

Extrakorporálna membránová oxygenácia

Teodor Bachleda

Úvod

Napriek pokrokom v intenzívnej medicíne v posledných dvoch desaťročiach, stále máme na resuscitačných oddeleniach dosť veľa pacientov, ktorí často napriek odlišným diagnózam vyžadujúcim hospitalizáciu, končia uniformne pod obrazom ARDS (akútneho respiračného distress syndrómu). Z dôvodu prolongovanej umelej pľúcnej ventilácie a protrahovaného odvykania od ventilátora (víningu) sa pri ťažkých formách mortalita takýchto pacientov v literatúre udáva až do 60 %. Takíto pacienti sú často aj po prepustení psychicky a emočne poznačení dlhodobou hospitalizáciou a po fyzickej stránke rekurentnými ochoreniami respiračného systému, muskuloskeletálneho aparátu a nezriedka polyneuropatiou. Bez intenzívnej fyzioterapie a rehabilitačných procedúr je zaradenie do bežného života často nemožné.

Konvenčná liečba týchto pacientov zahŕňa umelú ventiláciu pozitívnym pretlakom, pri ktorej sa aj napriek dnes už známemu a všeobecne uznávanému konceptu protektívnej ventilácie, v snahe zvrátiť ťažkú hypoxémiu, nie vždy podarí vyhnúť vysokému tlaku v dýchacích cestách a vysokej koncentrácii kyslíka. Kombinácia barotraumy, volumotraumy, biotraumy a toxického efektu vysokej koncentrácie kyslíka exacerbuje primárne ochorenie.

Dnes už dobre známou a v odbornej literatúre aj dostatočne popísanou, i keď mimo veľkých centier nie všeobecne rozšírenou alternatívou, je použitie extrakorporálnej membránovej oxygenácie (ECMO). Táto metóda využíva na výmenu plynov centrifugálnu pumpu zapojenú v sérii s oxygenátorom na princípe mimotelového obehu, čo umožní pacientovi aj ošetrujúcemu tímu získať čas na liečbu, zotavenie, príp. premostenie kritického obdobia do realizácie definitívneho terapeutického postupu (napr. transplantácie) – tzv. bridging.

Vo svojej veno-artériovej forme vracia pumpa mimotelového obehu krv do artériového systému. Takýmto spôsobom je v prípade potreby okrem respiračnej podpory zároveň zabezpečená hemodynamická mechanická podpora srdca. Implantácia je veľmi rýchla a spomedzi ľavokomorových mechanických podporných systémov dokáže ECMO zabezpečiť najväčšie navýšenie srdcového výdaja (vyššie 4,5 l/min). Okrem toho môže zabezpečovať biventrikulárnu podporu vrátane náhrady respiračnej funkcie. Okrem už spomínanej výhody biventrikulárnej a respiračnej podpory a času na zotavenie, resp. bridging do realizácie definitívnej terapie, ponúka ECMO niekoľko ďalších výhod. Zavedenie kanýl do periférnych ciev je jednoduché a rýchle bez nutnosti sternotómie. ECMO kanyly je možné zaviesť aj pacientom počas, resp. po úspešnom ukončení kardiopulmonálnej resuscitácie (CPR). Náklady na liečbu ECMO sú výrazne nižšie než náklady na liečbu inými systémami mechanickej srdcovej podpory (napr. ventricular assist device – VAD).

História a vývoj ECMO

Začiatky ECMO siahajú do 60-tych rokov minulého storočia. V roku 1968 skonštruoval Kobolow prvý membránový oxygenátor pre účely prolongovanej extrakorporálnej cirkulácie. Klinické využitie ECMO prvýkrát publikoval Hill v roku 1970. Dvadsaťštyri ročný účastník motocyklovej nehody hospitalizovaný s polytraumou bol Hillovým tímom 75 hodín úspešne liečený pomocou ECMO, predtým než bol úspešne odpojený s dobrým výsledkom následného víningu. V roku 1976 popísal Bartlett prvý raz úspešné použitie ECMO u novorodenca. V najväčšej retrospektívnej štúdii týkajúcej sa použitia ECMO, Barlett v priebehu 15 rokov úspešne zadokumentoval použitie ECMO aj u pacientov s ťažkou formou ARDS. Počas nasledujúcich dekád bolo vyvinutých a popísaných niekoľko ďalších prístrojov na extrakorporálnu výmenu plynov, ale ani jeden sa výraznejšie nepresadil v liečebných protokoloch a nezískal si uznanie a akceptáciu odbornej verejnosti. Mortalita v uvedených štúdiách sa pohybovala okolo 50 %.

