

## Az extrakorporális membrán oxigenizáció és a sürgősségi orvoslás

Zöllei Éva, Rudas László

Szegedi Tudományegyetem, Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Intézet, Szeged

### Absztrakt

Az extrakorporális szervtámogató technikákat (összefoglaló néven Extracorporeal Life Support, **ECLS**) évtizedek óta alkalmazzák világszerte súlyos keringési és légzési elégtelenségben szenvedő betegek esetében. Használatuk az elmúlt években jelentősen gyakoribbá vált és indikációs területük is folyamatosan változik és bővül. Összefoglalónkban a felnőttek körében használt különböző módokat, alkalmazási területeket, kanülálási technikákat, valamint a szervezési és etikai problémákat és a jelenlegi ajánlásokat szeretnénk röviden áttekinteni.

### Bevezetés

Az extrakorporális keringés és légzés támogatási technikák fejlesztése az 1930-as évekig nyúlik vissza, John és Mary Gibbon munkásságáig. Az első klinikai alkalmazásra 1953-ban került

sor egy pitvari szeptum defektus sebészi zárása során. Az elkövetkező évtizedekben a technológia, a membrán oxigenátor, a pumpa és a kanülálási technika jelentős fejlődésen és változáson ment át, mely alkalmassá tette arra, hogy már nem csak szívsebészeti beavatkozások során, hanem a műtőkön kívül is használhatóvá vált. Két fő indikációs terület körvonalazódott, a súlyos, refrakter keringési elégtelenség és a súlyos refrakter légzési elégtelenség. Az ECLS az előbbi esetben a szív/keringés és a gázcsere, az utóbbiban csak a légzés támogatására szolgál, ennek megfelelően más az extrakorporális keringés „útja”.

A kanülálás történhet sebészi és perkután (ultrahang és röntgen vezérelt) technikával. Mindkét esetben, attól függően, hogy milyen ECLS modalitást kívánunk használni, megfelelő méretű „kivevő” és „visszaadó” kanüloket helyezünk be. Ezen kanüloket csatlakoztatjuk a membrán tüdőt is tartalmazó extrakorporális keringési

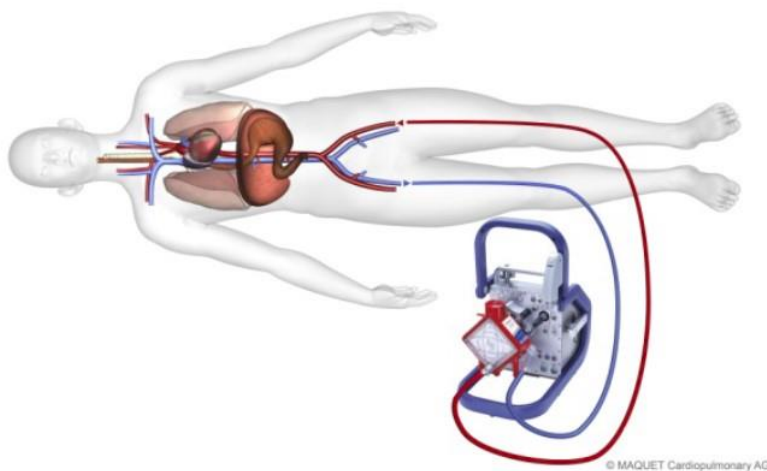
rendszerhez. A véráramlást egy pumpa tartja fenn, és ez biztosít lehetőséget a legfontosabb paraméterek monitorozására is. A használt pumpa típusa egyre gyakrabban nem a hagyományos roller pumpa, hanem az ún. centrifugális pumpák, melyek használata egyszerűbb, és kevesebb szövődmenyt okoznak, főként a kisebb szisztémás gyulladós reakció és a vér alakos elemekre valamint a véralvadásra gyakorolt kisebb hatásuk miatt. A modern membrán tüdők ún. hollowfiber szerkezetűek, anyaguk különböző lehet, a legjobbak a polymetilpenténből készülnek. Mind a membrán, mind az extrakorporális kör és a kanülök lehetnek heparin bevonatúak, így kisebb mértékű szisztémás antikoagulálást kívánnak, ezzel csökkenthető a vérzéses és thrombotikus szövődmenyek száma.

