně závažná forma* je stejné klasifikace jako mírná forma, viz výše, s přítomností dušnosti, nebo známky pneumonie ze snímků zobrazovacích metod. Hodnoty saturace krve jsou vyšší než 94 % bez podání kyslíku.
4. *Závažná forma* onemocnění se projevuje známkami závažného poškození dolních dýchacích cest ve formě pneumonie a poklesem saturace krve kyslíkem pod hodnotu 94 %. Dále je přítomna tachypnoe, nebo významná dušnost, nebo je patrné postižení plic z více než poloviny plicního parenchymu.
5. *Kritická forma* se klasifikuje stejně jako závažná forma s tím rozdílem, že musí být přítomno respirační selhání, septický šok či multiorgánové selhání.

Faktorů ovlivňující průběh nemoci je několik. Mezi ty rizikové vedoucí ke zhoršení stavu patří zejména: vyšší věk pacienta, sekundární onemocnění (diabetes mellitus, obezita, arteriální hypertenze, chronická obstrukční plicní nemoc a jiná chronická onemocnění), dále dysfunkce orgánů (srdce, jater a ledvin), probíhající imunosupresivní léčba, onkologická léčba nebo jiný imunodeficit (Zhou et al, 2020).

S přihlédnutím k rizikovým faktorům a klinickým indikátorům navrhuje ošetřující lékař ambulantní léčení, nebo hospitalizaci. Mezi klinické indikátory hospitalizace se řadí dušnost, tachypnoe (s počtem dechů >25/min), nutnost oxgenoterapie ($SpO_2 < 93\%$ před zahájením terapie), hypotenze (při systolickém tlaku <100 mmHg), tachykardie nad 125/min, schvácenost, potřeba rehydratace a neschopnost perorálního příjmu potravy nebo poruchy vědomí. Ke správné rozvaze a orientaci slouží výsledek rentgenového zobrazení plic a laboratorní vyšetření. Z těch jsou považovány za alarmující CRP >100 mg/l, pokles lymfocytů

v krevním rozpočtu pod $0,8 \times 10^9/l$, D-dimery >1 mg/l, zvýšení hladiny troponinu nebo kreatinkinázy a další (Henry et al, 2020).

3.2 Laboratorní průkaz

Pro přímý důkaz o přítomnosti viru v těle pacienta se používají dvě metody. Ze stěru horních cest dýchacích se provádí antigenní test. Pokud jsou u pacienta přítomny klinické známky infekce, považuje se při pozitivním výsledku antigenního testu za COVID-19 pozitivní. Při pozitivitě testu u asymptomatického jedince je nutno provést senzitivnější metodu polymerázové řetězové reakce s reverzní transkripcí v reálném čase, tedy RT-PCR (z anglického Reverse Transkription Polymerase Chain Reaction) Vyšetření RT-PCR je považováno za standart průkazu infekce virem. Test je prováděn ze vzorku výtěru z nosohltanu, nebo z dolních dýchacích cest při umělé plicní ventilaci. Pozitivita výsledku sice značí jasnou přítomnost viru, ale nemusí být nutně aktivní. Proto je potřeba vyšetření vždy srovnávat se stavem pacienta (Štefan et al, 2021).

3.3 Počty nakažených a letalita

Od roku 2019 bylo ke dni 1. 1. 2022 dle hlášení krajských hygienických stanic v České republice registrováno přes 2 485 742 případů nakažených virem COVID-19, z čehož 36 391 pacientů zemřelo. Bylo provedeno přes 16,2 milionů laboratorních PCR testů a téměř 32 milionů antigenních. Letalita se celosvětově pohybuje mezi 1-10 %, v závislosti na kvalitě dostupné péče a závažnosti onemocnění (Štefan et al, 2021; Komenda et al, 2020).

4 ECMO

Extrakorporální membránová oxygenace (dále jen ECMO) je život zachraňující metoda, využívající mimotělního oběhu. Pracuje na principu mimotělní výměny krevních plynů. Žilní krev je s pomocí krevní pumpy jímána z pacientova těla, vháněna do oxygenátoru ve kterém se nahrazuje CO₂ za O₂ a následně je vedena zpět do cévního řečiště (Ošfádal, 2018)

4.1 Komponenty

Přístroj, který umožňuje tuto metodu použít, se skládá z několika částí: nasávací (inflow) a výpustní (outflow) kanyly, které sbírají a vracejí krev z a do velkých cév pacienta, okruhu hadic vedoucí krev k jednotlivým komponentům sestavy, krevní pumpu (axiální, centrifugální, nebo hybridní čerpadlo kombinující obě technologie – zajišťuje tok krve systémem a podporu pacientova oběhu) a oxygenátor, který svým zpracováním umožňuje výměnu plynů v krvi. Jedná se tedy o derivačně-substituční metodu, kdy se z krve odstraňuje oxid uhličitý za substituce kyslíkem (Brogan et al, 2017).

Dále je přístroj vybaven směšovačem plyné směsi, ve kterém dochází k mísení kyslíku o určité frakci a vzduchu z centrálního rozvodu plynů – výsledná směs plynů je pod nastavitelným průtokem přiváděna do oxygenátoru. Dále tepelným výměníkem, zajišťující stálost teploty krve, která je přiváděna zpět pacientovy, soustavou tlakových a průtokových čidel napojené na okruh a řídicí jednotkou, kterou je ovládán chod čerpadla. Na displeji řídicí jednotky jsou ukazatelé aktuálních hodnot i možnost volby zobrazení trendů tlaků, průtoku a výkonu čerpadla pro jednodušší představu o historii parametrů nastavení systému. Každý přístroj ECMO by měl mít vlastní záložní zdroj elektrické energie a možnost upevnění zásobních lahví s kyslíkem nejen pro případ transportu pacienta.



Obrázek 2 přístroj ECMO (zdroj: archiv autora)

4.2 Použití ECMO

Tímto uspořádáním komponentů je umožněno vytvořit by-pass srdce či plic v závislosti na zapojení přístroje, respektive na naložení inflow a outflow kanyl. Metoda ECMO umožňuje jednak výkony na otevřeném srdci, transplantaci celých orgánů – srdce a plic, ale i rekonvalescenci poškozeného srdce a plicního parenchymu u závažných stavů. ECMO snižuje riziko hypoxie a umožňuje snížení parametrů u agresivních ventilačních režimů. Při podpoře nebo rekonvalescenci srdce pomáhá převzetím srdeční činnosti a tím snížením nároků na myokard, který tímto dostává čas na zhojení (Bartůněk, 2016). Vhodnými stavy pro přistoupení k léčbě pomocí ECMO tedy jsou například: respirační selhání s hypoxémií nebo hyperkapnií nezvladatelné konvenční ventilací, ventilátorem indukované poškození plic, srdeční selhání (kardiogenní šok) refrakterní k jiným běžným metodám, kombinovaná selhání srdce a plic nebo

zástava srdce nezvratná běžnými postupy. Rozdělují se dva základní typy: veno-venózní ECMO a veno-arteriální ECMO. Který daný typ je pro daného pacienta indikovaný záleží na klinickém stavu (Ošťádal P., 2018)

4.3 Historie

Ve třicátých letech 20. století experimentoval doktor John H. Gibbon s přístrojem, který by dokázal nahradit funkci srdce a plic (z anglického originálu „heart-lung device“ (Brogan et al, 2017, str. 2) Teprve až v roce 1953 se Dr. Gibbonovi podařila historicky první úspěšná operace na otevřeném srdci (pro síňo-septálního defekt) za pomoci mimotělního oběhu, který se v té době skládal ze samostatné pumpy a oxygenátoru. Ten pracoval na principu výměny plynů mezi tenkou vrstvou krve a atmosférickým vzduchem obohaceným o vzdušný kyslík. Tenkého filmu krve se dosahovalo jejím rozstříkáním na vnitřní stěny oxygenátoru pomocí centrifugy. Výměna plynů probíhala právě na stěnách centrifugy (Yeager, 2017). Velikou nevýhodou oxygenátoru byl přímý kontakt vzduchu a krve, který vedl k hemolýze a tvorbě koagul na stěnách oxygenátoru už při prvních hodinách použití. Byl proto určen pro krátkodobé výkony nepřesahující 1 hodinu provozu (Brogan et al, 2017).

Zásadní zvrát ve vývoji a cesta ke dlouhodobější aplikaci oxygenátorů byl vynález silikonu roku 1957 a možnost řízené antikoagulační léčby. Oxygenátory začaly pracovat na principu tenkých polymerových membrán. K jedné straně membrány přitékala žilní krev a na druhé straně byla vháněna směs plynů k oxygenaci krve. Uspořádání těchto plátů do několika vrstev umožnilo rapidně zvětšit povrch na kterém probíhala výměna plynů a tím zvýšit jejich efektivitu. Z tohoto uspořádání membránového oxygenátoru vznikl i dnešní název přístroje pro „extrakorporální membránovou oxygenaci“. S přístrojem obsahující 15 vrstev polymerových membrán, které dosahovaly celkové plochy 6 m², bylo

možné v roce 1972 efektivně odoperovat dvouročního pacienta po dobu 36 hodin pro kardiální selhání kvůli transpozici velkých cév (Yeager, 2017).

Prvním užitím přístroje u dospělého pacienta mimo operační sály byl ve stejném roce případ 24letého muže, u kterého po dopravní nehodě na motocyklu došlo k rozvoji těžké formy ARDS (z angl. Acute Respiratory Distress Syndrome – syndrom akutní respirační tísně). Pro nemožnost vyřešit tento komplikovaný stav selhávajícího plicního systému byla zahájena terapie prostřednictvím ECMO. Díky tomu byl považován za průkaz možnosti aplikace této terapie („proof of concept“) (Máca et al, 2015). Od roku 1975 se díky významnému chirurgovi Robertu Bartletovi, aplikace této metody rozšířila na primárně respirační selhávání nejprve u novorozenců a později i u dospělých pacientů. V roce 1989 vznikla americká, a později i evropská, společnost pro záchranu mimotělním oběhem (Extracorporeal Life Support Organization – ELSO). Díky této organizaci se ECMO začalo používat nejen na americkém kontinentu ale i v Evropě a Robert Bartlet je nazýván otcem ECMO (Brogan et al, 2017).

Společně s dalšími pokroky v oblasti nejen technologického vývoje, zahrnující mimo jiné výrazné změny ve struktuře oxygenátorů, krevních pump, ale i zavedení Seldingerovy metody pro zavádění kanyl, cílenější antikoagulační terapii a společně s příchozí pandemií chřipkového viru H1N1 v roce 2009, byla metoda ECMO označena jako terapeutická možnost řešení stavů selhávajících plic a srdce. (Ošťádal, 2018; Brogan et al, 2017).