Z novších štúdií, popisujúcich ECMO, patria medzi najvýznamnejšie britská multicentrická štúdia CESAR (Peek et al.), porovnávajúca konvenčnú ventilačnú podporu verzus ECMO pri liečbe pacientov s ťažkým ARDS v priebehu piatich rokov. Povzbudzujúce výsledky favorizujú ECMO ako metódu voľby u dospelých pacientov s ťažkým potenciálne reverzibilným respiračným zlyhaním (pri Murrayovom skóre > 3,0 alebo pri pH krvných plynov < 7,2). Z pacientov liečených pomocou ECMO bolo 6-mesačné prežitie u 63 %, kým v skupine konvenčne ventilovaných pacientov prežilo len 47 %.

Ďalšou významnou štúdiou, ktorá pred niekoľkými rokmi ukázala nové možnosti využitia ECMO, bola austrálsko-novozélandská štúdia (Davies et al.) počas vypuknutia pandémie chrípky typu H₁N₁. Tretina pacientov s ťažkou formou chrípky bola liečená pomocou ECMO s mortalitou 21 %.

Od 60-tych rokov minulého storočia bola celkovo podľa údajov ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) použitá ECMO liečba vo vyše 170 centrách na celom svete u viac ako 35 000 pacientov s refraktérnym kardiogénnym šokom alebo respiračným zlyhaním.

Súčasný ECMO prístroje sú oproti starším generáciám výrazne zdokonalené. Ich ovládanie je značne jednoduchšie, vyžadujú nižšie dávkovanie antikoagulácie a výskyt krvácaných epizód je oveľa zriedkavejší. Medzi základné časti ECMO patria: centrifugálna alebo rotačná pumpa (tzv. hlava) s membránovým oxygenátorom z dutého vlákna, zmiešavač kyslíka, výmenník tepla (ohrievač) a riadiaca konzola. Princíp, resp. funkcia ECMO závisí aj od spôsobu jeho implantácie. V zásade rozlišujeme dva základné typy prístrojov: veno-venózne ECMO a veno-arteriálne ECMO. Tretí typ, artério-venózne ECMO, má dnes už veľmi limitované použitie.

Princíp, rozdelenie a spôsoby kanylácie

Veno-venózne ECMO (bez možnosti mechanickej podpory srdca)

Ako sme už spomenuli vyššie, ECMO je vo svojej podstate druh mimotelového obehu, v ktorom sa priamo oxygenuje krv a odoberá z tela pacienta oxid uhličitý. Typický spôsob kanylácie u pacientov s ARDS je zavedenie kanyly do centrálnej vény. Krv je cez túto kanylu nasávaná aktívne mechanickou pumpou do mimotelového obehu, odkiaľ pokračuje ďalej do oxygenátora. Vnútri oxygenátora prechádza krv pozdĺž membrány, ktorá vytvára rozhranie krv-plyn umožňujúce difúziu plynov. Oxygenovaná krv sa podľa potreby môže výmenníkom tepla ohrievať alebo ochladzovať podľa potrieb pacienta predtým, než sa znova vráti do organizmu – typicky znova do centrálnej vény. Tento typ ECMO sa nazýva podľa cievného prístupu, z ktorého je krv odobraná a vrátená do organizmu, veno-venózne ECMO.

Veno-venózna kanylácia môže byť obojstranná alebo jednostranná. Pri obojstrannom prístupe je deoxygenovaná krv v typickom prípade odoberaná drenážnou kanylou zavedenou cez vena femoralis do vena cava inferior. Oxygenovaná krv je naproti tomu vrátená do pravej srdcovej predsene kanylou zavedenou cez vena jugularis interna. Tento prístup môže pri hlbšej kanylácii viesť ku recirkulácii krvi, keď je reinfundovaná krv nasávaná v uzavretom okruhu znova do ECMO prístroja. Recirkulovaná krv sa v tomto prípade nepodieľa na systémovej oxygenácii.