### **A veno-arteriás ECMO**

A veno-arteriás extrakorporális membrán oxigenáció (**vaECMO**) szolgál a szív/keringés támogatására. Ebben a konfigurációban a „kivevő” kanül leggyakrabban valamely nagy vénában (vena cava inferior vagy vena cava superior) helyezkedik el a jobb pitvar

közelében, a „visszaadó” kanül pedig közvetlenül az aortába juttatja az oxigenizált vért. Ilyen módon a vaECMO alkalmas nemcsak az oxigenizáció és széndioxid eltávolítás biztosítására, hanem mechanikus keringéstámogatásra is (1. ábra).

A „kivevő” kanül bevezetési helye leggyakrabban a (többnyire jobb oldali) v. femoralis vagy v. jugularis interna, a „visszaadó” kanulé pedig a bal oldali a. femoralis, de elképzelhető más elrendezés is, főként sebészi esetekben. A vaECMO így jelentősen tehermentesíti a jobb kamrát és a pulmonális keringést, viszont mivel az oxigenizált vér visszaadása az aortába történik, és az áramlás iránya ellentétes a saját véráramlással, növeli a bal kamra utóterhelését. A megfelelő szervtámogatás eléréséhez általában arra van szükség, hogy a pumpa-flow legalább a perctérfogat 80%-a legyen. A cél a 60-65 Hgmm-es artériás középnyomás fenntartása. Azonban mindez azt eredményezheti, hogy amennyiben a bal kamra nem képes a megnövekedett afterloaddal szemben megfelelően ejektálni (végső esetben az aorta billentyű nem nyílik ki, az áramlás nem lesz pulzatis), a pulmonális



1. ábra: Veno-arteriózis extrakorporális membrán oxigenizáció (forrás: Maquet Getinge Group)

valamint a bronchialis keringésen át a bal szívfélbe visszajutó vérmennyiség nem tud továbbhaladni előre. Ennek következménye a bal pitvari nyomás emelkedése, majd pulmonalis oedema vagy vérzés lehet. Ennek megelőzésére gyakori echocardiographiás vizsgálat végzése szükséges, és amennyiben a bal kamra „túltelítődik”, tehermentesíteni kell (Lotz). Ez történhet inotróp szerek adásával, továbbá mechanikus keringéstámogatással (IABP Impella) illetve sebési vagy percután vent behelyezésével.

A vaECMO-val előfordulhat egy másik jelentős probléma, mégpedig akkor, ha bármilyen okból romlik a tüdőn át történő oxigenizáció (pl. tüdő oedema, pneumónia). Ekkor, mivel az aorta proximális szakaszán kompetitív az áramlás a saját keringés és az ECMO áramlás ellentétes iránya miatt, az a helyzet állhat elő, hogy éppen a legfontosabb területek, mint a coronaria és az agyi keringés rosszul oxigenizált vért kapnak, és differenciális cianózis ún. Harlequin szindróma alakul ki. Ekkor előfordulhat, hogy kombinált va-

**vECMO** konfigurációra való áttérés szükséges (Lotz).

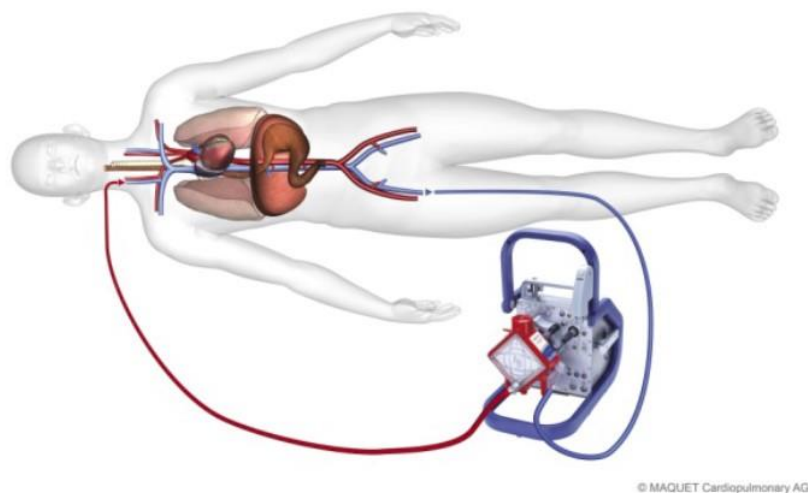
Még egy jelentős szövődmény elkerülése fontos, a „visszaadó” artériás kanült hordozó végtag keringésének fenntartására a legtöbb központban már az induláskor reperfüziós kanült helyeznek be.

