



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

**Užití extrakorporální membránové oxygenace
– náročné metody k překlenutí kritické fáze
kardiopulmonálního selhání**

Bakalářská práce

Studijní program:

Specializace ve zdravotnictví

Autor: Ondřej Vašura

Vedoucí práce: MUDr. Jaroslav Gutvirth

České Budějovice 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou/diplomovou práci s názvem „Užití extrakorporální membránové oxygenace – náročné metody k překlenutí kritické fáze kardiopulmonálního selhání“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne 13. 8. 2019

.....

Ondřej Vašura

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu MUDr. Jaroslavu Gutvirthovi za cenné rady a vstřícný přístup. Dále bych chtěl poděkovat všem respondentům z Nemocnice České Budějovice a.s. a ze Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, kteří si na mě udělali čas a poskytli mi rozhovor. Mé velké díky patří také primáři II. chirurgické kliniky kardiovaskulární chirurgie VFN panu MUDr. Vladimíru Mikulenkovi, MBA, který mi umožnil výzkum na svém oddělení.

Užití extrakorporální membránové oxygenace – náročné metody k překlenutí kritické fáze kardiopulmonálního selhání

Abstrakt

Extrakorporální membránová oxygenace (dále jen ECMO) je náročná metoda, která se používá u kriticky nemocných pacientů a jejíž používání vyvolává řadu kontroverzí, například: Kam až lze v intenzivní péči zajít? Je správné pacienta dále trápit? Kdy odpojit infaustního pacienta? Avšak těmito otázkami se tato bakalářská práce nezaobírá.

Teoretická část práce se zabývá tím, co vlastně ECMO je, jak ho lze rozdělit, jak funguje a jaké jsou indikace a kontraindikace. Dále se věnuje vývoji ECMO, okruhu ECMO, ošetrovatelské péči a všemu, co k ní patří, včetně kompetencí zdravotních sester, monitorace a antikoagulace. Práce je zaměřena také na komplikace, které se v souvislosti s ECMO mohou vyskytnout a na způsob jakým probíhá weaning a následné odpojení pacienta od ECMO.

Výzkumná část byla zpracována pomocí kvalitativní metody – formou polostrukturovaných rozhovorů, které jsem následně rozdělil do 8 kategorií. Výzkumný soubor tvořilo 7 respondentů, 3 ze Všeobecné fakultní nemocnice v Praze a 4 z Nemocnice České Budějovice a.s. Cílem mého výzkumu bylo zjistit kvalitu života po užití ECMO u kriticky nemocného pacienta. Na základě tohoto cíle jsem si stanovil dvě výzkumné otázky. První výzkumná otázka zní: „Jak časté je užívání ECMO u kriticky nemocných pacientů?“. Druhá výzkumná otázka zní: „Jaká je úspěšnost návratu pacientů do rodin?“

Výzkum ukázal, že přesnou kvalitu života tímto způsobem zjistit nelze. Je možné pouze obecně říci, že kvalita života pacienta po odpojení od ECMO je závislá na míře zotavení poškozených orgánů (srdce a/nebo plíce). Čím bude vyšší míra zotavení poškozených orgánů, tím bude vyšší i kvalita života pacienta. To ovšem záleží na mnoha faktorech, které jsou v této bakalářské práci dále zmíněny.

Klíčová slova

ECMO; kritický stav; pacient; intenzivní péče; kardiopulmonální selhání

Using extracorporeal membrane oxygenation – demanding methods to bridge the critical phase of cardiopulmonary failure

Abstract

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a demanding method, which is used in critically ill patients and whose use raises a number of controversies, such as: How far can we go in intensive care? Is it right to torment the patient? When to disconnect an infaust patient? and many others. But this bachelor thesis doesn't address these issues, it's just something to think about.

The theoretical part of this thesis deals with what ECMO is, how it can be divided, how it works and what the indications and contraindications are. It also discusses the history associated with ECMO, the ECMO circuit, nursing care and everything related to it, including nursing competences, monitoring and anticoagulation. It also focuses on complications that occur in connection with ECMO and also with the patient, the way weaning works and the disconnection of the patient from ECMO occurs.

The research part was made using a qualitative method in the form of semi-structured interviews, which I then divided into 8 categories. The research sample consisted of 7 respondents, 3 from the General University Hospital in Prague and 4 from the Hospital in České Budějovice. I set the following goal – To find out the quality of life after using ECMO in a critically ill patient. On the basis of this objective, I set myself two research questions. The first research question is: “How often is ECMO used in critically ill patients?”. The second research question is: "What is the success rate of returning patients to families?"

Research has shown that the exact quality of life cannot be ascertained in this way. In general, the patient's quality of life after disconnection from ECMO is dependent on the recovery rate of the damaged organs (heart and/or lung). The higher the rate of recovery of damaged organs, the higher the patient's quality of life will also be. However, it depends on many factors, which are further mentioned in this thesis.

Key words

ECMO; critical condition; patient; intensive care; cardiopulmonary failure

Obsah

Úvod.....	9
1 Současný stav.....	10
1.1 Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO).....	10
1.1.1 Funkce	10
1.1.2 Hypotermie versus normotermie z pohledu ECMO.....	11
1.1.3 Indikace	12
1.2 Historie/ vývoj ECMO.....	12
1.3 Rozdělení ECMO.....	16
1.3.1 Venovenózní ECMO (VV ECMO)	17
1.3.2 Venoarteriální ECMO (VA ECMO)	17
1.3.3 Venoarteriovenózní ECMO (VAV ECMO).....	18
1.4 Okruh ECMO.....	19
1.4.1 Krevní pumpa	19
1.4.2 Membránový oxygenátor.....	19
1.4.3 Kanylace	20
1.5 Ošetrovatelská péče o pacienta napojeného na ECMO	21
1.5.1 Kompetence sester.....	21
1.5.2 Péče o pacienta na operačním sále	23
1.5.3 Monitorace.....	24
1.5.3.1 Krevní tlak	24
1.5.3.2 Tkáňová oxymetrie	24
1.5.3.3 Krevní plyny	24

1.5.3.4	Srdeční výdej	25
1.5.3.5	SvO ₂ , ScvO ₂ , Laktát.....	25
1.5.3.6	ECMO okruh.....	25
1.5.4	Antikoagulační terapie.....	25
1.5.5	Péče o pacienta na lůžku.....	27
1.6	Komplikace při ECMO podpoře.....	27
1.6.1	Komplikace spojené s okruhem ECMO	27
1.6.2	Komplikace spojené s pacientem	29
1.7	Odvýkání a odpojení od ECMO	31
1.7.1	Weaning od VV ECMO	32
1.7.2	Weaning od VA ECMO	32
1.7.3	Dekanylace	32
2	Cíle a výzkumné otázky.....	34
2.1	Cíl práce	34
2.2	Výzkumné otázky.....	34
2.3	Limity výzkumu	34
2.4	Operacionalizace pojmů.....	35
3	Metodika	36
3.1	Metodika výzkumu.....	36
3.2	Výzkumný soubor	36
4	Výsledky	37
4.1	Kategorizace dat.....	37
4.2	Výsledky výzkumu.....	37

4.2.1	Kategorie 1: Nejčastější indikace a častější způsob napojení	37
4.2.2	Kategorie 2: Počet napojených pacientů za rok	38
4.2.3	Kategorie 3: Komplikace.....	39
4.2.4	Kategorie 4: Příčiny úmrtí	40
4.2.5	Kategorie 5: Následná léčba po odpojení	41
4.2.6	Kategorie 6: Četnost výskytu komplikací po odpojení	42
4.2.7	Kategorie 7: Omezení v běžném životě.....	43
4.2.8	Kategorie 8: Vlastní názor na zlepšení péče.....	44
5	Diskuse.....	46
6	Závěr	51
7	Seznam literatury	53
8	Seznam příloh	62
9	Seznam zkratk	68

Úvod

Tématem mé bakalářské práce je „Užití extrakorporální membránové oxygenace – náročné metody k překlenutí kritické fáze kardiopulmonálního selhání“. Jedná se o metodu, která je používána u pacientů v kritickém stavu. Její hlavní funkcí je nahrazení činnosti srdce a/nebo plic při selhání jednoho nebo obou těchto orgánů. Metoda funguje na principu mimotělního oběhu a okysličování krve. Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO) má celou řadu indikací, například kardiogenní šok, plicní embolii, refrakterní srdeční zástavu, chřipku, hypotermii, ARDS z různých příčin, sepsi a také transplantaci. ECMO rozdělujeme na veno-arteriální (VA) a veno-venózní (VV). VA ECMO nahrazuje funkci srdce a plic. VV ECMO nahrazuje pouze funkci plic.

Toto téma jsem si vybral z toho důvodu, že se jedná o málo probádané vody, které ve mně vzbudily velkou zvědavost. Také bakalářských a diplomových prací na toto téma je poskrovnu. Dalším důvodem bylo, že o této metodě má povědomí jen velmi málo nelékařských pracovníků. Jelikož budu jednou nelékařským pracovníkem i já, rád bych byl jedním z těch, kteří o této problematice mají alespoň nějaký přehled. Hlavní cíl této práce je zjistit kvalitu života pacientů po odpojení od ECMO. V teoretické části se zaměřím na obecné aspekty, které se týkají přístroje ECMO.

1 Současný stav

1.1 Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO)

Extrakorporální membránová oxygenace, dále jen ECMO, označuje použití dlouhodobého mimotělního krevního oběhu. Užívá se v kritických stavech, kdy je potřeba dočasně nahradit funkci srdce jako pumpy či funkci plic, tj. okysličování krve nebo nahrazení obou těchto orgánů, které nereagují na konvenční léčbu, včetně umělé plicní ventilace (Tošovský, 2009).

Jedná se o přemostění nejkritičtějšího stavu pacienta tak, že svou podporou dává ECMO čas na úpravu funkce plic a srdce, buď spontánně, medikamentózně nebo chirurgickým řešením. Zároveň zabraňuje kolapsu dalších orgánů (Tošovský, 2009; Mošna, 2014). ECMO zahrnuje celou škálu funkcí a indikací, kterým jsem se rozhodl v této kapitole věnovat.

1.1.1 Funkce

Hlavní funkcí přístroje pro extrakorporální membránovou oxygenaci je dočasné odklonění proudící krve od srdce a plic tak, aby se vytvořilo bezkrevné a stacionární operační prostředí pro chirurga. Přístroj nahrazuje funkci srdce a plic po dobu chirurgického výkonu. To znamená, že je jakýmsi náhradníkem za srdce a plíce, které jsou vyřazeny z funkce (Slezáková a kol. 2010). Wagner ve své knize uvádí, že „ECMO také slouží jako autotransfuzní zařízení, jelikož veškerá krev z operačního prostředí je nasávána zpět, filtrována a přidávána k hlavnímu venóznímu návratu“ (Wagner, 2009, str. 149).

Další důležitou funkcí ECMO je již zmíněná oxygenace neboli výměna krevních plynů, tj. CO_2 a O_2 . Ta je zásadní pro fyziologickou funkci všech ostatních orgánů. Oxygenaci má v ECMO na starost oxygenátor, jehož membrána výměnu krevních plynů umožňuje (Balík a Pražáková, 2016). Více v kapitole „Mechanický okruh ECMO“.

Dále přístroj zajišťuje udržení acidobazické rovnováhy ve fyziologických mezích, a to pomocí cirkulace a okysličování krve. Když se zastaví krevní oběh, ať už na podkladě respiračního nebo kardiálního selhání, v těle se nám začne hromadit CO_2 a odpadní produkty z látkových přeměn. Všechny tyto látky jsou kyselého charakteru a působí tak pomalu rozvrat vnitřního prostředí. Za fyziologického chodu organismu se tyto látky

odbourávají skrze plíce a ledviny. Aby ledviny plnily svou funkci, je potřeba, aby jimi proudil dostatek krve, kterou zbavují odpadních látek. Proto je nutné, aby při zástavě oběhu ECMO cirkulaci nahradilo. Díky tomu se tělo zbaví odpadních látek z metabolismu (ionty, ketolátky atd.). Výměnou krevních plynů se pak tělo zbaví CO₂, a to je princip udržování acidobazické rovnováhy u pacienta napojeného na ECMO (Arndt, 2011).

ECMO také zajišťuje ohřívání nebo naopak ochlazování cirkulující krve. Tuto funkci má na starosti výměník tepla (Wagner, 2009). Více v kapitole „Mechanický okruh ECMO“. Uvádí pacienta buď do normotermie nebo do hypotermie. Tak nastává otázka: „Je výhodnější vedení ECMO v hypotermii nebo normotermii?“ Každý ze stavů má svá určitá rizika i přednosti.

1.1.2 Hypotermie versus normotermie z pohledu ECMO

Je-li zvolen postup v normotermickém stavu, odpadají problémy s hypotermií, jako například prodloužení času na ECMO spojené s ohříváním cirkulující krve. Normotermie zapříčiňuje dle Wagnera: „menší krevní ztráty, lepší funkci myokardu a nižší incidenci pooperačního syndromu nízkého srdečního výdeje“. Na druhou stranu může normotermie zhoršovat operační podmínky chirurga (více krve v operačním poli nebo ohřev myokardu) a její hlavní riziko je spojeno zejména s nárůstem mozkových komplikací (Wagner, 2009, str. 167-168).

Hypotermický stav slouží jako ochrana organismu, a především mozku před hypoxií. S klesající teplotou se snižuje tkáňová perfúze společně se spotřebou kyslíku a zpomalují se enzymatické reakce, což vede ke zpomalení metabolických dějů. Dochází také ke zvyšování viskozity krve, a tím ke zpomalení její cirkulace až k úplnému zastavení – to záleží na hloubce hypotermie (Ošťádal, 2009).

Nevýhodou hypotermie je pokles parciálního tlaku O₂ a CO₂, což má za následek obraz respirační alkalózy. ECMO toto kompenzuje přidáním CO₂ do oxygenátoru. Této strategii se říká pH-stat. Její používání je v současnosti na ústupu. Avšak jsou zde některé indikace, které tuto strategii vyžadují, například operace některých vrozených vad u dětí nebo operace prováděné na aortálním oblouku u dospělých (Wagner, 2009).

1.1.3 Indikace

Důvodů k napojení na ECMO je celá řada. Lze je dělit podle charakteru postižení či podle druhu kanylace. Jednou z indikací pro použití ECMO je kardiovaskulární selhání zapříčiněné hypotermií. Dále ischemický kardiogenní šok, refrakterní srdeční zástava, postkardiotomický šok, myokarditidy, vzácné kardiomyopatie, vážné intoxikace, plicní embolie, plicní hypertenze, septický šok a trauma (Sangalli, 2014).

1.2 Historie/ vývoj ECMO

Jak operovat na otevřeném srdci, aby byla zajištěna perfúze všech ostatních orgánů? Tuto otázku si začali klást chirurgové začátkem 19. století. Poprvé se myšlenka o mimotělním oběhu zrodila při experimentu z roku 1812. César J. J. Le Gallois tvrdil, že pokud by bylo možné vytvořit přístroj, do kterého by byla pomocí injektorů vháněna arteriální krev, bylo by také možné tímto přístrojem udržet při životě jakoukoliv část těla. Roku 1849 Karl Eduard Loebell provedl první umělou perfúzi na izolované ledvině psa (Susak, 2016).

Mezi lety 1848 a 1858 dokázal Eduard Brown-Séquard získat okysličenou krev, mícháním žilní krve se vzduchem. V roce 1868 Ludwig a Schmidt z fyziologického institutu v Lipsku vytvořili přístroj na umělou perfúzi izolovaných orgánů. V téže roce provedli experiment na psích ledvinách a svalové tkáni (Piciché, 2013). Roku 1882 Von Schroeder navrhl a sestavil první prototyp primitivního bublinkového oxygenátoru. Tento prototyp se skládal z komory, která obsahovala žilní krev, jež se probubláním s kyslíkem přeměnila na krev okysličenou, tedy arteriální (Passaroni, 2015). Tento počín lze považovat za prvopočátek oxygenátoru.

Za prvního primitivního předchůdce ECMO je možné považovat přístroj z roku 1885. Max von Frey a Max Gruber z Lipska vytvořili systém, který zajišťoval okysličování venózní krve pod hydrostatickým tlakem, přes cylindrický oxygenátor (Příloha č. 1), do kterého byla tato krev vháněna pomocí spolehlivé pumpy. Jednalo se o první přístroj, který zajišťoval okysličování krve pod neustálou cirkulací. Tento vynález se stal odrazovým můstkem pro ty, kteří se touto problematikou zabírali (Piciché, 2013; Susak, 2016). V roce 1890 Carl Jacobj z Institutu ve Štrasburku vyvinul svůj perfúzní systém, který nazval „hematizátor“. Tento systém fungoval v principu stejně jako ten z roku 1885. Jacobj použil akorát k zajištění kontinuální cirkulace pryžový balón, který přerušovanými

komprese poháněl krev. Na oxygenaci krve použil nádrž, kde se krev probublávala se vzduchem (bublinkový oxygenátor); (Susak, 2016).

Zlomovým se stal ve vývoji ECMO rok 1926. Sergei Sergejevich Brukhonenko ve spolupráci s Tchetchulinem sestrojil přístroj nazvaný „autojector“, který zahrnoval dvě membránové pumpy s ventilovým systémem. Darované zvířecí plíce byly uměle okysličovány, a tudíž sloužily jako oxygenátor. První pumpa dodávala neokysličenou krev do darovaných plic, zatímco druhá pumpa zajišťovala cirkulaci zbytku těla. Brukhonenko propůjčil svůj přístroj Dr. Nikolai Terebinskemu, který s jeho pomocí provedl mnoho operací v otevřeném srdci (na psech). Roku 1936 nahradil Brukhonenko „dárcovské plíce“ svého přístroje bublinkovým oxygenátorem. Systém oxygenátoru se skládal z dvoustěnných skleněných nádob. Vnitřní nádoba sloužila k okysličování krve a vnější k jejímu ohřívání. V roce 1939 byl takto vylepšený přístroj použit k resuscitaci dvanácti zvířat se srdeční zástavou. Nicméně dalších větších úspěchů se Brukhonenko a Terebinski nedočkali (Piciché, 2013).

