

ECMO eli kehon ulkoinen happeuttaminen sydämen vajaatoiminnan hoidossa

LEENA MILDH

JYRI LOMMI

Tiivistelmä

Kehonulkoista happeutusta (ECMO, extracorporeal membrane oxygenation) käytetään muille hoidoille reagoimattomassa verenkierron tai hengityksen vaikeassa vajaatoiminnassa, jossa potilaan henki on maksimaalisesta lääkehoidosta huolimatta uhattuna, eikä muita kardiologisia tai sydänkirurgisia hoitovaihtoehtoja ole käytävissä. ECMO-hoidossa huonosti happeutunut veri pumpataan mekaanisesti kehon ulkopuolella olevan happeuttimen läpi ja johdetaan hyvin happeutettuna takaisin potilaan verenkiertoon. Hoidolla voidaan ylläpitää elimistön homeostaasia, kunnes sairauden aiheuttama verenkierron lama on korjaantunut. Lisäksi ECMO-hoidon aikana voidaan vähentää joidenkin mahdollisesti haitallisten hoitomuotojen, kuten esimerkiksi inotrooppien käyttöä. Hoitoon liittyvien mahdollisten komplikaatioiden vuoksi sitä tulee käyttää harkiten ja ainoastaan tarkoin valituille potilaille.

Johdanto

Vaikea kardiogeeninen shokki on erilaisten tapahtumien lopputuloksena syntynyt tila, jolle ominaista on sydänlihaksen toiminnanvajausta, alentunut sydämen minuuttitilavuus sekä näiden seurauksena syntynyt muiden elinten verenkierron vajoisuus. Kardiogeenisen shokin aiheuttamassa verenkierron vajauksessa kuolleisuus on edelleen suuri ja perinteiset verenkierron tukimuodot, kuten vas-tapulsaattori ja inotroopit ovat joskus riittämättömiä palauttamaan elimistön homeostaasia. Kardiogeenisen shokin tärkeimpänä hoitomuotona on toki perussyyn hoito, mutta osa potilaista saattaa hyötyä hoidosta, jossa verenkiertoa tuetaan joko lyhytaikaisesti tai pitkäaikaisesti mekaanisella pumpulla. (Kar 2012, Ouweneel 2012, Sayer 2012, Westaby 2012). Verenkierron lyhytaikaiseen tukeen on kehitetty useita erilaisia laitteita, mutta yleisimmin tähän tarkoitukseen käytetään ECMO-hoitoa. Laitteisto on kehitetty sydänleikkausten yhteydessä käytettävästä sydän-keuhkokoneesta. Vähähappinen laskimoveri johdetaan kehonulkoisen pumpun kautta laitteeseen, joka keuhkojen tapaan happeuttaa verta ja poistaa siitä hiilidioksidia. Happeutunut veri pumpataan takaisin potilaan verenkiertoon (Gaffney 2010).

ECMO-laitteistosta palaava happeutettu veri voidaan palauttaa joko takaisin valtimopuolelle (venoarteriaalinen eli VA-ECMO) tai vaihtoehtoisesti laskimopuolelle (venovenosoinen eli VV-ECMO). VA-ECMO:a käytetään lähinnä verenkiertovajauksen hoidossa ja VV-ECMO:a hengitysvajauksen hoidossa (Gaffney 2010).

ECMO-hoidon historiaa

Ensimmäinen julkaisu onnistuneesta ECMO hoidosta vuonna 1972 käsitteli traumapotilaan vaikean hengitysvajauksen hoitoa sydänkeuhkokoneella. Hoito kesti 72 tuntia ja potilas toipui (Hill JD 1972).



Vuosina 1979 ja 1994 julkaistiin maailmalla kaksi prospektiivista potilassarjaa ECMO:n hyödyllisyydestä hengitysvajauspotilailla. Kuolleisuus molemmissa tutkimuksissa oli lähes 80 % (Zapol 1979, Morris 1994). Kehittyvän teknologian ja paremman potilasvalinnan myötä ECMO-hoidon tulokset ovat parantuneet sekä

sydämen että hengityksen vajaatoiminnan hoidossa. Tuorein ECMO-hoitoa selvittänyt tutkimus (CESAR) vertasi 180:llä ARDS-potilaalla ECMO- ja ventilaatohoitoja. ECMO osoittautui tässä tutkimuksessa ennusteen kannalta ventilaattorihoitoa paremmaksi, 6 kk kuolleisuuden ollessa 63 % vs 47 %. Ero oli tilastollisesti merkitsevä, mutta tutkimuksessa oli puutteensa (Peek 2009).

