

Cardiale Extracorporele Membraan Oxygenatie bij kinderen

Toepassing, behandeling en overleving

Extracorporele Membraan Oxygenatie wordt steeds meer gebruikt voor ondersteuning van cardiaal en/of respiratoir falen zowel bij kinderen als bij volwassenen. In dit artikel bespreken de auteurs de indicaties, de complicaties en de resultaten van deze toepassing bij kinderen aan de hand van twee fictieve patiënten casuïstieken.

Mascha Gijlswijk, Kees van Lent, Verpleegkundigen IC-Kinderen LUMC; PP Roelvelde, kinderarts-intensivist, ECMO director LUMC

E-mail: p.p.roelvelde@lumc.nl

Extracorporele Membraan Oxygenatie (ECMO) is een vereenvoudigde vorm van een hartlongmachine, die sinds 1976 bij kinderen wordt gebruikt om enkele dagen tot weken het lichaam te ondersteunen. De functie van hart en longen wordt overgenomen zodat deze de tijd krijgen te herstellen. Bloed wordt uit de patiënt geleid en door een kunstlong gepompt waar zuurstof toegediend wordt en koolstofdioxide afgevoerd wordt. Vervolgens wordt het bloed weer teruggegeven aan de patiënt, waardoor het lichaam van zuurstof voorzien kan worden.

