

ECMO-behandling,

ved Rikshospitalet. Versjon 2026-2029

Thoraxkirurgisk avdeling

Akuttklinikken

(red.: intensivsykepleier Martine Viken)



Innholdsfortegnelse

1. Bidrag.....	5
2. Nødprosedyre	6
3. ECMO ved Rikshospitalet.....	7
4. Rutiner ved henvendelse	8
5. Indikasjoner for VV-ECMO ved lungesvikt	10
5.1. Nyfødte og spedbarn (< 1 år)	10
5.2. Barn og voksne.....	11
6. Indikasjoner for VA-ECMO ved hjertesvikt.....	14
7. ECMO-varianter.....	17
7.1. Veno-venøs ECMO	17
7.2. Veno-arteriell ECMO	19
7.3. Alternative ECMO-modus	21
8. Utstyr og priming ved ECMO	23
8.1. Veno-arteriell bypass: Barn og voksne	23
8.2. Veno-venøs bypass: Barn > 7 år til voksne.....	24
8.3. Kanyler – typer, størrelse og flow.....	25
9. Startprosedyre for Cardiohelp® ECMO.....	28
10. Forberedelser til ECMO-behandling.....	31
10.1. Blodbestilling	31
10.2. Blodprøver før oppstart	31
10.3. Rtg. og andre undersøkelser.	32
11. Mottak i intensivavdeling.....	33
12. Legemidler og ECMO-behandling.....	34
13. Overvåkning ved ECMO-behandling.....	36
13.1. Respiratorinnstilling og strategi	36

13.1.1. Respiratorstrategi ved venovenøs ECMO-behandling hos voksne	37
13.2. Antikoagulasjon	41
13.3. Veiledende mål for blodverdier.....	42
13.4. Cerebral evaluering av nyfødte og små barn med åpen fontanelle.	43
13.5. Vurdering av «white out».....	43
14. Rutiner etter etablert ECMO-behandling	45
14.1. Dialyse ved ECMO.....	47
15. Observasjoner og oppfølging av ECMO-pasienten	48
15.1. Gassutveksling, oksygenering og ventilering.....	48
15.1.1. Utilfredsstillende gassutveksling i lungene relatert til reversibel lungesykdom ..	49
15.1.2 Utilfredsstillende gassutveksling relatert til nedsatt flow i ECMO-kretsen.....	50
15.1.3. Økt oksygenforbruk relatert til stress hos pasienten	51
15.1.4 Økt oksygenforbruk relatert til temperaturforandringer hos pasienten	52
15.1.5 Fare for lungeskader ved respiratorbehandling	53
15.2. Hemolyse, klotting (trombosering) og nyresvikt	54
15.2.1. Hemolyse, klotting (trombosering) og nyresvikt relatert til negativt sugetrykk ..	54
15.2.2 Obstruksjon av ECMO-kretsen relatert til klotting	55
15.2.3 Utvikling av nyresvikt relatert til hemolyse	56
15.3. Blødning relatert til heparininfusjon og trombocytopeni	57
15.4. Endret sirkulasjon relatert til ECMO-behandling	58
15.5. Fare for luftemboli under ECMO-behandling.....	60
15.6. Infeksjonsrisiko	62
15.7. Begrenset egenomsorg hos den kritisk syke pasient under ECMO-behandling	62
16. Sykepleierprosedyrer ved skifte av ECMO-krets.....	64
17. Avvenning fra ECMO, «weaning».....	65
17.1. Weaning fra VA-ECMO	65
17.2. Weaning fra VV-ECMO	65

18. Litteratur	67
18.1. Obligatorisk litteratur	67
18.2. Relevant litteratur	67
18.2.1. ECMO ved respirasjonssvikt.....	68
18.2.2. ECMO ved hjertesvikt.....	68
18.2.3 ECMO ved hjertestans	69
18.2.4. Antikoagulasjon og ECMO	69
18.2.5. CRRT og ECMO	69
19. Vedlegg	70
Vedlegg 1: Fysioterapi	70
Vedlegg 2: Perfusjonist	71
Vedlegg 3: Operasjonssykepleier	72
Vedlegg 4: Operasjonssykepleier	75
Vedlegg 5: Skjema for anmodning om lunge-ECMO.....	78
Vedlegg 6: Skjema for anmodning om hjerte-ECMO	80
Vedlegg 7: Valg av dobbellumen kanyle ift. størrelse	82

1. Bidrag

Liv Berit Stenseth fra prehospital divisjon har bidratt til kapittel 4.

Anne Beate Solås fra Barneanestesiteamet har revidert kapittel 4 og 5.

Jens Petter Bakkehaug med kolleger fra Gen.int har skrevet kapittel 5.2, 13 og 17.

Perfusjonistenheten har revidert kapittel 7, 8 og 9 samt nødprosedyre.

Farmasøyt Asbjørn Lunnan har revidert kapittel 12.

Intensivsykepleier Per Kristian Lundin fra Gen. Int. og TKAI's ressursgruppe for assistert sirkulasjon har bidratt til revisjon av hele kapittel 15.

Fagsykepleier fra TKA operasjon Luiza Maria Stawowy har revidert vedlegg 3 og 4.

Avd.leder Arnt Fiane, TKA, har gått gjennom alle revisjonsforslag og protokollen som helhet.

Tegninger: Michael Bjaanes, Rikshospitalet m.fl.

Denne protokollen brukes også ved ekstern VAD-behandling der ECMO-oppsettet brukes som VAD.

2. Nødprosedyre

Ved luftbobler eller alvorlige tekniske feil på slanger, sentrifugalpumpe eller oksygenator:

Sett tang på arterieslangen.

Tilkall:

Thorax intensiv:

Perfusjonist: 72520

Thoraxkirurg: 26840 (kirurg først hvis hjemmevakt perfusjonist)

Anestesilege: 26709 eller TKA ansvarlig

anestesioverlege dag (se tavlen for callingnr).

Barneintensiv: 26707 eller vakthavende barneanestesilege.

Bruk ev. stansknapp:

Da calles anestesileger (26708 og 26709), thoraxkirurg (26840), operasjonssykepleier (26859). Perfusjonist (72520) må ringes i tillegg ved bruk av stansknapp.

Generell intensiv:

Gruppesøk 70021 (ECMO-kollaps på Generell intensiv).

Tilkall perfusjonist (72520).

Ventiler med 100 % oksygen.

Start hjertekompresjon ved sirkulasjonsstans.

Kontakt vakthavende perfusjonist, kirurg og anestesilege.

Behandle ut fra årsak (hypovolemi, arytmi etc).

[eHåndbok - Nødprosedyre ECMO/gjennomgang av krets](#)

[eHåndbok - Nødprosedyrer ECMO - Barneintensiv RH \(INTI4\) \(ous-hf.no\)](#)

Utfyllende nødprosedyre: [Nødprosedyrer ECMO](#)

3. ECMO ved Rikshospitalet

Bakgrunn:

ExtraCorporeal Membrane Oxygenation-oppsettet er en liten forenklet hjerte-lungemaskin som kan tilkobles større barn og voksne med perkutan teknikk eller sternotomi, eller via et lite inngrep på halsen/sternumsplitt hos nyfødte og mindre barn.

Andre betegnelser for ECMO er ECLS (ExtraCorporeal Life Support), ECHLA, ECHA eller ECLA (-heartlung assist, -heart assist eller -lung assist).

ECMO-programmet ved Rikshospitalet ble startet med behandling av lungesvikt i 1990 og utvidet til å omfatte hjertesvikt i 1993. I 1996 ble ECMO tatt i bruk som kardiopulmonal support (CPS), eksempelvis ved drukning og hypotermi.

I 1992 ble den første ECMO-behandlingen etablert ved eksternt sykehus og pasienten transportert til Rikshospitalet på ECMO i intensivambulanse.

I 2000 tok man i bruk Hercules-fly for å transportere ambulanse med ECMO-pasient fra eksternt sykehus.

I 2015 ble det vedtatt en egen protokoll for ECMO ved hjertestans.

[eHåndbok - ECMO ved hjertestans: voksne \(>18 år\) med sannsynlig kardiell årsak.](#)

(Under revisjon)

4. Rutiner ved henvendelse

Utrykning for lunge-ECMO eller avansert hjertesviktbehandling/VAD/hjerte-ECMO

Rikshospitalet ønsker at det tas kontakt tidligst mulig i et sykdomsforløp hvor ECMO behandling/sirkulasjonstøtte er aktuelt og øvrige behandlingsmuligheter er usikre. Det er i mange tilfelle mulig å overflytte pasient uten at slik behandling er initiert. Transport av ECMO-pasienter (og iNO, IABP) er både medisinsk og logistisk krevende.

I luftambulanseavdelingen er det etablert et vaktlag for disse transportene, «konsultasjonsvakt LA-avdelingen».

Luftambulanseavdelingens (LA) holdning er at alle pasienter er transportable, men LA avdelingen beslutter i samråd med mottagende avdeling når og hvordan transporten skal gjennomføres. Det gjøres alltid en avveining av risiko opp mot indikasjon for transport. Luftambulanseavdelingen ønsker tidlig varsling om aktuelle pasienter fra ansvarlig lege på RH, helst i vurderingsfasen før endelig beslutning om overflytting er tatt. Slik kan endelig transportmåte, værforbehold, med/uten ECMO/iNO mm tas med i beslutningsgrunnlaget.

Henvendelse fra sykehus:

Rikshospitalet sentralbord 23070000

Anmodning om lunge-ECMO:

Vakthavende anestesilege calling:

26708/09 (voksne)

26707 (barn)

Anmodning om avansert hjertesviktbehandling/VAD/hjerte-ECMO:

Bakvakt kardiologisk avdeling via sentralbord 23070000

Thoraxkirurgisk bakvakt VAD/ECMO/TX via sentralbord

Se vedlegg 5 og 6 (skjema for anmodning om lunge- og hjerte-ECMO).

Ansvar for vurdering om ECMO/mekanisk sirkulasjonstøtte:

Lunge-ECMO barn: Barneanestesi bakvakt og barnethoraxkirurg

Lunge-ECMO voksen: Vakthavende anestesilege 26708 og thoraxkirurgisk bakvakt VAD/ECMO/TX

Avansert hjertesviktbehandling/VAD/hjerte-ECMO: Kardiologisk bakvakt, thoraxkirurgisk bakvakt VAD/ECMO/TX, thoraxanestesiolog

Beslutning om transport:

Beslutning om transport og transportmiddel, med eller uten ECMO/sirkulasjonstøtte tas av Rikshospitalet ved anestesilege (barn, thorax) og thoraxkirurg bakvakt i samråd med Luftambulanselege. LA-koordinator Oslo har oversikt over hvem som har konsultasjonsvakt i Luftambulanseavdelingen OUS.

Tlf.: 22 93 22 22.

Utrykningspersonell:

I tillegg til utrykning av kirurg og perfusjonist avklares øvrig personellbehov i hvert enkelt tilfelle. Pasientens tilstand og spesielle behov, reiseavstand(-tid) og transportmiddel (plass) er blant de momenter som vurderes. Vakthavende overlege VAD/ECMO/TX er ansvarlig for planleggingen av dette i samarbeid med luftambulanselege.

Utstyr som medbringes fra RH:

Utstyrliste ECMO perfusjonist (vedlegg 2).

Utstyrliste operasjonssykepleier ved ECMO barn (vedlegg 3)

ACT-maskin Hemochron jr. med 10 kuvetter (low-range), heparin 5000 IE/ml, ev. Atenativ®, ev. utstyr til CVK og AK (barn).

Ansvar henvisende sykehus når utrykning for ECMO er besluttet:

Nødvendig utstyr og personellbehov avtales av thoraxkirurg.

Bestille blodprodukter til «priming» av ECMO-kretsen (ECMO-manual s. 23) og til transport tilbake til Rikshospitalet.

Blodprøve av mor til forlik dersom barn under 3 mnd.

Operasjonssykepleier lokalt må konferere med vakthavende operasjonssykepleier RH for forberedelse av utstyr (vedlegg 3 og 4).

5. Indikasjoner for VV-ECMO ved lungesvikt

5.1. Nyfødte og spedbarn (< 1 år)

Nyfødte med alvorlig respirasjons- og/eller sirkulasjonssvikt med høy sannsynlighet for dødelig utgang, men med potensielt reversibel årsak, og som oppfyller ett eller flere av følgende kriterier:

- Utilstrekkelig oksygentilførsel til vev til tross for maksimal behandling (stigende laktat, forverret metabolsk acidose, tegn på svikt i vitale organer)
- Alvorlig hypoksisk respirasjonssvikt med akutt forverring
 - ($\text{PaO}_2 < 40 \text{ mmHg}$, dvs $< 5,3 \text{ kPa}$)
- Vedvarende forhøyet oksygenasjonsindeks (OI) uten bedring
 - $\text{OI} = \text{MAP} \times \text{FiO}_2 \times 100 / \text{PaO}_2$ postductalt i mmHg
(MAP = mean airway pressure i cmH_2O)
- Alvorlig pulmonal hypertensjon med tegn på høyre ventrikkelsvikt og/eller venstresidig ventrikkelsvikt.

Vanlige indikasjoner nyfødte:

- Persisterende føtal sirkulasjon (PPHN)
- Mekoniumaspirasjon
- Kongenitalt diafragmahernie/sepsis/pneumoni/ARDS
- Aspirasjon
- Annet

Kontraindikasjoner:

- Gestasjonsalder < 34 uker
- Vekt < 2000 gram
- Letal kromosomfeil (trisomi 13, 18)
- Irreversibel alvorlig hjerneskade
- Alvorlig intrakraniell blødning ($> \text{grad } 2$)
- Ukontrollert blødning
- Respiratorbehandling > 1 uke (nyfødte), (relativ kontraindikasjon)
- Relativ kontraindikasjon foreligger hos pas. med stor sannsynlighet for dårlig prognose

- Det vil alltid kunne oppstå situasjoner hvor det ikke er tid til fullstendig evaluering av prognose før ECMO- behandling startes. Hvis man etter diskusjon og evaluering likevel ikke finner at ECMO-behandling er til det beste for pasienten, bør ECMO-behandling avsluttes.

5.2. Barn og voksne

Generelt:

Venovenøs ECMO til pasienter med alvorlig ARDS/lungesvikt må betraktes som en rescuebehandling når en ikke kommer til mål med konvensjonell lungeprotektiv behandling. Behandlingen har høy mortalitet og er ressurskrevende. Utvelgelsen av pasienter vil baseres på en klinisk vurdering hvor punktene under er veiledende.

Forutsetninger:

Alvorlig, akutt lungesvikt med antatt reversibilitet. Utilstrekkelig effekt av optimal lungeprotektiv respiratorbehandling ($V_t < 6 \text{ ml/kg PBW}$, $P_{\text{plateau}} > 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ til tross for titrert PEEP, dyp sedasjon, muskelblokker og mageleie).

ECMO vurderes dersom det foreligger:

- Hypoxisk respirasjonssvikt med $\text{paO}_2/\text{FiO}_2 \text{ ratio} < 10 \text{ kPa}$ ($\text{FiO}_2 > 0.8$)

Og/eller

- Hyperkapni, ukompensert, med $\text{pH} < 7.25$

Og/eller

- Alvorlig barotraume

Kontraindikasjoner, absolutte:

- Irreversibel skade på sentralnervesystemet
- Fersk CNS-blødning
- Etablert alvorlig refraktær multiorgansvikt
- Det vil alltid kunne oppstå situasjoner hvor det ikke er tid til fullstendig evaluering av prognose før ECMO-behandling startes. Hvis man etter diskusjon og evaluering likevel ikke finner at ECMO-behandling er til det beste for pasienten, bør ECMO-behandling avsluttes.