Pri jednostrannej kanylácii sa používajú tzv. bikaválne biluminálne kanyly, ktoré umožňujú jednostrannú kanyláciu vena jugularis interna. Venózna krv je nasávaná jedným lúmenom, ktorý ústi, resp. otvára sa do obidvoch venae cavae – superior aj inferior. Reinfundovaná krv je do organizmu privádzaná druhým lúmenom bočným otvorom kanyly priamo ku trikuspidálnej chlopni. Hlavné výhody jednostranného prístupu sú zamedzenie invazívnej kanylácii femorálnej vény, dokázateľne menšia recirkulácia krvi pri správnom umiestnení kanyly a nižšia morbidita pacientov. Tento typ ECMO má široké využitie ako bridging terapia ťažkých ventilačných stavov na lôžkových resuscitačných oddeleniach.

Veno-arteriálne ECMO (s možnosťou mechanickej podpory srdca)

Alternatívou veno-venózneho ECMO je veno-arteriálne ECMO. V tomto prípade pumpa mimotelového obehu vracia krv do artériového systému. Takýmto spôsobom je v prípade potreby okrem respiračnej podpory zároveň zabezpečená hemodynamická mechanická podpo-

ra srdca. Spôsobov kanylácie je viac, typické sú femoro-femorálny prístup a femoro-subklavikulárny prístup.

Najjednoduchší spôsob zavedenia veno-artériového ECMO je femoro-femorálny. Jeho miesto je z dôvodu relatívne jednoduchej techniky kanylácie najmä pri potrebe zahájenia ECMO v urgentných podmienkach a počas resuscitácie. Venózna kanyla sa zavedie cestou femorálnej vény (ako pri veno-venóznom ECMO) do dolnej dutej žily a artériová kanyla, ktorou sa oxygenovaná krv vracia do organizmu, sa zavedie do aorta descendens cestou arteria femoralis (z priestorových dôvodov optimálne na kontralaterálnej strane). Pri tomto spôsobe kanylácie však môže dochádzať ku neúmerne vyššej cirkulácii v dolnej polovici tela.

Druhý spôsob kanylácie – z hľadiska rizika hyperperfúzie dolnej časti tela určite optimálnejší – je femoro-subklavikulárny prístup. Rozdiel je v mieste artériovej kanylácie. Technika kanylácie je náročnejšia, ale z hľadiska pacienta a prevencie cievnej trombózy určite protektívnejšia. Artériová kanyla sa zavedie chirurgicky do syntetického cievneho graftu našitého end-to-side na arteria subclavia. Po úspešnom odpájaní z ECMO sa cievna protéza jednoduchou ligatúrou uzavrie a ECMO explantuje.

Tretou možnosťou využívanou takmer výlučne intraoperačne je centrálna kanylácia ECMO priamo na veľké srdcové cievy, príp. na pravú predsieň. Pri tomto type sa používajú kanyly na mimotelový obeh.

Arterio-venózne ECMO

Dnes už zriedkavejšou alternatívou ECMO je arterio-venózne ECMO vytvorené za účelom extrakorporálnej eliminácie CO₂. Jeho súčasťou je menšia kanyla, ktorá je síce postačujúca na elimináciu CO₂, na oxygenáciu je však nevhodná. Tvorí ho bezpumpový okruh a hnacou silou je tu vlastný artériový tlak pacienta. Použitie tohoto typu ECMO je u pacientov s ťažkým ARDS značne limitované.

Komponenty ECMO prístroja

Kanylácia pri zavedení ECMO by mala prebiehať optimálne pod transezofageálnou echokardiografickou kontrolou. Po úspešnej kanylácii je čerstvý plyn privádzaný ku membráne oxygenátora, kde dochádza ku výmene plynov – kyslíka a oxidu uhličitého – s extrakorporálnou krvou. *Oxygenátor* je najdôležitejšou súčasťou ECMO. Po skončení éry silikónových a mikroporóznych oxygenátorov z dutých vlákien sa dostávajú dnes do popredia polymetyl-penténové membránové oxygenátory.