4.4 Venó-arteriální ECMO

Principem venó-arteriální (V-A) ECMO je nasávání žilní krve, následné přečerpávání přes krevní pumpu do oxygenátoru a návrat okysličené krve zpět do velkých arterií. Tato metoda je schopna zastoupit nebo zcela nahradit funkci srdce a plic. Indikací je nejčastěji srdeční selhávání refrakterní na konvekční

terapii, selhání srdce různých etiologií (infarkt myokardu, fulminantní myokarditis, plicní embolie), při otravách farmaky s kardiodepresivními účinky i hypotermii. Použit lze rovněž jako podpora některých rizikových výkonů. Můžou to být například: komplikovaná perkutánní koronární intervence jediné průchodné srdeční tepny, nebo při komplikované likvidaci zdrojů běžících arytmií, které by jinak vedly k hemodynamické nestabilitě až k zhroucení oběhu (Ošfádal, 2018).

V-A ECMO může tedy sloužit jako prostředek k překlenutí doby nutné pro zotavení (onemocnění srdce, hypotermie, získání času pro eliminaci kardiofarmak, terapie šokových stavů), nebo k získání času pro rozhodnutí o dalším terapeutickém postupu. Může být využita pro přechodnou dobu k chirurgickému výkonu, implantaci srdeční mechanické podpory, nebo jako tzv. bridge to transplantation – most pro přechodnou dobu k transplantaci srdce nebo plic nebo obou orgánů (Ošfádal, 2018). V posledních letech je V-A ECMO aplikováno při kardiopulmonální resuscitaci, která je refrakterní ke konvenčním postupům. Tato metoda se nazývá E-CPR (z anglického Extracorporeal – Cardio-Pulmonal Resuscitation). Její využití v praxi je ale limitováno několika ohledy, především nutnosti časně aplikace, limity či dostupností přístrojů nebo podmínek pro zavedení. (Franěk, 2020)

4.4.1 Kanylace

Podle umístění kanyl je V-A ECMO děleno na centrální a periferní. Při centrálním umístění kanyl se nasávací kanyla obvykle chirurgicky na otevřeném hrudníku našívá do velkých žil, nebo přímo do pravé síně či pravé komory. V případech zajištění kvalitní oxygenace plícemi lze inflow kanylu umístit do levé síně a vyřadit tak z okruhu oxygenátor. Výsledkem tohoto umístění je zvýšení průtoku systémem. Výpustní kanyla se poté nejčastěji našívá

do ascendentní aorty. Využit lze i velké arterie například a. carotis nebo a. subclavia (Brogan et al, 2017; Ošřádal, 2018).

Periferní V-A ECMO je situace, kdy je nasávací žilní kanyla zavedena zpravidla do v. femoralis nebo alternativně cestou v. jugularis interna ústím kanyly v pravé síni. Výpustní kanyla je umístěna skrze a. femoralis a její ústí se nachází v descendentní aortě. K přístupu do periferních žil a tepen se využívá chirurgické implementace kanyly do cévy, nebo perkutánní punkční Seldingerova metoda. Pro perkutánní punkci cév se dnes vyrábí ucelené sety včetně sad dilatátorů (Ošřádal, 2018).

4.5 Venovenózní ECMO

Principem venovenózní ECMO je jímání žilní krve, její doprava pomocí pumpy přes oxygenátor, kde je provedena výměna plynů a následný návrat krve zpět do žilního systému. Podstatným rozdílem oproti V-A ECMO je mísení okysličené krve se systémovou žilní. Nutným předpokladem pro tuto metodu je funkční srdce pacienta, které bude schopno adekvátní distribuce krve do řečiště (Bartůněk, 2016). Indikací pro V-V ECMO je konvenčními režimy ventilace nezvladatelná hypoxie, nebo hyperkapnie a/nebo hrozící poškození plic ventilátorem – VILI (z anglického Ventilator Induced Lung Injury). Především jsou to konvenčními strategiemi nezvladatelné formy ARDS. Etiologií je nejčastěji bakteriální nebo virová infekce (například virus H1N1, SARS-CoV-2), inhalační trauma, reperfuční edém plic nebo aspirace. Udržení adekvátní oxygenace krve a eliminace CO₂ pomocí V-V ECMO je základní předpoklad pro snížení ventilačních nároků na plíce. Je tedy možno přenastavit režim umělé plicní ventilace z agresivních na takzvané ultra protektivní. Cílem je poskytnout plicní tkáni adekvátní podmínky a čas pro rekonvalescenci, nebo předejít VILI. Ve výjimečných případech lze venovenózní ECMO použít jako podporu do transplantace plic (Máca et al, 2015; Ošřádal, 2018).

Pro indikaci V-V ECMO se užívá tzv. Murrayho skóre, hodnotí se: oxygenační index, rentgenový nálezn, hodnotu PEEP a plicní poddajnost.

<i>Parametr/Počet bodů</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>PaO₂/FiO₂ (mmHg)</i>	> 300	225–299	175-224	100-174	<100
<i>Počet kvadrantů</i>	0	1	2	3	4
<i>PEEP (cmH₂O)</i>	<5	6-8	9-11	12-14	>15
<i>Compliance</i>	>80	60-79	40-59	20-39	<19

Tabulka 1 Murrayho skóre (Ošřádal, 2018, str. 36)

Murrayho skóre se získá součtem dosažených bodů za každé kritérium a následné vydělení 4. Obecně platí, že pokud je Murray skóre ≥ 3 , je ECMO indikováno (Ošřádal, 2018).

4.5.1 Kanylace

Kanyly se umisřují cestou periferních velkých žil až do nebo těsně k pravé síni srdce. Využit lze jednotlivých kanyl, které kvůli nutnosti zvýšených průtoků (2-6 litrů za minutu) musí dosahovat větších průsvitů (>18 F). Zavádí se do dvou velkých žil (tzv. two site kanylace). Nasávací kanyla nejčastěji do v. femoralis s jejím koncem těsně pod ústím pravé síně a výpustní kanylu přes v. jugularis interna do pravé síně. Kontrolu polohy kanyl kontrolujeme sonograficky, eventuálně skiograficky. Pro omezení zpětného nasávání okysličené krve z outflow kanyly zpět do systému je důležitý odstup konců obou kanyl o 4-6 cm. (Maláska et al, 2020; Bartůněk, 2016).

Druhá možnost je zavedení výpustní kanyly do druhé v. femoralis a její konec posunout blíže k srdci. Třetí variantou je použití speciální „double lumen“ kanyly (tzv. one site kanylace), která se zavádí nejčastěji cestou v. jugularis interna vpravo (Bartůněk, 2016; Brogan et al, 2017).



Obrázek 3 bilumnální kanyla – detail (zdroj: archiv autora)



Obrázek 4 biluminální kanyla – fixace (zdroj: archiv autora)

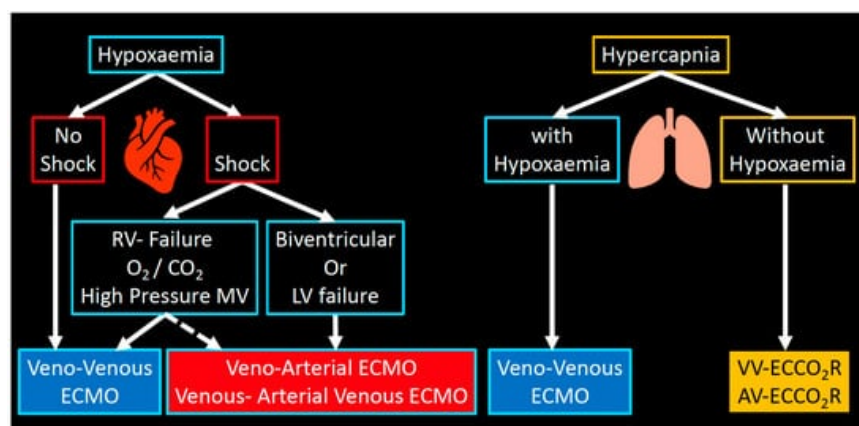
Pro zavádění kanyl při V-V ECMO tedy existuje řada alternativ. Při nedostatečném průtoku oxygenátorem lze zavést druhou inflow kanylu cestou v. jugularis interna a pomocí „Y“ spojky obě nasávací kanyly propojit viz Obrázek 5. Pro zavádění kanyl je důležitým prvkem nejen sonografická verifikace polohy kanyl, ale také předešlé vyšetření k vyloučení možných komplikací (například hluboké žilní trombózy) popřípadě k vytipování ideálního místa pro venepunkci (Brogan et al, 2017; Ošťádal, 2018).



Obrázek 5 Dvě inflow kanyly s "Y" spojkou (zdroj: archiv autora)

4.6 Veno-arterio-venózní ECMO

V-A-V je speciální situace napojení ECMO, které je využíváno především v přechodné době mezi odpojení pacienta od veno-arteriální ECMO a následné napojení veno-venózní ECMO. Tohoto uspořádání se užívá hlavně z důvodu významného snížení rizika vzniku ischemie horní poloviny těla, tzv. harlekýnský syndrom (Bartůněk, 2016).



Obrázek 6 Schéma výběru vhodné konfigurace v závislosti na stavu pacienta (Ficial et al; 2021)

4.7 Monitorace

Monitorace pacienta s ECMO odpovídá v podstatě standardnímu systému sledování stavu pacientů napojených například na umělou plicní ventilaci. Tak jako u většiny pacientů na vyšších specializovaných odděleních (typu ARO) i zde jsou preferovány kontinuální monitoring a invazivní metody měření fyziologických funkcí (centrální žilní tlak, arteriální tlak, měření srdečního výdeje a jiné dle pacientova stavu).

4.7.1 Oxymetrie a krevní tlak

Pokud má pacient při podpoře ECMO zachovalý dostatečný srdeční výdej, lze k monitoraci saturace krve kyslíkem a měření krevního tlaku užívat běžné metody měření. Při aplikované V-A ECMO ale může nastat situace, kdy mimotělní podpora oběhu zcela nahradí funkci srdce. V tomto případě nebudou přístroje vyrobené pro odečítání hodnot krevního tlaku a SpO₂ z pulzatilního toku krve, měřit. Proudění krve pochází z krevní pumpy mimotělního oběhu, která svou činností udržuje tlak a cirkulaci krve v krevním řečišti. Tento tok je svým způsobem kontinuální, tedy bez fyziologických změn mezi diastolickým a systolickým tlakem. Pro tyto případy se přistupuje například k měření krevního tlaku pomocí invazivních metod (například IABP), a k monitoraci oxygenace pomocí metody Near-Infrared Spectroscopy – NIRS. Tento systém měření saturace tkáně v hloubce přibližně 1-3 cm pod senzory nevyžaduje pulzatilní tok krve a je tedy ideálním oxymetrem u pacientů bez zachovalého kvalitního srdečního výdeje, nebo s plně nahrazenou funkcí srdce. Tyto senzory se aplikují na dolní končetinu, a/nebo v oblasti frontální krajiny hlavy. Lze tedy snímat až 4 údaje saturace tkání a jejich trendy (levá a pravá hemisféra, levá a pravá dolní končetina) (Chang, 2020, Ošťádal 2018).