Kontraindikasjoner, relative:

- Ingen aldersmessig kontraindikasjon, men ved > 70 år er det økende risiko, og det må gjøres en grundig vurdering mtp. funksjonsnivå og komorbiditet.
- Mekanisk ventilasjon (inkludert NIV ved PF-ratio < 20) > 14 dager gir dårligere prognose.
- Alvorlig immunsuppresjon
- Generell blødningstilstand
- Kontraindikasjon mot antikoagulasjon
- Malignitet med forventet levetid < 3 år
- Pasienter med annen alvorlig komorbiditet

Ved pandemier eller andre situasjoner som utfordrer ECMO-beredskapkapasiteten:

- Relative kontraindikasjoner vil i stor grad betraktes som absolutte kontraindikasjoner.
- ECMO som et reelt behandlingstilbud vil bli vurdert trukket tilbake.

Referanser:[5.21 ECMO hos nyfødte - Helsebiblioteket](#)

Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, Hibbert CL, Truesdale A, Clemens F, Cooper N, Firmin RK, Elbourne D; CESAR trial collaboration. *Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial.*

Lancet. 2009 Oct 17;374(9698):1351-63.

Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoué S, Guervilly C, Da Silva D, Zafrani L, Tirot P, Veber B, Maury E, Levy B, Cohen Y, Richard C, Kalfon P, Bouadma L, Mehdaoui H, Beduneau G, Lebreton G, Brochard L, Ferguson ND, Fan E, Slutsky AS, Brodie D, Mercat A

EOLIA Trial Group, REVA, and ECMONet. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome.

Matthieu Schmidt ¹, Elie Zogheib m fl. *The PRESERVE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome.* **Intensive Care Med.** 2013 Aug 2;**39(10):1704–1713.**

doi: [10.1007/s00134-013-3037-2](https://doi.org/10.1007/s00134-013-3037-2)

N Engl J Med. 2018 May 24;**378(21):1965-1975.**

Extracorporeal Life Support Organization. ELSO Guidelines for Adult respiratory failure, Version 1.4 August 2017

www.elseo.org

Camporota L, Meadows C, Ledot S, Scott I, Harvey C, Garcia M, Vuylsteke A, & NHS England ECMO Service (2021).

Consensus on the referral and admission of patients with severe respiratory failure to the NHS ECMO service.

The Lancet. Respiratory medicine, 2021 Feb; **9(2), e16–e17.**

Tonna JE, Abrams D, Brodie D, Greenwood JE, Mateo-Sidron JARM, Usman A, Fan E. *Management of Adult Patients Supported with venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support organization* **ASAIO J.** 2021 jun 1;**67(6):601-610.**

Combes A, Brodie D, Bartlett R, Brochard L, Brower R, Conrad S, De Backer D, Fan E, Ferguson N, Fortenberry J, Fraser J, Gattinoni L, Lynch W, MacLaren G, Mercat A, Mueller T, Ogino M, Peek G, Pellegrino V, Pesenti A, Ranieri M, Slutsky A, Vuylsteke A *International ECMO Network (ECMONet). Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients.*

Am J Respir Crit Care Med. 2014 Sep 1;**190(5):488-96**

6. Indikasjoner for VA-ECMO ved hjertesvikt

VA-ECMO bør vurderes ved sirkulatorisk sjokk som ikke responderer adekvat på optimalisering av hjerterytme, volumstatus, afterload, inotropi og annen relevant støttebehandling.

Type og grad av sjokk må diagnostiseres med ekko og/eller invasiv hemodynamisk monitorering.

Pasienter med refraktært sjokk bør vurderes av et tverrfaglig «shock team», som inkluderer kardiolog, thoraxkirurg og thoraxanestesiolog.

Avhengig av klinisk situasjon kan andre former for mekanisk sirkulasjonsstøtte være mer hensiktsmessig enn ECMO, for eksempel intraaortal ballongpumpe (IABP) eller perkutan mikroaksial pumpe (Impella®).

Hos egnede pasienter med refraktært sjokk bør mekanisk sirkulasjonsstøtte iverksettes før hypoperfusjon fører til alvorlig og potensielt irreversibel endeorganorganskade.

Beslutningen om å starte ECMO eller annen mekanisk sirkulasjonsstøtte må baseres på en klinisk helhetsvurdering. Denne bør inkludere en vurdering av forventet prognose uten støtte, sannsynlighet for overlevelse med støtte, samt potensial for rehabilitering. Viktige faktorer i vurderingen inkluderer:

- Grad av akutt organsvikt
- Antatt reversibilitet
- Er pasienten kandidat for transplantasjon eller implanterbar VAD?
- Underliggende komorbiditet
- Alder
- Skrøpelighet (Frailty)

Det finnes ingen absolutte indikasjoner, kontraindikasjoner eller eksakte cut-off-verdier – vurderingen må individualiseres.

I randomiserte multisenterstudier av mekanisk sirkulasjonsstøtte ved akutt hjerteinfarkt har typiske inklusjonskriterier vært:

Hypotensjon (systolisk BT < 90–100 mmHg) eller vedvarende behov for vasopressorer

Tegn til hypoperfusjon, ofte definert som laktat > 2,5–3 mmol/L

DanGer Shock-studien (Møller et al., NEJM 2024), som viste redusert mortalitet ved Impella, krevde i tillegg en venstre ventrikel-EF < 45 %.

ECLS-SHOCK-studien (Thiele et al., NEJM 2023), som ikke viste mortalitetsreduksjon ved ECMO, krevde i tillegg kliniske tegn på hypoperfusjon (mental påvirkning, oliguri eller kalde ekstremiteter).

Indeksert hjerteminuttvolum (CI) under 2,2 L/min/m² og innkilt lungearterietrykk over 15 mmHg er vanlige grenser å benytte for å definere kardiogent sjokk. Merk at innkilt lungearterietrykk kan være lavt ved sjokk dominert av høyreventrikkelsvikt og at disse grensene ikke i seg selv er oppstartskriterier for ECMO, men indikasjon for å gjøre en helhetlig vurdering av om mekanisk sirkulasjonsstøtte er hensiktsmessig.

Indikasjoner:

Postkardiotomisvikt

Postinfarktsvikt

Akutt myokarditt

Kardiomyopati

Hjertestans

Lungeemboli

Intox

Pulmonal hypertensiv krise

Hypotermi

Kontraindikasjoner:

Alvorlig cerebral dysfunksjon

Multiorgansvikt (MOF)

Alvorlige blødningsproblemer

Ukontrollert infeksjon

Høy alder kombinert med komorbiditeter som øker risiko for et dårlig resultat

Tilleggslidelser som sterkt begrenser leveutsikter

Benyttes som intensjon:

Bro til Tx

Bro til bro

Bro til recovery

Bro til beslutning

Bro til langtids mekanisk støtte

Linker til indikasjoner for V-A ECMO ved andre tilstander:

[Bruk av ECMO ved hjertestans](#)

[Behandling av pasienter med drukning, snøskred og/eller aksidentell hypotermi](#)

[ELSO Guidelines](#)

7. ECMO-varianter

Veno-venøs ECMO foretrekkes ved lungesvikt hos voksne og større barn når det ikke er behov for sirkulasjonsunderstøttelse. Unntak: Nyfødte, spedbarn og barn < 7 år. Av tekniske årsaker brukes det her oftest veno-arteriell ECMO. Man kan også i noen tilfeller bruke dobbellumen kanyler for veno-venøs ECMO hos de yngste aldersgruppene. Det er økende trend i bruk av VV-ECMO hos små barn helt ned til nyfødtalderen, også perkutan implantasjon. I Norge er det fortsatt tradisjon for å bruke VA-ECMO hos nyfødte. Ved hjertesvikt og sirkulasjonssvikt brukes alltid veno-arteriell ECMO.

7.1. Veno-venøs ECMO

Kanylering:

A) Til v. jugularis interna (spissen av kanylen i høyre atrium) fra v. femoralis/iliaca. Sjekk posisjon med UL, ev. gjennomlysning. Bruk perkutan innleggelse hvis mulig. Ideelt innstikk rett nedenfor lyskebånd, men ovenfor innmunning av vena saphena magna.

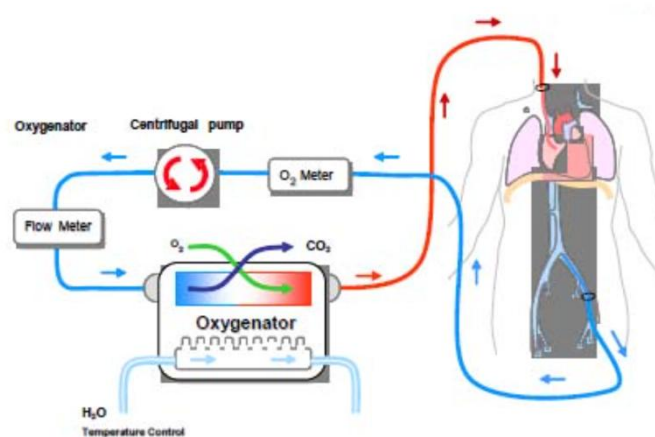
B) Fra v. jugularis interna (spissen av kanylen i høyre atrium) til v. femoralis/iliaca. Sjekk posisjon med UL, ev. gjennomlysning. Bruk perkutan innleggelse hvis mulig. Det tilstrebes å entre karet nedenfor lyskebåndet.

C) V-VA kanylering der VV support ikke er tilstrekkelig for å bedre kardial funksjon hos pasient med respirasjonssvikt.

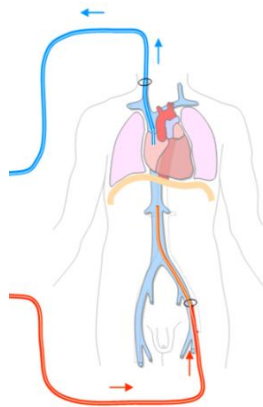
D) Dobbellumen kanyler fra hals. Sjekk posisjon med gjennomlysning og ekko.

E) Ved behov for økt ECMO-flow kan ekstra drenasjekanyler anlegges, i for eksempel vena femoralis på motsatt side. Den legges nedenfor den opprinnelige drenasjekanylen og muliggjør økt flow i kombinasjon med redusert resirkulering.

Veno-venøs ECMO (A)



Veno-venøs ECMO (B)



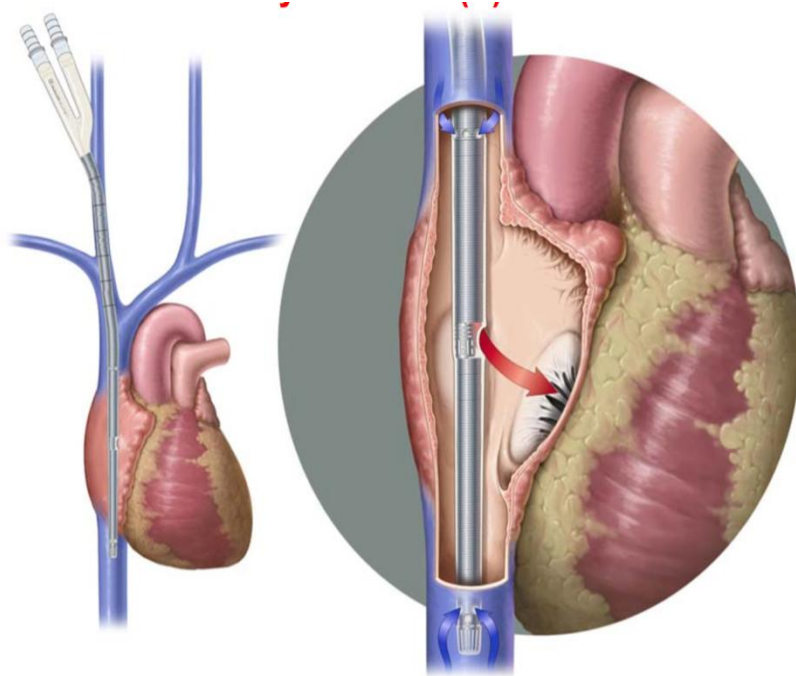
Veno-venøs-arteriell ECMO (C)

Hvis oksygenering sentralt etter perifer eller sentral VA-ECMO er dårlig, kan det legges inn en ekstra kanyle til høyre atrium med oksygenert blod (eksempelvis med 20 % av flow). Velg kanylestørrelse som direkte gir riktig fordeling av flow. Klemmer bør om mulig unngås pga fare for turbulens. Andre årsaker til å vurdere V-VA ECMO er utilfredstillende hemodynamikk og venedrenasje.

To kanyler med oksygenert blod, en til a. femoralis og en til høyre atrium via v. femoralis 16Fr – 20Fr til høyre atrium.

Dobbellumen kanyler fra hals (D)

Må legges inn ved hjelp av gjennomlysning og ekko.

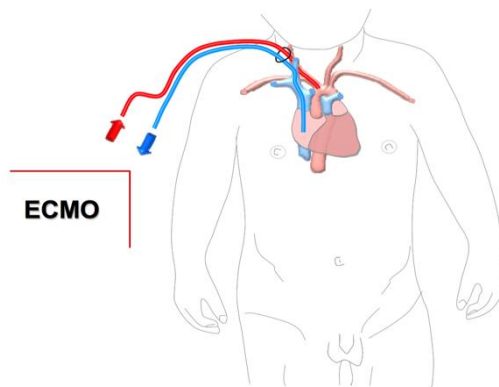


7.2. Veno-arteriell ECMO

Veno-arteriell ECMO brukes ved både sirkulasjon- og respirasjonssvikt hos nyfødte/spedbarn og mindre barn. Veno-arteriell ECMO brukes hos eldre barn og voksne når man trenger sirkulasjonsunderstøttelse.

Kanylering av nyfødte, spedbarn og småbarn:

Fra v. jugularis interna (spissen av kanylen i høyre atrium) til a. carotis communis (spissen av kanylen i aortabuen). Vurder å legge CVK på venstre side, og dermed holde høyre side av halsen fri, hvis en mistenker at det kan bli ECMO-behov.



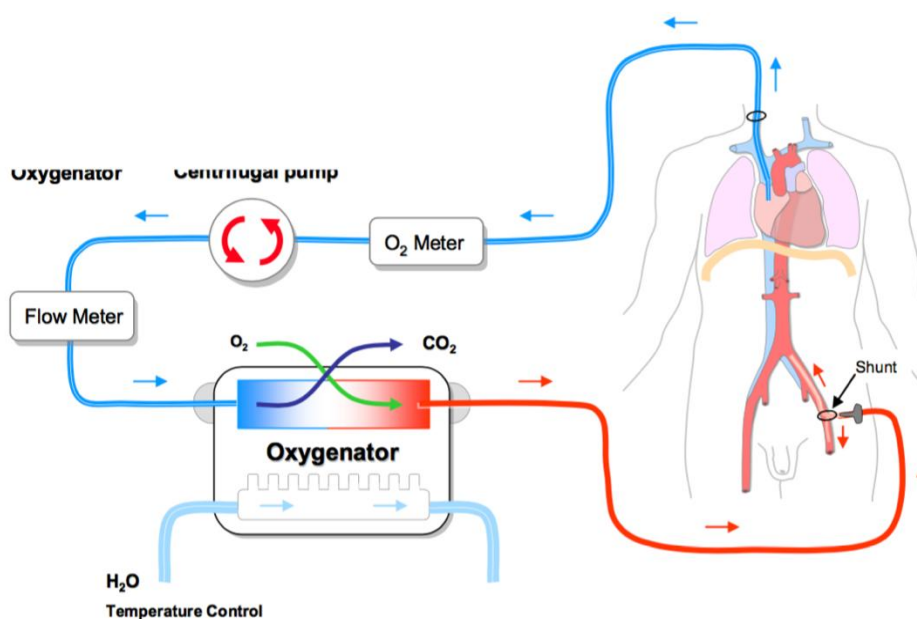
Kanylering hos større barn og voksne:

Fra v. jugularis interna eller v. femoralis/iliaca til a. femoralis/iliaca eller a. subclavia. Ved kanylering i a. femoralis anbefales shunt distalt for å sikre perifer sirkulasjon. Vurder å legge CVK på venstre side hvis en mistenker at det kan bli ECMO-behov.