A kardiogén shockos betegcsoportban a vaECMO alkalmazásával időt nyerhetünk valamilyen koronária reperfüziós beavatkozás végzésére (bridge-to-intervention) akut koronária szindrómákban; a szívizomfunkció javulásáig (bridge-to-recovery); szükség esetén hatékonyabb és hosszabb távú támogatásra alkalmas keringéstámogató eszköz, Ventricular Assist Device (VAD) beültetéséig (bridge-to-VAD); vagy szívtranszplantáció elvégzéséig (bridge-to-transplant) súlyos nem javuló szívelégtelenség és pulmonális hipertonia eseteiben (Abrams, Lotz, Moiser).

### **A veno-venózus ECMO**

Ennél lényegesen egyszerűbb technika a súlyos refrakter légzési elégtelenségben szenvedő betegcsoportban a veno-

venózus ECMO (**vvECMO**) alkalmazása. Ez attól függően, hogy milyen méretű kanüloket és mekkora extrakorporális véráramlást alkalmazunk, biztosítja vagy az oxigenizációt és a széndioxid eltávolítást is, vagy csak a széndioxid eltávolítást (Extracorporeal CO<sub>2</sub> removal, **ECCO<sub>2</sub>R**). A megfelelő oxigenizáció eléréséhez általában a saját perctérfogat 60-70%-ának megfelelő pumpa flow szükséges, a megfelelő széndioxid eltávolításhoz ennél lényegesen kevesebb, 0,5-1 l véráramlás is elégséges. Mivel az elérhető áramlás a pumpán keresztül főként a kanülok vastagságától függ, fontos ezek méretének gondos kiválasztása. A súlyos hipoxémia megszüntetése életmentő, azonban az extrakorporális széndioxid eltávolításnak is nagy jelentősége lehet a klinikai gyakorlatban. Egyrészt elősegítheti a súlyos és középsúlyos ARDS-ben szenvedő betegek ún. tüdő-protéktív sőt „ultraprotéktív” lélegeztetését a belégzési volumenek akár 4ml/kg-ra (IBW) csökkentésével (Bein, Fanelli, Terragni), másrészt egy másik betegcsoportban, a krónikus tüdőbetegségben szenvedő betegek körében segíthet az invazív gépi



2. ábra: Veno-venózus extrakorporális membrán oxigenizáció (forrás: Maquet Getinge Group)

lélegeztetést elkerülni, vagy idejét jelentősen lerövidíteni, ill a tüdőtranszplantáció idejét kivárni (Abrams).

Az első sikeres vvECMO alkalmazások túlélői már negyvenes éveikben járnak, viszont a beavatkozások száma a 2009-es H1N1 járvány alatt és után növekedett meg jelentősen világszerte. Ez több okra vezethető vissza. Egyrészt ekkor jelentkezett az intenzív osztályokon nagyszámú, fiatal, és gyakran kizárólag súlyos légzési elégtelenségben szenvedő beteg, akiket rendkívül eredményesen

lehetett meggyógyítani ezzel a technikával (Napolitano). Másrészt ebben az időben jelent meg egy nagy multicentrikus randomizált tanulmány eredménye, mely szerint a súlyos hypoxaemiás légzési elégtelenségben szenvedő betegek ECMO centrumban történő ellátása, mely szükség szerint az ECMO alkalmazást is magában foglalta, jelentősen nagyobb, jó életminőséggel való 6 hónapos túlélést eredményezett az optimális hagyományos ellátáshoz képest (Peek). Harmadrészt a technológia az utóbbi években olyan nagymértékű fejlődésen ment át, mely a

szövődmények számát jelentősen csökkentette, és magát a beavatkozást lényegesen egyszerűbbé tette.

A vvECMO esetében két nagy véna (leggyakrabban a véna femoralisok vagy a véna femoralis és a v. jugularis interna) általában perkután kanülálása történik, de lehetséges egy, kétlúmenű kanüllel való megoldás is (Avalon), mely a jobb oldali v. jugularis internán kerül bevezetésre, és a v. cava superiorban és v. cava inferiorban végződő lumenein keresztül történik a vér kivétel, a jobb pitvar magasságában végződő lumenen pedig az oxigenizált vér visszaadása. Két kanül használata esetén fontos, hogy a „visszaadó” kanül a jobb pitvar magasságában végződjön, megfelelő távolságra a „kivevő” kanültól, annak megakadályozására, hogy recirkuláció alakuljon ki, azaz a már oxigenizált vér kerüljön ismét kivételre (2. ábra). Az egy kanülös megoldásnál viszont rendszeresen echocardiographiás ellenőrzéssel kell megbizonyosodni arról, hogy a „visszaadó” áramlás a jobb pitvar felé irányul. A vvECMO elindítását követően a membrántüdő biztosítja az oxigenizációt és a széndioxid eltávolítást, a keringést nem támogatja.