Mezitím se na druhé straně zeměkoule pokoušel sestavit svůj vlastní přístroj pro mimotělní oxygenaci John Heysham Gibbon. V roce 1937 představil svůj první perfuzní systém, který byl schopen přečerpávat a okysličit až 500 ml krve za minutu. Oxygenace byla prováděna ve vertikálních rotujících válkách na principu membránového oxygenátoru. Cirkulaci krve zajišťovaly dvě rotační pumpy. První čerpala krev do oxygenátoru a druhá z oxygenátoru do arteriálního oběhu. Gibbon byl také první, kdo použil ve svém přístroji heparin jako antikoagulant. Prováděné experimenty na kočkách však dovedly Gibbona k závěru, že kapacita oxygenátoru je příliš malá a nestačí na perfúzi větších zvířat. To dovedlo Gibbona ke spolupráci s IBM (International Business Machines Corporation); (Susak, 2016).

V roce 1949 vytvořili John Gibbon spolu s IBM extrakorporální oběh „Model I“, který měl větší kapacitu oxygenátoru a používal pulzní pumpy namísto rotačních. Během zkoušení Modelu I však přišli na to, že kapacita oxygenátoru stále nestačí na oxygenaci většího zvířete, než je kočka. Během roku byl vyvinut Model II, který měl výkonnější oxygenátor s větší kapacitou a dvojitě rotační pumpy. Stroj byl schopný monitorovat teplotu krve, Ph, saturaci a rychlost průtoku. Dále byl vybaven mechanismem pro regulaci teploty krve a hodnoty Ph. Tento model se později ukázal jako spolehlivý a lze jej označit za první funkční ECMO (Susak, 2016).

První klinické použití Modelu II se konalo v roce 1952. John Gibbon napojil na mimotělní oběh 15měsíční holčičku s podezřením na defekt síňového septa. Po otevření srdce nebyla patrná žádná známka defektu. Pacientka zemřela a na pitvě byla objevena velká botallova dučej. První úspěšná operace s použitím ECMO byla provedena až o rok později v Bostonu a zasloužil se o ni opět John Gibbon (Wagner, 2009). Operace se uskutečnila 6. května na 18leté dívce (Cecilia Bavolek), u které byl úspěšně uzavřen defekt síňového septa. Mezi lety 1953 a 1954 bylo na Modelu II provedeno ještě několik dalších operací, avšak všechny dopadly neúspěšně. Po řadě neúspěchů se John Gibbon přestal touto problematikou zabývat. Přesto je dodnes považován za „otce“ mimotělního oběhu. Stal se prvním, kdo úspěšně použil ECMO na člověku (Susak, 2016).

Za zmínku také stojí Dr. C. Walton Lillehei, který je nazýván „otcem“ operací na otevřeném srdci. Dr. Lillehei přišel se zajímavou metodou, jak okysličovat krev při kardiokirurgické operaci. Namísto oxygenátoru použil tělo živého dárce, kterým byl nejčastěji rodič (Příloha č. 2); (Moller, 2009). Krev byla poháněna pomocí prstové pumpy (Příloha č. 3), kterou později Dr. Lillehei nahradil pumpou rotační. Tato metoda byla nazvána „controlled cross circulation“. Během roku 1954 provedl Dr. Lillehei celkem 45 operací pomocí této metody. Mortalita pacientů se pohybovala okolo 50 % a mortalita dárců byla nulová. Kritici ovšem tvrdili, že taková operace může mít i 200% úmrtnost. Další problém byl v příliš nízkých průtocích krve, který byl nedostačující pro větší děti nebo dospělé. Dr. Lillehei byl nucen od své metody „cross circulation“ upustit a nahradil dárce výkonným bublinkovým oxygenátorem (Piciché, 2013).

Mezitím se pokoušeli Dr. John Kirklin a jeho multidisciplinární tým vylepšit Gibbonův Model II. Po více než dvou letech vývoje představili svůj nový přístroj pro mimotělní oxygenaci, nazývaný „Mayo Gibbon pump oxygenátor“ (Příloha č. 4). Na tomto ECMO přístroji zaznamenali roku 1955 první sérii úspěšných operací. Jednalo se o osm dětí s defektem síňového septa. Přesto, že polovina těchto pacientů zemřela, jednalo se o významný pokrok (Susak, 2016).

Dalšího pokroku se ECMO dočkalo v šedesátých letech. Dosavadní bublinkové oxygenátory, které se používaly posledních 25 let, byly nahrazeny nově vyvinutými membránovými oxygenátory. Začátek vývoje odstartoval mezi lety 1955–1957, kdy Clowes použil jako membránu folii z polyetyleny. V roce 1957 nahradil Kammermeyer folii z polyetyleny dimethylpolysiloxanovou membránou, která umožňovala

desetkrát rychlejší oxygenaci. Začátkem šedesátých let skupina vedena Kolobowem a spol. použili jako membránu silikonový kaučuk, který byl hemokompatibilnější a účinnější při výměně plynů. Dalším krokem ve vývoji membránového oxygenátoru bylo použití mikroporézních materiálů s hydrofobním tetrafluorem. Tato membrána umožňovala lepší výměnu plynů a byla šetrnější ke krevním složkám (Melchior, 2016).

První případ úspěšně léčeného dospělého pacienta za pomoci ECMO publikoval v roce 1972 Dr. J. D. Hill. Jednalo se o pacienta s posttraumatickým ARDS (syndrom akutní dechové tísně); (Mošna, 2014). V roce 1977 uvedl Robert H. Bartlett se svými kolegy první sérii 28 pacientů (14 dětí a 14 dospělých) operovaných pomocí ECMO. Jednalo se o vůbec první sérii operací na dospělých pacientech (Hamid, 2011). ECMO se dlouhou dobu setkávalo spíše s neúspěchy. V roce 1979 prokázala jedna randomizovaná studie 90% mortalitu u dospělých pacientů. Vzhledem k tomu bylo ECMO dalších 30 let používáno pouze u novorozenců a dětských pacientů jen v několika vysoce specializovaných centrech zabývajících se mimotělní membránovou oxygenací. (Mosier et al., 2015).

Se stoupajícím počtem pacientů šly ruku v ruce i stoupající počty indikací. Proto byla v roce 1989 založena organizace ELSO (Extracorporeal Life Support Organization); (Vuylsteke, 2017). Tato organizace dodnes slouží ke sběru dat o pacientech, kteří dostávají mimotělní podporu ECMO, aby pomohla zlepšit výsledky těchto pacientů. V dnešní době se ELSO rozrostla o více než 400 center a má údaje o více než 80 000 pacientech. Tato organizace má také na starosti vypracovávání studií, výzkumů, tvorbu statistik, tvorbu metodických pokynů a technik a v neposlední řadě také vzdělávání a pořádání meetingů (Nasr, 2018).

Dalšího vylepšení se ECMO dočkalo s vývojem centrifugálních pump. Tyto pumpy nahradily dosavadní pumpy (rotační nebo prstové) v mnoha ohledech. Zajišťují totiž kontinuální průtok a tlak krve v okruhu, mají delší životnost a jsou spolehlivější při použití u dlouhodobého napojení na ECMO. V roce 1995 Mendler a jeho kolegové představili centrifugální čerpadlo Maquet Rotaflow, které bylo v té době považováno za „rolls roys“ mezi dosavadními čerpadly (Lequier, 2013).

Začátek 21. století přinesl různé modifikace membránových oxygenátorů. Vystřídalo se zde několik různých biomateriálů, například polypropylen, polyuretan, polyvinylchlorid nebo nerezová ocel. Největší úspěch však sklidil polymetylpenten

(PMP); (Lequier, 2013). Zavedení membránového oxygenátoru z PMP poskytovalo několik technických výhod (Příloha č. 5). Ve srovnání s ostatními membránovými oxygenátory má PMP oxygenátor menší požadavky na transfuzi červených krvinek a trombocytů. Výrazně omezil únik plasmy při průtoku krve oxygenátorem. Dále poskytuje lepší výměnu plynů, nižší krevní odpor a nižší primární objem. Důležité také je, že oxygenátory z PMP mohou být snadno potaženy heparinem, zatímco silikonové membránové oxygenátory tuto možnost neměly. Tím pádem bylo možné potáhnout heparinem celý okruh a výrazně se tím snížila potřeba systémové heparinizace (Cypel, 2014).

Všechny tyto změny byly tak zásadní, že začátek 21. století je považován za novou éru generace ECMO (neformálně nazývané ECMO v2.0). V roce 2009 bylo ECMO této nové generace použito při pandemii prasečí chřipky, kdy ECMO zachránilo mnoho mladých životů (Vuylsteke, 2017). V témže roce studie CESAR (Conventional ventilation, ECMO, Severe, Adult, Respiratory failure) publikovala své výsledky. Studie CESAR porovnává běžné metody ventilace s extrakorporální membránovou oxygenací pro léčbu těžkého akutního respiračního selhání u dospělých. Výsledkem studie bylo zjištění, že ECMO je daleko efektivnější při léčbě ARDS, a dokonce i méně nákladné (Peek, 2009). Tato skutečnost odstartovala rozšířené využití ECMO do klinické praxe i pro dospělé pacienty, a to nejen v oblasti reverzibilního respiračního selhání, ale i v oblasti kardiopulmonální (Vuylsteke, 2017).

1.3 Rozdělení ECMO

Výběr správného typu napojení na ECMO závisí na celkovém hemodynamickém statusu pacienta. Venovenózní ECMO je indikováno při selhávání plic. Jedná se o hypoxické respirační selhání, těžké pneumonie, transplantace plic, hyperkarbické respirační selhání, bronchopleurální píštěle nebo o komplexně řízenou ventilaci. Podstatnou podmínkou ovšem je dostačující funkce pravé a levé srdeční komory. Absolutními kontraindikacemi VV ECMO je těžké poškození mozku, ireverzibilní poškození plic, kardiogenní šok, těžká plicní hypertenze, status nerozšiřování léčby, srdeční zástava a nevléčitelná nemoc v pokročilém stádiu. Relativní kontraindikace jsou věk nad 75, obezita s BMI přes 40, pokročilá onemocnění jater či multiorgánová selhání. Venoarteriální ECMO se zavádí při kombinovaném kardiopulmonálním selhání nebo při izolovaných srdečních vadách.

Příležitostně je také používáno u šokových stavů (nejčastěji u kardiogenního šoku nebo u septického šoku). Kontraindikace pro zavedení VA ECMO je disekce aorty, těžká aortální regurgitace, těžké poškození mozku, nevléčitelné onemocnění v pokročilém stádiu a status nerozšiřování léčby (Ošťádal, 2018; Sen, 2016).

1.3.1 Venovenózní ECMO (VV ECMO)

VV ECMO funguje jako jakási „nasávačka“, která odebírá žilní neokysličenou krev a v oxygenátoru ji následně okyslíčí a vrátí zpět do krevního řečiště. Odtok a přítok krve lze provést jednou kanylou s dvojitým lumenem nebo dvěma kanylami. Standartní konfigurace napojení na ECMO zahrnuje femoro-femorální, femoro-jugulární a jugulární bicavální přístup (Příloha č. 6). Nejčastěji používaná kanylace je femoro-jugulární, kdy je lumen odtokové kanyly zaveden přes vena femoralis až do dolní duté žíly. Přítoková kanyla je poté zavedena přes vena jugularis interna až do horní duté žíly, někdy také přímo do pravé síně (Ošťádal, 2018; Sen, 2016). Okysličená krev dále putuje přes pravé srdce do plicního řečiště, kde může dojít k dalšímu okysličení (záleží na rozsahu poškození a nefunkčnosti plic). Následně je krev srdcem pumpována do velkého krevního oběhu (Balík a Pražáková, 2016).

Polohy kanyl (nebo kanyly jedná-li se o bicavální přístup) jsou vždy kontrolovány pod ultrazvukem, popřípadě za pomoci rentgenu (Ošťádal, 2018). Nesprávná poloha kanyl/kanyly může mít za následek vysokou hodnotu recirkulace okysličené krve. Tento fenomén znamená, že přiváděná krev z okruhu je nasávána zpět odváděcími kanylami bez toho, aniž by okysličená krev prošla dále do srdce a následně do plic či velkého krevního oběhu. Vysoká míra recirkulace má pak za následek celkové zhoršení oxygenace pacienta a nakonec hypoxii (Abrams, 2015). Pro minimalizaci recirkulace musí být mezera mezi oběma konci kanyl minimálně 4-6 cm a zároveň musí být přívodná kanyla zavedena hlouběji, nejlépe do pravé síně. Při bicaválním přístupu musí být přívodný konec lumenu namířen přímo naproti trikuspidální chlopni, která už jen svou fyziologickou stavbou zabraňuje nasávání krve zpátky do okruhu ECMO (Pavlushkov, 2017; Sen, 2016).

1.3.2 Venoarteriální ECMO (VA ECMO)

VA ECMO je technika podpory života, která zahrnuje odběr žilní krve prostřednictvím pumpy a vrácení okysličené krve do arteriálního oběhu (Baran, 2017). VA ECMO

poskytuje jak dýchací, tak hemodynamickou podporu. Okruh ECMO je zapojen paralelně se srdcem a plicemi, zatímco ve VV ECMO je okruh zapojen sériově (Makdisi, 2015). To znamená, že při VA ECMO proudí tělem pacienta v podstatě dva paralelní proudy, jeden poháněný ECMO pumpou a kvalitně okysličen, kdežto druhý proud, byť jen nepatrnou činností srdce, pohání hyposaturovanou krev do aortálního oblouku, kde se oba proudy střetávají. Poté závisí na poměru sil obou proudů a následném zásobování odstupujících cév z oblouku aorty jedním z proudů (Ošťádal, 2013). Existují dvě metody kanylace VA ECMO, a to centrální a periferní (Příloha č. 7). Centrální kanylace obecně označuje odtok neokysličené krve kanylou umístěnou v pravé srdeční síni a přítok okysličené krve kanylou umístěnou do vzestupné aorty (nebo lze využít i dalších velkých tepen, např. a. suclavia); (Jayaraman, 2017; Ošťádal, 2013).

Naproti tomu periferní kanylace zahrnuje kanylaci periferních tepen a žil. Odebírání žilní krve může probíhat z dolní duté žíly nebo pravé síně kanylou, která vystupuje z femorální žíly a po okysličení je vrácena zpět do těla pacienta přes femorální tepnu (femoro-femorální přístup). Další možností napojení je jugulo-femorální přístup, kdy je odsávací kanyla zavedena přes v. jugularis do pravé síně. Dále subklavio-femorální, odsávací kanyla je vedena do pravé síně přes v. subklavia. A poslední přístup je femoro-jugulo-femorální, kdy jsou zavedeny dvě odsávací kanyly – jedna přes v. femoralis do dolní duté žíly a druhá přes v. jugularis do horní duté žíly (Jayaraman, 2017; Ošťádal, 2013).

Centrální kanylace je často používána v kardiochirurgii či k řešení postcardiotomického kardiogenního šoku. Zavedením přívodné kanyly rovnou do vzestupné aorty se zamezuje retrográdnímu toku krve, a tím pádem i hypoxii horní poloviny těla (Pavlushkov, 2017). Nevýhodou centrální kanylace je to, že vyžaduje otevření hrudníku. Toto sebou přináší zvýšené riziko krvácení, infekce či iatrogenní poškození plic nebo mediastina. Oproti tomu periferní přístup zajišťuje snadnou kanylaci, může se provádět i u lůžka pacienta nebo za současného stlačování hrudníku. Nevýhody zahrnují častější tvorbu trombů v aortě, distenzi (zvětšení) levé komory nebo ischemii dolních končetin (Jayaraman, 2017; Ošťádal, 2013).

1.3.3 Venoarteriovenózní ECMO (VAV ECMO)

Tento typ napojení pacienta funguje na podobném principu jako VA ECMO. Jediný rozdíl je v tom, že oxygenovaná krev se vrací nejen do arteriálního oběhu, ale také

do oběhu venózního. Pacientova krev je odváděna z dolní duté žíly a vracena zpět do femorální tepny a horní duté žíly, popřípadě do pravé síně. Tento způsob se využívá u přechodových fází z VA na VV ECMO nebo při odpojení VA ECMO, kdy má pacient už dostačující funkci srdce, ale oxygenační schopnosti plic jsou ještě nedostačující. Toto zapojení se také často uplatňuje při hypoxii horní poloviny těla, která je častou komplikací u VA ECMO. Tento jev je označován jako tzv. North-South neboli Harlekýnský syndrom. Více v kapitole „Komplikace – Harlekýnský syndrom“ (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013; Pavlushkov, 2017).

1.4 Okruh ECMO

Okruh ECMO dělíme na dvě části: mechanický okruh a okruh kanyl a hadic. Do mechanického okruhu řadíme krevní pumpu, membránový oxygenátor, směšovač plynů, řídicí jednotku a ohřívač krve. Druhá část okruhu se sestává z nasávací a výpustní kanyly a propojovacích hadic (Chauhan, 2012; Mošna 2014; Ošťádal, 2013).

1.4.1 Krevní pumpa

Tato komponenta patří k hlavním součástem okruhu. Je ovládána pomocí řídicí jednotky, kde se nastavuje počet otáček a bezpečnostní alarmy (limity). V dnešní době se používají dva typy čerpadel: servoregulované rotační a centrifugální. Pravdou je, že v systémech ECMO se používá nejčastěji neokluzivní centrifugální pumpa. Rotační pumpy jsou dnes spíše raritou.

Centrifugální pumpa pracuje na principu odstředivé síly. Tento technický aspekt znamená, že výkon pumpy je závislý jak na přítoku krve, tak i na odporu krve za ní. Ovšem nevýhoda odstředivé síly spočívá v tvorbě vysokého podtlaku, který může mít za následek hemolýzu nebo může docházet k zpětnému toku. Těmto komplikacím lze předcházet kontinuálním monitoringem tlaku na příchozí a odstupní kanyle (Chauhan, 2012; Mošna, 2014; Ošťádal, 2018).

1.4.2 Membránový oxygenátor

Další nepostradatelná součást okruhu je oxygenátor, kde probíhá výměna plynů (Lequier, 2014). Oxygenátory prošly velkým vývojem. Od použitého materiálu až přes strukturu a uspořádání vnitřní stavby membrány. V dnešní době se nejvíce používají dva typy

oxygenátorů. První typ je tvořen membránou z dutých kapilár polymethylpentenu neboli PMP oxygenátor (Příloha č. 8). Druhý typ je tvořený polypropylenovou mikroporézní membránou. Na tyto oxygenátory se dále připojují tepelné výměníky, díky kterým je možné měnit teplotu krve, a tím popřípadě uvést pacienta do terapeutické hypotermie nebo lze ohřívat pacienta s hypotermickou zástavou oběhu. Toto pravidlo neplatí vždy. Na některé oxygenátory výměníky nelze připojit, a proto musejí být napojeny zvlášť (Chauhan, 2012; Ošťádal, 2013). Procento nasycení krve kyslíkem udává v ECMO směšovač plynů, který reguluje průtok plynů do oxygenátoru (Parekh, 2017).