OBS! Ved sirkulasjonsassistanse på barn < 7 år kan sternumsplitt og åpen kanylering som ved vanlig CPB (X-corp) være et alternativ.

Ventricular Assist Device (VAD) for korttidsstøtte (Rotaflow®) kan være et alternativ til veno-arteriell ECMO.

VA-ECMO med shunt



Teknikker/kirurgi ved shunt VA-ECMO:

1. Guidewire distalt i a. femoralis/superficialis
2. Guidewire proximalt
3. Kanyle proximalt
4. Kanyle distalt
5. Koble sammen
6. Shuntstørrelse 5 mm eller 6 mm. Super Arrow flex.

Ev. kan det sys på et graft på arterien før kanylering (i graftet). Man kan også ved VA-ECMO bruke hemisternotomi for sentral kanylering i kombinasjon med a. subclavia.

Referanse:

ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support, Version 1.4 August 2017

7.3. Alternative ECMO-modus

Hybrid-ECMO: «ECPella», også kalt «ECMella»

På grunn av retrograd flow i aorta ved anvendelse av perifer VA-ECMO er det fare for dilatasjon av venstre ventrikkel, økt trykk i venstre atrium samt lungeødem. Dette kan ses på rtg som såkalt «whiteout». Ved alvorlig venstre ventrikkel-dysfunksjon er det også økt fare for at det danner seg tromber i venstre ventrikkel. For å motvirke dette kan man anvende Impella® i kombinasjon med VA-ECMO, såkalt «ECPella» (Schrage et al, 2020). Impella® avlastar venstre ventrikkel og på den måten reduserer myokards oksygenbehov og øker hjerteminuttvolumet, samt koronar- og organperfusjon (Greco et al, 2014, s. 203).

Bieffekter av Impella® kan være økt hemolyse og skade av aortaklaffen. Obs sirkulasjon i underekstremiteter.

Greco, G., Cortinovis, B., & Avalli, L. (2014). Left ventricular rest and unloading during VA ECMO. In ECMO-extracorporeal life support in adults (pp. 193-206). Springer, Milano.

Schrage, B., Becher, P. M., Bernhardt, A., Bezerra, H., Blankenberg, S., Brunner, S., ... & Westermann, D. (2020). Left ventricular unloading is associated with lower mortality in patients with cardiogenic shock treated with venoarterial extracorporeal membrane

oxygenation: results from an international, multicenter cohort study. *Circulation*, 142(22), 2095-2106.

ECMO og IABP

IABP kan også bidra noe til å avlaste venstre ventrikkel ved å redusere afterload.

ECMO og atriaseptostomi

Blir særlig vurdert hos barn og da ev. kombinert med innsetting av stent for å unngå spontan lukning av defekten som blir laget i atriaseptum.

Ved post-kardiotomi ECMO

Sentral kanylering. Drenasje/kanyle i venstre atrium via øvre høyre lungevene, eller drenasjekanyle i venstre ventrikkel via apex.

Andre kombinasjoner for avlastning

Direkte kanylering med drenasje av venstre ventrikkel via liten venstresidig thorakotomi i 6. interkostalrom

Perkutan direktekanylering via atriaseptum som ved Tandemheart® – egen kanyle.

8. Utstyr og priming ved ECMO

8.1. Veno-arteriell bypass: Barn og voksne

Priming og utstyr for veno-arteriell ECMO for barn til voksen pasient:

Vekt	2 - 3 kg	3 - 6 kg	6 - 10 kg	10 - 13 kg
Slanger	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
Pumpehode	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0
Oksygenator/ Slangesett	Quadrox/HLS 5.0 + Reserve PedPack 5- 15kg	Quadrox/HLS 5.0 + Reserve PedPack 5- 15kg	Quadrox/HLS 5.0 + Reserve PedPack 5- 15kg	Quadrox/HLS 5.0 + Reserve PedPack 5- 15kg
Priming	1000 ml RingerA for utlufting av krets. Deretter*: 1 SAG + 1 OCTA Heparin** 1000IE Bicarb** 15-20ml Mannitol** 3ml/kg	1000 ml RingerA for utlufting av krets. Deretter*: 1 SAG + 1 OCTA Heparin** 1000IE Bicarb** 15-20ml Mannitol** 3ml/kg	1000 ml RingerA for utlufting av krets. Deretter*: 1 SAG + 1 OCTA Heparin** 1000IE Bicarb** 15-20ml Mannitol** 3ml/kg	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg
Kanyler (minimum Fr)	Arterie: 6 Vene: 8	Arterie: 8 Vene: 8 - 10	Arterie: 8 - 10 Vene: 10	Arterie: 10 - 12 Vene: 10 - 14
Volum i pas.krets A+V	368ml (4m)	368ml (4m)	368ml (4m)	368ml (4m)

Vekt	13 - 15 kg	15 - 20 kg	20 - 50 kg	> 50 kg
Slanger	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"
Pumpehode	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 7.0
Oksygenator/ Slangesett	Quadrox/HLS 5.0	Quadrox/HLS 5.0	Quadrox/HLS 5.0	Quadrox/HLS 7.0
Priming	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg	RingerA 2000ml Heparin 2000IE
Kanyler (minimum Fr)	Arterie: 12 Vene: 12 - 14	Arterie: 14 Vene: 14 - 16	Arterie: 14 - 15 Vene: 17 - 19	Arterie: 17 - 19 Vene: 21 - 28

Volum i pas.krets A+V	524ml (4m)	524ml (4m)	524ml (4m)	557ml (4m)
--------------------------	------------	------------	------------	------------

* Primingpose tappes maksimalt før påfylling av kolloider og andre tilsetninger.

** Heparin 5000 IE/ml, bicarbonat 500 mmol/l, Mannitol 150 mg/ml, Albumin 20 %

Akuttpriming for barn opp til 50 kg (ved manglende forlik):

Barn < 10 kg:

- Utlufting med Ringer-Acetat 1000 l

Deretter (som ved priming av barn med kjent forlik):

- Katastrofeblod 1 SAG
- Albumin 20 % 100 ml
- Heparin 1000 IE
- 15-20 ml Bicarbonat 500 mmol/l
- Mannitol 3 ml/kg

Barn > 10 kg:

- Ringer-Acetat 1000 ml
- Albumin 20 % 100 ml
- Heparin 1000 IE
- Bicarbonat 40 ml
- Mannitol 6 ml/kg

8.2. Veno-venøs bypass: Barn > 7 år til voksne

Priming og utstyr for veno-venøs ECMO for barn > 7 år til voksen pasient:

Vekt	15 - 20 kg	20 - 50 kg	> 50 kg
Slanger	3/8"	3/8"	3/8"
Pumpehode	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 5.0	Cardiohelp HLS 7.0
Oksygenator/ Slangesett	Quadrox/HLS 5.0	Quadrox/HLS 5.0	Quadrox/HLS 7.0
Priming	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg	RingerA 1000ml Albumin** 100ml Heparin** 1000IE Bicarb** 40ml Mannitol** 6ml/kg	RingerA 2000ml Heparin 2000IE

Kanyler (minimum Fr) Evt AVALON	Arterie: 12 - 14 Vene: 14 - 16	Arterie: 14 - 15 Vene: 17 - 19	Arterie: 17 - 19 - 28	Vene: 21
Volum i pas.krets A+V		524ml (4m)	524ml (4m)	557ml (4m)

** Heparin 5000 IE/ml, bicarbonat 500 mmol/l, Mannitol 150 mg/ml, Albumin 20 %

Dersom det er ønskelig kan forventet Hct etter tilkobling regnes ut med følgende formel:

$$\text{Hct}_{(\text{på ECMO})} = \text{Hct}_{(\text{før ECMO})} \times (\text{BV}) / (\text{BV} + \text{PV})$$

$$\text{BV} = \text{pasientens blodvolum (vekt[kg] x 75[ml/kg])[ml]}$$

$$\text{PV} = \text{primingvolum [ml]}$$

Beregning av flow:

Voksne:

$$\text{BSA} = (\text{Høyde} + \text{vekt} - 60) / 100$$

$$\text{Flow} = \text{BSA} \times 2,4$$

Barn:

$$\text{BSA} = [(\text{Vekt} \times 4) + 7] / (90 + \text{vekt})$$

$$\text{Flow} = \text{BSA} \times 2,4$$

Obs! BSA x 2,4 tilsvarer 100 % av beregnet CO.

Full ECMO-innsats beregnes til å være 80 % av CO.

Flushing av målepunkter for trykk på barnekretser:

Med hensyn til heparin:

Flushing med NaCl/heparin gjøres med sprøytepumpe på preoksygenator treveiskran. Volum i treveiskran med slange er 1,5 ml.

8.3. Kanyler – typer, størrelse og flow.

		Trykkfall 80 mmHg	Trykkfall 100 mmHg	Merknad		Trykkfall 80 mmHg	Trykkfall 100 mmHg	Merknad
--	--	----------------------	--------------------------	---------	--	-------------------------	--------------------------	---------

<u>Bio-Medicus</u>								
Barn 19cm								
(22,9cm)	6Fr	0,35 L	0,4 L					
	8Fr	0,62 L	0,68 L		8Fr	0,62 L	0,7L	
	10Fr	1,16 L	1,31 L		10Fr	1,20 L	1,37L	
	12Fr	1,81 L	>2 L		12Fr	1,81 L	>2L	
	14Fr			Ved 2L flow- trykkfall på 50 mmHg	14Fr			Ved 2L flow- trykkfall på 50 mmHg
Voksen tip 18cm				Voksen tip 50cm				
	15Fr	2,27 L	2,5L		15Fr	1,63 L	1,8L	
	17Fr	3,27 L	3,6L		17Fr	2,36 L	2,6L	
	19Fr	4,31 L	4,2L		19Fr	3,13 L	3,5L	
	21Fr	5,18 L	>6L		21Fr	4,18 L	4,7L	
					23Fr	5,41 L	>6L	
					25Fr	>6L	>6L	
					27Fr	>6L	>6L	
					29Fr	>6L	>6L	
<u>Maquet</u>								
Voksen tip 23cm				Voksen tip 55cm				
	15Fr		2,5L*		21Fr		5,2L	
	17Fr		3,5L*		23Fr		6,5L	
	19Fr		4,5L*		25Fr		>7L	
	21Fr		5,75L*		27Fr		>7L	
	23Fr		7,0L*					
<u>Avalon, dobbellumen</u>								
Barn+Voksen								connector
11cm	13Fr		0,5		13Fr		1,26L	¼"
14cm	16Fr		0,75		16Fr		1,65L	¼"
21cm	19Fr		1,25		19Fr		2,33L	¼"
31cm	20Fr		1,10		20Fr		2,09L	3/8"
31cm	23Fr		1,81		23Fr		3,05L	3/8"
31cm	27Fr		2,63		27Fr		4,9L	3/8"
31cm	31Fr		3,81		31Fr		>6 L	3/8"

<u>DLP singel</u> <u>Vinklet metall</u>								
35,6cm					20Fr	4,9 L	5,5 L	

9. Startprosedyre for Cardiohelp® ECMO

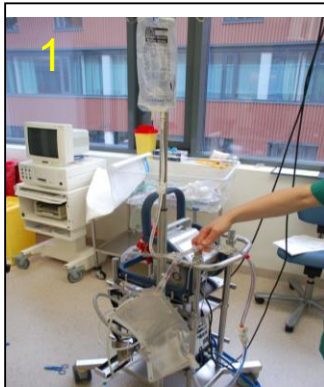
(Se foto neste side)

1. Åpne bøylen og monter HLS-modulen i konsollen
2. Monter på 3 stk. ”Monitoring Lines” (spesiallagde 3-veiskraner m/forlengelse fra Maquet) på begge sider øverst på oksygenatoren (til evt dialyse tilkobling) og på outlet fra oksygenatoren (til blodgassprøver)
3. Koble sensorkabel på HLS-modul og konsoll og lukk bøylen
4. Fest flow-/boblesensoren på arterieslangen
5. Slå på CardioHelp og aktiver ”Global Override”
6. Nullstill trykkene (pVen, pInt og pArt)
7. Koble til ”softbag”, fyll med egnet priming ut fra pasientkategori og ”prime” kretsen:
Passivt
8. Start pumpen og kjør med RPM=3000 i 2 min, deretter RPM= 4000 i 1 min
9. Kontroller innstillinger; – Grenser – Mode i ”OR”. Husk å velge RPM som styringsmodus på pumpen
10. Stopp pumpen, sett klemmetenger på begge sider av flowproben, nullstill
11. Monter venøs måleprobe
12. Reset boblealarmen
13. Slå av ”Global Override” (Vær sikker på at den virkelig er slått av)
14. Sett gul propp på utluftingsporten på HLS-modulen

Når det er tid for pasienttilkobling:

- Koble fra softbagen
- Start datainnsamling

CardioHelp - Oppstart



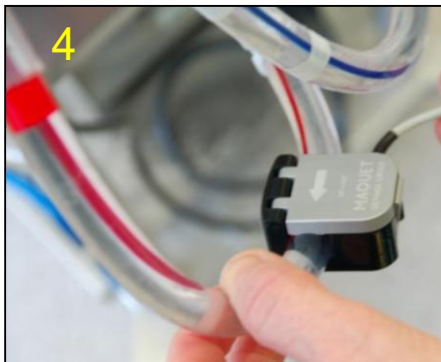
1. Fyll primingbag med ca. 1,5 l Ringer Acetat. (1000 i.e. Heparin i hver pose (1 l) RA)



2. Monter HLS- modul (med tre stk. 3-veis-kraner) på CardioHelp



3. Plasser sensorkabelen på HLS-modulen



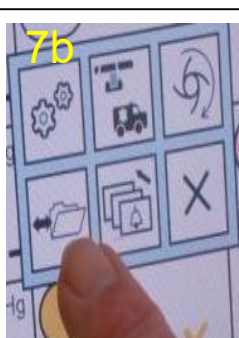
4. Plasser flow-/boblesensoren på arterieslangen



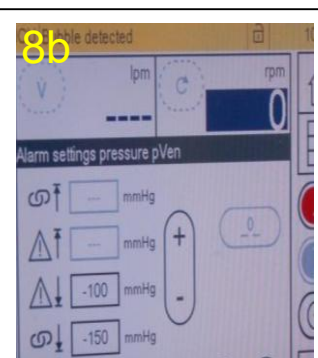
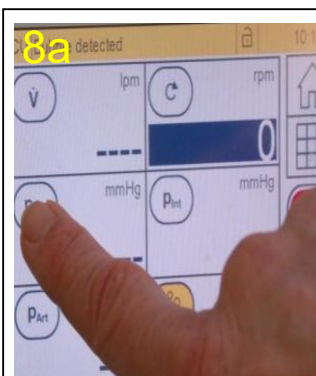
5. Slå på CardioHelp



6. Aktiver "Global Override"-modus



7(a og b). Start dataopptak

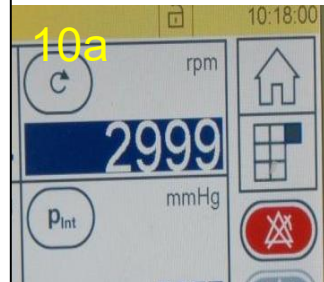


8(a og b). Nullstill trykkene (pVen, pInt og pArt)

CardioHelp - Oppstart



9(a og b). Koble til primingbag



10(a og b). Prime med 3000 rpm i 2 min., og med 4000 i 1 min.