Zloženie plynu je definované *zmiešavačom plynov*. Je to zariadenie, v ktorom sa zmiešava vzduch z okolitého prostredia s kyslíkom určeným na oxygenáciu. Frakcia kyslíka sa reguluje priamo na zmiešavači. Eliminácia oxidu uhličitého sa reguluje zmenou množstva prívodu čerstvých plynov do systému. Priamo úmerne s príkonom čerstvých plynov sa zvyšuje množstvo eliminovaného oxidu uhličitého. Cieľová hodnota p_aCO₂ je volená s ohľadom na snahu zabrániť poruchám vnútorného prostredia a acidémii.

Oxygenácia je u veno-venózneho ECMO regulovaná zmenou prietoku krvi cez ECMO okruh, pričom limitujúcim faktorom je veľkosť venóznej kanyly. So zvyšujúcim sa prietokom krvi sa zvyšuje aj percento externe oxygenovaného srdcového výdaja a stúpa hodnota p_aO₂. Prietok krvi sa dá regulovať medzi 1 - 7 l/min. Optimálnym cieľom by mala byť artériová saturácia kyslíkom 88 % a viac.

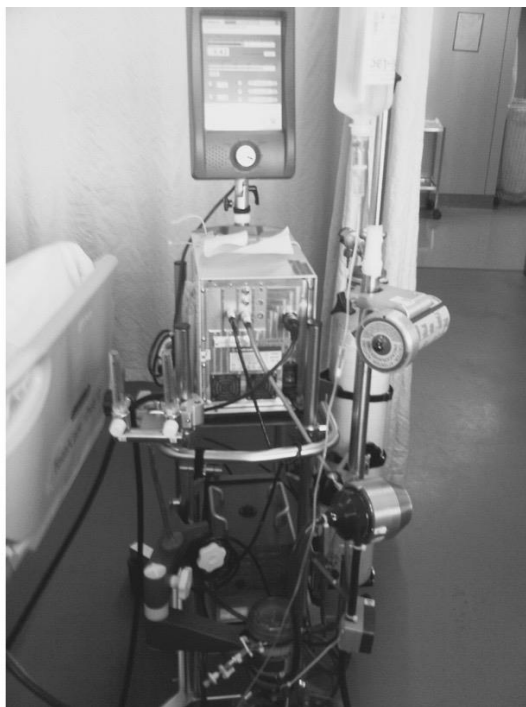
U veno-artériového ECMO, ktoré plní aj úlohu mechanickej podpory srdca sa veľkosť prietoku reguluje v závislosti od srdcovej funkcie, resp. ejekčnej frakcie. Dobrým ukazovateľom perfúzie je hladina laktátu, príp. saturácia hemoglobínu kyslíkom v zmiešanej venóznej krvi.

Stabilná teplota cirkulujúcej krvi je zaistená pripojeným *ohrievačom*. Treba však podotknúť, že ohrievač je síce schopný udržať konštantnú teplotu krvi, v jej aktívnom ohrievaní v porovnaní s konvenčným mimotelovým obehom značne zaostáva.

Prietok krvi sa na ECMO reguluje pomocou *radiacej konzoly*, ktorej hlavnou súčasťou je ovládač otáčok, príp. dotyková obrazovka, ktorými sa priamo reguluje frekvencia otáčok na

pumpe. Tá priamo úmerne zodpovedá prietoku krvi, resp. pri veno-arteriálnom ECMO suplovanému srdcovému výdaju.

Nevyhnutnosťou pri implantácii ECMO je následná antikoagulácia. Podľa stavu pacienta a hematologickej anamnézy sa podáva bolus nefrakcionovaného heparínu spravidla už pri kanylácii. Na monitoring antikoagulácie slúži APTT, príp. ACT (activated clotting time).



Indikácie, kontraindikácie a priebeh liečby s ECMO

Pôvodná myšlienka vynájdenia veno-venózneho ECMO bola podpora u pacientov s ARDS refraktérnych na liečbu konvenčnou umelou pľúcnou ventiláciou, príp. v niektorých osobitných prípadoch aj u pacientov s ťažkou astmou, pľúcnou embóliou alebo pacientov s chronickým pľúcnym ochorením čakajúcich na transplantáciu pľúc. Dopredu však musíme poznamenať, že aj keď existuje niekoľko odporúčaní a usmernení rôznych odborných spoločností, jednotné indikácie na zahájenie liečby pomocou veno-venózneho ECMO prijaté nie sú.