1.4.3 Kanylace

Před samotnou kanylací je potřeba si zvolit velikosti kanyl. Nasávací kanyly mají větší průtok (20–31 F), kdežto výpustní kanyly mají průtok menší (15–23 F); (Mošna, 2014; Ošťádal, 2018; Pavlushkov, 2017). Ošťádal ve své knize uvádí, že „při použití menších kanyl se zmenšuje riziko cévního poškození a ischemie způsobené obstrukcí tepny větší kanylou, naopak větší kanyly snižují riziko poškození krevních elementů při vysokých průtocích, a tím vyšších tlakových gradientech“ (Ošťádal, 2013, str. 43–44).

Samotnou kanylaci lze provést třemi různými způsoby (Mošna, 2014). Nejčastěji používaná je Seldingerova metoda. Provádí se punkčně po vyhmatání nebo zobrazení cévy. Proveďte se punkce punkční jehlou a přes její konec zavedeme zavaděč (Kaláb, 2013). Vodící drát (zavaděč) by měl být dostatečně tuhý, tím se sníží riziko zalomení zavaděné kanyly v podkoží a následné poranění cévy nebo neúspěšnost kanylace (Ošťádal, 2013). Jehla se vytáhne a přes zavaděč se do místa punkce zavádějí dilatátory, které postupně provádějí tunelizaci podkoží a zvětšují otvor v cévě. Po dosažení potřebné velikosti zavádíme vhodnou kanylu. Pokud není možné zavést kanylu punkčně, je třeba cévu chirurgicky vypreparovat (Kaláb, 2013). Do vypreparované cévy se za stálé optické kontroly zavede kanyla pomocí Seldingerovy techniky (semi-seldinger), nebo se preparovaná céva nařízne a následně se přímo zavede odpovídající kanyla (Mošna, 2014; Pavlushkov, 2017).

Všechny způsoby kanylací, ať už periferní nebo centrální, probíhají v celkové nebo svodné anestezii a úplné či lokální sedaci (Balík a Pražáková, 2016). Kanylace pacienta také vyžaduje, aby byl pacient heparinizován. Hodnoty APTT by měly být udržovány minimálně nad 60 s a hodnoty ACT nad 200 s. V dnešní době se také používají

kanyly potažené vrstvou heparinu, které zabraňují vzniku trombů v lumenu (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013).

Před spuštěním celého okruhu ECMO je nutné mít celý systém propláchnutý a napuštěný balancovaným heparinizovaným krystaloidním roztokem (tzv. priming). Poté je potřeba pečlivě zkontrolovat (zvláště v místech, kde se napojují kanyly na zbytek okruhu), aby se zde nenacházely žádné bubliny. Není-li tomu tak, je potřeba místo s bublinami rozpojit, propláchnout a znovu napojit. Je také vhodné (dovoluje-li to stav pacienta) zkontrolovat umístění kanyl, buď skiaskopicky či transtorakální nebo transezofageální echokardiografií (Ošťádal, 2013).

1.5 Ošetrovatelská péče o pacienta napojeného na ECMO

Péče o pacienta napojeného na ECMO je technologicky náročná a komplexní záležitost. Nemá ji na starost jen jeden člověk, nýbrž celý ECMO tým, který se skládá z perfuzionistů, anesteziologů, lékařů a sester. Ošetrovatelskou péčí je možné rozdělit na péči na operačním sále, tedy během operace a na péči na lůžku. Při probíhající operaci má pacienta na starosti anesteziolog, perfuzionista a sálová sestra. Na lůžku pak jen ošetřující lékař a dvě vyškolené sestry (Mirabel et al., 2017; Ryan, 2015).

Soubor lidí, který se o pacienta stará, musí být speciálně vyškolen, aby mohl zvládnout interakci, která je mezi pacientem a okruhem ECMO, dále musí zajistit bezpečnost okruhu ECMO prostřednictvím kontinuálního sledování, hodnocení a případné řešení problémů, aby se předešlo nouzovým, život ohrožujícím situacím (Daly, 2017). Toto zahrnuje titraci průtoků krve a plynů, dále regulaci otáček krevní pumpy nebo podání léků např. vazopresory (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013). Organizace ELSO definuje ošetřující personál, který se stará o pacienta napojeného na ECMO jako „technické specialisty vyškolené k řízení systému ECMO a klinických potřeb pacienta pod vedením a dohledem stejně vyškoleného lékaře“ (ELSO, 2013).

1.5.1 Kompetence sester

Kompetence sester starajících se o pacienty na ECMO jsou stanoveny dle vyhlášky č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných zdravotníků. Dle § 54, činnosti všeobecné sestry se specializovanou způsobilostí, může sestra

bez odborného dohledu a bez indikace edukovat pacienty (případně jiné osoby) ve specializovaných ošetrovatelských postupech a připravovat pro ně informační materiály, sledovat a vyhodnocovat stav pacientů z hlediska možnosti vzniku komplikací a náhlých příhod a podílet se na jejich řešení, koordinovat práci členů ošetrovatelského týmu v oblasti své specializace, hodnotit kvalitu poskytované ošetrovatelské péče, provádět ošetrovatelský výzkum, zejména identifikovat oblasti výzkumné činnosti, realizovat výzkumnou činnost a vytvářet podmínky pro aplikaci výsledků výzkumů do klinické praxe na vlastním pracovišti i v rámci oboru. Dále může připravovat standardy specializovaných postupů v rozsahu své způsobilosti, vést specializační vzdělávání v oboru své specializace, provádět a dokumentovat fyzikální vyšetření pacienta. Na základě indikace lékaře smí také provádět přípravu pacientů na specializované diagnostické a léčebné postupy, doprovázet je a asistovat během výkonů, sledovat je a ošetřovat po výkonu a edukovat pacienty (případně jiné osoby) ve specializovaných diagnostických a léčebných postupech.

Dle § 67, sestra pro klinickou perfuziologii, vykonává činnosti podle § 54 v souvislosti s řízením mimotělního oběhu. Přitom bez odborného dohledu na základě indikace lékaře může řídit mimotělní oběh při operacích na otevřeném srdci, to je sterilně sestavovat okruh pro mimotělní oběh, vybírat vhodný typ oxygenátoru krve a velikost kanyl pro vypočtený minutový průtok krve, provádět plnění okruhu pro mimotělní oběh náhradními roztoky, krevními deriváty a léčivými přípravky a odvzdušňovat jej, kontrolovat dostatečnou antikoagulaci krve před mimotělním oběhem a během něj, zabezpečovat řízenou hemodiluci, systémovou perfuzi a výměnu krevních plynů, řídit tělesnou teplotu, včetně hypotermie, provádět činnosti související s úpravou vnitřního prostředí pacienta a jeho krevního tlaku. Dále může aplikovat krevní deriváty, obsluhovat autotransfuzní systémy, provádět hemofiltraci a modifikovanou hemofiltraci při mimotělním oběhu, případně hemodiafiltraci. Smí také aplikovat léčivé přípravky do mimotělního oběhu, v součinnosti s lékařem-operatérem a v souladu s průběhem operačního výkonu aplikovat krevní hyperkalemickou kardioplegii do kořene aorty, případně cíleně do koronárních arterií pomocí krevního čerpadla. Pak také může technicky zabezpečovat podpurnou cirkulaci při srdečním selhání nebo podpurný mimotělní oběh s membránovou oxygenací (ECMO) při selhání srdce a plic, obsluhovat systémy podpory selhávajícího oběhu (například kontrapulzace, univentrikulární a biventrikulární mechanické srdeční podpory), řídit podpurný mimotělní oběh a ohřívání

při akcidentální hypotermii v rámci resuscitace oběhu, obsluhovat systémy mimotělního oběhu při operačních výkonech a dalších léčebných úkonech, které mimotělní oběh vyžadují a technicky zabezpečovat izolovanou hypertermickou perfuzi končetin cytostatiky (Česko, 2011).

1.5.2 Péče o pacienta na operačním sále

Před kanylací pacienta je nutné se přesvědčit, zda je kanylované místo dostatečně čisté a oholené. Holí se zpravidla obě strany předpokládané kanylace. Pacient leží na zádech ve vodorovné poloze, vyžaduje-li to operátor, jsou případná místa kanylace (nejčastěji pánev a ramena) podložena molitanovými bloky pro její usnadnění. Poté je na pacienta umístěna elektroda od elektrokauteru (elektrický přístroj používaný k řezání tkání a současnému zacelování cév pálením). Ta by měla být nalepena pomocí vodivého gelu na suchou a oholenou pokožku. Následně je pacient omyt dezinfekcí a připraven ke kanylaci. Nedoporučuje se používání alkoholových dezinfekcí, jelikož mezi alkoholovými výpari a elektrodou elektrokauteru může vzniknout elektrický oblouk a následné popáleniny v místě elektrody (Gupta, 2011; Mirabel et al., 2017).

Po kanylaci provádí operátor, anesteziolog a trojice perfuzionistů předstartovní kontrolu okruhu ECMO. Ta spočívá ve spuštění kyslíku, ověření startovní teploty (předcházení poruch rytmu, kvůli hypotermické dysbalanci) a ověření otáček čerpadla, které musí být nastaveno na minimální hodnotu, která zabraňuje recirkulaci krve při spuštění ECMO (Mirabel et al., 2017). Dle Ošťádal je minimální hodnota 1000–2000 otáček za minutu dostačující, aby nedošlo ke zpětnému toku (Ošťádal, 2013, str. 45). Po spuštění oběhu se minimální hodnoty pozvolna zvyšují. Rychlost zvyšování otáček závisí na adaptabilitě pacienta, proto je potřeba mít se na pozoru. Mošna uvádí, že „zvyšování průtoku je zastaveno při dosažení cílových hodnot – u VA ECMO 80–100ml/kg/min, u VV ECMO při $S_pO_2 > 90 \%$ “ (Mošna, 2014, str. 120). Se zvyšováním otáček čerpadla se musí zvyšovat i průtok plynů oxygenátorem (Ošťádal, 2018).

Perfuzionista po celou dobu výkonu na vše dohlíží, popřípadě upraví hemodynamický stav mezi pacientem a okruhem ECMO. Poté co chirurg uzavře řez, provede se překrytí a přelepení kanylovaných míst. Obvaz musí být neprodyšný a sterilní. Může být průhledný, není-li přítomné krvácení nebo neprůhledný, pokud je krvácení přítomné, např. tegaderm (Mirabel et al., 2017).

1.5.3 Monitorace

Po celou dobu ECMO intervence je nutné neustále sledovat nejen pacienta, ale i samotný přístroj ECMO a jeho okruh. Předchází se tak řadě komplikací a zajištěno je včasné odhalení a řešení problémů (Balík a Pražáková, 2016). Monitorace u VV ECMO je v podstatě stejná jako u běžného monitorování pacienta v kritickém stavu na umělé plicní ventilaci, tedy až na výjimku důsledné monitorace účinnosti antikoagulace. Proto se v této kapitole zaměřím především na monitoraci na VA ECMO (Ošťádal, 2013).

1.5.3.1 Krevní tlak

Krevní tlak u pacientů na VA ECMO lze měřit pouze invazivně. Nejčastěji se používá pravá a. radialis. Kontinuální tok krve (nepulzatilní), který vytváří pumpa ECMO nelze měřit manžetou (Ošťádal, 2013).

1.5.3.2 Tkáňová oxymetrie

Nejedná se o pulzní oxymetrii, tu můžeme použít, je-li zachována vlastní činnost srdce, která vytváří systolicko-diastolické výkyvy např. u VV ECMO. Pokud je krevní tok nepulzatilní, pulzní oxymetrii použít nemůžeme. Z tohoto důvodu se používá metoda, která nevyžaduje pulzatilní tok. Tento způsob monitorace tkáňové oxymetrie je založen na near-infracted spektroskopii neboli NIRS (Ošťádal, 2013). Při monitoraci NIRS se používají celkem čtyři čidla. První dvě jsou umístěna nad pravou a levou hemisféru a další dvě na pravé a levé dolní končetině. Pomocí monitorace NIRS máme tak přehled o oxygenaci mozku a periférii dolní poloviny těla (Mošna, 2014).

1.5.3.3 Krevní plyny

Jak již bylo popsáno výše, u VA ECMO se vyskytují dva paralelní proudy. Proto se provádějí náběry nejen do pacienta, ale i z okruhu ECMO. Krevní odběry se provádějí v pravidelných 2-4hodinových intervalech (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013). Balík a Pražáková tvrdí, že „pro optimalizaci dodávky kyslíku je nutné odebírat nejen arteriální krev, ale také smíšenou venózní krev. Z výsledků saturace arteriální a venózní krve lze vypočítat spotřebu kyslíku pacientem a také odhadnout potřebné množství kyslíku, které je nutné pacientovi dodat“ (Balík a Pražáková, 2016, str. 236). Pacientovi je odebírána krev z pravé horní končetiny, jelikož hodnoty by měly odpovídat i hodnotám, krve proudící do mozku. Krevní plyny okruhu ECMO můžeme také měřit kontinuálně

za pomoci senzorů, a to před oxygenátorem nebo za ním nebo také odběrem krve z hadicového systému mezi pacientem a oxygenátorem (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013).

1.5.3.4 Srdeční výdej

K měření srdečního výdeje se používá Swan-Ganzův plicnicový katetr, který se zavádí buď před nebo po napojení na ECMO. Zavádění katetru při běžícím ECMO skýtá riziko nasátí konce katetru do zavedené odsávací kanyly, a tím možné poškození katetru nebo narušení okruhu ECMO. Přes katetr lze také měřit tlak v plicnici či tlak v zaklínění. Není-li z jakéhokoliv důvodu možné zavedení Swan-Ganzova katetru, je srdeční výdej monitorován za pomoci echokardiografie, kde se hodnotí průtoky krve aortální chlopní (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013).

1.5.3.5 SvO₂, ScvO₂, Laktát

SvO₂ a ScvO₂ nás informují o procentuálním nasycení žilní krve kyslíkem poté, co si tkáň a orgány potřebný kyslík extrahovaly. Jejich hodnoty poukazují na spotřebu kyslíku ve tkáních a orgánech (Nebout, 2012). Hodnoty laktátu jsou také ukazatelem perfuze orgánů, avšak na základě anaerobního metabolismu. Vysoké hodnoty laktátu poukazují na výskyt anaerobního metabolismu, a tím pádem i neadekvátní perfuzi tkání (Sen, 2016).

1.5.3.6 ECMO okruh

K monitoraci bezpochyby také patří i kontrola jednotlivých partií okruhu ECMO. Kontroluje se oxygenátor, kde můžeme vidět například koagula, dále kontrolujeme celistvost systému hadic. U kanyl sledujeme jejich polohu a hloubku zavedení. Na řídicí jednotce musíme kontrolovat světelné a zvukové alarmy, které mohou signalizovat zvýšení či snížení tlaku v hadicích a v oxygenátoru nebo průtoků v pumpě (Balík a Pražáková, 2016).

1.5.4 Antikoagulační terapie

Kontakt krve s neendotelizovaným povrchem má za následek aktivaci koagulační kaskády, ukládání fibrinogenu a krevních destiček a aktivaci srážecích faktorů. Výsledkem je tvorba krevních sraženin (trombů) s následnou embolizací trombu buď do pacienta nebo do okruhu ECMO (oxygenátor, pumpa nebo kanyly) s následným

poškozením systému. Moderní okruhy ECMO jsou potaženy heparinem (heparin-coated) pro zlepšení biokompatibility s cílem snížit výskyt trombózy (Delnoij, 2016).

Běžným a nejčastějším antikoagulačním lékem je nefrakcionovaný heparin (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013). Alternativní antikoagulancia např. Argatroban, bivalirudin, lepirudin nebo epoprostenol se používají jen zřídka nebo pokud se u pacienta vyskytne rezistence na heparin či heparinem způsobená trombocytopenie (Mošna, 2014; Wong, 2018).

Heparin se váže s antiTrombinem (AT) a zvyšuje jeho antikoagulační účinky. AT se syntetizuje v játrech a je endogenním inhibítorem srážecích faktorů, včetně faktoru Xa a trombinu. Nedostatek AT, který se vyvine během ECMO intervence, lze přičíst kombinaci zrychlené spotřeby a snížené syntézy. Právě nedostatek AT vede k rezistenci na heparin, a proto je potřeba sledovat hladinu AT v krvi. Normální hladina se pohybuje mezi 80–100 %). Pokud je AT nedostatek, je doplňován koncentrovanými roztoky AT nebo čerstvě zmraženou plazmou (Delnoij, 2016; Wong, 2018).

Účinnost antikoagulace lze sledovat pomocí aktivovaného srážecího času (ACT), aktivovaného parciálního tromboplastinového času (APTT) nebo pomocí aktivity protilátek faktoru Xa (antiXa) a dále pomocí tromboelastografie (TEG) či tromboelastometrie (TEM). Pro spolehlivou a přesnou monitoraci antikoagulace je zapotřebí kombinace těchto testů. Ovšem nejčastějšími metodami používanými k monitoraci účinků antikoagulace jsou ACT a APTT. Cílové hodnoty ACT a APTT se liší v závislosti na heparin-coated okruhu ECMO. Při heparin-coated okruhu stačí udržovat hodnoty ACT na 160–200 s a hodnoty APTT na 45–60 s. V závislosti na pohybujících se hodnotách je poté dávka heparinu upravována. Také je zapotřebí pravidelně kontrolovat krevní obraz a další hemokoagulační faktory např. hematokrit, fibrinogen a D-dimery (Balík a Pražáková, 2016; Delnoij, 2016; Ošťádal, 2013; Wong, 2018).