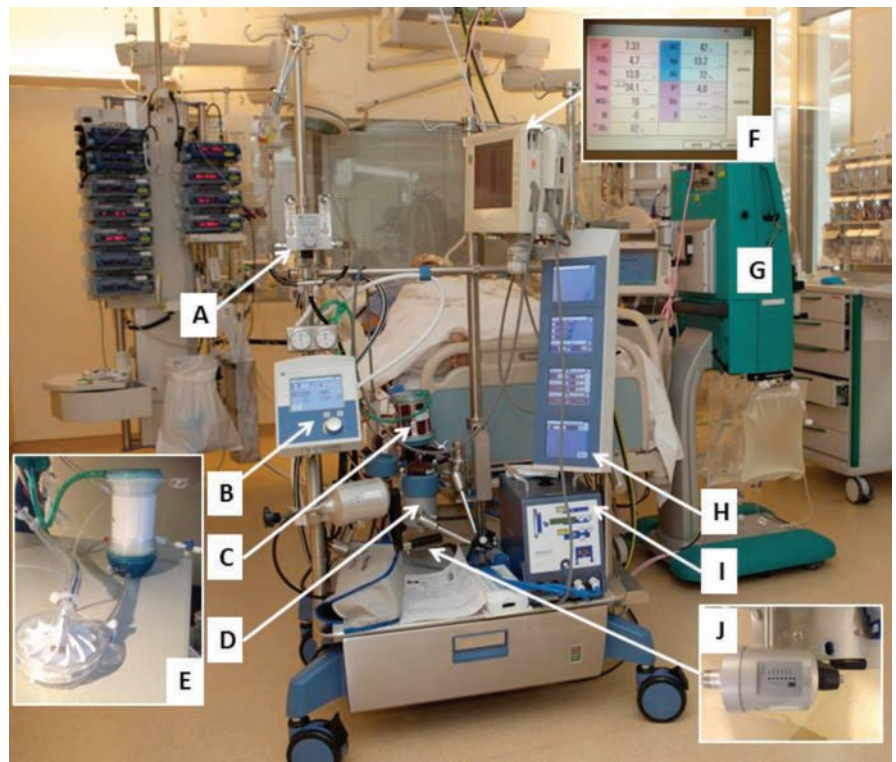
Het ECMO-systeem

Bij iedere vorm van ECMO wordt het bloed van de patiënt met een veneuze (paarse of blauwe) canule uit het lichaam gedraineerd en met behulp van een pomp door de kunstlong geleid, vervolgens verwarmd en via de (rode) arteriële canule weer aan het lichaam aangeboden. Door het aantal toeren per minuut van de pomp in te stellen, wordt de bloedflow door het ECMO-systeem bepaald; de bloedflow is bovendien afhankelijk van de preload en afterload van de pomp (D, *figuur 1*). De preload wordt bepaald door de vullingstoestand van de patiënt, de weerstand in de slangen en de ligging van de slangen. Ligen deze slangen bijvoorbeeld tegen een wand aan dan zal bloed minder makkelijk gedraineerd worden. De afterload van de pomp wordt bepaald door de weerstand in de slangen en in de kunstlong, de ligging van de canules (een kleiner vat heeft meer weerstand) en de afterload in de patiënt zelf (bijvoorbeeld als de patiënt hypertensief is).

Werking

De werking van een kunstlong is in zekere zin te vergelijken met een menselijke long, alleen is hij minder efficiënt. Net zoals bij de mens bepaalt het ademminuutvolume de uitscheiding van koolstofdioxide. Het ademminuutvolume van de

kunstlong wordt gereguleerd door de zuurstoftoevoer die naar de kunstlong blaast, te variëren met behulp van een zuurstofblender. Een zuurstofblender is een gasmixer waarmee de flow in liters per minuut en de zuurstof in procenten kan worden ingesteld (*figuur 2*). De hoeveelheid



Figuur 1. Het ECMO-systeem zoals dat in het LUMC wordt gebruikt.

A: De zuurstofblender. B: Hier kan het toerental worden ingesteld en wordt de gemeten bloedflow weergegeven. C: De kunstlong. D: De motor van de pomp die m.b.v. magneten het vervangbare schoepenrad laat ronddraaien. E: De pomp en de kunstlong voordat het ECMO-systeem wordt opgebouwd. In het wit is het schoepenrad te zien dat het bloed voortdrijft. De groene slang is de zuurstofslang. F: Een monitor waarop de waarden worden weergegeven van twee continu gemeten bloedgas analysers (veneus en arterieel). G: Machine voor nierfunctievervangende therapie. H: Beeldscherm waar verschillende drukken en temperaturen op worden weergegeven. I: Verwarmingsapparaat. J: Handmatige pomp voor noodgevallen (als de motor kapotgaat of de batterij uitvalt).

zuurstof in dit gasmengsel (F_iO_2) bepaalt in belangrijke mate de oxygenatie in de kunstlong. Hoe meer zuurstof er aan de kunstlong wordt geleverd, hoe beter het bloed van de patiënt wordt geoxygeneerd.

Typen

Veno-veneuze ECMO: Wordt gebruikt als de longen niet voldoende in staat zijn om zuurstof op te nemen en/of koolstofdioxide uit te scheiden ondanks maximale conventionele IC-behandeling, zoals beademing. Bloed wordt gedraineerd uit een grote lichaamsvene en na oxygenatie en verwarming weer aangeboden in een vene vlak voor het rechteratrium. De patiënt moet dus een adequate cardiale functie hebben om dit geoxygeneerde bloed door de longen en door de rest van het lichaam te pompen. Met deze vorm van ECMO bestaat wereldwijd de meeste ervaring bij kinderen; de respiratoire functie wordt overgenomen tot de longen zijn genezen en zelf weer voor adequate gaswisseling zorgen.

Veno-arteriële ECMO: wordt gebruikt bij circulatoir falen (figuur 5). Bloed wordt veneus gedraineerd en na oxygenatie en verwarming weer aangeboden aan het arteriële systeem. Hart en longen worden dus allebei ontzien en de patiënt is daardoor niet afhankelijk van de pompfunctie van zijn hart. Bloed kan direct uit het rechteratrium worden gedraineerd en worden teruggegeven aan de aorta (centrale canulatie, zoals bij patiënt 1) of uit een grote lichaamsvene worden gedraineerd en teruggegeven aan een grote arterie (perifere canulatie, zoals bij patiënt 2). In dit artikel gaat het verder over het gebruik van dit type ECMO voor de ondersteuning van de cardiale functie bij kinderen.

