

Gäller för: Verksamhet Thorax och kardiologi  
Innehållsansvar: Bengt Redfors, (benre1), Överläkare  
Godkänd av: Kristofer Skoglund, (krisk3), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-05-27

Giltig till: 2027-05-26

Sahlgrenska Universitetssjukhuset

# ECMO och andra korttidsassistenter

---

Omvårdnadsrutin och teknisk information

## Innehållsförteckning

<a href="#">SYFTE</a>	4
<a href="#">BAKGRUND</a>	4
<a href="#">INDIKATION</a>	5
<a href="#">KONTRAINDIKATION</a>	5
<a href="#">GENERELL PLAN</a>	5
<a href="#">ECMO-KRETSEN</a>	6
<a href="#">CARDIOHELP</a>	9
<a href="#">ROTAFLOW</a>	11
<a href="#">FUNKTION VV-ECMO</a>	12
<a href="#">KANYLERING</a>	13
<a href="#">Dubbellumenkateter (Avalon®)</a>	13
<a href="#">Tvåkanylskanylering</a>	13
<a href="#">Perifert kanylerad VA-ECMO vid respiratorisk svikt</a>	14
<a href="#">VAV-ECMO</a>	14
<a href="#">FUNKTION VA-ECMO OCH VAD</a>	15
<a href="#">KANYLERING</a>	16
<a href="#">Perifert kanylerad VA-ECMO</a>	16
<a href="#">Centralt kanylerad VA-ECMO</a>	18
<a href="#">Centralt kanylerad VA-ECMO med vänster förmaksvent</a>	19
<a href="#">BiVAD med vänster förmakskanyl</a>	19
<a href="#">BiVAD med vänster kammarkanyl</a>	20
<a href="#">Temporär LVAD</a>	21
<a href="#">Temporär RVAD</a>	21
<a href="#">VÅRDPRINCIPER</a>	22
<a href="#">Antikoagulantia</a>	22
<a href="#">Avveckling</a>	22
<a href="#">Infektionsprofylax</a>	22
<a href="#">Förberedelse inför mottagande av patient</a>	23
<a href="#">Provtagning</a>	23
<a href="#">Skötsel och omläggning av ECMO-kanyler</a>	24
<a href="#">Transport av patient</a>	24
<a href="#">OMVÅRDNAD VV-ECMO</a>	25
<a href="#">Andning</a>	25
<a href="#">Cirkulation</a>	26
<a href="#">OMVÅRDNAD VA-ECMO</a>	27
<a href="#">Andning</a>	27

<a href="#">Cirkulation</a> .....	28
<a href="#">OMVÅRDNAD GEMENSAMT VID VV- OCH VA-ECMO</a> .....	30
<a href="#">Elimination</a> .....	30
<a href="#">Hud/Vävnad</a> .....	30
<a href="#">Aktivitet/Mobilisering</a> .....	30
<a href="#">Sedering/Vakenhetsgrad/Neurologi</a> .....	30
<a href="#">ANSVARSFÖRDELNING</a> .....	31
<a href="#">DOKUMENTATION</a> .....	31
<a href="#">REFERENS</a> .....	31
<a href="#">AKUTRUTINER</a> .....	32
<a href="#">VV-ECMO och VA-ECMO</a> .....	32
<a href="#">VT/VF/asystoli temporär LVAD</a> .....	32
<a href="#">Pumpstopp temporär LVAD</a> .....	32
<a href="#">VT/VF/asystoli temporär RVAD</a> .....	33
<a href="#">Pumpstopp temporär RVAD</a> .....	33
<a href="#">BILAGA 1: Akutrutin vid ECMO-behandling</a> .....	34
<a href="#">BILAGA 2: Handveva Cardiohelp</a> .....	35
<a href="#">BILAGA 3: Handveva Rotaflow</a> .....	36

## SYFTE

Rutinen syftar till att ge en enhetlig vård samt dokumentation baserad på kunskap, erfarenhet och forskningsresultat. Att systematisera och effektivisera omvårdnadsarbetet och säkerställa patientens vård och omhändertagande på ett optimalt sätt, att förebygga komplikationer samt att minska risken att fel och brister uppstår. Gäller för intensivvårdssjuksköterskor och annan vårdpersonal som deltar i behandlingen av patienter med korttidsassistier.

## BAKGRUND

MCS (Mechanical Circulatory Support) är samlingsnamn för olika assistier. ECLS (Extracorporeal Life Support) är ett samlingsbegrepp för olika former av cirkulatoriskt och respiratoriskt stöd som ges under kortare tid. När en oxygenator är kopplad till systemet för att stödja lungans gasutbyte benämner man detta ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation) dvs. syresättning av blodet utanför kroppen genom ett membran.

ECMO används antingen när patientens respiration är så påverkad att man med optimal respiratorbehandling inte kan hålla syresättning eller koldioxidborttag tillräcklig eller när patientens cirkulation inte är förenlig med liv trots maximal inotrop behandling.

Patientens blodcirkulation ansluts till en extern blodpump och en artificiell lunga, en så kallad oxygenator, där utbyte av syre och koldioxid sker. Det ger således ett temporärt livsuppehållande stöd.

När blod leds ut från en central ven, syresätts, och ges tillbaka till den venösa cirkulationen benämns detta venovenös ECMO (VV-ECMO). ECMO:n hjälper således till att syresätta blodet men ger inget cirkulatoriskt stöd och används vid grav respiratorisk svikt.

Behandlingstiden är allt från någon vecka till flertal veckor.

När blod leds ut från en central ven, syresätts, och ges tillbaka till den arteriella cirkulationen benämns detta venoarteriell ECMO (VA-ECMO). ECMO:n ger både respiratoriskt och cirkulatoriskt stöd och används vid grav cirkulatorisk svikt.

Om endast hjärtfunktionen sviktar ges mekaniskt cirkulationsstöd s.k. Ventricular Assist Device (VAD). Benämningen VAD specificerar inte om det är vänster, höger eller båda kamrarna som är avlastade. För att specificera detta används istället benämningarna Left Ventricular Assist Device (LVAD), Right Ventricular Assist Device (RVAD), Biventricular Assist Device (BiVAD).

Behandlingstid vid VA-ECMO och korttids VAD är begränsad till någon vecka.

Behandling med ECLS börjar oftast med att man anlägger ECMO för att stabilisera patientens cirkulation och/eller respiration. När patienten stabiliserats har tid vunnits för ställningstagande till patientens fortsatta behandling. Behandlingen syftar till att patienten ska återhämta sig i sin organfunktion eller möjligen bli aktuell för transplantation. Om någon av dessa möjligheter ej finns ska man avsluta behandlingen.

Om lungorna inte återhämtat sig kan enstaka utvalda patienter hjälpas genom lungtransplantation, medan patient med cirkulatorisk svikt kan bli aktuell för hjärttransplantation. I väntan på hjärttransplantationen anläggs en mekanisk långtidsassist. Mekaniska hjärtan som används hos oss är HeartMate 3 (LVAD) och Excor (BiVAD).

Behandlingstiden är månader till år.

## INDIKATION

### *Indikation VV-ECMO*

Grav respiratorisk svikt vid t.ex. infektion, ARDS, trauma, lungemboli, kronisk lungsjukdom i väntan på lungtransplantation och/eller postoperativt vid lungtransplantation. Sjukdomar med dålig lungfunktion som är livshotande men med en trolig god prognos om grundsjukdomen får läka.

### *Indikation VA-ECMO*

Grav cirkulatorisk svikt t.ex. efter hjärtkirurgi, vid hjärtinfarkt, dilaterad kardiomyopati, myokardit och lungemboli. Underliggande orsak bedöms vara reversibel eller patient kan tänkas vara kandidat för långtidsassist och transplantation.

## KONTRAINDIKATION

### *Kontraindikationer VV- och VA- ECMO*

Irreversibel organskada

Begränsade chanser till överlevnad på grund av:

1. Ålder över 65 (-70) år
  - Enstaka utvalda patienter med akut cirkulationssvikt, som har en god möjlighet att ta över cirkulationen själv efter kort ECMO-tid, kan bli aktuella även om de är över 70 år
2. Allvarlig komorbiditet eller andra omständigheter som resulterar i kraftigt reducerad förväntad livslängd

## GENERELL PLAN

### *Generell plan för omhändertagande av patient med VA-ECMO*

1. Patientens cirkulation stabiliseras med hjälp av ECMO
2. Bedömning om patienten kan bli aktuell för långtidsassist eller ej
3. Dagligt ställningstagande till om patienten kan weanas eller behöver kopplas om till annan temporär kanylering
4. Cerebralt status utvärderas
5. Assist avvecklas eller långtidsassist läggs

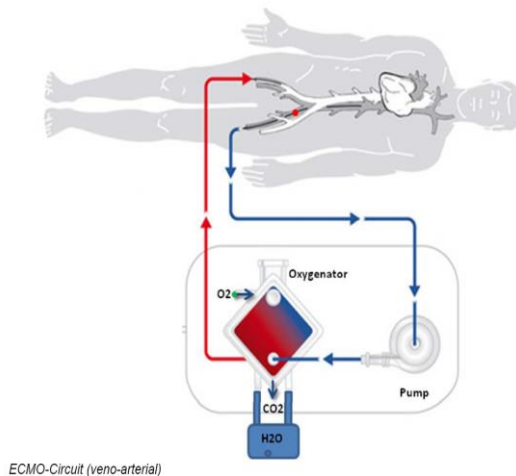
Målet är att komma till långtidsbehandling eller avslut inom 1 (-2) vecka/or

## ECMO-KRETSEN

ECMO-kretsen består av:

- slangar
- centrifugalpump
- oxygenator
- svepgasflöde (gas/O<sub>2</sub>) regulator
- värmväxlare

**Slangarna** är heparincoatade för att minska inflammatorisk aktivitet och risk för koagelbildning. Slang från patient är märkt med blå markering/linje och slang till patient är märkt med röd markering/linje.



**Centrifugalpumpen** styrs av ett magnetfält och driver blodet framåt i kretsen. En centrifugalpump ger ett kontinuerligt blodflöde. Pumpen behöver vara fylld med vätska för att den ska fungera. Den är inte oklusiv vilket innebär att om pumpen stannar kan blodet flöda baklänges genom kretsen. Detta innebär att **vid ett eventuellt pumpstopp klampas röd slang för att förhindra backflöde!**

Flödet i pumpen beror på varvtal (lågt varvtal ger lågt flöde och högt varvtal ger högt flöde) men även kanyldiameter, kanyllängd samt blodtrycken vid ven och artärkanylerna. Det vill säga en stor venkanyl i bra läge och stor artärkanyl på en patient med lågt MAP ger högt flöde vid lågt varvtal. Små kanyler på en patient med högt MAP ger lågt flöde vid högt varvtal. Maximalt varvtal är 5000 varv/min men kliniskt hålls 1800 - 4000 varv/min för att ge tillräckligt flöde, dock bör flödet vara  $\geq 2$  liter/min för att undvika och förhindra trombbildning i systemet.

