

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**Miroslava Boháčová**

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

**Miroslava Boháčová**

Studijní obor: Zdravotnický záchranář 5345R021

**PÉČE O PACIENTY PO KPR V PŘEDNEMOCNIČNÍ PÉČI  
VYŽADUJÍCÍ NAPOJENÍ NA ECMO NA URGENTNÍM  
PŘÍJMU**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: MUDr. Richard Prادل, Ph.D.

PLZEŇ 2021

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta zdravotnických studií

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Miroslava BOHÁČOVÁ**  
Osobní číslo: **Z18B0253P**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Zdravotnický záchranář**  
Téma práce: **Péče o pacienty po KPR v přednemocniční péči vyžadující napojení na ECMO na urgentním příjmu**  
Zadávající katedra: **Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví**

### Zásady pro vypracování

- Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma
- Stanovit cíl kvalifikační práce
- Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS
- Popsat metodiku praktické části
- Vypracovat diskuzi a závěr kvalifikační práce
- Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS
- Dodržet citační normu

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- ŠEVČÍK, Pavel. Intenzivní medicína. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 2014. 1195 s. ISBN 978-80-7492-066-0.
- BARTŮNĚK, Petr. Vybrané kapitoly z intenzivní péče. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2016. 712 s. Sestra. ISBN 978-80-247-4343-1.
- KLEMENTA, Bronislav. Resuscitace. 2. rozšířené vydání. Olomouc: Epava, 2014. 280 s. ISBN 978-80-86297-47-7.
- OŠTÁDAL, Petr. ECMO: extrakorporální membránová oxygenace manuál pro použití u dospělých. 2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, 2018. 94 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-591-0.
- VUYLSTEKE, Alain. ECMO in the adult patient. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 230 s. ISBN 9781107681248.

Vedoucí bakalářské práce:

**MUDr. Richard Pradl, Ph.D.**

Katedra záchranářství, diagnostických oborů  
a veřejného zdravotnictví

Datum zadání bakalářské práce: **1. června 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2021**

**PhDr. Lukáš Štich, MBA**  
děkan



**Mgr. Stanislava Reichertová**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 29. ledna 2021

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl/a v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne

.....

vlastnoruční podpis

## **Abstrakt**

Příjmení a jméno: Miroslava Boháčová

Katedra: Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví

Název práce: Péče o pacienty po KPR v přednemocniční péči vyžadující napojení na ECMO na urgentním příjmu

Vedoucí práce: MUDr. Richard Prادل, Ph.D.

Počet stran – číslované: 50

Počet stran – nečíslované: 31

Počet příloh: 7

Počet titulů použité literatury: 47

Klíčová slova: extrakorporální membránová oxygenace – náhlá zástava oběhu – kardiopulmonální resuscitace – neodkladná péče

### **Souhrn:**

Téma této bakalářské práce je zaměřeno na problematiku použití extrakorporální membránové oxygenace (ECMO) u nemocných s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu. Teoretická část popisuje anatomii a fyziologii oběhového a respiračního systému. Dále se věnuje základní a rozšířené kardiopulmonální resuscitaci se zaměřením na dospělé pacienty. Závěrečná kapitola teoretické části popisuje problematiku extrakorporální membránové oxygenace – technickou stránku, indikace a kontraindikace, specifika péče, komplikace.

Praktická část pomocí zpracovaných kazuistik zkoumá specifika neodkladné péče – jak přednemocniční, tak nemocniční, o pacienty s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu, kteří byli indikováni k zavedení extrakorporální membránové oxygenace.

## **Abstract**

Surname and name: Miroslava Boháčová

Department: Department of Rescue, Diagnostics and Public Health

Title of thesis: The health care of patients after CPR in pre-hospital care which requires connection to ECMO at emergency department

Consultant: MUDr. Richard Prادل, Ph.D.

Number of pages – numbered: 50

Number of pages – unnumbered: 31

Number of appendices: 7

Number of literature items used: 47

Keywords: extracorporeal membrane oxygenation – cardiac arrest – basic life support – advanced life support – critical care

### Summary:

The topic of the bachelor's examines use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients with out-of-hospital cardiac arrest. The theoretical part describes anatomy and physiology of the circulation and respiratory systems. The next section is devoted to the basic and advanced life support in adults. The final section of the theoretical part describes the issue of extracorporeal membrane oxygenation – technical specifications, indications and contraindications, specifics of management during extracorporeal membrane oxygenation and finally the complications.

The practical part uses case studies to examine the specifics of both – pre-hospital and hospital critical care in patients with ECMO support due to out-of-hospital cardiac arrest.

## **Poděkování**

Děkuji MUDr. Richardu Pradlovi, Ph.D. za odborné vedení práce, za poskytování cenných rad a věnovaný čas. Zároveň děkuji vedení Kardiologické kliniky FN Plzeň za poskytnutí dat pro potřeby této bakalářské práce.



# OBSAH

SEZNAM TABULEK.....	12
SEZNAM ZKRATEK.....	13
ÚVOD .....	16
TEORETICKÁ ČÁST .....	17
1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE.....	17
1.1 Oběhová soustava.....	17
1.1.1 Anatomie srdce.....	17
1.1.2 Fyziologie srdce .....	18
1.1.3 Tepny.....	18
1.1.4 Žíly .....	19
1.2 Plíce.....	20
1.2.1 Fyziologie dýchání .....	20
2 KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACE .....	22
2.1 Náhlá zástava oběhu.....	22
2.1.1 Známky náhlé zástavy oběhu .....	22
2.1.2 Příčiny náhlé zástavy oběhu.....	23
2.1.3 Patofyziologické změny doprovázející náhlou zástavu oběhu.....	23
2.2 Řetězec přežití.....	24
2.3 Základní kardiopulmonální resuscitace.....	24
2.3.1 Postup provedení základní KPR dospělých .....	24
2.4 Rozšířená kardiopulmonální resuscitace .....	25
2.4.1 Algoritmy rozšířené KPR dospělých .....	26
2.4.2 Reverzibilní příčiny.....	27
2.5 Poresuscitační péče .....	28
2.5.1 Poresuscitační péče v prostředí nemocniční neodkladné péče.....	28
3 EXTRAKORPORÁLNÍ MEMBRÁNOVÁ OXYGENACE.....	30
3.1 Okruh ECMO .....	30
3.1.1 Kanyly .....	30
3.1.2 Krevní pumpa.....	31
3.1.3 Oxygenátor .....	32
3.1.4 Spuštění systému.....	32
3.2 Indikace a kontraindikace.....	32
3.2.1 Princip a indikace VV ECMO.....	33
3.2.2 Princip a indikace VA ECMO.....	34
3.2.3 Kontraindikace .....	34

3.3	Specifika managementu péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou .....	35
3.3.1	Personální zajištění.....	35
3.3.2	Ventilace .....	35
3.3.3	Analgosedace .....	36
3.3.4	Výživa .....	36
3.3.5	Prevence nozokomiálních nákaz .....	37
3.3.6	Antikoagulace .....	37
3.3.7	Polohování a mobilizace .....	38
3.3.8	Monitorace .....	38
3.3.9	Weaning a dekanylace.....	40
3.4	Komplikace .....	41
3.4.1	Mechanické komplikace.....	41
3.4.2	Klinické komplikace .....	42
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	44
4	FORMULACE PROBLÉMU.....	44
5	CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	45
5.1	Cíle .....	45
5.2	Výzkumné otázky.....	45
6	METODIKA.....	46
7	VZOREK RESPONDENTŮ .....	47
8	ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ .....	48
8.1	Pacient 1 .....	48
8.1.1	Zdravotnická záchranná služba .....	48
8.1.2	Nemocniční neodkladná péče – Emergency .....	48
8.1.3	Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP .....	49
8.1.4	Hlavní diagnózy .....	49
8.2	Pacient 2 .....	50
8.2.1	Zdravotnická záchranná služba .....	50
8.2.2	Nemocniční neodkladná péče – Emergency .....	50
8.2.3	Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP .....	51
8.2.4	Hlavní diagnózy .....	52
8.3	Pacient 3 .....	52
8.3.1	Zdravotnická záchranná služba .....	52
8.3.2	Nemocniční neodkladná péče – Emergency .....	52
8.3.3	Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP .....	53
8.3.4	Hlavní diagnózy .....	53
8.4	Pacient 4 .....	54

8.4.1	Zdravotnická záchranná služba .....	54
8.4.2	Nemocniční neodkladná péče – Emergency .....	54
8.4.3	Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP .....	55
8.4.4	Hlavní diagnózy .....	56
8.5	Pacient 5 .....	56
8.5.1	Zdravotnická záchranná služba .....	56
8.5.2	Nemocniční neodkladná péče – Emergency .....	56
8.5.3	Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP .....	57
8.5.4	Hlavní diagnózy .....	57
	DISKUZE.....	58
	ZÁVĚR .....	64
	SEZNAM LITERATURY .....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73
	PŘÍLOHY .....	74

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Murray skóre .....33

Tabulka 2: Zařazovací a vylučovací kritéria pro ECPR u vybraných analýz .....78

## SEZNAM ZKRATEK

AED .....	automatizovaný externí defibrilátor
ACT .....	activated coagulation time (aktivovaný koagulační čas)
AIM .....	akutní infarkt myokardu
APTT .....	activated partial thromboplastin time (aktivovaný paricální tromboplastinový čas)
AT .....	antitrombin
BMI .....	body mass index
CO .....	cardiac output (srdeční výdej)
CT .....	computed tomography (výpočetní tomografie)
CVP .....	central venous pressure (centrální žilní tlak)
DM .....	diabetes mellitus
EBR .....	erythrocyty bez buffy coatu resuspendované
ECHO .....	echokardiografie
ECMO .....	extrakorporální membránová oxygenace
ECPR .....	extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (kardiopulmonální resuscitace s použitím ECMO)
EKG .....	elektrokardiografie
ER .....	emergency room (urgentní příjem)
ERC .....	European Resuscitation Council (Evropská resuscitační rada)
GCS .....	Glasgow Coma Scale (Glasgowská stupnice)
GIT .....	gastrointestinální trakt
IBP .....	invasive blood pressure (invazivní měření krevního tlaku)

INR ..... international normalized ratio (mezinárodní normalizovaný poměr)

i.o. .... intraoseální

IU ..... international unit (mezinárodní jednotka)

i.v. .... intravenózní

JIP ..... jednotka intenzivní péče

KPR ..... kardiopulmonální resuscitace

LF UK ..... Lékařská fakulta Univerzity Karlovy

LZS ..... letecká záchraná služba

MAP ..... mean arterial pressure (střední arteriální tlak)

NIRS ..... near infrared spectroscopy (blízká infračervená spektroskopie)

NZO ..... náhlá zástava oběhu

OHCA ..... out-of-hospital cardiac arrest (mimonemocniční NZO)

OTI ..... orotracheální intubace

PAD ..... perorální antidiabetika

PCI ..... percutaneous coronary intervention (perkutánní koronární intervence)

PEA ..... pulseless electrical activity (bezpulzová elektrická aktivita)

PEEP ..... positive end-expiratory pressure (pozitivní tlak na konci exspira)

PNP ..... přednemocniční neodkladná péče

RIA ..... ramus interventricularis anterior

RLP ..... rychlá lékařská pomoc

ROSC ..... return of spontaneous circulation (obnova oběhu)

RTG ..... rentgen

RV ..... rendez-vous (setkávací systém)

RZP ..... rychlá zdravotnická pomoc

SIRS ..... systemic inflammatory response syndrome (syndrom systémové zánětlivé odpovědi)

TANR ..... telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace

USG ..... ultrasonografie

VA ..... venoarteriální

VAP ..... ventilator-associated pneumonia (ventilátorová pneumonie)

VFN ..... Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

VILI ..... ventilator-induced lung injury (ventilátorové poškození plic)

VV ..... venovenózní

ZOS ..... zdravotnické operační středisko

ZZS ..... zdravotnická záchranná služba

## ÚVOD

Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO) je metoda fungující na principu mimotělního oběhu, která poskytuje orgánovou podporu u pacientů v kritickém stavu. Rozsah orgánové podpory závisí od konfigurace zapojení podpory. Z venovenózního (VV) zapojení mohou profitovat pouze pacienti, u kterých došlo k respirační insuficienci, aniž by současně byla přítomna porucha funkce srdce. U pacientů s myokardiální dysfunkcí je indikováno venoarteriální (VA) zapojení podpory. Tyto dvě konfigurace však od sebe nelze úplně oddělit, protože volba zapojení se může měnit i v průběhu již zavedené podpory, a to v závislosti od vývoje stavu pacienta.

Jednou z indikací k zavedení VA ECMO je náhlá zástava oběhu refrakterní ke konvenčním postupům kardiopulmonální resuscitace. Téma je velmi aktuální, hlavně z důvodu nepříliš optimistických výsledků prožívání náhlé zástavy oběhu při použití běžných resuscitačních postupů.

Právě dané problematice je věnován text této bakalářské práce. Teoretická část úvodem přiblíží základy anatomie a fyziologie respiračního a kardiovaskulárního systému. V návaznosti pokračuje problematikou kardiopulmonální resuscitace se zaměřením na dospělé pacienty. Nejrozsáhlejší kapitola je věnovaná ECMO a má za cíl ozřejmit princip fungování této metody a její specifika.

Praktická část zpracováním kvalitativního výzkumu formou kazuistik přibližuje nejdůležitější aspekty použití VA ECMO u pacientů s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu. Cílem je popsat kroky, které jsou klíčové při poskytování přednemocniční a následně nemocniční neodkladné péče, jelikož právě od úrovně jejich provedení závisí šance na dobrý léčebný výsledek. Na začátku perfektně fungujícího řetězce stojí laik, který je ochotný poskytnout laickou KPR nemocnému s náhlou zástavou oběhu, ve většině případů s podporou operátora zdravotnického operačního střediska. Na tento krok musí plynule navázat profesionální zajištění pacienta od členů výjezdových skupin ZZS. Koordinace a návaznost mezi přednemocniční a nemocniční neodkladnou péčí má být zajištěna na základě předem domluvených podmínek mezi ECMO týmem a poskytovatelem PNP. Následná vysoce kvalitní poresuscitační péče o pacienta napojeného k ECMO je zajištěna erudovaným personálem s podporou adekvátního materiálního a technického vybavení.



# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE

### 1.1 Oběhová soustava

Soustava krevního oběhu je charakterizována jako uzavřený trubicový systém, který slouží k transportu krve. (Fiala et al., 2015) Krev je transportována do tkání a zde zprostředkovává látkovou přeměnu. Centrálním orgánem oběhové soustavy je srdce. Pravidelným rytmickým stahováním a ochabováním pohání krev do malého a velkého krevního oběhu. (Čihák, 2016)

#### 1.1.1 Anatomie srdce

Srdce (cor) je dutý orgán se specializovaně uspořádanou svalovinou, která se rytmicky stahuje a ochabuje a tím pohání krev v systému krevních cév. Srdce je uloženo retrosternálně v mediastinu, přičemž svými dvěma třetinami přesahuje vlevo od střední čáry. Průměrná hmotnost srdce je 260 g u žen a 300 g u mužů. (Čihák, 2016)

Stěna srdce je tvořena základními strukturami odpovídajícími struktuře cévního systému. Vnitřní vrstvu tvoří endotel, střední svalová vrstva se nazývá myokard a zevní vrstva tvořená vazivem se nazývá epikard, který jako viscerální list odstupuje z osrdečnickového vaku, perikardu. (Fiala, Valenta a Eberlová, 2015)

Srdce je tvořeno čtyřmi dutinami: dvěma předsíněmi a dvěma komorami. Do pravé síně vstupují horní a dolní dutá žíla, které přivádějí odkysličenou krev z orgánů a tkání. Z pravé síně postupuje krev do pravé komory skrze trojcípou chlopeň, která zabraňuje regurgitaci krve do pravé síně. Z pravé komory odstupuje kmen plicnice, který obsahuje poloměsíčitou chlopeň. Kmen plicnice se dále větví na pravou a levou plicní tepnu, které odkysličenou krev přivádějí do plic. Následně, již okysličená krev, proudí do levé síně cestou plicních žil. Z levé síně vstupuje krev do levé komory skrze dvojcípou chlopeň. Stěna levé komory je trojnásobně silnější než stěna pravé komory. Z výtokové části levé komory odstupuje aorta, kterou je krev vypuzena do velkého krevního oběhu. Zpětnému toku krve zabraňuje aortální poloměsíčitá chlopeň. (Kachlík, 2018)

Zásobení srdce zajišťují dvě věnčité tepny – pravá a levá, které odstupují ze vzeštné aorty v oblasti nad aortální chlopní. (Fiala, Valenta a Eberlová, 2015) Pravá věnčitá

tepna vydává větve, které zásobují pravou síň, pravou komoru, zadní část komorového septa a složky převodního systému až po proximální části pravého a levého raménka. Levá věnčitá tepna zásobuje levou síň, levou komoru a přední část komorového septa. Při zásobování se uplatňuje tzv. dominance, kdy dominantní je ta věnčitá tepna, ze které odstupuje větev pro zásobení diafragmatické stěny srdce. (Čihák, 2016)

### 1.1.2 Fyziologie srdce

Činnost srdce je zprostředkována buňkami myokardu. Tyto buňky se na základě jejich funkce dělí na buňky převodního systému, tedy buňky specializované na elektrickou aktivitu a buňky pracovního myokardu, které zprostředkovávají kontrakci. Ke vzniku kontrakcí dochází na základě vzniku akčního potenciálu v buňkách pracovního myokardu. Podnětem pro vznik akčního potenciálu je změna membránového potenciálu buňky ze záporných hodnot k plusovým. Tato fáze se nazývá depolarizace a na jejím vzniku se uplatňuje iontové přeskupení přes napětově řízené kanály, kdy  $\text{Na}^+$  ionty proudí z extracelulárního do intracelulárního prostoru a opačným směrem proudí  $\text{K}^+$  ionty. Následuje fáze plató, kdy je po dobu 200–350 ms zachována kladná hodnota membránového potenciálu buňky. V zachování kladné hodnoty membránového potenciálu buňky se také uplatňuje vstup  $\text{Ca}^{2+}$  iontů. Po fázi plató následuje fáze repolarizace, kdy se hodnota membránového potenciálu buňky dostává do záporných hodnot v důsledku přeskupení iontů opačným směrem. (Kittnar, 2020)

K tomu, aby došlo k otevření napětově řízených kanálů buněk pracovního myokardu, musí dojít k elektrické excitaci buňky. Ta je zprostředkována pacemakerovým potenciálem buněk převodního systému. Pacemakerový potenciál buněk převodního systému vzniká automaticky a s určitou pravidelnou frekvencí, tedy rytmicky. Fyziologickým místem vzniku pacemakerového potenciálu je sinoatriální uzel. Odtud se vzruch šíří na pracovní myokard síní. Ze síní na komory je šíření vzruchu umožněno přes atrioventrikulární uzel a Hisův svazek. Dále vzruch pokračuje do mezikomorového septa prostřednictvím pravého a levého Tawarova raménka. Následně vzruch vedou Purkyňova vlákna, což jsou terminální větve převodního systému. (Kittnar, 2020)

### 1.1.3 Tepny

Obecnou stavbu tepen představují tři vrstvy: vnitřní vrstva složená z endotelových buněk, střední vrstva s obsahem svalových a elastických buněk a vnější vrstva z fibrilárního vaziva. Podle stavby lze tepny rozdělit na elastické, u kterých střední vrstva obsahuje

elastická vlákna a svalové, kdy převládá svalová složka. (Čihák, 2016) Větvení tepen začíná z aorty, kdy z jejího vzestupného úseku odstupují pravá a levá věnčitá tepna. Následně aorta pokračuje jako srdečnicový oblouk, který vydává hlavní větve pro zásobení hlavy, mozku, krku

a horních končetin. Další úsek aorty pokračuje sestupně a dělí se na hrudní a břišní část. Hrudní aorta vydává nástěnné větve pro zásobení hrudní stěny a útrobní větve, které zásobují osrdečník, jícen, průdušky a plíce. Břišní aorta vydává nástěnné větve pro bránici a zadní břišní stěnu. Dále se větví na párové a nepárové útrobní větve. Párové větve zásobují nadledviny, ledviny a pohlavní žlázy. Nepárové větve odstupují ze tří základních tepen: břišní kmen, horní okružní tepna a dolní okružní tepna. Tyto tepny zásobují nepárové orgány dutiny břišní. Nakonec se břišní aorta větví na párové koncové větve, které jako společné pánevní tepny sestupují do pánve, kde se větví na vnitřní a vnější pánevní tepnu. Vnitřní pánevní tepna zásobuje stěny a orgány malé pánve. Vnější pánevní tepna prochází skrze tříselný vaz na přední stranu stehna, kde pokračuje jako stehenní tepna. Ze stehenní tepny dále plynule pokračuje podkolenní tepna, která se dále větví na přední a zadní holenní tepnu. (Kachlík, 2018)