Indicaties

Er zijn veel indicaties waarvoor Veno-arteriële ECMO (VA-ECMO) gebruikt wordt, meestal als 'rescue therapie'. Omdat ECMO feitelijk geen therapie is, maar alleen ondersteuning van de lichaams circulatie, is het belangrijk dat herstel van de hartfunctie een reële optie is voordat men tot ECMO overgaat.

De meest voorkomende indicatie voor cardiale VA-ECMO op de

kinderleeftijd is ventriculaire falen na hartchirurgie, het zogeheten low cardiac output syndroom (LCOS). Meestal betreft het een slechte functie van de linkerventrikel door de onderliggende aangeboren hartafwijking in combinatie met de negatieve effecten van de hartlongmachine. De operatie die nodig is om de aangeboren afwijking te herstellen kan ook (tijdelijke) schade aanrichten. Zo zal het maken van een incisie in de ventrikel of een operatie aan de kransslagaderen meer negatieve invloed op de hartspierfunctie hebben dan een operatie via het atrium of de grote vaten. Als een kind na een hartoperatie ECMO nodig blijkt



Figuur 2. Een zuurstofblender.

Casus 1: Een jongentje van zeven dagen met transpositie van de grote vaten

Een jongetje van zeven dagen oud wordt geopereerd aan een transpositie van de grote vaten, een aangeboren hartafwijking waarbij de aorta en de longslagader zijn omgewisseld; de aorta komt uit de rechterventrikel en de longslagader komt uit de linkerventrikel. Tijdens de operatie (een arteriële switch operatie) die aan de hartlongmachine plaatsvindt, worden de grote vaten, inclusief de kransslagaders, net boven de klep losgemaakt en omgewisseld. Door afwijkende anatomie van de kransslagaders blijkt het een lastige en langdurige ingreep. Na afkomen van de hartlongmachine blijkt de linkerventrikel onvoldoende in staat om het lichaam van bloed te voorzien, ondanks inotropica: continue intraveneuze medicatie om de pompkracht van het hart te ondersteunen, ook wel vasoactieve medicatie genoemd. Er wordt besloten de patiënt aan te sluiten aan ECMO en hem zo naar de kinder intensive care te verplaatsen. Het sternum is opengelaten en de ECMO-canules zijn direct aangesloten op het rechteratrium en op de aorta (figuur 3). Door de antistolling die nodig is bij ECMO, is er mild aanhoudend bloedverlies via het open sternum en dient er 24 uur na de operatie, op de kinder intensive care, een wondtoilet van het sternum te worden verricht. Hierbij worden stolsels rond het hart verwijderd en stopt het bloeden. Daarna doen zich geen complicaties meer voor en na twee dagen begint er herstel op te treden van de linkerventrielfunctie. Dit herstel is te zien doordat de arteriële bloeddrukcurve van de patiënt normaliseert; bovendien is er met behulp van een echo-cor verbetering van de ventrielfunctie te zien. Vijf dagen na de operatie kan de patiënt losgekoppeld worden van ECMO; het sternum wordt twee dagen later gesloten. Inotropica worden afgebouwd en tien dagen na de operatie kan de patiënt worden geëxtubeerd. Zestien dagen na de operatie kan hij met zijn ouders mee naar huis.



Figuur 3. Het sternum is opengelaten en afgedekt met doorzichtige pleisters. De ECMO-canules liggen direct in het rechteratrium en de aorta (niet zichtbaar op de foto). Te zien is hoe de canules uit het lichaam komen, door de luiër beschermd worden en dan ter hoogte van de lies richting het ECMO-systeem lopen.

te hebben, moet men heel actief op zoek gaan naar eventuele anatomische en chirurgisch corrigeerbare oorzaken van een verminderde hartspierfunctie en/of een belemmerde systeemcirculatie. Dan is het soms nodig dat de patiënt tijdens de ECMO-behandeling een hartcatheterisatie ondergaat, waarbij de gevonden afwijking wordt geïdentificeerd en/of gecorrigeerd.