4.7.2 Antikoagulace a krevní plyny

Jelikož se v mimotělním oběhu dostává krev do styku s tělu cizími materiály, které způsobují nežádoucí aktivaci koagulační kaskády, je nutné předcházet srážení krve v okruhu patřičnou antikoagulací. Cílem antikoagulace je podat co nejmenší možné dávky, aby se krev nesrážela ve velice jemných strukturách oxygenátoru, a ne příliš velké dávky, aby nedocházelo ke komplikacím z hlediska zvýšené krvácivosti. Ideálním stavem dle Guidelines jsou hodnoty ACT 160–220 s, aPTT 60-65 s (Brogan et al, 2017). Při zavádění kanyl a spouštění okruhu ECMO se tyto hodnoty pohybují kolem ACT >220 s, nebo aPTT >60 s. Nejčastějším antikoagulanciem je nefrakcionovaný heparin (UNFH) (Ošťádal, 2018). Dále je zapotřebí průběžně sledovat pacientův krevní obraz, zejména počty krevních elementů, hematokrit, fibrinogen, D-dimery, protrombinový čas, trombinový čas a antitrombin III. V případě pochybností lze rovněž využít metod tromboelastografie, nebo tromboelastometrie (Maláska 2020).

Pomocí moderních „bed-side“ analyzátorů krevních plynů lze velice rychle získat informace nejen o elektrolytové rovnováze, hodnotách laktátu a glykémie, base excès a acidobazickém statusu, ale především o parciálních tlacích kyslíku a oxidu uhličitého. Při srovnání odběrů z venózní krve a arteriální lze vypočítat spotřebu kyslíku pacienta a tím i odhadnout množství kyslíku, které je třeba skrze ECMO pacientovi dodat. Z výsledků lze rovněž zaznamenávat v čase efektivitu výměny plynů, resp. derivaci CO₂ a substituci O₂ v okruhu ECMO. Existují již i kontinuální analyzátory krevních plynů, které se umísťují před anebo za oxygenátor okruhu ECMO (Ošťádal, 2018; Bartůněk, 2016).

4.8 Okruh ECMO

Do monitorace pacienta napojeného na mimotělní podporu života spadá i kontrola samotného okruhu. Zvýšená pozornost je věnována zejména kontrole

celistvosti a funkčnosti všech součástí, případně záložních zdrojů (bateriových, vzduchových a kyslíkových lahví a záložní pumpy). Dále funkčnosti ohřívacího zařízení okruhu i teplotě ohřevu krve. Při převazování kanyl je nutná kontrola polohy, hloubky zavedení, napojení na hadice okruhu i vzhled okolí vstupu kanyl. Zvýšená pozornost je kladena na kontrolu oxygenátoru a hadic okruhu, jsou vyhledávána zejména zachycená nebo volně plynoucí koagula (Ošřádal, 2018). Celý okruh ECMO je aktivně monitorován skrze centrální řídicí jednotku, která na případné nesrovnalosti nebo potíže upozorňuje ošetřující personál zvukově i výstražným světelným blikáním (Brogan et al, 2017).

Dále jsou do denní monitorace pacienta zařazeny denní ultrasonografické vyšetření, popřípadě i echokardiografické (především u V-A ECMO). Vzhledem k možným komplikacím spojeným s terapií ECMO, je doporučeno dbát zvýšeného zřetele k neurologickému stavu pacienta a aktivně pátrat po známkách ischemie či krvácení (Ošřádal, 2018; Bartůněk, 2016).

5 KOMPLIKACE A RIZIKA

Společně se složitostí a komplexností celé terapie ECMO přichází i zvýšené riziko vzniku komplikace. Úkolem ošetřujícího lékařského i nelékařského personálu a speciálně vyškolených ECMO specialistů je i aktivní vyhledávání, předcházení možných komplikací a následné řešení již vzniklých. Komplikace mohou vzniknout jak u pacienta (krvácivé nebo ischemické stavy, komplikace spojené s poruchou funkcí orgánů, aj.), tak i spojené s přístrojem a okruhem ECMO.

5.1 Krvácení

Je považováno za jednu z nejčastějších možných komplikací při ECMO. Brogan (2017, s. 472) uvádí krvácení jako komplikaci až ve 33 % všech dospělých pacientů s ECMO podporou. Pravděpodobnost vzniku je umocněna podáváním antikoagulancií i dalšími onemocněními pacienta. Krvácení může vzniknout jak při zavádění kanyl do velkých cév, tak i při následné péči o pacienta, v místě vstupu kanyl do cév, nebo v jejím průběhu vzniklé například nešetrnou manipulací s pacientem s okruhem, nebo z jiných důvodů. Vlivem systémové antikoagulace se může objevit krvácení do gastrointestinálního traktu, z operačních ran, z ústní či nosní dutiny, nebo do měkkých tkání (jedno z fatálních krvácení může vzniknout v mozku). Běžnou komplikací ošetrovatelské péče bývá krvácení z míst vpichů invazivních vstupů spojené s častými převazy a nutnou pečlivou toaletou okolí vstupu. Terapeutickým řešením krvácení může být i snížení nebo přerušování podávání antikoagulancií, čímž se ale zvyšuje riziko vzniku trombů v krevním okruhu a zhoršené funkčnosti, nebo úplné nefunkčnosti oxygenátoru (Brogan et al, 2017; Maláska, 2020; Bartůněk, 2016).

5.2 Ischemie

Ischemie je další častou příčinou komplikací při vedení léčby ECMO. Ischemie vzniká na podkladě nedostatečné perfúze akrálních částí těla, nejčastěji na podkladě obturace tepny arteriální kanylou při V-A ECMO. Ischemii končetiny můžeme předejít kvalitním kontinuálním sledováním saturace tkání (viz kapitola 3.7. Monitorace). Dle Bartůňka (2018, s. 236) je optimálním řešením vzniklého stavu i v rámci prevence ischemie při implantaci ECMO, zavedení reperfuze kanyly progradně, distálně od místa vpichu outflow arteriální kanyly. Tato menší kanyla je spojovací hadičkou napojena na arteriální kanylu. Tímto postupem je prokrvení končetiny zachováno (Brogan et al, 2017).

5.3 Harlekýnský syndrom

Harlekýnským syndromem je nazývána hypoxie horní poloviny těla. Nastává v případě konfigurace V-A ECMO u kardiorepiračních selhání, kde dochází ke styku dvou oběhů. Jeden je vlastní, krev je zde hnaná srdcem a druhý oběh ECMO hnaný pumpou přístroje. Při ideální práci zotaveného srdce a kvalitní ejekční frakci levé komory se oba okruhy stýkají někde v aortě. Okruh hnaný srdcem zásobuje horní polovinu těla a mimotělní oběh zásobuje dolní polovinu těla. Harlekýnský syndrom vzniká z nepoměru mezi oxémií obou oběhů. Zatímco oxygenátor ECMO je schopen adekvátně saturovat krev kyslíkem, ne plně zotavené plíce této práce schopny nejsou. Nastává postupná hypoxie horní poloviny těla, v klasickém postupu: pravá horní končetina -> pravá mozková hemisféra -> levá mozková hemisféra -> levá horní končetina -> horní polovina těla (Ošťádal P., 2018). Harlekýnský syndrom je tedy obrazem hypoxické (promodralé) horní poloviny těla a růžového zbarvení zbylých tkání. Tomuto případu lze předejít kvalitní monitorací (viz kap. 3.7. Monitorace). Při vedení terapie formou V-A ECMO je tedy vhodné odebírat vzorky arteriální krve k vyšetření krevních plynů právě z pravé horní končetiny. Další důležité měření

je pomocí cerebrálních čidel NIRS. Při zjištění poklesů trendů kontinuální monitorace zásobení končetin nebo mozku kyslíkem se dá předejít vzniku této mohutné hypoxie zavedením druhé venózní kanyly (převést tedy terapii z V-A na V-A-V ECMO), nebo při dostatečné práci srdce přepojením pacienta na V-V ECMO. Hypoxii srdce, které se též samo zásobuje, lze poznat podle ischemických změn na EKG (Brogan et al, 2017; Ošťádal, 2018; Bartůněk, 2016).

5.4 Trombóza a vzduchová embolie

Nejrizikovější místo pro vytvoření trombu, které by vedlo v jeho následné embolizaci do plicního řečiště (V-V ECMO), nebo do mozku a končetin (V-A ECMO) je oxygenátor. Riziko vzniku trombózy v mimotělním okruhu je proto minimalizováno jak centrální antikoagulací, tak i výrobou jednotlivých komponentů systému. Při krátkodobé aplikaci ECMO nebývá riziko vzniku trombóz veliké, ale s prodlužujícím se časem terapie se toto riziko zvyšuje. Jako prevenci těchto případů jsou na trhu dostupné speciální „heparin coated“ sety, jejichž vnitřní povrch je potažen heparinem. Prevencí vzniku trombóz je pravidelná důkladná kontrola okruhu systému ošetřujícím personálem a případná časná výměna oxygenátoru nebo celého okruhu (Ošťádal, 2018).



Obrázek 7 Koagula usazená v membránovém oxygenátoru (zdroj: archiv autora)

Přítomnost vzduchu v okruhu je nežádoucí, kvůli možnosti vzniku malé ale i fatální embolie v závislosti na velikosti vzduchových bublin. Příčinou je nejčastěji závada – netěsnost okruhu. Odstředivé čerpadlo je schopno svým podtlakem nasávat okolní vzduch do okruhu i nepatrnou netěsností. Řešením situace je přerušением terapie, zasvorkováním okruhu a jeho odvzdušněním. Poté je možno v terapii pokračovat (Brogan et al, 2017; Ošťádal, 2018).

5.5 Ostatní komplikace

Mezi ostatní případy komplikací terapie pacientů na ECMO patří různá selhání orgánů a orgánových soustav a komplikace, které vznikly v souvislosti s funkcí přístroje, nebo jeho částí. Můžou to být například renální komplikace z důvodu tubulárních nekróz, komplikace centrální nervové soustavy (ischemické nebo hemoragické cévní mozkové příhody, křečové stavy vyvolané nestabilitou vnitřního prostředí aj.), nebo komplikace pocházející z nedokonale prokrveného gastrointestinálního traktu spojené s výskytem vředů nebo imobility střevní. Mezi další případy komplikací léčby patří infekce. Technika vstupu do krevního řečiště pacienta je invazivní a tím tak zvyšuje možnosti vniknutí infekčního patogenu a následného rozvoje sepse (Bartůněk, 2016).

6 ECMO A COVID-19

Světová zdravotnická organizace (WHO) hlásila dne 9. 3. 2020 počet 109 577 pacientů s laboratorně prokázanou nákazou virem COVID-19. Údaje byly sbírány z celého světa, ze 105 zemí (Ñamendys-Silva, 2020). V Číně tou dobou bylo u 5 % nakažených virem registrován rapidní progres respiračního selhání způsobeného sekundárně vzniklým ARDS s potřebou intenzivní péče. Z těchto kriticky nemocných pacientů téměř polovina (49 %) zemřela při hospitalizaci (Ñamendys-Silva, 2020). Později toho roku, vydala celosvětová organizace ELSO první guidelines pro aplikaci ECMO u onemocnění COVID-19, které pravidelně aktualizovala na základně dosažených výsledků a provedených studií. Dne 12. srpna 2020 je na statistikách ELSO připsán počet 2 188 pacientů napojených na ECMO s pozitivním testem na COVID-19, z nichž v 95 % případů bylo zapojení veno-venózní, a u zbylých 5 % veno-arteriální, nebo jiné metody. Průměrný věk těchto pacientů dosahoval 48 let. Důvodem k aplikaci ECMO, jak již bylo zmíněno dříve, bylo tedy především respirační selhání na podkladě ARDS. Celková prevalence ARDS u onemocnění COVID-19 dosahovala 8,2 %. Dle některých zdrojů splňovaly alespoň část klasifikačních kritérií pro syndrom akutní respirační tísně až dvě třetiny všech nakažených (Burgos, Seoane a Diez, 2020; Ahmed, 2021).