11(a, b og c). Fjern primingbag



12. Sjekk flow- nullstill om nødvendig



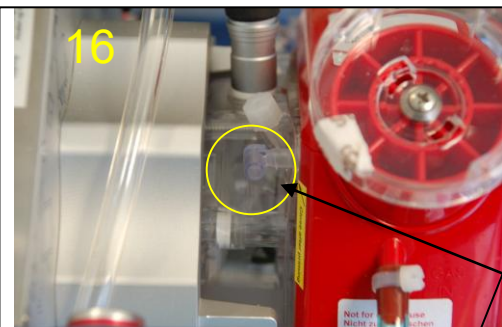
13. Monter den venøse proben



14(a, b og c) Reset boblealarm



15. Deaktiver "Global Override"-modus (Hold inne i 5.sek.)



16. Sett på gul luer på utluftningsport

10. Forberedelser til ECMO-behandling

(Gjelder både ved innleggelse på intensiv, angiolog og operasjonsstue)

10.1. Blodbestilling

Det bestilles etter skjema:

Priming blodprodukter (til barn under 10kg)

Back-up blod.

Bestilling av "priming"-blod

Priming-blodlappene skal merkes Priming og klistres på blodarket, men skal ikke regnes i pasientens væskebalanse.

Back up-blod:

1 SAG for barn < 20 kg.

2 SAG for barn > 20 kg.

2 SAG for voksne.

Blodprodukter utover dette vurderes individuelt etter pasientens behov. Blodprodukter forordnes av thoraxkirurg/anestesilege, administreres av anestesisykepleier eller pasientansvarlig intensivsykepleier.

Ekstracellulær kalium kan stige i bankblod når det lagres. Backup-blod skal være < 3 dager gammelt for nyfødte.

10.2. Blodprøver før oppstart

Pretransfusjonsprøve (to prøver dersom ikke tidligere pretrans er tatt)

ECMO – IMPELLA (voksen)			Blodprøvepakken finnes i DIPS		
Hematologi	Organmarkører	Væske- og Elektrolytter	Hemostase	Protein	Infeksjon
Hemoglobin Trombocytter Leukocytter P-Hb	Karbamid Kreatinin Bilirubin ASAT ALAT Alk.fosfatase LD GT	Natrium Kalium Magnesium Fosfat	INR APTT Antitrombin Fibrinogen D-dimer Haptoglobin Anti FXa	Albumin Tot Protein	CRP

	CK Amylase				
	Myokardskade				
	CK-MB Myoglobin				

ECMO (barn)			Blodprøvepakken finnes i DIPS			
Hematologi	Organmarkører	Væske- og elektrolytter	Hemostase	Protein	Meta-bolisme	Infeksjon
Hemoglobin Trombocytter Leukocytter P-Hb	Karbamid Kreatinin Bilirubin ASAT ALAT Alk.fosfatase LD GT CK Amylase panc.	Natrium Kalium Magnesium Fosfat Kalsium	INR APTT Antitrombin Fibrinogen Anti FXa Haptoglobin	Albumin Tot protein	Glukose	CRP
	Myokardskade					
	CK-MB					

Prokalsitonin, pro-BNP og Troponin T tas på indikasjon.

10.3. Rtg. og andre undersøkelser.

Rtg. thorax.

Dersom pasienten ikke har ferske svar på bakteriologi, tas dette av blod, urin, ekspektorat, ev. fra steder med sekresjon

Etter forordning:

- Ultralyd caput/abdomen hos nyfødte
- Ekko cor
- EEG
- CT caput

Prosedyrer som medfører blødningsfare (f.eks. innleggelse av CVK) gjøres fortrinnsvis før heparinisering.

11. Mottak i intensivavdeling

Tiltak	Kommentar
Rommet: Enerom eller stor sengeplass. Minst mulig gjennomgangstrafikk. Antidecubitusmadrass spesielt beregnet på barn. Ev. gelepute må varmes.	Det skal være plass til mye utstyr, maskiner og mennesker. Redusere infeksjonsfare, mest mulig ro.
Sengen: Intensiv seng eller seng med tempurmadrass.	
Nyfødt: Juniorseng.	
Større barn: Junior- eller voksenseng.	
Utstyr i tillegg til en komplett intensivsengenhet: NIRS Infusjon med standardblanding heparin: NaCl 9 mg/ml 49 ml Heparin 5000 IE/ml 1 ml = Heparin 100 IE/ml Lukket sugesystem Trykk-manometer til bagen v/behov Lommelykt Bestille rekvisisjoner i Dips Arena Temp. måling	Styres etter ACT-verdiene. Forordnes daglig. NB. Til barn under 10 kg blandes Heparin til 50 IE/ml. Hvis pasienten er spesielt utsatt for barotraume. Til å oppdage klotting ved å lyse over oksygenatoren og mellomstykkene. Til lab, rtg og bakt t.o.m. kl 12 om dagen etter. Ikke rektalt pga. blødningsfaren v/heparinering. Bruk PA-kateter eller blæretemperatur.

Bemanningsnorm sykepleier : pasient er vanligvis 2 : 1

12. Legemidler og ECMO-behandling

Det fins ingen etablerte retningslinjer for dosering av legemidler ved ECMO. Legemidler som gis til intensivpasienter har endret farmakokinetikk på grunn av mange ulike faktorer i tillegg til ECMO, for eksempel redusert clearance på grunn av lever- og nyrefunksjon, økt distribusjonsvolum som følge av økt ekstracellulært volum, og endret proteinbinding som følge av lav plasmakonsentrasjon av albumin. Alt dette må tas med i vurderingen ved dosering av legemidler hos ECMO-pasienten. Klinisk farmasøyt bør inkluderes i vurderingen.

Ved ECMO-behandling kan farmakokinetikken til legemidler endres, som igjen for konsekvenser for legemidlenes effekt. Det er beskrevet ulike mekanismer for dette:

- Legemidler som er svært lipofile ($\log P > 2$, høy proteinbinding) kan binde seg til kretsen. På kort sikt fører dette til et høyere distribusjonsvolum, som gjør at den initiale dosen gitt vil ha lavere effekt enn forventet. Over tid vil kretsen mettes. Når legemiddelet seponeres kan kretsen fungere som et reservoar som avgir legemiddelet i lengre tid enn forventet. Dette kan forlenge effekten av legemiddelet.
- Legemidler som er hydrofile (lav $\log P$, lav V_d) vil få et initialt økt distribusjonsvolum som følge av det ekstra volumet kretsen opptar.

På grunn av disse endringene i farmakokinetikk anbefales det på generelt grunnlag at pasienter på ECMO får den høyeste anbefalte dosen av legemiddel innenfor indikasjon. Laddningsdose anbefales for legemidler hvor dette er hensiktsmessig.

Generelle råd rundt dosering av legemidler ved ECMO:

- Legemidler som titreres til effekt kan doseres som vanlig. Eksempler på dette er sedativa, vasoaktiva, diuretika, og antikoagulerende legemidler.
- For legemidler som doseres etter plasmakonsentrasjon (TDM) skal dosen titreres til ønsket målområde.

For antibiotika og andre antimikrobielle legemidler finnes det lite og varierende informasjon om dosering, og det finnes dermed ikke noen empiriske retningslinjer. Det bør gis en ladningsdose, og det bør gis den høyeste anbefalte dosen innenfor indikasjon.

Plasmakonsentrasjon bør følges om analyse er tilgjengelig.

Ernæring:

Samme rutiner som for andre intensivpasienter.

[Ernæring til intensivpasienten \(PO/INT\) - voksne.](#)

Fettstoffer:

Kan teknisk sett gis så lenge det ikke settes i kretsen rett før oksygenator.

Referanser:

Duceppe, M. A., et al. (2021). "Pharmacokinetics of Commonly Used Antimicrobials in Critically Ill Adults During Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Systematic Review." *Drugs* 81(11): 1307-1329.

Lindberg BR, Videm V, Dahl T, Sørensen G, Fiane AE, Thiara AS. Influence of the ECMO circuit on the concentration of nutritional supplements. *Sci Rep*. 2020 Nov 6;10(1):19275. doi: 10.1038/s41598-020-76299-5.

Lyster, H., et al. (2023). "Antifungal Dosing in Critically Ill Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation." *Clin Pharmacokinet* 62(7): 931-942.

Patel, J. S., et al. (2023). "A Narrative Review of the Impact of Extracorporeal Membrane Oxygenation on the Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Critical Care Therapies." *Ann Pharmacother* 57(6): 706-726.

Shekar, K., et al. (2012). "Pharmacokinetic changes in patients receiving extracorporeal membrane oxygenation." *J Crit Care* 27(6): 741 e749-718.

13. Overvåkning ved ECMO-behandling

13.1. Respiratorinnstilling og strategi

Ved ECMO-behandling (bortsett fra bridge to LTx) er målet å gi optimale forhold for tilheling av lungene. En antar at det er gunstig å begrense platåtrykk, drivtrykk, tidevolum og respirasjonsfrekvens. PEEP benyttes for å hindre progresjon av atelektaser. Gassvekslingen foregår primært i ECMO-kretsen, men unntaksvis må respiratorinnsatsen økes noe for å oppnå akseptabel oksygenering.

Ved ECMO-behandling ved sirkulasjonssvikt vurderes respiratorbehandling ift. den enkelte pasient. Noen er helt selvpustring under pågående behandling. Det kommende kapitlet omhandler derfor hovedsakelig respiratorstrategi for pasienter som behandles med venovenøs ECMO for lungesykdom.

Veiledende innstilling:

Nyfødt og spedbarn:

FiO₂ 0.21-0.3

Luftveistrykk til 15 - 20 cm H₂O

Respiratorfrekvens: 10-15/min

PEEP: 5-10 cmH₂O

Barn:

FiO₂ 0.4. - 0.5

Peak luftveistrykk < 25 cmH₂O

Respiratorfrekvens: 10 - 15 /min

PEEP 5 cmH₂O

«Hvilestillinger» bør i utgangspunktet beholdes så lenge pasienten er på ECMO, men innstillingene kan økes noe før weaningforsøk. Videre kan en vurdere behandling med surfactant til nyfødte (100 mg/kg).

13.1.1. Respiratorstrategi ved venovenøs ECMO-behandling hos voksne

Overordnet strategi er lungehvile/protektiv ventilasjon, etterfulgt av langsom reduksjon av sedasjon (ev. trakeostomert) i kombinasjon med egentrigget respirasjon, før weaning av ECMO. Dette gjelder brorparten av pasientene.

Ved barotraume må hensyn til minimal eller ingen overtrykksventilasjon prioriteres. Dvs. ECMO uten respirator, eller minimalt overtrykk.

Ved ECMO som bro til lungetransplantasjon prioriteres minimal sedasjon for å fasilitere mobilisering og fysioterapi.

Grovt sett tre faser:

Initialfasen (rett etter kanylering) 0-24 t.:

Stabilisere, vurdere rekrutterbarhet (inkludert mageleie).

Vi ønsker å unngå derekruttering vha. mageleie og maks. platåtrykk på 25.

Ved barotraume prioriteres kontroll på luftlekkasje med minst mulig overtrykk.

Stabilisere: VIKTIG! Bruk tid (timer) på nedtrapping til lungehvileinnstillinger, for å unngå instabilitet.

Hemodynamikk, orienterende UL hjerte/thorax, IVC-volumstatus?

Pleuravæske/pneumothorax? Høyre ventrikkelsvikt/pulmonal HT? Estimert cardiac output?

Respiratorinnstillinger:

FiO₂ 0,3-0,5

Platåtrykk 20-25 cmH₂O

Respiratorfrekvens 4-15/min

PEEP 10-15 cmH₂O (forsiktighet med PEEP < 10 på fokal ARDS (eks. lobær pneumoni)

Aksepter PEEP 15 ved non-fokal ARDS (eks. viruspneumonitt)

Mål:

SaO₂ > 85-90 %

PaO₂ > 8 kPa

pH 7,35-7,45

Unngå for rask korreksjon av PaCO₂

Lungevilefasen, x antall døgn/uker:

Unngå (Psi) VILI: atelektraume, barotraume, volutraume

Ikke tillat fullstendig derekruttering dersom det kan unngås innenfor rammene av lungeprotektiv ventilasjon.

Gassutveksling styres vha. ECMO-flow for oksygenering, og friskgassflow (sweepgass) for CO₂-clearanse.

Respiratorinnstillinger er uendret fra initialfasen, lungeproteksjon og FiO₂ < 0,5.

Strategivalg:

- Stillingstagen til varighet av mageleie: 3-5 dager gitt at pasienten ikke blir ustabil, eller klinisk forverres. Endring av compliance og/eller oksygenering predikerer ikke effekt av mageleie på mortalitet.
- Stillingstagen til sedasjonsdybde: Initial dyp sedasjon. Mål er: God ECMO-drenasje, unngå suction, kun minimalt med egentrigging, unngå stress.

Ved mye sekret/puss/plugging i luftveier er det viktig å fasilitere spontan hoste, gjerne kombinert med bronkoskopisk renovering.

- Dersom det ikke tilkommet signifikant bedring etter 14 dager bør man diskutere trakeostomi for å forsere sedasjonslette og forsøke egentrigget ventilasjon.

Trakeostomi bør utføres kirurgisk (dette gir lett tilgang til hemostase ved sivblødning. God kommunikasjon med ØNH-lege er viktig!)

- Stillingstagen til bruk av muskelrelaks: Forsøk å unngå muskelrelaks, ev. kun boli.
- Evaluering av lungefunksjon: Rtg thorax, respirasjonsmekanikk, CT thorax, bronkoskopi.

Respiratorinnstillinger: som i initialfasen.

Mål:

Økning i tidalvolum, radiologisk bedret luftholdighet, bedring av CO₂-clearance og redusert shunting i lungene.

Kontroll på væskehusholdning: Pasienten bør være så «tørr» som mulig.

Infeksjonskontroll.

Nedtrappingsfasen, reduksjon av ECMO-støtte, x antall dager:

FiO₂ på respirator skal hele tiden være < 0,5 og hensyn til lungeproteksjon er viktigere enn nedtrapping av ECMO-støtte.

I denne fasen tilstreber vi egentrigget ventilasjon.

ECMO-støtten reduseres parallelt med sedasjonslette og økt egentrigget ventilasjon.

Egentrigget respirasjon kan kun aksepteres innenfor disse kriteriene:

- Estimert transpulmonaltrykk (Pokklusjon) < 20 (25) cmH₂O *
- God respiratorsynkroni
- P0.1 < 5
- Respiratorfrekvens < 28

*Crit Care

6;23:346. doi: [10.1186/s13054-019-2617-0](https://doi.org/10.1186/s13054-019-2617-0)

A novel non-invasive method to detect excessively high respiratory effort and dynamic transpulmonary driving pressure during mechanical ventilation

Michele Bertoni^{1,2}, Irene Telias^{3,4}, Martin Uerner^{3,5}, Michael Long⁶, Lorenzo Del Sorbo^{3,5}, Eddy Fan^{3,5,7}, Christer Sinderby^{3,4}, Jennifer Beck^{3,4}, Ling Liu⁸, Haibo Qiu⁸, Jenna Wong⁵, Arthur S Slutsky^{3,4}, Niall D Ferguson^{3,5,7,9,10}, Laurent J Brochard^{3,4}, Ewan C Goligher^{3,5,10,11}

Ved bedring i oksygenering reduseres ECMO-flow gradvis ned mot 2 liter (FiO₂ 1,0), deretter gradvis reduksjon av FiO₂ på ECMO-kretsen.

