

ECMO

Extrakorporální membránová oxygenace

Kniha vyšla za laskavé podpory společností:



Doc. MUDr. Petr Ošťádal, Ph.D.
Doc. MUDr. Jan Bělohlávek, Ph.D.
Doc. MUDr. Martin Balík, Ph.D., EDIC
MUDr. Hynek Říha, Ph.D., MHA

ECMO

Extrakorporální membránová oxygenace

Manuál pro použití u dospělých

2. AKTUALIZOVANÉ VYDÁNÍ

Petr Ošťádal, Jan Bělohlávek, Martin Balík, Hynek Říha:
ECMO – extrakorporální membránová oxygenace, 2. aktualizované vydání

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

Autoři i nakladatel vynaložili velkou péči a úsilí, aby všechny informace v knize obsažené týkající se dávkování léků a forem jejich aplikace odpovídaly stavu vědy v okamžiku vydání. Nakladatel však za údaje o použití léků, zejména o jejich indikacích, kontraindikacích, dávkování a aplikačních formách, nenese žádnou odpovědnost, a vylučuje proto jakékoli přímé či nepřímé nároky na úhradu eventuálních škod, které by v souvislosti s aplikací uvedených léků vznikly. Každý uživatel je povinen důsledně se řídit informacemi výrobců léčiv, zejména informací přiloženou ke každému balení léku, který chce aplikovat.

Ochranné obchodní známky (chráněné názvy) léků ani dalších výrobků nejsou v knize zvlášť zdůrazňovány. Z absence označení ochranné známky proto nelze vyvozovat, že v konkrétním případě jde o název nechráněný.

Toto dílo, včetně všech svých částí, je zákonem chráněno. Každé jeho užití mimo úzké hranice zákona je nepřipustné a je trestné. To se týká zejména reprodukování či rozšiřování jakýmkoli způsobem (včetně mechanického, fotografického či elektronického), ale také ukládání v elektronické formě pro účely rešeršní i jiné. K jakémukoli využití díla je proto nutný písemný souhlas nakladatele, který také stanoví přesné podmínky využití díla. Písemný souhlas je nutný i pro případy, ve kterých může být udělen bezplatně.

Podpořeno MZ ČR – RVO (NNH, 00023884) IG150501 a z programového projektu Ministerstva zdravotnictví ČR s reg. č. 15-27994A.

Použité fotografie jsou z archivu ECMO týmu VFN a koronární jednotky NNH.

© Petr Ošťádal, Jan Bělohlávek, 2013, 2018

© Maxdorf, 2013, 2018

Illustrations © Maxdorf, 2013, 2018

Cover layout © Jan Hugo, 2013

Cover image © Skypixel / Dreamstime.com, © iStockphoto.com / Eraxion, © iStockphoto.com / wildpixel; Maxdorf / Jaroslav Nachtigall (bottom image)

Vydal Maxdorf s. r. o., nakladatelství odborné literatury, Na Šejdru 247/6a, 142 00 Praha 4
e-mail: info@maxdorf.cz, internet: www.maxdorf.cz

Jessenius® je chráněná značka [No. 267113] označující publikace určené odborné zdravotnické veřejnosti

Sazba: **Denisa Honzalová**

Layout obálky: **MUDr. Jan Hugo**

Ilustrace: **Ing. Jaroslav Nachtigall, Ph.D.**

Tisk: **Decibel production s.r.o.**

Printed in the Czech Republic

ISBN 978-80-7345-591-0

AUTOŘI

- **Doc. MUDr. Petr Ošťádal, Ph.D.**, Komplexní kardiovaskulární centrum, kardiologické oddělení, Nemocnice Na Homolce, Praha
- **Doc. MUDr. Jan Bělohávek, Ph.D.**, Komplexní kardiovaskulární centrum VFN, 2. interní klinika kardiologie a angiologie VFN a 1. LF UK v Praze

SPOLUAUTOŘI

- **Doc. MUDr. Martin Balík, Ph.D., EDIC**, Komplexní kardiovaskulární centrum, Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny VFN a 1. LF UK v Praze
- **MUDr. Hynek Říha, Ph.D., MHA**, Klinika anesteziologie a resuscitace, Kardiocentrum IKEM, Praha