Případy přistoupení k terapii respiračního selhání na základě nakažení koronavirem nebyly při COVID-19 pandemii první. V roce 2012 zasáhla území Saudské Arábie vlna onemocnění MERS (z anglického Middle East Respiratory Syndrome), jehož původcem byl coronavirus (MERS-CoV). Za tuto vlnu onemocnění bylo v Arábii na systém mimotělní oxygenace napojena cca 6 % kriticky nemocných pacientů. Provedení retrospektivní studie ukazují na menší mortalitu při vedení terapie ECMO než bez ní, ale s podstatně delším pobytem na jednotkách intenzivní péče (Alshahrani, 2018) viz tabulka 1:

	MERS-COV S ECMO	MERS-COV BEZ ECMO
MORTALITA [%]	25	100
POČET DNŮ NA JIP	25	8

Tabulka 2 Mortalita vs. délka hospitalizace při MERS v závislosti na ECMO (Alshahrani, 2018)

6.1 Indikační kritéria

Pokud je stav pacienta tak závažný, že již dochází k selhávání konvenčních strategií terapie, přistupuje se ke speciálním metodám terapie. Těmi může být: intubace a zahájení umělé plicní ventilace, hluboká sedace i v kombinaci s neuromuskulární blokádou, polohování do pronační polohy, ventilace vysokými objemy, průtoky či tlaky, změna poměru inspiria a expiria a jiné (Burgos, Seoane a Diez, 2020). Při selhání těchto manévřů, lze přistoupit i k takzvaným rescue postupům. Mezi rescue postupy můžeme řadit například agresivní ventilační režimy, pronační poloha, podávání exogenního surfaktantu, metody eliminující CO₂ z krve anebo metody ECLS (Máca et al, 2015; Burgos, Seoane a Diez, 2020). Obecným cílem rescue postupů je zajištění dostatečného přísunu kyslíku tkáním. Dle Guidelines z roku 2021 od ELSO by měly indikační kritéria pro zahájení terapie pomocí ECMO zůstat nezměněny i během pandemie COVID-19. Adeptem na tuto podporu života může být pacient s onemocněním COVID-19, u kterého došlo vlivem rozsáhlé pneumonie, ARDS nebo poškození myokardu k vážné refrakterní hypoxii (Bělohlávek, 2020). Doporučuje se využití metody ECMO jako poslední při vyčerpání všech ostatních možností, především pronační polohy, pokud není zrovna kontraindikována (Fan et al, 2020). V roce 2021 vydává WHO vlastní guidelines ve kterých doporučuje pacienty

s refrakterní hypoxií konzultovat a následně překládat k terapii do specializovaných ECMO center (Ahmed, 2021). To má mít za následek centralizaci péče ve střediscích se zkušenostmi a adekvátním vybavením i personální dostupností.

6.2 Specifika ošetrovatelské péče

Onemocnění COVID-19 je bráno jako vysoce nakažlivá nákaza. S tímto se vztahují na ošetřující personál a jeho činnost hygienické podmínky a nařízení sloužící k zamezení nebo prevenci šíření nákazy. Při péči o „pozitivního“ pacienta (pacient měl pozitivní výsledek RT-PCR testu na nákazu koronavirem SARS-CoV-2) se postupuje dle systému bariérové ošetrovatelské péče a doporučených postupů. Ošetřující personál chrání sebe i své okolí používáním osobních ochranných pomůcek. Mezi ně patří zejména: ochrana očí a obličeje (brýle, ochranný štít), ochrana dýchacích cest v podobě respirátoru splňující normy alespoň FFP2 nebo FFP3, jednorázový ochranný oblek či plášť, ochranné rukavice (ve dvou vrstvách), návleky na obuv nebo obuv procházející po použití dekontaminačními a dezinfekčními postupy a ochrana vlasové části hlavy. Systém oblékání a svlékání pomůcek osobní ochrany vydal Státní zdravotní ústav ve spolupráci s Ústřední vojenskou fakultní nemocnicí a 3. lékařskou fakulty Univerzity Karlovy v Praze jako společný výukový materiál pro nemocnice (SZÚ, 2020). Několika hodinové směny v izolačním režimu se všemi ochrannými pomůckami představují pro ošetřující personál jistou formu zátěže. S postupující pandemií, rostoucími čísly nemocných a nepoměru mezi infekčními lůžky a jejich potřebou, docházelo k transformaci jiných lůžkových oddělení než infekčních na oddělení pouze pro pacienty s COVID-19. Tyto transformace představovaly nejen logistickou výzvu pro nemocnice, ale mnohdy i komplikaci pro personál.

7 METODIKA

Praktická část je založena na pozorování pacientů v čase jejich pobytu na oddělení spolu s popisem průběhu terapie retrospektivním zkoumáním ošetrovatelské dokumentace. Pro potřeby výzkumu byly kontaktovány dvě pražské nemocnice, jejichž identita si nepřála být zveřejněna, disponující přístroji ECMO, z nichž na jedné z nich byl umožněn vlastní výzkum. Pro výběr pacientů do souboru, ze kterého vychází jednotlivé kazuistiky byly stanoveny tři podmínky:

1. pacient byl hospitalizován na anesteziologicko-resuscitačním oddělení,
2. pacient byl v době hospitalizace nebo při jeho přijetí pozitivní na COVID-19,
3. pacient byl léčen pomocí extrakorporální membránové oxygenace.

Těchto podmínek bylo splněno u 25 případů. Tito pacienti tvořili soubor, ze kterého byli vybráni 4 zástupci pro jednotlivé kazuistiky. Pro komplikovanost problematiky byla při výběru stanovena podmínka, že v kazuistice bude popisován pouze případ, u kterého jsem měl možnost se do ošetrovatelské činnosti zapojit. Dále byly vybírány zástupci lehčích i těžších průběhů, s jasnými indikačními kritérii a s i bez komplikací pro názornost a možnost srovnání. K reprodukci kazuistik sloužily poznámky během ošetrování jednotlivých pacientů, fotografická dokumentace a studium ošetrovatelské dokumentace probíhající od 30. 10. 2021 do 10. 5. 2022.

8 VÝSLEDKY

Celkový soubor čítá 25 pacientů splňujících daná kritéria. Pro názornost a lepší orientaci jsou pacientům přiřazena čísla. V následující tabulce je zobrazen souhrnný přehled pacientů, jejich pohlaví, rok narození, věk, zvolený typ zapojení (V-V/V-A/V-A-V ECMO), datum implantace a extrakce ECMO a celkový počet dní na ECMO. Každý započatý den se počítá jako jeden.

Číslo	Pohlaví	rok narození	Věk	Typ zapojení ECMO	Datum implantace	Datum extrakce	Počet dnů
1	M	1972	50	V-V	24/01/2022	01/02/2022	8
2	M	1972	50	V-V	31/12/2021	21/01/2022	21
3	M	1983	39	V-V	29/12/2021	18/01/2022	20
4	Ž	1976	46	V-A-V	21/12/2021	29/12/2021	8
5	M	1955	67	V-V	13/12/2021	28/12/2021	15
6	M	1954	68	V-A-V	10/12/2021	21/12/2021	11
7	M	1960	62	V-V	16/11/2021	18/11/2021	2
8	Ž	1984	38	V-V-V	04/11/2021	15/11/2021	11
9	M	1959	63	V-V	19/10/2021	05/11/2021	17
10	M	1962	60	V-A	09/06/2021	11/06/2021	2
11	M	1981	41	V-V	11/05/2021	21/05/2021	10
12	M	1963	59	V-V	30/04/2021	06/05/2021	6
13	M	1981	41	V-V	26/04/2021	05/05/2021	9
14	M	1985	37	V-V	18/04/2021	28/04/2021	10
15	M	1973	49	V-V	01/04/2021	21/04/2021	20
16	Ž	1957	65	V-V	07/04/2021	19/04/2021	12
17	Ž	1972	50	V-V	24/03/2021	08/04/2021	15
18	M	1985	37	V-V	24/03/2021	05/04/2021	12
19	M	1968	54	V-V	11/03/2021	29/03/2021	18
20	Ž	1970	52	V-V	16/03/2021	22/03/2021	6
21	M	1969	53	V-V	03/03/2021	16/03/2021	13
22	M	1957	65	V-V	20/01/2021	05/02/2021	16
23	Ž	1973	49	V-V	06/01/2021	15/01/2021	9
24	Ž	1969	53	V-V	06/12/2020	21/12/2020	15
25	M	1953	69	V-V	12/11/2020	23/11/2020	11

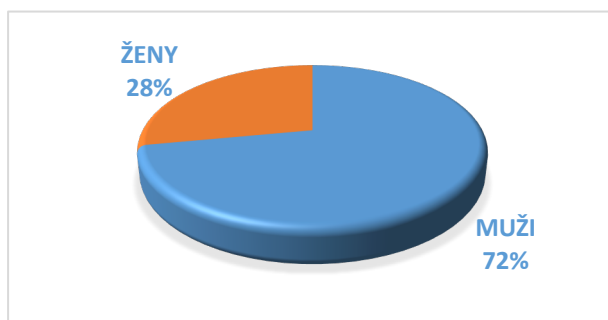
Tabulka 3 Souhrnný přehled souboru

Tabulka 4 shrnuje k danému pacientovi, typ podpory, umístění kanyl (VJI – vena jugularis interna, VFEM – vena femoralis, AFEM – arteria femoralis) a jejich velikosti [F], primární diagnózu při spouštění ECMO a úspěšnost odpojení pacienta (přežil/a, nebo došlo ke smrti v průběhu terapie: EL – exitus letalis).