Een andere indicatie voor cardiale VA-ECMO is acuut hartfalen ten gevolge van cardiomyopathie, myocarditis, sepsis, intoxicaties of ritmestoornissen. Daarnaast wordt er steeds vaker gebruik gemaakt van ECMO tijdens reanimaties in ziekenhuizen die daarvoor uitgerust en getraind zijn, de zogeheten Extracorporele Cardio Pulmonale Resuscitatie (E-CPR). Als laatste kan ECMO ook electief worden ingezet tijdens of na bepaalde ingrepen of als overbrugging naar meer langdurige ondersteuning, zoals een kunsthart in afwachting van harttransplantatie.

De belangrijkste contra-indicatie voor VA-ECMO is het ontbreken van een reële verwachting op herstel. Andere contra-indicaties zijn reeds bestaande intracranieële bloedingen en premature neonaten (<34 weken zwangerschapsduur) vanwege de grote kans op intracranieële bloedingen. Daarnaast kan canulatie technisch moeilijk zijn bij kinderen kleiner dan 2 kilogram lichaamsgewicht waardoor dit in veel ECMO-centra ook als contra-indicatie gehanteerd wordt.

Starten met ECMO

Het bepalen van het ideale moment om met ECMO te starten is niet eenvoudig en evenmin duidelijk vastgelegd. Er zijn veel studies gepubliceerd over verschillende startcriteria voor ECMO, maar er zijn geen standaard pre-ECMO parameters geïdentificeerd die de uitkomst van ECMO kunnen voorspellen. Er zijn geen vergelijkende studies van de resultaten tussen cardiale ECMO en conventionele therapie. Over het algemeen geldt dat wanneer cardio-pulmonaal falen met conventionele intensive care onbehandelbaar lijkt, behandeling met ECMO overwogen kan worden. Dit betreft meestal een teambeslissing op basis van lokale ervaring en enkele vooraf besproken grenzen, zoals maximale dosering

'Rescue'indicaties:	Electieve ECMO-indicaties:
Myocarditis	Na uitgebreide hartchirurgie
Cardiomyopathie	Hartcatheterisatie
Therapie resistente ritmestoornissen	Luchtwegmanipulatie
Low Cardiac Output Syndroom na hartchirurgie	Overbrugging naar kunsthart
Hartfalen ten gevolge van sepsis of intoxicaties	
ECPR: Extracorporele cardiopulmonale resuscitatie (=ECMO tijdens reanimatie)	

Tabel 1: Indicaties VA-ECMO.

Casus 2: Een zevenjarig meisje met een versneld hartritme

Een meisje van zeven jaar is sinds een aantal dagen 'niet lekker'; ze eet niet, drinkt amper, voelt zich heel zwak en wordt door haar ouders naar de Eerste Hulp gebracht. Aldaar blijkt ze een versneld hartritme van 180 slagen per minuut en een slechte perifere lichaamscirculatie te hebben. Haar hart is vergroot op de thoraxfoto en de kindercardioloog bevestigt de diagnose acuut hartfalen op basis van gedilateerde cardiomyopathie (verwijd hart ten gevolge van ziekte van de hartspeer) dan wel myocarditis (ontsteking van het hartspeerweefsel). Er wordt bloed afgenomen voor diagnostiek, gestart met inotropica en het meisje wordt overgeplaatst naar de kinder intensive care. In de uren daarna verslechtert haar toestand en moet ze geïntubeerd worden. Tijdens intubatie wordt ze hypotensief, bradycard en moet ze gereanimeerd worden. Na de tweede gift adrenaline wordt besloten het ECMO-team op te roepen dat twintig minuten later arriveert. De chirurg brengt de canules aan in de arteria carotis en de vena jugularis interna (figuur 4) terwijl de reanimatie doorgaat. Vijfenvertig minuten na aanvang van de hartmassage kan de ECMO gestart worden. Haar lichaamscirculatie herstelt en inotropica en hartmassage kunnen worden gestaakt. Na een week kan de ECMO worden afgebouwd en na veertien dagen wordt de patiënte gedecanuleerd. Als gevolg van onvoldoende perfusie tijdens de reanimatie blijkt de patiënte een milde parese van haar linkerarm te hebben door een klein herseninfarct; dit wordt met een MRI bevestigd. Na drie weken ziekenhuisopname kan de patiënte naar huis. Ze zit inmiddels weer op de basisschool, maar heeft het schooljaar wel over moeten doen.