Najkomplexnejšie sú indikácie na zahájenie veno-venózneho ECMO zhrnuté v odporúčaní medzinárodnej odbornej spoločnosti ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), ktoré vychádzajú z výsledkov štúdie CESAR.

Podľa ELSO kritérií by podpora veno-venózneho ECMO mala byť zvážená pri hypoxickom respiračnom zlyhaní, keď je riziko mortality 50% alebo viac identifikovateľné pomocou $p_aO_2/FiO_2 < 150$ mmHg pri $FiO_2 > 0,9$ a/alebo Murrayovom skóre 2 - 3. Podpora ECMO je indikovaná, ak riziko mortality presahuje 80 % pri $p_aO_2/FiO_2 < 80$ mmHg pri $FiO_2 > 0,9$ a/alebo Murrayovom skóre 3 - 4. U tejto skupiny pacientov neboli definované žiadne absolútne kontraindikácie, stav každého pacienta by mal byť individuálne zvážený. Umelá pľúcna ventilácia pre ťažké ARDS presahujúca 7 dní, ťažké imunosupresívne stavy a čerstvé krvácania do CNS majú podľa ELSO odporúčaní napriek použitiu ECMO zlú prognózu.

V CESAR štúdií boli indikáciami na zahájenie liečby veno-venóznym ECMO ťažká hypoxémia ($p_aO_2/FiO_2 < 80$) pri vyššej hodnote použitého PEEP (spravidla 15 - 20 cmH₂O) minimálne 6 hodín u pacienta s potenciálne reverzibilným respiračným zlyhaním; dekompenzovaná hyperkapnia s acidémiou (pH < 7,2) alebo excesívne end-inspiračné (plateau) tlaky v dýchacích cestách ($P_{plat} > 35 - 45$ cmH₂O). Relatívnymi kontraindikáciami použitia ECMO

sú ventilácia vysokým inspiračným tlakom ($P_{\text{plat}} > 30 \text{ cmH}_2\text{O}$), príp. $\text{FiO}_2 > 0,8$) trvajúca dlhšie ako 7 dní, zlý cievny prístup a prítomnosť orgánovej dysfunkcie, ktorá by mohla ohroziť odpájanie z ECMO, napr. ireverzibilné poškodenie mozgu alebo metastatické zhubné ochorenie. Absolútnou kontraindikáciou ECMO je stav vylučujúci použitie antikoagulačnej liečby.

Oveľa prísnejšie kritériá boli prijaté pri vypuknutí epidémie H_1N_1 na jar v roku 2009 austrálskym odborom zdravotníctva. Zváženie zahájenia terapie veno-venóznym ECMO je odporúčané okamžite u pacientov s ťažkým priebehom chrípky pri $p_{\text{aO}_2}/\text{FiO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ alebo hyperkapnii $p_{\text{aCO}_2} > 100 \text{ mmHg}$ s $p_{\text{aO}_2}/\text{FiO}_2 < 100$.⁵ Kontraindikáciami liečby pomocou ECMO sú jednoznačne preexistujúce komorbidity, ako ireverzibilné neurologické ochorenia, cirhóza s ascitom, encefalopatia, krvácanie z ezofageálnych varixov v anamnéze, aktívne alebo rapídne postupujúce fatálne zhubné ochorenie, HIV infekcia, hmotnosť nad 120 kg, pľúcna hypertenzia a zastavenie obehu.

Francúzska organizácia pre výskum umelej pľúcnej ventilácie (REVA) odporúča zahájenie veno-venóznej ECMO terapie v prípade perzistujúcej a refraktérnej hypoxémie definovanej ako: $p_{\text{aO}_2}/\text{FiO}_2 < 50 \text{ mmHg}$ aj napriek vysokému PEEP (10 - 20 cmH_2O) a frakcii kyslíka ($\text{FiO}_2 > 0,8$) pri $P_{\text{plat}} > 35 \text{ cmH}_2\text{O}$ po predchádzajúcej redukcii dychového objemu (V_T) na 4 ml/kg. Kontraindikáciami zahájenia terapie ECMO boli pre túto odbornú spoločnosť ťažké komorbidity a multiorgánové zlyhanie (SOFA skóre > 15).