Sydämen vajaatoiminnan hoidosta ECMO:lla ei ole tehty kontrolloituja tutkimuksia ja hoitokäytännöt ovat muodostuneet kliinisten hoitokokemusten ja rekisteritietojen avulla (ELSO 2012, Westaby 2012).

ECMO hoidon aiheet sydämen vajaatoiminnan hoidossa

ECMO-hoidon oikein kohdistaminen ja ajoittaminen ovat hoidon onnistumisen perusta. Hoidon tarkoituksena on pysäyttää inflammatoristen prosessien pysyvään elinvaurioon johtava eteneminen. Tästä syystä muille hoidoille reagoimaton sydänperäinen shokki on tunnistettava varhaisessa vaiheessa ennen kuin siitä aiheutuneet elinhäiriöt muuttuvat palautumattomiksi. Lisäksi potilaan omalla sydämellä tulee olla toipumisedellytyksiä tai potilas katsotaan soveltuvaksi joko pitkäkestoiseen mekaaniseen verenkierron tukeen tai sydämensiirtoon.

Indikaatiot

ECMO:a käytetään vaikean, muille hoidoille reagoimattoman verenkiertovajauksen hoitoon sekä leikkaamattomilla potilailla että sydänleikkauksen yhteydessä perfuusiosta irrottautumisen epäonnistuessa (taulukko 1 ja 2). Sydänleikkauksen yhteydessä ECMO-hoidon ennuste on tosin selvästi huonompi, verenvuoto- ja hyytymisongelmiin liittyen.

Myokardiittipotilailla (poislukien jättisolomyokardiitti) toipumisen edellytykset ovat usein hyvät (taulukko 3). Mikäli potilaan sydänsairauden laatu ja ennuste ovat epäselviä, voidaan ECMO-hoitoa harkita myös tukihoidoksi kunnes diagnoosia ja ennustetta selvittävät tärkeät tutkimukset on saatu tehtyä.

Kardiomyopatiapotilas, jonka sydämen vajaatoiminta pitkän vakaan vaiheen jälkeen pahenee äkillisesti, saattaa tarvita verenkierron mekaanista tukea. Tällöin ECMO voi toimia siltana apupumppuhoidolle. Joskus sydämensiirto saattaa mahdollistua jo ECMO-hoidon aikana, joskin lyhyen aikavälin toipumisenennuste ei tällöin ole yhtä hyvä kuin tavallisissa listasiirroissa.

TAULUKKO 1.

ECMO:n käyttöalueita sydämen vajaatoiminnassa

Postkardiotomiaan liittyvä vajaatoiminta

Siltahoitona toipumiseen (myokardiitti, keuhkoembolia, betasalpaaja/ca-salpaaja-intoksikaatio)

- toipuminen tavallisesti 5-10 vrk:ssa

Siltana pitkäaikaiseen mekaaniseen tukeen

- potilaat, joilla ei odotettua toipumista 7–10 vrk:ssa
- sokkinen potilas, jolla parannetaan edellytyksiä VAD implantaatiolle

Siltahoitona sydämensiirtoon

Siirtoarvion tekemiseksi

- potilaan siirtokelpoisuus on mahdollinen, mutta ei riittävän hyvin arvioitavissa

Taulukko 1.

TAULUKKO 2.

Kliinisiä ja hemodynaamisia löydöksiä, jolloin ECMO-hoitoa tulee harkita muille hoidoille reagoimattomassa (inotropia ja IABP) verenkierron vajaatoiminnassa

1. Hypotensio (RRs <90 mmHg)

2. Sydänlihaksen dysfunktio (CI < 2.2 ja PAWP >12 mmHg)

3. Kudosten hypoperfuusio

- alentunut tajunnantaso
- niukka diureesi
- viileä periferia
- asidoosi tai laktatemia
- maksan tai munuaisten vajaatoiminta
- SvO₂ < 50 %

Taulukko 2.