CO₂-clearance vil som regel være begrensende faktor i denne fasen. Reduksjon av friskgassflow reduserer CO₂-clearance fra ECMO. Dette skjer i et intrikat samspill med økt minuttvolum på respirator pga. bedring i lungefunksjon, og gradvis sedasjonslette med økt egeninnsats på respirator.

Eks. på fremgangsmåte:

- Objektivt bedret lungefunksjon
- 20 % reduksjon av sedasjon pr. dag
- Ved akseptabel egentrigget respirasjon fortsetter forsiktig sedasjonslette parallelt med reduksjon av friskgassflow (stress pga. tubeirritasjon, rask nedtrapping av sedasjon, gjør evaluering av respirasjonsmekanikk vanskelig)
- Begrensende faktorer er hele tiden stress, dyssynkroni og uakseptabelt høy respirasjonsdrive/tidalvolum hos pasienten. Denne fasen kan ta mange dager.
- Før man dekanylerer gjøres O₂-test (100 % O₂ på respirator over 15 min skal gi > 30-40 kPa O₂ i systemisk blodgass) for å verifisere at oksygenering via nativ lunge er tilstrekkelig.
- Til sist stanser man friskgassflow for å se om CO₂-clearance er adekvat. Over noen timer evalueres pasientens lungemekanikk, samarbeid med respirator, og om blodgasser akseptable, før man dekanylerer.

Objektive ønskemål for dekanylering, ikke absolutte krav:

- PaO₂ > 30-40 kPa v/100 % O₂-test
- pH > 7,3
- FiO₂ respirator < 0,5
- Platåtrykk < 25
- TV < 6 (7*) ml/kg

Ved egentrigget respirasjon:

- Estimert transpulmonaltrykk/drivtrykk < 20 cmH₂O
- God respiratorsynkroni
- P0.1 < 5
- Respirasjonsfrekvens < 28

Chest. 2021 Nov;160(5):1704-1713.

doi: 10.1016/j.chest.2021.05.068.Epub 2021 Jun 21.

Achieving Safe Liberation During Weaning From VV-ECMO in Patients With Severe ARDS: The Role of Tidal Volume and Inspiratory Effort

Abdulrahman A Al-Fares¹, Niall D Ferguson², Jin Ma³, Marcelo Cypel⁴, Shaf Keshavjee⁴, Eddy Fan², Lorenzo Del Sorbo

13.2. Antikoagulasjon

Antikoagulasjon:

- Gi initialt heparin 100 E/kg kroppsvekt iv (etter at guidewire er plassert, men før kanylering)
- Antikoagulasjon styres etter Activated Clotting Time (ACT-verdi)
- Ønsket ACT er 150-180 sekunder.
- Ved ACT < 150 sekunder: Vurder å gi heparinbolus og øk infusjonshastighet.
 - o Voksne: 15 IE/kg
 - o Barn: 10 IE/kg
 - o Kontroller ACT-verdien etter én time.
 - o Korriger infusjonshastighet på heparin etter ACT og gjeldende forordning dokumentert i Plan/Mål

Ved HIT:

Argatroban (Novastan®) 100 mg/ml. Fortynnes i NaCl 0,9 % til 1 mg/ml. Finnes pr. i dag på Gen. Int 1; kontakt ev. vakthavende farmasøyt. Vanlig dose hos pasienter med hjertesvikt, multiorgansvikt eller etter hjertekirurgi er 0,5-1 mcg/kg/min. Start på 0,5 mcg/kg/min. Det styres ved aPTT (tidligere kalt Cephotest), med målverdi 45-60 sekunder (målområde er redusert fra tidligere versjon pga. endret målemetode ved laboratorieundersøkelser ved OUS). Ta første prøve to timer etter oppstart; deretter hver 4. time til «steady state».

Referanse:

1. 2021 ELSO Adult and Pediatric Anticoagulation Guidelines. McMichael et al. www.else.org/resources. *ASAIO journal* 2022
2. Argatroban in heparin-induced thrombocytopenia: rationale for use and place in therapy. Bambram Ramandeep et al. *Therapeutic Advances Chronic Dis.* 2013 Nov; 4(6): 302-304
3. Referanseområde APTT (rutinekoagulasjon), MBK. [eHåndbok - Referanseområde APTT \(rutinekoagulasjon\), MBK](#)

13.3. Veiledende mål for blodverdier

Hb:

Nyfødte: 12 - 15 g/dl

Barn: > 12 g/dl

Voksne: > 8 g/dl

(Vurder totalt O₂-tilbud, ikke kun Hb-verdi)

ACT: 150-180 sekunder eller individuelle mål basert på flow.

Trombocytter: > 50 x 10⁹.

Antitrombin aktivitet (AT): > 60 % (> 80 % hos nyfødte/ små barn), ved lave verdier skal det gis Atenativ[®].

Anti-Xa aktivitet: > 0,2 U/ml. Anti-Xa er et mål for heparinmengden i blodet.

Fritt Hb (pHb) i plasma: < 0,07 g/dl. Vurder å skifte ECMO-krets ved stigende trend.

Referanse:

1. Combes et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Distress Syndrome. *N Engl J Med* 2018; 378: 1965-1975

2. [ASAIO Journal](#) (EuroElso Guidelines)

Hva sier blodprøvene oss:

AT: hindrer dannelsen av trombin og aktiverte former av faktorene IX, X, XI, XII. Lav verdi gir økt blodproppfare. Heparin øker effekt av AT.

Anti Xa: direkte faktor Xa-hemmer. Mål på effekt av lavmolekylært heparin.

aPTT (aktivert partiell tromboplastintid): høy verdi pga heparineffekt, mangel på koagulasjonsfaktorer eller lav fibrinogenverdi.

Fritt Hb i plasma (pHb): knuste røde blodlegemer. Hemolyse. Høy verdi gir klottingfare.

Haptoglobin: protein. Lav verdi ved hemolyse. Fritt hemoglobin binder seg til haptoglobin.

Fibrinogen: protein, aktivert av trombin til fibrindannelse. Siste trinn i koagulasjonskaskade.

Lav verdi gir blødningsrisiko og kan være tegn på forbrukskoagulopati.

D-dimer: nedbrytningsprodukt fra uløselig fibrin.

ACT: activated clotting time. Mål på heparineffekt.

LD: laktat dehydrogenase. Enzymlekkasje ved hemolyse. Øker ved hemolyse.

Bilirubin: øker ved hemolyse.

13.4. Cerebral evaluering av nyfødte og små barn med åpen fontanelle.

Pre ECMO: Ultralyd caput

På ECMO: Daglig ultralyd caput

NIRS (Near InfraRed Spectroscopy) monitorering anbefales.

Før utskriving, bør det gjøres cerebral CT eller cerebral MR.

13.5. Vurdering av «white out»

Pulmonalt ødem (»white out») pga høyt trykk i venstre atrium ved VA-ECMO

Årsaker:

- Mitralinsuffisiens
- Aortainsuffisiens
- Bronkialt returblod
- Redusert venstre ventrikkelfunksjon
- Økt «afterload»
- Volum «overload»
- Vasopressor

Hva kan gjøres for å unngå dette?

- Adekvat størrelse på venøs «inflow»-kanyle
- Behold pre-ECMO IABP
- Ved post-kardiotomi ECMO, anlegg drenasje/kanyle i venstre atrium via øvre høyre lungevene
- Hold diastolisk pulmonaltrykk lavt (< 20-22 mmHg, Swan Ganz-kateter)
- Unngå å stoppe inotropi raskt etter oppstart ECMO

Hvis pulmonalt ødem oppstår ved perifer VA-ECMO:

Avlastning av venstre hjertehalvdel:

- Atrial septostomi ved ballong/kutt, ev. med atrial septal stent
- Direkte kanylering med drenasje av venstre ventrikkel via liten venstresidig thorakotomi i 6. interkostalrom

- Perkutan direktekanylering via atriaseptum – egen kanyle
- Tilleggsbruk av pumpe gjennom aortaklaffen for å avlaste venstre ventrikk; Impella («ECPella»)

ECPella (se også s. 21): Gjelder Impella CP smart assist.

Trykkurve på Impella (Purge Signal) er et resultat av trykk i aorta ascendens gjennom systole og diastole. Ved kombinasjon med ECMO vil trykkforskjellen flates ut, og det kan oppfattes av Impella monitorering som en feilplassering av kateteret. Alarmen «wrong position» vil da komme. Hvis pasienten nettopp har vært snudd, tatt røntgen, vært urolig eller lignende så må posisjon verifiseres med ekko. Hvis pasienten er helt i ro, er det mest sannsynlig en falsk alarm. Pasientens eget pulstrykk (f. eks. ingen forskjell mellom systole og diastole) kan bekrefte dette.

En pasient som avlastes på VA-ECMO, har da Impella som en tilleggsstøtte for å tømme venstre ventrikk. (Da kan ikke Impella kjøres på max P-nivå. For å unngå suction er det vanlig å kjøre Impella på P2-4.)

14. Rutiner etter etablert ECMO-behandling

Gå gjennom nødprosedyren.

Gjennomgang av ECMO-nødprosedyre på hver vakt skal sikre rask respons og forsvarlig håndtering ved stopp i ECMO-krets. En laminert nødprosedyre for den enkelte avdeling skal henge på stativ sammen med ECMO-konsollen. Der det lar seg gjøre bør gjennomgangen av nødprosedyren fortrinnsvis gjøres sammen med vakthavende kirurg og anestesilege.

Sjekk alarminnstillinger på:

Volum/flow:

Voksen: Sett alarmgrensen low flow 1-1,5 l under aktuell flow

Barn: Sett tettere grense

Delta p (ΔP): Alarmgrensen skal være maks det dobbelte av målt verdi (/oppstartsverdi).

Settes tettere ved mistanke om begynnende trombosering.

SvO₂: Alarmgrensen settes etter klinisk vurdering.

«Sugetrykk»: Veiledende varselgrenser for Pven

Voksen: -100 mmHg

Barn: -50 mmHg

Lenket alarm på sugetrykk, luftboblealarm på både venøs og arteriell side.

Koagler: inspiser kretsen med lommelykt.

Sjekk temperatur på varmeveksler.

Sjekk **«backup»-blod (i tillegg tappedato på nyfødte):**

Barn < 20 kg: 1 SAG

Barn > 20 kg og voksne: 2 SAG

Blodprøver:

ACT hver 1.-2. time

- Obs: Halveringstid på heparin er kortere hos barn enn hos voksne (35-75 min. kontra 60-90 min.).

Arteriell blodgass etter behov

Trombocytter hver 6. time eller etter forordnet hyppighet

Daglig:

Blodprøvene tas kl. 03.30.

Etter forordning gjentas prøvene kl. 14.00.

Bestill blodprøvepakke som «ø-hjelp» i Dips Arena.

Se punkt 10.2. for blodprøvepakke (ECMO/Impella voksen eller ECMO barn i Dips Arena).

Blodgasser fra oksygenator gjøres av perfusjonist.

Bakteriologi etter protokoll for intensivpasient.

Ekko cor på indikasjon.

Bronkoskopi på indikasjon.

Tverrfaglige ECMO-møter holdes fast morgen og ettermiddag (fortrinnsvis kl. 16.30) med alle faggrupper involvert i behandlingen. Strategi/mål for neste 12-24 timer gjennomgås. På ettermiddagsmøtet (hverdager) avgjøres det hvorvidt perfusjonist kan ha hjemmevakt (gjelder kun voksne > 18 år). Det skal dokumenteres i plan og mål av pasientansvarlig overlege; på TKA vakthavende VAD/ECMO/TX overlege. Se link vedrørende ansvarsforhold under obligatorisk litteratur.

Plan/mål i Metavision som skal være fylt ut:

Trombocytter

Antitrombin

ACT

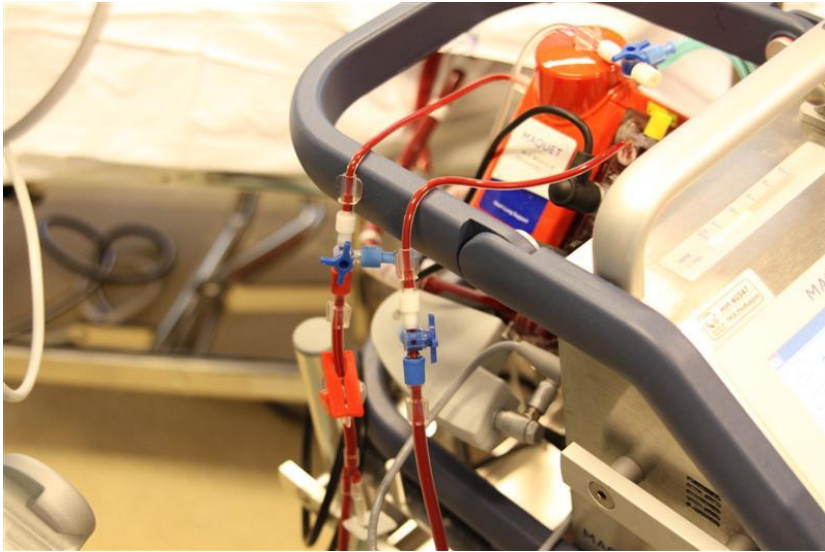
MAP

Hemoglobin

Væskebalanse

Ernæringsplan

14.1. Dialyse ved ECMO.



Innleggelse av dialysekateter bør vurderes før oppstart av ECMO-behandling dersom man mistenker at det kan bli behov for CRRT. CRRT kan også gjennomføres ved å koble dialysemaskin til ECMO-kretsen.

Det er vanlig å koble en kontinuerlig dialysemaskin på følgende måte: Blod tas ut etter oksygenator, og gis tilbake rett før oksygenator (etter pumpe).

Vedrørende antikoagulasjon i CRRT-krets har vi praktisk erfaring med følgende metoder:

- Ingen antikoagulasjon i CRRT-krets (kun heparin i ECMO-krets)
- Ekstra antikoagulasjon (heparin) i CRRT-krets
- Citrat/kalsium som regional antikoagulasjon i CRRT-krets brukes i dag svært sjelden, og kun etter nøye vurdering ved f. eks. svært hyppig klotting av CRRT-krets

Tilkobling til CRRT kan utføres av intensivsykepleiere som er trent til dette eller av perfusjonist.

15. Observasjoner og oppfølging av ECMO-pasienten

For pasienter på ECMO-behandling gjelder prosedyrer og prinsipper som til enhver intensivpasient. Dokumentet tar for seg det som er spesielt for denne typen behandling.

Det forventes at alle i teamet som betjener ECMO-pasienten har god kunnskap om oppfølging og behandling av den kritisk syke pasient, barn og voksen. Dette blir derfor ikke berørt i dette kapittelet.

Behandlingstilbudet omfatter både veno-venøs og veno-arteriell ECMO.

Prosedyrer og behandlingsplaner er felles for begge behandlingstyper, men grunnlidelsene er forskjellige.