#### 1.1.4 Žíly

Stěny žil jsou ve srovnání se stěnami tepen obdobné velikosti tenčí. Krev v žilách proudí pod nízkým tlakem, přičemž nejnižší tlak je v žilách v blízkosti srdce, čímž je umožněno nasávání krve ze žil v průběhu diastoly. Podle průběhu lze žíly rozdělit na povrchové a hluboké. Povrchové žíly nedoprovázejí tepny a jejich průběh může být variabilní. S hlubokým žilním řečištěm jsou spojeny spojkami, které vedou skrz fascie. Hluboké žíly doprovázejí obdobné tepny. (Čihák, 2016) Z orgánů a tkání je krev k srdci přiváděna horní a dolní dutou žílou. Horní dutá žíla vzniká spojením pravé a levé ramenohlavové žíly, které vznikají soutokem podklíčkové žíly a vnitřní hrdelnice. Ramenohlavové žíly přivádějí krev z hlavy, krku, a horních končetin. Cestou liché žíly je do horní duté žíly přiváděna krev z oblasti hrudníku. Dolní dutá žíla vzniká soutokem pravé a levé společné pánevní žíly. Ty vznikají soutokem vnější a vnitřní pánevní žíly. Dolní dutá žíla přijímá krev z dolních končetin, pánve, stěny dutiny břišní a orgánů dutiny břišní. Má parietální přítoky, které představují společné pánevní žíly a bederní žíly. Parietální přítoky přivádějí krev z dolních končetin a ze stěn bederní a břišní oblasti. Krev z orgánů dutiny břišní přivádějí viscerální přítoky. Z párových orgánů je krev vedena párovými žilami. Krev z nepárových orgánů dutiny břišní vstupuje do funkčního oběhu jater cestou vrátnicové žíly. Z jater je krev do dolní duté žíly

přiváděna jaterními žilami. Z dolních končetin je krev vedena systémem povrchových a hlubokých žil, které přijímá stehenní žíla, která plynule prochází do vnější pánevní žíly. (Kachlík, 2018)

## 1.2 Plíce

Plíce (pulmones) jsou párový orgán. Zde probíhá ventilace. Tvar plic je kuželovitý. Jejich spodní stěna je přivrácena k bránici, vrchol plic přesahuje nad první žebro. Přední stěna plic je ve styku se žebry, zadní stěna s páteří. Mezi plícemi je uloženo srdce a velké cévy. Povrch plic pokrývá viscerální pleura, která v oblasti plicního hilu plynule přechází v parietální pleuru. Plíce jsou členěny na laloky a segmenty. Levá plíce má dva laloky – horní a dolní, které jsou dále členěny na deset segmentů. Pravá plíce je složená ze tří laloků, které jsou rovněž rozděleny na deset segmentů. (Čihák, 2013) Tomuto členění odpovídá větvení průdušek až k úrovni průdušinek. Průdušinky představují dýchací oddíly plic. Dalším dělením vznikají respirační průdušinky, které jsou složeny z epitelu bez řasinek a z hladké svaloviny s obsahem elastických vláken. Respirační průdušinky se dále větví na alveolární chodbičky. Jejich rozšířené konce se vyklenují jako alveolární váčky a ty se vyklenují jako plicní sklípky. Na této úrovni dochází k výměně dýchacích plynů. (Dylevský, 2009)

Krevní oběh plic se dělí na nutritivní a funkční. Nutritivní oběh představuje zásobení plicní tkáně prostřednictvím větví odstupujících z hrudní aorty a z jejího oblouku. Odkysličená krev odtéká cestou bronchiálních žil do liché a pololiché žíly. Funkční oběh představuje malý krevní oběh. Tvoří ho pravá a levá plicní tepna, které do kapilární sítě plicních sklípků přivádějí odkysličenou krev z velkého oběhu. Z kapilární sítě se formují plicní žíly, které vedou již okysličenou krev do levé síně srdce. Místem vstupu a výstupu kmenů cév je plicní hilus. (Čihák, 2013)

### 1.2.1 Fyziologie dýchání

Jak už bylo zmíněno výše, na úrovni plicních sklípků dochází k výměně dýchacích plynů –  $O_2$  a  $CO_2$ . Výměna dýchacích plynů je nezbytná pro zajištění energie důležité pro správnou funkci organismu. Prvním dějem, který výměnu plynů zajišťuje, je ventilace, kdy při vdechu proudí vzduch do plic a při výdechu je vzduch z plic vypuzován. Jedná se tudíž o výměnu plynů mezi vzduchem a plícemi. Jeden vdech (inspirium) a výdech (expirium) tvoří dechový cyklus. Pro inspirium je důležitá práce vdechových svalů. Jejich kontrakcí dochází ke zvětšení objemu hrudního koše. Spolu se zvětšením objemu hrudníku dochází k rozšíření plic, které sledují pohyb hrudníku a tím dochází ke změnám plicních tlaků,

což umožní proudění vzduchu do plic. Jde o aktivní děj. Naopak klidové exspirium je děj pasivní, umožněný svalovou relaxací. (Petřek, 2019)

K další výměně  $O_2$  a  $CO_2$  dochází mezi plicními sklípky a krví. Langmeier et al. (2009) uvádějí, že výměna plynů na této úrovni je zprostředkovaná prostou difúzí skrze jednovrstevný epitel plicních sklípků. Molekuly dýchacích plynů difundují podle koncentračního gradientu – z místa s vyšší koncentrací do místa s nižší koncentrací. (Slavíková a Švíglerová, 2012) Tímto mechanismem je umožněna výměna dýchacích plynů mezi plicemi a tkáněmi, kdy kyslík difunduje z plicních sklípků do krve, následně je distribuován do tkání a oxid uhličitý je z tkání krví transportován do plicních sklípků a následně vydechovaný do atmosféry. (Langmeier et al., 2009)

Dýchání je regulováno nervovým systémem a chemicky. Neurony dechového jsou centra uloženy v retikulární formaci mozku kmene. Jejich činnost se mění podle informace z mechanoreceptorů v plicích, která je vedena cestou bloudivého nervu. Chemické řízení je regulováno na základě změn pH a složení plynů v krvi. Tyto změny jsou zaznamenávány chemoreceptory, které se dělí na centrální – umístěné v mozku kmene, a periferní z oblasti oblouku aorty a krčních tepen. Pokles pH a parciálního tlaku kyslíku vedou ke zrychlenému a prohloubenému dýchání – hyperventilaci. (Kittnar, 2020)

## 2 KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACE

Při selhání jedné ze základních vitálních funkcí, mezi které patří vědomí, dýchání a oběh, dochází k selhání i ostatních funkcí. To může následně vyústit k náhlé zástavě oběhu, co je naléhavý stav s nutností okamžitého zahájení neodkladné resuscitace neboli KPR. (Kasal, 2014)

*„Neodkladná resuscitace je soubor jednoduchých a logicky na sebe navazujících diagnostických a léčebných postupů sloužících k rozpoznání selhání vitálních funkcí a neprodlenému obnovení dodávky okysličené krve u osob postižených náhlou zástavou oběhu (NZO) s cílem uchránit před nezvratným poškozením vitálně důležité orgány, zejména mozek a srdce.“ (Šeblová a Knor, 2018, s. 117)*

Návod ke správnému provedení neodkladné resuscitace poskytují doporučené postupy, které jsou pravidelně aktualizovány na základě poznatků medicíny založené na důkazech. (Kasal, 2014) Doporučené postupy pro resuscitaci v České republice vycházejí z doporučených postupů Evropské resuscitační rady. Nejnovější aktualizace z roku 2015 popisuje základní algoritmy KPR u dospělých a dětí a zaměřuje se na zásadní změny oproti starší aktualizaci z roku 2010. (Truhlář et al., 2015)

### 2.1 Náhlá zástava oběhu

Náhlá zástava oběhu (NZO) prakticky představuje nejtěžší formu šokového stavu, kdy dochází k náhlému přerušení dodávky kyslíku do tkání. Statisticky je odhadováno, že v rozvinutých zemích dochází k výskytu NZO s četností 36–128 případů/100 000 obyvatel za rok. K zahájení KPR dochází u 34–86 % nemocných. K obnově spontánní cirkulace dochází u méně než 50 % nemocných. (Šeblová a Knor, 2018) Kasal (2014) uvádí, že přežití mimonemocniční zástavy s dobrým neurologickým výsledkem se pohybuje kolem 11 %.

#### 2.1.1 Známky náhlé zástavy oběhu

Rozpoznání NZO svědky události s následným zahájením na sebe navazujících kroků záchranného řetězce (viz. níže) je klíčové pro úspěšnou KPR se šancí na dobrý neurologický výsledek pacienta. Mezi klinické známky NZO patří bezvědomí a nepřítomnost dýchání. Za patologické dýchání se považuje také lapavé dýchání (gasping), které je na začátku NZO přítomno u 40 % nemocných. (Knor a Málek, 2019)

### **2.1.2 Příčiny náhlé zástavy oběhu**

Příčiny náhlé zástavy oběhu lze rozdělit na kardiální, kdy nejčastější příčinou NZO dospělých vůbec je akutní infarkt myokardu. Dále se sem řadí progresse srdečních arytmií, nebo progresse již přítomného srdečního onemocnění. Druhou velkou skupinou jsou nekardiální příčiny, které nejčastěji vznikají na podkladě hypoxie. K hypoxii vede celá řada příčin: aspirace cizího tělesa, tonutí, progredující plicní onemocnění, progredující otok dýchacích cest, poškození krční páteře a také nervosvalová onemocnění. Hypoxie představuje nejčastější příčinu NZO u dětí. (Janota, 2015) Mezi další nekardiální příčiny patří úrazy, intoxikace, nebo cévní mozkové příhody. (Kasal, 2014)

Jinou klasifikaci příčin NZO představují tzv. specifické příčiny. Jedná se o příčiny, které jsou potenciálně léčitelné, tedy mohou být reverzibilní. Tato klasifikace je důležitá pro další diagnostické a terapeutické rozvahy v rámci algoritmu rozšířené neodkladné resuscitace. Pro snadnější zapamatování se jednotlivé příčiny podle jejich počátečních písmen označují jako 4H, 4T. Písmeno H představuje hypo-/hyperkalémii, hypoxii, hypotermii a hypovolemii. Pod písmeno T se řadí tenzní pneumotorax, tamponáda srdce, trombóza a toxiny. (Truhlář et al., 2015)

### **2.1.3 Patofyziologické změny doprovázející náhlou zástavu oběhu**

Šeblová a Knor (2018) popisují tři fáze patofyziologických změn, ke kterým u NZO dochází v případě, že je zahájena kvalitní neodkladná resuscitace. První fází je ischemicko-anoxická fáze, kdy do 15 sekund dochází k vyčerpání kyslíku v neuronech mozku a do 5 minut dochází k poklesu pH a rozvoji metabolické acidózy. Další fáze je hypoxická, kdy během neodkladné resuscitace dochází k dosažení jen 20–30 % srdečního výdeje, což vede k hypoperfuzi tkání. Pro klinický výsledek pacienta je důležité kvalitní neodkladnou resuscitací udržet alespoň bazální okysličení mozkové tkáně, zejména mozkového kmene. V případě obnovy spontánní cirkulace dochází ke třetí fázi, kdy se rozvíjí ischemicko-reperfuzní reakce organismu.

Na podkladě celotělové ischemie s následnou reperfuzí dochází ke klinickému stavu, kdy se rozvíjí syndrom multiorgánové dysfunkce a neurologické poškození. Tento stav se nazývá syndrom po náhlé srdeční zástavě (z anglického postcardiac-arrest syndrome, PCAS). Jeho závažnost a vývoj závisí nejen na průběhu všech tří výše zmíněných fází, ale také na celkovém stavu pacienta. Syndrom po náhlé srdeční zástavě zahrnuje

neurologické poškození, dysfunkci myokardu, rozvoj systémové zánětlivé odpovědi a přetrvávající základní onemocnění. (Šeblová a Knor, 2018)

## **2.2 Řetězec přežití**

Jedná se o návaznost kroků, jejichž včasné a kvalitní provedení je důležité pro zajištění co nejefektivnější pomoci osobám, které postihla NZO. Původně třibodový koncept Americké kardiologické společnosti, který zahrnoval časný přístup, časnou kvalitní resuscitaci a časné podání defibrilačního výboje, byl doktorem Richardem Cumminsem doplněn o čtvrtý bod, který představuje časnou poresuscitační péči. Aktuálně je řetězec přežití doplněn také o včasné rozpoznání varovných příznaků s cílem zajistit prevenci vzniku NZO. (Klementa, Klementová a Marcián 2014)

## **2.3 Základní kardiopulmonální resuscitace**

Základní KPR představuje resuscitační postup, kdy zachránce k provedení resuscitace nepoužívá speciální lékové ani přístrojové vybavení. Přístrojovou pomůckou, která se však do základní KPR neodmyslitelně zařazuje, je automatický externí defibrilátor (AED). Postup základní KPR je určen pro zachránce bez zdravotnického vzdělání nebo pro kvalifikované zachránce, kteří v dané situaci nedisponují potřebným materiálním vybavením. (Janota, 2015)

Zásadním faktorem pro kvalitní poskytnutí základní KPR je kooperace mezi operátorem tísňové linky a zachráncem. Klíčovým úkolem operátora je v tomto případě poskytnutí telefonicky asistované neodkladné resuscitace (TANR) a navigování zachránce k aktivaci dostupného AED. (Truhlář et al., 2015)

### **2.3.1 Postup provedení základní KPR dospělých**

Samotné záchraně musí předcházet vyhodnocení, zda je situace pro zachránce bezpečná. Následuje zhodnocení stavu postiženého a přivolání pomoci. Zachránce postiženého hlasitě osloví. Pokud postižený nereaguje, zachránce použije vhodný bolestivý podnět (například štípnutí do ušního lalůčku). Pokud postižený stále nereaguje, je nutné posoudit dýchání. Záklonem hlavy a zvednutím brady zachránce zprůchodní dýchací cesty postiženého a následně pomocí sluchu, pocitu (přítomnost pocitu vydechovaného vzduchu) a zraku vyhodnotí přítomnost normálního dýchání. Gasping nesmí být nikdy vyhodnocen jako normální dýchání. Laici také nikdy neověřují náhlou zástavu oběhu vyšetřením pulzu, protože tento postup představuje časté omyly v rozpoznávání NZO. Při jakýchkoliv pochybnostech,



zda je dýchání normální, je nutné zahájit KPR. V tomto okamžiku musí být neprodleně aktivována zdravotnická záchranná služba voláním na národní číslo 155, eventuálně na jednotné evropské číslo 112. Pro lepší komunikaci s operátorem tísňové linky je vhodné využít hlasitý odposlech telefonu. (Truhlář et al., 2015)

Při vlastní KPR zahájí záchránce nepřímou srdeční masáž. Současně, pokud je na místě více záchránců, je nutné přinést a aktivovat AED, pokud je přístroj k dispozici. Záchránci se celou dobu řídí pokyny operátora tísňové linky. Správnou techniku nepřímé srdeční masáže představuje poloha zápěstní části dlaně jedné ruky v dolní polovině hrudní kosti. Na tuto ruku záchránce shora přiloží druhou ruku, přičemž obě horní končetiny jsou natažené. Následuje stlačování hrudníku s frekvencí 100–120 stlačení za minutu. Hloubka stlačení má být 5–6 centimetrů. Zároveň má být kladen důraz na minimalizaci přerušování srdeční masáže. U vyškolených záchránců je doporučováno, aby poskytli i umělé dýchání. Správný postup umělého dýchání se provádí záklonem hlavy, těsným obemknutím úst postiženého ústy záchránce, případně lze využít vhodnou pomůcku (například resuscitační roušku) a vdechnutím přiměřeného objemu vzduchu tak, aby se zvedl hrudník. V případě, kdy je do algoritmu základní KPR zařazeno i umělé dýchání, platí poměr 30 stlačení hrudníku ku dvěma umělým vdechům. (Truhlář et al., 2015) Postup provedení základní KPR i s použitím AED podle doporučených postupů ERC 2015 je k dispozici jako obrazová příloha (Příloha A).

## **2.4 Rozšířená kardiopulmonální resuscitace**

Rozšířená KPR zahrnuje postup, při kterém jsou v léčbě NZO zahrnuty rozšiřující možnosti zajištění pacienta – defibrilace, zajištění i.v./i.o. vstupu, farmakoterapie, zajištění dýchacích cest a ventilace, diagnostika a řešení reverzibilních příčin a použití dalších speciálních pomůcek. (Truhlář et al. 2015; Klementa, Klementová a Marcián, 2014) Rozšířenou KPR poskytují profesionální zdravotníci, kteří vytvoří tzv. resuscitační tým. Vedoucím týmu je lékař v případě rozšířené KPR v nemocnici nebo v případě přednemocniční KPR s výjezdovou skupinou RLP na místě. Pokud rozšířenou KPR poskytuje výjezdová skupina RZP, tak vedení přebírá zdravotnický záchranář. Postupy rozšířené KPR plynule navazují na postupy základní KPR. (Šeblová a Knor, 2018; Společnost urgentní medicíny a medicíny katastrof ČLS JEP, 2017)

### 2.4.1 Algoritmy rozšířené KPR dospělých

Po ověření přetrvávající NZO se další postup odvíjí podle toho, zda je vstupní rytmus vyhodnocen jako defibrilovatelný nebo nefibrilovatelný. Mezi defibrilovatelné rytmy řadíme komorovou fibrilaci a komorovou tachykardii bez pulsu. Komorová fibrilace je jako vstupní rytmus udávaná až v 25 % případů NZO. Mezi nefibrilovatelné rytmy se řadí asystolie a bezpulsová elektrická aktivita. (Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

V případě defibrilovatelného rytmu je důraz kladen na včasnou defibrilaci. Resuscitace se zahajuje kvalitními kompresemi hrudníku a rychlým zhodnocením vstupního rytmu. Po potvrzení komorové fibrilace / bezpulsové komorové tachykardie má být co nejrychleji podán bifázický defibrilační výboj se vstupní energií minimálně 150 J. Přerušeni kompresí hrudníku při podávání defibrilačního výboji nemá trvat více jak 5 sekund. Po podaném výboji je nutné okamžitě pokračovat v kvalitních kompresích hrudníku po dobu dvou minut. Po uplynutí této doby následuje kontrolní analýza rytmu. Poté se na základě zhodnoceného rytmu pokračuje buď v algoritmu defibrilovatelného rytmu nebo se prochází do algoritmu nefibrilovatelného rytmu. V úvodu resuscitace jsou dýchací cesty zprůchodněny záklo-nem hlavy a ventilace je zajištěna ručním samorozpínacím vakem s obličejovou maskou napojeným na kyslík o průtoku 15 l/min. Dechový objem činí 6–7 ml/kg tělesné hmotnosti. Poměr kompresí hrudníku a ventilace je 30:2. Součástí algoritmu je zajištění i.v./i.o. vstupu a pokročilé zajištění dýchacích cest. Standardem zajištění dýchacích cest je tracheální intu-bace. Alternativou jsou supraglotické pomůcky, zejména u záchránců bez dostatečných zku-šeností v tracheální intubaci. Po zajištění dýchacích cest se přistupuje ke kontinuálnímu pro-vádění kompresí hrudníku s frekvencí 100–120/min a k umělé plicní ventilaci s frekvencí 10 vdechů/min. V případě, že defibrilovatelný rytmus přetrvává i po třetí analýze, je indiko-váno podání adrenalinu v dávce 1 mg a amiodaronu v dávce 300 mg i.v./i.o. V případě ad-renalinu se pokračuje v podávání dávky 1 mg každých 3–5 minut při přetrvávající NZO. U amiodaronu lze zvážit podání dávky 150 mg i.v./i.o. po pátém neúspěšném výboji při přetrvávajícím defibrilovatelném rytmu. Po aplikaci je farmaka nutno propláchnout 20 ml fyziologického roztoku a následně končetinu zvednout. (Truhlář et al., 2015; Kasal 2014)

V algoritmu nefibrilovatelného rytmu je prioritou kvalitní provádění kompresí hrudníku a rychlé zajištění i.v./i.o. vstupu s následnou aplikací adrenalinu v dávce 1 mg. Poměr kompresí hrudníku a ventilace je totožný s algoritmem defibrilovatelného rytmu, tzn. 30:2 do definitivního zajištění dýchacích cest. Následně pak platí frekvence kompresí hrudníku 100–120/min a frekvence vdechů 10/min. Také intervaly analýzy rytmu a podávání

adrenalinu jsou totožné s předchozím algoritmem. Předpokladem obnovy spontánního oběhu u nedefibrilovatelného rytmu je odhalení a léčba reverzibilní příčiny NZO. (Truhlář et al., 2015) Postup provedení obou algoritmů podle doporučených postupů ERC 2015 je k dispozici jako obrazová příloha (Příloha B).