V posledních letech se různé studie zabývají tím, jak nahradit heparin v okruhu. Potahování membrány oxygenátoru syntetickými a přírodními polymery či endotelizace membránových povrchů jsou dva směry těchto výzkumů. Jedna z nedávných studií implantovala vrstvu polymerů pomocí SET-LPR techniky (single electron-transfer living radical polymerization) na polymethylpentenový typ membrány. Tato metoda významně zabránila vazbě krevních destiček a leukocytů na povrchu membrány. Další studie

se zabývá endotelizací polypropylenových membrán. Tato studie ukázala, že pokud je povrch membrány pokryt oxidem titaničitým, usnadňuje tím připojení endotelových buněk a je umožněn vývoj vícevrstevného endotelu, který nemá žádný vliv na kvalitu výměny plynů na membráně a zabraňuje tvorbě sraženin. Tyto zajímavé studie podporují fakt, že do budoucna bude s okruhem ECMO mnohem méně komplikací a bude také mnohem bezpečnější než dnes. Ovšem přechod z pokusů na zvířatech k použití na lidech je stále ještě běh na dlouho trať (Doymaz, 2018).

1.5.5 Péče o pacienta na lůžku

Sestra/sestry (pro klinickou perfuziologii) pečující o pacienta na ECMO mají na starosti nejen péči o pacienta, ale i péči o přístroj ECMO a jeho součásti.

Konečnou polohu pacienta na lůžku určuje perfuzionista. Po celou dobu léčby je striktně dodržována poloha na zádech. Zvednutí pod hlavou může být maximálně do 30°, jinak hrozí riziko vnitřního zalomení kanyly nebo krvácení z místa kanylyce (to platí zejména pro femoro-femorální přístup). Hadice okruhu ECMO jsou umístěny podél dolních končetin. Sestra musí kontrolovat, aby se kolem končetiny nevytvořila smyčka. Hadice ani žádná jiná součást okruhu ECMO nesmí nikdy být přímo v kontaktu s podlahou (Mirabel et al., 2017).

1.6 Komplikace při ECMO podpoře

Komplikace, které mohou nastat během léčby na ECMO jsou dvojího typu: za první komplikace spojené s okruhem ECMO (mechanické a technické) a za druhé komplikace spojené s pacientem (Balík a Pražáková, 2016).

1.6.1 Komplikace spojené s okruhem ECMO

Častou komplikací je vznik trombózy uvnitř okruhu s následným rizikem embolie a poškození oxygenátoru (Balík a Pražáková, 2016). Je proto nutné pravidelně vizuálně kontrolovat všechny části okruhu, zejména je-li pacientovi snížena či pozastavena antikoagulace z důvodu krvácení. V takových to situacích měříme transmembránový tlak oxygenátoru (rozdíl tlaku před a za oxygenátorem) a udržujeme vyšší krevní průtok mimotělním oběhem. Pokud je objeven trombus v jakékoliv části okruhu, je nutné tuto část vyměnit (Ošťádal, 2013).

Další komplikace souvisí se změnou polohy kanyl (dislokace). Pokud je kanyla nedostatečně fixována k pacientovi (minimálně dva silné stehy), může dojít k rozšíření místa punktované cévy s následným zevním i vnitřním krvácením. Pokud se kanyla dislokuje směrem do pacienta, pak může dojít až k ruptuře cévy, což je velmi závažný a život ohrožující stav. Dále může dojít k disekci cévní stěny nebo ke vzniku aneuryzmatu (Balík a Pražáková, 2016; Kaláb, 2013; Knechtová a Suková, 2017). Je-li kanyla dislokována směrem ven z pacienta, hrozí zde riziko dekanylace. Proto je nutné, aby ošetřující personál pravidelně kontroloval umístění kanyl, hloubku zavedení a upevnění kanyl, popřípadě zajistil zlepšení fixace přidáním fixačního materiálu (Mossadegh, 2017).

Dekanylace je vzácná, ale obávaná komplikace, kde je každé zpoždění, byť jen pár sekund, pro pacienta smrtící. Ošetřující personál se řídí pravidlem 3C (Clamp/zasvorkovat, Call for help/přivolat pomoc, Compress/stlačit). V první řadě je potřeba zasvorkovat hadice, aby se předešlo další krevní ztrátě a vzduchové embolii. Dále je potřeba přivolat si na pomoc více personálu a v poslední řadě je třeba zastavit krvácení stlačením dekanylovaného místa. Po těchto třech krocích je potřeba zajistit rekanylaci s opětovným spuštěním ECMO (Mossadegh, 2017).

Pokud se v okruhu ECMO objeví vzduchové bubliny, aktivuje se alarm pomocí detektoru vzduchových bublin. Tento stav vyžaduje od sestry okamžité zastavení krevní pumpy a zasvorkování návratové kanyly. Je potřeba zhodnotit místo a četnost vzduchových bublin, co nejrychleji okruh odvzdušnit a opět ECMO spustit (Knechtová a Suková, 2017; Mošna, 2014). Balík a Pražáková píše, že „vzduch v okruhu může způsobit poškození oxygenátoru, vzduchové mikroembolie až fatální vzduchovou embolii“ (Balík a Pražáková, 2016, str. 237).

Další komplikace, která by mohla nastat, je selhání/zastavení krevní pumpy nebo oxygenátoru. Pokud by došlo k zastavení pumpy, je na vině buď mechanická závada, a nebo porucha přívodu elektrické energie. Selhávání krevní pumpy se projeví postupným snižováním nasávací a přívodné funkce. Jakmile rozpoznáme známky postupně stagnujícího krevního oběhu, je potřeba zasvorkovat obě kanyly a zajistit co nejrychlejší obnovení potřebného krevního toku. Zajistíme nahrazení nefunkční pumpy mechanickou nebo elektrickou záložní pumpou. V případě poruchy přívodu energie (bez záložního zdroje) je třeba záložní pumpu pohánět ručně pomocí kliky, která je u každého

ECMO k dispozici. Dojde-li k selhání oxygenátoru, hlavním projevem bude postupně se snižující saturace. To znamená, že v oxygenátoru nedochází k dostatečné výměně plynů. Takový problém je třeba řešit okamžitou výměnou oxygenátoru. Příčinou poškození oxygenátoru může být výskyt velkých koagul a následné ucpání oxygenátoru nebo přítomnost fibrinu (Balík a Pražáková, 2016; Mossadegh, 2017).

Příznak další komplikace se nazývá „kicking“ neboli kopání. Toto poukazuje na částečné přisátí sací kanyly ke stěně cévy a zanedlouho může dojít k tzv. „suck down“ což znamená úplné přisátí a následné zastavení průtoku krve kanylou. Projevy jsou pokles průtoku krve okruhem a pokles tlaku až úplné zastavení oběhu. Příčiny přisátí kanyly jsou posun kanyl, vysoký mimotělní průtok, hypovolémie nebo změna polohy pacienta (Knechtová a Suková, 2017).

Dalšími komplikacemi jsou poškození nebo zalomení hadic, porucha tepelného výměníku a selhání kyslíkového zdroje. Při poškození hadic může dojít k úniku krve mimo okruh s následným vykrvácením pacienta. Při poškození vnitřního pláště dochází ke vzniku trombů. Přestane-li plnit svou funkci tepelný výměník, může dojít k nechtěnému podchlazení pacienta. K selhání kyslíkového zdroje dochází jen velmi zřídka. Většinou se jedná o nedostatečnou kontrolu kyslíkové láhve při prevozech pacienta (Balík a Pražáková, 2016).

1.6.2 Komplikace spojené s pacientem

První a zároveň nejčastější komplikací, kterou v této kapitole zmíním, je krvácení. Krvácení se vyskytuje u 10–30 % pacientů a má řadu příčin. Důvody vzniku krvácení jsou heparinizace, poškození kanylované cévy (při kanylaci nebo při pochybení ošetřujícího personálu) a chirurgická intervence (Makdisi, 2015; Ošťádal, 2013). Velice časté je krvácení z prostoru zavedených kanyl, které se řeší přiložením komprese nebo přídatným stehem okolo kanyly. Pokud se jedná o závažnější krvácení (například lacerace kanylované cévy) je potřeba chirurgického řešení (Mošna, 2014). Může se také objevit krvácení do GIT, CNS nebo do retroperitonea. Příčinou těchto krvácení je heparinizace, snížená funkce trombocytů, hemodiluce srážecích faktorů nebo porucha koagulačních faktorů, což posléze vede až k diseminované intravaskulární koagulopatii (DIC). Krvácení je řešeno snížením nebo zastavením heparinizace a infuzí krevních destiček a faktorů srážlivosti (Makdisi, 2015). Pokud by všechny tyto intervence selhaly,

je možno podat rekombinantní faktor VII. U toho však hrozí vysoké riziko vzniku trombózy oxygenátoru (Mošna, 2014; Murphy et al., 2015).

Další komplikace je známá jako Harlekýnský syndrom nebo North-South syndrom. Jedná se o postupnou hypoxii horní poloviny těla způsobenou prouděním neokysličené krve do odstupujících cév za aortální chlopní. Harlekýnský syndrom vzniká pouze u VA ECMO a nejčastěji při femorální kanylaci v důsledku proudění dvou paralelních proudů, které se setkávají v aortě. Zpravidla platí, že vlastní oběh je pro nedostatečnou funkci plic chudý na kyslík. Naopak mimotělní oběh je plně zásobován okysličenou krví z oxygenátoru a je proto bohatý na kyslík. Pak už jen záleží na poměru sil obou proudů a místě promíchání (setkání). Je-li srdce nefunkční, jsou odstupující cévy za aortální chlopní zásobeny okysličenou krví z ECMO. Pokud ale srdce kontrahuje, jsou odstupující cévy jedna po druhé (to záleží na míře kontraktility srdce) zásobeny nedostatečně okysličenou krví. Tím postupně dochází k ischemii myokardu, pravé horní končetiny a pravé hemisféry až k ischemii celé horní poloviny těla, a tak k obrazu bílé horní a růžové dolní poloviny těla (proto North-South syndrom); (Ošťádal, 2013; Pavlushkov, 2017). Tato situace se řeší zvýšením otáček krevní pumpy, zintenzivněním ventilační podpory, snížením srdeční frekvence pomocí betablokátorů nebo přepojením pacienta na VAV ECMO nebo při dostatečné funkci srdce rovnou na VV ECMO (Mošna, 2014; Ošťádal, 2013).

Avšak ischemie se může objevit i v dolní polovině těla, zejména pak na straně výpustní kanyly. Mluvíme tedy o ischemii dolní končetiny, ke které dochází v 10–20 % případů a hrozí zde riziko vzniku kompartment syndromu (Kaláb, 2013). Ischemie je způsobená částečným nebo úplným uzávěrem femorální tepny výpustní kanylou. To znamená, že průtok okysličené krve do končetiny je buď nízký nebo žádný. Ischemii dolní končetiny lze včas rozeznat díky monitoraci NIRS. Je-li podezření na ischemii, zvýšíme otáčky krevní pumpy. Ke zvrácení postupně zhoršující se ischemie je potřeba pacientovi zavést tzv. reperfuční linku do femorální tepny distálně od výpustní kanyly neboli distální perfuze (Příloha č. 9). Tato linka je napojena na výpustní kanylu a zásobí končetinu samostatně (Mossadegh, 2017; Mošna, 2014; Ošťádal, 2013). Poslední záchranou je provedení fasciotomie, čímž dojde k uvolnění tlaku, který utlačuje měkké tkáně (Kaláb, 2013).

Další závažnou komplikací, která je spojena s ECMO je distenze levé srdeční komory. Tento jev nastává při nedostatečné nebo žádné funkci levé komory spolu s vysokým afterloadem, způsobeným retrográdním prouděním (Pappalardo and Ruggeri, 2017). Levá komora se postupně plní krví z malého krevního oběhu a není zde dostatečná síla k jejímu vypuštění. Následkem je postupná distenze levé komory a zvýšení levokomorového end-diastolického tlaku, což vede k závažnému plicnímu edému. Stagnující krev v levé komoře je ideální pro tvorbu trombů, které mohou způsobit embolizaci pacienta či okruhu ECMO (Meani and Pappalardo, 2017; Balík a Pražáková, 2016). Pro vyřešení této komplikace je zde několik intervencí, které můžeme rozdělit na neinvazivní a invazivní. Nejjednodušší, ale ne vždy úspěšné a proveditelné řešení, je snížení otáček pumpy. Tím se sníží jak afterload, tak perfuze, což nemusí být adekvátní. Dalším neinvazivním řešením je nasazení léků pro zvýšení kontraktility srdce neboli inotropní podpora (Ošťádal, 2013). Jako invazivní metody vyřešení distenze levé komory se používají: intraaortální balónková kontrapulzace (IABP), Impella, TandemHeart, PulseCath nebo tzv. venting levé komory či komorová septostomie. IABP, Impella a PulseCath jsou systémy, které svou funkcí podporují vyprazdňování levé komory. Venting levé komory a komorová septostomie fungují na principu odsávání přeplyňující se levé komory pomocí nasávací kanyly (Strunina and Ostadal, 2016; Ošťádal, 2013).

Mezi další komplikace lze zařadit selhání ledvin s nutností napojení pacienta na CRRT (continuous renal replacement therapy), ischemickou cévní mozkovou příhodu zapříčiněnou embolizací, vzduchovou embolií, intrakraniální krvácení vyvoláno systémovou heparinizací či infekční komplikace, metabolické komplikace a komplikace gastrointestinálního traktu, například vznik vředů či snížení peristaltiky (Delnoij, 2016; Mošna, 2014).

1.7 Odvykání a odpojení od ECMO

Před úplným odpojením (dekanylací) od ECMO je potřeba, aby pacient prošel procesem odvykání neboli weaning. K tomuto procesu lze přistoupit, pokud došlo k obnově normální funkce srdce a plic. Je také třeba si uvědomit, že weaning probíhá odlišně u VV a VA ECMO (Ošťádal, 2013).

1.7.1 Weaning od VV ECMO

Principem weaningu u pacienta na VV ECMO je postupné snižování průtoků plynů oxygenátorem společně se snižováním průtoků krve. Během tohoto snižování se pacientovi odebírají hodinové krevní plyny z arterie. Pokud je výměna plynů v plicích dostatečná, pokračuje se až k minimálním extrakorporálním průtokům tj. 1–2 l/min. Po dosažení minimálního průtoku krve a plynů se přívod plynů zastaví úplně. Doba úplného přerušení přívodu plynů se pohybuje od 30 minut až po 6 hodin. Pokud krevní plyny zůstávají stabilní a pacient nevyvine dušnost nebo tachypnoe, rozhodne se o odstranění podpory (Broman et al., 2018; Ošťádal, 2013).

1.7.2 Weaning od VA ECMO

V podstatě se jedná o podobný princip jako u VV ECMO. Jsou ale přítomny některé odlišnosti. Odstavení z mimotělní podpory se zvažuje, když se objeví známky zotavení srdce. Mezi ně patří zlepšení komorové kontraktility, důsledné otevření aortální chlopně a dostatečná funkce levé komory (Douflé, 2015). Pro zjištění těchto známek, zejména pak pro zjištění funkce levé komory se použije postupné snižování krevního průtoku a inotropních látek. Snižování těchto komponent se provádí společně s monitorací krevního tlaku a echokardiografií (TEE nebo TEF). Pokud nemá snížení průtoku žádný hemodynamický vliv, začne se spolu se snižováním krevního průtoku snižovat i průtok plynů. Je-li srdce v lepší kondici než plíce, je pacient převeden na VV ECMO a weaning probíhá dle kap. 1.7.1 (Aissaoui, 2016).

Postupně se průtoky krve a plynů sníží na minimum (1–1,5 l/min) spolu s FiO_2 (<50 %). Jsou-li hodnoty tkáňové perfúze, krevních plynů a tlaků stabilní, jsou tyto minimální průtoky ponechány za neustálého monitorování přibližně 6 hodin. Pokud se neprojeví žádné známky nestability, je pacient připraven na dekanylaci (Ošťádal, 2013).

1.7.3 Dekanylace

Dekanylace probíhá za přítomnosti celého ECMO týmu. Aby bylo možné pacienta dekanylovat, je potřeba zastavit celý extrakorporální oběh. Těsně před vyjmutím kanyl jsou nejdříve na výpustní a poté na nasávací kanylu vloženy svorky. Ihned po zastavení extrakorporálního oběhu se vyjmou kanyly (Castagna, 2016; Ošťádal, 2013). Venózní kanyly zavedené punkčně lze odstranit bez operačního zásahu. Arteriální kanyly do velikosti 17 F vyžadují po odstranění naložení mechanické komprese

alespoň na 6 hodin. Kanyly zavedené operačně nebo arteriální kanyly větších velikostí vyžadují chirurgický zákrok (Mošna, 2014).

2 Cíle a výzkumné otázky

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zjistit kvalitu života po užití ECMO u kriticky nemocného pacienta. Kvalita života bude hodnocena dle Rankinovy škály.

Tabulka 1: Rankinova škála

Stupeň	Popis
0	Žádné symptomy
1	Bez zřetelného omezení, schopen běžných denních aktivit
2	Lehké omezení, neschopnost vykonávat všechny dříve obvyklé aktivity, schopen vykonávat všechny své potřeby bez dopomoci
3	Středně těžká nemohoucnost, pacient vyžaduje pomoc, ale je schopen chůze bez dopomoci
4	Středně těžká až těžká nemohoucnost, pacient je schopen chůze jen s pomocí, není schopen bez cizí pomoci zvládnout své tělesné potřeby
5	Bezmocnost, pacient je inkontinentní, upoután na lůžko a vyžaduje trvalou péči
6	Smrt

Zdroj: Broderick, 2017

2.2 Výzkumné otázky

Výzkumné otázky jsou dvě. První výzkumná otázka zní: „Jak časté je užívání ECMO u kriticky nemocných pacientů?“ a ta druhá zní: „Jaká je úspěšnost návratu pacientů do rodin?“

2.3 Limity výzkumu

Jelikož se jedná o velmi specifickou metodu, která je využívána v praxi poměrně krátce a kterou se zabývá jen malé množství lékařského personálu, není výzkum nikterak závazný. Navíc zde také hraje velkou roli časové vytížení těchto odborníků, kteří se problematikou okolo ECMO zabývají. Z tohoto důvodu se mi podařilo sehnat pouze

7 respondentů. Dalším limitem výzkumu jsou také různá oddělení, na kterých byl výzkum prováděn.