Figuur 4. Schematische weergave van ECMO-canulatie in de hals. De blauwe, veneuze canule bevindt zich in de vena jugularis interna en de rode, arteriële canule bevindt zich in de rechter arteria carotis en de tip ligt bij de uitmonding in de aortaboog, waardoor er bloed naar de kransslagaders en de rest van het lichaam wordt gepompt.

inotropica, labwaarden zoals lactaat en veneuze saturatie.

Voor het gebruik van ECMO tijdens reanimatie geven de huidige reanimatierichtlijnen van de American Heart Association (AHA) en de Nederlandse reanimatieraad aan ECMO te overwegen bij kinderen die een circulatiestilstand krijgen in het ziekenhuis.

Voorwaarden daarbij zijn dat het plaatsvindt in centra waar ECMO snel beschikbaar is, dat er hoogst waarschijnlijk sprake is van een potentiële reversibele oorzaak en dat er snel met adequate reanimatie begonnen wordt. Hoewel het logisch lijkt dat het zo snel mogelijk aansluiten van ECMO een betere kans op overleving

geeft, blijkt de duur van reanimatie voorafgaande aan ECPR in de grote meerderheid van de studies geen risicofactor voor verhoogde mortaliteit te zijn. Het snel starten met reanimeren en een goede kwaliteit reanimatie zijn belangrijkere prognostische factoren. In de literatuur bedraagt de gemiddelde duur van CPR tot start ECMO 45-60 minuten, waarbij goede (neurologische) uitkomsten zijn beschreven bij reanimaties > 90 minuten (max 220 min). De meeste centra overwegen alleen ECMO bij kinderen die in het ziekenhuis worden gereanimeerd. De overleving van kinderen die buiten het ziekenhuis worden gereanimeerd is namelijk zo laag dat ECMO bij deze groep niet in aanmerking komt. De enige uitzondering hierop zijn kinderen die ten gevolge van diepe hypothermie moeten worden gereanimeerd. Bij deze groep kan ECMO worden gebruikt voor het opwarmen van de patiënt en het ondersteunen van circulatie en respiratie. De reanimatieraad adviseert in de nieuwe richtlijnen om diep hypotherme (< 32 graden) kinderen op te warmen met ECMO. Hypothermie bij kinderen die ook asfyxie (zuurstoftekort) hebben gehad, zoals bij verdrinking, heeft een slechte prognose.

De ECMO-'behandeling'

De bloedflow wordt initieel op 100-150 ml/kg/minuut ingesteld en vervolgens getitreerd naar de behoefte van de patiënt. Zo heeft een gesedeerd kind een lagere cardiac output nodig dan een septisch ziek kind met hoge koorts. Een ziek hart met een slechte ventriculaire functie dat ondersteund gaat worden door ECMO heeft vaak ineens te maken met een verhoogde afterload doordat de arteriële canule een hoge flow richting de aortaklep spuit. Meestal kan het hart nog wel blijven kloppen. Maar deze verhoogde afterload kan er toe leiden dat het hart (tijdelijk) niet meer in staat is om voldoende contractiliteit op te bouwen om de linkerventrikel leeg te pompen en de aortaklep te openen ('cardiac stun'). De lichaamscirculatie van de patiënt is weliswaar gewaarborgd door het ECMO-systeem, maar het gevaar bestaat dat de linker harthelft hierdoor opzwelt. Dat beperkt de doorbloeding van de kransslagaderen en maakt het