TAULUKKO 3.

ECMO:n käyttöaiheet ja ennuste ECLS rekisterissä 2012 (potilaiden ikä yli 16v)

Aikuiset	n	survival %-to discharge
hengitysvajaus	2121	53 %
kardiogeeninen sokki	1238	34 %
resuskitaatio	476	29 %
Diagnoosin mukaan:		
Synnyinäinen sydänvika	159	33 %
Sydänpysähdys	107	30 %
Kardiogeeninen sokki	279	38 %
Kardiomyopatia	248	46 %
Myokardiitti	75	68 %
Muut	1236	38 %

Taulukko 3.

ECMOa on käytetty hyvällä menestyksellä myös hyperakuutin sydänsiirteen hyljintäreaktion hoidon tukena.

ECMO hoidon toteutus

ECMO-hoidolla voidaan tukea potilaan sydämen molempia kammioita sekä keuhkoja. Sillä voidaan saavuttaa jopa 6 litraa/minuutti suuruinen verenvirtaus elimistöön. Suoniyhteyksinä käytetään tavallisesti reisi-laskimoa, jonka kautta kanyyli (18–21 Fr), viedään oikeaan eteiseen. Veri palautetaan laskevaan aorttaan reisivaltimon kautta asetetun kanyylin (15–18 Fr) avulla. Kanyylit suositellaan asennettavan punktiotekniikalla, jolloin vältetään avoimen preparoinnin aiheuttamilta vuoto- ja infektiokomplikaatioilta.

ECMO-järjestelmä edellyttää systeemistä antikoagulaatiohoitoa. Laitteiston kaikki osat (letkusto, kanyylit ja happesin) ovat hepariinilla pinnoitettuja, joten antikoagulaation aloittamisella ei ole kiire. Tavallisimmin antikoagulaatio aloitetaan 12–24 tuntia hoidon aloittamisen jälkeen. Tavallisesti käytetään fraktoimatonta hepariinia jatkuvana infuusiona, jonka vasteen seurannassa käytetään joko APTT-arvoa (tavoite 50–60 s) tai ACT-mittausta (tavoite 160–180 s). Muiden hyytymistekijäarvojen tulee olla lähellä normaalia tasoa.

ECMO-laitteiston yhteyteen voidaan kytkeä myös dialyysikone, jolloin vältetään dialyysikanyylin asetta-

miselta. ECMO-hoidon aikana potilas voidaan vierottaa hengityskoneesta ja extuboida, jolloin vältetään hengityskonehoidon ja sedaation aiheuttamilta komplikaatioilta. Myös kuntoutus ja riittävä nutritio onnistuvat parhaiten extuboidulla potilaalla. Tällöin voidaan myös helpommin selvittää potilaan taustatietoja ja elämäntilannetta mahdollista pitkäaikaista mekaanista tukea tai sydänsiirtoa ajatellen.

ECMO-hoidon suunnittelu, toteutus ja seuranta on parhaimmillaan tiimityötä anesthesiologin, tehohoitolaäkärin, sydänkirurgin ja kardiologin kesken. ECMO-hoidon tavoitteet ja suunniteltu hoidon kesto määräytyvät potilaan sydänsairaudesta ja kliinisen tilanteen mukaisesti. Näiden potilaiden hoitopaikka on tehosasto, jossa potilasta hoitaa asiaan perehtynyt henkilökunta. Suomessa ECMO-hoitoa toteutetaan kaikissa yliopistosairaaloissa.

Hoitovasteen arviointi

ECMO-hoitoa ei tule pitkittää tarpeettomasti merkittävien komplikaatoriskien takia. Hoidon aikana tulee aktiivisesti arvioida edellytyksiä hoidon lopettamiseen. ECMO:lla pyritään ennen kaikkea syntyneiden elinhäiriöiden korjaamiseen, mutta samalla myös vasemman kammion täyttöpaineen ja työn keventämiseen. Ultraäänimittaukset olisi hyvä tehdä mahdollisimman vakaisissa täyttöpaineolosuhteissa. Joskus hoidon pitkittyessä vasemman kammion laajeneminen voi olla seurausta aorttaläpän vuodosta ja volyyymikuormituk-

TAULUKKO 4.