2.4 Operacionalizace pojmů

ECMO – Extrakorporální (mimotělní) membránová oxygenace: jedná se o přístroj, který nahrazuje funkce srdce a plic, buď jednotlivě nebo společně, na dobu potřebnou k zotavení nahrazovaného orgánu (Tošovský, 2009).

Kritický stav – Sled nezastavitelných událostí způsobených systémovou reakcí. Vedou k rozvratu fyziologické rovnováhy a k rozvoji orgánových dysfunkcí a kolapsů (Ošťádal et al., 2018).

Srdeční selhání – Neschopnost srdce pumpovat krev s normální efektivitou. Když k tomu dojde, srdce není schopno zajistit dostatečný průtok krve do jiných orgánů, jako je mozek, játra a ledviny. Srdeční selhání může být způsobeno selháním pravé nebo levé nebo obou komor (Shiel, 2017).

Plicní selhání – Neschopnost plic plnit jejich základní úkol, kterým je výměna plynů. Tedy přenos kyslíku z vdechovaného vzduchu do krve a přenos oxidu uhličitého z krve do vydechovaného vzduchu. Respirační selhání je způsobeno selháním výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicních sklípcích (alveolech), selháním mozkových center, které řídí dýchání nebo selháním svalů potřebných k rozšíření plic (Shiel, 2018).

3 Metodika

3.1 Metodika výzkumu

Výzkumná část této práce je zpracována pomocí kvalitativní metody. Data byla získána formou polostrukturovaných rozhovorů nahrávaných na mobilní záznamník (Příloha č. 10). Avšak ne všichni respondenti souhlasili s nahráváním rozhovoru, proto jsem u těchto respondentů použil klasickou formu „tužka a papír“. Rozhovory byly prováděny v Nemocnici České Budějovice, a.s. a ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze. Rozhovor se skládal z 11 předem připravených otázek s možností doptat se na detaily. První otázka je tzv. „rozehřívací“, protože ji lze vyhledat v odborné literatuře. Další dvě otázky slouží k tomu, aby byla zjištěna četnost výskytu ECMO a způsob napojení na ECMO. Další otázky mají zjistit informace o komplikacích a způsobu odpojení od ECMO na daném pracovišti. Zbytek otázek je koncipován tak, aby bylo možné posoudit náročnost návratu pacienta zpátky do normálního života. Všichni respondenti byli ujištěni o anonymitě rozhovorů. Dále všichni respondenti souhlasili s použitím poskytnutých informací do bakalářské práce, za účelem realizace a vyhodnocení výzkumné části. Výzkum probíhal od března do května roku 2019. Získaná data ve formě audiozáznamu či papírového záznamu byla přepsána do jednoho souboru a z důvodu zachování anonymity zůstávají v držení autora práce.

Po shromáždění všech poskytnutých informací od respondentů byla provedena kategorizace dat. Celkem bylo vytvořeno 8 kategorií – 1. Nejčastější indikace a častější způsob napojení, 2. Počet napojených pacientů za rok, 3. Komplikace, 4. Příčiny úmrtí, 5. Následná léčba po odpojení, 6. Četnost výskytu komplikací po odpojení, 7. Omezení v běžném životě, 8. Vlastní názor na zlepšení péče. Každá jednotlivá kategorie je zahrnuta v tabulce i s odpověďmi respondentů.

3.2 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvoří lékaři, kteří se zabývají tímto náročným způsobem léčby a pracují s ním (ECMO). Vzhledem ke specifčnosti této náročné metody a časovému vytížení všech těchto specialistů bylo o to horší sehnat dostatek respondentů pro tuto práci. I přesto se mi podařilo sehnat v Nemocnici České Budějovice, a.s. celkem čtyři respondenty a ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze celkem tři respondenty, kteří mi poskytlí rozhovor.

4 Výsledky

4.1 Kategorizace dat

Data, která byla získána jsou rozdělena do 8 kategorií, viz. výše. Respondenti 1-4 jsou odborníci z Nemocnice České Budějovice a.s. a respondenti 5-7 jsou odborníci ze Všeobecné fakultní nemocnice v Praze.

4.2 Výsledky výzkumu

4.2.1 Kategorie 1: Nejčastější indikace a častější způsob napojení

Tabulka 2: Nejčastější indikace a častější způsob napojení

Respondenti	Nejčastější indikace	Častější způsob napojení
R1	Respirační selhání při ARDS, pneumonie bakteriové, kardiogenní šok, postkardiotomický syndrom	VA ECMO
R2	Sepse, chřipka, infarkt myokardu	VA ECMO
R3	Refrakterní srdeční zástava, kardiogenní šok	VA ECMO
R4	Infarkt, ICHS, Embolie, ARDS, bronchopneumonie	VA ECMO
R5	Různá respirační selhání např. ARDS, chřipka, různá kardiální selhání např. kardiogenní šok, infarkt myokardu	VV i VA ECMO (záleží na indikaci)
R6	Kardiogenní šok, refrakterní srdeční zástava, ARDS, plicní embolie	VV ECMO
R7	ARDS způsobené chřipkou, kardiogenní šok, hypotermie	VV ECMO

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka 2 popisuje různé indikace k napojení na ECMO a druh napojení na ECMO v závislosti na výskytu častějších indikací. Nejprve je nutno si všimnout, že indikace jsou vzájemně propojeny např. infarkt myokardu a kardiogenní šok vedou k refrakterní srdeční zástavě. Z odpovědí respondentů pak vyplývá, že nejčastější indikací k napojení na VA ECMO je kardiogenní šok (R1, R3, R5, R6, R7). Nejčastější indikací na VV ECMO je pak ARDS (R1, R4, R5, R6, R7). Další častou indikací k napojení na VA ECMO je refrakterní srdeční zástava (R3 a R6), u VV ECMO je to dále chřipka (R2, R5 a R7), ale je nutno si uvědomit, že ta následně vede k ARDS. Jako další indikací na VV ECMO je plicní embolie (R4 a R6) a bronchopneumonie (R1 a R4). Dále zde máme infarkt myokardu (R2, R4, R5) nebo také sepsi (R2), hypotermii (R7) a ischemickou chorobu srdeční (R4). Z tabulky nám dále vyplývá, že v českobudějovické nemocnici je častější způsob napojení na VA ECMO (R1, R2, R3, R4), kdežto ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze nám převládá VV ECMO (R6 a R7).

4.2.2 Kategorie 2: Počet napojených pacientů za rok

Tabulka 3: Počet napojených pacientů za rok

Respondenti	Pacienti za rok
R1	6-7
R2	10-20
R3	8-10
R4	10-15
R5	93
R6	40
R7	Neví

Zdroj: Vlastní výzkum

V této kategorii si můžeme všimnout, že ačkoliv se jedná o kolegy pracující na stejném oddělení, jejich odpovědi se neshodují. Ale to není tak důležité. Zaměříme-li se na počty pacientů, je evidentní, že Všeobecná fakultní nemocnice v Praze má větší počet napojených pacientů než Nemocnice České Budějovice, a.s. A podíváme-li se na čísla obecně, tak je zřejmé, že pacientů napojených na ECMO mnoho není.

4.2.3 Kategorie 3: Komplikace

Tabulka 4: Komplikace

Respondenti	Komplikace
R1	Krvácení, ischemie dolních končetin, otoky a hematomy
R2	Komplikace vycházející z té nemoci, komplikace vycházející z kanyl (umístění atd.), proces antikoagulace, porucha na okruhu ECMO, zalomení nebo přisání kanyl
R3	Krvácení kolem kanyl, ischemie dolní končetiny, hypovolémie-přísátí kanyl
R4	Porucha koagulace, krvácení kolem kanyl, obtížný weaning
R5	Krvácení, ischemie dolní končetiny, harlekýn syndrom, DIC
R6	Krvácení, sepse, harlekýn syndrom
R7	Trombózy, konzumpční koagulopatie (DIC), krvácení kolem kanyl, kanylová sepse

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka 4 nám ukazuje všechny komplikace, které nám byly poskytnuty od respondentů. Nejčastější a zároveň nejzávažnější komplikací, kterou uvedli všichni respondenti, je krvácení (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7). Ovšem nutno dodat, že všechny v tabulce uvedené komplikace jsou život ohrožující. Druhá nejčastější komplikace, kterou zmínila více jak polovina respondentů je porucha koagulace (R2, R4, R5, R7). Další častou komplikací je ischemie dolních končetin, kterou zmínili tři respondenti (R1, R3, R5). Komplikace, které zmínili jen respondenti z Všeobecné fakultní nemocnici v Praze jsou harlekýn syndrom (R5 a R6) a sepse (R6 a R7). Naopak jen respondenti z Nemocnice České Budějovice, a.s. zmínili komplikace týkající se okruhu ECMO (R2 a R3) nebo weaningu (R4).

4.2.4 Kategorie 4: Příčiny úmrtí

Tabulka 5: Příčiny úmrtí

Respondenti	Příčiny úmrtí
R1	Komplikace, nesprávná indikace, pozdní napojení (protrahovaná resuscitace)
R2	Limitace pacienta
R3	Pozdní napojení, špatná indikace, komplikace
R4	Kritický stav pacienta/nesprávná indikace
R5	Nesprávná indikace
R6	Základní onemocnění, komplikace
R7	Selhání weaningu, nevhodně vyřešená příčina (septický šok, super infekce), komplikace

Zdroj: Vlastní výzkum

V této kategorii jsem se zaměřil na příčiny úmrtí u pacientů napojených na ECMO. Největší roli v této kategorii hrají podle respondentů bezpochyby vzniklé komplikace (R1, R3, R4, R6, R7). Dále je častou příčinou úmrtí pacienta nesprávná indikace k na pojení na ECMO (R1, R3, R4, R5). S tím úzce souvisí i pozdní napojení na ECMO (R1 a R3). R7 dále uvádí, že za příčinou úmrtí stojí buď nevhodně vyřešení příčiny (septický šok, super infekce) nebo selhání weaningu. Jako další příčina úmrtí se jeví i sama limitace pacienta (R2). Lze to chápat tak, že pacient se na ECMO dostává už v takovém stavu, kdy nemá žádné rezervy, aby mohl přežít. Zkrátka se na ECMO napojil pozdě a už nemá šanci na přežití.

4.2.5 Kategorie 5: Následná léčba po odpojení

Tabulka 6: Následná léčba po odpojení

Respondenti	Léčba po odpojení
R1	Inotropní podpora, katecholaminy, ventilace, kontinuální podpora furosemidem, noradrenalinem
R2	Inotropní podpora, další multiorgánová podpora, ventilace, ošetřování ran po kanylaci
R3	Inotropní podpora oběhu (dobutamin, conotrop) nebo podpora katecholaminy (noradrenalin), UPV, podpora ledvin, jater, dechová rehabilitace
R4	Monitorace hemodynamiky, kontrola srdce na UZ
R5	Podpora léky (srdce, antiseptika, ledviny), ventilace, ošetřování ran po kanylaci
R6	X
R7	Ventilace, léčba jako na RES

Zdroj: Vlastní výzkum

Kategorie 5 je zaměřena na léčbu poté, co byl pacient úspěšně odpojen od ECMO. Nejprve bych rád omluvil R6, který z důvodu časového vytížení neměl čas na zodpovězení této otázky. Z tabulky 6 nám vyplývá, že léčba po odpojení je směřována výhradně na celkovou podporu léky (inotropika, katecholaminy, diuretika atd.) a na ventilační podporu, tedy UPV (R1, R2, R3, R5, R7). Samozřejmostí je i následný weaning od ventilátoru, který do léčby bezpochyby také patří. Součástí léčby je i ošetřování ran po kanylaci (R2 a R5), dále kontrola srdce pod UZ a monitorace hemodynamiky (R4). Všechny tyto úkony lze označit dle R7 jako standardní léčbu probíhající na jednotce resuscitační a intenzivní péče.

4.2.6 Kategorie 6: Četnost výskytu komplikací po odpojení

Tabulka 7: Četnost výskytu komplikací po odpojení

Respondenti	Četnost výskytu komplikací po odpojení
R1	Komplikace se vyskytují, ale nemám tolik zkušeností s tolika pacienty, abych mohl tvrdit, jak časté to je
R2	Mortalita je více jak 50 %, záleží na věku pacienta, onemocněních a funkční rezervě pacienta
R3	Může se objevit krvácení, po špatném ošetření ran po kanylaci nebo nějaký systémový zánět, ale jak často to nevím, s tím nemám zkušenosti
R4	Nevím jak často, to těžko říct, u některých pacientů je to komplikace perfúze dolních končetin
R5	Často se vyskytuje krvácení po kanylaci a multiorgánová sepse. Zhruba u poloviny pacientů
R6	X
R7	Nejčastější návrat do ECMO podpory z důvodu selhání weaningu, ať už ze septického důvodu nebo z vlastní příčiny, která vedla k selhání

Zdroj: Vlastní výzkum

Tabulka 7 nám znázorňuje, jak častý je výskyt komplikací po odpojení od ECMO. Opět bych rád omluvil R6 za nezodpovězení otázky z důvodu časového vytížení. Bohužel na tuto otázku nejde jednoznačně odpovědět. Četnost by měla být uváděna v procentech, ale v tomto případě nelze odpovědi sumarizovat na procenta. Lze říct, že komplikace se po odpojení vyskytují, ať už jde o krvácení (R3 a R5), systémový zánět (R3 a R5), perfúze dolních končetin (R4) nebo selhání weaningu (R7), ale nelze s jistotou říci, jak často. Nikdo z respondentů totiž (kromě R5) nedokázal tuto četnost určit. R5 uvádí, že výskyt krvácení po kanylaci a systémový zánět se vyskytuje zhruba u poloviny jejich pacientů. R2 zmiňuje namísto četnosti komplikací, mortalitu pacientů napojených na ECMO, která se pohybuje nad 50 %.

4.2.7 Kategorie 7: Omezení v běžném životě

Tabulka 8: Omezení v běžném životě

Respondenti	Omezení v běžném životě
R1	Omezení bude záležet na tom, které orgánové funkce byly poškozeny a do jaké míry se uzdravily
R2	Žádné omezení, záleží na původním onemocnění
R3	Žádná omezení, záleží na té původní nemoci, kvůli které se dostal na ECMO
R4	Buď není omezován vůbec, nebo výkonností svého kardiopulmonálního aparátu
R5	Omezení spočívají v primárním onemocnění a na úplnosti zotavení
R6	Chronické srdeční selhání a snížená funkční plicní kapacita
R7	Neví

Zdroj: Vlastní výzkum

V kategorii Omezení v běžném životě jsem se zaměřil na okolnosti, kterými jsou pacienti, kteří přežili tuto náročnou léčbu omezováni či limitováni v běžném životě. Všichni respondenti odpověděli více méně podobně. Pokud vše proběhne v pořádku a postižené orgány se plně zotaví, tak bude pacient žít bez omezení (R2 a R4). Bude-li pacient ve vážnějším stavu, kde z důvodu přílišného poškození nedojde k úplnému zotavení, ale jen k částečnému, pak bude pacient limitován či omezován právě touto insuficiencí (R1, R2, R3, R4, R5, R6). Může to být například snížená ejekční frakce nebo snížená funkční kapacita plic. To znamená, že pacient sice přežil, ale nebude schopen se zapojit do života tak, jako předtím.

4.2.8 Kategorie 8: Vlastní názor na zlepšení péče

Tabulka 9: Vlastní názor na zlepšení péče

Respondenti	Vlastní názor na zlepšení péče
R1	Optimalizace léčby, intenzivní rehabilitace, pravidelné sledování, nějaká na míru ušitá medikace, práce s rodinou
R2	Práce s rodinou, psychologická podpora
R3	Minimalizovat komplikace, správná indikace, pravidelné kontroly
R4	Zlepšit včasnou indikaci, management zavádění kanyl a více zavést tuto metodu do praxe
R5	Motivace k zdravému životnímu stylu, zlepšit a zrychlit napojení indikovaného na ECMO, zřídit záchrannou službu pouze pro ECMO a ECMO tým do 1 vozu
R6	Zlepšit rehabilitaci, možnosti zaměstnání na zkrácený úvazek, práce z domova, psychologická podpora, paliativní péče
R7	Důkladné kontroly pacientů, zlepšení indikace, vytvoření Guedlines pro indikované na ECMO

Zdroj: Vlastní výzkum

Poslední kategorie je zaměřena na vlastní názor respondentů ohledně zlepšení péče o pacienty, kteří podstoupili léčbu pomocí ECMO, případně další možná vylepšení. Většina respondentů se shodla, že je potřeba obecně zlepšit indikace k napojení na ECMO (R3, R4, R5, R7). R1 uvádí, že by bylo dobré zapracovat na optimalizaci léčby (na míru ušitá medikace) a shoduje se s R2 ohledně zlepšení práce s rodinou. Dále se R1 shoduje s R7 a R3 co se týče důkladnějších a pravidelnějších kontrol. R1 a R6 také zmiňují zlepšení celého procesu rehabilitace po ukončení hospitalizace. Podle R2 a R6 by se dále nemělo zapomínat ani na psychologickou podporu, jelikož i ta je důležitá ke kvalitnímu životu. R5 kromě jiného zmiňuje i fakt, že pořízením sanitních vozů pro ECMO a ECMO tým dohromady, by se urychlila doba napojení, a tím i zlepšila prognóza pacienta. Podle R5 je také důležité motivovat lidi ke zdravému životnímu stylu. Jsou-li lidé po intervenci na ECMO nějakým způsobem limitováni, bylo by dobré podle R6 umožnit těmto lidem práci na zkrácený úvazek nebo práci z domova či poskytovat jim kvalitní paliativní péči. R4 také doporučuje zavést tuto metodu (ECMO) více do praxe

a zlepšit management zavádění kanyl. Podle R7 by bylo příhodné vytvoření kompletních Guidelines, které by se zabývaly problematikou ECMO, a hlavně správnými indikacemi.

5 Diskuse

Tématem této bakalářské práce je „Užití extrakorporální membránové oxygenace – náročné metody k překlenutí kritické fáze kardiopulmonálního selhání“. Na problematiku týkající se používání přístroje ECMO je pohlíženo z pohledu lékařů a perfuziologů, kteří se touto problematikou zabývají a s ECMO pracují. V této práci byl použit kvalitativní výzkum, který byl prováděn formou polostrukturovaných rozhovorů. Bylo dotázáno celkem 7 respondentů – 4 z Nemocnice České Budějovice, a.s. a 3 ze Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Cílem této bakalářské práce je zjistit kvalitu života po užití ECMO u kriticky nemocného pacienta. Aby bylo možné dosáhnout stanoveného cíle, byly respondentům kladeny předem připravené otázky. Všichni respondenti dále souhlasili s pořízením audio nebo písemného záznamu rozhovorů.