Centrifugalpump Rotaflow



Centrifugalpump Cardiohelp



**Oxygenatorn** som används innehåller rörformade trådar med porer som är mindre än  $1\mu\text{m}$ , så kallade hollowfiber. Gasen flödar genom de rörformade trådarna och gasutbytet sker via diffusion. Trycket på blodsidan skall alltid vara högre än på gassidan, annars finns risk för gasembolier i blodet. Detta kan hända om gasutflödet i oxygenatorns undre del blockeras eller om ECMO:n stannar.

För att hålla oxygenatorn fri från kondens ska den luftas. ***En gång per pass blåser sjuksköterskan bort kondens från oxygenatorn genom att höja svepgasflödet till 10 l under cirka tre sekunder och sedan återställa till tidigare inställning.*** Normalt är att några droppar av klar vätska rinner ut från oxygenatorns undre del. Om större mängd vätska eller plasmaliknande vätska ses ska perfusionist meddelas omedelbart.

Oxygenatorn är trombogen och membran kontrolleras för att registrera "klotting". Mörkare partier kan tyda på koagler, ljusare strimlor indikerar fibrintrådar. Gasutbytet kan påverkas om fibrin/koagelpåläggningar ökar.



Oxygenator



**Svepgasflöde (gas/O<sub>2</sub>) regulator.** Gasutbytet styrs med en regulator för svepgas och en regulator för syrgas.

Svepgas anges i liter per minut (air/O<sub>2</sub> LPM). Andel syrgas anges i % (O<sub>2</sub>%) av svepgasflödet.

Justering av koldioxid sker genom att öka eller sänka svepgasflödet. På vänster sida sitter den stora gasflödesregulatorn (0,5-15 LPM) som vi oftast använder. Den lilla gasflödesregulatorn (0,1-1 LPM) på höger sida är anpassad för barn men används även hos oss då behov finns. Nivån avläses mitt på kulan.

Gasflödesregulatorn styr hur mycket koldioxid som extraheras från blodet, på samma sätt som minutvolymen i respiratorn gör. Högt flöde ger lågt koldioxid i blodet och vice versa.

Justering av syrgas sker genom att förändra O<sub>2</sub>-fraktionen i svepgasflödet via O<sub>2</sub>-regulatorn.

***Justering av syrgas och svepgasflöde görs i samråd med läkare.***

Svepgasflödesregulator



O<sub>2</sub>-regulator

OBS! Utskriven version kan vara ogiltig. Verifiera innehållet.

**Värmareväxlarens slangar** kopplas till oxygenatorn. Vattnet från värmareväxlaren pumpas genom speciella vattenfibrer i oxygenatorn och värmer eller kyler blodet beroende på patientens behov. Temperaturen på vattnet regleras på värmareväxlarens framsida och temperaturen kan regleras mellan 15-39 grader.

Vid korrigering av inställd temperatur meddelas läkare eller perfusionist.

***En gång/pass dokumenterar sjuksköterska inställd temperatur på checklista.***





## CARDIOHELP

Cardiohelp är en portabel ECMO-apparat där centrifugalpump och oxygenator (HLS-set (Maquet™)) integrerats till en enhet. Dess kontrollenhet övervakar bl.a. flöde, slangtryck och ingående syrgasmättnad.

Styrenheten presenterar flera mätvärden och ger möjlighet till inställningar.

**Varvtalet (RPM=Revolutions Per Minute)** justeras med hjälp av ratten på kontrollenheten. Varvtalet ställs in på ett värde mellan 1800-4000 RPM. Varvtalet är konstant vilket betyder att pumpen använder samma varvtal hela tiden för att dra blod från patienten via venslangen och sedan ge tillbaka det till patienten igen via artärslangen.

**RPM dokumenteras på IVA-kurvan kl. 06 och vid ändring.**

För att justera varvtal och larmgränser måste skärmlåset låsas upp. Detta kan man göra genom att hålla lås upp knappen intryckt i 4 sekunder eller att röra vid touchskärmen och sedan trycka på rutan med en 1:a följt av rutan med en 2:a i dialogrutan som visas.

**Justeringar av varvtal är en uppgift för läkare och perfusionist.**

**Flödet (LPM=liter per minut)** är det uppmätta blodflödet och detta varierar beroende på vilket varvtal som ställts in, kanyldiameter, kanylängd, blodtrycken vid ven och artärkanylerna samt fyllnad. Flödet kan hållas så lågt som 2 liter/minut om patienten är väl antikoagulerad. Vid lägre flöde finns risk för koagelbildning i ECMO-systemet.

**LPM dokumenteras på IVA-kurvan varje timma. Vid flöden under 2 liter/minut meddelas läkare.**

**Pven** är trycket som apparaten mäter på vensidan. Mätvärdet är i princip alltid negativt och varierar med inställt varvtal och kanylstorlekar, men även på kanylläge, patientens fyllnadsgrad och total slanglängd. Detta tryck ska helst inte bli mer negativt än -70 mmHg, men negativa tryck på -100 mmHg kan också accepteras. Mycket negativa tryck kan skapa gasbubblor och hemolys. Larmgränser ställs in av läkare eller perfusionist (individuella larmgränser). När Pven-trycket understiger nedre larmgräns sänks varvtalet så att venkanylen inte suger fast. Om Pven blir mer negativt vid oförändrat varvtal kan orsaken vara; hypovolemi, knickade slangar, patient hostar eller förändring av venkanylens läge.

**Pven dokumenteras på IVA-kurvan varje timma och vid Pven-larm samt nedvarvning meddelas läkare.**

$\Delta P$  (*deltetryck*) är tryckfallet över oxygenatorn det vill säga skillnaden mellan trycket före och efter oxygenatorn. Normalt tryckfall över membranen är 20-40 mmHg (beroende av flöde). Deltetrycket stiger när oxygenatorn börjar trombotiseras. Ska normalt inte vara över 40 mmHg. Om snabbt stigande eller  $\geq 40$  mmHg ska perfusionist kontaktas för eventuellt byte av oxygenator. Larmgränsen är satt till 40 mmHg som standard men kan ändras av perfusionist.

**Perfusionist kontrollerar dagligen oxygenatorn efter fibrin/koagelpåläggningar.**

**Om pumpen larmar för högt  $\Delta P$  ska perfusionist kontaktas.**

**$\Delta P$  dokumenteras på IVA-kurvan varje timma.**

$SvO_2$  mäts i venslangen och visar saturationen på venblodet i ECMO:n. Tänk på att detta är ECMO:ns  $SvO_2$ , beroende på var kanylerna ligger kan värdet skilja sig väldigt mycket från patientens  $SvO_2$ .  $SvO_2$  larmgränser ställs in av läkare eller perfusionist (individuella larmgränser). Om lågt  $SvO_2$  meddelas läkare.

**$SvO_2$  dokumenteras på IVA-kurvan varje timma.**

**Part** är trycket efter oxygenatorn. Det påverkas av MAP, diametern på artärkanylen, längden på artärslangen och flödet (som i sin tur beror på varvtalet). Detta värde dokumenteras inte.

### **Bubbellarm**

Risk finns för luftinträde i systemet t.ex. om venkanylen åker ut. Vid massivt luftinträde på vensidan hörs luft i systemet, framförallt i oxygenatorn och flödet (LPM) kommer att sjunka. Om inget flöde i ECMO:n följ akutrutiner (se **Bilaga 1**).

Trycksidan i systemet, efter pumpen, är den mindre farliga sidan vad gäller luftinträde. Om artärkanylen åker ut sprutar blod ut. Dock som en säkerhetsåtgärd finns en kombinerad bubbelvakt/flödessensor placerad på artärsidan. Om bubbelvakten detekterar luft kommer en varningssignal och ett varningsmeddelande "Arteriell bubbla identifierad".

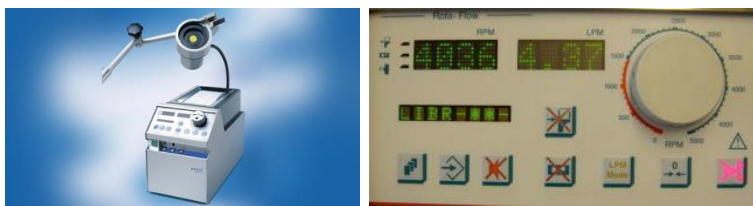
**Kontakta perfusionist omedelbart.**

### **Strömförsörjning Cardiohelp**

Styrenheten ska vara ansluten till prioriterad nätström. Perfusionist ansvarar för anslutning av enheten. Sjuksköterska kontrollerar en gång/pass att lysdiod "elnät" lyser grönt och att stickproppsymbol finns på pekskärm (**Figur 1**). Om inte kontaktas perfusionist.



Figur 1 Strömförsörjning Cardiohelp



## ROTAFLOW

Rotaflow är en enklare styrenhet och man kan använda enheten både med och utan oxygenator. Centrifugalpumpen sitter monterad på en arm och efter denna kan en oxygenator kopplas in i kretsen. Eftersom den även fungerar utan oxygenator används den ofta vid t.ex. BiVAD. På styrenheten kan man justera varvtalet och blodflödet presenteras men inga tryck mäts, dock finns bl.a. larm för lågt blodflöde. Detta larm ställs in av perfusionist 0,5-1 liter lägre än uppmätt flöde.

Följande mätvärden presenteras:

**Varvtalet (RPM=revolutions per minut)** justeras med hjälp av ratten på kontrollenheten. Varvtalet ställs in på ett värde mellan 1800-4000 RPM. Varvtalet är konstant vilket betyder att pumpen använder samma varvtal hela tiden för att dra blod från patienten via venslangen och sedan ge tillbaka det till patienten igen via artärslangen.

**RPM dokumenteras på IVA-kurvan kl. 06 och vid ändring.**

Varvtalet ställs in genom att trycka in reglageratten och mycket försiktigt skruva på den.

**Justeringar av varvtal är en uppgift för läkare och perfusionist.**

**Flödet (LPM=liter per minut)** är det uppmätta blodflödet och detta varierar beroende på vilket varvtal som ställts in, kanyldiameter, kanyllängd, blodtrycken vid ven och artärkanylerna samt fyllnad. Flödet kan hållas så lågt som 2 liter/minut om patienten är väl antikoagulerad. Vid lägre flöde finns risk för koagelbildning i ECMO-systemet.

**LPM dokumenteras på IVA-kurvan varje timma. Vid flöden under 2 liter/minut eller mycket fluktuerande meddelas läkare.**

Om flödesmätaren inte kan registrera blodflöde kommer ett s.k. SIG-larm (signallarm).