RECENZENT 1. VYDÁNÍ

- **Prof. MUDr. Vladimír Lonský, Ph.D.**, Kardiochirurgická klinika LF UP a FN Olomouc



Sdružení pacientů po srdeční zástavě a po nutnosti orgánové podpory
www.znovudozivota.cz

*Tuto knížku věnujeme
našim pacientům a jejich rodinám.
Pacientům, kteří přežili, i těm,
kteří to štěstí neměli...*



*Anička, 4 roky. Několik dní po odpojení ECMO.
Zveřejněno se souhlasem rodičů.*

PODĚKOVÁNÍ

Naše poděkování patří především kolegům, kteří se s námi podílejí na ECMO programech. Péče o pacienta na ECMO je vždy týmová, vyžaduje spolupráci, respekt, pokoru, ale hlavně schopnost nenechat se odradit neúspěchem. ECMO je léčebná metoda, která dává pacientům i nám naději, že zdánlivě neřešitelný stav může být překlenut, bohužel zdaleka ne vždy...

Děkujeme také našim rodinám, že chápou, proč to děláme.

PO, JB, MB, HŘ

FOREWORD TO FIRST EDITION



Extracorporeal life support or ECMO is the use of mechanical devices to replace heart and/or lung function for days or weeks, leading to recovery or replacement of the failing organ. Although this technology has been in practice for more than 30 years, recent advances in the technology have led to very rapid growth and application in the last decade. ECMO has been the standard treatment for respiratory failure in newborn infants and children for many years. Recently this technology has been applied to adult respiratory and cardiac failure throughout the world.

The Czech ECMO manual is the essential guidebook for all the caregivers on the ECMO team. All the important topics are covered, from the basic physiology to the practical details of bedside management. Many of the caregivers will be most comfortable in Czech, which is why this manual will be vital for the ECMO teams in the Czech Republic.

All the Czech ECMOlogists are welcomed to ELSO and the worldwide ECMO community.

*Robert H Bartlett, MD
Professor of Surgery, Emeritus
University of Michigan, USA*

PŘEDMLUVA

V klinické medicíně se bohužel setkáváme a vždy se budeme setkávat s kritickými, život ohrožujícími stavy, které jsou neřešitelné s použitím standardních léčebných postupů. Kritický stav je totiž sledem do značné míry nezadržitelných událostí, systémovou reakcí, která vede k destabilizaci fyziologické rovnováhy a rozvoji orgánových dysfunkcí a selhání. Často jedinou možností je se s touto skutečností smířit. Nicméně je přirozené, že se hledají způsoby, jak kritický stav překlenout, jak umožnit reparaci poškozených orgánových funkcí, a to mnohdy pomocí postupů, které dosud nejsou běžně používané. Tato druhá cesta je motorem rozvoje současné medicíny a je také zodpovědná za obrovský rozvoj medicíny v posledních letech.

Typickým příkladem odmítnutí spokojit se pouze s běžnými léčebnými postupy bylo zavedení metody extrakorporální membránové oxygenace (ECMO). K usnadnění rozvoje této techniky jistě pomohlo, že je určená pro nemocné s těžkým poškozením srdce nebo plic, u nichž pravděpodobnost úmrtí dosahuje často 100 %, a je tedy dramaticky snížené riziko, že použitím této metody pacienta poškodíme. ECMO je však technicky relativně náročná metoda a její použití znamená vždy nutnost řešit celou řadu specifických problematických situací, se kterými se jinak v intenzivní, kardiologické, kardiochirurgické nebo anesteziologické péči nesetkáváme.

Na našich pracovištích v Nemocnici Na Homolce, ve Všeobecné fakultní nemocnici a v Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze se této problematice intenzivně věnujeme od roku 2007 a v současné době máme zkušenosti se stovkami pacientů, léčených pomocí ECMO. V průběhu zavádění této metody do naší běžné klinické praxe jsme řešili řadu nejen klinických, ale i technických a organizačních

nástrah, které jsou s touto metodou spojené. Právě snaha podělit se o tyto zkušenosti byla motivací k napsání této knížky. Cílem bylo vytvořit stručný manuál pro použití ECMO u dospělých nemocných a stručný návod na řešení nejčastějších problémů, s nimiž se při léčbě touto metodou setkáváme. Nyní máte v ruce již druhé vydání ECMO manuálu, které je oproti prvnímu vydání z roku 2013 doplněné o novinky a změny v technice a strategiích léčby, ke kterým došlo v průběhu posledních pěti let.