Az oxigenizációt főként a pumpán átáramló véráramlás növelésével, a széndioxid eltávolítást pedig az ún. „sweep gas”, a membrántüdőn átáramló oxigén áramlási sebességének változtatásával tudjuk befolyásolni. A beteg tüdejét teljes vvECMO esetén ún. nyugalmi beállításokkal lélegeztetjük (alacsony FiO<sub>2</sub>, PEEP 10-15 vízcmm, nyomástámogatás 10 vízcmm, légzésszám 10/min), mely súlyos esetben légvételeket alig eredményez, ezzel elősegítve a tüdőfolyamat gyógyulását. Összességében a vvECMO alkalmazásával is időt nyerhetünk a tüdőfolyamat gyógyulásáig (bridge-to-recovery) vagy a tüdőtranszplantáció elvégzéséig (bridge-to-transplantation).

Létezik még egy pumpa nélküli technika a légzéstámogatásra, ez az arterio-venozus ECMO (**avECMO**) vagy **PECLA** (Pumpless Extracorporeal Lung Assist,) mely esetében a vérkivétel egy nagy artériából, a visszaadás pedig egy nagy vénán keresztül történik. Hátránya, hogy hatékonysága elmarad a vvECMO mögött, és az artéria kanülálás miatt nagy az érintett végtag ischaemiájának veszélye.

## Az extrakorporális kardiopulmonális reszuszcitáció

A harmadik egyre gyakoribb és biztató ECLS alkalmazási terület az ún extrakorporális kardiopulmonális reszuszcitáció (**eCPR**). Térhódítását magyarázza, hogy minden erőfeszítésünk ellenére a hagyományos CPR (conventional CPR, cCPR) technikával és a fejlődő post-reszuszcitációs ellátással a hirtelen szívhalál áldozatainak túlélési esélyei továbbra is igen rosszak. Ezt részben magyarázhatja, hogy míg a hatékony cCPR is csak a normál perctérfogat kb 30%-át képes biztosítani, az eCPR alkalmazása a megfelelő coronaria, cerebrális és más szervek perfúziójának biztosításával időt adhat további beavatkozások végzésére ill. a gyógyulásra. Az eCPR megfontolásai, körülményei és eredményei is természetesen eltérőek lehetnek kórházon belüli (Inhospital Cardiac Arrest, IHCA) és kórházon kívüli (Out-of-Hospital Cardiac Arrest, OHCA) szívhalál esetében.

Kontrollált, randomizált vizsgálatok a refrakter szívmeállítás betegcsoportban nem állnak

rendelkezésünkre a vaECMO kezelésre, adataink kisebb-nagyobb obszervációs vizsgálatokból származnak, melyek közül több ún „propensity” analízist használt a hagyományos újraélesztéssel való összehasonlításra. Refrakter szívmeállításnak a vizsgálatokban azt a helyzetet tekintették, ahol a hagyományos CPR mellett 10-30 perc alatt nem tért vissza a spontán keringés, vagy a ROSC-t követő 20 percen belül ismételt szívmeállítás következett be. A cCPR alatt indított vaECMO kezelés gyors döntést és rendkívüli szervezetséget igényel, ezért csak tapasztalt centrumokban működik jól, ahol mind a személyzet, mind az eszközök gyorsan és folyamatosan rendelkezésre állnak. Az eredményesség szempontjából fontos, hogy minél rövidebb legyen a no-flow és a low-flow idő, valamint hogy a hagyományos CPR hatékony legyen és több vizsgálatban jobbak voltak az eredmények, ha az iniciális ritmus VT/VF volt. Ezért csak szemtanú által azonnal észlelt esetekben érdemes az eCPR-t alkalmazni, a leghatékosabb, ha már monitorozott és technikailag jól felszerelt helyen következik be a szívmeállítás, mint a Sürgősségi vagy Intenzív osztály vagy a

szívkatéteres laboratórium. Emellett a vizsgálatokban gyakran alkalmaznak mechanikus mellkas kompressziós eszközöket az eCPR elindulásáig. A cCPR-hoz hasonlóan itt is nagyon fontos a postreszuszcitációs ellátás, szükség esetén perkután koronária intervenció végzése és a betegek hűtése (Moiser). Az ELSO felnőtt eCPR regiszterben 2379 beteg adatai alapján a túlélés a kórházi elbocsátásig 30% (ELSO Registry).