#### 2.4.2 Reverzibilní příčiny

Potencionálně reverzibilní příčiny NZO (4H, 4T) vyžadují další specifickou léčbu a intervence. V případě *hypoxie* je prioritou zabránit progresi stavu do vzniku NZO. To znamená odstranění vyvolávající příčiny hypoxie a zajištění adekvátní ventilace a oxygenace. Pokud k NZO na podkladě hypoxie dojde, je dosažení ROSC obtížné a neurologický výstup této skupiny pacientů bývá neuspokojivý. (Truhlář et al., 2015)

U *hypovolemie*, ke které dochází buď u pacientů v hemoragickém šoku, nebo také u pacientů s rozvinutou vasodilatací (např. u anafylaktického šoku), je důležitým krokem zahájení adekvátní tekutinové resuscitace společně s léčbou vyvolávající příčiny. (Truhlář et al., 2015; Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

Úpravu iontového prostředí vyžaduje přítomnost *hypo-/hyperkalémie* a ostatních iontových poruch. V případě těžké hyperkalémie dochází k závažným poruchám srdečního rytmu až s vyústěním do NZO. Léčba takto závažné hyperkalémie zahrnuje podání calcium chloridu, krátkodobého inzulínu v roztoku glukózy a vyloučení draslíku z těla. (Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

V případě *náhodné hypotermie*, která je popsána jako pokles teploty tělesného jádra pod 35 °C, je prioritou zabezpečení termomanagementu. Ohřívání lze zabezpečit pomocí vnějších a vnitřních metod, přičemž u pacientů s těžkou hypotermií je vhodné využít ECMO, pokud je pracoviště s touto metodou v dosahu. U hypotermické NZO se uplatňuje neuroprotektce, proto i pacienti po déle trvající KPR mohou mít dobrý neurologický výsledek v případě dosažení ROSC. (Truhlář et al., 2015; Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

*Tenzní pneumothorax* se vyskytuje u pacientů se závažným traumatem, nebo traumatickým poraněním hrudníku. Také může být způsobený iatrogeně. Terapii představuje rychlá dekomprese pomocí punkční jehly v oblasti druhého mezižebří v medioklavikulární linii. Definitivním ošetřením je zavedení hrudního drénu s aktivním sáním. (Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

*Tamponáda srdce* představuje velmi závažný stav s vysokou letalitou. Předpokladem úspěšné resuscitace u takového pacienta je úspěšné provedení dekomprese perikardiálního vaku metodou thorakotomie, eventuálně perikardiocentézou pod USG kontrolou. Alternativně naslepo, pokud USG není k dispozici. (Truhlář et al., 2015)

Léčba *intoxikací* se opírá o detekci toxické látky, dekontaminaci, možnost podání specifického antidota a o eliminaci látky z organismu. (Truhlář et al., 2015; Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

K *trombotické* příčině NZO zařazujeme plicní embolii a koronární trombózu. V případě plicní embolie se přistupuje k podání fibrinolýzy. Po podání fibrinolytika je nutné provádět KPR po dobu nejméně 60–90 minut. (Truhlář et al., 2015) Na *koronární trombózu* je třeba myslet v případě iniciálního defibrilovatelného rytmu. V takovém případě je na místě zvážit transport do kardiocentra za kontinuální resuscitace. Rozhodnutí k transportu musí být vysloveno v časně fázi resuscitace. (Šeblová a Knor, 2018; Společnost urgentní medicíny a medicíny katastrof ČLS JEP, 2017; Truhlář et al., 2015)

## **2.5 Poresuscitační péče**

Po dosažení ROSC je u převážného procenta pacientů přítomno bezvědomí, dechová nedostatečnost a hemodynamická nestabilita. (Šeblová a Knor, 2018) Včasnou poresuscitační péči je proto nutné zahájit bezprostředně po dosažení obnovy oběhu, tedy již v přednemocniční fázi v případě mimonemocniční NZO. Jednotlivé kroky lze shrnout do algoritmu poresuscitační péče. Stěžejní body zahrnuje zajištění dýchacích cest a adekvátní ventilace s cílem normokapnie ( $E_t\text{CO}_2$  v rozmezí 35–45 mmHg) a udržení saturace v rozmezí hodnot 94–98 %. Dále udržení MAP s cílovými hodnotami 65–100 mmHg prostřednictvím tekutinové resuscitace, eventuálně s podporou katecholaminů. Dalším krokem je monitorace a interpretace 12 svodového EKG k diagnostice kardiální příčiny NZO. Akutní kardiointervenční výkon má být proveden u pacientů s přítomnými ST elevacemi na 12 svodovém EKG. V případě, že se kardiální příčina nepředpokládá, je nutno rozvahovou myslet na jiné příčiny NZO. (Šeblová a Knor, 2018; Truhlář et al., 2015)

### **2.5.1 Poresuscitační péče v prostředí nemocniční neodkladné péče**

Tato fáze zahrnuje rozšířené diagnostické postupy k odhalení příčiny NZO. Patří sem posouzení klinického stavu pacienta a anamnézy. Dále použití zobrazovacích metod a provedení laboratorní diagnostiky. (Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

Dále je důležité pokračovat v udržování adekvátní oxygenace a ventilace s cílem předejít sekundárnímu poškození mozku. Nutné je pravidelné sledování hodnot krevních plynů z arteriální krve. (Truhlář et al., 2015)

K hemodynamické nestabilitě po NZO vede myokardiální dysfunkce, která se projevuje nízkým srdečním výdejem a hypotenzí. K posouzení rozsahu myokardiální dysfunkce se doporučuje provést echokardiografické vyšetření. Mezi monitorované hemodynamické parametry standardně patří srdeční frekvence, invazivní krevní tlak a MAP, srdeční výdej a index. Dále je důležité hodnotit hladiny laktátu a hodinovou diurézu. Dávky katecholaminů a inotropik jsou titrovány podle hodnot hemodynamických ukazatelů. Při myokardiální dysfunkci, která nereaguje na farmakologickou podporu, může být indikována mechanická podpora oběhu – intraaortální balónková kontrapulsace (IABP) anebo ECMO. (Klementa, Klementová a Marcián, 2014)

Důležitým postupem v poresuscitační péči je zajištění neuroprotektce. Toho lze docílit zajištěním kontroly křečové aktivity pomocí antiepileptik, benzodiazepinů, anestetik nebo barbiturátů. Dalším krokem k zajištění neuroprotektce je kontrola glykémie s cílem hodnot  $\leq 10$  mmol/l. Těsná kontrola glykémie se z důvodu rizika vzniku častých epizod hypoglykémie nedoporučuje. (Truhlář et al., 2015; Klementa, Klementová a Marcián, 2014) Další intervenci, která může zlepšit neurologický výsledek pacientů, je cílená regulace centrální tělesné teploty s hodnotami v rozmezí 32–36 °C po dobu minimálně 24 hodin. S výhodou lze použít vnitřní ochlazovací systémy, kterými je dosažena přesnější regulace tělesné teploty ve srovnání se zevními metodami. Doporučená rychlost následného zahřívání se pohybuje v rozmezí 0, 25–0, 5 °C za hodinu. (Truhlář et al., 2015; Klementa, Klementová a Marcián 2014)

Poresuscitační péče má být zajištěna ve specializovaných centrech (centra péče o nemocné po srdeční zástavě), ve kterých je 24 hodinová dostupnost diagnostických a léčebných metod využívaných v poresuscitační péči. Podmínkou je také personální zajištění s možností mezioborové spolupráce. (Krüger, 2015)

### 3 EXTRAKORPORÁLNÍ MEMBRÁNOVÁ OXYGENACE

Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO) je podpora používaná buď v případě těžkého poškození plic s následkem respiračního selhání nebo v případě, kdy dochází k oběhovému selhání následkem poškození funkce srdce jako pumpy. (Mossadegh a Combes, 2017) Na základě těchto kritérií je zvolena vhodná konfigurace ECMO. U respiračního selhání bez známek poškození funkce srdce se používá venovenózní (VV) zapojení ECMO. V případě poškození srdeční funkce s následkem oběhové nestability se používá venoarteriální (VA) zapojení. Podpora funguje na principu mimotělního krevního oběhu. Venózní krev pacienta je krevní pumpou přiváděna do oxygenátoru, který zajišťuje výměnu plynů. Následně se krev obohacena o kyslík vrací zpět do krevního oběhu pacienta. (Ošťádal et al., 2018)

#### 3.1 Okruh ECMO

*„Okruh ECMO sestává z nasávací (inflow) a výpustní (outflow) kanyly, propojovacích hadic, krevní pumpy a oxygenátoru. Okruh lze sestavit na oddělení pomocí jednotlivých součástí nebo je možné použít okruh sestavený výrobcem. V dnešní době je k dispozici více takových systémů.“* (Ošťádal et al., 2018, s. 43)

##### 3.1.1 Kanyly

Při výběru kanyl je důraz kladen na zajištění požadovaného průtoku a zároveň na minimalizaci výskytu komplikací vzniklých působením zavedených kanyl. (Vuylsteke et al., 2017) K dispozici je množství kanyl klasifikovaných podle materiálu, průměru (v jednotkách F, kdy  $1\text{ F} = 1/3\text{ mm}$ ), délky (v mm) a podle povrchové úpravy. (Mossadegh a Combes, 2017) Nejčastěji používanými kanyly jsou kanyly z polyuretanu, které si při pokojové teplotě zachovávají pevnost tvaru a po zavedení přizpůsobují svůj tvar průběhu cév působením tělesné teploty. (Vuylsteke et al., 2017) Co se týče průměru, výběr velikosti závisí na způsobu zavedení kanyl. V současnosti se častěji volí punkční zavádění, u kterého se využívají kanyly s menším průměrem (20–28 F inflow kanyla a 15–23 F outflow kanyla). Výhodou menšího průměru kanyl je nižší riziko traumatizace cévní stěny. (Ošťádal et al., 2018) Standardem dnešních kanyl je povrchová úprava heparinem, která omezuje vznik krevních sraženin v okruhu následkem kontaktu krve s cizorodým materiálem. (Vuylsteke et al., 2017)

Výběr kanyl se liší také podle konfigurace zapojení. U VV ECMO je možné zvolit buď dvě samostatné kanyly (inflow a outflow), nebo je možné využít kanylu se dvěma

lumen, kdy jedním otvorem je nasávána odkysličená krev a druhým je přiváděna okysličená krev. Kanyla s dvojitým lumen se standardně zavádí cestou v. jugularis interna dx. V případě samostatných kanyl je inflow kanyla zaváděna cestou v. femoralis a v. cava inferior před vstup do pravé síně. Outflow kanyla je zaváděna cestou v. jugularis interna do v. cava superior. Kromě tohoto nejčastěji používaného zavádění existuje několik dalších alternativních přístupů. (Ošťádal et al., 2018)

U VA ECMO lze kanyly zavádět centrálně nebo periferně. Centrální způsob zavedení je využíván v kardiochirurgii. V tomto případě je inflow kanyla zaváděna buď do pravostranných oddílů srdce, nebo do oblasti levé síně, eventuálně do hrotu levé komory. Outflow kanyla je nejčastěji zaváděna do vzestupné aorty. Periferní způsob zavádění se provádí perkutánně cestou periferní žíly a tepny pomocí Seldingerovy metody. Možností umístění kanyl je několik. Inflow kanyla je zpravidla zaváděna do v. femoralis. Outflow kanyla se standardně zavádí do a. femoralis. (Ošťádal et al., 2018) Bělohávek et al. (2012) ve své experimentální studii na prasečím modelu popisují pozitivní vliv femoro-femorálního napojení na vzestup koronárního perfuzního tlaku, jehož adekvátní hodnoty jsou předpokladem dosažení ROSC u pacientů s protražovanou NZO. Schémata standardního zapojení obou konfigurací jsou součástí obrazových příloh (Příloha C).

### **3.1.2 Krevní pumpa**

Jedná se o výkonný článek, který zajišťuje krevní průtok okruhem ECMO. V dnešní době se používají centrifugální neokluzivní pumpy. Ve své podstatě jde o krevní čerpadla, která pracují na principu odstředivé síly. Ta vzniká prací rychle rotujícího disku (impelleru), který je poháněn magnetem. (Vuylsteke et al., 2017) Počet otáček spolu s hodnotami alarmů se nastavuje na řídicí konzoli. Určitý stupeň otáček disku vytvoří odstředivou sílu, která umožní tok krve v okruhu požadovaným směrem. Hodnoty průtoku krve v l/min vypočítává zabudovaný ultrasonický senzor. (Mossadegh a Combes, 2017) Průtok krve pumpou je závislý nejen na rychlosti otáček, ale také na přítoku krve do pumpy, tzn. na dostupném krevním objemu. V neposlední řadě také na odporu za pumpou, protože čím větší odpor musí pumpa překonávat, tím menší výkon dokáže dosáhnout. (ICUECMO, 2018; Ošťádal et al., 2018) Součástí okruhu je i tzv. nouzová ruční klika (emergency hand crank), která slouží k ručnímu zajištění krevního průtoku v případě selhání pumpy. (Nekic, 2016)

### 3.1.3 Oxygenátor

Současné typy oxygenátorů jsou tvořeny polymethylpentenovými dutými vlákny o průměru  $<0,5$  mm, které umožňují výměnu krevních plynů za účelem okysličení a eliminace  $\text{CO}_2$ . Výměna plynů probíhá difuzí na základě rozdílů parciálních tlaků. Ve srovnání s plícemi je přenosná kapacita těchto vláken asi desetkrát menší – 3000 ml/min u plic vs. 250 ml/min u vláken oxygenátoru. (Mossadegh a Combes, 2017) Polymethylpentenový materiál zabraňuje úniku plazmy a také výskyt hemolýzy je u těchto vláken nižší. (Vuylsteke, 2017) Průtok a frakci kyslíku v plynu, který je přiváděn do oxygenátoru, umožňuje regulovat směšovač plynů (gas blender). Součástí oxygenátoru může být výměník tepla, který umožňuje řízenou regulaci tělesné teploty s cílem neuroprotektce u pacientů po NZO. (Ošťádal et al., 2018)

### 3.1.4 Spuštění systému

Před spuštěním podpory musí být celý systém odvzdušněn. V rámci tzv. *primingu* jsou jednotlivé části okruhu za přísně sterilních podmínek naplněny izotonickým elektrolytovým roztokem tak, aby v okruhu nebyly přítomné vzduchové bubliny. Součástí přípravy před spuštěním podpory je i dosažení požadovaných hodnot hemokoagulace úvodním podáním bolusu heparinu. (ELSO, 2014) Dle Ošťádal et al., (2018) lze pro zahájení ECMO podpory za optimální považovat hodnoty APTT nad 60 s, eventuálně ACT nad 200 s.

Samotné spuštění probíhá uvolněním svorek společně se zvyšováním otáček krevní pumpy a průtoku plynů v oxygenátoru. V případě VA ECMO je potřebné poslední svorku povolit až po dosažení dostatečného mimotělního průtoku krve, čehož docílíme rychlostí pumpy o hodnotách 1000–2000 otáček/min. Tím se zabrání zpětnému toku krve. Jednotlivé parametry jsou v úvodu nastaveny a následně upravovány individuálně s ohledem na stav pacienta. Vodítkem pro úpravu parametrů jsou hodnoty krevních plynů a ukazatelů hemodynamiky (Ošťádal et al., 2018)

## 3.2 Indikace a kontraindikace

Využití ECMO podpory spočívá v „získání času“. To znamená, že u pacienta v kritickém stavu umožní překlenout akutní fázi s cílem definitivního řešení. Smyslem použití ECMO podpory je tedy přemostění (bridge to) k intervenci, která umožní vyřešit vyvolávající příčinu stavu. Při výběru pacientů je nutné posoudit každý případ individuálně, zda danému pacientovi použití této metody může přinést reální benefit ve smyslu dlouhodobého přežití s možností plnohodnotného života. (Vuylsteke et al., 2017)



### 3.2.1 Princip a indikace VV ECMO

Principem VV konfigurace je částečná podpora nebo úplná náhrada ventilace plic – oxygenace a odstranění CO<sub>2</sub>. Odkysličená venózní krev je inflow kanylou nasávána z duté žíly (horní nebo dolní) a přiváděna do oxygenátoru, kde dochází k výměně plynů. Následně se okysličená krev vrací prostřednictvím outflow kanyly do pravé síně srdce. (Ošťádal et al., 2018)

Indikační kritéria pro zavedení VV ECMO se opírají o výsledky randomizované studie *CESAR*, která srovnávala použití konvenční UPV a VV ECMO u pacientů se závažným akutním respiračním selháním. (Mossadegh a Combes, 2017; Peek et al., 2006) Dalším důležitým milníkem, který podpořil význam této metody a pomohl ozřejmit, u kterých pacientů může být VV ECMO přínosné, byl vznik pandemie H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> v roce 2009. (Mossadegh a Combes, 2017) Kupříkladu, Davies et al. (2009) popsali použití VV ECMO u 68 pacientů s rozvojem ARDS na podkladě diagnostikované H<sub>1</sub>N<sub>1</sub>. Z těchto pacientů bylo z ECMO podpory úspěšně odpojeno 48 pacientů, z toho 32 pacientů bylo propuštěno do domácí péče. Jako indikační kritérium k zavedení VV ECMO se v případě respirační insuficience standardně používá Murray skóre. Hodnota skóre se získává na základě celkového počtu bodů hodnocených parametrů (poměr PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, RTG nález, hodnota PEEP, plicní poddajnost) vyděleného čtyřmi. Za stav, kdy je vhodné pomýšlet na použití ECMO, se považuje Murray skóre s hodnotou  $\geq 3$ . (Ošťádal et al., 2018)

Tabulka 1: Murray skóre

Parametr / Skóre	0	1	2	3	4
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	$\geq 300$	225-299	175-224	100-174	$\leq 100$
RTG nález	normální	1 bod za každý kvadrant s infiltrací			
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	$\leq 5$	6-8	9-11	12-14	$\geq 15$
Compliance (ml/cmH <sub>2</sub> O)	$\geq 80$	60-79	40-59	20-39	$\leq 19$

Zdroj: vlastní zpracování, Ošťádal et al., 2018

K dalším patologickým stavům, u kterých lze indikovat VV ECMO patří plicní kontuze, barotrauma, rejekce plic po transplantaci, poškození alveolů následkem akumulace fosfolipidů a bílkovin, akutní exacerbace asthma bronchiale, aspirace. (Ošťádal et al., 2018)

### 3.2.2 Princip a indikace VA ECMO

VA ECMO zapojení funguje na principu dvoukomorové nepulzatilní srdeční podpory. Uspořádání kanyl (inflow kanyla zavedena do pravé síně a outflow kanyla zavedena do velké arterie) tedy umožňuje nejen ventilační podporu, ale systém také zastupuje výkonovou funkci srdce. (Ošťádal et al., 2018)

Indikací pro zavedení VA konfigurace je oběhové selhání, které nereaguje na konvenční léčbu. K tomu může docházet z různých příčin. K nejčastějším patří kardiogenní šok vzniklý buď následkem dekompenzace chronického srdečního selhání nebo následkem de novo akutního srdečního selhání. Další patologií, která vede ke zhroucení oběhu, je arytmiická bouře. Další situací, kdy může být VA ECMO indikováno, je nízký CO po kardiokirurgické operaci, který nereaguje na standardní léčbu. VA ECMO může být také zvoleno jako podpora rizikového kardiointervenčního výkonu. (Ošťádal et al., 2018)

Samostatně popisovanou indikací k zavedení VA ECMO je náhlá zástava oběhu refrakterní na běžné postupy KPR. O použití VA ECMO se v této situaci mluví jako o *extrakorporální kardiopulmonální resuscitaci – ECPR*. (Ošťádal et al., 2018) V roce 2010 Americká kardiologická společnost mezi hlavní kritéria pro použití ECPR zařadila rychlou dostupnost ECMO centra, krátký „*low-flow time*“ a předpokládanou reverzibilní příčinu NZO. (Mossadegh a Combes, 2017; Vuylsteke et al., 2017; Cave et al., 2010) Ošťádal et al. (2018) jako další podmínky uvádějí svědky spatřenou NZO s následným poskytnutím kvalitní KPR, nepřítomnost terminálního onemocnění a vstupní hodnoty laktátu  $\leq 21$  mmol/l a pH  $\geq 6,7$ . Některá pracoviště mohou jako kritérium zařazovat vstupní defibrilovatelný rytmus. Dalším posuzovaným kritériem může být věk pacienta. Doporučení pro jednoznačná kritéria a rutinní používání ECPR u refrakterní NZO však z důvodu absence rozsáhlých dat z randomizovaných studií zatím chybí. (Vuylsteke et al., 2017) Kritéria pro zahájení ECPR ve FN Plzeň jsou k dispozici v příloze. (Příloha D) Pro srovnání jsou v další příloze (Příloha E) uvedena kritéria ECPR u vybraných zahraničních analýz.