**Kontakta alltid perfusionst vid SIG-larm.**

Då denna enhet inte mäter tryckfallet över oxygenatorn,  $\Delta P$ , **kontrolleras blodpump och oxygenator efter fibrin/koagelpåläggningar av sjuksköterska 1 gång/pass. Om detta finns meddelas läkare och perfusionist. Även perfusionist gör dagliga kontroller.**

### Strömförsörjning Rotaflow

Styrenheten ska vara ansluten till prioriterad nätström.

Perfusionist ansvarar för anslutning av enheten.

Sjuksköterska kontrollerar en gång/pass att symbol ”elnät” lyser grönt (Figur 2). Om inte kontaktas perfusionist.



Symbol "elnät" lyser grönt när enheten är ansluten till nätström.

Symbol "batteriladdare" lyser efter batteridrift, slocknar kort efter anslutning till nätström.

Figur 2 Strömförsörjning Rotaflow

## FUNKTION VV-ECMO

Venovenös ECMO används vid grav respiratorisk svikt. En venkanyl placeras på vensidan och via venslangen förs blodet till blodpumpen och vidare till oxygenatorn där blodet syresätts och koldioxid extraheras. Via artärslangen pumpas blodet tillbaka till patienten och till den venösa cirkulationen.

Kanylering sker via vena jugularis interna och vena femoralis, alternativt dubbellumenkanyl via vena jugularis interna.

VV-ECMO ger således inget cirkulatoriskt stöd.

Det grundläggande målet är att syresätta så stor volym blod varje minut att den totala syretillförseln till blodet blir tillräckligt hög, i förhållande till patientens syreförbrukning. Detta åstadkoms genom att försöka syresätta det mesta av blodet innan det flödar vidare till lungkretsloppet.

Det finns dock två stora problem som minskar VV-ECMO:ns effektivitet. Dels kan inte den kanyl (venkanylen) som ska suga upp allt blod göra det, vilket skapar en shunt där icke syresatt blod flödar direkt till höger kammare. Dessutom kommer redan syresatt blod att sugas in i ECMO:n en andra gång, så kallad recirkulation, vilket minskar ECMO:ns effektivitet ytterligare.

Oförmågan vid en VV-ECMO att ge adekvat arteriell saturation kan bero på för lågt flöde genom ECMO kretsen, vilket gör att för lite blod syresätts, eller för mycket recirkulation. Detta händer när kanyllägena är dåliga och/eller blodflödet högt, och sammantaget smiter då relativt stora mängder av icke syresatt blod förbi till höger kammare.

Även vid bra läge på kanylerna och när recirkulationen är låg kommer alltid viss del av blodet att shuntas förbi höger förmak utan att syresättas. Man får därför acceptera en lägre arteriell saturation än annars. När patientens lungor tillfrisknar, och därmed bidrar mer till syresättningen av blodet, kommer saturationen att förbättras.

Eftersom syretillförseln inte bara beror på saturationen utan även Hb och hjärtminutvolym, kan dock ett lite högre Hb och bra hjärtminutvolym hålla syretillförseln adekvat trots den lägre saturationen.

Behandlingstid är begränsad men kan i vissa fall pågå i månader.

## KANYLERING

### Översikt av kanylering vid respiratorisk svikt

#### **Dubbellumenkateter (Avalon®)**

En dubbellumenkateter (Avalon®) drar och ger blod i samma kanyl.

Kanylen drar blod från v cava inferior och superior, samt ger tillbaka i höger förmak. Punktionskärl är oftast i v jugularis interna på höger sida. Viktigt att katetern ligger så att den arteriella jet:en blir riktad mot tricuspidalisöppningen. Rätt rotation är när kateterns artärdel är riktad mot örat. Med en dubbellumenkateter förväntas en bättre syresättning än vid tvåkanylskanylering.

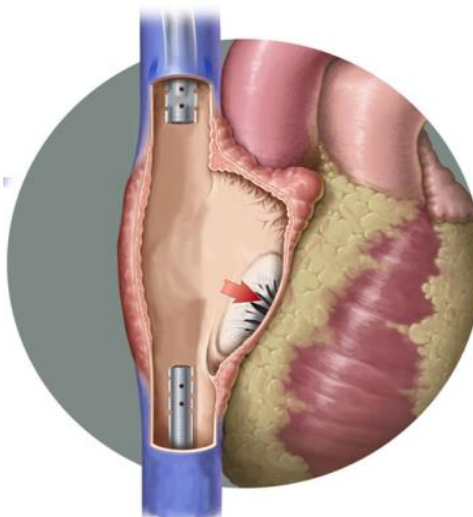
**Risker/Problem:** Låg saturation beroende på att för liten del av blodet som passerar in till hjärtat syresätts, på grund av för lågt blodflöde i ECMO:n. Kateterns läge kan ändras och om jet:en då inte riktar mot tricuspidalisöppningen ökar recirkulationen markant. Om katetern dislocerar och spetsen, som ska ligga i v cava inferior, hamnar i höger kammare skulle den kunna punktera hjärtväggen och orsaka en tamponad. Risk för cava superior syndrom (försämrat venavflöde från övre kroppshalva) om stor kateter på liten patient.



#### **Tvåkanylskanylering**

Två kanyler är inlagda, en i v cava superior och en i v cava inferior, blod dras ut ur den ena och ges tillbaka i den andra. Punktionskärl är oftast v jugularis interna och v femoralis på höger sida. Man kan välja att dra blodet uppåt (via v cava superior) eller nedåt (via v cava inferior). Vid bra läge på kanylerna kan man lyckas syresätta ca 75 % av blodet innan det åker in i höger kammare. Detta gör att man kan förvänta sig en saturation på 80-90 % i höger kammare.

**Risker/Problem:** Låg saturation beroende på att för liten del av blodet som passerar in till hjärtat syresätts, på grund av för lågt blodflöde i ECMO:n men man riskerar att öka recirkulationen om man ökar flödet för mycket. Denna typ av kanylering ger mer problem med recirkulation än när en dubbellumenkateter (Avalon®) används. Hur de två kanylerna ligger i förhållande till varandra är avgörande för behandlingen. T.ex. om kanyler ligger nära varandra ökar recirkulationen.



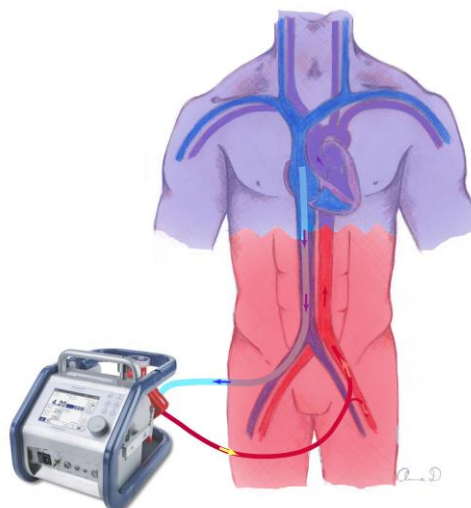
## Perifert kanylerad VA-ECMO vid respiratorisk svikt

Patienter med grav respiratorisk svikt kan få sekundär cirkulatorisksvikt varför man ibland inte vågar lägga dem på VV-ECMO-primärt utan väljer då en VA-ECMO.

När dessa patienter återfår sin cirkulation återhämtar sig hjärtat medan lungorna fortfarande har mycket dålig funktion. Dessa patienter löper mycket stor risk att få ett s.k. Harlequin syndrom. Detta syndrom innebär att det blod som det relativt pigga hjärtat pumpar genom lungorna, som inte syresätter blodet alls, kommer desaturerat att perfundera övre kroppshalvan. Undre kroppshalvan blir väl syresatt av blodet som gått genom ECMO:n, m.a.o. hypoxisk övre kroppshalva samtidigt som nedre kroppshalva är väl syresatt.

Ett Harlequinsyndrom åtgärdas genom att lägga en veno-arterio-venös ECMO (VAV-ECMO) eller, om hjärtat klarar perfundera kroppen, byta till VV-ECMO.

**Risker/Problem:** Övre kroppshalvan perfunderas av desaturerat blod och därmed stor risk för både coronar och cerebral ischemi.



## VAV-ECMO

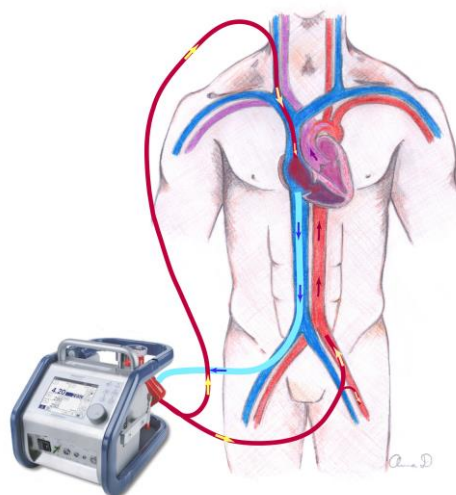
Om patienten, förutom sin grava respiratoriska svikt även har cirkulatorisk svikt kan omkoppling till en veno-arterio-venös ECMO (VAV-ECMO) vara bra. Ingången till VAV-ECMO är oftast:

**En patient på VV-ECMO** som utvecklar cirkulatorisk svikt ändras till en VAV-ECMO genom att kretsen utökas med en artärkanyl i a femoralis.

**En patient på VA-ECMO** som utvecklar grav respiratorisk svikt och Harlequin syndrom ändras till en VAV-ECMO genom att utöka kretsen med ytterligare kanyl i v cava.

Blod dras via en venkanyl i v cava inferior och ges tillbaka i v cava superior (vilken syresätter blodet innan det kommer till de icke fungerande lungorna) och a femoralis (som ger cirkulatoriskt stöd). På detta sätt får patienten ett partiellt cirkulatoriskt stöd samtidigt som blodet som passerar höger kammare syresätts.

**Risker/Problem:** Flödet som går i VV-respektive VA-delen kan behöva styras genom att försnäva ena skänkeln något. Flödet mäts alltid med separat flödesmätare. Utöver de problem som vid enbart VV-ECMO har vi de problem som en perifert kanylerad VA-ECMO kan medföra (*Var god se del om VA-ECMO*).



## FUNKTION VA-ECMO OCH VAD

Patienter som har så påverkad cirkulation att man bedömer att de har minuter kvar att leva kan återfå sin cirkulation med hjälp av en VA-ECMO.

En venkanyl placeras på vensidan och blod dras från höger förmak, via venslangen, till blodpumpen och vidare till oxygenatorn där blodet syresätts och koldioxid extraheras. Via artärslangen pumpas blodet sedan tillbaka till patienten, till den arteriella cirkulationen. Patienten får då både respiratoriskt och cirkulatoriskt stöd. Det blod som inte går via ECMO-systemet passerar vidare till lungkretsloppet, vilket betyder att hjärtat måste pumpa en viss del av hjärtminutvolymen.