15.1. Gassutveksling, oksygenering og ventilering

Aktuelle tiltak ved utilfredsstillende oksygenering ved VV-ECMO:

- Øke oksygentilbudet til pasienten:
 - Øke blodflow i ECMO-kretsen. Vær obs på at jo høyere «turtallet» er, desto mer hemolyse kan det bli.
 - Øke FiO₂ i ECMO-kretsen
 - Ev. øke pasientens Hb
 - Optimaliser ventilasjon av lungene, ev. øke respiratorinnsats noe innenfor grensene av lungeprotektiv ventilasjon.
- Redusere resirkulering i ECMO-kretsen
 - Vurdere kanyleplassering/reposisjonering av kanyler ved høy grad av resirkulering
 - Vurdere i hvilken grad leieendringer påvirker resirkulering
- Redusere pasientens oksygenforbruk
 - Sedasjon
 - Temperaturkontroll
 - Vurdere å redusere pasientens CO ved refraktær hypoksi
- Redusere shunting i lunger
 - Respiratorbehandling
 - Vurdere mageleie
- Kontrollere oksygenatorfunksjonen

- Vurdere skifte til venoarteriell ECMO/hybrid-ECMO

Aktuelle tiltak ved utilfredsstillende CO₂-utveksling ved VV-ECMO

- Øke flow på sweep-gass

15.1.1. Utilfredsstillende gassutveksling i lungene relatert til reversibel lungesykdom

Mål

Kortsiktig: Sikre gassutveksling for å normalisere O₂/CO₂-innholdet i pasientens blod.

Langsiktig: Lungene heles og gjenopptar sine funksjoner.

Kunnskap

Ved VV ECMO-behandling grunnet respirasjonssvikt er det et mål å gi optimale forhold for tilheling av lungene. Det antas å være gunstig å begrense platåtrykk, drivtrykk, tidalvolum og respirasjonsfrekvens. Gassutvekslingen foregår primært i ECMO-kretsen, men unntaksvis kan det vurderes å øke respiratorinnsats for å oppnå akseptabel oksygenering og ventilering. Indikasjon for ECMO-behandling for barn og voksne er en reversibel lungesykdom med forventet høy mortalitet ved konservativ behandling. Mange pasienter har ARDS som medfører:

- Shunting i lungene
- Plasmaeksudat i lungevevet
- Pulmonal hypertensjon
- Nedsatt compliance

Pasientens oksygenering er avhengig av Hb, da dette transporterer O₂ til vevet.

Tiltak

- Observere respiratorisk arbeid.
- Dokumentere respiratorinnstillinger og avleste verdier på respirator, inklusive compliance.
- Ta blodgasser minimum hver 4. time.
- Overvåk pasientens SpO₂ og SvO₂ i ECMO-kretsen nøye. Høy eller økende SvO₂ målt i ECMO-kretsen kan være tegn på resirkulering, relatert til kanyleplassering.

Kanyleplasseringen må vurderes ved mistanke om resirkulering med høye verdier av SvO₂ i ECMO-kretsen og samtidig lav SpO₂ hos pasienten.

- Vurder om pasienten tåler en sugeprosedyre. Lukket sugesystem benyttes. Vis varsomhet ved suging i luftveier. Pasienten er heparinisert. Blødning kan derfor lett oppstå fra slimhinnene.
- Mageleie kan vurderes hos enkelte VV ECMO-pasienter med ARDS tidlig i forløpet. Ellers regelmessig leieforandring og lungefysioterapi etter pasientens oksygenstatus.
- Administrer SAG etter Hb-grenser.

15.1.2 Utilfredsstillende gassutveksling relatert til nedsatt flow i ECMO-kretsen

Mål

Kortsiktig: Gassutveksling sikres for å normalisere O₂/CO₂-innholdet i pasientens blod.

Langsiktig: Lungene heles og gjenopptar sine funksjoner.

Kunnskap

Gassutvekslingen foregår primært i ECMO-kretsen ved respirasjonssvikt og det er viktig at det går en adekvat blodflow gjennom maskinen kontinuerlig.

De viktigste faktorene for oksygenering ved ECMO-behandling er ECMO-flow og FiO₂ i sweep-gass. En lavere flow i maskinen vil gi et nedsatt O₂-tilbud til pasienten og ved behov for å øke pasientens oksygenmetning vil det å øke blodflow i kretsen bidra til et økt oksygentilbud til pasienten. Tiltak for å øke blodflow kan være:

- Øke RPM (begrensning er sugetrykk, Pven)
- Øke venekanylens størrelse, evt. vurdere ekstra venekanyler for å bedre blodtilgang
- Øke fylningstrykk (obs! ofte ønskes restriktiv væsketerapi relatert til ARDS)
- FiO₂ i sweep-gass beholdes vanligvis på 1,0 frem til pasienten er klar for weaning.
- Fjerning av CO₂ vil være avhengig av en akseptabel flow på sweep-gass. Ved situasjoner med lav pH og høy pCO₂ vil ikke en forandring i blodflow påvirke disse verdiene, men høyere flow på sweep-gass vil bidra til å senke pCO₂. Ifølge ELSO vil en blodflow på 10-25 % av CO være nok til en effektiv CO₂-fjerning.

Årsaker til nedsatt blodflow:

- Klotting i krets

- Knekk på en ECMO-slange
- Arytmi
- ECMO-kanylen kan suge seg fast (suction) på grunn av:
 - o Pasientens leie
 - o Hypovolemi
 - o Stress hos pasienten
- Boblealamer utløses og maskinen stopper

Tiltak

- Observer og dokumenter flow på maskinen
- Observer sugetrykk, SpO₂, SvO₂ og flow på maskinen ved intervensjoner
- Observere tegn til klotting
- Stabiliser kanylene. Unngå knekk eller drag på slangene.
- Administrer væske v/behov
- Observer hvor mye stress pasienten tåler før fall i saturasjon
- Forebygge luft i kretsen

Hvis kanylen suger seg fast, skru RPM rolig ned inntil venekanylen ”slipper”, for så å langsomt skru opp igjen RPM til ønsket flow. Dersom dette ikke er mulig, tilkall vakthavende perfusjonist, kirurg og anestesilege hvis situasjon ikke stabiliseres. Behandle ut fra årsak (leie, hypovolemi, stress, arytmi etc). «Volum-challenge»/passiv leg raise test (å elevare beina) kan vurderes for å se om pasienten responderes på volum.

15.1.3. Økt oksygenforbruk relatert til stress hos pasienten

Mål

Pasientens stress blir holdt innenfor området som sikrer adekvat oksygenering.

Kunnskap

Stress øker kroppens oksygenforbruk og kan medføre mottrykk mot venøs kanyle i ECMO-krets, med nedsatt flow og nedsatt saturasjon som resultat. Dette vil skje når pasientens lunger er dårligst. Når lungene friskner til, vil saturasjonen normalt øke som følge av økt muskelaktivitet i thorax. Ved både VV og VA ECMO utvikles noen ganger lungeødem med «hvite» lunger (“white out”).

Betablokkere kan bidra til å redusere CO, HR og intrapulmonal shunt ved refraktær hypoksi, men er omdiskutert i bruk hos ECMO-pasienter.

Tiltak

- Planlegg prosedyrer nøye
- Administrer smertestillende/sederende medikamenter ved behov. Bruk relevante skåringsverktøy for å vurdere smertelindring og sedering
- Gi adekvat informasjon til pasienten
- Sørg for å gi pasienten perioder med total hvile, tilstrebe døgnrytme
- Sørg for rolige omgivelser rundt pasienten

15.1.4 Økt oksygenforbruk relatert til temperaturforandringer hos pasienten

Mål

Adekvat oksygenering sikres gjennom temperaturkontroll.

Kunnskap

Økt temperatur øker O₂-forbruket.

Lav temperatur kan gi muskelskjelvninger som igjen øker O₂-forbruket.

Pasienten blir utsatt for avkjøling ved ECMO-behandling, da en stor del av blodvolumet sirkulerer utenfor kroppen i ECMO-slangene.

Varmeveksler koblet til ECMO-kretsen regulerer pasientens temperatur og kamuflerer feber.

Hos noen pasienter blir senkning av kroppstemperaturen brukt som behandling for å senke O₂-forbruket.

Tiltak

- Observer pasientens temperatur, anvend blærekateter med temp. probe, ev. blodtemperatur på PA-kateter.
- Observer eventuelle skjelvninger, administrer sedativa/muskelrelaksantia ved behov
- Unngå unødig varmetap, ikke utsett ECMO-slangene for avkjøling
- Samarbeid med perfusjonistene og behandlende lege om å regulere pasientens temperatur via varmeveksleren i ECMO-kretsen

- Observer begge temperaturene som måles via ECMO-kretsen. T_{ven} er blodtemperatur før oksygenator (ut av pasient), T_{art} er blodtemperatur etter oksygenator (inn til pasient)

15.1.5 Fare for lungeskader ved respiratorbehandling

Mål

Forebygge lungeskader (trykk- og volumskader)

Kunnskap

Ved ECMO-behandling er det et mål å gi optimale forhold for tilheling av lungene ved respirasjonssvikt. Det antas å være gunstig å begrense platåtrykk, drivtrykk, tidalvolum og respirasjonsfrekvens. ECMO-behandlingen gir dermed mulighet til å gjennomføre skånsom respiratorbehandling.

Pasientens lungesykdom medfører ofte nedsatt compliance.

Respiratorbehandling med høye luftveistrykk og høye tidalvolumer kan gi lungeskade og pneumothorax. Tegn på pneumothorax ved ECMO-behandling:

- nedsatt SpO_2
- nedsatt ekspirert minuttvolum
- økt topptrykk
- nedsatt BT, bradycardi
- økt CVP
- endrede respirasjonslyder
- asymmetriske thoraxbevegelser. Hos enkelte pasienter er tidalvolumet så lite at thoraxbevegelser er vanskelig å observere

Tiltak

- Lungeprotektiv ventilasjon ved ARDS
- Observer og dokumenter topptrykk, ev. platåtrykk, tidalvolum, frekvens og compliance
- Konferer med anestesilege om pasient tåler bagging. Bruk evt. manometer ved bagging
- Observer etter tegn på pneumothorax og rapporter straks til ansvarlig lege

15.2. Hemolyse, klotting (trombosering) og nyresvikt

15.2.1. Hemolyse, klotting (trombosering) og nyresvikt relatert til negativt sugetrykk

Mål

Pasienten er hemodynamisk stabil under ECMO-behandlingen.

Kunnskap

«Sugetrykket» (pVen) i venøs slange er det negative trykket som må til for å suge blodet ut av pasienten. Sugetrykket varierer mye hos forskjellige pasienter. Retningsgivende bør ikke sugetrykket hos barn være mer negativt enn -50 mmHg (dette vil variere mye ut fra hvor stort barnet er). Hos voksne ikke lavere enn -80-100 mmHg. Svært negativt sugetrykk kan skade blodlegemene og føre til at de sprekker; hemolyse utvikles. Splittproduktene vil sette seg fast i oksygenatoren med fare for klotting (koagulering, tilstopping) eller i nyrene med fare for nyresvikt.

Faktorer som påvirker sugetrykk:

- Venekanylens størrelse og posisjon
- Pasientens fylningstrykk
 - o Hypovolemi vil gi et mer negativt sugetrykk
 - o Stress/pressing, hoste, leieforandring kan også påvirke fylningstrykket
- Knekk på slange
- Slangelengde og -størrelse

Tiltak

- Observer trykkmålinger i ECMO-krets
- Observer sirkulasjonen nøye: hemodynamiske målinger, perifer sirkulasjon, urinproduksjon, væskebalanse minimum x 1 pr. vakt, oftere på barn.
- Observer tegn på hemolyse:
 - o Rødfarget utseende på urin og/eller ultrafiltrat på CRRT
 - o Stigende LD og fritt Hb i plasma, fallende haptoglobin
- Administrere væske og/eller blodprodukter ved hypovolemi
- Unngå stress hos pasient

15.2.2 Obstruksjon av ECMO-kretsen relatert til klotting

Mål

Forebygge obstruksjon/klotting i ECMO-kretsen.

Kunnskap

ECMO-kretsen er en fremmed overflate hvor trombocytter, fibrin og splittprodukter fra en eventuell hemolyse vil aggregere. Oksygenatoren er det trangeste og mest sårbare partiet. For å møte dette problemet brukes heparincoated utstyr.

Hos små barn og nyfødte vil det imidlertid oftere oppstå koagler i kanylene pga. smalt lumen. Gode observasjoner og rask reaksjon ved tegn til klotting (trombosering) er viktig for å sikre optimal flow og oksygenering.

Tegn til klotting:

- Økende gradient over oksygenatoren, det vil si økt differanse mellom trykket før og etter oksygenatoren (ΔP)
- Økende p-Hb
- Stigende D-dimer
- Fallende trombocytter og fibrinogen
- Mørke flekker (koagler) eller gult fibrinbelegg i oksygenatoren og/eller mellomstykkene/i kanylene
- Redusert pO₂ i blodgass fra oksygenator
- Økende behov for sweepgass

Tiltak

- Gå gjennom ECMO-kretsen fysisk ved hvert vaktskifte. Bruk lommelykt på slanger og oksygenator for å se etter tegn til klotting. Koagler ses som mørke flekker eller gult fibrinbelegg.
- Koagulasjonsstatus inkludert AT tas x 2 daglig. Vær orientert om koagulasjonsstatus.
- Vurder om heparin skal/kan gis direkte før oksygenatoren og ikke via CVK (obs: offlabel). (Dette gjøres oftere hos små barn på grunn av små volum i en voksen oksygenator).

- Fritt Hb i plasma (pHb): Ref.verdi < 0,07 g/dl. Vurder å skifte ECMO-kretsen hvis verdien er stigende.
- Observer trykkene i ECMO-kretsen.
 - o Ved koagler i arteriekanylen vil pArt og pInt stige, mens ΔP vil være tilnærmet uendret så fremt RPM er det samme. Flow vil gå ned med samme RPM (obs: det samme vil skje dersom pasientens arterietrykk stiger).
- Rapporter uventet støy fra ECMO-kretsen til perfusjonist.
- Perfusjonist kobler opp eventuelle infusjoner i ECMO-krets.
- ECMO-kretsen skiftes ved behov.

Perfusjonist tar daglige blodgasser fra oksygenator (postoksygenator) for å vurdere oksygenatorfunksjon. For å være sikker på at oksygenator fungerer optimalt er det ofte anbefalt at pO_2 etter oksygenator bør være > 20-30 kPa.

15.2.3 Utvikling av nyresvikt relatert til hemolyse

Mål

Hemolyse med påfølgende nyresvikt forebygges.

Kunnskap

Økende sugetrykk skader blodlegemer og gir hemolyse. Splittproduktene kan sette seg fast i nyrearterioler.

Tegn på hemolyse:

- Stigende fritt Hb i plasma (pHb). Normalverdi er < 0,07 g/dl
- Rødlig, ev. grønnlig utseende urin/avfallsvæske på CRRT
- Stigende LD
- Fall i haptoglobin i plasma. Normalverdi 0.4-2.1 g/l
- Stigende bilirubin
- +++ blod på urin-teststrimmel

Tiltak

- Observere diurese og urinens utseende
- Rapporter avvik i sugetrykket

- Korrigjer årsaker til økt sugetrykk: for eksempel kanyleposisjonering, leie og hypovolemi.
- Følg med på fritt Hb i plasma (pHb), LD og haptoglobin.
- Administrer volum og diuretika

15.3. Blødning relatert til heparininfusjon og trombocytopeni

Mål

En minimal blødningsrisiko. Koagulasjonsparametre og ACT holdes innenfor fastsatte verdier.

Kunnskaper

Antikoagulasjon er nødvendig for at blodet ikke skal koagulere i ECMO-kretsen.

Ved bruk av Cardiohelp® er det rapportert om heparinfri kjøring i opptil 72 timer ved blødningsproblemer, men dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Effekten av heparin-behandlingen er avhengig av:

Metabolismen: nedbrytes i leveren.

Nyrefunksjonen: utskilles via nyrene (obs. ved nyresvikt: mindre heparinbehov)

Antitrombin (AT) påvirker heparin, og økt mengde AT øker heparineffekten.

Trombocytter: når trombocytallet øker, øker heparinbehovet.