### 3.2.3 Kontraindikace

K relativním kontraindikacím se u obou konfigurací ECMO zařazuje věk nad 75 let, obezita třetího stupně dle BMI, závažné onemocnění jater a těžké trauma s masivním

krvácením. (Ošťádal et al., 2018) V případě VV ECMO se mezi relativní kontraindikace zařazuje také umělá plicní ventilace s použitím vysokých tlaků a objemů s trváním více než 7 dní. (Ošťádal et al., 2018; Vuylsteke et al., 2017) Absolutní kontraindikací pro zavedení VV i VA ECMO představuje terminální stav onemocnění, status nerozšiřování terapie a těžké poškození CNS. (Ošťádal et al., 2018) Disekce aorty a přítomnost závažné aortální regurgitace jsou absolutními kontraindikacemi k použití VA ECMO. (Ali a Vuylsteke, 2019; Ošťádal et al., 2018)

### **3.3 Specifika managementu péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou**

Zásady péče o pacienta s ECMO podporou zahrnují obecné postupy intenzivní péče o pacienta v kritickém stavu. V souvislosti s vedením ECMO však existuje několik specifík. (Vuylsteke et al., 2017)

#### **3.3.1 Personální zajištění**

Možnost využití ECMO podpory vyžaduje tým složený ze specialistů (ECMO tým), kteří jsou v dané problematice vyškoleni a disponují dovednostmi pro zajištění kvalifikovaného vedení léčby. Zastoupení členů jednotlivých specializací v ECMO týmu se může mezi centry nebo mezinárodně lišit. Obecně je však ECMO tým složen z koordinátora ECMO programu, kardiochirurga, kardiologa a perfuziologa. Součástí týmu zajišťujícího péči o pacienta jsou také sestry se specializací v intenzivní péči a další specialisté, čímž je zajištěn multidisciplinární přístup v průběhu léčby. (Vuylsteke et al., 2017)

Na území České republiky je získání odbornosti perfuziologa podmíněno specializačním vzděláváním v oboru Perfuziologie. Do tohoto specializačního vzdělávání mohou být dle Nařízení vlády č. 31/2010 Sb. zařazeni uchazeči s odbornou způsobilostí k výkonu povolání všeobecné sestry, dětské sestry, porodní asistentky, zdravotnického záchranáře, biomedicínského technika a biomedicínského inženýra. Kompetence perfuziologa (sestry pro klinickou perfuziologii) jsou ukotveny ve vyhlášce č. 55/2011 Sb. (Příloha F)

#### **3.3.2 Ventilace**

Po spuštění podpory je možné upravit ventilační režim na hodnoty protektivní ventilace s cílem minimalizovat riziko poškození plic umělou plicní ventilací (VILI). Protektivní režim lze použít jak u VV, tak u VA zapojení. Jedním z možných nastavení protektivní ventilace představují hodnoty dechového objemu  $\leq 6$  ml/kg, endinspiračního tlaku  $\leq 25$  cm H<sub>2</sub>O,

PEEP 10 cm H<sub>2</sub>O, dechové frekvence 10/min, FiO<sub>2</sub> 30–50 % a poměr inspiria k expiriu 1:2. (Ošťádal et al., 2018; Vuylsteke et al., 2017)

### 3.3.3 Analgosedace

Pacienti s ECMO podporou často vyžadují zajištění adekvátní analgosedace s cílem snížení spotřeby kyslíku, zabránění asynchronizace s UPV, zajištění bezpečnosti a zabránění působení stresu či bolesti při léčebných a ošetrovatelských intervencích. Optimální nastavení analgosedace však může být obtížné z důvodu změn farmakokinetiky léčiv při zavedené ECMO podpoře. Problém představuje zejména ztráta koncentrace léčiva z důvodu redistribuce v ECMO okruhu. (Dzierba et al., 2017) Kupříkladu, Shekar et al. (2012) popisují vysoké ztráty fentanylu a midazolamu v ECMO okruhu v první hodině po spuštění podpory. To je pravděpodobně dáno lipofilitou těchto látek. Naopak, koncentrace méně lipofilního morfinu nebyla výrazně změněna. Výběr jednotlivých léků a nastavení dávkování má být individuální na základě potřeb konkrétního pacienta. Dosažení požadované úrovně sedace je kontrolováno monitorací hloubky sedace pomocí vybraných hodnotících škál. (Dzierba et al., 2017)

### 3.3.4 Výživa

Kritický stav je rizikovým faktorem pro rozvoj malnutrice. Tato patologie, kdy dochází ke katabolickým procesům s následkem ztráty svalové hmoty, je spojena s vysokou morbiditou a mortalitou. (Vuylsteke et al., 2017) Dostupná data poukazují na pozitivní ovlivnění mortality v prostředí intenzivní péče včasným zahájením enterální výživy, avšak bezpečnost enterální výživy u pacientů se zavedenou ECMO podporou je stále předmětem zkoumání. Intolerance enterální výživy následkem snížení motility GIT je u těchto pacientů popisována jako častá komplikace. Rizikovými faktory je kombinace léčebných postupů zahrnujících analgosedaci, myorelaxaci a patologických stavů spojených s rozvojem multiorgánové dysfunkce. (Al-Dorzi a Arabi, 2020) Další možnou příčinou poruchy GIT je vznik ischemie v splachnické oblasti následkem hypoperfuze orgánů dutiny břišní u pacientů s přetrvávající hypotenzí s hodnotami MAP  $\leq$  50 mmHg. Také VA ECMO konfigurace je spojena s rizikem vzniku mesenterické ischemie. (Benerjee a Dobak, 2017; Vuylsteke, 2017). Intolerance se nejčastěji projeví stagnací žaludečního obsahu. Jedním z řešení je podávání prokinetik. Pokud však tolerance enterální výživy klesne pod 50 % po dobu více než 24 hodin nebo je v oblasti GIT přítomna ischemie, je nutné zahájit parenterální výživu (Vuylsteke et al., 2017) Energetická potřeba pacientů se zavedenou ECMO podporou představuje denní příjem 25–30 kcal/kg ideální t.hm. a 1,2–2 g bílkovin/kg ideální t.hm.

K dosažení adekvátní výživy je potřebné stanovit nutriční protokol u každého pacienta individuálně na základě vyšetření nutričního stavu. (Benerjee a Dobak, 2017) Vzhledem k vysokému riziku vzniku peptických vředů je součástí péče o výživu profylaktické podávání inhibitorů protonové pumpy nebo antagonistů H<sub>2</sub>-receptorů. (Vuylsteke et al., 2017)

### 3.3.5 Prevence nozokomiálních nákaz

Nozokomiální nákaza v souvislosti se zavedenou ECMO podporou je definována jako vznik infekce 24 hodin od zavedení podpory, přičemž na začátku spuštění podpory infekce přítomna nebyla, nebo vznik infekce do 48 hodin od ukončení podpory. Riziko vzniku infekce je vysoké z důvodu přítomnosti mnoha invazivních vstupů. Dalším častým rizikovým faktorem je imunosuprese vzniklá na podkladě SIRS. Mezi nejčastěji detekovaná agens patří *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia coli* a *Candida albicans*. Prevence zahrnuje standardní postupy používané v intenzivní péči – dodržování bariérového přístupu a přísně aseptické manipulace s invazivními vstupy, prevence aspirace a vzniku VAP farmakologicky a ošetrovatelskými intervencemi. Důležitá je včasná detekce vzniku infekce a následné zahájení léčby zaměřené na vyvolávající příčinu. Diagnostika nově vzniklé infekce však může být náročná. Například horečka, jeden z prvotních příznaků infekce, může být maskovaná z důvodu regulace tělesné teploty pomocí tepelného výměníku. Při jakémkoliv podezření na přítomnost infekce je indikováno komplexní mikrobiologické vyšetření. Co se týče nastavení dávky antimikrobiální léčby, to může být, podobně jak je tomu při vedení analgosedace, obtížné z důvodu změn farmakokinetiky při zavedené ECMO podpoře. (Vuylsteke et al., 2017)

### 3.3.6 Antikoagulace

Důležitou součástí vedení ECMO podpory je optimalizace antikoagulační terapie. Důvodem je riziko vzniku trombů v okruhu následkem kontaktu krve s cizorodým materiálem. V současnosti používané okruhy jsou sice opatřené heparinovým filmem (heparin-coated), díky čemuž se riziko vzniku krevních sraženin snižuje, ani to však nezajišťuje dostatečnou prevenci, a proto je systémová antikoagulace stále nezbytná. (Doymaz 2018; Ošťádal et al., 2018)

Pokud to situace a stav pacienta dovoluje, je před zavedením ECMO podpory doporučováno provést laboratorní vyšetření zahrnující hodnoty krevního obrazu a hemokoagulace (Quickův test/INR, APTT, ACT, AT, fibrinogen a D-dimery). Vhodné je také využít metodu tromboelastografie nebo tromboelastometrie. V případě, že vyšetření odhalí

krvácivý stav, je potřebné zahájit korekci koagulopatie pomocí mražené plasmy, trombocytů, krevních derivátů nebo doplněním vitamínu K. Úprava pre-existující koagulopatie usnadní následný management antikoagulační léčby při zavedené ECMO podpoře. (ELSO, 2014)

Nejběžněji používané antikoagulans v souvislosti s ECMO je nefrakcionovaný heparin. (Ošťádal et al., 2018; ELSO, 2014) Antikoagulace se zahajuje již v čase kanylace podáním bolusové dávky 50–100 IU/kg t.hm. (ELSO, 2014) Cílem je dosažení hodnot ACT  $\geq 200$  s nebo APTT  $\geq 60$  s. Následně se pokračuje s kontinuálním podáváním heparinu s cílem hodnot APTT 45–60 s v případě, že se používá okruh s heparinovým filmem. (Ošťádal et al., 2018)

V současnosti jsou ve vývoji slibné techniky, jejichž použití může výrazně snížit výskyt poruch hemokoagulace při zavedené ECMO podpoře. Jednou z nich je technika SET-LRP (single electron-transfer living radical polymerization) použitá v souvislosti s polymethylpentenovými membránami okruhu. Principem této techniky je zabránění extrakorporálního shlukování trombocytů a leukocytů zvýšením hemokompatibility polymethylpentenové membrány. (Doymaz, 2018; Obstals et al., 2018)

### **3.3.7 Polohování a mobilizace**

Včasná mobilizace pacientů se zavedenou ECMO podporou je spojena s významně lepším klinickým výsledkem. Zásadní limitací zahájení včasné mobilizace je však oběhová nestabilita. Prvních 24–48 hodin od zavedení podpory je, zejména u pacientů s VA konfigurací, nejkritičtějších a významná změna polohy není možná. (Botsch et al., 2019) Další limitaci představuje poloha kanylu. V případě femoro-femorálního zavedení kanylu může být horní polovina těla elevovaná maximálně o 20°. U pacientů s centrálně zavedenou podporou je možná elevace horní poloviny těla maximálně jen o 10°. Dále je možná úprava polohy na polobok nebo do pronační polohy. Změna polohy se musí vždy odvíjet od aktuálního stavu pacienta a dále je nutné dbát na minimalizaci rizika dislokace kanylu. (Slachová, 2019; Bartůněk et al., 2016)

### **3.3.8 Monitorace**

Monitorace pacienta s ECMO zahrnuje jednak standardní kontinuální monitoring v rozsahu monitorace pacienta v závažném stavu na jednotce intenzivní péče. Sem se zařazuje monitorace EKG, invazivní krevní tlak (IBP), pulzní oxymetrie a hodnocení krevních plynů. (Cvachovec et al., 2014) V případě VA konfigurace je specifickým uplatněním

pulzatilního (kontinuálního) toku, kdy není možné použít neinvazivní měření krevního tlaku manžetou a pulzní oxymetrii. (Ošťádal et al., 2018) Hodnocení krevních plynů probíhá v pravidelných 2–4hodinových intervalech. Specifikem je opět VA konfigurace, kdy se uplatňují dva paralelně zapojené krevní oběhy – vlastní oběh pacienta a mimotělní. Pro odběr vzorku k měření krevních plynů vlastního oběhu pacienta se používá krev z a. radialis dextra. Vzorek k vyšetření krevních plynů mimotělního oběhu lze odebrat kdekoliv mezi oxygenátorem a arteriální kanylou. (Ošťádal et al., 2018; Cvachovec et al., 2014) Ke standardní monitoraci používané v intenzivní péči je však nutné přidat i další metody zajišťující rozšiřující sledování pacienta a okruhu ECMO s cílem rychlého odhalení komplikací. (Vuylsteke et al., 2017)

### **3.3.8.1 Srdeční výdej**

Stav funkce srdce je možné pravidelně monitorovat neinvazivně pomocí echokardiografie. Invazivní monitorování CO je možné například při zavedeném plicnicovém katétru. V případě volby invazivního měření je plicnicový katétr ideální zavádět ještě před spuštěním ECMO, eventuálně během významného snížení průtoku při spuštěné podpoře. Je však nutné zvážit míru přínosu a rizika zvolené metody. (Ošťádal et al., 2018; Cvachovec et al., 2014)

### **3.3.8.2 Tkáňová oxymetrie**

Monitorování tkáňové oxymetrie v oblasti mozkových hemisfér a periferie (dolních končetin) je důležitou součástí monitorace pacientů se zavedenou VA ECMO podporou. (Ošťádal et al., 2018) Jedná se o neinvazivní metodu, která monitoruje regionální tkáňovou saturaci kyslíkem ( $rSO_2$ ). Metoda funguje na principu blízké infračervené spektroskopie (NIRS), kdy je v tkáňovém parenchymu měřena kvantita odražených fotonů světelných paprsků vyslaných ze senzorů uložených v oblasti obou hemisfér a dolních končetin s pomocí čeho lze zhodnotit oxygenaci monitorované tkáně. Fyziologické hodnoty se pohybují v rozmezí 55–75 %. Posun hodnot o 10 % směrem dolů upozorňuje na možný rozvoj ischemie monitorované tkáně. (Habalová et al., 2010)

K dalším běžně používaným metodám k hodnocení adekvátního prokrvení tkání, a tedy i hemodynamické stability u pacientů s ECMO podporou, patří sledování hodnot smíšené žilní krve ( $SvO_2$ ) a laktátu. (Ošťádal et al., 2018)

### **3.3.8.3 Účinnost antikoagulace**

Pro optimalizaci antikoagulace je potřebné nejen úvodní zhodnocení krevního obrazu a hemokoagulace, ale také sledování zmíněných parametrů v pravidelných intervalech.

Hodnoty APTT a ACT jsou standardně vyšetřovanými parametry, podle kterých se řídí úprava dávkování nefrakcionovaného heparinu. (Bartůněk et al., 2016)

#### **3.3.8.4 Monitorace okruhu ECMO**

Součástí monitorace během vedení ECMO podpory je i kontrola jednotlivých částí okruhu. Musí být zajištěno bezpečné uložení řídicí jednotky ECMO a její napojení ke zdroji energie. Důležité je sledovat polohu konektorů a kanyl a předcházet jejich zalomení a dislokaci. Jednotlivé součásti okruhu musí být pravidelně kontrolovány s cílem odhalení případné tvorby krevních sraženin. Monitorování tlaků v okruhu může pomoci odhalit některé komplikace jak na straně pacienta, tak technického charakteru. Venózní tlak ( $P_{\text{vein}}$ ) představuje tlak před pumpou a neměl by překročit hodnoty 100 mmHg. Rychlý nárůst venózního tlaku signalizuje obtížné nasávání krve do inflow kanyly. To může být způsobené ztrátou cirkulujícího objemu pacienta nebo zalomením inflow kanyly. Arteriální tlak ( $P_{\text{art}}$ ) je tlak vytvořený za oxygenátorem. Představuje tudíž hodnoty tlaku v outflow kanyle. Tyto hodnoty by neměly překročit 200–250 mmHg. Signifikantní nárůst arteriálního tlaku může být známkou zvýšení preloadu pacienta nebo zalomení outflow kanyly.  $\Delta p$  je tlakový rozdíl měřený v oxygenátoru. Na jeho hodnoty má vliv krevní průtok a přítomnost krevních sraženin. Nárůst tlakového rozdílu může být známkou tvorby trombů v oxygenátoru, což může vyústit až k selhání pumpy. Nedílnou součástí monitorace ECMO okruhu je sledování alarmů všech nastavených hodnot a následná adekvátní reakce v případě jejich spuštění. (Mossadegh a Combes, 2017)

#### **3.3.9 Weaning a dekanylace**

Před samotným odstraněním kanyl probíhá proces odvykání (weaning) od podpory. Ten je možné zahájit v případě, že došlo k adekvátní obnově funkce plic a/nebo srdce. Jednotlivá centra mohou mít zpracované vlastní postupy pro proces weaningu zahrnující některé specifické parametry. Základní principy weaningu jsou však obecně používány. (Ošťádal et al., 2018)

V případě VV konfigurace je zachována normální funkce srdce. Možnost odpojení tedy vyžaduje jen otestování adekvátní plicní ventilace. (Mossadegh a Combes, 2017) V průběhu weaningu se pozvolně snižuje krevní průtok na hodnoty 2–3 l/min společně se snížením  $F_iO_2$  a průtoku plynů oxygenátorem. Pokud po úvodním snížení parametrů přetrvává adekvátní vlastní ventilace pacienta bez nutnosti významné mechanické ventilační podpory, je možné zahájit test snížením průtoku plynů oxygenátorem na 0,5 l/min po dobu šesti hodin.



Jestliže jsou během této doby zachovány adekvátní hodnoty PaO<sub>2</sub> a PaCO<sub>2</sub>, je možné zahájit dekanylaci. (Ošťádal et al., 2018) Mossadegh a Combes (2017) mezi kritéria úspěšného weaningu zařazují hodnoty PaO<sub>2</sub> ≥ 60 mmHg a SpO<sub>2</sub> ≥ 90 % při FiO<sub>2</sub> ≤ 60 % na UPV společně s echokardiografickým vyšetřením neprokazujícím známky akutního cor pulmonale.

U VA konfigurace je v průběhu weaningu nutné monitorovat hemodynamické parametry, především hodnoty krevního tlaku a ukazovatele tkáňové perfuze. Zároveň musí být vyšetřena funkce myokardu. Pomocí echokardiografie lze zhodnotit *velocity time integral* ve výtokovém traktu levé komory (LVOT VTI), který reflektuje velikost tepového objemu. Hodnoty splňující kritéria pro odpojení podpory se mají pohybovat nad 12 cm. Dalším hodnoceným parametrem je ejekční frakce levé komory (LVEF), u které se má hodnota pohybovat nad 20 %. (Mossadegh a Combes, 2017) Proces weaningu je považován za úspěšný, pokud jsou během šesti hodin při hodnotách mimotělního průtoku krve 0,5–1 l/min, průtoku plynů oxygenátorem 1–2 l/min a FiO<sub>2</sub> ≤ 60 % společně s nastavením katecholaminů a inotropik na nízké dávky, zachovány adekvátní hodnoty hemodynamických parametrů, srdeční funkce a krevních plynů. (Ošťádal et al., 2018)

Mimotělní krevní oběh se zastavuje naložením svorky na outflow kanylu po snížení krevního průtoku na minimum. Po odstranění chirurgicky zavedených kanyl je nutné ošetření cév. V případě punkčního zavedení kanyl s menším průsvitem (do 23 F u venózní kanyly a do 17 F u arteriální kanyly) ve většině případů postačuje k zastavení krvácení komprese místa punkce. K podpoře hemostázy lze eventuálně podat 50–100 mg protaminu. (Ošťádal et al., 2018)

### **3.4 Komplikace**

Vedení ECMO podpory je spojeno s výskytem komplikací. Lze je rozdělit do dvou hlavních skupin: komplikace mechanického charakteru – spojené s okruhem ECMO a komplikace klinické – spojené s pacientem. (Lansink-Hartgring et al., 2019)

#### **3.4.1 Mechanické komplikace**

Nejčastěji vyskytující se mechanickou komplikací je vznik *trombózy v okruhu ECMO*. Toto riziko stoupá při dlouhodobém vedení podpory, pomalém krevním průtoku a dále při nutnosti pozastavení antikoagulační léčby. V případě, že se v systému nacházejí koagula, je nutné příslušnou část okruhu vyměnit. V opačném případě by byl pacient

ohrožen vznikem systémové embolie. Standardní používání dnešních heparinem pokrytých okruhů napomáhá snižovat výskyt této komplikace. (Ošťádal et al., 2018; Bartůněk et al., 2016)

K další mechanické komplikaci, ke které může dojít, je *poškození kanyl, spojovacích hadic a vstupních kohoutů*. Při narušení celistvosti těchto částí může docházet k masivnímu krvácení z poškozeného místa. Nutná je rychlá reakce zahrnující okamžité zastavení přívodu krve a souběžné zajištění jiné respirační, eventuálně oběhové podpory pacienta. (Bartůněk et al., 2016) Další komplikací vyskytující se při porušení integrity jednotlivých částí je zavzdušnění systému s rizikem vzniku masivní vzduchové embolie. V takovém případě je nutné zastavit krevní průtok a systém odvzdušnit. (Ošťádal et al., 2018)

V případě *selhání krevní pumpy a oxygenátoru*, je potřeba tyto komponenty okamžitě vyměnit. Součástí okruhu je vždy nouzová ruční klika, kterou lze dočasně zajišťovat mimotělní krevní průtok ručním generováním otáček. (Bartůněk et al., 2016)

### 3.4.2 Klinické komplikace

*Hemoragie* patří mezi nejčastější komplikace spojené s vedením ECMO. Rizikem pro její vznik je traumatizace velkých cév při kanylaci a podávání antikoagulační léčby. Často se tato komplikace projeví krvácením v okolí vstupu kanyl. Závažné může být krvácení z GIT. Z tohoto důvodu je důležitá pečlivá kontrola vstupů kanyl a výsledků hemokoagulačních vyšetření. Mezi preventivní kroky s cílem zabránění vzniku závažného krvácení se zařazuje podávání blokátorů protonové pumpy (Ošťádal et al., 2018) Problematice krvácivých komplikací se v souvislosti s ECMO věnují i některé studie. Jako příklad lze uvést retrospektivní observační studii autorů Lasink-Hartgring et al. (2019), která zahrnovala vzorek 164 pacientů napojených na ECMO. Z tohoto vzorku překonalo hemoragickou komplikaci 73 pacientů (45 %). Výskyt komplikací byl spojen s vyšší mortalitou. Do domácí péče bylo propuštěno jen 33 % pacientů ve skupině s výskytem krvácení oproti 67 % propuštěných pacientů ve skupině bez výskytu krvácivých komplikací. S častějším výskytem krvácení jsou spojené vyšší hodnoty APTT, dále VA konfigurace zapojení a delší trvání podpory.