Věříme, že tato stručná knížka bude sloužit jako zdroj základních informací o ECMO a pomůže v používání této metody těm, kteří se pro její využití rozhodli nebo rozhodnou.

PO, JB, MB, HŘ

(Jsme si plně vědomi, že jsme nemohli popsat a že jsme nepopsali všechna úskalí používání ECMO. V případě zájmu tento nedostatek rádi napravíme individuální konzultací konkrétních problémů: ostadal.petr@gmail.com; jan.belohlavek@vfn.cz.)

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ	8
FOREWORD TO FIRST EDITION	9
PŘEDMLUVA	10
1 ÚVOD	14
2 VENOVENÓZNÍ ECMO	15
2.1 Umístění kanyl	15
2.2 Základní principy	19
3 VENOARTERIÁLNÍ ECMO	22
3.1 Umístění kanyl	27
3.2 Základní principy	34
4 VV ECMO NEBO VA ECMO?	35
5 INDIKACE A KONTRAINDIKACE	36
5.1 VV ECMO: indikace	36
5.2 VV ECMO: patologické procesy vhodné pro zavedení	37
5.3 VV ECMO: kontraindikace	38
5.4 VA ECMO: indikace	39
5.5 VA ECMO: patologické procesy vhodné pro zavedení	42
5.6 VA ECMO: kontraindikace	42
6 OKRUH ECMO	43
6.1 Volba kanyl	46
6.2 Kanylace	47
6.3 Spouštění systému	49
6.4 Základní nastavení po spuštění	49
7 ANTIKOAGULACE	51

8	VEDENÍ LÉČBY ECMO: ZÁKLADNÍ PRAVIDLA	52
8.1	VV ECMO	52
8.2	VA ECMO	53
9	UKONČOVÁNÍ LÉČBY (WEANING) A ODPOJENÍ ECMO	55
9.1	VV ECMO	55
9.2	VA ECMO	56
9.3	Dekanylace	56
10	MONITORACE	58
10.1	Krevní tlak	58
10.2	Krevní plyny	58
10.3	Pulzní oxymetrie	59
10.4	SvO ₂ , laktát	59
10.5	Cerebrální (a periferní) oxymetrie	59
10.6	Srdeční výdej	62
11	KOMPLIKACE	64
11.1	Krvácení	64
11.2	Ischemie	65
11.3	Trombóza okruhu ECMO	68
11.4	Hypoxie mozku a „harlekýnský syndrom“	69
11.5	Distenze nedostatečně vyprazdňované levé komory	72
11.6	Vzduchová embolie	76
11.7	Operační výkon u pacienta na ECMO	76
	LITERATURA	77
	PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81
	MEDAILONKY AUTORŮ	84
	REJSTŘÍK	88

1 ÚVOD

Extrakorporální membránová oxygenace (ECMO) je metoda k mimotělní podpoře života (extracorporeal life support, ECLS). Principem je mimotělní krevní oběh. Pomocí krevní pumpy se nasává žilní krev pacienta a vhání se do oxygenátoru, kde dochází k výměně plynů (krev se obohatí o O_2 a odstraní se CO_2) a okysličená krev se vrací zpět do krevního oběhu nemocného.

Vhodnými kandidáty na léčbu pomocí systému ECMO jsou pacienti, kteří mají:

- respirační selhání s hypoxemií/hyperkapnií i navzdory maximální konvenční ventilační podpoře
- ventilátorem indukované plicní poškození
- ke konvenční léčbě refrakterní nebo progredující kardio-
gení šok
- kombinaci respiračního a kardiálního selhání refrakterního ke konvenční léčbě
- srdeční zástavu refrakterní ke standardním resuscitačním technikám

Výběr vhodného typu ECMO závisí především na celkovém hemodynamickém stavu. Venovenózní (VV) ECMO se používá při izolovaném poškození plic s uspokojivou funkcí levé i pravé srdeční komory, zatímco venoarteriální (VA) ECMO se zavádí při kombinovaném postižení srdce a plic nebo při izolovaném postižení srdce. Spíše výjimečně se ECMO využívá i u šokových stavů jiné než kardiální etiologie, např. při septickém šoku.