2015-ben számolt be eCPR programjának előzetes eredményeiről egy ausztrál munkacsoport (CHEER study) 26 refrakter, feltételezhetően kardiális eredetű szívmegállás (15 IHCA, 11 OHCA) esetében (Stub). A cCPR közben mechanikus mellkas kompressziós eszközt használtak (Autopulse). A betegek hűtését már a cCPR közben megkezdték hideg sóoldat adásával és később a komatózus betegek esetében 24 órán át folytatták. A kanülök behelyezése perkután technikával történt, és az ECMO indításáig a szívmegállástól median 56 (40-85) perc, az eCPR team megérkezésétől pedig median 20 (15-30) perc telt el. A spontán szívverés (echocardiographiával vizsgálva) az esetek 96%-ában tért vissza, és az ECMO kezelést median 2

(1-5) napig tartották fenn. Az esetek 42%-ában került sor peri-arrest percután koronária intervencióra. Az intenzív osztályra érkezést követően minden esetben reperfüziós kanült helyeztek az artériás kanült hordozó érbe. Mindezen kombinált ellátási protokollal a kórházi kibocsátásig a betegek 54%-a élt túl, mind teljesen jó neurológiai állapotban.

A kórházon belüli szívhalál esetében történt eCPR eredményeket Cardarelli foglalta össze 2009-es közleményében (Cardarelli). Individuális betegbeválasztással készült metaanalízisébe 20, 1990 és 2007 között megjelent obszervációs vizsgálat és esetismertetés 135 betegét vonta be. Az eCPR-t megelőző manuális CPR időtartama átlag 40 (1-180) perc volt, és jobb volt a kimenetel azokban az esetekben, ahol ennek ideje 30 perc alatt maradt. Gyakran az eCPR-t vagy az intenzív osztályokon vagy a szívkatéteres laboratóriumokban kezdték, és a vaECMO-t átlag 54 (0-3881) órán át használták. A kórházi kibocsátáskor a túlélés 40% volt, de jelentős különbség mutatkozott az 1990-1998-as és a 1999-2007-es periódus között, az előbbi időszakban a túlélés 30%, míg az utóbbiban 59% volt.



Ennél lényegesen rosszabbak az OHCA esetekben végzett eCPR eredmények. Ortega-Deballon 20, 2005-2015 között végzett, összesen 833, feltehetően kardiális eredetű szívmegállás esetet magában foglaló vizsgálat eredményét összesítette (Ortega Deballon). Ebben a betegcsoportban a no-flow idő 0-7 perc, a low-flow idő pedig 49-140 perc volt. A túlélés itt 22%-nak adódott, de csak a betegek 13%-a került jó neurológiai állapotban elbocsátásra. A kórházi túlélés így is lényegesen magasabb, mint az OHCA eseteiben végzett cCPR esetében, ez Európában 9%, Észak-Amerikában 6%, Ausztráliában 11% és Japánban 2% (Berdowski). A közlemény felhívja a figyelmet egy másik fontos kimenetelre, ez pedig a szervdonációk számának lehetséges emelkedése.

Kim metaanalízisében azoknak a vizsgálatoknak az eredményeit foglalta össze, melyek 1965 és 2015 között a cCPR és az eCPR eredményeit hasonlították össze OHCA vagy IHCA esetében (Kim). 10 ilyen közlemény összesen 2280 betege esetében (1639 cCPR és 641 eCPR) az eCPR alkalmazása jelentős szignifikáns javulást eredményezett mind a rövid,

mind a hosszútávú túlélésben és a neurológiai kimenetelben is.

### Szervezési megfontolások

ECLS program indításához komoly intézményi, multidiszciplináris és személyes elkötelezettség szükséges. Nemcsak az eszközök költségei igen magasak, hanem maga a beavatkozás és az alkalmazás ideje alatti monitorozás és ellátás is igen összetett, nagy tudás, eszköz és személyzet igényű. A megfelelő gyakorlat elősegítésére az ELSO (Extracorporeal Life Support Organisation) ajánlásokat fogalmazott meg mind a neonatális, mind a gyermek, mind a felnőtt keringési és légzési elégtelenség támogatása esetére (ELSO Guidelines). Az intézményi és szervezeti feltételekre vonatkozó javaslatokat tartalmazza az **ELSO Guidelines for ECMO Centers** (ELSO Guidelines). Eszerint ECMO centrum létesítése olyan nagy terciér központokban javasolt, melyek rendelkeznek neonatális, gyermek és felnőtt intenzív osztályokkal, és legalább évi 6 beteg ECLS támogatására van kilátás. Az ECMO csapatot egy erre megfelelő képzettséggel rendelkező, erre a feladatra kijelölt orvos