Infusjoner som inneholder koagulasjonsfaktorer (Atenativ®, SAG, plasma).

NB: Utvikling av HIT (heparinindusert trombocytopeni).

Trombocytter forbrukes i ECMO-kretsen. Selv om det anvendes heparincoated utstyr i kretsen vil trombocytter sette seg på alle fremmede flater.

Tiltak

- Måle ACT jevnlig, og reguler heparininfusjonen etter retningslinjer.
- Ved ACT < 150, vurder å gi en intravenøs bolusinjeksjon med heparin.
 - o Voksne: 15 IE/kg, barn: 10 IE/kg. Øk heparininfusjonen.
- Heparin standardblanding er 100 IE/ml. Se side 34.
- Administrer blodprodukter etter retningslinjer.
- Mål AT i serum samt aPTT og anti-FXa daglig.
- Mål trombocytter hver 6. time (ikke nødvendig hvis normale/stabile verdier).

- Ankre alle kanyler og invasive innganger.
- Observer blødning og blødningstegn fra:
 - innstikksted for kanyler
 - slimhinner
 - cerebral blødning – pupiller, blodtrykk, fontanelle, NIRS
 - urinveier, hematuri

NB. Ikke dekk til pasienten med dyne. Det kan kamuflere blødning fra innstikksted og eventuelt knekk på shunten.

- Unngå å påføre pasienten blødning under prosedyrer:
 - bruk munnstellsett med sug, ev.” babytannbørste”
 - vær svært forsiktig ved suging i munn, nese, luftveier og magesonde
 - anvend blære- eller PA-kateter blodtemperatur, ikke rektal temperaturmåling
 - barber med forsiktighet
 - unngå plukking på skorper
 - unngå å fjerne koagler før blødning har avtatt
- Mål blodtap, ev. inkludert blodprøver (barn).
- Veie kompresser.
- Bruk eventuelt «Traumastem» kompress for å stoppe sivblødning.
- Sjekk at det finnes Atenativ[®] i avdeling.
- Sjekk at det finnes riktig mengde backup-blod i avdeling på hver vakt.
 - Husk holdbarhet for blodprodukter!
 - Tappedato (under 3 dg. gammelt) for blod til nyfødte

Ved mistanke om HIT (heparinindusert trombocytopeni): se kapittel om antikoagulasjon.

Blodprøve sendes Blodbanken (lilla glass) for analyse.

15.4. Endret sirkulasjon relatert til ECMO-behandling

Forandringer i pasientens cardiac output (CO):

Mål

Et adekvat sirkulerende blodvolum, en adekvat perifer sirkulasjon og et adekvat CO opprettholdes.

Kunnskap

Ved VA-ECMO går størstedelen av blodstrømmen gjennom ECMO-maskinen, mens blodstrømmen gjennom hjertet og lungene blir redusert. Størstedelen av pasientens CO går gjennom maskinen for oksygenering og fjerning av CO₂.

Fordeling av volum må vurderes ut fra lungenes evne til gassutveksling og venstre ventrikkels evne til å pumpe blodet ut i aorta. Jo dårligere hjertefunksjon desto mindre bidrag fra venstre ventrikkel. Ved dårlig oksygenering av blodet gjennom lungene vil det gå dårlig oksygenert blod ut i aorta. Der dette blodet møter det oksygenerte blodet fra ECMO-kretsen kan det da oppstå et «vannskille». Jo lavere ned på kroppen dette vannskillet kommer, jo større del av kroppen blir dårlig oksygenert. Det er svært viktig da at blodflow gjennom ECMO-krets økes for å sikre godt oksygenert blod til hodet. Dette kalles også «Harlekin Syndrome».

Ved ECMO hos nyfødte og små barn blir tilførende kanyler lagt i arteria carotis og blokkerer denne. Carotis er ikke ligert, men det er små forhold, og det kan fort komme til en stopp av blodtilførsel til hodet. Barnet får sitt cerebrale blodflow fra andre arterier. Dette gjelder både ved hjerte- og lungeindikasjon.

NB: Ved samtidig monitorering med PA-kateter vil kun SvO₂ vise korrekt verdi. CO, SVRI etc. vil være misvisende. CO kan ikke sikkert beregnes som summen av ECMO-flow og beregnet flow via pulmonalkateter. Ekko må derfor brukes for å vurdere hjertets bidrag.

Ved VV-ECMO går bare en del av pasientens sirkulerende blodvolum gjennom maskinen. Blodet fra maskinen blir tilført på venesiden, vena femoralis eller vena iliaca, med fare for stuvning i lever. (Alternativt kan kretsen gå motsatt vei).

Store kanyler reduserer blodflow til kroppsdeler distalt. Ved VA-ECMO kan det være lagt inn IABP eller Impella® via lysken. Det legges shunt distalt fra arteriekanyler for å bedre perifer sirkulasjon.

Tiltak

- Kontinuerlig hemodynamisk overvåkning og nøye observasjon av væskebalanse.
- Administrer væske/blod og/eller ev. vasoaktive medikamenter for å holde trykkgrensene.

- Obs. fare for compartmentsyndrom:
 - o Observer perifer sirkulasjon i ekstremiteter: hudtemperatur, kapillærfylling og perifer puls hver time.
- Bruk NIRS-måling på hodet (på begge hemisfærer).
- Ved perifer kanylering: Bruk NIRS på begge legger. Skal sitte på «yttersiden» (lateralt) for skinnleggen.
- Ved kanyle i arteria carotis, barn: stabiliser hodet i midtstilling for å holde uhindret flow i kar. Bevegelser på hodet kan medføre store endringer i kanylenes posisjon.
- Ankre/stabiliser alle kanyler.

15.5. Fare for luftemboli under ECMO-behandling

Mål

Prosedyrer kvalitetssikres slik at luft ikke slipper inn i systemet.

Kunnskap

Ved VA-ECMO kan luft i arteriekanylen gå til hjernen. Dette kan skje via den arterielle ECMO-slangen i arteria carotis, ved retrosternal kanylering (barn/voksne) eller via arteria femoralis.

Det er høye trykk inne i oksygenatoren. Ved utette koblinger på treveiskranene på oksygenatoren vil blodet strømme ut fra kretsen, og luft suges dermed ikke inn i kretsen.

VIKTIG: Til dels store mengder luft kan imidlertid suges inn fra CVK/dialysekateter eller andre utette kanyler til venekanyler og gi en obstruerende luftlås i systemet. Det er boblesensor både på vene- og arterieslange. Når det er aktivert lenket alarm på boblesensorene, vil kretsen stoppe hvis det detekteres en luftboble.

Ved venøs boble kan man velge å overkjøre, trykke «reset»-knappen og «lufte ut» boblen i oksygenatoren. Dette gjelder kun ved små mengder luft (som kullsyrebobler). Hvis dette gjentar seg flere ganger, vil oksygenatoren ikke kunne håndtere mer luft og potensielt medføre klotting i oksygenatoren. Ved luftmengder som overskrider 2 ml, må slangen klippes eller luft evakueres via venøs kobling på oksygenator. Se nødprosedyre.

På arteriesiden er boblesensoren svært sensitiv og kan bidra til at krets stopper selv om en ikke har observert luft i systemet; ved mikrobobler. Innleggelse av CVK/dialysekateter under ECMO-kjøring er potensielt risikabelt. Man må vurdere å redusere flow under prosedyren. Pasienten leires med senket hodeende under en slik prosedyre.

Vær spesielt obs på:

- Kort avstand mellom CVK/dialysekateter og venekanyler
- Høyt sugetrykk i venekanylen
- Defekt CVK, kran eller infusjonssett
- Ev. defekt i koblingen mellom de ulike deler av systemet
- Både forsert ventilasjon og hikke gir økt fare for luft i ECMO-kretsen via utette koblinger, på grunn av undertrykk i thorax.

Tiltak

- Observere ECMO-enheten nøye med tanke på lekkasje, defekte slanger, koblinger og luftbobler.
- Gå gjennom alle CVK-koblinger ved vaktstart
- Boblesensor på venøs side skal ligge høyt ift. innstikksted for venekanyler og pasientnært slik at luft samles ved sensor og ikke går opp igjen i pasienten eller at alarmen reaktiveres ved resetting.
- Fjern all luft fra kanyler, slanger og treveiskraner før tilkobling til pasient ved intravenøs administrering.
- Vær nøye ved bruk av treveiskraner på oksygenator til CRRT.
- Bruke tilbakeslagsventil hvis blodprodukter eller væske skal gis via krets.
- Bruk av krets til blodprodukter eller væske på medisinsk forordning
- Blodgass fra krets utføres av perfusjonist.
- Behandle hikke.
- Unngå å koble infusjoner på luerlock-sideløp på infusjonssett.

15.6. Infeksjonsrisiko

Mål

Pasienten holdes fri for infeksjoner.

Kunnskap

ECMO-kanyler og annet invasivt utstyr disponerer for infeksjon. Bruk av varmeveksler i ECMO-kretsen kan kamuflere feber hos pasienten. ECMO-pasient som er kandidat for hjerte- eller lungetransplantasjon samt immunsupprimerte pasienter er ekstra sårbare for infeksjoner.

Tiltak

- Anvend aseptisk teknikk i arbeidet med invasivt utstyr.
- God håndhygiene hos personell og familiemedlemmer, informer pårørende om krav til hygiene.
- Observer pasient for tegn på sepsis: ustabil sirkulasjon, ↓fylningstrykk, ↑hjerterefrekvens, ↓SVR, varm/rød hud, uro, ↑behov for vasopressor, ↑volumbehov.
- Ta bakteriologiske prøver etter retningslinjer for intensivpasienter.
- Unngå mye trafikk på rommet.

15.7. Begrenset egenomsorg hos den kritisk syke pasient under ECMO-behandling

Mål

Det tilstrebes størst mulig velvære for pasienten under ECMO-behandlingen. Ivareta pasientens integritet.

Kunnskap

ECMO-behandling involverer mange personer og mye utstyr. Dette kan medføre økt stress for pasienten, men er nødvendig for å kvalitetssikre behandlingen.

Uhensiktsmessig stress kan medføre lungeskader relatert til høyere topptrykk. Det kan skapes negativt inspirasjonstrykk, i tillegg til synkende saturasjon.

Teamsykepleie er ønskelig.

Når klinisk tilstand tillater det, bør pasienten være mest mulig våken på dagtid med tanke på å:

- bruke egne respirasjonsmuskler for å holde flest mulig lungeavsnitt åpne og for å løsne slim.
 - produsere egne katekolaminer med gunstige virkninger på sirkulasjonen.
 - forebygge ekstravasal væskeopphopning.
 - observere pasientens cerebrale tilstand.
 - gjennom døgnet observerer sykepleieren hva pasienten tåler av stress og påkjenninger.
- Uhensiktsmessig stress kan medføre synkende saturasjon, SvO₂ og påvirket sugetrykk. Noen pasienter må derfor sederes og kuratiseres i perioder. For nyfødte og små barn er det vanligst med sedasjon gjennom hele behandlingsperioden.

Tiltak

- Unngå unødig trafikk og møtevirksomhet på pasientrommet.
- Tilrettelegg for normal døgnrytme: våken pasient på dagtid, sovende på natten.
- Planlegg dagens aktiviteter med tanke på at pasienten skal ha perioder med ro.
- Dagsplan
- Tilrettelegg for samvær med pårørende.
- Administrer smertestillende og sederende medikamenter for å holde et hensiktsmessig stressnivå hos pasienten.
- Anvend klinisk vurdering og sedasjons- og smertevurderingsverktøy.

16. Sykepleierprosedyrer ved skifte av ECMO-krets

Beslutningen om å skifte ECMO-krets tas av ansvarlige leger (anestesilege og thoraxkirurg) og perfusjonist.

Kretsen skiftes av kirurg/perfusjonist med assistanse av operasjonssykepleier. Steril oppdekning.

Det er alltid en ferdig primet krets som står klar på rom ved inngang til operasjonsgang 1; rom D2 4029. Hvis barne-ECMO, er det også ferdig primet barnekrets samme sted. Et nytt oppsett kan være klart på 30 minutter hvis perfusjonist er på huset.

ECMO-luftboblebakke med klippeutstyr finnes på Thorax intensiv og Generell intensiv.

Sykepleierens oppgave er:

- Sjekke at riktig mengde backup-blod finnes.
- Bestille «priming»-blod og Octaplas. Se tabell s. 23.
- Ha klar akuttralle m/defibrillator, resusciteringsplate og optrukne aktuelle medikamenter (etter forordning av ansvarlig anestesilege/thoraxkirurg).
- Dersom det er blod i primingen (tilsatt heparin), skal heparininfusjonen stenges under skiftingen. Perfusjonist gir beskjed om tidspunktet for skiftingen. Infusjonen startes igjen når ACT når idealverdi (150-180).
- Pasientansvarlig sykepleier er tydelig på delegering av arbeidsoppgaver til kolleger; hvem gjør hva.

17. Avvenning fra ECMO, «weaning»

17.1. Weaning fra VA-ECMO

- Vurder økning av antikoagulasjonsnivået ved lav ECMO-flow
 - o ACT-grense økes ofte til > 200 sek når flow reduseres til < 2 l.
 - o Etterspør ansvarlig kirurg etter oppdatert ACT-grense ved reduksjon av flow
- Vurder behov for økning av respiratorinnsats/O₂-tilskudd.
- Vurder volumstatus og optimaliser vasoaktiv/inotrop medikasjon.
- ECMO-flow reduseres gradvis til minimum flow* i samråd med kirurg/anestesilege.
- Ta jevnlig blodgass fra oksygenator under weaning for å sikre at kretsen gir fysiologisk PaO₂ og PaCO₂ (utføres av perfusjonist)
- Sweep-gass kan reduseres, men ikke stenges!
- Følg med på blodgasser (laktat, SvO₂) og hemodynamikk.
- Ekko cor.
- Dekanyleringen gjøres fortrinnsvis på operasjonsstuen.
- Fjern vene- og arteriekanyler og komprimer, ev. reparer kanyleringsstedet kirurgisk.

* Minimum flow: Bør ikke kjøres mer enn 2 timer.

Barneoksygenator: 0,2 l/min

Voksenoksygenator: 0,5 l/min

17.2. Weaning fra VV-ECMO (se også s 39-40)

Dette er aktuelt når lungeparenkymet er i bedringsfase med økende compliance/tidalvolum og minkende shunt. I denne fasen bør man daglig vurdere om det skal gjøres et weaningsforsøk.

Det anbefales å skifte trachealtube og rense luftveiene før weaning.

Forutsetninger for weaning trial:

- Det er ønskelig med sedasjonslette og overgang til egentrigging før weaning
- Pasienten er hemodynamisk stabil
- Pasienten er ustresset
- Pasienten tåler reduksjon i ECMO-flow
- FiO₂ respirator max 0.6/platåtrykk < 25 cmH₂O/lungeprotektiv ventilasjon

Fremgangsmåte:

- ECMO-flow reduseres gradvis (minimum 2 liter/minutt).

- FiO₂ på sweep-gass reduseres gradvis ned til 0,21 (sweep- og ECMO-flow er uendret)
- Øk respiratorinnsatsen til tilfredstillende SaO₂. Mål om SaO₂ > 92% (FiO₂ max 0,6), RR < 28.
- Sweepgass-flow reduseres 30 % hvert 30. minutt. Kontroller PaCO₂. Mål om RR < 28, fravær av åpenbart stress/ubehag.
- Pasienten observeres med sweepgass skrudd av og med opprettholdt ECMO-flow. Dersom respirasjonsmekanikk og hemodynamikk er tilfredstillende vurderes dekantylering.