Číslo	Vel. inflow	Umístění inflow	Vel. outflow	Umístění outflow	Vel. třetí kanyly	Umístění třetí kanyly	Primární diagnóza	Outcome
1	23	VJI dx.	18	VJI dx.			COVID-19	přežil
2	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
3	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
4	25	VFEM dx.	19	VJI dx.	17	AFEM sin.	Aspirace	EL
5	29	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
6	25	VFEM dx.	21	VJI dx.	17	AFEM sin.	COVID-19	přežil
7	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
8	25	VFEM dx.	19	VJI dx.	21	VFEM sin.	COVID-19	přežila
9	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
10	23	VFEM dx.	19	AFEM dx.	4	AFEM dx.	PE	přežil
11	27	VJI dx.	22	VJI dx.			COVID-19	přežil
12	23	VFEM sin.	23	VFEM dx.			COVID-19	přežil
13	25	VFEM dx.	19	VJI dx.			COVID-19	přežil
14	29	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	přežil
15	27	VFEM dx.	19	VJI dx.			COVID-19	přežil
16	22	VJI dx.	17	VJI dx.			COVID-19	přežila
17	21	VFEM dx.	19	VFEM sin.			COVID-19	přežila
18	23	VFEM dx.	21	VFEM sin.			COVID-19	přežil
19	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	EL
20	23	VFEM dx.	19	VJI dx.			COVID-19	přežila
21	25	VFEM dx.	21	VJI dx.			COVID-19	EL
22	23	VFEM dx.	19	VJI dx.			COVID-19	přežil
23	23	VFEM dx.	19	VJI dx.			COVID-19	přežila
24	23	VFEM dx.	17	VJI dx.			COVID-19	přežila
25	23	VFEM dx.	17	VJI dx.			COVID-19	přežil

Tabulka 4 Detaily ECMO k souboru

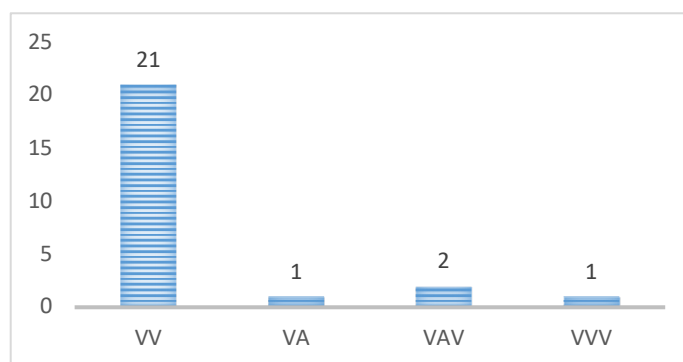
Z uvedených hodnot vyplývá, že mužů bylo na ECMO 72 % (18x), ale žen napojených na ECMO bylo pouhých 28 % (7x) viz Graf 1. Průměrný věk souboru byl 53 let. Průměrný věk mužů stoupl na 54 let, u žen na pouhých 50 let.



Graf 1 Poměr mužů a žen

Jednoznačně nejčastější primární diagnózou při napojování na ECMO byl COVID-19 (23x), v pouhých dvou případech byl pouze COVID-19 přidruženou nemocí a indikací k napojení nebylo respirační selhání v klinickém obrazu covidové pneumonie, ale plicní embolie (1x) nebo aspirace (1x). Počet přeživších pacientů dominuje (22x), exitus letalis (v Tabulce 4 označeno jako „EL“) nastal v pouhých 3 případech. Průměrná délka napojení pacienta na ECMO činila 11,88 dnů. Nejdelší terapie byla 21 dnů dlouhá, nejkratší trvala pouhé 2 dny.

Nejčastějším typem napojením ECMO bylo veno-venózní (21 případů), dalším veno-arterio-venózní (2 případy), veno-arteriální pouze v jenom případě, stejně jako veno-venózní se třetí venózní in-flow kanylou s „Y“ spojkou (v tabulce označeno jako V-V-V), viz Graf 2.



Graf 2 Přehled variant napojení ECMO

8.1 Kazuistika 1

49letý neočkovaný muž bez jiných onemocnění s nevýznamnou rodinnou anamnézou s pozitivním testem PCR na COVID-19 od 20. 12. 2021. Příznaky respiračního onemocnění přetrvávaly dva týdny, než došlo ke zhoršení stavu ve smyslu klidové dyspnoe a vykašlávání sputa s příměsí krve. Pro respirační insuficienci je praktickým lékařem doporučena hospitalizace v oblastní nemocnici a pro progredující stav byl poté dne 26. 12. přeložen na jednotku intenzivní péče. Na snímcích RTG byl přítomen obraz bilaterální pneumonie, z dalších laboratorních vyšetření zvýšené zánětlivé parametry. Ráno 28. 12. dochází ke zhoršení stavu stran hyposaturace, dyspnoe a dechové únavy. Indikována OTI a zahájena UPV s počáteční dobrou odpovědí, později ale dochází k progresi respirační tísně. Pacientův stav byl konzultován s krajskou nemocnicí, kterou byla doporučena nemocnice s oddělením typu ARO pro specializovanou péči. Po konzultaci s dalšími pracovišti dochází k nalezení volné kapacity, a tedy nakonec domluven mezikrajský převoz z periferie do Prahy na anesteziologicko-resuscitační oddělení. Při příjmu byl pacient zajištěn invazními vstupy do arterie a centrální žíly, následně urgentně provedeno CT angiografické vyšetření plicnice k vyloučení plicní embolie vzhledem k vysokým příjmovým výsledkům D-dimerů (2220ng/l). Embolie byla vyloučena, ale dle popisu je přítomna rozsáhlá bilaterální pneumonie s konsolidací plicního parenchymu.

Pro kritické respirační selhání indikováno V-V ECMO. Po ultrazvukové verifikaci míst vpichu kanyl provedena úspěšná kanylace pod UZ kontrolou via v. jugularis dx. 21FR a v. femoralis dx. 25FR bez komplikací. V-V ECMO spuštěno v den příjmu ve 22:00 [7100 ot/min; průtok 4,5l/min; air 5 l/min, FiO₂ 1,0]. Zahájena protektivní ventilace [DuoLevel, P_{high} 25 mmH₂O; FiO₂ 0,4; PEEP snížen ze 12 na 8; DF snížena ze 24 na 12/min]. Krvácení z dolních dýchacích cest v progresi a od 2. 1. hematurie, proto byla zahájena tekutinová resuscitace, včetně podání albuminu. Po bronchoskopickém vyšetření zahájena semipronace. Od 4. 1. plná závislost pacienta na ECMO kvůli obturaci ETK koagulem. Pro dislokaci endotracheální kanyly a nízké vdechové objemy (V_t <200ml) bylo dne 5. 1. nutné pacienta reintubovat s komplikací ve formě následné supraventrikulární tachykardie (140/min) s dobrou odpovědí na magnezium a kontinuálně podávaný amiodaron. Následná úprava rytmu umožňuje snížení nastavení frakce kyslíku na ECMO [FiO₂ 0,8; při arteriálním paO₂ 8,72 kPa]. Prováděny jsou denní bronchoskopie s toaletou dolních cest dýchacích s odběry sputa k mikrobiologickému vyšetření. K udržení stálého průtoku ECMO je nutná volumoterapie (včetně koloidních roztoků na bázi škrobu) s cílem pozitivní bilance tekutin. Pro hematurii a odsávání sputa s příměsí krve je titrován heparin na co nejmenší možné dávky s ohledem na udržení stabilního průtoku ECMO a podány 2 TU EBR. 9. 1. dochází ke zhoršení parametrů UPV, proto změna FiO₂ na ECMO i UPV na 100 % následně klesají objemy vdechů, odsává se koagulum dolních dýchacích cest, proto jsou podány další 2 TU EBR. Pro neklid pacienta nutná sedace kombinací pěti léků (sufentanyl, propofol, dexdor, midazolam a ketamin). Díky zlepšení parametrů dýchání a hodnot krevních plynů znovu FiO₂ na ECMO a ventilátoru nastaveny do původního stavu: UPV [FiO₂ 0,4], ECMO nyní [5400 ot/min; průtok 3,6 l/min; air 3,5 l/min; FiO₂ 0,5]. 13. 1. provedena tracheostomie a pokračuje se v denní bronchoskopiích pro obturaci kanyly hleny a hnisem a přetrvávajícímu krvácení do dýchacích cest. Dne 17. 1. nález v laboratorních výsledcích pozitivní antigen Clostridium difficile. Byla tedy

navýšena antibiotická terapie. Od 18. 1. začínají snahy o ECMO weaning, který byl úspěšný a proto 21. 1. ukončení ECMO s extrakcí kanyl bez komplikací. 22. 1. Pacient je schopen grimasy na algický podnět (RASS -3). Další pokusy o snížení sedace jsou ale ztěžovány narůstajícím neklidem pacienta se zhoršující se spontánní ventilací. 24. 1. insuficientní ventilace pacienta, nutná 100% frakce O₂ s omezenou eliminací CO₂. Indikováno kontrolní CT, kde je patrná mírná progrese změn, ale též nález pneumomediastina. Pacient pro zhoršující se ventilační schopnosti s akcentem na výsledky krevných plynů znovu indikován k ECMO, tentokrát cestou biluminální kanyly via v. jugularis interna dx. Zahájeno V-V ECMO [8000 ot/min; průtok 5 l; air 2,6 l/min; FiO₂ 1,0]. Následující dny zlepšení stavu, ventilace klidná s tolerancí ventilátoru. Snižuje se sedace pacienta, který se budí do klidného očního kontaktu. Po aplikaci další ATB terapie dochází ke snížení markerů zánětu a zlepšování klinického stavu. Na ECMO postupně ubíráno FiO₂ a airflow na směšovači. 1. 2. weaning ECMO, extrakce kanyly a pacient ponechán na spontánním režimu UPV s dobrou odpovědí. Dochází k postupné redukci pomoci ventilátoru až je dne 4. 1. zahájen weaning přes „T-tubus“. Ukončena antibiotická terapie. Pacient toleruje perorální příjem potravy i rehabilitaci s dobrou odpovědí. 8. 2. pacient spontánně ventiluje při frakci O₂ 0,28, proto 9. 2. indikována dekanylace tracheostomické kanyly. Pacient kardiopulmonálně stabilní a celkově v dobrém klinickém stavu propuštěn na plicní kliniku téže nemocnice k dechové a celotělové rehabilitaci a realimentaci.