Det grundläggande målet är att syresätta blodet och att upprätthålla patientens cirkulation tills hjärtfunktionen har återhämtat sig eller en långtidsassist lagts inför en transplantation.

Perifer kanylering är ofta ingångskanyleringen på de flesta patienter. Patienter som inte klarar återta sin cirkulation efter en hjärtoperation får istället kanyler lagda direkt till hjärtat, detta kallas central kanylering.

Vid komplikationer och då man önskar avlasta höger och vänster kammare var för sig eller bara en av dem, väljs kanyleringar som beskrivs närmare under rubrik "Översikt av kanylering vid cirkulatorisk svikt".

Behandlingstid vid VA-ECMO och korttids VAD är begränsad till någon vecka.

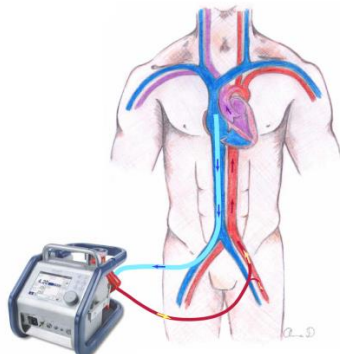
Om isolerad vänsterkammarsvikt upptäcks under ECMO-behandlingen kan en långtids LVAD (HeartMate 3) anläggas efter att patienten blivit godkänd för transplantation.

Om patient med biventrikulär svikt blir godkänd för transplantation anläggs en långtids BiVAD (Excor). För ytterligare information se rutindokument MCS- HeartMate 3 och MCS- Excor.

## KANYLERING

### Översikt av kanylering vid cirkulatorisk svikt

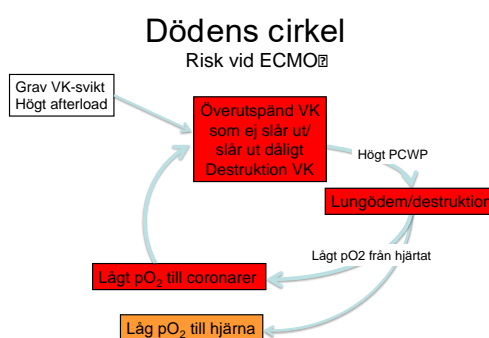
#### Perifert kanylerad VA-ECMO



När man snabbt behöver starta VA-ECMO kanyleras oftast vena och arteria femoralis, eftersom de är stora kärl och ofta ganska lätta att hitta. Eftersom blodet dras från höger förmak och ges tillbaka i a femoralis får man ett flöde i retrograd riktning i aorta. Den blodvolym som inte går via ECMO-systemet passerar vidare till lungkretsloppet och som vänster kammare pumpar vidare i aorta. Blodflödet från det slående hjärtat och ECMO-flödet möts i aorta. Det föreligger m.a.o. en dubbel cirkulation där ECMO:n och hjärta/lungor perfunderar och syresätter olika delar av kroppen. För att kunna ta hand om dessa patienter måste man förstå den dubbla cirkulationen och vilken del av kroppen som hjärtat respektive ECMO:n perfunderar:

- Större delen av kroppen perfunderas och syresätts av ECMO:n.
- Blodet som hjärtat slår ut, vilket är syresatt av lungorna, perfunderar coronarer, hö arm och hjärnhalva. I hur stor utsträckning beror på hur mycket hjärtat slår ut, se "Hjärtats & lungornas perfusionsområde" s. 27.
- Om hjärtat inte slår ut alls perfunderas och syresätts hela kroppen av ECMO:n.

Det retrograda ECMO-flödet innebär en ökad belastning för vänsterkammaren eftersom vänsterkammaren måste slå ut mot ett konstant högt afterload. Om den inte klarar det stasas blodet i lungkretsloppet, kraftigt förhöjda tryck byggs upp och orsakar lungödem, lungblödning och lungdestruktion. Vidare fylls vänster kammare successivt och kan bli överutspänd med kammarmuskeldestruktion som följd. Även om hjärtat orkar att slå ut men med kraftigt förhöjda fyllnadstryck (wedgetryck (PCWP)) kan lungorna fortfarande skadas. Blodet som kommer från hjärtat blir då dåligt syresatt och kan ge ischemi i de organ det perfunderar (coronarer, höger hjärnhalva). Denna onda cirkel kallas för dödens cirkel.

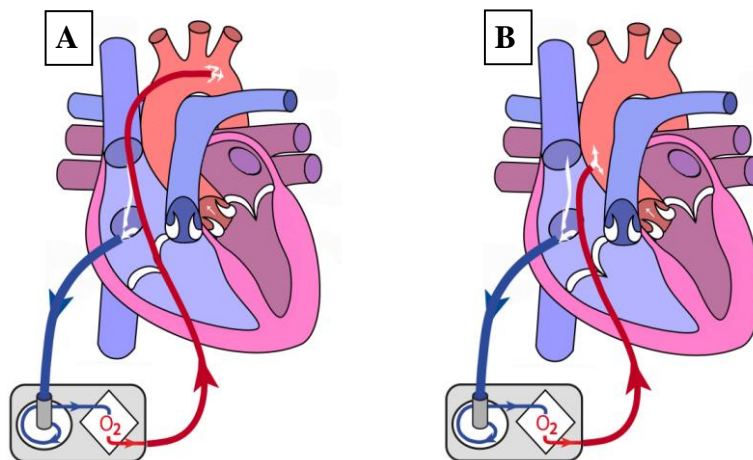


Ytterligare ett problem är att när blod står stilla i lungor, hjärta och aortarot är risken mycket stor att detta organiseras till stora tromber, om inte antikoagulationen är tillräcklig.

För att undvika dödens cirkel och trombbildning kan man ge inotropi, för att hjälpa hjärtat att pumpa blodet vidare, och lägga en aortaballongpump för att minska hjärtats afterload. Om detta inte räcker får man antingen byta till en kanylering där man även suger blod från vänster sida av hjärtat eller lägga en Impella®.

**Risker/Problem:** Dödens cirkel om vänster kammare inte klarar slå ut med låga fyllnadstryck. Även stor risk för tromber i lungor, hjärta och aortarot om stillastående blod. Cirkulationen i benet kan påverkas om a femoralis blir komprimerat distalt om artärkanylen.

## Centralt kanylerad VA-ECMO



Om patientens hjärta inte klarar ta över cirkulationen efter ECC kan centralt kanylerad VA-ECMO hålla patienten vid liv. Man kanylerar då höger förmak och aorta ascendens i operationssåret. Kanylerna kan antingen tunnelleras så att sternum kan slutas eller läggas mellan sternumhalvorna med öppet sternum som följd.

Vid central kanylering används antingen en artärkanyl som ligger med spetsen distalt i aortabågen (**figur A**) eller med spetsen strax ovan klaffplanet (**figur B**). Kanylspetsens läge är avgörande för vad ECMO:ns flöde kommer att syresätta.

**Risker/Problem om kanylspetsen distalt i aortabågen:** Blodet från ECMO:n kommer företrädesvis gå till vänster kroppshalva och aorta descendens. Blodet som hjärtat slår ut kommer, på samma sätt som vid perifert kanylerad VA-ECMO, perfundera coronarer, hö arm och hjärnhalva, till grad beroende på hur mycket hjärtat slår ut. Vid denna kanylering får man således oftast en dubbel cirkulation på samma sätt som vid perifer, med de risker detta innebär.

**Risker/Problem om kanylspetsen ovan klaffplanet:** Blodet från ECMO:n kommer att mixas med det som hjärtat slår ut. Man får då en artärcirkulation. Samma risker för utspänd vänsterkammare och trombbildning i hjärtat som vid perifert kanylerad.

## Centralt kanylerad VA-ECMO med vänster förmaksvent

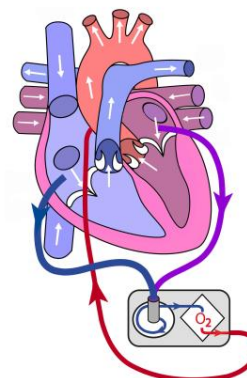
Som vid centralt kanylerad VA-ECMO men man har kompletterat med en extra kanyl i vänster förmak. Denna vänstersidiga avlastning väljs om vänster förmak och kammare är utspända, det är ödem på lungröntgen och/eller patienten har högt wedge.

Blod dras nu från både höger och vänster förmak och på så vis undviks stas av blod i lungorna vilket leder till låga fyllnadstryck på vänster sida och lungödemet resorberas.

**Risker/Problem:** Eftersom blodet sugas från vänster förmak kommer endast lite blod till vänster kammare och blodet där riskerar att bli stillastående och trombotiseras. Av denna anledning önskvärt att vänster kammare klarar att slå ut.

Även risk för att vänster förmakskanyl suger fast och att det bildas tromber i kanylen som sedan kan släppa och åka in i ECMO-kretsen och potentiellt ockludera oxygenatorn. Det är därför viktigt att ha flödesmätare på denna venslang för att säkerställa att det är ett flöde i kanylen.

Om artärkanylen ligger med spetsen distalt i aortabågen kan man få en dubbel cirkulation. Se rubrik "Centralt kanylerad VA-ECMO" s 17.



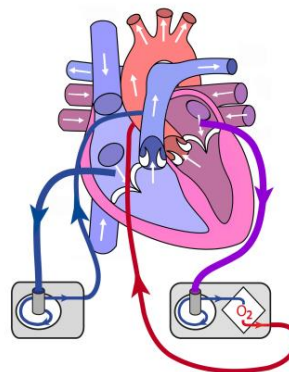
## BiVAD med vänster förmakskanyl

När både höger och vänster kammare sviktar (biventrikulär svikt) kan man hjälpa höger kammare med en RVAD och vänster kammare med en LVAD; tillsammans kallas detta BiVAD.

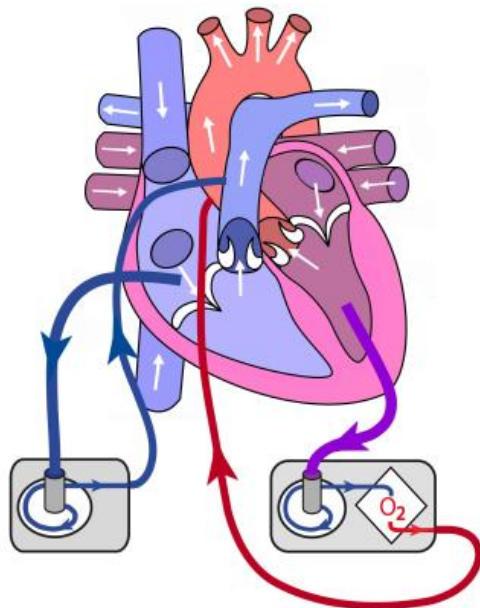
RVAD-kretsen ersätter högerkammarens funktion genom att dra blod från höger förmak och ge tillbaka i truncus pulmonalis. LVAD-kretsen ersätter vänsterkammarens funktion genom att dra blod från vänster förmak och ge tillbaka i aorta. Oxygenatorn kan avvecklas om patienten har en adekvat lungfunktion, eftersom allt blod går genom lungorna.