V případě VA zapojení je další častou komplikací *ischemie dolní končetiny*. K tomu dochází následkem obstrukce kanylované arterie outflow kanylou. K této komplikaci dochází přibližně u 10–20 % pacientů napojených na VA ECMO. Pro včasné rozpoznání vzniku ischemie je důležité pravidelné fyzikální vyšetření dolní končetiny a kontinuální monitorace tkáňové oxymetrie metodou NIRS. Účinnou prevencí vzniku končetinové ischemie

je zavedení distální perfuze. Jedná se o spojku mezi outflow kanylou a a. femoralis superficialis, která distálně od místa kanylace zajišťuje průtok krve dolní končetinou. (Ošťádal et al., 2018)

*Harlekýnský syndrom* představuje další závažnou komplikaci, kdy vlastní krevní oběh pacienta zásobuje horní polovinu těla hyposaturovanou krví. Postižené jsou oblasti zásobované artériemi odstupujícími v blízkosti aortální chlopně – myokard, pravá horní končetina, mozek a levá horní končetina. Syndrom probíhá pod obrazem cyanózy horní poloviny těla a snížením hodnot tkáňové oxymetrie. Hypoxie myokardu se projeví změnami EKG. Tento stav vyžaduje adekvátní intervenci. Možným řešením je změna parametrů UPV s cílem navýšení ventilační podpory. Při neúspěchu je dalším vhodným řešením změna konfigurace VA na VV v případě, že to umožňují oběhové parametry pacienta. Pokud taková konfigurace z důvodu přetrvávající oběhové nestability není možná, jako další možné řešení se nabízí změna konfigurace VA na VAV (veno-arterio-venózní) ECMO. Tímto lze docílit zlepšení oxygenace krve vlastního oběhu pacienta a zároveň zajistit hemodynamickou podporu. (Ošťádal et al., 2018)

Mezi jiné komplikace vyskytující se v průběhu vedení ECMO patří zhoršení funkce srdce (distenze levé komory) následkem neadekvátně vysokého mimotělního průtoku. Dále renální komplikace (akutní tubulární nekróza) z důvodu obnovení diurézy po snížení nitrohrudního tlaku při použití protektivní ventilace. Také výskyt různě kombinovaných metabolických komplikací je u pacientů s ECMO podporou poměrně běžný. (Ošťádal et al., 2018; Bartůněk et al., 2016)

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 FORMULACE PROBLÉMU

Problematika využití metody ECMO jako *rescue* postupu v případě refrakterní zástavy oběhu je stále aktuálnější. Nelze mluvit o rutinním zavádění, protože k tomu, aby byla podpora indikována jako vhodný postup, je nutné, aby bylo splněno několik kritérií. Jedná – li se o náhlou zástavu oběhu mimo nemocnici, jde zejména o dobře fungující řetězec přežití, časová kritéria a správné prvotní posouzení celkového stavu pacienta s cílem myslet na aktivaci ECMO týmu. Nemocniční neodkladná péče o pacienty se zavedenou ECMO podporou má také několik specifik. Právě na tyto skutečnosti je zaměřena praktická část této bakalářské práce. Problematika je prezentována formou kazuistik, kdy informace byly zpracovány z dat zdravotnické dokumentace.

## **5 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### **5.1 Cíle**

1. Zjistit, pro které skupiny pacientů může být metoda vhodná.
2. Zjistit, jaká specifika zahrnuje přednemocniční neodkladná péče o pacienta, který je potenciálně vhodným pro zavedení ECMO podpory z důvodu mimonemocniční náhlé zástavy oběhu.
3. Zjistit, jaká specifika zahrnuje péče o pacienta po zavedení ECMO podpory.

### **5.2 Výzkumné otázky**

1. Podle jakých kritérií je pacientům s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu indikováno zavedení ECMO podpory?
2. Jaké jsou stěžejní body v přednemocniční neodkladné péči u pacienta s náhlou zástavou oběhu potenciálně vhodného k zavedení ECMO podpory?
3. Jak probíhá aktivace ECMO týmu?
4. Které kroky zahrnuje další zajištění pacienta bezprostředně po zavedení ECMO podpory?
5. Jakými specifiky se vyznačuje poresuscitační péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou?

## 6 METODIKA

Pro zpracování výstupu praktické části této bakalářské práce bylo zvoleno kvalitativní šetření. K naplnění cílů a zodpovězení výzkumných otázek byla zvolena metoda zpracování kazuistik. Jednotlivé kazuistiky jsou rozděleny do čtyř částí. První tři popisují postup zajištění pacienta s náhlou zástavou oběhu, u kterého je indikováno napojení na ECMO. Poslední část představuje souhrn hlavních diagnóz pacienta. K těmto účelům byla použita zdravotnická dokumentace předem zvolené skupiny pacientů. Celkem bylo zpracováno pět kazuistik. Sběr dat probíhal v čase odborné praxe od 23. 11. do 4. 12. 2020. Schválena žádost ke sběru dat je doložená v příloze. (Příloha G)

## **7 VZOREK RESPONDENTŮ**

Vzorek byl vybrán na základě předem určených kritérií. Jednalo se o pacienty, u kterých došlo k náhlé zástavě oběhu v přednemocniční fázi. U jednoho pacienta došlo k náhlé zástavě oběhu při předávání na Emergency od výjezdové skupiny ZZS. Všichni tito pacienti byli následně indikováni k napojení na ECMO. Dokumentace byla získaná na základě výběru konkrétních pacientů z registru ECMO FN Plzeň. Pro zachování anonymity jsou jednotliví pacienti označení jako Pacient 1 až 5.

## 8 ANALÝZA A INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

### 8.1 Pacient 1

Žena, 46 let

#### 8.1.1 Zdravotnická záchranná služba

V ranních hodinách obdržely výjezdové skupiny RZP a RV výzvu s indikací dušnost, naléhavost I. Jako první je na místě výjezdová skupina RV s dojezdovým časem 5 minut od výzvy. Podle informací od manžela se pacientka začala cítit špatně po té, co si večer byla rekreačně zasportovat. U pacientky je přítomna alterace vědomí, pacientka je neklidná. Dotsud se s ničím neléčila.

Pacientka je vyšetřena a zajištěna podle algoritmu ABCDE. Vstupně je přítomna cyanóza a hypoventilace. Hodnota SpO<sub>2</sub> bez kyslíku je 78 %. Pacientka nemluví. Jsou přítomny známky oběhové nestability – neměřitelný tlak a bradykardie 45 / min. se špatně hmatným pulsem. GCS je vstupně hodnoceno 9 body (4-1-4). Zornice izokorické, mydriatické. Vstupně naměřená normoglykemie a hyperlaktatemie s hodnotou 6,1 mmol/l. Po úvodním zajištění dochází k NZO se vstupním rytmem asystolie. Výjezdové skupiny bez prodlení zahajují KPR. Po úvodních kompresích hrudníku je na monitoru přítomen sinusový rytmus s nutností podpory oběhu noradrenalinem v ředění 4 mg/20 ml rychlostí 15 ml/hod. Ve 35. minutě od příjezdu na místo události je zahájen transport na urgentní příjem. Následně během cesty dochází k recidivě NZO s asystolií. Po úvodních kompresích hrudníku opět dochází k obnově sinusového rytmu. Kromě oběhové podpory noradrenalinem bylo pacientce podáno 4 mg adrenalinu a 1 mg atropinu. K předání na urgentní příjem došlo ve 41. minutě od příjezdu na místo události.

#### 8.1.2 Nemocniční neodkladná péče – Emergency

Při příjmu dochází k další recidivě NZO s obrazem PEA. Komprese hrudníku zajišťuje přístroj LUCAS a současně je podán 1 mg adrenalinu. Dýchací cesty jsou zajištěny cestou OTI a pacientka je napojena na UPV. Při následné analýze rytmu je vyhodnocena fibrilace komor. Je indikován výboj s energií 200 J. Po podání výboje dochází k obnově oběhu s přítomnou tachykardií a hypotenzí. Zahajuje se navýšení podpory oběhu noradrenalinem v ředění 4 mg/20 ml rychlostí 20 až 30 ml/hod společně s tekutinovou resuscitací kystaloidy přetlakem. Farmakoterapie je také doplněna o korekci vnitřního prostředí. Bedside ECHO neukazuje jednoznačné známky cor pulmonale acutum, které by prokazovalo akutní



plicní embolii. Po následné konzultaci je indikováno napojení na VA ECMO. Kanyly jsou zavedeny perkutánním způsobem do v. femoralis dx. (inflow kanyla) a a. femoralis dx. (out-flow kanyla). Souběžně je napojena kanyla pro perfuzi dolní končetiny. V rámci primingu ECMO přístroje je podáno 10 000 IU heparinu. Úvodní průtok je nastaven na 4,1 l/min, FiO<sub>2</sub> 100 %. Podpora je spuštěna v 74. minutě od dosažení místa události. Po napojení dochází k zajištění hemodynamické stability. Po celou dobu ošetřování byla přítomna mydriáza zornic bez fotoreakce bilaterálně. CT vyšetření mozku ukazuje rozvíjející se edém mozku. CT angiografie plicnice odhaluje oboustrannou embolizaci.

### **8.1.3 Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP**

Po úvodním zajištění byla pacientka přijata na kardiologickou JIP k pokračování intenzivní poresuscitační péče, která zahrnovala invazivní monitoraci hemodynamiky – CVP, IBP, MAP. Dále bylo pokračováno v korekci vnitřního prostředí. Byla zahájena profylaxe vzniku stresového žaludečního vředu, křečí a VAP. Tělesná teplota byla udržovaná na 36 °C. Analgosedace byla zajištěna kombinací propofol a fentanyl. Dále byla zajištěna nutriční podpora. Pravidelnou monitoraci APTT a NIRS prováděl perfuziolog. Hodnoty NIRS se pohybovaly v referenčních mezích. Rychlost heparinu byla upravovaná podle hodnot APTT. V úvodu bylo přítomno mírné prosakování krve v místě zavedení kanyl, jinak vedení ECMO podpory probíhá bez komplikací.

Následující den je pacientka nadále oběhově stabilní. Přetrvává mydriáza zornic bez fotoreakce bilaterálně. V rámci ošetrovatelské péče probíhá za přítomnosti perfuziologa celková hygiena, převaz kanyl a ostatních invazivních vstupů. Vedení ECMO podpory probíhá bez komplikací. ECHO ukazuje normální velikost a systolickou funkci levé komory a hraniční velikost pravé komory s normální systolickou funkcí. Na základě oběhových parametrů je možné začít s odpojováním (weaningem) od ECMO – flow se snižuje o 0,5 l/min a FiO<sub>2</sub> se snižuje na hodnotu 80 %.

Čtvrtý den od zahájení ECMO podpory je přítomen významný pokles hodnot NIRS v oblasti obou hemisfér a nadále přetrvávala mydriáza zornic bez fotoreakce. CT vyšetření mozku prokazuje maligní edém mozku včetně mozečku a mozkového kmene. Na podkladě DSA je potvrzena mozková smrt a následně je pacientka zařazena k odběru orgánů v rámci transplantačního programu. Multiorgánový odběr proběhl za ECMO podpory.

### **8.1.4 Hlavní diagnózy**

- Masivní plicní embolie oboustranně

- NZO s úvodním nedefibrilovatelným rytmem
- Hypoxické poškození mozku
- Maligní edém mozku
- Exitus letalis

## 8.2 Pacient 2

Muž, 27 let

### 8.2.1 Zdravotnická záchranná služba

V ranních hodinách obdržela výjezdová skupina RZP výzvu prekolapsový stav, nálezavost III. Při příjezdu na místo události nacházejí členové výjezdové skupiny pacienta ležícího na zádech. Pacient je při vědomí, opocení, neklidný a cyanotický. Vstupní hodnota SpO<sub>2</sub> bez kyslíku je 66 %. Je přítomna hyperventilace. Další hodnoty vitálních funkcí ukazují známky oběhové nestability – tachykardie s frekvencí 130/min. a hypotenze 100/60 mmHg. Chladná akra a prodloužený kapilární návrat ukazují centralizaci oběhu. Vyšetřením krve je diagnostikována hyperglykémie s hodnotou 21 mmol/l a hyperlaktatémie s hodnotou 9 mmol/l. V osobní anamnéze pacient udává dva měsíce starý úraz. Konkrétně se jedná o frakturu kotníku. Před měsícem byl pacientovi vysazen nízkomolekulární heparin. Na základě klinického obrazu a anamnézy vyslovuje vedoucí člen výjezdové skupiny RZP podezření na plicní embolii a na místo si cestou ZOS dovolává výjezdovou skupinu RV. Zároveň je zkontrolováno prvotní zajištění pacienta. U pacienta je zahájena oxygenoterapie. Dále je v rámci terapie suspektní plicní embolie aplikováno 10 000 IU heparinu intravenózně. Oběhová podpora je zajištěna kontinuálním podáváním noradrenalinu v ředění 2 mg/20 ml rychlostí 1 ml/h. Takto zajištěn pacient je urychleně transportován na urgentní příjem.

### 8.2.2 Nemocniční neodkladná péče – Emergency

Pacient je na urgentní příjem předán v 21. minutě od dosažení místa zásahu první výjezdovou skupinou. V tomto momentě u pacienta dochází k poruše vědomí a k apnoe. Na monitoru je přítomna asystolie. Neprodleně je zahájena rozšířená KPR. Nepřímou srdeční masáž zajišťuje přístroj LUCAS. V úvodu resuscitace je aplikován 1 mg adrenalinu. Zároveň jsou zajištěny dýchací cesty cestou OTI a pacient je napojen na UPV. Následuje obnova oběhu s bradykardií o frekvenci 20/min., proto je aplikován 1 mg atropinu. Vyšetřením zornic je zjištěna oboustranná mydriáza bez reakce na osvit. Laboratorní vyšetření prokazuje zvýšené hodnoty D – dimerů. Diagnózu potvrzuje CT angiografie plicnice, která

odhaluje embolii v oblasti lobární větve levého laloku plic a segmentárních větví horního a středního laloku vpravo. Na základě tohoto nálezu je intravenózně aplikována systémová trombolýza. Intravenózní léčba je doplněna o korekci vnitřního prostředí, analgosedaci, tekutinovou resuscitaci a kontinuální oběhovou podporu noradrenalinem v ředění 4 mg/20 ml rychlostí v rozmezí 10–20 ml/hod. CT vyšetření mozku neprokazuje žádné ložiskové změny. Pro přetrvávající oběhovou nestabilitu je kontaktován ECMO tým a následně je indikováno zavedení VA ECMO podpory. Kanyly jsou zavedeny perkutánním způsobem do v. femoralis sin. (inflow kanyla) a a. femoralis dx. (outflow kanyla). Úvodní průtok je nastaven na 5,2 l/min s FiO<sub>2</sub> 100 %. ECMO podpora spuštěna v 61. minutě od dosažení místa zásahu. Pro případ výskytu komplikací jsou na transfuzním oddělení zajištěny čtyři jednotky EBR.

### **8.2.3 Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP**

Po přijetí z urgentního příjmu je pokračováno v kompletní poresuscitační péči. ECMO podpora v kombinaci s katecholaminy zajišťuje oběhovou stabilitu. Pacient je kontinuálně hemodynamicky monitorován. Pokračuje se v korekci vnitřního prostředí a glykemie. Zahajuje se profylaxe vzniku stresového žaludečního vředu a VAP. Tělesná teplota je udržována na 36 °C. V souvislosti s vedením ECMO podpory je zahájena pravidelná monitorace APTT a monitorace NIRS. Na základě hodnot APTT je upravována rychlost heparinu.

Následující den je pacient nadále oběhově stabilní, proto je možné snížit podporu oběhu katecholaminy a zahájit weaning z ECMO snížením flow na 1,5 l/min s FiO<sub>2</sub> 80 %. Za přítomnosti perfuziologa je vykonán převaz kanyl. V pravém tříslu dochází k mírnému prosakování krve, jinak se v souvislosti s vedením ECMO podpory nevyskytují žádné komplikace. Také hodnoty NIRS jsou v referenčních mezích. Vyšetření ECHO ukazuje na normalizaci systolické funkce pravé a levé komory. Třetí den je na základě uspokojivých oběhových parametrů možno přistoupit k ukončení ECMO podpory. Oběhová podpora je již zajišťována jen malými dávkami noradrenalinu. Pacient je nadále na UPV. Čtvrtý den je pacient na základě přetrvávajícího uspokojivého průběhu extubován.

Další průběh je bez komplikací a s dobrým neurologickým výsledkem. Pacient je oběhově i metabolicky kompenzován. Obnovuje se příjem per os a je zahájena rehabilitace. Sedmý den od události je pacient přeložen na standardní lůžko a následně propuštěn do ambulantní péče.

#### **8.2.4 Hlavní diagnózy**

- Oboustranní plicní embolizace s akutním cor pulmonale
- NZO s úvodním nedefibrilovatelným rytmem
- Úrazem provokována trombóza dolní končetiny

### **8.3 Pacient 3**

Muž, 37 let

#### **8.3.1 Zdravotnická záchranná služba**

V dopoledních hodinách obdržely výjezdové skupiny ZZS výzvu ke stavu nemocného v bezvědomí, bez dechové aktivity, naléhavost I. Společně s pozemními výjezdovými skupinami je aktivována také LZS. Pomocí TANR je zahájena laická KPR bez možnosti aktivace AED. Na místo události jako první přijíždí výjezdová skupina RV v 8. minutě od výzvy. Členové výjezdové skupiny přebírají laickou KPR a navazují na ní rozšířenou KPR. Úvodním rytmem je komorová fibrilace, proto je indikován výboj o energii 200 J. Je přítomen ojedinělý gasping. Příbuzná pacienta udává, že si několik dní stěžoval na pálení na hrudi. V osobní anamnéze je přítomna arteriální hypertenze.

Při následné analýze rytmu přetrvává komorová fibrilace, proto je podán další defibrilační výboj o energii 200 J. Souběžně jsou u pacienta zajištěny dýchací cesty OTI a intravenózní přístup. Vyšetření zornic ukazuje mydriázu bez reakce na osvit oboustranně. Vstupní laktát je 3,6 mmol/l.

I nadále přetrvává komorová fibrilace, proto je indikován třetí defibrilační výboj a následně aplikován 1 mg adrenalinu společně s 300 mg amiodaronu intravenózně. Farmakoterapie je doplněna o svalovou relaxaci z důvodu interference s UPV. Pro přetrvávající komorovou fibrilaci nereagující na úvodní resuscitační postupy je konzultován ECMO tým. Pacient je zajištěn včetně použití přístroje LUCAS a následně cestou LZS transportován na urgentní příjem.

#### **8.3.2 Nemocniční neodkladná péče – Emergency**

K předání dochází ve 37. minutě od dosažení místa události první výjezdovou skupinou. Personál Emergency plynule navazuje na rozšířenou resuscitaci. U nemocného přetrvává komorová fibrilace. ECMO tým zahajuje přípravu na napojení podpory. Během KPR se několikrát přechodně objeví ROSC. Bedside ECHO ukazuje obraz stojícího srdce.

VA ECMO podpora je zavedena perkutánně cestou v. femoralis dx. (inflow kanyla) a a. femoralis dx. (outflow kanyla). Úvodní flow je nastaven na 4,75 l/min, FiO<sub>2</sub> 100 %. Ke spuštění podpory dochází v 60. minutě od dosažení místa události první výjezdovou skupinou. Vzhledem k anamnestickým údajům a pozitivním hodnotám kardiospecifických markerů, je pacient indikován k akutní selektivní koronarografii. Farmakoterapie byla na urgentním příjmu doplněna o oběhovou podporu noradrenalinem v ředění 4 mg/20 ml rychlostí 20 ml/hod, volumoterapii, analgosedaci, korekci vnitřního prostředí a po konzultaci o anti-koagulační a antiagregační léčbu. Z vitální indikace byly podány dvě jednotky EBR. Další čtyři jednotky EBR byly rezervovány na transfuzním oddělení.

### **8.3.3 Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP**

Po akutní selektivní koronarografii, která prokázala akutní non-Q infarkt myokardu, a následné kardiointervenci, je pacient přijat na kardiologickou JIP, kde se pokračuje v oběhové podpoře. Pacient je analgosedován a kontinuálně hemodynamicky monitorován. Zahajuje se profylaxe vzniku stresového vředu a vzniku VAP. Je zajištěna cílená regulace tělesné teploty. Nadále se pokračuje v antiagregační léčbě. Dále je zajištěna monitorace NIRS a koagulačních parametrů s úpravou rychlosti dávky heparinu podle hodnot APTT. V úvodu je přítomno prosakování krve v místě zavedení kanyl, což je po konzultaci s kardiochirurgem řešeno kompresí. Vedení ECMO probíhá bez komplikací. Z důvodu přetrvávající hypotenze je stávající podpora oběhu doplněna o dobutamin.

Následující dny probíhá vedení ECMO podpory bez komplikací. Je indikováno podání levosimendanu ke zlepšení funkce levé komory. Pacient je oběhově stabilní, proto je zahájen weaning z ECMO podpory.

5. den od události je při uspokojivých oběhových parametrech úspěšně ukončena ECMO podpora. Následující den je pacient extubován. V dalším průběhu pacient začíná s rehabilitací a obnovuje se příjem per os. Následně je pacient přeložen na standardní lůžka, kde hospitalizace i nadále probíhá bez komplikací. V průběhu hospitalizace je ještě indikována koronární intervence s cílem aplikace lékového stentu v ramus diagonalis I. Stav pacienta je i nadále bez komplikací, oběhově stabilní a s dobrým neurologickým výsledkem, proto je možné propuštění do ambulantní a domácí péče.