Použitie veno-artériového ECMO je typické pre postkardiotomické stavy so zníženým srdcovým výdajom (low output syndrom, myocardial stunning), problémoch s odpájaním z protrahovaného mimotelového obehu, príp. ako rescue terapia po resuscitáciách a pri kardiogénnom šoku. Rozhodnutie a indikácia implantácie veno-artériového ECMO zostáva však stále viac-menej „eminence based“ než „evidence based“ na subjektívnom zhodnotení a uvážení lekára.

Hlavnými a všeobecne akceptovanými *indikáciami zavedenia* veno-artériového ECMO sú:

- kardiogénny šok počas odpájania pacienta z mimotelového obehu
- postkardiotomický kardiogénny šok
- kardiogénny šok počas non-kardiochirurgického výkonu
- zlyhanie štepu po transplantácii
- zastavenie obehu v nemocničnom zariadení
- kardiogénny šok po akútnom infarkte myokardu
- masívna pľúcna embólia so šokom
- akútny pľúcny edém
- podporná liečba na operačnej sále a v katetrizačnom laboratóriu
- predávkovanie liekmi
- fulminantná myokarditída
- postpartálna kardiomyopatia.

Použitie veno-artériového ECMO treba zvažovať individuálne. Indikácie sú nepriame, ako napr. progredujúca hladina laktátu intraoperačne a vizuálne potvrdenie poruchy kontraktility myokardu pomocou TEE.

Ako relatívne kontraindikácie zavedenia veno-artériovej ECMO terapie sú uvádzané: nemožnosť antikoagulácie, vyšší vek a obezita, i keď novšie štúdie (vrátane výsledkov autorových osobných klinických štúdií) vek ako rizikový faktor nepotvrdzujú.

Absolútnymi kontraindikáciami sú:

- terminálne ochorenie
- ireverzibilné neurologické postihnutie
- multiorgánové zlyhanie
- chronická orgánová dysfunkcia (cirhóza, zlyhanie obličiek a emfyzém)

- nezotavujúce sa srdce pacienta kontraindikovaného pre implantáciu VAD alebo transplantáciu
- prolongovaná resuscitácia bez adekvátnej perfúzie tkanív (trvajúca dlhšie ako 30 minút)
- zastavenie obehu bez svedkov.

Častou komplikáciou periférne pripojeného ECMO je potenciálna distenzia ľavej komory. Napriek objemovému odľahčeniu pravého srdca môže krv pritekajúca do ľavej predsieni z bronchiálnej cirkulácie predstavovať značný problém. Okrem toho zvyšuje veno-arteriálne ECMO afterload už predtým oslabeného myokardu ľavej komory. Jej distenzia môže zvyšovať napätie steny komory, kapilárny tlak v zaklivení a pľúcnu kongesciu. Všetky tieto faktory oddiaľujú zotavenie myokardu. Možným riešením daných problémov je zvýšenie prietoku v ECMO, použitie vazodilatátorov na zníženie afterloadu myokardu, nízkodávkovaných inotropík na zvýšenie vývrhu ľavej komory cez aortálnu chlopňu, čo sa prejaví na pulzatilite artériovej krivky alebo zavedenie IABP (intraaortálnej balónovej kontrapulzácie).

Bežnou praxou pri liečbe a odvykaní z ECMO je nasadenie diuretík a kontinuálnej renálnej eliminačnej liečby (CRRT). Keďže sa renálny prietok počas liečby ECMO znižuje, je nevyhnutné monitorovať výdaj moču a renálne parametre. Zahájenie CRRT do 48 hodín po zahájení liečby ECMO signifikantne znižuje nemocničnú mortalitu a zlepšuje dlhodobý výsledný stav pacientov.

Odpájanie z ECMO prebieha po zlepšení pľúcnej, resp. srdcovej funkcie potvrdenej krvnými plynmi, pľúcnou compliance, resp. u srdca v každom prípade echokardiograficky. Umelá pľúcna ventilácia by mala byť nastavená v zmysle protektívnej ventilácie. Prietok na ECMO sa postupne znižuje a pri dobrej tolerancii pacienta počas periódy niekoľkých hodín je možné ECMO explantovať. Kanyly sa len vytiahnu, resp. u subklavikulárneho prístupu zaligujú (pozri vyššie).