**Risker/Problem:** Eftersom LVAD:en drar blod från förmaket finns det risk för stillastående blod i vänster kammare med trombbildningsrisk.

Då vi har två kretsar att ta hänsyn till är det viktigt att volymerna som kretsarna pumpar är i harmoni. Om för högt flöde i RVAD:en i förhållande till LVAD:en, klarar kretsen på vänster sida inte av att "pumpa undan" allt blod. Man kommer få stasat blod på hjärtats vänstersida med högt wedgetryck och risk för lungödem som följd. Som regel ställs en lägre minutvolym in på högerkretsen för att undvika överbelastning av vänster hjärthalva. Om för högt inställd LVAD finns risk för fastsugning.



## **BiVAD med vänster kammarkanyl**



När både höger och vänster kammare sviktat (biventrikulär svikt) kan man hjälpa höger kammare med en RVAD och vänster kammare med en LVAD; tillsammans kallas detta BiVAD. RVAD-kretsen ersätter högerkammarens funktion genom att dra blod från höger förmak och ge tillbaka i truncus pulmonalis. LVAD-kretsen ersätter vänsterkammarens funktion genom att dra blod från vänster kammare och ge tillbaka i aorta. Oxygenatorn kan avvecklas om patienten har en adekvat lungfunktion, eftersom allt blod går genom lungorna.

Eftersom blod nu dras från vänster kammarens apex har man inget blod som står stilla och riskerar att trombotiseras akut. Vänster kammare är helt avlastad.

Ofta har dessa patienter EXCOR-kanyler. Efter att patienten har stabiliserat sig byter man från korttidsassist till EXCOR-pumpar. Var god se rutindokument MCS - EXCOR.

**Risker/Problem:** Då vi har två kretsar att ta hänsyn till är det viktigt att volymerna som kretsarna pumpar är i harmoni. Om för högt flöde i RVAD:en i förhållande till LVAD:en, klarar kretsen på vänster sida inte av att ”pumpa undan” allt blod. Man kommer få stasat blod på hjärtats vänstersida med högt wedgetryck och risk för lungödem som följd. Som regel ställs en lägre minutvolym in på högerkretsen för att undvika överbelastning av vänster hjärthalva.

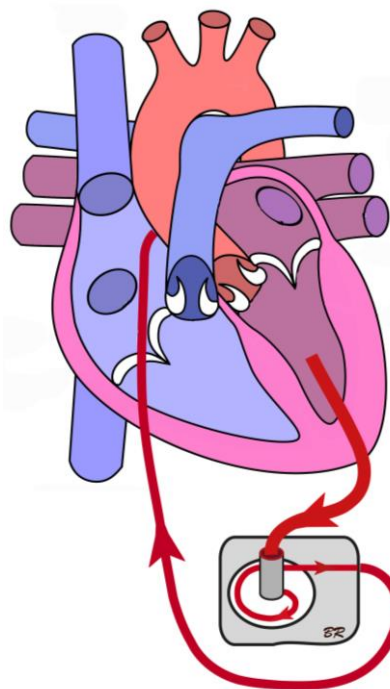
Om för högt inställd LVAD finns risk för fastsugning.

## Temporär LVAD

LVAD ersätter vänster kammarens funktion. En temporär LVAD kan kanyleras på flera olika sätt. Blodet kan dras från vänster förmak eller från vänster kammare och ges tillbaka i aortaroten eller i arteria femoralis. En oxygenator kan läggas till i kretsen om lungfunktionen är dålig.

Utöver temporär LVAD finns LVAD som långtidsassist (HeartMate 3).

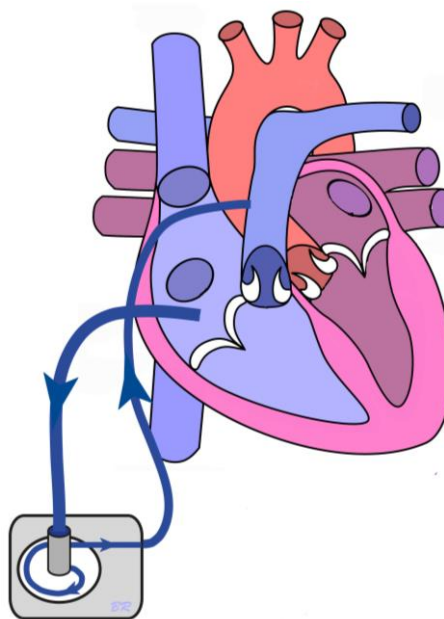
**Risker/Problem:** Den mest överhängande risken vid behandling med LVAD är att patienten utvecklar högerkammarsvikt. Högerkammaren har varit van att arbeta med en stor utspänd vänsterkammare bredvid sig. När vänster kammare avlastas kan därför höger kammare få en annan form som försämrar dess pumpförmåga. Generella riktlinjer säger att septum fortsatt ska buka svagt in i höger kammare eller vara helt rak för att "stötta" högerkammaren.



## Temporär RVAD

RVAD ersätter höger kammarens funktion och kan läggas om man fått en selektiv grav högersvikt efter hjärttransplantation, implantation av LVAD som långtidsassist eller annan hjärtoperation. En temporär RVAD kanyleras oftast så att blodet dras från höger förmak och ges tillbaka i truncus pulmonalis. En oxygenator kan läggas till i kretsen om lungfunktionen är dålig.

**Risker/Problem:** Den mest överhängande risken vid behandling med RVAD är att vänster kammare ej orkar pumpa undan blodet som RVAD:en ger. Det är därför viktigt att vara medveten om att den totala hjärtminutvolymen från högersidan är RVAD:ens flöde och det högerkammaren självt eventuellt bidrar med. Om patienten även har en grav pulmonell hypertension är det viktigt att vara uppmärksam på PA-trycken, då dessa patienter kan få besvärande lungblödningar av högt tryck i lungkretsloppet.



## VÅRDPRINCIPER

### ***Antikoagulantia***

Var god se rutindokument MCS-antikoagulantia ECMO & VAD.

Alla MCS-system kräver antikoagulation då systemen aktiverar koagulationskaskaden. Det är av yttersta vikt att patienterna är optimalt antikoagulerade med heparin, särskilt med tanke på att blod vid de flesta kanyleringar ofta flödar långsamt genom vissa delar av hjärtat och därmed har stor trombbildningsrisk.

Rutinmässigt används heparininfusion 500 E/ml, vilken administreras via sprutpump i CVK eller PVK.

Heparin startas efter ordination, 5-7 E/kg/tim, när patienten inte blöder, trombocyter > 45, ROTEM är relativt normalt.

APT-tid följs vid heparininfusion var 6:e timme eller var 4:e timme efter ändringar i dos.

Antitrombin III förbrukas och behövs för att heparinet ska ha effekt.

### ***Avveckling***

#### **VV-ECMO**

När lungan börjar återhämta sig kan man stänga av svepgasflödet i oxygenatorn för att se om lungan kan ta över respirationen själv. ECMO blodflödet behöver ej ändras. Om lungan klarar det under några timmar, kan ECMO:n stängas av och ECMO-kanyler dras ut..

#### **VA-ECMO**

När beslut om fortsatt behandling har tagits kan det bli aktuellt att avveckla ECMO-behandlingen. Man weanar ECMO:n genom att sakta skruva ner blodflödet i ECMO:n samtidigt som man ger patienten hjärtstöd i form av inotropi och ofta även aortablongpump. När man ser att hjärtat kan ta över cirkulationen klampas kanylerna på ECMO:n varefter den stängs av. Kanylerna kan sedan antingen dras ut med efterföljande femostopbehandling eller så avlägsnas artärkanylen öppet kirurgiskt.

### ***Infektionsprofylax***

Var god se rutindokument Antibiotikaprofylax.

Infektionsrisken ökar med antalet perforationer i huden. Antiseptiskt handhavande är av stor vikt. Vid kanyler i ljumskan är risken för infektion, pga. hudfloran stor. Operationsår, dränage, kanyleringsställen och infarter inspekteras dagligen.

## **Förberedelse inför mottagande av patient**

- IVA-säng
- Aktiv värmebefuktning via respirator
- INVOS 4 kanaler om perifert kanylerad VA-ECMO annars 2 kanaler. (INVOS hjärna behövs oftast inte på vakna patienter)
- Saturationsmodul (blå) för saturationsklämma på tå vid perifert kanylerad VA-ECMO och VAV-ECMO
- Om PA-kateter övervakningsutrustning Vigilance alt. HemoSphere
- Förbered för att ta ECMO-prover (*se LabBest flik P2: ECMO-inläggning 1+2*)
- Kontrollera att det finns blodgruppering och giltig bastest
- Checklista för korttidsassister och eventuellt checklista för IABP

## **Provtagning**

Förutom de av läkare ordinerade prover tas följande prover:

### **Ankomstprover vid start av ECMO**

- LPK, TPK, APTT, PK, Antitrombin, Fibrinogen,
- Kreatinin, Urea, CRP, PCT, Mg, Ca, Fosfat,
- ASAT, ALAT, ALP, Bil, Amylas, Albumin, TNT,
- NSE, S-100, HbS Ag, HIV, Hepatit C

### **Dagligen**

- APTT. Vid kontinuerlig heparininfusion var 6:e timme eller var 4:e timme efter ändringar i dos.
- Antitrombin

### **Två gånger/vecka (mån & tors)**

- ROTEM
- Plasma-Hemoglobin (Fritt Hb)
- Odling (blod, urin och luftvägssekret).

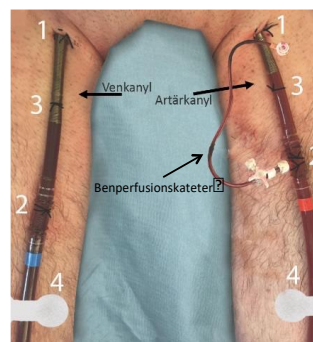
### **Provtagning vid E-CPR enligt Hjärtstoppsjournal**

- NSE
- S-100
- Plasma-Hemoglobin (Fritt Hb)

## Skötsel och omläggning av ECMO-kanyler

Fixation av kanyler är viktigt. Patienterna är ofta övervåtskade och svullna när kretsen anläggs och när patientens status sedan förbättras och svullnaden avtar ökar risken för att sutureringen av kanylerna släpper. Detta medför en ökad risk för att läget ändras och i värsta fall att kanylen åker ut.