vezeti. Ő a felelős a program gyakorlati megvalósításáért, valamint a munkában résztvevők képzéséért és megfelelő továbbképzéséért, továbbá az ELSO irányában az adatszolgáltatásért is. Az ECMO team további tagjai képzésben részesült orvosok és nővérek, közülük egy tölti be a kordinátor szerepét. Az orvosok között a helyi igényeknek megfelelően kell lennie intenzív terápiás szakembernek, és az alkalmazási profil szerint kardiológusnak, szívsebésznek és gyermekgyógyásznak. Szükséges lehet ezenkívül az érsebészekkel, mellkas sebészekkel, pulmonológusokkal és radiológusokkal, továbbá a sürgősségi osztállyal való szoros együttműködés. Az ECMO képzésben részesült nővérek munkáját sok centrumban pumpatechnikusok segítik. A nővér beteg arány a 2:1-től az 1:2-ig terjed. Az intézménynek ezenkívül megfelelő, és rendszeresen felújított ellátási protokollal kell rendelkezni a kívánt ELSO alkalmazási területen. Biztosított kell legyen mindezek mellett a folyamatos laboratóriumi, vérellátói, radiológiai és szívsebészeti háttér. Végül, meg kell legyenek ezen betegek kórházon belüli és kórházak közötti szállításának feltételei. A megfelelő

rehabilitáció és utánkövetés szintén fontos a sikeres ECMO program működtetéséhez. Mivel az ECMO indításra gyakran sürgősségi helyzetben van szükség, a siker érdekében rendkívül fontos, hogy a szükséges eszközök és személyzet folyamatosan és gyorsan rendelkezésre álljanak.

### **Etikai megfontolások**

Az extrakorporális szervtámogató technikák alkalmazása komoly szakmai és etikai dilemmákat vethet fel (Riggs). A beavatkozás rendkívül költséges, rizikó-haszon profilja több szituációban nem jól körülírt. A komplikációk száma, főként nagy vérzések, érsérülés, disztális végtag ischaemia és thrombózis, hemolízis és infekciók előfordulása magas. Gyakran előfordulhat, hogy a beteg felvilágosítására és beleegyezésére nincs lehetőség, főként eCPR esetében.

Nehéz a megfelelő betegkiválasztás is. Mivel a súlyos hypoxaemiás légzési elégtelenség kivételével kontrollált randomizált vizsgálatok nem állnak rendelkezésünkre, valamint mivel az alkalmazási terület terjedésével folyamatosan egyre újabb adatok válnak

ismertté, az ajánlások is gyakran változnak és kevésbé határozottan foglalnak állást. A beteg kiválasztás így az esetek nagy részében személyre szabottan történik, és még a kontraindikációk köre sem egyértelmű.

Az életvégi döntések meghozatala ECMO-n levő beteg esetében talán még a szokásosnál is nehezebb. Komoly etikai dilemmába kerülhetünk az ún „bridge-to-nowhere” szituációban, amikor a beteg tiszta tudattal, stabil állapotban van ECMO-n, azonban az alapbetegsége nem gyógyul és semmilyen további intervencióra (műtét, VAD, transzplantáció) nem alkalmas.

Emellett nem elhanyagolható probléma, hogy a nagy technikai és tudásigényű, költséges technika nem áll mindenütt, mindenki rendelkezésére, még a fejlett egészségüggyel rendelkező országokban sem, így nem biztosítható az egyenlő hozzáférés esélye. Ezt a nehézséget több ország regionális ECMO centrumok létrehozásával, standardizált referálási protokollok kialakításával és a kritikus ellátási igényű, ECMO várományos vagy már ECMO-n levő betegek hozzáértő,

biztonságos szállításának megszervezésével próbálja megoldani.

## A jelenlegi ajánlások

Az **ELSO Guidelines for Adult Cardiac Failure** szerint a vaECMO fő indikációja felnőttekben a refrakter cardiogen shock, mely megfelelő volumen reszuszcitációt követően, pozitív inotróp és vazopresszor kezelés vagy IABP használata mellett is fennáll. Leggyakoribb okai az akut miokardiális infarktus, miokarditis, peripartum kardiomiopátia, decompenzált krónikus szívelégtelenség és a post-kardiotomiás shock. Egyes centrumokban a refrakter szeptikus shock is indikációt képez (ELSO Guidelines). Emellett kiválóan használható véletlenül kihűlt betegek felmelegítésére, valamint súlyos mérgezésekben a súlyos kardiovaszkuláris instabilitás időszakának áthidalására.