V první kategorii (Tabulka 2) jsem se zaměřil na nejčastější indikace a častější způsob napojení na ECMO. Sangalli (2014) uvádí celou škálu indikací, například hypotermii, ischemický kardiogenní šok, refrakterní srdeční zástavu, postkardiotomický šok, myokarditidy, vzácné kardiomyopatie, vážné intoxikace, plicní embolie, plicní hypertenze, septický šok a trauma. Každý respondent uvádí ve své výpovědi vlastní škálu indikací, které se často shodují. Nejčastěji byl zmíněn kardiogenní šok (R1, R3, R5, R6, R7) a ARDS (R1, R4, R5, R6, R7). Je zajímavé, že Sangalli (2014) ARDS jako indikaci k napojení neuvádí. Na druhou stranu zase uvádí plicní hypertenzi, kterou nezmnínil ani jeden z respondentů. Dále jsem v kategorii 1 zjišťoval, jaký druh ECMO se na daném pracovišti používá častěji. Z výzkumu nám vyplývá, že v Nemocnici České Budějovice, a.s. se častěji používá VA ECMO, jelikož mají častější výskyt kardiálně selhávajících pacientů. Naopak ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze používají častěji VV ECMO. Ovšem tento výsledek je ovlivněn výzkumem pouze na jednom oddělení (nikoliv v celé nemocnici), které používá VV ECMO (na KARIM mně nebyl výzkum umožněn).

Kategorie zaměřená na počet pacientů napojených za rok (Tabulka 3) mě s výsledky nijak nepřekvapila. Z tabulky 3 je jasně patrné, že počty pacientů, kteří se na ECMO dostanou se pohybují pouze v jednotkách maximálně v desítkách. To je dle mého názoru způsobeno tím, o jak náročnou a specifickou intervenci se jedná. Navíc musí být splněno mnoho dalších faktorů (čas, věk, kontraindikace), aby bylo vůbec možné pacienta napojit. Ošťádal (2018) a Sen (2016) uvádějí tyto kontraindikace: U VV ECMO to jsou těžké

poškození mozku, ireverzibilní poškození plic, kardiogenní šok, těžká plicní hypertenze, status nerozšiřování léčby, srdeční zástava a nevléčitelná nemoc v pokročilém stádiu. Kontraindikace pro zavedení VA ECMO je disekce aorty, těžká aortální regurgitace, těžké poškození mozku, nevléčitelné onemocnění v pokročilém stádiu a status nerozšiřování léčby. Jako relativní kontraindikace uvádějí věk nad 75, obezitu s BMI přes 40, pokročilá onemocnění jater a multiorgánová selhání.

V třetí kategorii (Tabulka 4) se zabývám komplikacemi, které se vyskytují při léčbě na ECMO. Obecně se komplikace rozdělují na komplikace spojené s okruhem ECMO a na komplikace spojené s pacientem. Všechny komplikace jsou život ohrožující, nelze s jistotou říci, která je nejzávažnější. V literatuře se uvádí pouze různé komplikace, nikoliv jejich závažnost. Výčet komplikací je opravdu široký, proto zde zmíním pouze ty, které zmiňuje jak citovaná literatura, tak i dotazovaní respondenti. Každý respondent uvedl jako komplikaci krvácení a zároveň také jako nejzávažnější. Makdisi (2015) a Ošťádal (2013) uvádějí, že krvácení se vyskytuje u 10-30 % pacientů a jde tedy o nejčastější komplikaci. Příčina většiny krvácení je dle Mošny (2014) a Murphyho (2015) heparinizace, snížená funkce trombocytů, hemodiluce srážecích faktorů a porucha koagulačních faktorů, což vede až k DIC. Poruchu koagulačních faktorů zmínili téměř všichni respondenti (R2, R4, R5, R7). Další častější komplikace je podle R1, R3 a R5 ischemie dolních končetin. Kaláb (2013) tvrdí, že k ischemii dolní končetiny dochází v 10-20 % případů s následným rizikem kompartment syndromu. Tudíž se také jedná o častou komplikaci. Respondenti R5 a R6 ze Všeobecné fakultní nemocnici v Praze uvedli jako další komplikaci harlekýnský syndrom. Jedná se o postupnou hypoxii horní poloviny těla způsobenou prouděním neokysličené krve do odstupujících cév za aortální chlopní (Ošťádal, 2013; Pavlushkov, 2017). Dále respondenti R2 a R3 z Nemocnice České Budějovice uvedli komplikace spojené s okruhem ECMO a respondent R4 komplikace s weaningem od ECMO. Například dislokaci uvádějí v literatuře Balík a Pražáková (2016), Kaláb (2013) a Knechtová a Suková (2017). Dále se může jednat o přísátí kanyly k cévě (Knechtová a Suková, 2017) nebo poškození či zalomení hadic, porucha tepelného výměníku a selhání kyslíkového zdroje (Balík a Pražáková, 2016). Povědomí respondentů o komplikacích spojené s léčbou pomocí ECMO se dle mého názoru ve všech případech shoduje s literaturou. Je to pochopitelné, jelikož se jedná o zkušené lékaře a perfuziologu, kteří mají problematiku ECMO nastudovanou a načtenou.

Dále jsem se zaměřil na příčiny úmrtí u pacientů napojených na ECMO (Tabulka 5). Tuto otázku nelze porovnat s citovanou literaturou, jelikož se jedná o specifickou otázku. Mohu ji ovšem porovnat s respondenty a svým vlastním názorem a pohledem na tuto problematiku. Podle respondentů (R1, R3, R4, R6 a R7) jsou nejčastější příčinou úmrtí komplikace. Jako druhou nejčastější příčinou úmrtí jsou podle respondentů (R1, R3, R4 a R5) nesprávně zvolené indikace spolu s pozdním napojením. Jako další příčinou úmrtí je podle R7 nevhodně vyřešená příčina, která k němu vedla (septický šok nebo super infekce) nebo selhání weaningu od ECMO. Podle mého názoru může za většinu úmrtí právě chybná indikace. Tím mám na mysli buď pozdní napojení pacienta (ideální doba od inzultu po napojení by neměla přesáhnout 45 minut) nebo takového pacienta, který už je v tak kritickém stavu, který se stává neřešitelným. ECMO nedokáže zázraky, slouží pouze jako jakýsi most k překlenutí kritického stavu a poskytuje čas k uzdravení selhaného orgánu. Pokud se budou na ECMO dostávat pacienti, kteří jsou v infaustním stavu, tak bude mít ECMO stále vysokou mortalitu, stále mnoho komplikací a stále nedůvěru u některých lékařů.

V kategorii 5 (Tabulka 6) jsem se zaměřil na léčbu po odpojení od ECMO. Respondenti (R1, R2, R3, R5, R7) se shodují na farmakologické podpoře orgánů na UPV. R4 uvádí jako léčbu po odpojení od ECMO kontrolu hemodynamiky a pravidelné kontroly srdce na UZ. Stále si musíme uvědomovat, že i když R4 neuvedl ani farmakologickou léčbu ani UPV, neznamená to, že by nevěděl, jakým způsobem léčba po odpojení probíhá. Každý z respondentů uvádí něco a každá odpověď je správná. Ve výzkumu dáváme dohromady širokou škálu všech možných výkonů a zákroků. Léčba po odpojení od ECMO je velmi komplexní a každý z respondentů se s ní setkal. Dle mého názoru lze léčbu rozdělit na farmakologickou podporu orgánů (podpora srdce, ledvin, jater a podpora oběhu), dále podle R2 a R5 na ošetrovatelskou péči (kontrola a převazy ran po kanylaci) a na weaning od ventilátoru (UPV). Z farmakologického hlediska se jedná nejčastěji o podporu srdce a oběhu. Používají se inotropní látky a katecholaminy. Dále je nutná podpora furosemidem, aby se zabránilo selhání ledvin, podpora jater a také preventivní ochrana pacienta před infekcí. Z hlediska ošetrovatelského se jedná o kontrolu a převazy ran po kanylaci. Dále také o hygienu a polohování. V konečné fázi přichází na řadu weaning od ventilátoru. R7 ve své výpovědi uvedl, že léčba v podstatě probíhá jako na standardním anesteziologickém oddělení. Podle mého názoru má R7 pravdu, jen bych rád podotkl, že takovýto pacient potřebuje komplexnější péči, více sledovat

a více kontrolovat. Samozřejmě vím, že všichni ošetrovatelský personál se vynasnaží tak, aby se pacient vrátil do normálního a kvalitního života.

V další kategorii (Tabulka 7) se zaměřuji na četnost výskytu komplikací po odpojení od ECMO. Téměř všichni respondenti vzhledem k nedostatečným zkušenostem s větším množstvím pacientů, nedokázali tuto otázku zodpovědět. Jsou si vědomi výskytu určitých komplikací, například krvácení (R3 a R5), systémový zánět (R3 a R5), perfúze dolních končetin (R4) nebo selhání weaningu (R7), ale přesně určit četnost jejich výskytu si netroufají. Pouze jeden respondent (R5) si troufl určit četnost výskytu krvácení po kanylaci a četnost výskytu systémového zánětu. Uvedl, že tyto komplikace se po odpojení od ECMO vyskytují zhruba u poloviny jejich pacientů. Četnost vzhledem k nejednoznačným odpovědím nelze určit. Jedná se totiž o velmi složitou otázku, kterou nelze zodpovědět bez patřičného průzkumu. Na určení této otázky by bylo potřeba mít více respondentů, a hlavně více času, jelikož čas je takovýmto odborníkům, kteří mají povědomí o problematice týkající se četností výskytu komplikací, velmi drahý. Dle mého názoru je míra četnosti výskytu komplikací po odpojení od ECMO závislá na funkčních rezervách pacienta. Bude-li se na ECMO napojovat infaustní pacient, míra komplikací během napojování i po odpojování bude vyšší než u pacienta, který byl k napojení na ECMO indikován včas a s dostatečnou funkční rezervou. Dle R1 je nejideálnější napojit ECMO na pacienta ještě před tím, než ho doopravdy potřebuje. Tedy předvídat progres pacientova stavu, aby se následné komplikace vyskytovaly co možná nejméně.

Kategorie 7 (Tabulka 8) se zabývá jakými okolnostmi jsou pacienti, kteří přežili tuto náročnou léčbu, omezováni nebo limitováni v běžném životě. R2 a R4 uvádí, že pokud vše proběhne v pořádku a postižené orgány se plně zotaví, tak bude pacient žít bez omezení. Dále se také shodují všichni respondenti na tom, že pokud budou pacientovy orgány, bavíme se převážně o srdci a plicích, poškozeny do takové míry, že nedojde k jejich úplnému zotavení, následkem bude například snížená ejekční frakce nebo snížená funkční kapacita plic. Tak jako následky těchto insuficiencí si pacient sebou odnáší různá omezení a limitace, která souvisejí právě s danými insuficiencemi. Z těchto dat usuzují, že na konečném omezení pacienta po návratu z léčení do běžného života, má obrovský podíl rozsah jeho prvotního onemocnění (onemocnění, kvůli kterému se na ECMO dostal) a také všechny další okolnosti, které souvisí se správnou indikací na ECMO, jako například včasné napojení na ECMO, přítomnost svědků na místě kolapsu, funkční

rezervy pacienta, a s tím spojené komplikace s napojením a odpojením od ECMO včetně weaningu od ventilátoru.

V poslední kategorii (Tabulka 9) jsem se dotazoval na vlastní názor respondentů, jak by se ještě dala zlepšit péče o pacienta, který prodělal tuto náročnou léčbu a také na další aspekty vedoucí ke zlepšení tykající se ECMO. Většina respondentů se shodla, že je potřeba obecně zlepšit indikace k napojení na ECMO (R3, R4, R5, R7). Dále respondenti uvádějí celou řadu nápadů na zlepšení péče o pacienty. Avšak způsoby, jak toho docílit, se nezabývali. Zde jsou názory respondentů: optimalizace léčby (na míru ušitá medicína), zlepšení práce s rodinou, důkladnější a pravidelnější kontroly, zlepšení celého procesu rehabilitace po ukončení hospitalizace, psychologická podpora, motivace ke zdravému životnímu stylu, práce na zkrácený úvazek nebo provádění práce z domova, a nakonec poskytovat těmto lidem kvalitní paliativní péči. Někteří respondenti (R4, R5, R7) také uvedli různé aspekty ke zlepšení celé metody. R4 například uvádí, že by se měl obecně zlepšit celý management zavádění kanyl a více prosazovat tuto metodu v praxi. R5 zase zmiňuje úplně jiný problém. Podle R5 by se časem měla zřídit speciální sanitní vozidla, která budou převážet jak přístroj ECMO se všemi komponenty, tak i celý tým ECMO. To by podle něj výrazně snížilo časové prodlevy v napojení pacienta. V současné době jezdí každé vozidlo zvlášť (první s přístrojem ECMO a druhé s ECMO týmem). Nápad respondenta pochází ze sousedního Německa, kde taková vozidla už mají a vyjíždějí do terénu k pacientům, kteří jsou indikováni k napojení na ECMO. Poslední názor na zlepšení celé problematiky patří R7. Tento respondent vidí největší kámen úrazu právě v chybné indikaci pacienta na ECMO podporu. Podle něj by tento problém mohlo pomoci vyřešit sepsání kompletních Guidelines, které by se zabývaly komplexní problematikou ECMO a hlavně správnými indikacemi. Dle mého názoru jsou všechna tato nasbíraná data od respondentů opodstatněná léty zkušeností a vlastním pohledem na věc.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá obecnou problematikou spojenou s ECMO a také problematikou spojenou s pacientem, jenž podstoupil tuto náročnou intervenci. V práci jsem si vytyčil cíl: Zjistit kvalitu života po užití ECMO u kriticky nemocného pacienta. Na základě tohoto cíle jsem si zvolil dvě výzkumné otázky. První výzkumná otázka zní: „Jak časté je užívání ECMO u kriticky nemocných pacientů?“ a ta druhá zní: „Jaká je úspěšnost návratu pacientů do rodin?“

Výsledky výzkumného šetření ke zodpovězení první otázky jsou následující. Množství napojených pacientů se velmi lišilo. V Nemocnici České Budějovice, a.s. se počet pacientů pohybuje okolo 10. Naproti tomu ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze se počet pacientů pohybuje dle respondentů mezi 40-93. Ovšem tento rozdíl je umocněn množstvím hospitalizovaných pacientů a celkovou komplexností nemocnice (VV i VA ECMO). Z tohoto nám vyplývá, že v Nemocnici České Budějovice, a.s. není užívání ECMO u kriticky nemocných pacientů tak časté jako ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze. Z mého hlediska je četnost užívání ECMO u kriticky nemocných pacientů nízká. Je to z důvodu náročnosti celé procedury, indikací a kontraindikací a také z důvodu vysoké mortality, která se pohybuje nad 50 %. Problém tkví dle mého názoru také v tom, že je ECMO v mnohých případech použito až jako poslední možnost záchranu pacienta, který se kvůli vyplývání všech ostatních metod k záchraně dostal až do takového stavu, kdy mu už ani ECMO nedokáže pomoci.

Druhá výzkumná otázka se zabývá úspěšností návratu pacientů do rodin. Výsledky nám dávají jasně najevo, že úspěšnost návratu pacienta do rodin je vázána především na komplikace spojené s celou touto intervencí. Dále je velmi závislá na včasné indikaci pacienta na ECMO. Právě s včasnou indikací se snižuje výskyt komplikací a zvyšuje se šance na přežití pacienta. Nicméně úspěšnost návratu pacienta do rodin je nízká. Vzhledem k vysoké mortalitě lze říci, že úspěšnost návratu pacientů do rodin se pohybuje okolo 40 %.

Cílem této práce bylo zjistit kvalitu života po užití ECMO u kriticky nemocného pacienta. Aby bylo možné určit kvalitu života, rozhodl jsem se ji určovat pomocí Rankinovy škály. Vzhledem k počtu a povaze respondentů není možné kvalitu života pacientů po odpojení od ECMO přesně určit. Aby to bylo možné, musel by se výzkumný soubor týkat samotných pacientů nebo bych musel získat přístup do ECMO ambulance, kterou vede

pan Doc. MUDr. Martin Balík, Ph.D., EDIC. Ale zpět k mé práci. Na základě dat z výzkumu lze kvalitu života hodnotit podle toho, jestli u pacienta proběhlo úplné zotavení poškozených orgánů či jen zotavení částečné. Pokud vše proběhne tak, jak má, a poškozené orgány se plně zotaví, tak nebude pacient limitován. Takový to pacient bude hodnocen dle Rankinovy škály stupněm číslo 0-1 (Tabulka 1). Pokud jsou ale pacientovy orgány (srdce a/nebo plíce) poškozeny do takové míry, kdy nedojde k úplnému zotavení (snížená ejekční frakce a/nebo snížená funkční kapacita plic), potom je pacient limitován různými insuficiencemi těchto orgánů. To se samozřejmě projeví v kvalitě pacientova života. Takový to pacient je poté podle míry těchto insuficiencí dle Rankinovy škály hodnocen stupni 2-5 (Tabulka 1). Pokud pacient nemá dostatečné funkční rezervy a objeví se řada komplikací z důvodu nesprávné indikace a nakonec vše selže, pak je takový to pacient hodnocen stupněm 6 Rankinovy škály (Tabulka 1).

Cíle této bakalářské práce byly splněny jen z části. Nepodařilo se mi zjistit přesná čísla ani zjistit přesnou kvalitu života pacientů. Tato práce nabízí tedy pouze obecný pohled na tuto problematiku, aby si člověk alespoň trochu uvědomil základní principy této náročné intervence a pochopil, jakým způsobem ECMO funguje a hlavně to, že klíčem k úspěchu je včasná indikace. Proto by tato bakalářská práce mohla sloužit jako výukový materiál pro lékařské i nelékařské pracovníky.