### **8.3.4 Hlavní diagnózy**

- Akutní non-Q infarkt myokardu

- NZO s refrakterní komorovou fibrilací
- Arteriální hypertenze

## **8.4 Pacient 4**

Muž, 43 let

### **8.4.1 Zdravotnická záchranná služba**

V dopoledních hodinách obdržela výjezdová skupina LZS výzvu s naléhavostí I, svědky spatřená NZO. Na místě události je zahájena TANR i s aktivací AED. Laická KPR probíhá 14 minut, během kterých bylo přístrojem AED doporučeno podat dva výboje. Svědci během poskytování laické KPR operátorovi ZOS sdělují, že pacient se přechodně probírá. Po dosažení místa události si členové výjezdové skupiny LZS přebírají pacienta od svědků a zahajují rozšířenou KPR. Na monitoru přetrvává komorová fibrilace. Je přítomen gasping. Zornice jsou vstupně mydriatické, izokorické s obleněnou reakcí na osvit. Orientačně je přítomna hyperglykemie a hyperlaktatemie. Od svědků události lze zjistit, že pacient je diabetik a kuřák. Po úvodních resuscitačních pokusech vedoucí člen výjezdové skupiny LZS rozhoduje o přípravě pacienta k transportu na Emergency a souběžně aktivuje ECMO tým. Terapie v přednemocniční fázi zahrnovala zajištění dýchacích cest OTI a napojení na UPV, analgo-sedaci, svalovou relaxaci, podání adrenalinu v celkové dávce 7 mg, amiodaronu v celkové dávce 450 mg a podání pěti defibrilačních výbojů s energií 200 J v rámci algoritmu rozšířené KPR s přítomným defibrilovatelným rytmem. Nepřímá srdeční masáž byla zajištěna přístrojem LUCAS.

### **8.4.2 Nemocniční neodkladná péče – Emergency**

K předání pacienta dochází ve 34. minutě od dosažení místa události výjezdovou skupinou. Přetrvává refrakterní komorová fibrilace. Původně mydriatické zornice jsou staženy, přetrvává obleněná reakce na osvit. Laboratorně je potvrzena hyperglykemie 25 mmol/l, hyperlaktatemie 14,6 mmol/l a nárůst kardiospecifických markerů.

Za pokračující kontinuální KPR je zahájeno napojení na VA ECMO perkutánním přístupem cestou v. femoralis dx. (inflow kanyla) a a. femoralis sin. (outflow kanyla). V rámci primingu je podaných 5000 IU heparinu. Úvodní flow je nastaven na 4,4 l/min, FiO<sub>2</sub> 100 %. Podpora je spuštěna v 56. minutě od dosažení místa události výjezdovou skupinou.

Další postup zahrnoval korekci vnitřního prostředí, volumoterapii, analgosedaci, zajištění 4 TU EBR a oběhovou podporu noradrenalinem v ředění 2 mg/20 ml rychlostí 10 ml/hod. Následně byl pacient transportován k akutní selektivní koronarografii.

#### **8.4.3 Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP**

Po selektivní koronarografii a následné PCI s aplikací lékového stentu pro významní stenózu RIA je pacient přijat na kardiologickou JIP k pokračování oběhové podpory a celkové poresuscitační péči. Refrakterní komorová fibrilace byla ukončena na intervenčním sále.

Při příjmu je vstupně přítomen sinusový rytmus s pravidelnou akcí. Pacient je hypotenzní 90/60 mmHg. Přetrvává obleněná fotoreakce. Tělesná teplota je udržována na 36 °C. Oběhová podpora je doplněna o podávání dobutaminu. V rámci vedení ECMO je zajištěna monitorace tkáňové oxymetrie a hodnot hemokoagulace. Rychlost kontinuálního podávání heparinu se řídí zjištěnými hodnotami APTT. Další terapie zahrnuje zahájení dvojité antiagregační léčby, profylaxe stresového vředu, zajištění výživy, pokračování v korekci vnitřního prostředí a glykemie.

Následující dny je pacient postupně oběhově stabilizován. Vedení ECMO probíhá bez komplikací. Pod vedením perfuziologa je zajištěna celková hygiena a převaz invazivních vstupů. Hodnoty tkáňové oxymetrie jsou v referenčních mezích. Při uspokojivých oběhových parametrech je možné zahájit weaning z ECMO.

6. den od ECMO podpory je pacient z podpory úspěšně odpojen. Ojedinelé epizody změny tlaku jsou řešeny malou dávkou noradrenalinu. V souvislosti se zavedením ECMO podpory se následující dny po odstranění kanyl objevuje dehiscence rány v levém třísele s přítomnou hnisavou sekrecí. Komplikace je řešena podáním antibiotické léčby cíleně podle kultivace a lokálním ošetřováním rány. Z jiných komplikací je diagnostikována aspirační bronchopneumonie, která je také cíleně přeléčena. Pro předpoklad obtížného weaningu z UPV je 9. den provedena punkční dilatační tracheostomie.

V dalším průběhu hospitalizace se nevyskytují jiné komplikace. Pacient je nadále oběhově stabilní. Také neurologický výstup je dobrý. Na začátku druhého týdne od hospitalizace dochází k úspěšnému weaningu od UPV. Pacient je orientovaný, spolupracující, rehabilituje, postupně se obnovuje příjem per os.

23. den od hospitalizace je pacient přeložen na standardní lůžko, kde úspěšně pokračuje v rehabilitaci. Následně je pacient přeložen do domácí péče. Vzhledem k předchozí nezdavé životospřávě je poučen o nutnosti zanechání kouření a dodržování diabetické diety. Důležitá je také pravidelná fyzická aerobní aktivita.

#### **8.4.4 Hlavní diagnózy**

- Akutní Q infarkt myokardu
- NZO s refrakterní komorovou fibrilací
- Aspirační bronchopneumonie
- Dehiscence levého třísla po dekanylaci ECMO
- DM II. typu kompenzovaný inzulínem a PAD

### **8.5 Pacient 5**

Muž, 37 let

#### **8.5.1 Zdravotnická záchranná služba**

V ranních hodinách obdržely výjezdové skupiny RZP, RV a LZS výzvu s naléhavostí I, bezvědomí a nedýchá. Svědky události je pomocí TANR zahájena laická KPR bez možnosti použití AED. Po dosažení místa události a po ověření přetrvávající NZO zahajují výjezdové skupiny ZZS rozšířenou KPR. Úvodním rytmem je komorová fibrilace, proto je indikován defibrilační výboj s energií 200 J. Anamnesticky lze zjistit, že pacient je kuřák.

Po třetím neúspěšném výboji je podán 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu. Souběžně jsou zajištěny dýchací cesty OTI a pacient je napojen na UPV. Při následné analýze je rytmus změněn na PEA. Na základě úvodních neúspěšných resuscitačních pokusů je cestou Emergency kontaktován ECMO tým a pacient je za kontinuální KPR cestou LZS transportován. Léčba je doplněna o 500 mg kyseliny acetylsalicylové a 10 000 IU heparinu.

#### **8.5.2 Nemocniční neodkladná péče – Emergency**

K předání dochází ve 47. minutě od dosažení místa události první výjezdovou skupinou ZZS. Na Emergency přetrvává NZO s obrazem PEA. Zornice jsou mydriatické bez reakce na osvit. Je pokračováno v kontinuální KPR a zahajuje se příprava k napojení ECMO. Laboratorně je zjištěna hyperlaktatémie 15 mmol/l a elevace kardiospecifických markerů.



VA ECMO je napojeno perkutánně cestou v. femoralis l.sin (inflow kanyla) a a. femoralis l.dx (outflow kanyla). Podpora je spuštěna v 72. minutě od dosažení místa události první výjezdovou skupinou. V rámci primingu je podáno 5 000 IU heparinu. Úvodní flow je nastaven na 4,7 l/min, FiO<sub>2</sub> 100 %.

Další terapii na Emergency zahrnuje tekutinovou resuscitaci, úpravu vnitřního prostředí, analgosedaci a doplnění antiagregační léčby. Následně je pacient indikován k akutní selektivní koronarografii.

### **8.5.3 Nemocniční neodkladná péče – kardiologická JIP**

Po akutní selektivní koronarografii, která odhalila významnou stenózu RIA, jsou pacientovi aplikovány dva lékové stenty a následně je přijat na lůžka kardiologické JIP. Pokračuje se v korekci vnitřního prostředí. Pacient je kontinuálně hemodynamicky monitorován, nadále oběhově nestabilní. V rámci vedení ECMO podpory je kontinuálně monitorována hemokoagulace s hodnotami APTT nad 200 s, proto není zahájeno kontinuální podávání heparinu. Léčba je z důvodu těžko udržitelného oběhu a přítomné hemokoagulační poruchy doplněna o podávání resuspendovaných erytrocytů a mražené plazmy. Hodnoty tkáňové oxymetrie poukazují na rozvoj hypoxie jak v oblasti obou hemisfér, tak v oblasti periférie. Na bedside ECHO je nadále obraz stojícího srdce, přetrvává rozvrat vnitřního prostředí, dochází ke vzniku velkého hematomu v pravém tříslu. Zornice jsou nadále mydriatické a bez reakce na osvit. Na končetinách se objevují počínající posmrtné skvrny. Na základě nepříznivého stavu je ECMO podpora ukončena.

### **8.5.4 Hlavní diagnózy**

- Fibrilační NZO na podkladě AIM bez dosažení ROSC
- Akutní IM v povodí RIA
- Rozvrat vnitřního prostředí
- Porucha hemokoagulace
- Respirační selhání
- Exitus letalis

## DISKUZE

Využití ECMO v rámci léčebného přístupu u pacientů s mimonemocniční zástavou oběhu, která nereaguje na postupy konvenční KPR, se do praxe začalo aplikovat před deseti lety. Zavádění tohoto *rescue* postupu do klinické praxe je důsledkem špatných léčebných výsledků mimonemocniční NZO. Ta v Evropě postihne každoročně asi 250 000 lidí. Přežití se v závislosti od různých faktorů pohybuje kolem 2–15 %. Právě použití ECMO podpory může u určitých skupin pacientů zvýšit šanci na přežití mimonemocniční NZO. (Dennis, 2020)

Cílem výzkumného šetření této bakalářské práce bylo popsat základní specifika péče o pacienty po přednemocniční KPR, kteří byli vzhledem na neúčinnost úvodních resuscitačních pokusů nebo vzhledem k přetrvávající oběhové nestabilitě po dosažení ROSC indikováni k napojení na ECMO. Šetření proběhlo kvalitativní metodou formou kazuistik. Kazuistiky byly zpracovány na základě dat získaných ze zdravotnické dokumentace Kardiologické kliniky FN Plzeň. Každá kazuistika popisuje postup v přednemocniční neodkladné péči, nemocniční neodkladné péči a dále postupy v intenzivní péči po úvodním zajištění pacienta a napojení na ECMO. U každé kazuistiky je zachována anonymita a pro lepší přehlednost jsou jednotlivé kazuistiky označeny názvem „Pacient“ a příslušným číslem pořadí.

V případě **prvního pacienta** se jednalo o ženu ve středním věku, ke které byla ZZS přivolána manželem po té, co u pacientky došlo ke zhoršení stavu v ranních hodinách. Tomu předcházela celou noc trvající celková slabost, která se objevila po mírné fyzické námaze. Po příjezdu výjezdových skupin ZZS byla u pacientky přítomna alterace vědomí a oběhová nestabilita. Po prvotním zajištění došlo k NZO s úvodním nedefibrilovatelným rytmem s následným přechodným ROSC po úvodní resuscitaci. Po předání na Emergency přetrvávala recidiva NZO s defibrilovatelným rytmem. Po podání defibrilačního výboje došlo k obnově oběhu s přetrvávající oběhovou nestabilitou. Pacientce bylo indikováno zavedení ECMO podpory. Doplňujícími vyšetřeními byla diagnostikována plicní embolizace a rozvíjející se edém mozku. Během hospitalizace na kardiologické JIP došlo ke stabilizaci oběhu, ale nadále přetrvávala nepříznivý neurologický vývoj. Výstupem byla diagnostikována mozková smrt a zařazení pacientky k odběru orgánů v rámci transplantačního programu.

**Druhým pacientem** byl muž ve věku 27 let, ke kterému byla přivolána ZZS kvůli prekolapsovému stavu. Po dosažení místa zásahu byl pacient neklidný se známkami šokového stavu. Vzhledem ke klinickému obrazu a k anamnéze nedávného úrazu kotníku bylo vysloveno podezření na plicní embolii. Po úvodním zajištění byl pacient urychleně transportován na Emergency, kde při předávání došlo k NZO. Diagnostika potvrdila plicní embolizaci. Po úvodní resuscitaci a podání trombolýzy bylo rozhodnuto o zavedení ECMO podpory. Během hospitalizace na kardiologické JIP se pokračovalo v intenzivní poresuscitační péči a ve vedení ECMO podpory. Postupně došlo k úpravě oběhových parametrů. Následoval nekomplikovaný weaning od ECMO a UPV. Výsledkem bylo propuštění pacienta s dobrým neurologickým výstupem do domácí péče.

U **třetího pacienta**, muže ve věku 37 let, došlo k NZO spatřené příbuznou, která následně aktivovala ZZS. Do příjezdu výjezdových skupin ZZS na místě události probíhala laická KPR pomocí TANR bez možnosti použití AED. Po převzetí KPR výjezdovými skupinami byla úvodním rytmem komorová fibrilace. Vzhledem pro neúspěšnou úvodní resuscitaci byl cestou Emergency kontaktován ECMO tým a pacient byl urychleně za kontinuální resuscitace transportován leteckou záchrannou službou. Po napojení na ECMO a dalším zajištění byl pacient indikován k akutní selektivní koronarografii, která odhalila postižení koronárních tepen. Po následné kardiointervenci byl nemocný předán na kardiologickou JIP, kde se pokračovalo v intenzivní poresuscitační péči. V dalším průběhu došlo k postupnému zlepšování oběhových parametrů. Weaning od ECMO proběhl bez komplikací.

V případě **čtvrtého pacienta**, muže ve věku 43 let, došlo k NZO s následnou aktivací ZZS a zahájením laické KPR s možností aktivace AED. Do příjezdu výjezdových skupin se pacient dle sdělení svědků přechodně probíral. Po převzetí KPR výjezdovými skupinami ZZS byla přítomna fibrilace komor. Úvodní KPR se nepodařilo dosáhnout ROSC, proto byl cestou Emergency konzultován ECMO tým. Následně byl pacient za kontinuální resuscitace letecky transportován. Po napojení na ECMO byl pacient indikován k akutní selektivní koronarografii, která odhalila významní stenózu v povodí levé koronární tepny řešenou aplikací lékového stentu. Následná komplexní poresuscitační péče zahrnovala nejen úpravu oběhových parametrů, ale také řešení přítomných infekčních komplikací. Po zvládnutí těchto komplikací byl další průběh hospitalizace nekomplikovaný a pacient mohl být propuštěn do domácí péče s důrazem na změnu životního stylu.

**Pátým pacientem** byl muž ve věku 37 let, u kterého došlo k NZO spatřené svědky. Po aktivaci ZZS probíhala na místě laická KPR bez možnosti aktivace AED. Po zahájení rozšířené resuscitace byla úvodním rytmem komorová fibrilace, která nereagovala na úvodní KPR, proto byl aktivován ECMO tým a pacient byl za kontinuální KPR letecky transportován. Po napojení na ECMO a dalším zajištění byla u pacienta indikována akutní selektivní koronarografie, výsledkem které byla diagnostikována významná stenóza v povodí RIA. Během hospitalizace na kardiologické JIP se navzdory komplexní intenzivní péči nepodařilo udržet oběhovou stabilitu a vzhledem k nepříznivému stavu byla po konzultaci ECMO podpora ukončena.

Pro splnění výzkumného šetření byly předem určené tři cíle, ke kterým se váže pět výzkumných otázek. **Prvním cílem** bylo zjistit, pro které skupiny pacientů může být metoda vhodná. Toho jsme dosáhli zodpovězením **první výzkumné otázky**: Podle jakých kritérií je pacientům s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu indikováno zavedení ECMO podpory? Informace získané zpracováním kazuistik nám poskytují obraz o tom, která kritéria jsou zohledňována při indikaci ECMO podpory u pacientů s mimonemocniční NZO. Ve vzorku pacientů vidíme, že se jednalo o pacienty, u kterých buď došlo k NZO za přítomnosti svědků, kteří neprodleně aktivovali záchranný řetězec a následně poskytli základní KPR, nebo k NZO došlo v přítomnosti výjezdové skupiny ZZS a neprodleně mohla být zahájena rozšířená KPR. Dále vidíme, že se jednalo o pacienty mladší věkové kategorie v rozmezí 27–46 let. Také u žádného z těchto pacientů nebylo přítomné terminální onemocnění. U všech pacientů byla přítomna refrakterní NZO nereagující na úvodní KPR nebo přetrvávající oběhová nestabilita po dosažení ROSC. U všech pacientů došlo k NZO na podkladě potencionálně reverzibilní příčiny. Právě kritéria, jakými je svědky spatřena NZO, poskytnutí laické KPR a dále věk pacienta  $\leq 65$  let, jsou zpracovány v pokynech pro zahájení ECPR ve FN Plzeň. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, kritéria pro ECPR se mezi jednotlivými centry mohou lišit. Pro možnost srovnání byla zpracována tabulka se zařazovacími a vylučovacími kritérii k zahájení ECPR u vybraných zahraničních analýz. (Příloha E)

**Druhým cílem** bylo zjistit, jaká specifika zahrnuje přednemocniční neodkladná péče o pacienta, který je potencionálně vhodným pro zavedení ECMO podpory z důvodu mimonemocniční NZO. Pro zodpovězení druhého cíle byla stanovena **druhá výzkumná otázka**: Jaké jsou stěžejní body v přednemocniční neodkladné péči u pacienta s NZO potencionálně vhodného k zavedení ECMO podpory? Můžeme konstatovat, že postupy u jednotlivých kazuistik nesou společné rysy přístupu k zajištění pacienta. Na jedno ze zásadních

kritérii – spatření NZO a neprodlené zahájení KPR jsme částečně odpověděli již první výzkumnou otázkou. Ve třetí, čtvrté a páté kazuistice vidíme, že prvním zásadním krokem je aktivace záchranného řetězce svědky události a následné neprodlené zahájení laické KPR pomocí TANR. V případě první a druhé kazuistiky došlo k NZO již v přítomnosti výjezdových skupin ZZS. Kromě zajištění kvalitní laické a následně i rozšířené KPR je dalším důležitým bodem včasné rozhodnutí o aktivaci ECMO týmu a rychlý transport s cílem dosažení co nejkratšího času do napojení na ECMO. V první a páté kazuistice, kdy se jednalo o pacienty s nepříznivým výstupem, došlo k napojení na ECMO v čase nad 70 minut od vzniku NZO. Ve druhé kazuistice byl pacient na ECMO napojen ve 40. minutě od vzniku NZO. Ve třetí a čtvrté kazuistice došlo k napojení na ECMO v čase do 70 minut od vzniku NZO. Tzv. *time from arrest to ECMO* anebo *low-flow time* je považován za jeden z ovlivnitelných prediktorů přežití a dobrého neurologického výstupu u pacientů napojených na ECMO po mimonemocniční NZO. V kritériích pro zahájení ECPR ve FN Plzeň se uvádí doba zahájení podpory – příjezd na ER  $\leq 45$  min. Pro srovnání, Lunz a Calabró (2020) ve své retrospektivní multicentrické studii, která zahrnovala 423 pacientů, popsali nepříznivý neurologický výstup u pacientů, kterým byla ECMO podpora spuštěna v čase s průměrem  $> 70$  minut od vzniku NZO. Wengenmayer et al. (2017) ve své retrospektivní analýze zaměřené právě na vliv low-flow time na přežití popisují, že šance na přežití v případě low-flow time 30 minut je 25, 2 % a v případě low-flow time  $> 65$  minut šance klesá pod 9, 9 %.

K druhému cíli se váže také doplňující **třetí výzkumná otázka**: Jak probíhá aktivace ECMO týmu? Jak už bylo zmíněno, správné načasování aktivace ECMO týmu je důležitou součástí přednemocniční fázi s cílem zkrátit čas od vzniku NZO do napojení na ECMO. Bělohlávek et al. (2012) ve své randomizované studii popisují postup, kdy je koordinátor ECMO týmu kontaktován vedoucím členem výjezdové skupiny ZZS poté, co selžou úvodní postupy rozšířené KPR. Ideálně mezi 12. – 15. minutou rozšířené KPR, přičemž pacient má být v čase kontaktování již kompletně zajištěn (včetně dýchacích cest a i.v. přístupu). Podobný postup můžeme vidět i ve třetí, čtvrté a páté kazuistice, kdy vedoucí člen výjezdové skupiny ZZS po úvodním zajištění pacienta rozhodne o aktivaci ECMO týmu cestou Emergency z důvodu přetrvávající NZO. To odpovídá i kritériím pro ECPR ve FN Plzeň. (Příloha D)

**Třetím cílem** bylo zjistit, jaká specifika zahrnuje péče o pacienta po zavedení ECMO podpory. K tomuto cíli se váže čtvrtá a pátá výzkumná otázka. **Čtvrtá výzkumná otázka** zjišťuje: Které kroky zahrnuje další zajištění pacienta bezprostředně po zavedení ECMO

podpory? Na jednotlivých kazuistikách vidíme, že společně se zavedením podpory je farmakologicky prováděna korekce vnitřního prostředí na základě vstupního vyšetření ABR, dále je farmakologicky zajištěna oběhová podpora a analgosedace. Jsou provedeny doplňující vyšetření s cílem odhalit příčinu NZO. U všech pacientů byla diagnostikována potencionálně reverzibilní příčina. V případě první a druhé kazuistiky se jednalo o plicní embolii, kdy byla následně indikována trombolytická léčba. V případě třetí, čtvrté a páté kazuistiky byl diagnostikován akutní koronární syndrom a tito pacienti byli indikováni k provedení akutní selektivní koronarografii. Jde o postup, kdy se ECMO podpora využije k zajištění oběhu a provedení následné intervence.