Az **ELSO Guidelines for Adult Respiratory Failure** szerint hypoxaemiás légzési elégtelenségben, bármi is ennek az oka (elsődleges vagy másodlagos tüdőkárosodás) a vvECMO megfontolandó, ha a halálozási rizikó nagyobb, mint 50%; és indikált, ha a

halálozási rizikó nagyobb, mint 80% (a halálozási rizikó nagyobb, mint 50%, ha a  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ ,  $\text{FiO}_2 > 90\%$  és/vagy a Murray score 2-3; a halálozási rizikó nagyobb, mint 80%, ha a  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$ ,  $\text{FiO}_2 > 90\%$  és/vagy a Murray score 3-4, legalább 6 órája tartó optimális ellátás mellett). Indikáció emellett a súlyos  $\text{CO}_2$  retenció gépi lélegeztetés és 30 vízcm feletti Pplat mellett ( $\text{pH} < 7,2$ ), a broncho-pleurális összeköttetés nagy átérésztéssel, ha tüdőtranszplantációs várólistán levő betegnél intubáció válik szükségessé és ha azonnali kardiovaszkuláris összeomlás fenyeget (pl. pulmonalis embolia, elzáródott légút esetén, mely nem oldható meg gyorsan a hagyományos kezeléssel) (ELSO guidelines).

Az eCPR a reszuscitációs ajánlások többségében csak nagyon röviden kerül említésre. Az **ERC 2015**-ös ajánlása szerint az eCPR megfontolandó abban az esetben, ha a kezdeti hagyományos próbálkozás sikertelen, vagy ha speciális intervenciót tervezünk közben (PCI akut koronária szindrómában vagy thrombektómia masszív pulmonális embolizáció esetében). A túlélés esélye nagyobb, ha a szívmeállást reverzibilis ok okozza

(akut miokardiális infarktus, pulmonális embólia, súlyos hipotermia, mérgezés), ha kevés társbetegség van, ha a szívmeállásnak szemtanúja van, ha a beteg azonnal hatékony hagyományos újraélesztésben részesül és ha az eCPR korán, a szívmeállástól számítva 1 órán belül elkezdődik (Soar).

Érdemes végül említést tennünk az ECLS alkalmazás **kontraindikációinak** problémájáról. Mint a bevezetésben említettük ezek köre nem kiforrott, a legtöbb esetben az elbírálás személyre szabottan történik. Vannak azonban helyzetek, amikor előre lehet tudni, hogy a kimenetel nagyon rossz lesz, és ezen az ECMO alkalmazás sem javíthat. Ilyen a végstádium szívbetegség és végstádium krónikus tüdőbetegség, mely nem alkalmas transzplantációra; az előrehaladott malignus daganatos betegség vagy súlyos, progresszív krónikus betegség kahexiával; a súlyos többszervi elégtelenség; a súlyos központi idegrendszeri károsodás vagy központi idegrendszeri vérzés, mely a közelmúltban alakult ki, vagy növekszik; a szemtanú nélküli szívmeállás és a 30 percnél hosszabb CPR dokumentált tudat visszatérés nélkül; a súlyos

immunszuppresszió (abszolút neutrofilszám  $<400/\text{mm}^3$ , a közelmúltban felfedezett hematológiai malignus betegség, csontvelő transzplantált beteg, 30 napon belül szervtranszplantáció, előrehaladott HIV). Az életkor önmagában nem kontraindikáció, de az életkor előrehaladtával rosszabb kimenetelre lehet számítani. Végül vvECMO esetében relatív kontraindikáció a 7 napnál régebb óta tartó gépi lélegeztetés magas  $\text{FiO}_2$  ( $>80\%$ ) és  $\text{Pplat}$  ( $>30$  vízcm) mellett (ELSO guidelines).

Jelenleg több randomizált vizsgálat van folyamatban, melyek további kérdéseket fognak tisztázni. Légzési elégtelenségben a SUPERNOVA study (A Strategy of UltraProtective lung ventilation With Extracorporeal CO<sub>2</sub> Removal for New-

Onset moderate to severe ARDS), valamint az EXODUS study (Extracorporeal Lung Assist Device in Acute Lung Impairment); eCPR tekintetében Prágában és Bécsben 2 randomizált vizsgálat von be jelenleg betegeket (NCT01511666 és NCT01605409).