ECMO je stále ve srovnání s ostatními metodami v intenzivní péči poměrně nová metoda, která je stále v procesu neustálých studií a zkoumání. Proto si myslím, že jediné, co ECMO potřebuje, je čas. Pouze čas nám ukáže další výsledky, další zlepšení péče o pacienty a další vylepšení samotného ECMO přístroje, a hlavně, a to je dle mého názoru nejcennější, mnoho dalších zkušeností s touto velice náročnou metodou, která nemá za úkol vyléčit, ale pouze překlenout/přemostit kritický stav pacienta.

7 Seznam literatury

- [1] ABRAMS, Darryl, Matthew BACCHETTA and Daniel BRODIE. 2015. Recirculation in Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO Journal* [online]. 61(2), pp115-121 [cit. 2018-12-01]. DOI: 10.1097/MAT.000000000000179. ISSN 1058-2916. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=0002480-201503000-00001>.
- [2] AISSAOUI, Nadia, Christoph BREHM, Aly EL-BANAYOSY and Alain COMBES. 2016. Weaning Strategy from Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO). FIRSTENBERG, Michael S., ed. *Extracorporeal Membrane Oxygenation: Advances in Therapy*[online]. InTech, 2016-09-14 [cit. 2019-01-30]. DOI: 10.5772/64013. ISBN 978-953-51-2552-5. Available from: <http://www.intechopen.com/books/extracorporeal-membrane-oxygenation-advances-in-therapy/weaning-strategy-from-venous-arterial-extracorporeal-membrane-oxygenation-ecmo->.
- [3] ARNDT, Tomáš. 2011. Acidobazická rovnováha, [online]. *Celostnimedica.cz* [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.celostnimedica.cz/acidobazicka-rovnovaha.htm>.
- [4] BALÍK, Martin a Zuzana PRAŽÁKOVÁ, 2016. Extrakorporální membránová oxygenace. In: BARTŮNĚK, Petr, Dana JURÁSKOVÁ, Jana HECZKOVÁ a Daniel NALOS, ed. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada Publishing, Grada. ISBN 978-80-247-4343-1.
- [5] BANFI, Carlo, Matteo POZZI, Marie-Eve BRUNNER, et al. 2016. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. *Journal of Thoracic Disease* [online]. 8(9), pp875-885 [cit. 2019-01-09]. DOI: 10.21037/jtd.2016.09.25. ISSN 20721439. Available from: <http://jtd.amegroups.com/article/view/9290/8314>.
- [6] BARAN, David A. 2017. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) and the Critical Cardiac Patient. *Current Transplantation Reports* [online]. 4(3), pp218-225 [cit. 2018-12-02]. DOI: 10.1007/s40472-017-0158-5. ISSN 2196-3029. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s40472-017-0158-5>.

- [7] BRODERICK, Joseph P., Opeolu ADEOYE and Jordan ELM. 2017. Evolution of the Modified Rankin Scale and Its Use in Future Stroke Trials. *Stroke* [online]., 48(7), 2007-2012 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1161/strokeaha.117.017866. ISSN 0039-2499. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STROKEAHA.117.017866>.
- [8] BROMAN, Lars M., et al. 2018. Weaning from veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: how I do it. *Journal of Thoracic Disease* [online]. 10(5), pp692-697 [cit. 2019-01-30]. DOI: 10.21037/jtd.2017.09.95. ISSN 20721439. Available from: <http://jtd.amegroups.com/article/view/16458/15406>.
- [9] CASTAGNA, Luigi, Elena MAGGIONI, Anna COPPO, et al. 2016. Safe ECMO femoral decannulation by placement of inferior vena cava filter via internal jugular vein. *Journal of Artificial Organs* [online]. 19(3), pp297-300 [cit. 2019-01-30]. DOI: 10.1007/s10047-016-0892-y. ISSN 1434-7229. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10047-016-0892-y>.
- [10] CYPEL, Marcelo and Shaf KESHAVJEE. 2014. Artificial Lung Support. *Regenerative Medicine Applications in Organ Transplantation* [online]. Elsevier, pp683-689 [cit. 2018-11-30]. DOI: 10.1016/B978-0-12-398523-1.00047-1. ISBN 9780123985231. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123985231000471>.
- [11] ČESKO. 2011. § 54 vyhlášky č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. AION CS [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#p54>.
- [12] ČESKO. 2011. § 67 vyhlášky č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. AION CS [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#p67>.
- [13] ČOUPKOVÁ, Hana a Lenka SLEZÁKOVÁ. 2010. *Ošetrovatelství v chirurgii I*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-3129-2.
- [14] DALY, Kathleen J. R. 2017. The role of the ECMO specialist nurse. *Qatar Medical Journal* [online]. 2017(1) [cit. 2018-12-06]. DOI:

- 10.5339/qmj.2017.swacelso.54. ISSN 2227-0426. Available from:
<http://www.qscience.com/doi/10.5339/qmj.2017.swacelso.54>.
- [15] DELNOIJ, T. S. R., et al. 2016. Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation in Intractable Pulmonary Insufficiency: Practical Issues and Future Directions. *BioMed Research International* [online]. pp1-13 [cit. 2018-12-11]. DOI: 10.1155/2016/9367464. ISSN 2314-6133. Available from:
<http://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/9367464/>.
- [16] DOUFLÉ, Ghislaine, Andrew ROSCOE, Filio BILLIA and Eddy FAN. 2015. Echocardiography for adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Critical Care* [online]. 19(1) [cit. 2019-01-30]. DOI: 10.1186/s13054-015-1042-2. ISSN 1364-8535. Available from:
<http://ccforum.com/content/19/1/326>.
- [17] DOYMAZ, Sule. 2018. Anticoagulation during ECMO: The Past, Present and Future. *Journal of Intensive and Critical Care* [online]. 04(02) [cit. 2018-12-13]. DOI: 10.21767/2471-8505.100114. ISSN 24718505. Available from:
<http://criticalcare.imedpub.com/anticoagulation-during-ecmo-the-past-present-and-future.php?aid=22658>.
- [18] ELSO. 2013. ELSO guidelines for ECMO centers. *ELSO*. [online]. [cit. 2019-02-17]. Available from:
<https://www.else.org/portals/0/igd/archive/filemanager/97000963d6cusersshyerdocumentselsoguidelinesfortrainingandcontinuingeducationofecmospecialists.pdf>.
- [19] GUPTA, Kapil, Abishek BANSAL, GV PREM KUMAR and Yatin MEHTA. 2011. Burn injury by displacement of electrocautery plate. *Indian Journal of Anaesthesia* [online]. 55(6) [cit. 2018-12-06]. DOI: 10.4103/0019-5049.90636. ISSN 0019-5049. Available from:
<http://www.ijaweb.org/text.asp?2011/55/6/634/90636>.
- [20] HAMID, IA, NR RAVI SHANKAR and AS HARIHARAN. 2011. The advent of ECMO and pumpless extracorporeal lung assist in ARDS. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock* [online]. 4(2) [cit. 2018-11-19]. DOI: 10.4103/0974-2700.82212. ISSN 0974-2700. Available from:
<http://www.onlinejets.org/text.asp?2011/4/2/244/82212>.

- [21] CHAUHAN, Sandeep and S SUBIN. 2012. Extracorporeal membrane oxygenation – An anesthesiologist's perspective - Part II: Clinical and technical consideration. *Annals of Cardiac Anaesthesia* [online]. 15(1) [cit. 2018-12-04]. DOI: 10.4103/0971-9784.91485. ISSN 0971-9784. Available from: <http://www.annals.in/text.asp?2012/15/1/69/91485>.
- [22] JAYARAMAN, Arun, Daniel CORMICAN, Pranav SHAH and Harish RAMAKRISHNA. 2017. Cannulation strategies in adult veno-arterial and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: Techniques, limitations, and special considerations. *Annals of Cardiac Anaesthesia* [online]. 20(5) [cit. 2018-12-02]. DOI: 10.4103/0971-9784.197791. ISSN 0971-9784. Available from: <http://www.annals.in/text.asp?2017/20/5/11/197791>.
- [23] KALÁB, Martin. 2013. *Perioperační péče o pacienta v kardiochirurgii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, ISBN 9788070135570.
- [24] KARAGIANNIDIS, Christian, BRODIE, Daniel, STRASSMANN, Stephan. et al. 2016. Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality. *Intensive Care Medicine*. [online] 42(5) [cit. 2018-30-10]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4273-z>. ISSN: 0342-4642. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-016-4273-z#citeas>.
- [25] KNECHTOVÁ, Zdeňka a Olga SUKOVÁ. 2017. *Ošetrovatelské postupy v intenzivní péči: kardiiovaskulární aparát*. Brno: Masarykova univerzita, ISBN 978-80-210-8789-7.
- [26] LEQUIER, Laurance, Stephen B. HORTON, D. Michael MCMULLAN and Robert H. BARTLETT. 2013. Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuitry. *Pediatric Critical Care Medicine* [online]. 14, S7-S12 [cit. 2018-11-24]. DOI: 10.1097/PCC.0b013e318292dd10. ISSN 1529-7535. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00130478-201306001-00003>.
- [27] MAKDISI, George and WANG, I-wen. 2015. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *Journal of Thoracic Disease*. [online]. 7(7), pp166-176 [2018-12-02]. DOI: 10.3978/j.issn.2072-

1439.2015.07.17. ISSN 2072-1439. Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4522501/>.

- [28] MEANI, Paolo and Federico PAPPALARDO. 2017. The step forward for VA ECMO: left ventricular unloading!. *Journal of Thoracic Disease* [online]. 9(11), pp4149-4151 [cit. 2019-01-16]. DOI: 10.21037/jtd.2017.10.14. ISSN 20721439. Available from: <http://jtd.amegroups.com/article/view/16647/13768>.
- [29] MELCHIOR, Richard, Steve SUTTON, William HARRIS and Heidi DALTON. 2016. Evolution of membrane oxygenator technology for utilization during pediatric cardiopulmonary bypass. *Pediatric Health, Medicine and Therapeutics* [online]. 7, pp45-56 [cit. 2018-11-19]. DOI: 10.2147/PHMT.S35070. ISSN 1179-9927. Available from: <https://www.dovepress.com/evolution-of-membrane-oxygenator-technology-for-utilization-during-ped-peer-reviewed-article-PHMT>.
- [30] MIRABEL, Alicia, et al. 2017. Preparing the Patient and the ECMO Device. In: MOSSADEGH, Chirine a Alain COMBES, ed. *Nursing Care and ECMO* [online]. Cham: Springer International Publishing, [cit. 2018-12-05]. ISBN 978-3-319-20100-9. Available from:
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-20101-6.pdf>
- [31] MOLLER, James H., Sara J. SHUMWAY and Vincent L. GOTT. 2009. The First Open-Heart Repairs Using Extracorporeal Circulation by Cross-Circulation: A 53 – Year Follow-Up. *The Annals of Thoracic Surgery* [online]. 88(3), pp1044-1046 [cit. 2018-11-18]. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2009.05.077. ISSN 00034975. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003497509010807>.
- [32] MOSIER, Jarrod M., Melissa KELSEY, Yuval RAZ, et al. 2015. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for critically ill adults in the emergency department: history, current applications, and future directions. *Critical Care* [online]. 19(1) [cit. 2018-10-23]. DOI: 10.1186/s13054-015-1155-7. ISSN 1364-8535. Available from: <http://ccforum.com/content/19/1/431>.
- [33] MOSSADEGH, Chirine. 2017. Monitoring the ECMO. In: MOSSADEGH, Chirine a Alain COMBES, ed. *Nursing Care and ECMO* [online]. Cham: Springer International Publishing, [cit. 2018-12-05]. ISBN 978-3-319-20100-9.

Available from: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-20101-6.pdf>.

- [34] MOŠNA, František. 2014. Mímotělní membránová oxygenace. In: ŠEVČÍK, Pavel a Martin MATĚJOVIČ, ed. *Intenzivní medicína*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-066-0.
- [35] MURPHY, Deirdre A., Lisen E. HOCKINGS, Robert K. ANDREWS, et. al. 2015. Extracorporeal Membrane Oxygenation—Hemostatic Complications. *Transfusion Medicine Reviews* [online], 29(2), pp90-101 [cit. 2019-07-14]. DOI: 10.1016/j.tmr.2014.12.001. ISSN 08877963. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0887796314000984>.
- [36] NASR, Viviane G., Lakshmi RAMAN, Ryan P. BARBARO, et al. 2018. Highlights from the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *ASAIO Journal* [online]. [cit. 2018-11-22]. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000863. ISSN 1058-2916. Available from: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00002480-900000000-98825>.
- [37] NEBOUT, Sophie and Romain PIRRACCHIO. 2012. Should We Monitor ScVO₂ in Critically Ill Patients?. *Cardiology Research and Practice* [online]. pp1-7 [cit. 2018-12-11]. DOI: 10.1155/2012/370697. ISSN 2090-8016. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/crp/2012/370697/>.
- [38] OŠŤÁDAL Petr, Andreas KRÜGER, Marek JANOTKA, Miloš TÁBORSKÝ. 2009. Endovaskulární řízená hypotermie u nemocných po srdeční zástavě, *Zdravotnictví a medicína*, [online], [cit. 2018-12-11]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/endovaskularni-rizena-hypotermie-u-nemocnych-po-srdecni-zastave-448001>.
- [39] OŠŤÁDAL, Petr a Jan BĚLOHLÁVEK. 2013. *ECMO: extrakorporální membránová oxygenace: manuál pro použití u dospělých*. Praha: Maxdorf, Jessenius. ISBN 9788073453657.
- [40] OŠŤÁDAL, Petr, Jan BĚLOHLÁVEK, Martin BALÍK a Hynek ŘÍHA. *ECMO: extrakorporální membránová oxygenace: manuál pro použití u dospělých*.

2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, [2018]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-591-0.
- [41] OŠŤÁDAL, Petr, Jan BĚLOHLÁVEK, Martin BALÍK and Hynek ŘÍHA. 2018. *ECMO: extracorporeal membrane oxygenation : manual for use in adult patients*. Prague: Maxdorf, Jessenius. ISBN 9788073455644.
- [42] PAPPALARDO, Federico and Laura RUGGERI. 2017. LV distention on VA-ECMO, what to do?. *Qatar Medical Journal* [online]. 2017(1) [cit. 2019-01-16]. DOI: 10.5339/qmj.2017.swacelso.23. ISSN 2227-0426. Available from: <http://www.qscience.com/doi/10.5339/qmj.2017.swacelso.23>.
- [43] PAREKH, Madhavi, Darryl ABRAMS and Daniel BRODIE. 2017. Extracorporeal techniques in acute respiratory distress syndrome. *Annals of Translational Medicine* [online]. 5(14), pp296-296 [cit. 2018-12-04]. DOI: 10.21037/atm.2017.06.58. ISSN 23055839. Available from: <http://atm.amegroups.com/article/view/15609/15788>.
- [44] PASSARONI, Andréia Cristina, Marcos Augusto de Moraes SILVA and Winston Bonetti YOSHIDA. 2015. Cardiopulmonary bypass: development of John Gibbon's heart-lung machine. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular* [online]. [cit. 2018-12-11]. DOI: 10.5935/1678-9741.20150021. ISSN 0102-7638. Available from: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1678-9741.20150021>.
- [45] PAVLUSHKOV, Evgeny, Marius BERMAN and Kamen VALCHANOV. 2017. Cannulation techniques for extracorporeal life support. *Annals of Translational Medicine* [online]. 5(4), pp70-70 [cit. 2018-12-05]. DOI: 10.21037/atm.2016.11.47. ISSN 23055839. Available from: <http://atm.amegroups.com/article/view/13563/14060>.
- [46] PEEK, Giles J, Miranda MUGFORD, Ravindranath TIRUVOIPATI, et al. 2009. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *The Lancet* [online]. 374(9698), pp1351-1363 [cit. 2018-11-30]. DOI:

10.1016/S0140-6736(09)61069-2. ISSN 01406736. Available from:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673609610692>.

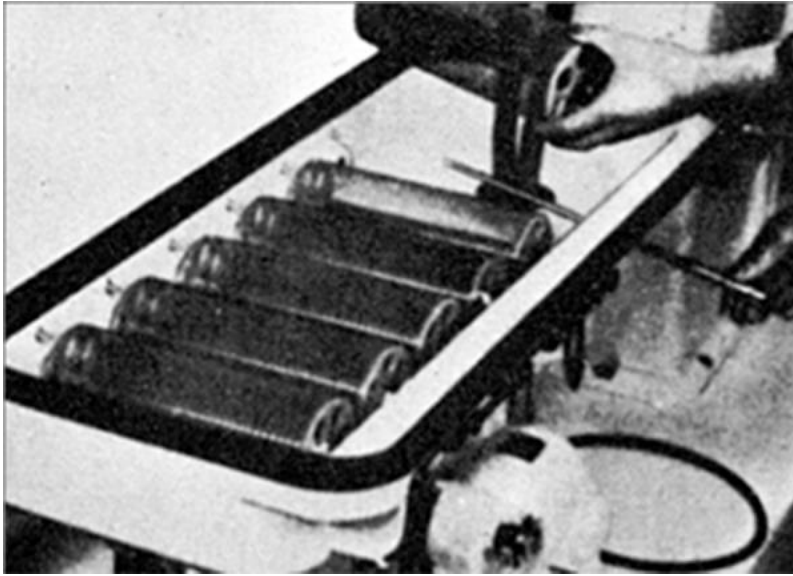
- [47] PICICHÈ, Marco. 2013. *Dawn and evolution of cardiac procedures: research avenues in cardiac surgery and interventional cardiology*. Milan: Springer, [online], [cit. 2018-11-16], ISBN 8847024005. Available from: https://books.google.cz/books?id=pejGYnnkddwC&pg=PA106&lpg=PA106&dq=Le+Gallois+artificial+circulation&source=bl&ots=oqlEMyt7TV&sig=N_8pJS3o3ucuHHTiJ3wg9nUxl7Q&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjQgeTOndneAhWQposKHccaAy8Q6AEwDHoECAAQAQ#v=onepage&q=Le%20Gallois%20artificial%20circulation&f=false.
- [48] RYAN, Jennie. 2015. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Pediatric Cardiac Arrest. *Critical Care Nurse* [online]. 35(1), pp60-69 [cit. 2018-12-05]. DOI: 10.4037/ccn2015655. ISSN 0279-5442. Available from: <http://ccn.aacnjournals.org/cgi/doi/10.4037/ccn2015655>.
- [49] RYAN, Jennie. 2015. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Pediatric Cardiac Arrest. *Critical Care Nurse* [online]. 35(1), pp60-69 [cit. 2018-12-05]. DOI: 10.4037/ccn2015655. ISSN 0279-5442. Available from: <http://ccn.aacnjournals.org/cgi/doi/10.4037/ccn2015655>.
- [50] SANGALLI Fabio, Nicolò PATRONITI, Antonio PESENTI. 2014. *Ecmo-extracorporeal life support in adults*. New York: Springer, [online], [cit. 2018-11-13], ISBN 978-8847054264. Available from: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-88-470-5427-1>.
- [51] SEN, Ayan, Hannelisa CALLISEN, Cory ALWARDT, et al. 2016. Adult venovenous extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure: Current status and future perspectives. *Annals of Cardiac Anaesthesia* [online]. 19(1) [cit. 2018-12-01]. DOI: 10.4103/0971-9784.173027. ISSN 0971-9784. Available from: <http://www.annals.in/text.asp?2016/19/1/97/173027>.
- [52] SHIEL, William. 2017. Medical definition of hearth failure. *MedicineNet* [online]. [cit. 2019-07-23]. Available from: <https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=3672>.