Varje pass kontrolleras suturering av kanyler och att t.ex. Grip-Lok och ECMO-Fix sitter fast på patientens hud och är förankrade runt ECMO-kretsens slangar. För att ha bra översikt av kanylläget används transparenta förband. Även benperfusionskatetern kontrolleras en gång/pass.



**Kontakta läkare om du misstänker att någon kanyl sitter löst eller om det blöder runt kanyl. Kanyler och benperfusionskateter får inte knickas och i möjligaste mån ska de vara synliga.**

Rengöring och byte av förband två gånger/vecka (förslagsvis måndag och torsdag) eller vid behov. Omläggning av kanyler sköts av patientansvarig sjuksköterska och undersköterska. Det krävs att man är två personer då en person ansvarar för att kanylläget är oförändrat. Följ rutindokument MCS- ECMO-kanyler, skötsel och omläggning.

Om patienten har Excor-kanyler sköts omläggning och dokumentation (MCS-sårjournal) av VAD-koordinator.

## Transport av patient

Vid transport av patient kontaktas alltid perfusionist.

5 personer krävs för transport av ECMO-patienter



## OMVÅRDNAD VV-ECMO

### **Andning**

Målet är att syresätta så mycket blod som möjligt i ECMO-kretsen så att den totala syretillförseln till blodet blir tillräckligt hög, i förhållande till patientens syreförbrukning. Blodflödet i ECMO:n optimeras så att tillräckligt mycket av blodet blir syresatt, dock är P-ven oftast begränsande för flödet.

Vid ECMO finns två sätt att syresätta och vädra ut CO<sub>2</sub>; via lungorna och via oxygenatorn. Patienten behöver inte nödvändigtvis vara intuberad och ventilerad för att behandlas med ECMO.

Då patienten är intuberad används en så lungprotektiv ventilation som möjligt (t.ex. låg andningsfrekvens, låga topptryck, eventuellt förlängd inspirations tid, lågt FiO<sub>2</sub> i respirator). Undvik därför kraftig rekrytering och sträva efter ett PEEP som håller lungan öppen men inte skadar lungan.

Höjd huvudända, lägesändringar inklusive bukläge är viktigt för att optimera lungorna. Vissa patienter kan extuberas annars övervägs tidig tracheostomi för att kunna väcka patienten.

Vid VV-ECMO får man acceptera en lägre arteriell saturation än annars. När lungornas funktion förbättras kommer man se en förbättring av den arteriella satureringen.

**Målvärdet för saturation vid Avalon-kateter: SaO<sub>2</sub> >(85-) 90%**

**Målvärdet för saturation vid två kanyler: SaO<sub>2</sub>: >80-90%**

### **ECMO**

**Blodflöde:** Brukar nå upp till 3-3,5 liter/min, beroende på kanylstorlek

**FiO<sub>2</sub>:** Oftast 100 %, kan sänkas då lågt FiO<sub>2</sub> i respiratorn har uppnåtts

**Svepgasflöde:** Justeras så patienten får adekvat utvädring av pCO<sub>2</sub>. Tänk på att patientens andningsdrive påverkas vid justering av svepgasflödet.

Vid weaning av VV-ECMO är det okey att sänka FiO<sub>2</sub> i ECMO:n och sedan stänga av svepgasflödet.

### **Respirator**

**PEEP:** Tillräckligt högt för att hålla lungan öppen utan att skada den

**Tidalvolym:** pCO<sub>2</sub> styrs tillsammans med svepgasflödet i ECMO:n

**Luftvägstryck:** Så låga som möjligt, topptryck ≤ 25 cmH<sub>2</sub>O

**FiO<sub>2</sub>:** Så lågt som möjligt <50-(60%)

## **Cirkulation**

För optimal syretillförsel ska patienterna ha en god hjärtminutvolym. Eftersom ECMO:n inte påverkar cirkulationen sker styrningen av cirkulationen som på patienter utan ECMO.

Det är inte helt ovanligt att patienter med VV-ECMO har en cirkulatorisk svikt och är i behov

av inotropi. Bedömningen av patientens cirkulatoriska status får vara en sammanvägning av adekvat tagen centralvenös mättnad, INVOS (rSO<sub>2</sub> = regional oxygensaturation) och UCG. Cerebral rSO<sub>2</sub> används för cirkulationsmonitorering framför allt på sövda patienter.

Eftersom blodet syresätts på vensidan, där vi normalt mäter centralvenös mättnad, kan mätvärdet bli falskt för högt. Läkare kontrollerar på röntgen var CVK-spetsen ligger och värderar efter det om tillblandning av syresatt blod är trolig. Centralvenös mättnad ska hållas adekvat även om artärsaturationen är lägre än vad som accepteras på andra patienter.

För optimal syretillförsel skall patienterna ha en god hjärtminutvolym och bra Hb, ca 100-120. Om det är svårt att nå en tillräckligt bra saturation och centralvenös mättnad kan ett högre målvärde för Hb övervägas ca 120-140.

För att optimera lungorna skall patienterna hållas ”torra” och CVP därmed så lågt som det går. Patienterna får inte ha ett så lågt CVP att ECMO:n suger fast. Om ECMO:n suger fast påverkas saturationen men inte direkt cirkulationen.

Daglig vikt. Kontinuerlig temperaturmätning, patienten ska hållas normotempererad om inte annat ordinerar. Patientens temperatur regleras med hjälp av värmeväxlaren som är kopplad till oxygenatorn.

**Recirkulation:** ECMO:ns venösa saturation kan vara falskt för hög pga. recirkulation. Jämförelse mellan korrekt tagen centralvenös mättnad och syrgasmättnad i ECMO:ns venslang visar på graden av recirkulation. Saturation i v cava inferior skall vara ca 10 % lägre än i v cava superior om man inte har någon recirkulation.

**Hb:** 100-120. Eventuellt högre 120-140 om inte tillräcklig saturation och centralvenösmättnad

**MAP:** >65-70 mmHg

**CVP:** ≤8 mm Hg

**Centralvenös mättnad:** >60%. Adekvat tagen centralvenös mättnad (läkare ger besked om bästa mätlokal).

**Artärnål:** Alla punktionsställen går bra

**För omvårdnadsavsnitt Elimination, Hud/Vävnad, Aktivitet/Mobilisering och Sedation/Vakenhetsgrad/Neurologi se respektive avsnitt ”Omvårdnad gemensamt för VV- och VA-ECMO” s. 30.**

## OMVÅRDNAD VA-ECMO

### **Andning**

Vid ECMO finns två sätt att syresätta och vädra ut CO<sub>2</sub>; via lungorna och via oxygenatorn. Vid perifer kanylering finns risk att coronarer och hjärna får dåligt syresatt blod om blodet som går via lungor ej är bra syresatt. För att kunna bedöma både lungornas och oxygenatorns syresättning är det viktigt att förstå vilken cirkulation syresättningen mäts ifrån.

**Vid perifer kanylering samt vid central kanylering med kanylspetsen distalt i aortabågen** och då hjärtat slår ut tillräckligt (se Figur 3 s. 27) mäts;

- blod syresatt av lungorna med blodgas från artärnål i höger arm och saturationsklämma höger hand eller öra
- blod syresatt av oxygenatorn med saturationsklämma på en tå.

När hjärtat inte slår ut alls syresätts hela kroppen av ECMO:n.

På TIVA ska dessa patienter alltid ha en artärnål i höger arm, saturationsklämma höger hand eller öra och på en tå.

**Vid central kanylering med kanylspetsen ovan klaffplanet** blandas blodet från ECMO:n och hjärtat. Vi behöver då inte ta hänsyn till var blodgasen är tagen och FiO<sub>2</sub> justeras i ECMO:n.

**Vid korttids-VAD** när en oxygenator inte används i kretsen, styrs patientens gasutbyte helt av lungorna. Vid dessa tillfällen används våra generella riktlinjer för andningsvård. Höjd huvudända, lägesändringar inklusive bukläge är viktigt för att optimera lungorna.

### **ECMO**

**FiO<sub>2</sub>:** SaO<sub>2</sub> från del av kropp försörjd av ECMO  $\geq 95\%$

**Vid perifer kanylering och centralt kanylerad med artärkanylens spets distalt i aortabågen** mäts oxygenatorns syresättning från pulsoxymeter på valfri fot.

**Vid övrig kanylering** kan mätning utföras från alla lokaler.

**Svepgasflöde** justeras i kombination med minutvolymen på respiratorn så patienten får adekvat utvädring av pCO<sub>2</sub>. Tänk på att patientens andningsdrive påverkas vid justering av svepgasflödet.

Vid VA-ECMO får svepgasflödet aldrig stängas av eftersom större delen av kroppen då blir helt hypoxisk!

### **Respirator**

**FiO<sub>2</sub>:** SaO<sub>2</sub> från hjärt- och lungförsörjt område  $\geq 95\%$

**Vid perifer kanylering och centralt kanylerad med artärkanylens spets distalt i aortabågen** och då hjärtat slår ut tillräckligt mäts lungornas syresättning på höger hand. FiO<sub>2</sub> korrigeras i respiratorn. OBS: När hjärtat slår ut minimalt perfunderas endast coronarer med blod från hjärtat och dess syresättning kan vi inte mäta. Vid dessa tillfällen ska man undvika att sänka FiO<sub>2</sub> i respiratorn för mycket.

**Vid centralt kanylerad med artärkanylens spets ovan klaffplanet** justeras FiO<sub>2</sub> i ECMO:n.

Använd lungprotektiv ventilation med låga topstryck (<25-28 cm H<sub>2</sub>O), PEEP anpassat till patienten och inte för högt FiO<sub>2</sub> i respiratorn, men inte till priset av att blodet som syresätts av lungorna blir dåligt syresatt. pCO<sub>2</sub> styrs tillsammans med svepgasflödet i ECMO:n

## Cirkulation

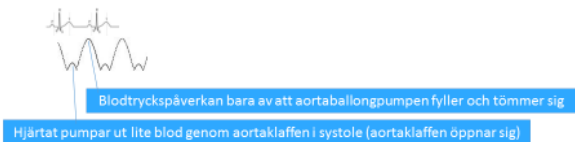
VA-ECMO ger ett cirkulationsstöd, dock inte ett stöd för hjärtat eftersom det retrograda ECMO-flödet ökar belastningen för vänster kammare. Det är därför mycket viktigt att ha uppmärksamhet på att hjärtat orkar slå ut (dvs. pumpar ut/tömmer sig) med låga fyllnadstryck och att det perfunderas av blod med god syresättning. Om inte löper man stor risk för komplikationer från hjärta och lungor, se "Dödens cirkel" s. 15.

Tecken på att vänster kammare slår ut:

- Pulsationer på artärkurvan som ett tecken på att aortaklaffen öppnar sig. Artärkurvan kan ha ett flackare utseende beroende på hjärtats pumpförmåga.