Addig is, amíg ezen vizsgálatok eredményeit megtudjuk, érdemes az ELSO alkalmazás lehetőségére gondolni olyan szituációkban, ahol a nyereség várhatóan nagy és enélkül a beteg gyógyulási esélyei minimálisak. Várhatóan a közeljövőben hazánkban is több helyen hozzáférhetővé válik a technológia, így fontos lesz, hogy korán felismerjük ezeket a potenciálisan reverzibilis, de ELSO nélkül reménytelen eseteket.

## Irodalomjegyzék

Bein T, Weber-Carstens S, Goldmann A, Müller T, Staudinger T, Brederlau J, Muellenbach R, Dembinski R, Graf BM, Wewalka M, Philipp A, Wernecke K-D, Lubnow M and Slutsky AS: Lower tidal volume strategy (approximately 3 ml/kg) combined with extracorporeal CO<sub>2</sub> removal versus 'conventional' protective ventilation (6 ml/kg) in severe ARDS: the prospective randomized Xtraventstudy. *Intensive Care Med* 2013;39(5):847–56.

Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG and Koster RW: Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010;81:1479–87.

Cardarelli MG, Young AJ and Griffith B: Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation for Adults in Cardiac Arrest (E-CPR): A Meta-Analysis of Observational Studies. *ASAIO Journal* 2009;55:581–586.

Extracorporeal Life Support Organization Guidelines for Adult Cardiac Failure  
(<https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>)

Extracorporeal Life Support Organization Guidelines for Adult Respiratory Failure  
(<https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>)

Extracorporeal Life Support Organization Guidelines for ECMO Centers  
(<https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>)

Extracorporeal Life Support Organization Registry  
<https://www.else.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>

Fanelli V, Ranieri MV, Mancebo J, Moerer O, Quintel M, Morley S, Moran I, Parrilla F, Costamagna A, Gaudiosi M and Combes A: Feasibility and safety of low-flow extracorporeal carbon dioxide removal to facilitate ultra-protective ventilation in patients with moderate acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 2016;20:36.

Kim SJ, Kim HJ, Lee HY, Ahn HS and Lee SW: Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: A meta-analysis. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.01.019>

Lotz C, Ritter O and Muellenbach RM: Assisted Beating of the Ischemic Heart How to Manage the Pulseless ST Segment-Elevation Myocardial Infarction Patient. *Circulation* 2014;130:1095-1104.

Moiser JM, Kelsey M, Raz Y, Gunnerson KJ, Meyer R, Hypes CD, Malo J, Whitmore SP and Spaite DW: Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for critically ill adults in the emergency department: history, current applications, and future directions. *Crit Care* 2015;19:941.

Napolitano LM, Park PK, Raghavendran K and Bartlett RH: Nonventilatory strategies for patients with life-threatening 2009 H1N1 influenza and severe respiratory failure. *Crit Care Med* 2010;38[Suppl.]:e74–e90.

Ortega-Deballon I, Hornby L, Shemie SD, Bhanji F and Guadagno E: Extracorporeal resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest in adults: A systematic review of international practices and outcomes.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.01.018>

Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, Hibbert CL, Truesdale A, Clemens F, Cooper N, Firmin RK and Elbourne D, for the CESAR trial collaboration: 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;374:1351–63.

Riggs KR, Becker LB and Sugarman J: Ethics in the use of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. *Resuscitation* 2015;91:73–75.

Soar J, Nolan JP, Böttigerd BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB, Sunde K and Deakin CD, on behalf of the Adult advanced life support section Collaborators European Resuscitation Council Guidelines for

Resuscitation 2015 Section 3. Adult advanced life support. Resuscitation 2015;95:100-147.

Stub D, Bernard S, Pellegrino V, Smith K, Walker T, Sheldrake J, Hockings L, Shaw J, Duffy SJ, Burrell A, Cameron P, Smit DV and Kaye DM: Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). Resuscitation 2015;86:88–94.

Terragni PP, Del Sorbo L, Mascia L, Rosario Urbino R, Martin EL, Birocco A, Chiara Faggiano C, Michael Quintel M, Gattinoni L and Ranieri VM: Tidal volume lower than 6 ml/kg enhances lung protection: role of extracorporeal carbon dioxide removal. Anesthesiology 2009;111(4):826–35.