ECMO-hoidon vasta-aiheet

Potilaalla ei mahdollisuutta toipua eikä potilas sovellu sydämensiirtoon tai pitkäaikaiseen mekaaniseen tukeen.

Korkea ikä (>70-vuotta) ja vaikeita liitännäissairauksia

Palautumaton vaikea sairaus (esimerkiksi maligniteetti, maksakirroosi, munuaisten vajaatoiminta tai emfyseema)

Kallonsisäinen prosessi (ICH, äskettäin tehty kraniotomia, tuore infarkti), joka estää antikoagulaation

Huono hoitokomplianssi

Taulukko 4.



sesta ECMO:n palauttaessa veren laskevaan aorttaan. Onnistuneen hoidon aikana vasemman kammion vo-lyymi kuitenkin pienenee ja supistusvireys paranee.

Vieroitus ECMO:sta on yleensä mahdollista, kun shokin aiheuttamat asidoosi ja laktatemia ovat väistyneet, diureesi on käynnistynyt tai vasoaktiivisten lääkkeiden annokset ovat hyvin vähäisiä. Arviointia tuke-vasemman kammion parantunut supistusvireys sydämen ultraäänitutkimuksessa ECMO:n ylläpitämän minuuttivirtauksen ollessa matalimmalla mahdollisella ta-solla, tavallisesti 1.0–1.5 l/min.

Aissaourin ym. tutkimuksessa onnistumista ECMO:n vieroituksessa ennustivat parhaiten vasemman kammion ejektiofraktio yli 20–25 %, hyvä aort-tavirtaus (VTI ≥ 10 cm) ja hiippaläppäannuluksen al-kudiasistolinen liikenopeus kudospplerissa ≥ 6 cm/s ECMO:n ollessa hitaimmalla mahdollisella virtausno-peudella (2011).

Mikäli vieroitus ei ole mahdollista tulee harkitta-vaksi pysyvemmän pumppujärjestelmän asennus. Pää-tös tulee tehdä tavallisesti 5–10 hoitovuorokauden ku-luessa hoidon aloituksesta.

Komplikaatiot

Tavallisimmat ECMO-hoitoon liittyvät komplikaati-ot ovat verenvuoto ja tromboemboliset komplikaatiot. Edellinen liittyy välttämättömään heparinisaatioon ja jälkimmäinen hyytymisjärjestelmän aktivaatioon, joka on seurausta siitä, että veri joutuu kosketuksiin vierai-den pintojen kanssa. Tavallisimpia vuotopaikkoja ovat punktioalueet, leikkaushaavojen alueet sekä GI-kanavan vuodot. Verenvuotokomplikaatioiden esiintyvyys vaihtelee 7 %:sta 34 %:iin ja tromboembolisten komp-likaatioiden esiintyvyys välillä 8–17 %. Vaarallisimpaa vuotokomplikaationa voidaan pitää kallonsisäistä vuotoa, jonka esiintyvyys vaihtelee 1–11 %, aivoin-farktin esiintyvyyden ollessa lähes samaa tasoa (1–8 %) (Gaffney 2010).

Muita tavallisimpia komplikaatioita ovat kany-loidun alaraajan iskemia, erilaiset infektiot sekä akuuti munuaisen vajaatoiminta. Lisäksi hoidon pitkittyessä kaikkiin tehohoitoa vaativiin sairauksiin liittyvä mo-nielinvaurion riski kasvaa. ECMO-laitteiston toimin-tahäiriöitä esiintyy harvoin, mutta nämä saattavat olla fataaleja, sillä potilaan koko verivolyymi kulkee ECMO-järjestelmän kautta. ECMO:n vaikutus lääkkeiden far-makokinetiikkaan voi olla arvaamatonta. Erityisesti antibioottihoitojen ja sedatiivisten lääkeaineiden osalta ECMO-hoito tuottaa lisähaasteita.