OBS: Vid samtidig aortaballongpump är artärkurvan pulsativ av ballongpumpens diastoliska vågor.

Man kan behöva pausa ballongpumpen för att se hjärtats systoliska pulsationer.



- Pulsativ PA-kurva som visar att höger kammare orkar pumpa blod till lungkretsloppet. Om farligt högt tryck i lungorna orkar inte högerkammaren pumpa över blod.
- Att endtidalt CO<sub>2</sub> finns. Blir knappt eller inte alls mätbart då stillastående blod och inget nytt blod kommer till lungorna.
- Blandvenös syrgasmättnad visar adekvat värde. Om stillastående blod i lungorna blir blandvenös mättnad orimligt hög eftersom blodet får syre till sig med varje andetag.

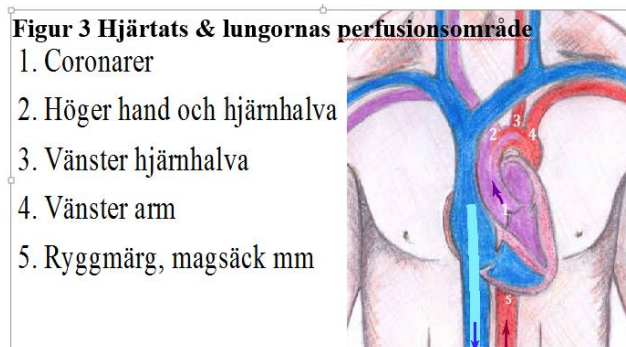
**Om vänsterkammaren inte slår ut ska läkare informeras!**

Medelartärtryck (MAP) är av stor betydelse och bör ligga mellan 60-65 mmHg för att säkerställa adekvat perfusionstryck, men med ett så lågt afterload som möjligt för att underlätta för vänsterkammaren. Inotropi kan behövas. Aortaballongpump kan också hjälpa för att minska hjärtats afterload. Om detta inte räcker kan man utöka behandlingen med en kanyl som avlastar vänster hjärthalva eller lägga en Impella®.

**Vid perifert kanylerad och centralt kanylerad med kanylspetsen distalt i aortabågen**

föreligger en dubbel cirkulation; hjärta/lung- respektive ECMO-cirkulationen.

Att förstå vad som perfunderar vad är avgörande för att kunna tyda provsvar rätt och vidta rätt åtgärder. När hjärtat slår ut perfunderas områden, i vilken utsträckning beror på hur mycket hjärtat slår ut (**Figur 3**), med blod syresatt av lungorna.



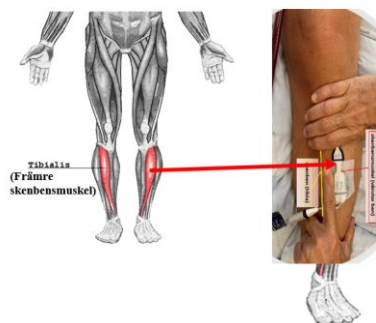
Större delen av kroppen får blod syresatt av ECMO:n.

Om hjärtat inte slår ut alls perfunderar ECMO:n hela kroppen.

**Vid centralt kanylerad med kanylspetsen ovan klaffplanet** blandas blodet i aortaroten och då kan de olika flödena ses som ett. Man får då en artärcirkulation, dock risker för utspänd vänsterkammare och trombbildning i hjärtat och lungor.

För att övervaka cerebral cirkulation används INVOS (regional syrgasmättnad (rSO<sub>2</sub>)). Cirkulationsmonitorering används framför allt på sövda patienter. Initialt vid alla typer av kanyleringar om patienten inte är helt vaken. Normalt förekommer stora svängningar, följ trend. Behövs inte på helt stabila och vakna patienter.

För att övervaka cirkulationen i benen placeras INVOS-sensorer på båda benen lateralt om skenbenet. Cirkulationen i benet kan påverkas om a femoralis blir komprimerad distalt om artärkanylen. Oftast används benperfusionskanyl för att säkerställa cirkulationen och undvika ischemi i artärkanylsbenet. Vid misstanke om dålig perfusion och risk för ischemi i ben (exempelvis vid fördröjd eller felaktig placering av benperfusionskanyl) meddelas läkare. Ortoped kontaktas för bedömning av behov av eventuell fasciotomi (kan ibland göras profylaktiskt).



Daglig vikt. Kontinuerlig temperaturmätning, patienten ska hållas normotempererad om inte annat ordinerats. Patientens temperatur regleras med hjälp av värmeväxlaren som är kopplad till oxygenatorn.

## **ECMO**

**Blodflöde:** Ställs in så det tillsammans med hjärtat ger SvO<sub>2</sub> över (60-)65%.

## **Patient**

**Hb:** 100-120 eventuellt högre om problem med cirkulation

**MAP:** 60-65 mmHg. **OBS:** Viktigt att MAP inte är högre, om inte annat ordinerats, då detta ökar vänsterkammarens afterload!

**CVP:** ≤ 10 mm Hg. Ett högt CVP kan vara tecken på allvarlig komplikation t.ex. högersvikt, tamponad eller dåligt dränage till ECMO:n

**PCWP:** <20 mm Hg för att undvika lungödem

**SvO<sub>2</sub>:** >60-65%. Mäts i Swan Ganz-kateter om blodflöde genom hjärtat. Om stillastående blod blir detta värde felaktigt.

**Artärnål:** Vid perifer kanylering ska patienten om möjligt ha artärnål i höger a radialis. Vid central kanylering med kanylspetsen ovan klaffplanet är alla lokaler ok.

## **OMVÅRDNAD GEMENSAMT VID VV- OCH VA-ECMO**

### ***Elimination***

Patienter med ECMO och VAD skall hållas relativt torra för att minska risk för att lungor och övriga organ får ödem. Daglig vikt. Minskad diures kan vara tecken på hypovolemi, för lågt MAP, nedsatt njurfunktion eller tamponad. Det är dock vanligt med njursvikt i samband med ECMO-behandling och CRRT kan behövas. CRRT kan kopplas till Cardiohelps oxygenator. Följ TIVA´s rutiner för till och fränkoppling av CRRT till Cardiohelp.

### ***Hud/Vävnad***

Använd IVA-säng med antidecubitusmadrass. Förebygg tryckrelaterade skador med hjälp av avlastande åtgärder. Lägg kompresser på utsatta ställen mellan ECMO-slangar och hud. Kontrollera kontinuerligt områden utsatta för konstant tryck såsom sacrum, bakhuvud, armbågar, hälar och hud under slangar.

Patienten är ofta lättblödande på grund av heparinisering och koagulationsrubbingar, varsamhet är därför viktig i samband med omvårdnad.

### ***Aktivitet/Mobilisering***

Höjd huvudända med 30 grader och täta vändningar är utgångsläget, men beroende av patientens tillstånd. Vid vändning och lyft måste en person ha kontroll på ECMO-slangar och kanyler. För att minska risken för respiratoriska komplikationer är det viktigt att börja med lägesändringar och eventuellt bukläge så tidigt som möjligt. Mobilisering och sjukgymnastik tidigt för att bibehålla funktionsförmåga.

Inför mobilisering ska läkare kontaktas då mobilisering är ett riskmoment och vid mer avancerad lägesändring, t.ex. bukläge ska detta göras i samråd med läkare. Innan mobilisering se till att kanyler är ordentligt fixerad samt efter lägesändring att patienten inte ligger hårt på någon kanyl eller ECMO-slang. Rekommenderas att 5 till 6 personer medverkar då patienten ska vändas i respektive ur bukläge. En person måste ha kontroll på ECMO-kanyler och slangar.

Vid ett eventuellt pumplarm i samband med mobilisering ska patienten läggas ner i sängen och eventuellt tippas. Efter detta utreder man orsak till larm. Vanligast är att patienten är hypovolem och kanylen sugit fast men även kanylpositionen kan ha ändrats.

### ***Sedering/Vakenhetsgrad/Neurologi***

När patienten är sederad utförs pupillkontroller en gång/pass för tidig upptäckt av neurologisk komplikation.

Om patientens tillstånd tillåter ska daglig väckning utföras för kontroll av patientens neurologiska status.

Ska hållas vakna i möjligaste mån och målet är att ha en så vaken patient som möjligt.

## ANSVARSFÖRDELNING

**Läkare** har det medicinska ansvaret för behandlingen

**Perfusionist** har det tekniska ansvaret för ECMO-apparaten

**Sjuksköterska**

- Ansvarar för omvårdnaden av patienten och ha kunskaper om vilka omvårdnadsaspekter som är speciella vid MCS
- Att observation och dokumentation utförs enligt riktlinjer och rutiner
- Förväntas ha kunskap om vilka komplikationer som kan uppstå
- Att identifiera avvikelser i pumpens funktion och kunna avgöra när läkare respektive perfusionist ska tillkallas
- Känna till de vanligaste larmen och kunna tolka dessa
- Kunna identifiera och ha handlingsberedskap för akuta situationer

**Undersköterska**

- Veta vilka omvårdnadsaspekter som är speciella vid MCS
- Hur och vad som ska dokumenteras
- Notera avvikande parametrar och rapportera till sjuksköterska
- Handlingsberedskap för akuta situationer

## DOKUMENTATION

**Varje timma dokumenteras:** Blodflöde (LPM), SvO<sub>2</sub>, Pven och ΔP.

**Kl. 06 samt vid förändring dokumenteras:** Varvtal (RPM), svepgasflöde och FiO<sub>2</sub> i ECMO:n. Markeras med rött.

Dokumentationsmall:  
Använd 3 rader på IVA-kurvan

RPM/LPM/SvO <sub>2</sub>	3500 / 5,2 / 67%
P ven / ΔP	-55 / 21
GAS / FiO <sub>2</sub>	5 l / 80%

För varje kanyl öppnas en sårjournal i **Melior**; ”Plan för sårbehandling”.

**IPAS-IVA** registreras under åtgärder

- VV-ECMO som ”ECMO” (under respiratoriska systemet)
- VA-ECMO/LVAD/RVAD/BIVAD som ”VAD inl och anv av extrakorporeal” (under cirkulatoriska systemet)

### Checklista

För att kvalitetssäkra patientvården och underlätta vid kontroll av patient och krets används ”Checklista patient med korttidsassist (ECMO/LVAD/RVAD/BIVAD)”.

Checklistan är en journalhandling.

## REFERENS

Redfors B. ECMO & VAD – Medicinskt omhändertagande. Thorax SU/Sahlgrenska.

## AKUTRUTINER

**Pumpstopp** är mycket ovanligt. Vid ett pumpstopp blir blodflödet (LPM) genom pumpen minskat, kan gå ner till några milliliter och även bli negativt.