**Pátá výzkumná otázka:** Jakými specifiky se vyznačuje poresuscitační péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou? Poresuscitační péče o pacienty se zavedenou ECMO podporou se v principu neliší od péče po konvenční KPR. U všech kazuistik byla poresuscitační péče zaměřena na léčbu vyvolávající příčiny, korekci vnitřního prostředí, normalizaci oběhových parametrů, dále na profylaxi a eventuálně léčbu výskytu infekčních komplikací a vzniku stresového vředu. U všech pacientů byla zahájena invazivní monitorace hemodynamiky. Z informací z dokumentace ale také od zdravotnického personálu jsme zjistili, že u každého pacienta je zajištěna cílená regulace tělesné teploty. Specifikem péče je samotné vedení ECMO podpory, které je v kompetenci členů ECMO týmu. Technickou stránku a specializovanou ošetrovatelskou péči vede perfuziolog. U všech pacientů bylo vedle standardního invazivního monitoringu hemodynamiky zahájeno pravidelné monitorování hemokoagulace z důvodu vedení antikoagulace pro prevenci vzniku trombů v okruhu ECMO. Perfuziolog sledoval nejen výsledky laboratorních hodnot hemokoagulace ale také viditelné známky krvácení. Odborná literatura (Ošťádal et al., 2018; Mossadegh a Combes, 2017) udává výskyt krvácení jako častou komplikaci. V případě našeho souboru pacientů došlo k mírným krvácivým komplikacím v místě zavedení kanyl u třech pacientů a u jednoho pacienta došlo k vzniku závažného krvácení z místa zavedení kanyly.

Dalšími popisovanými komplikacemi jsou hypoxie mozku a vznik ischémie dolní končetiny. Z toho důvodu je standardním postupem zahájit monitoraci tkáňové regionální oxymetrie metodou NIRS, která slouží k včasnému odhalení nedostatečné perfuze v oblasti monitorovaných tkání. Tak tomu bylo i u našeho souboru pacientů. U první pacientky byl zaznamenán významný pokles hodnot NIRS v oblasti hemisfér a následně diagnostikována mozková smrt. V případě pátého pacienta, kdy se nedařilo udržet hemodynamickou stabilitu, hodnoty NIRS poukázaly na rozvoj hypoxie jak v oblasti dolních končetin, tak v oblasti

mozku. U těchto pacientů však nízké hodnoty rSO<sub>2</sub> nesouvisely s komplikacemi spojenými s ECMO (Harlekýnský syndrom a ischemie dolní končetiny), ale byly jedním z ukazatelů nepříznivého klinického výsledku. U ostatních třech pacientů proběhlo vedení ECMO bez výskytu nízkých hodnot rSO<sub>2</sub>.

Zodpovězením výzkumných otázek jsme splnili předem určené cíle, čím jsme získali přehled o základních specifikách péče o pacienty po přednemocniční KPR, kteří jsou indikováni k napojení na ECMO. Můžeme konstatovat, že se jedná o náročnou metodu, která vyžaduje velmi dobře fungující řetězec přežití.

Protože je tato metoda náročná jednak pro pacienta, ale také je náročná z hlediska finančních nákladů, dále také na technické a personální zajištění, je logické, že u každého případu musí být posouzen přínos této léčby. Pro fungování ECMO programu u mimonemocniční NZO považujeme za důležité to, aby personál ZZS (lékaři a zdravotničtí záchranáři) měli dobrou znalost indikačních kritérií této metody a již v úvodu mysleli na včasnou aktivaci ECMO týmu. Tomu však v případě laicky spatřené NZO předchází právě kvalitní poskytnutí laické KPR. Problematika výuky a osvěty v problematice laické KPR, eventuálně zavádění systémů first responderů, sice v této bakalářské práci zkoumána nebyla, myslíme si však, že i zkvalitňování této oblasti má pro fungování ECMO programu zásadní význam. Dalším článkem v řetězci přežití je v tomto případě ECMO centrum. Protože jedním z faktorů, které ovlivňují výsledek této léčby je čas od vzniku NZO do napojení na ECMO, je pro fungování důležitá také dostupnost ECMO centra. Otázkou je, zda je vybudování husté sítě těchto center reálné, zvláště když počet pacientů s mimonemocniční NZO indikovaných k této metodě zatím není velký. Rozsáhlejší data o efektivnosti, a tedy i možnosti častějšího zavádění ECMO podpory po mimonemocniční NZO do klinické praxe by měly poskytnout studie zahrnující dostatečný vzorek pacientů. V České republice by takové data měla přinést studie *Prague OHCA study*, která probíhá ve spolupráci mezi Komplexním kardiologickým centrem VFN a 1. LF UK a ZZS hl. m. Prahy.

## ZÁVĚR

Teoretická část této bakalářské práce je rozčleněna do tří kapitol s cílem poskytnout přehled o problematice náhlé zástavy oběhu řešené s využitím mimotělní membránové oxygenace (ECMO). První kapitola představuje úvod do anatomie a fyziologie oběhové soustavy a respiračního systému. Druhá kapitola se věnuje problematice kardiopulmonální resuscitace dospělých. Poslední, třetí kapitola je zaměřena na ECMO. Tato kapitola obsahuje informace o specifikách této metody, jak technických, tak klinických. Zabývá se tedy okruhem ECMO, indikačními kritérii, zejména v souvislosti s ECPR. Dále specifiky péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou, podmínkami ukončování podpory a možnými komplikacemi.

Praktická část práce obsahuje tři cíle, ke kterým se váže pět výzkumných otázek. Cíle byly stanoveny následovně: 1. Zjistit, pro které skupiny pacientů může být metoda vhodná. 2. Zjistit, jaká specifika zahrnuje přednemocniční neodkladná péče o pacienta, který je potenciálně vhodným pro zavedení ECMO podpory z důvodu mimonemocniční náhlé zástavy oběhu. 3. Zjistit, jaká specifika zahrnuje péče o pacienta po zavedení ECMO podpory. Znění výzkumných otázek vázících se k cíli práce bylo následovné: 1. Podle kterých kritérií je pacientům s mimonemocniční náhlou zástavou oběhu indikováno zavedení ECMO podpory? 2. Co je stěžejními body v přednemocniční neodkladné péči u pacienta s náhlou zástavou oběhu potenciálně vhodného k zavedení ECMO podpory? 3. Jak probíhá aktivace ECMO týmu? 4. Které kroky zahrnuje další zajištění pacienta bezprostředně po zavedení ECMO podpory? 5. Jakými specifiky se vyznačuje poresuscitační péče o pacienta se zavedenou ECMO podporou?

Podkladem pro splnění cílů byly informace ze zdravotnické dokumentace pěti pacientů zpracované do jednotlivých kazuistik. Výstupem práce je přehled o specifikách přednemocniční a následně nemocniční neodkladné péče o pacienty, kteří jsou indikováni k zavedení ECMO podpory z důvodu mimonemocniční náhlé zástavy oběhu.

Bude zajímavé, jak se v budoucnu bude tato, v současnosti ještě ne příliš často používaná metoda, vyvíjet. Zda byly možnosti konvenční KPR vyčerpány a zda bude ECPR pro vhodné skupiny pacientů využívána stále častěji s výsledkem zvýšení přežívání mimonemocniční náhlé zástavy oběhu. Podmínkou pro nastavení fungujícího ECPR programu jsou správně zhodnoceny indikace, funkční systém řetězce přežití, včetně jeho prvního článku – včasného přivolání pomoci a provedení kvalitní KPR, předem dohodnutá koordinace mezi



ECMO týmem a poskytovateli přednemocniční neodkladné péče. Dále je důležité zajištění materiálního vybavení a erudovaného personálu pečujícího o pacienty se zavedenou ECMO podporou. Jedná se o metodu, která je nákladná, náročná personálně i technicky a také spojena s řadou možných komplikací, která ale současně může přinést zlepšení léčebných výsledků u nemocných po KPR.

## SEZNAM LITERATURY

- 1) AL-DORZI, Hasan a Yaseen ARABI. Enteral Nutrition Safety With Advanced Treatments: Extracorporeal Membrane Oxygenation, Prone Positioning, and Infusion of Neuromuscular Blockers. *Nutrition in Clinical Practice* [online]. 2020, 36(1), 88-97 [cit. 2021-03-02]. DOI: 10.102/ncp.10621 ISSN 1941-2452. Dostupné z: <https://aspenjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ncp.10621>
- 2) ALI, Jason a Alain VUYLSTEKE. Extracorporeal membrane oxygenation: indications, technique and contemporary outcomes. *Heart* [online]. 2019 [cit. 2021-03-09]. ISSN 1468-201X. Dostupné z: [doi:10.1136/heartjnl-2017-311928](https://doi.org/10.1136/heartjnl-2017-311928)
- 3) BARTŮNĚK, Petr a Dana JURÁSKOVÁ. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada, 2016. Sestra. ISBN 978-80-247-4343-1.
- 4) BĚLOHLÁVEK, Ján, et al. Coronary versus carotid blood flow and coronary perfusion pressure in a pig model of prolonged cardiac arrest treated by different modes of venoarterial ECMO and intraaortic balloon counterpulsation. *Critical care* [online]. 2012 [cit. 2021-03-09]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/cc11254>
- 5) BĚLOHLÁVEK, Ján, et al. Hyperinvasive approach to out-of-hospital cardiac arrest using mechanical chest compression device, prehospital intraarrest cooling, extracorporeal life support and early invasive assessment compared to standard of care. A randomized parallel groups comparative study proposal. "Prague OHCA study". *Journal of Translational Medicine* [online]. 2012 [cit. 2021-03-11]. ISSN 1479-5876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1479-5876-10-163>
- 6) BANERJEE, Progya a Stephanie DOBAK. Nutrition Support for Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) and Ventricular Assist Device (VAD) Patients: Overcoming the Obstacles. *Support Line* [online]. February 2017, vol. 39, iss. 1, 14-19 [cit. 2021-03-09]. ISSN 10673768 Dostupné z: <https://search.proquest.com/trade-journals/nutrition-support-extracorporeal-membrane/docview/1859424372/se-2?accountid=14965>

- 7) BOTSCH, Alex, et al. Nursing Implications in the ECMO Patient. In: FIRSTENBERG, Michael. *Advances in Extracorporeal Membrane Oxygenation* [online]. 2019, vol. 3 [cit. 2021-03-09]. ISBN 978-1-78984-397-2. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-extracorporeal-membrane-oxygenation-volume-3/nursing-implications-in-the-ecmo-patient>
- 8) CAVE, Diana, Raul J. GAZMURI, Charles W. OTTO, Vinay M. NADKARNI, Adam CHENG, Steven C. BROOKS, Mohamud DAYA, Robert M. SUTTON, Richard BRANSON, Mary Fran HAZINSKI. 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science: Part 7: CPR techniques and devices. *Circulation* [online]. November 2010, vol. 122, iss. 18 [cit. 2021-03-07]. ISSN 1524-4539 Dostupné z: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970970>
- 9) ČESKO. Nařízení vlády č. 31/2010 Sb., ze dne 11. ledna 2010 o oborech specializačního vzdělávání a označení odbornosti zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR* [online]. © AION CS 2010–2021 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-31/zneni-20180901>
- 10) ČESKO. Vyhláška č. 55/2011 Sb., ze dne 1. března 2011 o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR* [online]. © AION CS 2010–2021 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55/zneni-20191019>
- 11) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4788-0.
- 12) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3: Nauka o cévách*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.

- 13) CVACHOVEC, Karel, et al. Vybrané terapeutické postupy a techniky. In: Ševčík, Pavel, et al. *Intenzivní medicína*. Třetí, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-066-0
- 14) DAVIES, Andrew, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for 2009 Influenza A(H1N1) Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* [online]. 2009 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1538-3598. Dostupné z: doi:10.1001/jama.2009.1535
- 15) DENNIS, Mark, Sean LAL, Paul FORREST, Alistair NICHOL, Lionel LAMHAUT, Richard J. TOTARO, Brian BURNS, Claudio SANDRONI. In-Depth Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adult Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAHA* [online]. May 2020, vol. 9, iss. 10 [cit. 2021-03-02]. ISSN 2047-9980. Dostupné z: <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.016521>
- 16) DOYMAZ, Sule. Anticoagulation during ECMO: The Past, Present and Future. *Journal of Intensive and Critical Care* [online]. 2018 [cit. 2021-03-02]. ISSN 2471-8505. Dostupné z: doi:10.21767/2471-8505.100114
- 17) DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- 18) DZIERBA, Amy, et al. Medicating patients during extracorporeal membrane oxygenation: the evidence is building. *Critical care* [online]. 2017 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: doi:10.1186/s13054-017-1644-y
- 19) ELSO. *ELSO Anticoagulation Guideline* [online] 2014 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.else.org/resources/guidelines.aspx>
- 20) FIALA, Pavel, Jiří VALENTA a Lada EBERLOVÁ. *Stručná anatomie člověka*. Praha: Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2693-2.
- 21) HABALOVÁ, Jiřina, et al. Využití regionální mozkové oxymetrie jako neinvazivní metody ke sledování pacientů v neurointenzivní péči. *Česká a slovenská neurologie*

- a neurochirurgie* [online]. 2010, 73/106(3), 285-287 [cit. 2021-03-01]. ISSN 1802-4041. Dostupné z: <https://www.csnn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2010-3-4/vyuziti-regionalni-mozkove-oxymetrie-jako-neinvazivni-metody-ke-sledovani-pacientu-v-neurointenzivni-peci-33816>
- 22) ICUECMO. The ECMO Circuit. In: *IcuECMO: Quick Reference* [online]. Updated 2018-07-26 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [http://icuecmo.ca/icuECMO\\_content/icuECMO\\_ECMO\\_circuit.html](http://icuecmo.ca/icuECMO_content/icuECMO_ECMO_circuit.html)
- 23) JANOTA, Tomáš. Šok a kardiopulmonální resuscitace. In: ČEŠKA, Richard, et al. *Interna. 2.*, aktualizované vydání. Praha: Triton, 2015. ISBN 978-80-7387-885-6.
- 24) KACHLÍK, David. *Anatomie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-4101-0.
- 25) KASAL, Eduard. Kardiopulmonální resuscitace. In: ŠEVČÍK, Pavel, et al. *Intenzivní medicína*. Třetí, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Galén, 2014. ISBN 978-80-7492-066-0.
- 26) KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie. 2.*, přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2020. ISBN 978-80-247-1963-4.
- 27) KLEMENTA, Bronislav, Olga KLEMENTOVÁ a Pavel MARCIÁN. *Resuscitace. 2.* rozšířené vydání. Olomouc: Epava, 2014. ISBN 978-80-86297-47-7.
- 28) KNOR, Jiří a Jiří MÁLEK. *Farmakoterapie urgentních stavů*. Třetí doplněné a rozšířené vydání. Praha: Maxdorf, 2019. ISBN 978-80-7345-595-8.
- 29) KOEN, Joncke, Nathanael THELINGE a Philippe DEWOLF. A systematic review of current ECPR protocols. A step towards standardisation. *Resuscitation Plus* [online]. September 2020, vol. 3 [cit. 2021-03-16]. ISSN 2666-5204. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.resplu.2020.100018>

- 30) KRÜGER, Andreas. Srdeční zástava a poresuscitační péče. *Kardiologická revue - Interní medicína* [online]. 2015, 17(3), 230-233 [cit. 2021-02]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.kardiologickarevue.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-3/srdecni-zastava-a-poresuscita-cni-pece-56030>
- 31) LANGMEIER, Miloš, Otomar KITTNAR, Dana MAREŠOVÁ a Jaroslav POKORNÝ. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
- 32) LANSINK-HARTGRING, Annemieke, et al. Hemorrhagic complications during extracorporeal membrane oxygenation – The role of anticoagulation and platelets. *Journal of Critical Care* [online]. December 2019, vol. 54, 239-243 [cit. 2021-03-07]. ISSN 0883-9441. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.09.013>
- 33) LUNZ, Dirk, Lorenzo CALABRÒ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest: a retrospective multicenter study. *Intensive Care Medicine* [online]. Springer, May 2020, iss. 46, 973-982 [cit. 2021-02-14]. ISSN 1432-1238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05926-6>
- 34) MOSSADEGH, Christine a Alain COMBES. *Nursing Care and ECMO* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017 [cit. 2021-02-05]. ISBN 978-3-319-20101-6. Dostupné z: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-20101-6>
- 35) NEKIC, Paula. *Extra Corporeal Oxygenation (ECMO) Learning Package* [online]. February 2016 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: [https://www.aci.health.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/306583/ECMO\\_Learning\\_package.pdf](https://www.aci.health.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/306583/ECMO_Learning_package.pdf)
- 36) OBSTALS, Fabian, et al. Improving Hemocompatibility of Membranes for Extracorporeal Membrane Oxygenators by Grafting Nonthrombogenic Polymer Brushes. *Macromolecular Bioscience* [online]. March 2018, vol. 18, iss. 3 [cit. 2021-03-08]. ISSN 1616-5195. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/mabi.201700359>

- 37) OŠŤÁDAL, Petr, Jan BĚLOHLÁVEK, Martin BALÍK a Hynek ŘÍHA. *Extrakorporální membránová oxygenace: manuál pro použití u dospělých*. 2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, 2018. ISBN 978-80-7345-591-0.
- 38) PEEK, Giles, et al. CESAR: conventional ventilatory support vs extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure. *BMC Health Services Research* [online]. 2006 [cit. 2021-03-11]. ISSN 1472-6963. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1472-6963-6-163>
- 39) PETŘEK, Josef. *Základy fyziologie člověka pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada, 2019. ISBN 978-80-271-2208-0.
- 40) SHEKAR, Kiran, et al. Sequestration of drugs in the circuit may lead to therapeutic failure during extracorporeal membrane oxygenation. *Critical care* [online]. 2012 [cit. 2021-03-11]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/cc11679>
- 41) SLACHOVÁ, Anna. *Management rizik při extrakorporální membránové oxygenaci*. Plzeň, 2019. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta zdravotnických studií. Katedra ošetrovatelství a porodní asistence.
- 42) SLAVÍKOVÁ, Jana a Jitka ŠVÍGLEROVÁ. *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- 43) SPOLEČNOST URGENTNÍ MEDICÍNY A MEDICÍNY KATASTROF ČLS JEP. *Doporučený postup: neodkladná resuscitace*. [online] 2017, aktualizace 25. 1. 2017 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://urgmed.cz/dp-summk/>
- 44) ŠEBLOVÁ, Jana a Jiří KNOR. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2., doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0596-0.
- 45) TRUHLÁŘ, Antolij, Vladimír ČERNÝ, Renata ČERNÁ PAŘÍZKOVÁ, Ondřej FRANĚK, Roman GŘEGOŘ, Eduard KASAL, Radek, MATHAUSER, David PEŘAN, Pavel ROZSÍVAL, Zbyněk STRAŇÁK, Roman ŠKULEC a Karel ŠTĚPÁNEK. Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2015: Souhrn doporučení.

*Urgentní medicína: časopis pro neodkladnou lékařskou péči*. České Budějovice: Mediprax CB, 2015(mimořádné vydání). ISSN 1212-1924.

46) VUYLSTEKE, Alain, et al. *ECMO in the Adult Patient*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. ISBN 9781107681248.