V této publikaci se dále věnujeme ECMO se středním nebo vysokým průtokem a extrakorporální krevní pumpou. Nezabýváme se tedy nízkoprůtokovými podpůrnými systémy (pumpless extracorporeal lung assist – pELA, low-flow ECMO, eCCO₂R – extracorporeal CO₂ removal), nejčastěji využívanými především ke korekci hyperkapnie.

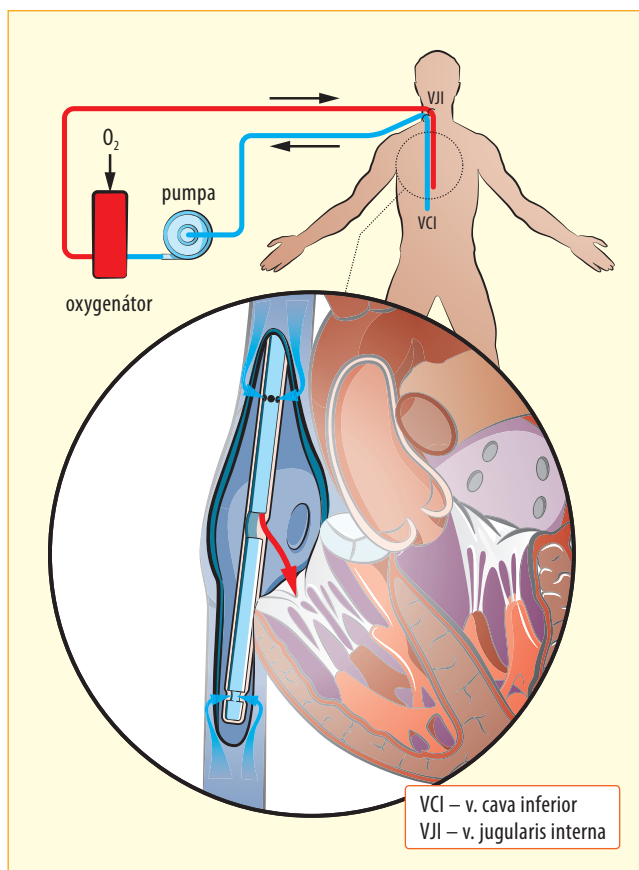
2 VENOVENÓZNÍ ECMO

VV ECMO využívá nasávání žilní krve z horní a/nebo dolní duté žíly, po výměně plynů v oxygenátoru se krev vrací do pravé síně. Používá se při těžkém poškození plic se zachovanou výkonností srdeční pumpy. VV ECMO částečně nebo úplně nahrazuje výměnu plynů v plicích – okysličení a odstranění CO_2 – a umožňuje tak redukci ventilační podpory se snížením nebezpečí ventilátorem indukovaného poškození plic. Cílem zavedení VV ECMO je zpravidla překlenutí kritického období do zotavení, výjimečně pak umožnění plicní transplantace.

Klinické indikace pro VV ECMO zahrnují především pacienty s konvenční ventilací nezvladatelnými formami ARDS (acute respiratory distress syndrome), typicky při bakteriálních nebo virových pneumoniích (H1N1), při poškození plic inhalačním traumatem, při reperfučním edému, aspiraci apod.