- [53] SHIEL, William. 2018. Medical definition of respiratory failure. *MedicineNet* [online]. [cit. 2019-07-23]. Available from: <https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=10698>.
- [54] STRUNINA, Svitlana and Petr OSTADAL. 2016. Left ventricle unloading during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *Curr Res Cardiol* [online]. 3(1), pp5-8 [cit. 2019-01-16]. Available from: <https://www.pulsus.com/scholarly-articles/left-ventricle-unloading-during-venoarterial-extracorporeal-membrane-oxygenation.pdf>.
- [55] SUSAK, Stamenko, Aleksandar REDZEK, Milenko ROSIC, Lazar VELICKI and Bogdan OKILJEVIC. 2016. Development of cardiopulmonary bypass: A historical review. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo* [online]. 144(11-12), pp670-675 [cit. 2018-11-16]. DOI: 10.2298/SARH1612670S. ISSN 0370-8179. Available from: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0370-81791612670S>.
- [56] TOŠOVSKÝ, Jan. 2009. ECMO by mohlo pomoci zvládnout A(H₁N₁), *Medical Tribune CZ*. [online] 34(2009) [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/15786-ecmo-by-mohlo-pomoci-zvladnout-a-h-n>
- [57] VUYLSTEKE, Alain, Daniel BRODIE, Alain COMBES, Jo-Anne FOWLES and G. J PEEK. 2017. *ECMO in the adult patient*. [online]. New York: Cambridge University Press, Core critical care. [cit. 2018-11-30]. ISBN 978-1-107-68124-8. Available from: http://assets.cambridge.org/97811076/81248/excerpt/9781107681248_excerpt.pdf.
- [58] WAGNER, Robert. 2009. *Kardioanestezie a perioperační péče v kardiochirurgii*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-1920-7.
- [59] WONG, Judith Ju-Ming, Joyce Ching Mei LAM, Yee Hui MOK and Jan Hau LEE. 2018. Anticoagulation in extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of Emergency and Critical Care Medicine* [online]. 2, pp12-12 [cit. 2018-12-12]. DOI: 10.21037/jeccm.2018.01.12. ISSN 25213563. Available from: <http://jeccm.amegroups.com/article/view/4078/4686>.

8 Seznam příloh

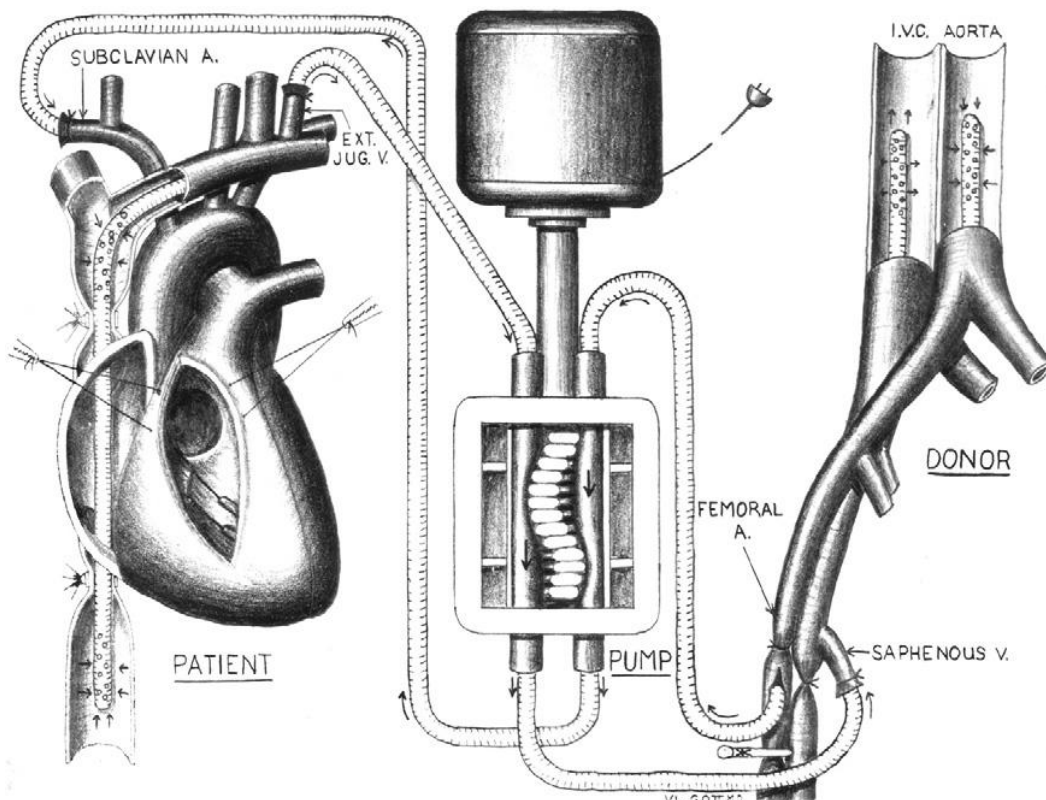
Příloha č. 1	Frey a Gruber oxygenátor
Příloha č. 2	Model mimotělního oběhu – Lillehei 1954
Příloha č. 3	Prstová pumpa
Příloha č. 4	Mayo Gibbon pump oxygenátor
Příloha č. 5	PMP oxygenátor a centrifugální pumpa
Příloha č. 6	Venovenózní přístupy
Příloha č. 7	Centrální a periferní kanylace
Příloha č. 8	PMP oxygenátor
Příloha č. 9	Reperfuzní linka
Příloha č. 10	Seznam otázek k rozhovoru

Příloha č. 1 Frey a Gruber oxygenátor



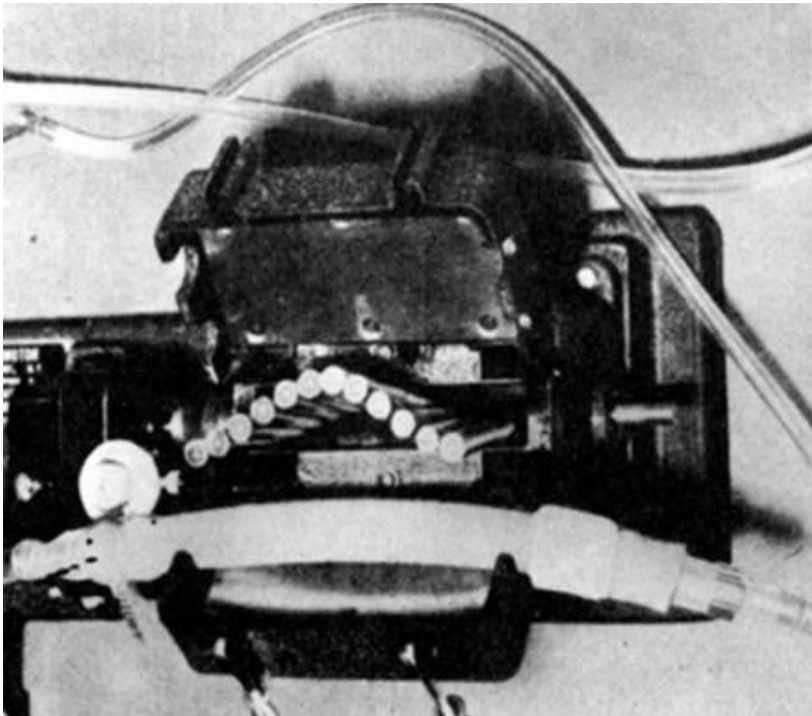
Zdroj: Passaroni, 2015

Příloha č. 2 Model mimotělního oběhu – Lillehei 1954



Zdroj: Moller, 2009

Příloha č. 3 Prstová pumpa



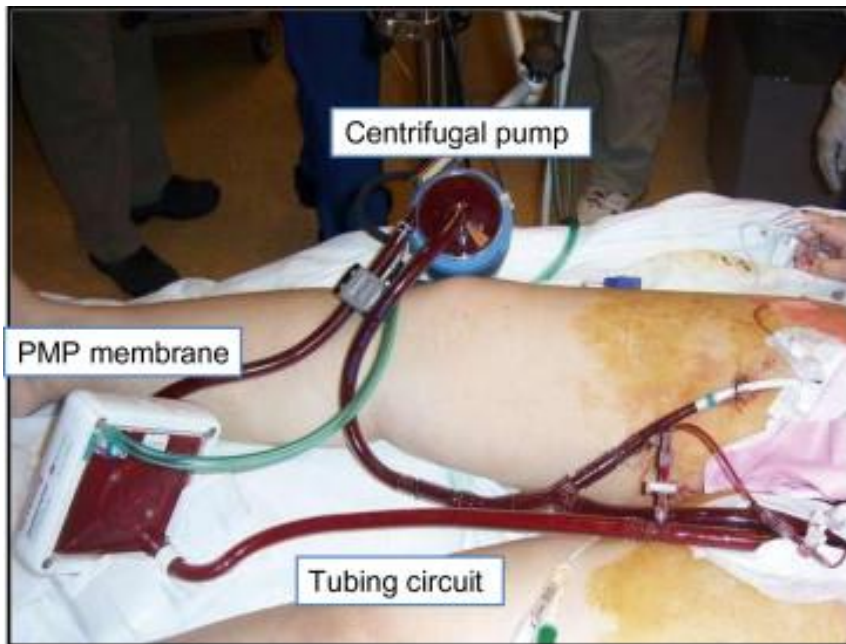
Zdroj: Passaroni, 2015

Příloha č. 4 Mayo Gibbon pump oxygenátor



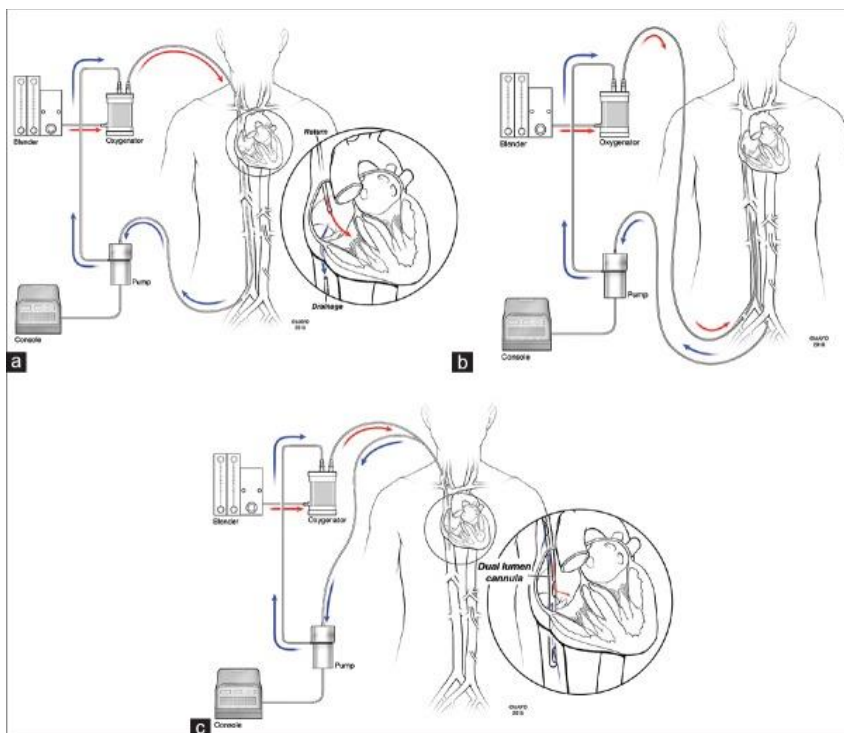
Zdroj: Susak, 2016

Příloha č. 5 PMP oxygenátor a centrifugální pumpa



Zdroj: Cypel, 2014

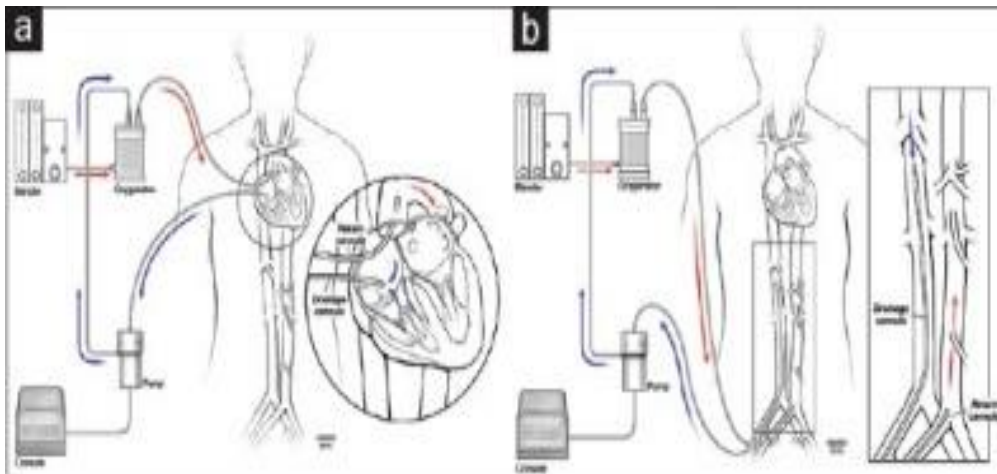
Příloha č. 6 Venovenózní přístupy



a) femoro-jugulární přístup; b) femoro-femorální přístup; c) bicavální přístup

Zdroj: Jayaraman, 2017

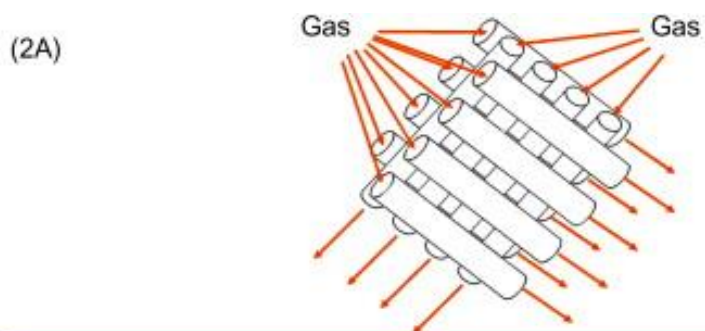
Příloha č. 7 *Centrální a periferní kanylace*



a) centrální; b) periferní

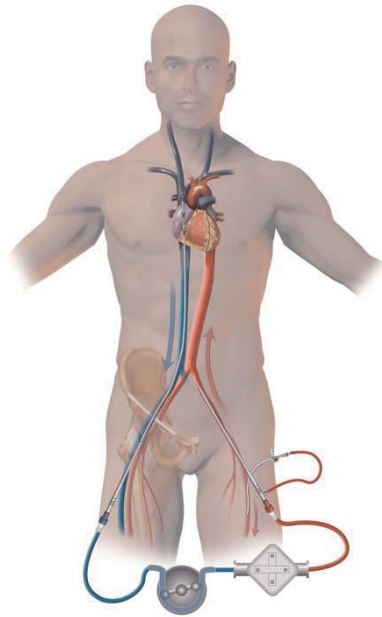
Zdroj: Jayaraman, 2017

Příloha č. 8 *PMP oxygenátor*



Zdroj: Cypel, 2014

Příloha č. 9 Reperfuzní linka



Zdroj: Banfi, 2016

Příloha č. 10 Seznam otázek k rozhovoru

- 1) Jaké jsou nejčastější indikace k napojení na ECMO?
- 2) Jaký druh ECMO používáte častěji? VV nebo VA a proč?
- 3) Kolik pacientů bylo zde napojeno za poslední rok?
- 4) S jakými komplikacemi se nejčastěji setkáváte?
- 5) Jaká je podle Vás nejzávažnější komplikace a proč?
- 6) Jak probíhá odpojování pacienta od ECMO?
- 7) Jakým způsobem probíhá léčba po odpojení od ECMO?
- 8) Jak častý je výskyt života ohrožujících komplikací po odpojení od ECMO?
- 9) Jakými okolnostmi je pacient po odpojení od ECMO omezován v běžném životě?
- 10) Čím si myslíte, že je způsobena vysoká/častá mortalita na ECMO?
- 11) Jakým způsobem by se podle Vašeho názoru dala ještě zlepšit péče o pacienty, kteří prodělali tuto náročnou léčbu? (Somatická i psychologická rehabilitace, práce s rodinou apod.)

9 Seznam zkratek

a. – Arteria

a.s. – Akciová společnost

ACT – Aktivovaný koagulační čas

APTT – Aktivovaný tromboplastinový čas

ARDS – Syndrom akutní dechové tísně

AT – AntiTrombin

BMI – Body mass index

CNS – Centrální nervová soustava

CO₂ – Oxid uhličitý

DIC – Diseminovaná intravaskulární koagulopatie

ECMO – Extrakorporální membránová oxygenace

F – French

FiO₂ – Inspirační frakce kyslíku

GIT – Gastrointestinální trakt

NIRS – Near infrared spectroscopy

O₂ – Kyslík

R – Respondent

RES – Resuscitační oddělení

s – Sekunda

ScvO₂ – Saturace centrální venózní krve kyslíkem

SpO₂ – Saturace krve kyslíkem

SvO₂ – Saturace venózní krve kyslíkem

TEE – Transesofageální echokardiografie

TEF – Tracheoesifageální fistula

UPV – Umělá plicní ventilace

UZ – Ultrazvuk

v. – Vena

VA – Veno-arteriální

VV – Veno-venózní

Xa – Typ srážecího inhibitoru