8.2 Kazuistika 2

35letý morbidně obézní muž od 3. 3. 2021 s pozitivním výsledkem na COVID-19. Pro zhoršení dušnosti a kašle spojeného s vykašláváním krvavých hlenů a horečky si volá zdravotnickou záchrannou službu. Posádkou RZP je poté přivezen na standartní oddělení infekční kliniky pražské nemocnice s nativní

SpO₂ 60 %, po podání kyslíku úprava na 90 %. Zde je zahájena terapie remdesivirem, fraxiparinem a kortikoidy. Po snahách o udržení normosaturace i na maximálních parametrech HFNO byl domluven překlád na ARO, kde začala oxygenoterapie pomocí neinvazivní ventilace (NIV). Pacient pocítuje subjektivní úlevu i přes hraniční hodnoty oxémie. Na RTG vyšetření ze dne 9. 3. jsou patrné známky bilaterální pneumonie s infiltráty ve 3 kvadrantech. Pro progresi stavu i přes 100 % O₂ podávaný formou NIV je nutnost umělé plicní ventilace. Pacient je 12. 3. intubován, nastavena agresivní ventilace s FiO₂ 0,8 a PEEP 15 se snahou zvrátit respirační selhávání a ihned je polohován do pronace s následným mírným zlepšením. 16. 3. zahájena třetí pronace. V průběhu pronačních cyklů byl pacient oběhově stabilní, intermitentně febrilní s nízkými zánětlivými parametry, sedován kombinací pěti farmak. 17. 3. ukončena třetí pronace, pacient byl otočen do supinační polohy, byly sníženy hodnoty FiO₂ a PEEP dle tolerance a provedena úprava sedace. Dne 19. 3. přistoupeno k chirurgické tracheostomii pro předpoklad dlouhodobé léčby. Pacient několikrát pronován, než došlo ke zhoršení stavu a respirační insuficienci bez reakci na polohu. Proto dne 24. 3. zavedeno femoro-femorální VV ECMO. Kanyly o velikostech 23 a 21 FR byly zavedeny pod UZ kontrolou a ECMO bylo spuštěno s počátečními parametry [8000 ot/min; 6,2 l/min; air 5,4 l/min; FiO₂ 1,0]. UPV nastavena do protektivního režimu [DuoPap; P_{high} 28 mmH₂O; P_{low} 10 mmH₂O; FiO₂ 0,6; DF 18/min]. K 31. 3. je ECMO bez komplikací, a s vyšším podílem spontánní ventilace dochází k postupné redukci frakce na ECMO, až dne 5. 4. úspěšný weaning a odpojení od ECMO. Nadále se pokračuje v konvenčních ventilačních režimech, rehabilitaci a redukce sedace. Od 18. 4. byla pro zlepšení stavu zahájena oxygenoterapie pomocí HFNO přes „T-tubus“ a 20. 4. dekanylace tracheální kanyly s dobrou tolerancí. 21. 4. dochází k náhlé hemoptýze, těžké dušnosti s hypostaruací až k hodnotám SpO₂ 30 % a opětovnému zavedení tracheostomie. Je odsávána krev z nosu, úst i dýchacích cest. Provedena bronchoskopie a následně je pacient znovu připojen k podpůrné ventilaci. Po zlepšení ventilačních parametrů byl 28.

4. dekanylován a 3. 5. přeložen k následné péči na JIP plicní kliniky stejné nemocnice. Oxygenoterapii v době překlada zajišťovaly pouze kyslíkové brýle s průtokem 3 l/min. Pacient byl schopen stát ve stoje s oporou.

8.3 Kazuistika 3

38 let starý muž neočkovaný. Při hospitalizaci (počínaje 24. 12. 2021) pro dušnost doprovázenou febrilními stavy diagnostikován COVID-19 (PCR test a antigení test s pozitivním výsledkem). Na RTG nález pneumonie vlevo. Celý stav komplikován gastroenteritidou. Při poklesu saturace byla zahájena oxygenoterapie maskou s rezervoárem. Pro nedostatečný efekt pacient přeložen ze standartního lůžka na multioborovou JIP k terapii HFNO, nasazen profylakticky LMWH. Pacient léčen antipyretiky, ale zatím bez antibiotik pro nepřítomnost zvýšených parametrů zánětu. Z RTG vyšetření je patrná pneumonie vlevo. Pacient zde nespolupracující, netolerující HFNO. 28. 12. nastává výrazná desaturace s nutností OTI a zahájení UPV. Oběhem je nestabilní na vasopresorické podpoře katecholaminy. Byl domluven překlad pacienta z oddělení JIP periferní nemocnice na vyšší pracoviště do Prahy. Zde, po příjmu dne 29. 12., je pacient zajištěn všemi invazemi, analgosedován na UPV, zahájena profylaktická léčba antibiotiky, pokračuje se v antikoagulaci a antiagregaci a pacientovi bylo provedeno CT angiografické vyšetření plicnice, které vyloučilo plicní embolii, ale s nálezem bilaterální pneumonie s infiltráty vlevo. Pro kritickou dekompenzací stavu, parametry krevních plynů (arteriální odběr: $p\text{aO}_2$ 6,9 kPa; $p\text{aCO}_2$ 8,67 kPa; pH 7,249; Lac 0,5) a SpO_2 pohybující se mezi 40-65 % i přes agresivní režimy UPV, indikováno V-V ECMO [8100 ot/min; průtok 6,3 l/min; air 5,6 l/min; FiO_2 0,9], které bylo spuštěno pouze čtyři hodiny po příjmu pacienta. Kanyly zavedeny cestou v. femoralis dx. (inflow) a v. jugularis int. dx. (outflow) velikostí 25 a 21 F, za ultrazvukové kontroly bez komplikací. Ventilátor je poté nastaven do protektivní ventilace [režim PRVC; V_t 500ml; PEEP 12; FiO_2

0,5; DF 16/min]. Následně nasazen Remdesivir a zahájena pronační terapie. 31. 12 jsou již oxygenační parametry uspokojivé, při opakované semipronaci s dobrým efektem bylo rozhodnuto o extubaci, nadále se pokračuje v HFNO a „awake“ ECMO. Veškeré invaze bez prosaků, klidné, ECMO bez komplikací. Od 5. 1. epizody zvracení natrávené krve nejspíše původem z horních cest dýchacích. Přetrvává dráždivý kašel a při pokusem o snižování průtoků ECMO epizody desaturace především při kašli a kvůli hypovolemii při polyurii. Provedena bronchoskopie za analgosedace pacienta s nálezem krve endobronchiálně. Indikována je reintubace pacienta a volumoterapie koloidními roztoky pro udržení průtoků ECMO. 8. 1. zjištěna anizokorie (mydriatická zornice velikosti 3 mm vpravo bez fotoreakce), proto bylo s pacientem na UPV a ECMO provedeno urgentní CT mozku, bez nálezu krvácení do mozku. CT plic je bez známek progresu stavu, přetrvávají rozsáhlé difúzní infiltráty. Provedena opětovná bronchoskopie a toaletou dolních cest dýchacích a následné otočení do semipronace. 11. 1. provedena výměna kanyl ECMO za biluminální kanylu zavedenou cestou v. jugularis int. dx. velikosti 27 F a zavedena tracheostomická kanyla s následnou bronchoskopií, při které bylo odsáto malé množství krve z dolních cest dýchacích. Pro epizody epistaxe provedena tamponáda k zastavení krvácení. 15. 1. tamponáda nosu prosakuje, proto ORL přistupuje k revizi a následné elektrokoagulaci zdroje krvácení. Snaha o snížení analgosedace vede k motorickému neklidu pacienta a tím i ke zhoršování průtoků v ECMO, které se projevuje přisáváním kanyly. Pro pokračující anemizaci podány 2 TU EBR a opakované ORL revize nosu, jehož tamponády stále prosakují. Epistaxe vyřešena až naložením balonkové tamponády. 18. 1. dochází k opětovnému zlepšení ventilace, proto zahájen weaning od ECMO s možností „lung protective ventilace“. Poté pacient od ECMO odpojen. Po ukončení systémové heparinizace ustupují i krvácivé stavy. 23. 1. pacient napojen na „T-tubus“ s postupným lepším stavu. 1. 2. provedena úspěšná dekanylace tracheostomie, pokračuje se v oxygenoterapie maskou (průtok 2-4 l/min).

Pacient se subjektivně cítí unavený a dyspnoický. Oběh je od 3. února stabilní bez nutnosti podpory vasopresory. Pacient byl přeložen zpět na výchozí multioborovou JIP do oblastní nemocnice kardiopulmonálně kompenzovaný s negativním antigenním testem na COVID-19.



Obrázek 8 Kazuistika 3 - semipronace s ECMO (zdroj: archiv autora)

8.4 Kazuistika 4

39letý očkovaný muž, u kterého jsou od 8. 4. 2021 přítomny příznaky nákazy COVID-19 ve formě respiračních obtíží, pro které je přijat na standartní lůžko pražské nemocnice. Pro progresi stavu napojen na HFNO, zkoušena pronace, která nedosahuje kýženého efektu. Pro následné elevace zánětlivých stavů, febrilie a zhoršování dechových obtíží s hyperkapnií, byl pacient 21. 4. přeložen na ARO k ventilaci pomocí NIV. Při příjmu pacient pozitivní na COVID-19 (antigenní test a RT-PCR) a na RTG nález přítomná difúzní infiltrace plic ve všech čtyřech kvadrantech. Zahájena imunomodulační terapie, nasazeny ATB,

a celková heparinizace. Pro progresi stavu s nedostatečnou odpovědí na NIV byl pacient 26. 4. intubován, bronchoskopován a byla zahájena UPV, která také nedostatečná. Protože respirační selhání progreduje (hodnoty $SpO_2 < 82\%$), byl pacient téměř ihned polohován do pronace, ve které záhy dochází ke kompletnímu respiračnímu zhroucení ($V_t < 200$ ml/min a neměřitelně vysoké hodnoty $paCO_2$). Proto bylo indikováno V-V ECMO, které bylo cestou v. femoralis – v. jugularis int. dcx zavedeno a spuštěno [6800 ot/min; průtok 4,6 l/min; air flow 5 l/min; FiO_2 1,0]. V následujících dnech dochází k postupné stabilizaci stavu, zánět se daří dostat pod kontrolu a přistupuje se k semipronačním polohám. I přes to je pacient anemizovaný, neklidný a obtížně sedovaný kombinací 5 sedativ, obdobně jako v ostatních kazuistikách. 2. 5. proběhla výměna centrálního žilního katetru komplikovaná punkcí a. subclavia a následným hematodem v pectorální krajině. Stav pacienta se zlepšuje, dochází ke snahám o weaning ECMO. Dne 5. 5. je pacient odpojen od podpory a dekanylován. 7. 5. provedena tracheostomie. 11. 5. nastává opětovné hyperkapnické respirační selhání, které se nedaří zvládnout umělou plicní ventilací. Domlouváno je přijetí pacienta k transplantaci plic, jako jediné možné cesty řešení stavu. Toho času jej však do pořadí nelze zařadit. Důvodem je sedace pacienta a neznámá/nedostatečná úroveň rehabilitace. Je znovu zavedeno V-V ECMO, nyní via v. jugularis int. biluminální kanylou. Následně zahájena intenzivní rehabilitace se snahou o samostatnost. Negativní mikrobiologický nález umožňuje zahájit předtransplantační protokol. 12. 5. pro nemožnost udržet optimální průtok ECMO proběhla výměna kanyly za větší (27 F), která byla bez komplikací. Po její výměně je možno klesat hodnotou FiO_2 na 0,4. V následujících dnech dochází k výraznému zlepšení klinického stavu pacienta, proto bylo 20. 5. ukončeno ECMO bez komplikací. Bylo pokračováno s weaning od ventilátoru, pacient klidný, bez nutnosti katecholaminové podpory oběhu. 26. 5. je pacient přeložen do jiného zdravotnického zařízení v místě bydliště, pouze s podporou ventilátoru na tracheostomii [spontánní režim; PEEP 10; FiO_2 0,25], subfebrilní,

s navyšujícím se perorálním příjmem a v dobrém psychickém stavu. Po další několikátýdenní terapii a rehabilitačním programu pacient nepotřebuje transplantaci plic a je propuštěn v dobrém klinickém stavu, schopen samostatného života. Pacient je nadále kontrolován prostřednictvím plicní ambulance.