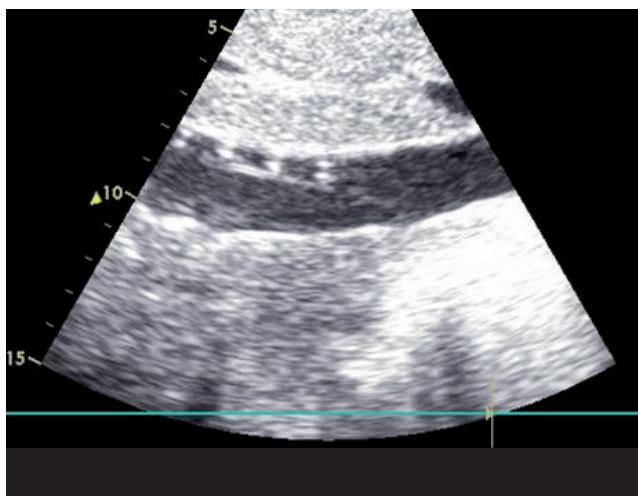
2.1 UMÍSTĚNÍ KANYL

Ke kanylaci můžeme použít samostatné nasávací (inflow) a výpustní (outflow) kanyly, nebo lze využít kanylu se dvěma lumen, jedním pro nasávání žilní krve a druhým pro vypouštění okysličené krve; tato „double-lumen“ kanyla se zavádí zpravidla do v. jugularis interna vpravo (obr. 2.1). Samostatnou nasávací (inflow) kanylu zavádíme nejčastěji do v. femoralis a její konec umístíme do dolní duté žíly těsně pod ústí do pravé síně. Výpustní (outflow) kanylu zavádíme nejčastěji do v. jugularis interna dx. s koncem umístěným v horní duté žíle nebo v pravé síni (obr. 2.2, 2.3). Kontrolu polohy kanylu provádíme sonograficky (transtorakálně, subxifoidálním přístupem nebo transezofageální echokardiografií – obr. 2.4), event. skiagraficky. Při použití dvou samostatných kanyl je zásadní odstup mezi konci kanyl cca 4–6 cm pro omezení



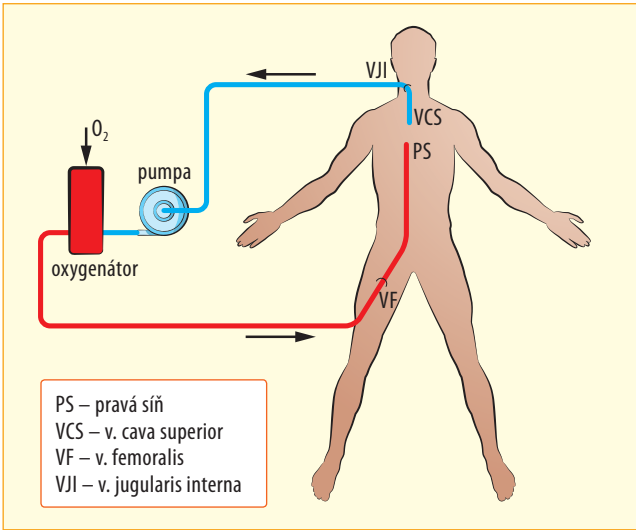
Obr. 2.1 VV ECMO, jugulární double lumen kanyla

recirkulace okysličené krve a poloha nasávací kanyly nad úrovní suprahepatických žil u Eustachovy chlopně pro zajištění dostatečného průtoku krve. Při použití double lumen kanyly je nutné umístit nasávání z dolní i horní duté žíly tak, aby současně vyústění směřovalo proti trikuspidální chlopní v pravé síni. Pro umístění kanyl se však nabízí i řada alternativ: jsou pracoviště, která využívají primárně zavedení in-flow kanyly do v. jugularis a outflow kanyly do v. femoralis



Obr. 2.4 Ultrazvuková kontrola polohy žilní (inflow) kanyly v průběhu dolní duté žíly