47) WENGENMAYER, Tobias, et al. Influence of low-flow time on survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR). *Critical care* [online]. 2017 [cit. 2021-02-15]. ISSN 1364-8535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1744-8>

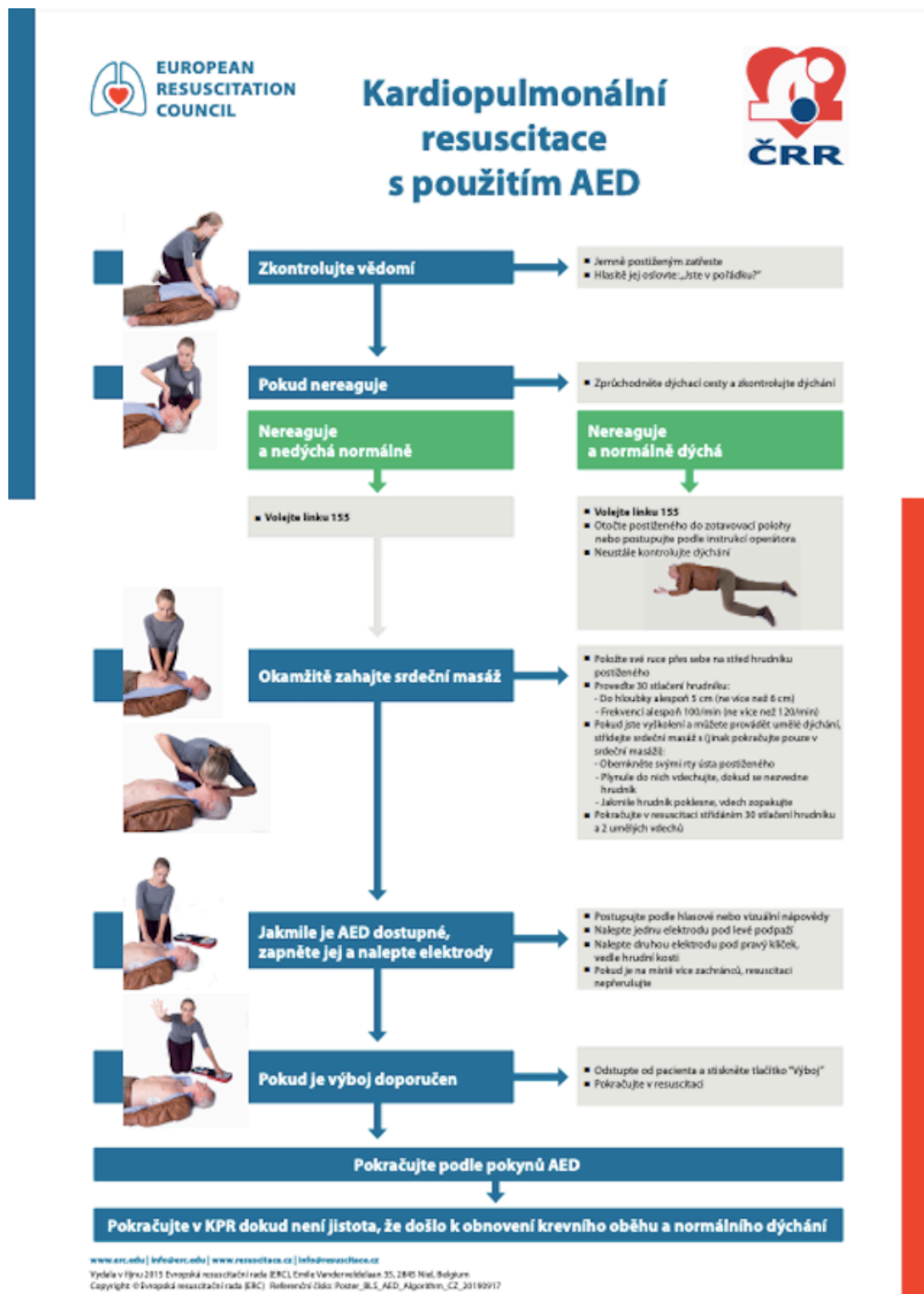


## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha A – Základní KPR s použitím AED dle ERC 2015
- Příloha B – Rozšířená KPR dle ERC 2015
- Příloha C – Standardní zapojení VA a VV ECMO
- Příloha D – Kritéria pro ECPR ve FN Plzeň
- Příloha E – Kritéria vybraných analýz pro zahájení ECPR u pacientů s mimonemocniční NZO
- Příloha F – Kompetence sestry pro klinickou perfuziologii
- Příloha G – Souhlas se sběrem dat ve FN Plzeň

# PŘÍLOHY

## Příloha A – Základní KPR s použitím AED dle ERC 2015, počet stran: 1

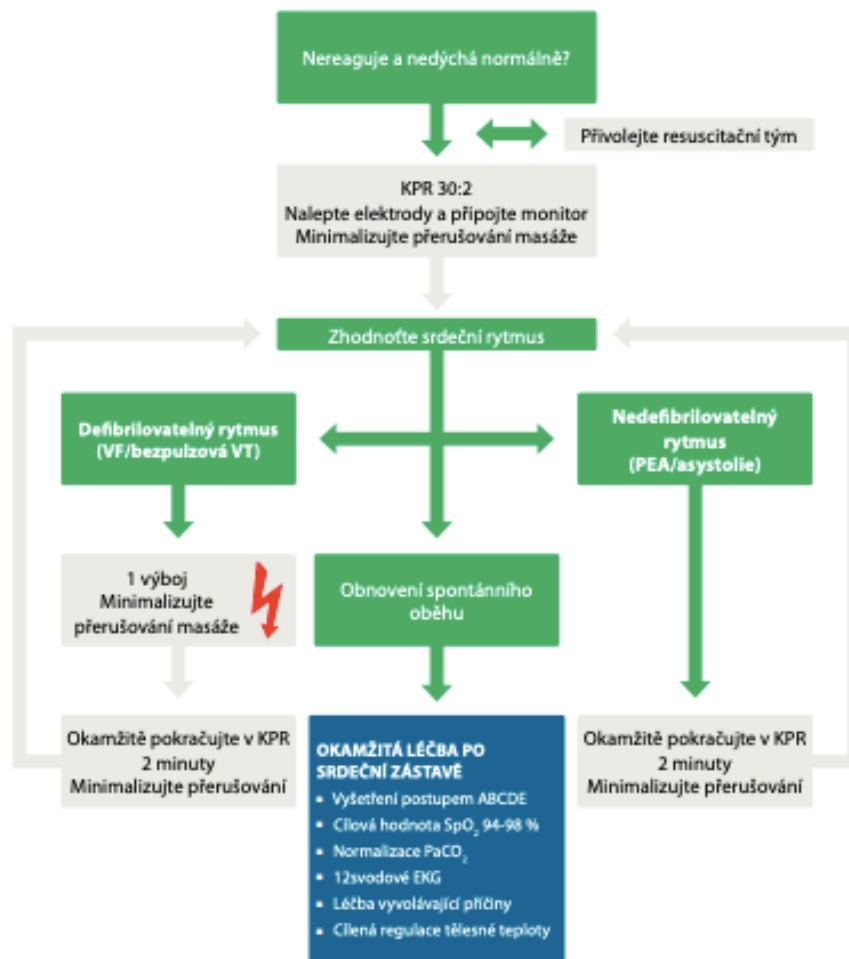


Zdroj: <https://www.resuscitace.cz/ke-stazeni>

## Příloha B – Rozšířená KPR dle ERC 2015, počet stran: 1



# Rozšířená resuscitace dospělých



### BĚHEM KPR

- Zajistěte vysokou kvalitu srdeční masáže
- Minimalizujte přerušování srdeční masáže
- Podávejte kyslík
- Použijte kapnografii
- Po zajištění dýchacích cest nepřerušujte srdeční masáž
- Vstup do cévního řečiště (intravenózní nebo intraoséální)
- Podávejte adrenalin každých 3-5 minut
- Podávejte amiodaron po 3. výboji

### ZAJISTĚTE LÉČBU REVERZIBILNÍCH PŘÍČIN

- |   |  |
|---|--|
| Hypoxie                                       | Trombóza (koronární tepny nebo plicní embolie) |
| Hypovolémie                                   | Tenzní pneumotorax                             |
| Hypokalcémie/hyperkalémie/metabolické příčiny | Tamponáda srdeční                              |
| Hypotermie/hypertermie                        | Toxické látky (intoxikace)                     |

### ZVAŽTE

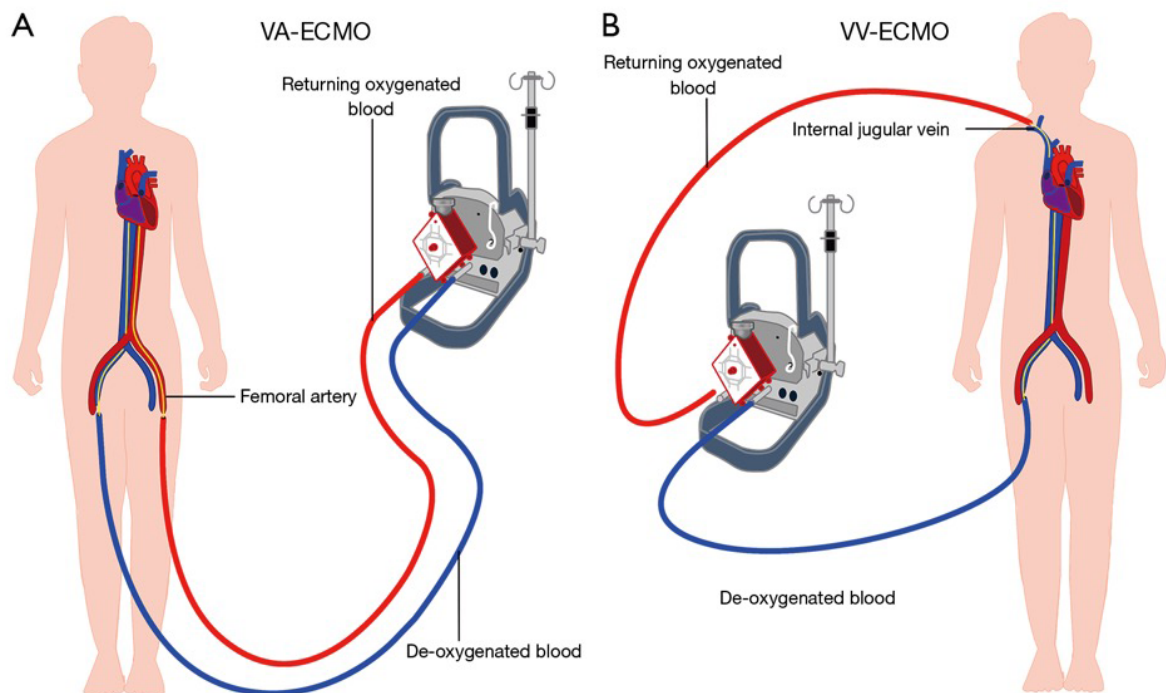
- Ultrasonografické vyšetření
- Mechanickou srdeční masáž pro usnadnění transportu nebo další léčby
- Koronární angiografie a perkutánní koronární intervenci
- Mimošláň KPR

[www.erc.edu](http://www.erc.edu) | [info@erc.edu](mailto:info@erc.edu) | [www.resuscitace.cz](http://www.resuscitace.cz) | [info@resuscitace.cz](mailto:info@resuscitace.cz)

Vydáno v říjnu 2015 Evropská resuscitační rada (ERC), Emile Vanderweeldelein 35, 2045 Nieuw, Belgium  
Copyright: © Evropská resuscitační rada (ERC) | Referenční číslo: Poster\_ALS\_Algoritmy\_CC\_20160503

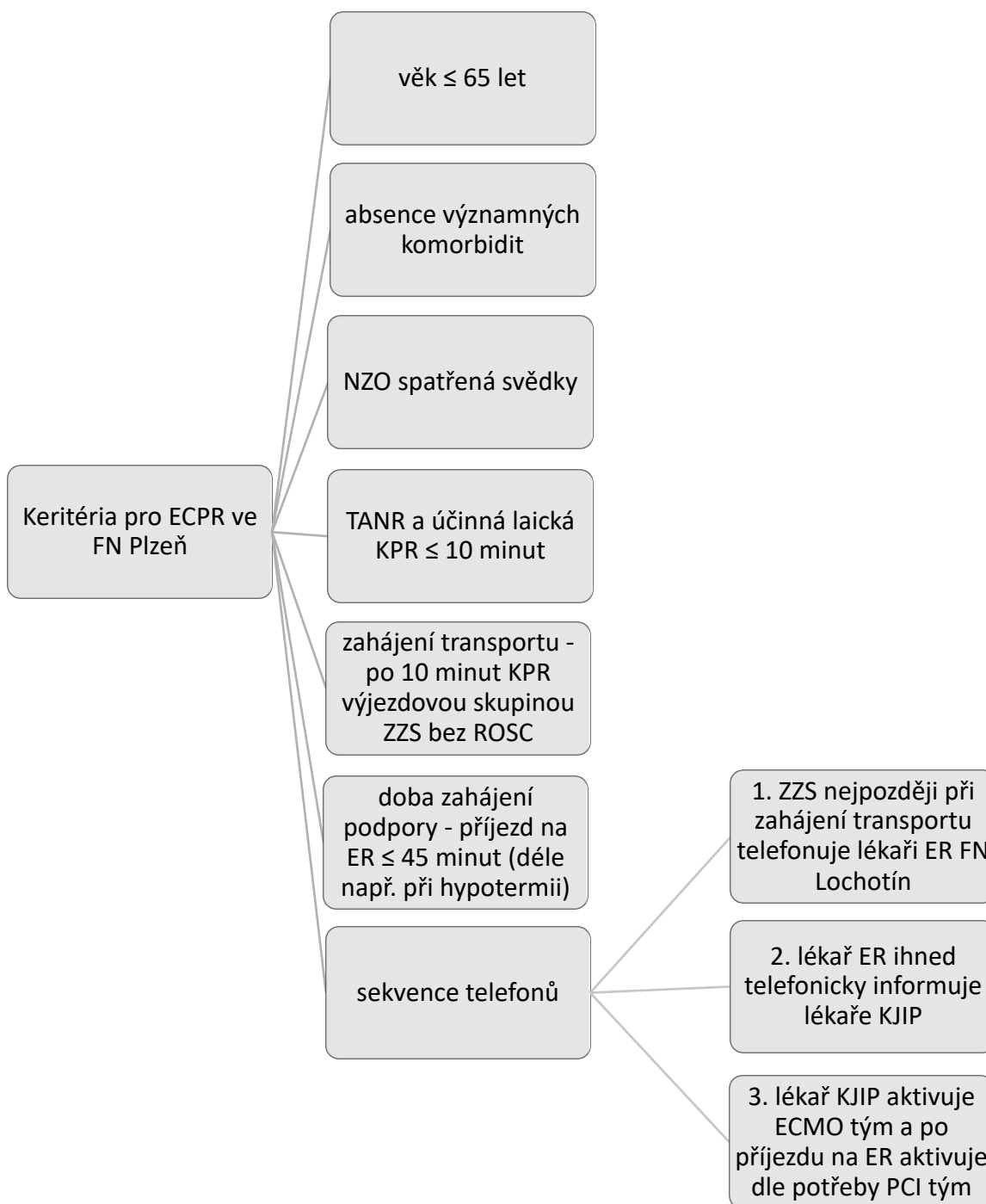
Zdroj: <https://www.resuscitace.cz/ke-stazeni>

## Příloha C – Standardní zapojení VA a VV ECMO, počet stran: 1



Zdroj: <https://cdt.amegroups.com/article/view/18538/19925>

## Příloha D – Kritéria pro ECPR ve FN Plzeň, počet stran: 1



Zdroj: vlastní zpracování, Dokumentace FN Plzeň

**Příloha E – Kritéria vybraných analýz pro zahájení ECPR u pacientů s mimonemocniční NZO, počet stran: 2**

*Tabulka 2: Zařazovací a vylučovací kritéria pro ECPR u vybraných analýz*

<b>Autor analýzy</b>	<b>Kritéria pro zahájení ECPR</b>	<b>Vylučovací kritéria</b>
<b>Sakamoto et al. 2014</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refrakterní NZO</li> <li>- defibrilovatelný rytmus</li> <li>- low-flow time &lt; 45 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- věk &lt; 20 nebo &gt; 75 let</li> <li>- závažné komorbidity</li> <li>- NZO nekardiologické příčiny</li> <li>- hypotermie &lt; 30 °C</li> </ul>
<b>Kim S.J. et al. 2014</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- svědky spatřená NZO</li> <li>- pravděpodobně reverzibilní příčina NZO</li> <li>- předpokládaný krátký low-flow time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- věk &lt; 18 let</li> <li>- přítomnost malignity</li> <li>- závažné komorbidity</li> </ul>
<b>Grunau et al. 2017</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- svědky spatřená NZO</li> <li>- no-flow time &lt; 10 minut</li> <li>- kardiální příčina NZO</li> <li>- intoxikace kardiálními toxiny</li> <li>- hypotermie</li> <li>- dojezd ZZS do centra &lt; 40 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- věk &gt; 65 let</li> <li>- jiné příčiny NZO jako kardiální a hypotermie</li> <li>- závažné komorbidity</li> <li>- přítomnost malignity</li> </ul>
<b>Lamhaut et al. 2017</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refrakterní NZO</li> <li>- defibrilovatelný rytmus</li> <li>- no-flow time &lt; 5 minut</li> <li>- low-flow time &lt; 100 minut</li> <li>- EtCO<sub>2</sub> &gt; 10 mm Hg</li> <li>- intoxikace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- přetrvávající nedefibrilovatelný rytmus</li> <li>- závažné komorbidity</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hypotermie</li> <li>- přechodný ROSC</li> </ul>	
<b>Kuroki et al. 2017</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- svědky spatřená NZO</li> <li>- defibrilovatelný rytmus</li> <li>- NZO kardiální příčiny</li> <li>- čas transportu &lt; 30 minut</li> </ul>	údaje nejsou k dispozici
<b>Mandigers et al. 2019</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- svědky spatřená NZO</li> <li>- refrakterní NZO</li> <li>- no-flow time &lt; 5 minut</li> <li>- low-flow time &lt; 60 minut</li> <li>- EtCO<sub>2</sub> &gt;10 mm Hg</li> </ul>	- věk > 70 let
<b>Pozzi et al. 2016</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refrakterní NZO</li> <li>- no-flow time &lt; 5 minut</li> <li>- low-flow time &lt; 75 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- věk &gt; 55 let</li> <li>- závažné komorbidity</li> <li>- závažné neurologické poškození</li> </ul>
<b>Bellezo et al. 2012</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refrakterní NZO</li> <li>- no-flow time &lt; 10 minut</li> <li>- low-flow time &lt; 60 minut</li> <li>- čas transportu &lt; 10 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- asystolie</li> <li>- sepse</li> <li>- nekontrolovatelné krvácení</li> <li>- závažné neurologické poškození</li> </ul>

*Zdroj: vlastní zpracování, Koen et al. 2020*

## **Příloha F – Kompetence sestry pro klinickou perfuziologii, počet stran: 1**

*Sestra pro klinickou perfuziologii bez odborného dohledu na základě indikace lékaře dle vyhlášky č. 55/2011 Sb., § 67 může vykonávat tyto činnosti:*

- a) řídit mimotělní oběh při operacích na otevřeném srdci, to je sterilně sestavovat okruh pro mimotělní oběh, vybírat vhodný typ oxygenátoru krve a velikosti 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 a během mimotělního oběhu, 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,*
- b) aplikovat krevní deriváty, obsluhovat autotransfuzní systémy*
- c) provádět hemofiltraci a modifikovanou hemofiltraci při mimotělním oběhu, případně hemodiafiltraci*
- d) aplikovat léčivé přípravky do mimotělního oběhu*
- e) v součinnosti s lékařem-operátorem a v souladu s průběhem operačního výkonu aplikovat krevní hyperkalemickou kardioplegii do kořene aorty, případně cíleně do koronárních arterií, pomocí krevního čerpadla,*
- f) technicky zabezpečovat podpůrnou cirkulaci při srdečním selhání nebo podpůrný mimotělní oběh s membránovou oxygenací (ECMO) při selhání srdce a plic,*
- g) obsluhovat systémy podpory selhávajícího oběhu (například kontrapulzace, univentrikulární a biventrikulární mechanické srdeční podpory),*
- h) řídit podpůrný mimotělní oběh a ohřívání při akcidentální hypotermii v rámci resuscitace oběhu*
- i) obsluhovat systémy mimotělního oběhu při operačních výkonech a dalších léčebných úkonech, které mimotělní oběh vyžadují,*
- j) technicky zabezpečovat izolovanou hypertermickou perfuzi končetin cytostatiky.*



## Příloha G – Souhlas se sběrem dat ve FN Plzeň, počet stran: 1



Vážená paní

Miroslava Boháčová

Studentka oboru Zdravotnický záchranář

Fakulta zdravotnických studií-Katedra záchranářství, diagnostických oborů a veřejného zdravotnictví  
Západočeská univerzita v Plzni

### **Povolení k získávání informací ve FN Plzeň**

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetřovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se získáváním informací o léčebných metodách / ošetřovatelských postupech pacientů *Kardiologické kliniky (KARD) FN Plzeň*. Informace můžete získávat pouze v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „*Péče o pacienty po KPR v přednemocniční péči vyžadující napojení na ECMO na urgentním příjmu*“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní sestra KARD souhlasí s Vaším postupem.
- Osobně povedete svoje šetření.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. **Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372/2011 Sb.,** o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, v platném znění.
- Údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, které budou uvedeny ve Vaší práci, musí být zcela anonymizovány.
- ***Anonymizované informace pro Vaši bakalářskou práci budete získávat v době své, školou schválené, odborné praxe a pod přímým vedením pana doc. MUDr. Milana Hromádky, Ph.D., zástupce přednosty KARD FN Plzeň.***

Po zpracování Vámi zjištěných údajů **poskytnete Útvaru náměstkyně pro ošetřovatelskou péči FN Plzeň** závěry Vašeho šetření na níže uvedený e-mail, nejpozději k datu vaší obhajoby a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků FN Plzeň s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí či pokud by spolupráci s Vámi zaměstnanci pocítovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

Mgr. Bc. Světluše Chabrová  
manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP  
zástupkyně náměstkyně pro oš. péči

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň  
tel. 377 103 204, 377 402 207  
e-mail: [chabrovas@fnplzen.cz](mailto:chabrovas@fnplzen.cz)

12. 11. 2020