9 DISKUZE

Práce se zabývala využitím mimotělní membránové oxygenace (ECMO) u pacientů s onemocněním COVID-19 způsobené virem SARS-CoV-2. První případy nákazy tímto virem byly popsány v Číně ke konci roku 2019. Od té doby způsobuje protahovanou pandemii s řadou komplikací a s nutností přijímat speciální opatření proti jeho šíření nejen ve zdravotnictví, ale i v běžném životě. Těžký průběh onemocnění mělo dle dostupných statistik (Komenda et al, 2020) v České republice v době největšího počtu hospitalizovaných až 22 % pacientů. Těžký průběh onemocnění se vyznačuje významnou respirační dekompenzací až selháním respiračních funkcí s nutností dechové podpory formou umělé plicní ventilace (Štefan et al, 2021). V kritických případech nestačila ani tato forma ventilační a oxygenační podpory a bylo nutné použít i extrakorporální membránovou oxygenaci (Burgos, Seoane a Diez, 2020; Toomasian, 2020). Práce se zabývala problematikou využití ECMO u pacientů s COVID-19. K ilustraci praktické aplikace a možných komplikací bylo využito několika kazuistik. Bylo nalezeno 25 vhodných pacientů s onemocněním COVID-19 a ECMO. Z tohoto souboru byly vybrány 4 kazuistiky. V jednotlivých kazuistikách byly popsány terapeutické postupy a průběh léčení u čtyř vytipovaných pacientů z období pandemie COVID-19 od začátku roku 2021 do začátku roku 2022. První COVID-19 pozitivní pacient napojený na ECMO ve zkoumaném zdravotnickém zařízení byl napojen v listopadu roku 2020, tedy necelých 11 měsíců od vypuknutí pandemie. V rámci sbírání dat pro jednotlivé kazuistiky byl kladen důraz na pestrost výběru a názornost práce.

Kazuistiky zachycují vývoj pacientova stavu v čase, tak jak probíhala ošetrovatelská péče na anesteziologicko resuscitačním oddělení se zmínkou o epikrizě pacienta, a dovětkem kam byl pacient přeložen. Ve všech 4 případech se jednalo o muže, kteří byli pozitivní na COVID-19 se symptomy, jejichž

progrese postupně vedla k hospitalizaci. Podle Společnosti infekčního lékařství ČLS JEP (Štefan et al, 2021) můžeme mluvit o kazuistice 1 jako o středně závažné formě onemocnění, která se při příjmu na JIP změnila na těžkou formu a při selhání respiračních funkcí na formu kritickou. V případě kazuistiky 2 a 3 se jednalo o příjem do nemocnice z domova se středně závažnou formou s následnou progresí a v případě kazuistiky 4 již se závažnou formou. Všechny 4 případy skončily na umělé plicní ventilaci, která ale pro ně nebyla dostatečná, a proto jim bylo indikováno ECMO. Indikací pro zahájení terapie mimotělním oběhem bylo několik. Při přítomné respirační insuficienci s dobrou srdeční funkcí se nabízí veno-venózní forma. Pro V-V ECMO je dle doporučení (ELSO) indikacemi: hypoxické selhání s více než 50% rizikem mortality, neschopnost eliminovat CO₂ i při krajním nastavení ventilátoru, méně než 10 dní na UPV a věk nesmí překračovat 65 let. Běžně dostupnou pomůckou je Murrayho skóre, jehož výsledek nabízí idealizovaný náhled na závažnost stavu, respektive predikuje riziko mortality (Ahmed, 2021; Brogan et al, 2017). Prakticky lze říct, že stačí ve třech kategoriích Murrayho skóre dosáhnout hodnoty 4 nebo ve čtyřech kategoriích hodnot větších nebo rovno 3 a je stav dostatečně závažný, aby mohla být použita ECMO. Ošťádal (2018, s 37) tvrdí, že lze Murrayho skóre zjednodušit a brát v úvahu pouze hodnoty $paO_2/FiO_2 < 80$ mmHg, nebo $paO_2/FiO_2 < 100$ mmHg a současně $paCO_2 > 100$ mmHg déle než 1 hodinu, abychom mohli stav považovat za dostatečně závažný. V případě našich kazuistik bylo k ECMO přistoupeno jako k rescue postupu při refrakterním respiračním selhání, na podkladě masivní pneumonie s difúzními infiltráty způsobenými onemocněním COVID-19. Tuto formu akutní těžké pneumonie Máca (2015, s. 285) a Ňamendys-Silva (2020) srovnává s ARDS, u něhož v rámci rescue postupů připadá ECMO v úvahu. Mezi ostatními postupy patří pronační poloha, protektivní ventilace, úprava farmakoterapie, nebo recruitment manévry. Máca (2015, s. 487) uvádí, že definice rescue postupů v intenzivní medicíně není zcela vyhraněná, neboť se rychle vyvíjí v čase a odlišují se dle vybavenosti pracovišť i věkových kategorií

pacientů. Pro případy kazuistik ji bylo vynaloženo veškeré úsilí a vyčerpány ostatní možnosti, než se přistoupilo k mimotělnímu oběhu. Při použití ECMO dostává poškozený plicní parenchym čas na zotavení, formou protektivní ventilace pomocí nízkých inspiračních objemů a nízkých tlaků, které chrání plicní parenchym před barotraumatem a jinými ventilátorem způsobenými poraněními plic – VILI (Ahmed, 2021; Burgos, Seoane a Diez, 2020). V kazuistice 1, 2, 3 i 4 bylo přistoupeno ke stejnému postupu a výsledkem bylo zlepšení stavu pacienta. Pro přistoupení k terapii ECMO je důležitá správná časná úvaha. Balík (2020) ve svém rozhovoru říká, že čím dříve je upuštěno od agresivních režimů ventilace, tím je větší pravděpodobnost zotavení plic, což Máca (2015, s 435, 489) potvrzuje.

Terapie pomocí mimotělního oběhu s oxygenátorem je nejen drahá, ale i dlouhodobá. Zatímco průměrný čas strávený na ECMO našeho souboru se pohybuje okolo 12 dní, v Thomassian (2020) ve svém zkoumání použití ECMO na COVID-19 pozitivních pacientech za rok 2020 uvádí že většina z nich je léčena V-V ECMO, a to v rozsahu 7-10 dní. Jsou zde i případy, které měly ECMO i déle než 3 týdny. Délka terapie se může odvíjet i od doby nutné k reparaci plic a délky setrvání v pronační poloze. Doporučený postup ventilační podpory u pacientů s COVID-19 České společnosti anesteziologicko resuscitační medicíny (Doporučený postup „COVID-19“, 2020) píše, že pronace je efektivní, pokud v ní pacient s hodnotami $paO_2/FiO_2 < 150$ mmHg setrvá 12-16 hodin (Davenport, 2020). Pacienti popisovaní v kazuistikách strávili v pronaci v průměru 12–18 hodin v několika po sobě jdoucích cyklech. Pronační poloha sebou nese ale jistá rizika a komplikace nejen pro pacienta ale i pro ošetřující personál. Uložení pacienta napojeného na ECMO do pronace vyžaduje perfektní spolupráci ošetřovatelského týmu. Na polohování pacienta bylo nutné spojit síly někdy až sedmi lidí (lékař, obsluha ECMO, která hlídá kanyly, tři, kteří polohují pacienta, jeden připravuje polohovací pomůcky a umisťuje je na správné místo a jedna

obíhající sestra). Je zapotřebí koordinace každého pohybu pacienta, perfektní komunikace a plánování pohybů předem. Důvodem příprav je riziko vytržení nebo dislokace ECMO kanyl, endotracheální kanyly, arteriálního katetru, nebo centrálního žilního katetru, nebo vzniku jiných komplikací včetně pozičních traumat. Jakákoliv změna polohy je doprovázena kontrolou všech invazivních vstupů, jejich přidržování a vytváření dostatečných rezerv hadic na nich napojených. Pacientovi po uložení do pronační polohy je nutné měkce vypodložit riziková místa, jako prevenci tvorby dekubitů. Při pronování pacientů se osvědčilo užití biluminální kanyly z důvodů lepší optické kontroly a případných převazů v pronační poloze, ale především snazší manipulaci při otáčení pacienta. Pro jednodušší polohování se osvědčila polohovací postel umožňující laterální náklon. V tomto případě není nutné kompletní přetočení pacienta, ale uložení pouze do semipronace a do polohy pronační jej naklonit mechanismem postele viz Obrázek 8.

Nejčastější komplikace výběru zkoumaného souboru byly krvácivého typu. Ty vznikají na podkladě systémové heparinizace, jako vedlejší účinek antikoagulace (Ošťádal, 2018), ale i v důsledku invazivních vstupů a poškození orgánových struktur. Krvácení ohrožuje pacienta nejen nebezpečím aspirace krve, respiračními obtížemi (při krvácení z/do dolních cest dýchacích), rizikem zanesení infekce (například pro obtížnou toaletu okolí invazivních vstupů zanesených koaguly), ale také hypovolémií a celkovou anemizací pacienta. Pacienti z kazuistik 1, 3 a 4 dostávali několik jednotek erytrocytárního koncentrátu a albumin pro udržení uspokojivých výsledků krevního obrazu a intravaskulárního volumu. Komplikace ve formě hypovolémie spočívá v zasekávání a přisávání okruhu ECMO s nemožností udržení adekvátních průtoků systémem. Kvůli nízkému průtoku mimotělním oběhem je omezena i efektivita výměny plynů a tím se zhoršuje celkový už tak kritický stav pacienta. Prevencí vzniku hypovolémie může být adekvátní monitorace vnitřního

prostředí, kvalitní a časté vyšetření pacienta i udržování mírně pozitivní bilance tekutin. Terapií hypovolémie způsobené krvácením zvolenou v kazuistikách byla regulace antikoagulace a volumoterapie pomocí kombinace koloidů a krystaloidů v objemovém poměru 1:2 ve prospěch krystaloidu a použití transfúzních přípravků. Franková, Rabasová a Haluzíková (2021) ve studii a Ošťádal (2018) a Bělohlávek (2016) ve svých knihách uvádějí krvácení jako nejčastější časnou komplikaci spojenou s terapií pomocí ECMO. Pokud bychom brali v úvahu pozdní komplikaci ve formě opětovného zhoršení stavu, mohli bychom uvažovat, že v našem výběru by to byla druhá nejčastější komplikace (kazuistika 1 a 4). Pro hodnocení pozdních komplikací na sledovaném souboru by bylo nutné rozšířit oblast zkoumání a cílů práce s ohledem na nutnost odstupu šetření komplikací od ukončení léčby. Jako komplikace stavu pacienta nebyly v práci hodnoceny tvorba dekubitů, či jiných defektů nepřímo spojené s ECMO.