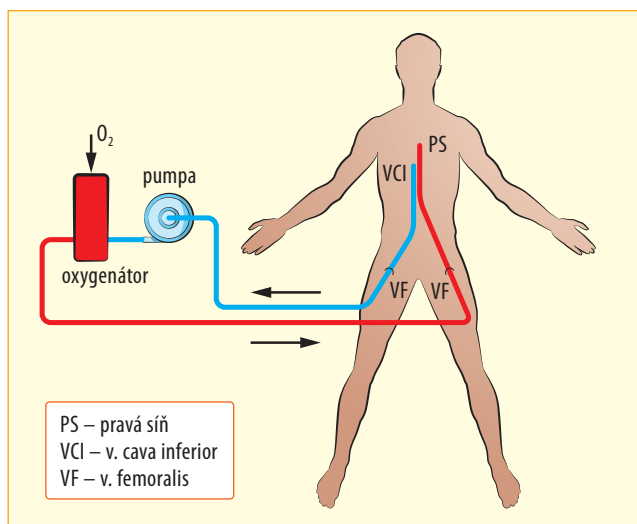
(obr. 2.5); lze zavést i obě kanyly do dolní duté žíly cestou v. femoralis dx. a v. femoralis sin., přičemž konec outflow kanyly dosahuje dále – až k pravé síni (obr. 2.6). Při nedostatečném nasávání jednou kanylou lze zavést druhou inflow kanylu, např. je-li první inflow kanyla zavedena do v. femoralis, lze druhou zavést do v. jugularis a spojit obě do nasávací části okruhu ECMO pomocí Y-spojky (obr. 2.7). Ultrazvuk je využitelný nejen pro bezpečnost kanylace, ale i pro vyšetření kanylovaných cév. Adekvátní oxygenace závisí na poměru krevního průtoku ECMO vůči cirkulujícímu srdečnímu výdeji (viz níže), který může být v případě respiračního selhání vysoký zvl. u pacientů s vyšším body mass indexem (BMI). Proto zde v závislosti na rozměru kanylovaných cév volíme maximální bezpečný kalibr žilních kanyl.



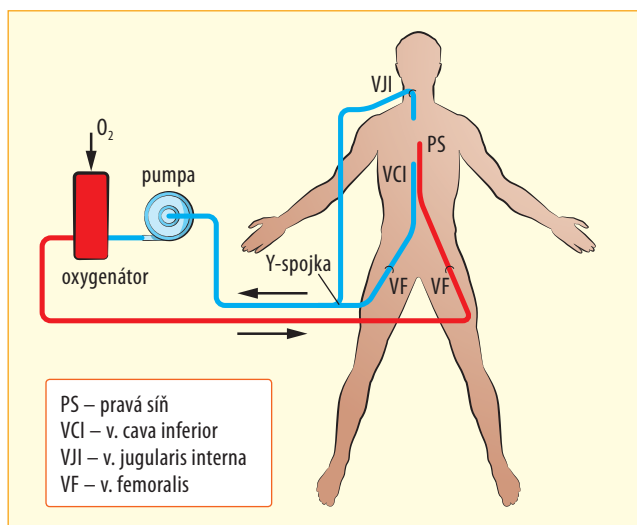
Obr. 2.5 VV ECMO, jugulo-femorální

2.2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY

VV ECMO je při krevních průtocích nad 700–1000 ml/min účinnější v odstraňování CO₂, než v oxygenaci. Množství odstraněného CO₂ pomocí ECMO závisí především na poměru extrakorporálního průtoku krve a vlastního srdečního výdeje pacienta, ale také na průtoku plynů v oxygenátoru. Při extrakorporálním průtoku krve na úrovni 2/3 srdečního výdeje a průtoku plynů standardním polymethylpentenovým oxygenátorem 2× větším než je průtok krve můžeme dosáhnout téměř úplného odstranění pacientem produkováného CO₂. Oxygenace závisí jednak na poměru extrakorporálního krevního průtoku k srdečnímu výdeji pacienta, jednak na rychlosti průtoku plynů v oxygenátoru a na koncentraci O₂ v této směsi. Izolovaného zlepšení oxygenace můžeme dosáhnout zvýšením koncentrace O₂ ve směsi plynů protékajících oxygenátorem; zlepšení oxygenace lze dosáhnout také zvýšením extrakorporálního krevního průtoku nebo zvýšením průtoku



Obr. 2.6 VV ECMO, femoro-femorální



Obr. 2.7 VV ECMO, femoro-jugulo-femorální

plynů, ale je třeba si uvědomit, že tyto kroky povedou také k většímu odstraňování CO_2 . Pokud se při zvýšení průtoku ECMO nezlepšuje oxygenace arteriální krve, dochází pravděpodobně k recirkulaci krve mezi inflow a outflow kanylou a je třeba upravit jejich umístění (viz výše). Poměr průtoku krve v extrakorporálním okruhu a vlastního srdečního výdeje pacienta lze pro zlepšení oxygenace korigovat i farmakologickým snížením srdečního výdeje pacienta, např. titrovatelným betablokátozem, pokud to samozřejmě hemodynamický stav dovolí.