herstel van het hart moeilijker of zelfs onmogelijk, waardoor de kans op overlijden stijgt. Als eerste probeert men een zo laag mogelijke ECMO-flow te draaien zodat er voldoende lichaamsdoorbloeding is, maar zo min mogelijk afterload voor het zieke hart. Het kan echter nodig zijn om de linkerkant van het hart te ontlasten door een extra canule in het linkeratrium te plaatsen die aangesloten wordt op de veneuze kant van het ECMO-systeem. Een andere oplossing kan zijn om een atriumseptumdefect te creëren waardoor bloed van het linkeratrium naar het rechteratrium kan stromen; hier zal het worden opgezogen in de veneuze canule om zo aan de circulatie deel te blijven nemen.

De ECMO-pomp levert een continue flow. Dit betekent dat als het hart niets doet er geen pulsaties te voelen of te zien zijn op een arteriële drukcurve. Vaak levert het hart nog wel enige output en zullen er ook pulsaties op de arteriële drukcurve te zien zijn, maar die zijn doorgaans minder uitgesproken dan bij een volledig normaal functionerend hart. Bij een cardiac stun, het totaal wegvallen van eigen cardiac output, zal de arteriële drukcurve dus zelfs helemaal verdwijnen. Als dit optreedt, kunnen we dit fenomeen gebruiken om de kracht van het hart te beoordelen. Want terugkeer van een normale arteriële drukcurve is een teken van herstel van het hart. Een echo van het hart kan ook behulpzaam zijn om herstel in kaart te brengen, maar alleen als de ECMO-flow tijdelijk verminderd wordt; anders geeft dit een vertekend beeld want de ECMO 'helpt' immers 'mee'.

De manier van ondersteuning met ECMO is zeer patiëntafhankelijk. Zo hebben kinderen met aangeboren hartafwijkingen een breed spectrum aan verschillende pathofysiologische kenmerken die allemaal een eigen ECMO-aanpak vragen. De moeilijkste groep betreft kinderen met hartafwijkingen waarbij geen volledige correctie mogelijk is, een zogenaamd univentriculair hart. Zij volgen vaak een palliatief traject met meerdere operaties. Als ze ergens in de levensjaren tijdens dat traject ECMO nodig hebben rond een operatie, vergt dit

een heel specifieke aanpak met behulp van canulatie en ECMO-beleid.

Specifieke verpleegkundige zorg

De verpleegkundige zorg voor een kind dat aan de ECMO ligt, is gelijk aan de zorg voor een standaard postcardiochirurgische IC-patiënt, maar er zijn een aantal belangrijke specifieke aandachtspunten. Daarom worden alle verpleegkundigen en artsen die ECMO-patiënten behandelen, extra geschoold. De patiënt is na het aansluiten van de ECMO hemodynamisch stabiel dan voorheen en de vasoactieve medicatie kan bij VA-ECMO meestal worden afgebouwd. Het doel van de ECMO is om adequate lichaamscirculatie te garanderen terwijl het hart de kans krijgt te herstellen. Als het nodig is, kan de beademing worden afgebouwd naar een zogenaamde rustbeademing met als doel de longen te laten herstellen. In principe wordt de beademing ingesteld op een normaal ademteugvolume met zo laag mogelijke beademingsdrukken, lage frequentie en een laag zuurstofgehalte. Bij zuurstof- en ventilatieproblemen worden de instellingen van de ECMO gewijzigd en niet die van de beademingsmachine. Om het bloed in het ECMO-systeem niet te laten stollen, wordt de patiënt aan de ECMO gehepariniseerd, waardoor het risico op bloedingen groot is. Het reguleren van de mate van antistolling is een continu balanceren tussen het risico op stolsels en het risico op bloedingen. Over het algemeen wordt getracht de stollingstijd circa 2-3 maal te verlengen. Verlies van bloed en van stollingsfactoren dient te worden aangevuld met erythrocyten, plasma en trombocyten. Ook is het van belang afspraken met de bloedbank te maken zodat er altijd en direct voldoende bloed aanwezig en gereserveerd is voor de ECMO-patiënt voor acuut gebruik tijdens noodsituaties. Bij een patiënt aan ECMO is er in de meeste centra 24 uur per dag een ECMO-verpleegkundige aan het bed aanwezig. De druk over de aanvoerende en afvoerende canules wordt bewaakt omdat die van invloed zijn op de uiteindelijke cardiac output die door de centrifugaal pomp wordt geleverd. De verpleegkundige aan het bed bewaakt de trends in deze drukken en flow alsmede de parameters