Úskalia a komplikácie použitia ECMO

Komplikácie pri použití ECMO sú z rôznych ECMO centier zhromažďované a zadokumentované v databáze ESLO. Medzi najčastejšie komplikácie priamo súvisiace s okruhom ECMO patria: zlyhanie oxygenátora (18 %), krvné zrazeniny či už priamo v oxygenátore (12 %) alebo v okruhu (18 %), problémy súvisiace s kanylou (8 %) či iné mechanické komplikácie (8 %).

Medzi komplikácie nie priamo súvisiace s okruhom ECMO patrí najčastejšie krvácanie, a síce primárne chirurgické krvácanie (19%), krvácanie z miesta kanylácie (17 %), pľúcna hemorágia (8 %), intrakraniálna hemorágia (5 %), hemolýza (7 %), DIC (4 %) a mikrobiologicky potvrdená infekcia (21 %).

Prognóza použitia veno-arteriovej ECMO liečby pri kardiogénom šoku

Loforte et al. študoval 73 pacientov s akútnym kardiogénnym šokom liečených s ECMO. Zo 47 preživších bol u troch implantovaný po fáze bridgingu VAD, u ostatných došlo bez problémov ku explantácii. Celkovo prežilo 45 % pacientov. Rizikové faktory pre nepriaznivý výsledný stav predstavovali vek, kreatínkinázový index a transfúzie erytrocytov.

Liden et al. popísal vo svojej štúdii 42 pacientov (33 kardiochirurgických a 19 nekardiochirurgických). Krátkodobá mortalita bola nižšia u nekardiochirurgických – 63 % verus 45 %. Z hľadiska dlhodobej mortality bol rozdiel ešte značnejší: 63% kardiochirurgických vz. 33 % u nekardiochirurgických.

Chung et al. popisuje v práci 20 pacientov s kardiogénnym šokom po infarkte myokardu, u ktorých bolo implantované ECMO v priebehu alebo tesne po CPR. Zistili, že s predlžujúcou sa resuscitáciou a časom mechanickej podpory klesá ejekčná frakcia a hladina albumínu, stúpajú hladiny kardiospecifických enzýmov a hlavné komplikácie ECMO zároveň predstavujú hlavné rizikové faktory mortality. 14 pacientov v tejto štúdii bolo úspešne odpojených z ECMO a 10 pacientov sa dožilo prepustenia z nemocnice.

Combes et al. sa zamerail v práci na kvalitu života po prepustení u kohorty 81 nechirurgických, kardiokirurgických a transplantovaných pacientov, ktorých spoločným menovateľom bol kardiogénny šok. 34% pacientov sa dožilo prepustenia z nemocnice a u 57 % bola zistená minimálne jedna významnejšia komplikácia ECMO liečby. Ako nezávislé prediktory úmrtnosti na jednotke intenzívnej starostlivosti sa potvrdili zavedenie ECMO počas resuscitácie, diuréza pod 500 ml, aktivita protrombínu nižšia ako 50 % a ženské pohlavie. U myokarditídy sa paradoxne preukázala lepšia prognóza.

Subramian et al. popisuje vo svojej zhrňujúcej práci ešte niekoľko ďalších štúdií zameraných na výsledný stav po liečbe ECMO. Tieto sa však líšia výrazne v metodike aj cieľových parametroch. Celkovo však mortalita pri liečbe len zriedka klesá pod 40 %.

Napriek vysokému podielu publikovaných prác venujúcich sa ECMO problematike (vyše 1000) je podiel serióznych štúdií zaoberajúcich sa veno-artériovým ECMO veľmi malý (cca. 20%) s často už vyššie spomenutou veľmi heterogénnou metodikou a takmer chýbajúcimi prospektívnymi randomizovanými štúdiami. Podľa údajov Cochranovej databázy z roku 2016 zostáva liečba s ECMO ako možná rescue-terapia. Liečba s ECMO sa od roku 2000 na základe dostupných klinických dát a technologického pokroku dramaticky zmenila. Napriek tomu boli za posledných 40 rokov publikované len štyri kontrolované randomizované štúdie, kde sa porovnávala intervencia s ECMO liečbou s konvenčnými liečebnými postupmi. Klinická heterogenita všetkých publikovaných dát znemožňuje zlúčiť údaje pre účel meta-analýzy.