Omia kokemuksia

Vuosina 2005–2012 (lokakuun loppuun mennessä) HUS Meilahden sairaalassa on hoidettu 46 potilasta ECMO:ssa kardiogeenisen shokin vuoksi. Näistä 24 potilasta hoidettiin sydänleikkauksen jälkeisen vajaa-toiminnan vuoksi, jolloin potilas ei päässyt irti perfuu-siosta ilman ECMO-laitteiston apua. Postoperatiivisista potilaista 13 kuoli sairaalahoitajakson aikana. Tavalli-simpina kuolinsyynä olivat monielinvaurio ja erilaiset verenvuotokomplikaatiot.

Kardiogeeninen shokki ilman kirurgista operaatio-ta oli ECMO-hoidon indikaationa 22 potilaalla. Näi-den potilaiden ECMO-hoito kesti keskimäärin 6 vuorokautta (vaihteluväli 1–21 vuorokautta). 3 potilasta kuoli ECMO-hoidon aikana ja 19 selvisi hengissä. Näis-tä potilaista 2 päätyi sydänsiirtoon suoraan ECMO:sta, 6 potilasta sydämen pitkäaikaiseen mekaaniseen tu-keen ja 11 vieroutui ilman erillistä interventiota. Näis-tä 11 potilaasta yksi päätyi myöhemmin sydänsiirtoon ja yksi pitkäaikaiseen vasemman kammion toiminnan mekaaniseen tukeen.

Lopuksi

ECMO on varteenotettava hoitomodaliteetti vaikean kardiogeenisen shokin hoidossa. Se mahdollistaa elintoimintojen tukemisen perussyyn hoitamisen ja siitä toipumisen ajaksi. Oikein käytettynä se voi olla hengen pelastava. Suurimmat haasteet liittyvät poti-lasvalintaan, hoidon ajoitukseen ja hoidosta luopu-miseen. Hoitovasteen arviointia tulee tehdä aktiivi-sesti.

ECMO-hoidon aloitus ajoittuu usein päivystys-aikaan. Koska hoito sitoo resursseja kannattaa miet-tä jo hoidon alkuvaiheessa mahdollisimmat pitkälle potilaan hoitoprosessin tulevia vaihteita niin diagnos-tisten tutkimusten kuin hoidon toteutusta silmälläpi-täen. Sydämensiirtokeskusta voidaan konsultoida jo varhain resurssien allokoimiseksi ja potilassiirron jär-jestämiseksi.

Kirjallisuutta

Assaoui N, Luyt C-E, Leprince P ym. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1738–45.

Extracorporeal life support organization. ECLS Registry Report, International Summary January 2012, www.elsonet.org.

Gaffney AM, Wildhirt SM, Griffin MJ ym. Extracorporeal life support. *BMJ* 2010; 341:982–6.

Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ ym. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome) *N Engl J Med* 1972;286:629–34.

Kar B, Basra SS, Shah NR, Loyalka P. Percutaneous circulatory support in cardiogenic shock: Interventional bridge to recovery. *Circulation* 2012;125:1809–17.

Morris AH, Wallace CJ, Menolve RL, ym. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO2 removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:295–305.

Ouweneel DM, Henriques JPS. Percutaneous cardiac support devices for cardiogenic shock: current indications and recommendations. *Heart* 2012;98:1246–54.

Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R ym. 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.

Sayer GT, Baker JN, Parks KA. Heart rescue: the role of mechanical circulatory support in the management of severe refractory cardiogenic shock. *Curr Opin Crit Care* 2012;18:409–16.

Westaby S, Anastasiadis K, Wieselthaler GM. Cardiogenic shock in ACS. Part 2: role of mechanical circulatory support. *Nat Rev Cardiol* 2012 ;9 :195–208.

Zapol WM, Snider MT, Hill JD ym. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *JAMA* 1979; 242: 2193–6. ■

Leena Mildh

*dosentti, anesthesiologian erikoislääkäri
HYKS, Anestesia ja tehohoito*

Jyri Lommi

*dosentti, kardiologian erikoislääkäri
HYKS, Sydän – ja keuhkokeskus*