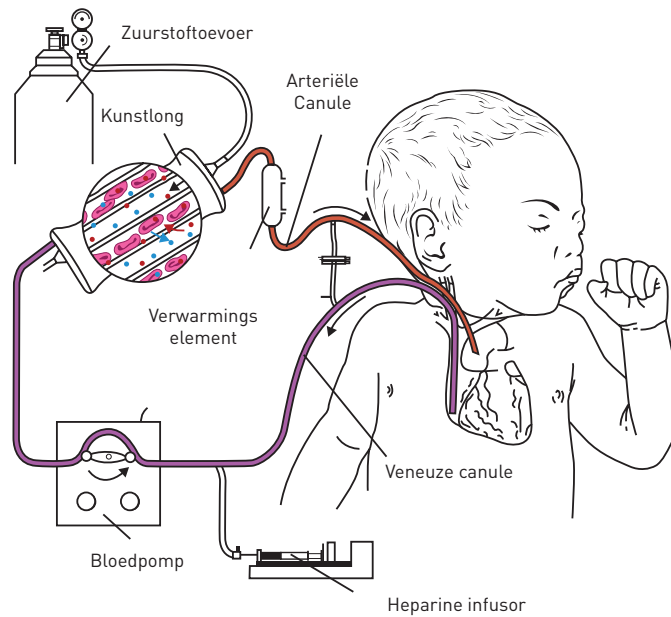
van de patiënt zelf. De verpleegkundige controleert zeer regelmatig het hele circuit op zichtbare stolsels en luchtbellen. Sedatie en pijnstilling zijn meestal noodzakelijk om bewegingen en daarmee dislocatie van de canules tegen te gaan. Er vinden frequente pupilcontrole en echo van de hersenen plaats bij open fontanel om hersenbloedingen en -schade vroegtijdig te herkennen.

Als reactie op de slechte circulatie voorafgaand aan ECMO is de diurese doorgaans de eerste 24 tot 48 uur na aansluiten van ECMO vermindert; diuretica kunnen nodig zijn. De meeste patiënten zijn overvuld en oedeematus zodanig tevens vochtbeperking noodzakelijk is. Soms is nierfunctievervangende therapie noodzakelijk en wordt een CVVH-machine (Continu Venoveneuze Hemofiltratie) op de ECMO-machine aangesloten.

ECMO is geen contra-indicatie voor enterale voeding en die wordt dan ook zo snel mogelijk gestart. Is er voorafgaand aan ECMO echter een periode van hypoxie geweest waarbij ook het risico op slechte darmperfusie bestond, dan kan er eerst met parenterale voeding worden gestart. Ontlasting moet worden gecontroleerd op bloedverlies en melaena.

Standaard antibiotische profylaxe is niet geïndiceerd. Het ontstaan van infecties is echter moeilijk te monitoren omdat standaardtests vaak al verstoord zijn. Het CRP is veelal licht verhoogd als reactie op het lichaamsvreemde materiaal van ECMO. De patiënten ontwikkelen meestal geen koorts - zeker kleine kinderen niet- aangezien het bloed buiten het lichaam sterk afkoelt en juist door het ECMO-systeem opgewarmd moet worden. Meestal wordt een streeftemperatuur afgesproken aan de hand waarvan de verwarmers wordt aangepast.