Anledningarna till att pumpen stannar kan bero på följande:

Ocklusion av kanyl eller oxygenator.

Massiv luftemboli i pumpen.

Trycksensorfel (felaktiga tryckmätningar).

Maskinhaveri (t.ex. elfel).

**Beslut om att handveva är alltid en läkarordination.** Att handveva pumpen ska bara göras om man drabbas av ett maskinhaveri eller eventuellt om man får problem med trycksensorer.

Se **bilaga 2 och 3** för att handveva respektive system för tillvägagångssätt.

## VV-ECMO och VA-ECMO

Vid denna behandling följs akutrutiner som beskrivs i **bilaga 1 "Akutrutin vid ECMO-behandling"**.

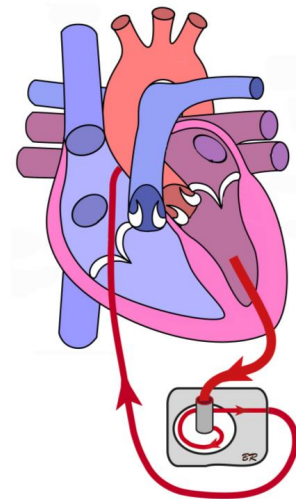
## VT/VF/asystoli temporär LVAD

Pumpen säkerställer cirkulationen

- Ring narkosjour
- Efter läkarordination ges rytmstabiliserande läkemedel
- Defibrillering vid behov (Om patienten inte är medvetslös måste patienten sövas)

## Pumpstopp temporär LVAD

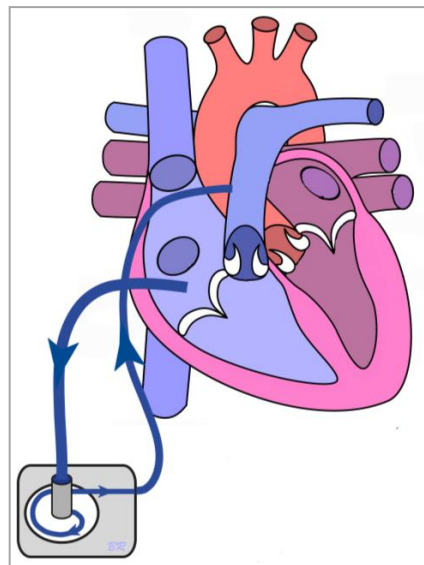
- Hjärtlarma och ring perfusionist
- Följ akutrutiner som vid pumpstopp VA-ECMO enligt A, B och C-alternativ (se bilaga 1)



### ***VT/VF/asystoli temporär RVAD***

RVAD:en kommer att fortsätta pumpa blod till vänsterkammaren, som har minskad eller förlorad pumpförmåga. Mycket hög risk för lungödem. Troligtvis måste läkare eller perfusionist minska flödet i RVAD:en under pågående hjärtstopp.

- Hjärtlarma och ring perfusionist
- Höj till 100% FiO<sub>2</sub> i respiratorn
- Tippa patienten
- Defibrillering av VT/VF.
- Pacemaker startas vid asystoli
- Förbered (ge) Adrenalin 0,01 mg/ml och 0,1 mg/ml
- Efter läkarordination ges rytmstabiliserande läkemedel
- Undvik hjärtmassage då kanylerna är centralt kanylerade



### ***Pumpstopp temporär RVAD***

- Hjärtlarma och ring perfusionist
- Följ akutrutiner som vid pumpstopp VA-ECMO enligt A, B och C-alternativ (se bilaga 1)

## BILAGA 1: Akutrutin vid ECMO-behandling

### AKUTRUTIN VID ECMO-BEHANDLING

#### ECMO suger fast intermittent:

- Tippa patienten och fyll eventuellt
- Sänk eventuellt varvtalet i Cardiohelp/Rotaflow tillfälligt (detta görs av läkare/perfusionist)

#### Ventrikelflimmer/ventrikeltakykardi/asystoli VV-ECMO:

- Hjärtlarma
- Utför sedvanlig A-HLR enligt rutin
- Ring perfusionist

#### Var aktsam om ECMO-kanyler

#### Pumpstopp VV-ECMO (inget flöde i ECMO:n):

- Hjärtlarma & ring perfusionist
- 100% FiO<sub>2</sub> i respiratorn
- Klampa röd slang i ECMO:n

#### Ventrikelflimmer/ventrikeltakykardi/asystoli VA-ECMO:

- ECMO:n säkerställer cirkulationen
- Ring läkare
- Efter läkarordination ges rytmstabiliserande läkemedel
- Defibrillering av VT/VF. **Om patienten inte är medvetslös måste patienten sövas**

#### Hjärtmassage vid VA-ECMO:

- Ok vid perifert kanylerad VA-ECMO
- Undvik vid centralt kanylerad VA-ECMO

Innan hjärtmassage startas försök i stället få hjärtat att ta över cirkulationen med adrenalin. **Behandlingen syftar till att patienten själv ska ta över cirkulationen tills dess att ECMO-felet är åtgärdat**

#### Pumpstopp VA-ECMO (inget

#### A. Pump/oxygenator full med luft:

- Hjärtlarma & ring perfusionist
- Klampa röd slang på ECMO:n
- Kontrollera kanyllägen
- Tippa patienten
- 100% FiO<sub>2</sub> i respiratorn
- Förbered (ge) Adrenalin 0,01 mg/ml och

#### B. Efel (Cardiohelp/Rotaflow död), sensorfel Cardiohelp:

- Hjärtlarma & ring perfusionist
- Klampa röd slang på ECMO:n
- Tippa patienten
- 100% FiO<sub>2</sub> i respiratorn
- Förbered (ge) Adrenalin 0,01 mg/ml och 0,1 mg/ml för egen cirkulation
- Efter läkarordination starta akutrutin för att

#### C. Inget flöde men inget av A eller B:

##### Möjliga orsaker:

- ✓ Tromb i pump
- ✓ Kanyldislokation
- ✓ Tamponad
- Hjärtlarma & ring perfusionist
- Kontrollera att kanyler inte dislocerats
- Sänk varvtalet till 1500 varv/min, öka varvtalet långsamt (detta görs av läkare)  
Om fortsatt inget flöde gör följande:
- Klampa röd slang på ECMO:n
- Tippa patienten
- 100% FiO<sub>2</sub> i respirator

Rutiner för  
TIVA/SU 2018-

## BILAGA 2: Handveva Cardiohelp

Sahlgrenska Universitetssjukhuset

VERKSAMHETSOMRÅDE KÄRL-THORAX

Version 2.0

# AKUTRUTIN HANDVEVA CARDIOHELP

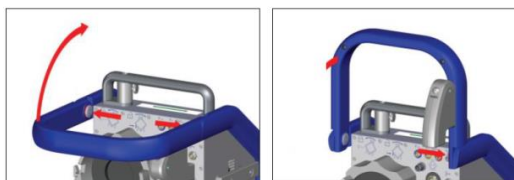
Två personer utför momenten nedan, en läser checklisten och en utför momenten

1. Ta fram peang och klampa på slang till patient (röd).

2. Öppna skyddsbygel.

Gör såhär:

- Tryck på spärrarna på insidan bygel
- fäll upp bygel
- Se till att spärrarna hakar i ordentligt



3. Lossa den svarta kabeln uppe på Oxygenatorn

4. Ta bort det venösa mät huvudet från mätcellen

Gör Såhär:

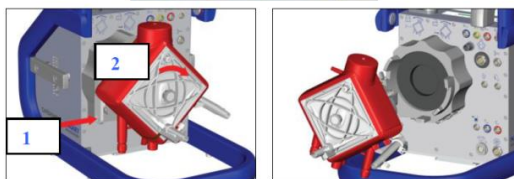
- Tryck in den runda knappen på mät huvudet
- Lossa därefter mät huvudet



5. Lossa oxygenatorn

Gör såhär:

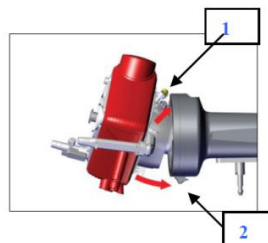
- På vänster sida sitter en spärr
- Tryck spärren mot mitten [1].
- Vrid oxygenatorn lite medsols [2].
- Lossa oxygenatorn



6. Montera oxygenatorn på handveven

Gör såhär:

- Passa först in överdelen av oxygenatorn i låshaken på handveven [1].
- Öppna den undre spärren på handveven [2] och fäst Oxygenatorn i handveven
- Släpp därefter Den undre spärren för att fixera.
- Oxygenatorn sitter nu fast



7. Fäll ut handtaget på veven, veva medsols, Lysdioden på pumpen visar varvtalet. När varvtalet är >1500 varv/min => Släpp på peangen. Veva så att lysdioden hela tiden är i det gröna området på skalan.



Framtagen av Daniel Bengtsson TIVA 031-342 76 13  
Granskad av Hasse Karlsson Perfusion, Bengt Redfors Thoraxanestesi  
Godkänd av: Bengt Redfors Thoraxanestesi  
Giltig from: 2012-12-18  
Uppdaterad av: Daniel Bengtsson 2013-09-23

## BILAGA 3: Handveva Rotaflow

Sahlgrenska Universitetssjukhuset

VERKSAMHETSOMRÅDE KÄRL-THORAX

### RUTIN HANDVEVA Rotaflow

Två personer utför momenten nedan, en läser checklistan och en utför momenten

1. Ta fram peang och klampa på slang till patient (röd).



2. Öppna skyddsbygeln som sitter över utflödesdelen på pumpklockan. Fatta med tummarna på ovansidan och pekfingerarna runt kanten lyft försiktigt.



3. Fäst pumpklockan på handveven genom att:

a. Lyft ur



b. Fäst under kanten



c. Tryck ner



4. Fäll upp handtaget på veven, veva medsols  
Lysdioden för varvtalensvisning visar varvtalet.

5. När varvtalet är >1500 varv/min => öppna klämman på artärsida

6. Veva så att lysdioden hela tiden är i det gröna området på skalan. Försök hålla samma varvtal som pumpen är inställd på.

Framtagen av Daniel Bengtsson TIVA 031-342 76 13  
Granskad av Hasse Karlsson Perfusion, Bengt Redfors Thoraxanestesi  
Godkänd av: Bengt Redfors Thoraxanestesi  
Giltig from: 2012-12-18

# Information om handlingen

**Handlingstyp:** Rutin

**Gäller för:** Verksamhet Thorax och kardiologi

**Innehållsansvar:** Bengt Redfors, (benre1), Överläkare

**Godkänd av:** Kristofer Skoglund, (krisk3), Verksamhetschef

**Dokument-ID:** SU9805-1593997-2009

**Version:** 17.0

**Giltig från:** 2025-05-27

**Giltig till:** 2027-05-26