10 ZÁVĚR

Práce se zabývala problematikou extrakorporální membránové oxygenace u pacientů s onemocněním COVID-19. Práce představila možnosti terapie pomocí ECMO včetně jejich indikací a komplikací spojené s léčbou. Byl vytvořen soubor pacientů, ze kterých byl zhotoven výběr 4 kazuistik. Na vybraných kazuistikách byl zkoumán terapeutický postup a retrospektivně popsán celkový vývoj onemocnění a hospitalizace pacienta. Bylo zjištěno, že kritickými body léčby jsou především včasné rozpoznání hrozícího nebezpečí už v rané fázi nemoci spolu s rychlým transportem pacientů do specializovaných center disponujících přístroji ECMO a náležitými zkušenostmi. Péče o pacienta s onemocněním COVID-19 napojeného na systém mimotělní oxygenace je velice komplexní. Jedná se o kriticky nemocného pacienta, a je třeba u něj dbát zvýšeného zřetelu při každodenní péči i vyšetření. Riziko zhoršení stavu či výskytu komplikace je zde vysoké. Nejčastější komplikací spojenou s ECMO je krvácení. Komplikacím a nežádoucím situacím je třeba předcházet kvalitní ošetrovatelskou péčí erudovaným personálem, kontrolou správné funkce přístrojů a adekvátní monitorací pacientova stavu. Vytyčené cíle práce (3) a doprovodné úkoly (2) byly splněny.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACT	- aktivovaný koagulační čas
aPTT	- aktivovaný částečný tromboplastinový čas
ARDS	- syndrom akutní dechové tísně
ARO	- anesteziologicko resuscitační oddělení
ATB	- antibiotika
CRP	- C-reaktivní protein
CT	- počítačová tomografie
ČLS JEP	- Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
DF	- dechová frekvence
E-CPR	- kardiopulmonální resuscitace pomocí ECMO
EBR	- erytrocytární koncentrát
ECMO	- extrakorporální membránová oxygenace
EKG	- elektro kardo graf
ELSO	- Extracorporeal Life Support Organization
ETK	- endotracheální kanyla
HFNO	- vysoko průtoková oxygenace
IABP	- intra arteriální tlak krve
JIP	- jednotka intenzivní péče
LWMH	- nízko molekulární heparin
mmHg	- milimetry rtuťového sloupce

MZČR	- Ministerstvo zdravotnictví České republiky
NIRS	- Near-Infrared Spectroscopy
NIV	- neinvazivní ventilace
ORL	- otorinolaryngologie
OTI	- orotracheální intubace
paCO ₂	- parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi
paO ₂	- parciální tlak kyslíku v arteriální krvi
PCR	- polymerázová řetězová reakce
PEEP	- pozitivní tlak na konci výdechu
Phigh	- špičkový tlak
Plow	- minimální tlak
PRVC	- Pressure regulated volume control (hybridní ventilační režim)
RASS	- Richmondova stupnice agitace a sedace
RTG	- rentgen
RT-PCR	- polymerázová řetězová reakce v reálném čase
RZP	- rychlá zdravotnická pomoc
SpO ₂	- saturace krve kyslíkem
TU	- transfúzní jednotka
UNFH	- nefrakcionovaný heparin
UPV	- umělá plicní ventilace
VILI	- ventilátorem indukované plicní poškození
Vt	- vdechovaný objem
WHO	- Světová zdravotnická organizace

12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AHMED, Taha, Talha AHMED, Hussain KARIMI, Leslie TOLLE a Muhammad Nouman IQBAL. COVID19 Acute respiratory distress syndrome and extra-corporeal membrane oxygenation; A mere option or ultimate necessity, 2021. *Perfusion* [online], **36**(6), 559-563 [cit. 2022-04-16]. ISSN 0267-6591. Dostupné z: doi:10.1177/0267659120961507

ALSHAHRANI, Mohammed S., Anees SINDI, Fayez ALSHAMSI, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe Middle East respiratory syndrome coronavirus, 2018. *Annals of Intensive Care* [online], **8**(1) [cit. 2022-04-16]. ISSN 2110-5820. Dostupné z: doi:10.1186/s13613-017-0350-x

BARTŮŇEK, Petr a Dana JURÁSKOVÁ, HECZKOVÁ, Jana a Daniel NALOS, ed, 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4343-1.

BĚLOHLÁVEK, Jan. Kdy je u koronaviru čas myslet na ECMO – rozhovor, 2020. *Medical tribune* [online]. Praha, 17. 3. 2020 **16**(5), 2 [cit. 2022-04-16]. ISSN 1214-8911. Dostupné z: <https://www.medvik.cz/link/bmc20000434>

BROGAN, Thomas, Laurance LEQUIER, Roberto LORUSSO a Giles PEEK. *Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book*, 2017. vyd. 5., Michigan, Ann Arbor: Extracorporeal Life Support Organization. ISBN 978-0-9656756-5-9.

BURGOS, Lucrecia María, Leonardo SEOANE a Mirta DIEZ. Extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome in patients with coronavirus disease 2019: what do we know so far?, 2020. *Perfusion*[online], **35**(6), 558-561 [cit. 2022-04-16]. ISSN 0267-6591. Dostupné z: doi:10.1177/0267659120934279

Doporučený postup "COVID-19": Ventilací podpora pacientů s COVID-19, 2020. Česká společnost intenzivní medicíny [online]. Praha [cit. 2022-05-03].
Dostupné z: https://csim.cz/wp-content/uploads/06_DP_COVID_CSARIM_UPV_verze_1_050420_final.pdf

DAVENPORT, Liam. Top 10 Must-Dos in ICU in COVID-19: Include Prone Ventilation, 2020. *Medscape*[online]. New York: Medscape medical news, 31. 3. 2020 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.medscape.com/viewarticle/927855#vp_1

FAN, Eddy, Jeremy R BEITLER, Laurent BROCHARD, Carolyn S CALFEE, Niall D FERGUSON, Arthur S SLUTSKY a Daniel BRODIE. COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome: is a different approach to management warranted?. *The Lancet Respiratory Medicine* [online]. 2020, 8(8), 816-821 [cit. 2022-04-16]. ISSN 22132600. Dostupné z: doi:10.1016/S2213-2600(20)30304-0

FICIAL, Barbara, Francesco VASQUES, Joe ZHANG, Stephen WHEBELL, Michael SLATTERY, Tomas LAMAS, Kathleen DALY, Nicola AGNEW a Luigi CAMPOROTA, 2021. Physiological Basis of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Extracorporeal Carbon Dioxide Removal in Respiratory Failure. *Membranes* [online]. 11(3), 225. ISSN 2077-0375. Dostupné z: doi:10.3390/membranes11030225

FRANĚK, Ondřej. Studie ARREST 2: Směřuje eCPR mezi standartní postupy?, 2020. *Záchranná služba.cz* [online]. Praha 6: Ondřej Franěk, 30.11.2020 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://zachrannasluzba.cz/studie-arrest-faze-2-smeruje-ecpr-mezi-standardni-postupy/>

FRANKOVÁ, Veronika, Pavlína RABASOVÁ a Jana HALUZÍKOVÁ. (Early and late complications of extracorporeal membrane oxygenation), 2021. *Cor et Vasa* [online], **63**(4), 466-474 [cit. 2022-05-05]. ISSN 00108650. Dostupné z: doi:10.33678/cor.2021.052

CHANG, Hsiao-Huang, Yi-Chih CHEN, Chun-Jung HUANG, Chia-Cheng KUO, Yi-Min WANG a Chia-Wei SUN. Optimization of extracorporeal membrane oxygenation therapy using near-infrared spectroscopy to assess changes in peripheral circulation: A pilot study, 2020. *Journal of Biophotonics* [online], **13**(10) [cit. 2022-04-15]. ISSN 1864-063X. Dostupné z: doi:10.1002/jbio.202000116

KOMENDA M., PANOŠKA P., BULHART V., ŽOFKA J., BRAUNER T., HAK J., JARKOVSKÝ J., MUŽÍK J., BLAHA M., KUBÁT J., KLIMEŠ D., LANGHAMMER P., DAŇKOVÁ Š., MÁJEK O., BARTUŇKOVÁ M., DUŠEK L. COVID-19: Přehled aktuální situace v ČR, 2020. *Onemocnění aktuálně* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, [cit. 28. 3. 2022]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>. Vývoj: společné pracoviště ÚZIS ČR a IBA LF MU. ISSN 2694-9423.

MÁČA, Jan, [2015]. *ARDS v klinické praxi*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-807345-447-0.

MALÁSKA, Jan, Jan STAŠEK, Milan KRATOCHVÍL a Václav ZVONÍČEK, [2020]. *Intenzivní medicína v praxi*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-80-7345-675-7.

ÑAMENDYS-SILVA, Silvio A. ECMO for ARDS due to COVID-19, 2020. *Heart & Lung* [online], **49**(4), 348-349 [cit. 2022-04-16]. ISSN 01479563. Dostupné z: doi:10.1016/j.hrtlng.2020.03.012

OŠŤÁDAL, Petr, Jan BĚLOHLÁVEK, Martin BALÍK a Hynek ŘÍHA, [2018]. *ECMO: extrakorporální membránová oxygenace : manuál pro použití u dospělých*. 2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-80-7345-591-0.

ŠTEFAN, Marek, Aleš CHRDLÉ, Petr HUSA, Jan BENEŠ a Pavel DLOUHÝ. Covid-19: diagnostika a léčba: Doporučený postup Společnosti infekčního lékařství ČLS JEP, 2021. *Infekce.cz* [online]. Praha: FORPSI, 15. 4. 2021 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: https://www.infekce.cz/Covid2019/DPcovid-19_SIL_0421.pdf

TOOMASIAN, John. The COVID-19 pand-ECMO-ic, 2020. *Perfusion* [online], **35**(4), 278-279 [cit. 2022-05-03]. ISSN 0267-6591. Dostupné z: doi:10.1177/0267659120929657

YEAGER, Torin a Shuvo ROY. Evolution of Gas Permeable Membranes for Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Artificial Organs* [online]. 2017, **41**(8), 700-709 [cit. 2022-04-15]. ISSN 0160564X. Dostupné z: doi:10.1111/aor.12835

13 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vykázaná očkování dle pořadí dávky kumulativně (MZČR, 2022)	13
Obrázek 2 přístroj ECMO (zdroj: archiv autora)	17
Obrázek 3 biluminální kanyla – detail (zdroj: archiv autora).....	23
Obrázek 4 biluminální kanyla – fixace (zdroj: archiv autora).....	23
Obrázek 5 Dvě inflow kanyly s "Y" spojkou (zdroj: archiv autora).....	24
Obrázek 6 Schéma výběru vhodné konfigurace v závislosti na stavu pacienta (Ficial et al; 2021)	24
Obrázek 7 Koagula usazená v membránovém oxygenátoru (zdroj: archiv autora).....	30
Obrázek 8 Kazuistika 3 - semipronace s ECMO (zdroj: archiv autora).....	45

14 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Murrayho skóre (Ošťádal, 2018, str. 36).....	22
Tabulka 2 Mortalita vs. délka hospitalizace při MERS v závislosti na ECMO (Alshahrani, 2018).....	33
Tabulka 3 Souhrnný přehled souboru.....	36
Tabulka 4 Detaily ECMO k souboru.....	37

15 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Poměr mužů a žen	38
Graf 2 Přehled variant napojení ECMO	39