Použitie veno-artériového ECMO ako mechanickej podpory pri kardiogénnom šoku nie je spoľahlivo zadokumentované ani v odporúčaníach ELSO a uvádzanie do praxe je mimo pôvodných cieľov vývinu a konštrukcie ECMO. Napriek tomu sa stáva etablovanou metódou, ktorou sa darí približne polovici pacientov v kardiogénnom šoku zachraňovať život.

Jednou z hlavných zásad pri použití ECMO – ako ultima ratio liečby kardiogénneho šoku, je včasné rozhodnutie a zahájenie ECMO liečby; skôr, než dôjde ku zlyhaniu koncových orgánov a ich nenávratnému poškodeniu. Uvedenie do praxe nových pokročilých technológií (VAD), precízny ECMO manažment s opatrnou antikoaguláciou, adekvátnou kardiálnou dekompresiou a prietokom zodpovedajúcim reálnym potrebám organizmu, pomáha predchádzať typickým krvácajúcim a ischemickým komplikáciám, zlepšovať perfúziu a oxygenáciu orgánov a zvyšovať dlhodobé prežívanie pacientov.

Na záver musíme zdôrazniť, že zahájenie ECMO terapie nie je ani lacná ani jednoduchá záležitosť. Náklady na jedného ECMO pacienta v rôznych štátoch Európy dosahujú desaťtisíce eur. V štúdiu CESAR boli náklady na ECMO pacientov dva razy vyššie ako pri pacientoch s konvenčnou ventiláciou. Okrem toho si liečba a manažment týchto pacientov vyžaduje interdisciplinárnu spoluprácu kardiokirurga, anesteziológa-intenzivistu, perfuzionistu, na niektorých pracoviskách kardiológa a špeciálne vyškolený personál v danej problematike.

Literatúra

1. Brodie D, Bacchetta M. Extracorporeal membrane oxygenation for ARDS in adults. *The New England journal of medicine* 2011;365:1905-1914.
2. Chung SY, Sheu JJ, Lin YJ, et al. Outcome of patients with profound cardiogenic shock after cardiopulmonary resuscitation and prompt extracorporeal membrane oxygenation support. A single-center observational study. *Circulation journal* 2012;76:1385-1392.
3. Combes A, Bacchetta M, Brodie D, Muller T, Pellegrino V. Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure in adults. *Current opinion in critical care* 2012;18:99-104.
4. Combes A, Leprince P, Luyt CE, et al. Outcomes and long-term quality-of-life of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock. *Critical care medicine* 2008;36:1404-1411.
5. Davies A, Jones D, Bailey M, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for 2009 Influenza A(H1N1) Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA* 2009;302:1888-1895.
6. Extracorporeal Life Support Organization. Patient specific guidelines: a supplement to the ELSO general guidelines. 2009; 15-19. Available at: [http://www.else.med.umich.edu/WordForms/ELSO Guidelines General All ECLS Version1.1.pdf](http://www.else.med.umich.edu/WordForms/ELSO%20Guidelines%20General%20All%20ECLS%20Version1.1.pdf), April 2009.

7. Liden H, Wiklund L, Haraldsson A, Berglin E, Hultman J, Dellgren G. Temporary circulatory support with extra corporeal membrane oxygenation in adults with refractory cardiogenic shock. *Scandinavian cardiovascular journal* 2009;43:226-232.
8. Loforte A, Montalto A, Ranocchi F, et al. Peripheral extracorporeal membrane oxygenation system as salvage treatment of patients with refractory cardiogenic shock: preliminary outcome evaluation. *Artificial organs* 2012;36:E53-61.
9. Mao J, Paul S, Sedrakyan A. The evolving use of ECMO: The impact of the CESAR trial. *Int J Surg* 2016;35:95-99.
10. Subramaniam K, Boisen M, Shah PR, Ramesh V, Pete A. Mechanical circulatory support for cardiogenic shock. *Best practice & research. Clinical anaesthesiology* 2012;26:131-146.
11. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009;374:1351-1363.
12. Tramm R, Ilic D, Davies AR, Pellegrino VA, Romero L, Hodgson C. Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;1:CD010381.