Door frequent voorkomende nierfunctiestoornissen, een ander verdelingsvolume en andere klaring door het ECMO-systeem is regelmatig controle van medicatiespiegels en aanpassing van medicatiedosering noodzakelijk. Bij wisselrigging en bij elke positieverandering - ook bij het maken van thoraxfoto's - moeten tegelijkertijd het lichaam en de canules worden meebevoegd in verband met dislocatiegevaar van de canules. Hierdoor is het ook niet altijd mogelijk om goede wissel-



Figuur 5: Schematische voorstelling van een ECMO-systeem.

ligging toe te passen. De patiënt heeft een verhoogd risico op drukplekken en necrose vanwege slechte circulatie voorafgaand aan ECMO en wordt op een anti-decubitus matras verpleegd.

Overleving na cardiale ECMO

De verwachte duur van ECMO-ondersteuning hangt af van het onderliggende probleem. Als de ventriculaire functie herstelt, gebeurt dat over het algemeen binnen vijf dagen na hartchirurgie. Herstel van myocarditis of cardiomyopathie kan enkele weken duren. Het afbouwen van ECMO en het bepalen van het moment van decanulatie is niet eenvoudig en vergt een ervaren behandelteam. De overleving van de cardiale ECMO bij kinderen ligt wereldwijd over het algemeen rond de 50%, omdat het vaak kinderen betreft met zeer complexe hartafwijkingen en doorgaans met een zeer matige cardiale functie of reserve.

De overleving na ECPR bedraagt ook circa 50%. Deze goede resultaten bij kinderen die anders zeker zouden zijn overleden, komen waarschijnlijk omdat er direct een goede systeemcirculatie kan worden gegarandeerd zonder gebruik van vasoactieve medicatie en inotropica, waardoor er minder multi-orgaanfalen optreedt. Bij neurologische follow-up heeft circa 79% van de overlevenden een normale neurologie (geen afwijkingen tot milde beperking met normaal IQ).

Kinderen zijn per definitie nog in de groei en maken een neurologische

ontwikkeling door. Er is helaas nog weinig bekend over de verdere neurologische ontwikkeling van kinderen met aangeboren hartafwijkingen en/of kinderen die met ECMO zijn ondersteund. Het is belangrijk hen na ontslag te blijven vervolgen zodat beperkingen in ontwikkeling vroegtijdig kunnen worden geïdentificeerd en hulp geboden kan worden. ♥

Literatuur

1. Chauhan S, Malik M, Malik V, Chauhan Y, Kiran U, Bisoi AK. Extra corporeal membrane oxygenation after pediatric cardiac surgery: A 10 year experience. *Ann Card Anaesth* 2011;14:19-24.
2. Annich GM, Lynch WR, MacClaren G, Wilson JM, Bartlett RH (Eds): *Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care*, 4th edition. Ann Arbor, Michigan, 2012.
3. Joffe, A.R., L. Lequier, and C.M. Robertson. Pediatric outcomes after extracorporeal membrane oxygenation for cardiac disease and for cardiac arrest: a review. *ASAIO J*, 2012. 58(4): p. 297-310.
4. Mw. C. W. A. Augusteijn, dr. J. F. M. Bruinenberg, F. A. M. van den Dungen, mw. J. van Drenth, dr. J. Dudink, T. Eikendal, C. A. Weijenberg (2015). *Richtlijnen Reanimatie in Nederland*. Den Haag: Nederlandse Reanimatie Raad.
5. Raymond TT, Cunyngnam CB, Thompson MT, et al. Outcomes among neonates, infants, and children after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory in-hospital pediatric cardiac arrest: A report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 2010(11);3:362