Weaning fra VV-ECMO kan godt gå over flere timer uten å gi problemer for kretsen dersom flow opprettholdes (minimum 2 liter/minutt).

Referanser:

ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support Extracorporeal Life Support Organization, Version 1.4 August 2017 Ann Arbor, MI, USA

Weaning from venovenous extracorporeal membrane oxygenation: how I do it

Lars M. Broman, Maximilian V. Malfertheiner, Andrea Montisci, and Federico Pappalardo
J Thorac Dis. 2018 Mar; 10(Suppl 5): S692–S697.

18. Litteratur

18.1. Obligatorisk litteratur

- Prosedyrer/retningslinjer i eHåndboken:

[ECMO - ansvarsfordeling ved ECMO behandling på vakttid, Generell intensiv 1, RH \(INTI1\)](#)

[Ansvarsfordeling ved ECMO behandling Voksne pasienter TKAI1.](#)

[ECMO sertifisert intensivsykepleier TKAI 1](#)

[ECMO sertifisert intensivsykepleier, Generell intensiv 1 \(INTI1\)](#)

[Nødprosedyrer ECMO](#)

[Sjekkliste for intern ECMO transport](#)

18.2. Relevant litteratur

- The Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) - [Guidelines](#)
- Manaker S. Extracorporeal membrane oxygenation in adults. *UpToDate feb 2022*.
- Sørensen G, Solberg P. (2025) kapittel 12 Mekanisk sirkulasjonsstøtte. Intensivsykepleie, Cappelen Damm.
- [5.21 ECMO hos nyfødte - Helsebiblioteket](#)
- Mossadegh C, Combes A (editors). Nursing care and ECMO (spesielt kap. 5). Springer forlag 2017. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-20101-6>
- Sangalli F, Patroniti N, Pesenti A (editors). ECMO- Extracorporeal Life Support in Adults. Springer forlag 2014. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-88-470-5427-1>
- Lindberg BR, Videm V, Dahl T, Sørensen G, Fiane AE, Thiara AS. Influence of the ECMO circuit on the concentration of nutritional supplements. *Sci Rep*. 2020 Nov 6;10(1):19275. doi: 10.1038/s41598-020-76299-5.
- Brogan T, Lequier L m.fl.. (2017). ECMO. Extracorporeal cardiopulmonary support in critical care. 5th edition. ELSO. (The Red Book).
- Chapman C.T, Breeding J. m.fl. CNS complications in Adult Patients treated with Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Crit Care Med* 2021; 49:282.
- Cardiohelp Maquet – [brukerhåndbok](#)
 - o Kapittel 3: Systembeskrivelse, s. 34-68
 - o Kapittel 6: Under bruk, s. 146-180

18.2.1. ECMO ved respirasjonssvikt

- Abrams, D. m.fl. (2020). Mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome during extracorporeal life support. *American Journal of Respiratory and Critical Care medicine*, 201 (5), 514-525.
- Montisci, A. m.fl. (2015). Management of refractory hypoxemia during venovenous extracorporeal membrane oxygenation for ARDS. *ASAIO Journal*, 61, 227-236.
- Szuldrzynski, K. m.fl. (2024). Mechanical ventilation during extracorporeal membrane oxygenation support – New trends and continuing challenges, *Perfusion*, 39(1S), 107S-114S.
- Tonna, J.E. m.fl. (2021). Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO): guideline from the extracorporeal life support organization (ELSO), *ASAIO J*, 67, 601–610
- Quintel, M. m.fl. (2020). Extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure. *Anesthesiology*, 132 (5), 1257-1276.

18.2.2. ECMO ved hjertesvikt

- Gajkowski, E.F m fl. (2022) ELSO guidelines for adult and pediatric extracorporeal membrane oxygenation circuits. *ASAIO Journal* 68(2), 133-152.
www.ELSO.org/guidelines
- Lorusso R, Whitman G m.fl. 2020 EACTS/ELSO/STS/AATS expert consensus on post-cardiotomy extracorporeal life support in adult patients. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 2021; 161:1287.
- Grant C jr, Richards JB m.fl. ECMO and right ventricular failure: Review of the literature. *J Intensive Care Med* 2021; 36:352.
- Meani, P., Lorusso R m fl. (2022). ECPella: Concept, physiology and clinical applications. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 36, 557-566
- Koziol, K, m fl. Extracorporeal membrane Oxygenation (VA-ECMO) in Management of Cardiogenic Shock. *Journal of clinical medicine*, 2023-08, Vol 12 (17)

18.2.3 ECMO ved hjertestans

- Richardson A.C., Tonna J.E m.fl. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. Interim Guideline Consensus Statement from the Extracorporeal Life Support Organization. *ASAIO journal* 2021. www.ELSO.org/guidelines.
- Belohvalek J m.fl. Effekt of intra-arrest Transport, Extracorporeal Cardiopulmonary resuscitation, and Immediate Invasive Assessment and Treatment on Functional Neurologic Outcome in Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama*. 2022; 327 (8): 737-747.

18.2.4. Antikoagulasjon og ECMO

- McMichael Ali B.V. m.fl (2022). ELSO Adult and Pediatric Anticoagulation Guidelines. *ASAIO journal* 68(3), 303-310. www.ELSO.org/guidelines.
- Nunez, J.I. m.fl. (2022). Bleeding and thrombotic events in adults supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation: an ELSO registry analysis, *Intensive Care Medicine*, 48, 213-224.

18.2.5. CRRT og ECMO

- Giani, M. (2020). Continuous Renal Replacement Therapy in Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Retrospective Study on Regional Citrate Anticoagulation. *ASAIO Journal*, 66, 332-338.
- Ostermann, M., Connor, M. og Kashani, K. (2018). Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: why, when and how? *Current Opinion in Critical Care*, 24 (6), 493-503.

19. Vedlegg

Vedlegg 1: Fysioterapi

Fysioterapi til pasienter som behandles med ECMO ved OUS, Rikshospitalet

[eHåndbok - Protokoll for fysioterapi til pasienter som behandles med ECMO ved intensivavdelingen, barn og voksne.](#)

(under revisjon)

Vedlegg 2: Perfusjonist

Pakkeliste ved ECMO-henting fra eksternt sykehus.

- Cardiohelp[®], med tilhørende prober og 5 m strømkabel
- Primingplate
- 3-veis kraner til oksygenator
- Introducersett til kanyler

Vedlegg 3: Operasjonssykepleier

Innleggelse av VA ECMO hos barn < 1,5 år på RH og henvisende sykehus

Definisjon:

Innleggelse av kanyler til extracorporal membranoxygnering, veno - arterielt, via v. jugularis interna dext. og a. carotis communis dext.

Indikasjon:

Lungesvikt/Sirkulasjonssvikt

Kort om operasjonen:

Kort snitt, går inn bak sternocleidomastoideus og blottlegger karene. Arterien sikres mellom to strikker og man syr på en tobakkpungsutur. Inciderer arterien med spiss kniv og plasserer kanylen. Strammer ned tourniqueten med klips og sikrer kanyleposisjonen med silkeligatur. Tobakkpungsutur sys på venen, som kanyleres. Tourniqueten strammes og klipses på vanlig måte. Sikres med silkeligatur. Man får opp ECMO-slangene fra kretsen og monterer først arterien og deretter venen. ECMO-kjøring startes. Blødning sjekkes og såret lukkes. Kanylene festes til huden og deretter festes kanylene til hodet med tensoplaster.

Leie:

Ryggleie, hodet noe vendt mot v. side.

Huddesinfeksjon:

Fra øreflipp, under haken, godt ut på sidene til nedenfor sternum.

Dekking:

Som til vanlig carotis inngrep.

Instrumenter:

ECMO barn

Batteri sag barn med sagblad

Annet utstyr:

Universalsett x1

Klinidrape m/limkant 75 x 75 x 4

Vaskesett

Sterile frakker og hansker

Kompresser med rtg. tråd 10x10 cm – flere pakker

Små tutfere x 2

Knivblad nr. 10 x1

Knivblad nr. 11 x 1

Beaver knivblad, blått x 1

Medena sug til barn M0202 x 1

Diatermispiss (barnespiss) x 1

Hvit tourniquet x 1 pk

Wesselloop mini x2 pk

Grønn klipstang og grønn klips

50cc sprøyte m/luer lock

50cc sprøyte med tipp

Knoppkanyle

Mepore bandasje

Ringer-acetat 500ml

Ev. metallsug

Ev. ekstra tourniquetpinne, tynn

Ev. blå klipstang og blå klips x 2

Suturer:

Prolene 6-0 TF-6 / Prolene 6-0 TF1 – kanylering

Prolene 5-0 RB-2/ Prolene 5-0 TF1 -kanylering

PDS 6-0 / 5-0 Silke lig. 2

Novosyn 3-0 / 2-0HR26 Dafilon 4-0 -lukking av hud Dafilon 2-0 -forankring av kanyler i huden.

Surgicel /Floreal/Traumastem

Ta med ECMO – trallen ved innleggelse på RH, der ligger utstyret som trengs.

Ved perifert sykehus, husk å ta med MTU:

Pannelampen og lyskilden (PDA), diatermiapparat, diatermiplate. Vaskesett. Frakker.

Hansker. Munnbind, klorhexidin farget og hvit.

Skal ECMO-brikken brukes på annet sykehus, må man sjekke med kirurg ang. barnets størrelse i forhold til instrumentene. Hvis barnet er større enn det brikkens instrumenter er beregnet på, må man ta ekstra instrumenter, f. eks. selvholdende hake, eksklusjonstang og antegrad saks.

Vedlegg 4: Operasjonssykepleier

Etablering av ECMO ved henvisende sykehus, voksne pasienter

Perfusjonist tar med alt ECMO-utstyr. Tar også med pistol og strappere.

Definisjon:

Veno-venøs eller veno-arteriell assistanse ved sirkulasjon og/eller respirasjonssvikt.

Indikasjon:

Ved lungesvikt: Veno-venøs assistanse. Vener som brukes er v.jugularis og v.femoralis/ iliaca
Vanligvis perkutan kanylering.

Ved sirkulasjonssvikt: Veno-arteriell assistanse. Vene som brukes er v. femoralis og/eller
v.jugularis. Arterie som brukes er a.femoralis. Vanligvis percutan kanylering

Kort om operasjonen:

Vanligvis er det perkutan innleggelse av ECMO-kanyler, men åpen innleggelse/blottlegging
kan av og til være nødvendig. Ta derfor alltid med ECMO-brikke og utstyr til åpen
innleggelse; se pakkelliste på neste side.

Leie:

Ryggleie, hodet noe vendt mot v. side.

Huddesinfeksjon:

Høyre side hals og begge lysker, vask til midt på låret (feste av slanger). (Barbering av hals og
lysker er ofte nødvendig).

Dekking:

Inngrepet gjøres i seng og pasienten dekkes med Universalsett. Det er behov for et stort sterilt
område pga. lange kanyler og mandrenger. Det er viktig med tilgang i begge lysker, og tett
dekking her. Dekk til thorax og abdomen med ekstra håndkle.

Utstyr til perkutan innleggelse: Luer og munnbind. Universalsett, sterile frakker og hansker,
genital cover, op-tape x4, klorhexidin

Utstyr til åpen innleggelse:

Instrumenter:

ECMO brikke

Portex tang

Utstyr:

Universalsett

Genitalcover

Limkanthåndkle 75X75, X2.

Kompresser 10X60, X3.

Knivblad nr.21 og 11.

Sprøyte 50cc m/katetertupp.

Sprøyte 50cc m/luer lock

Knoppkanyle

Diatermispiss

Medenasug

Nelaton hvitt+ grønt.

Suturboots

Wesselloop maxi x2

Fogartyputer, små X4.

Bendelbånd x 2

Op.tape X4

Suturer:

Prolene 5-0 KV5 x4 - kanylering

Prolene 5-0TF1 / 5-0 RB2 x 4 - kanylering

Dafilon 2-0 x4 - lukking av hud

Dafilon 0 x8 - forankring av kanyler i huden

Novosyn 3-0 HR26 x4

Novosyn 2-0 HR26 x4

Silke lig. 2

Klips: hvit, grønn, gul.

Surgicel/Floseal/Traumastem x4

Vedlegg 5: Skjema for anmodning om lunge-ECMO

SKJEMA FOR ANMODNING OM LungeECMO-BEHANDLING RIKSHOSPITALET Fax: Anestesi og Intensivklinikken RH: 23 07 36 90				Henvendelse Bakvakt: Barneanestesi: 26707/46807675 Thorax-anestesi: 26708/9 Via sentralbord 23070000 Mobil 708 vakt: 95255200	
Innleggende sykehus:		Tlf.	Fax:	Dato:	Klokkeslett:
Pas. initialer:		Kjønn:	Født dato:		Alder:
Primærsykehus:	Innlagt dato:				
Egen Helipad eller	Diagnose:				
Nærmeste flyplass:	Indikasjoner for henvendelsen:				
	Kontraindikasjoner:				
Blodgruppe:	Transportbehov ja/nei:	Intensivambulanse: ja/nei	Helikopter:	ja/nei	
Vekt: kg	(spesifiser)	med Herkules: ja/nei	Fly:	ja/nei	
Høyde: cm BSA:					
Cerebral funksjon:	CT:	Ultralyd:	EEG		
Respirasjon:	Respiratorinnstilling ($P_{plat} < 30 \text{ cmH}_2\text{O}$?) / oscillatorinnstilling: $V_t \leq 6 \text{ ml/kg}$? Blodgass m utvikling: MAP: Rtg. thorax: Barotraume: NO: Bukleie?				
Cardiovasculært:	Puls:	Rytme:	BT		
	EKG EKKO/DOPPLER Vasoaktive medikamenter				
Abdomen:	Hepar: Unormale forhold:				
Nyrefunksjon:	Siste døgndiurese:		Diurese ml/kg/t:		
	Diuretika: Mannitol: Dialyse:				

	Ur+:	Kreatinin:		
Koagulasjonsstatus:	Hb:	HCT:	Trc.:	INR/APTT(Cepho.) :
	DIC Status:			
Infeksjonsstatus:	Temp:	Hvite:		CRP
	Bakt. prøver Antibiotika:			
Monitorering:	CVK:	Art. line:		PA-kateter/PICCO
Inngått avtale:			Dato:	Kl.:
Transport fra: til: Rikshospitalet			Signatur:	

Vedlegg 6: Skjema for anmodning om hjerte-ECMO

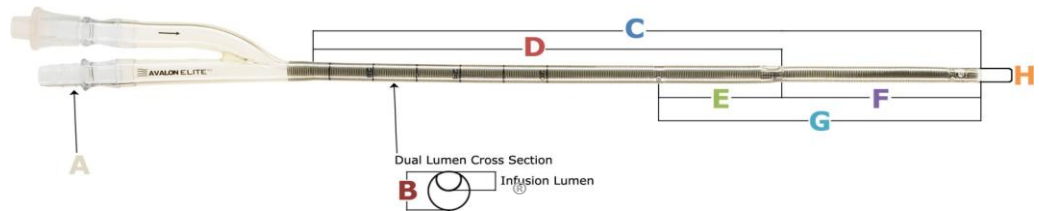
 Oslo universitetssykehus		Fax til Kardiologisk Intensiv og Overvåkning RH: 23071950 Ring 23071940 og oppgi navn/nr for bekreftelse av henvisning og bakvakt Kardiologisk Avdeling via sentralbord 23070000	
Skjema for anmodning om avansert hjertesviktbehandling VAD/hjerteECMO ved KAD/TKA, Rikshospitalet			
Henv. sykehus		Kontaktperson:	Dato:
			Telefon:
Pasientens navn:		Fødselsdato:	Innleggesdato:
			Diagnose:
Sykehistorie:		Tidligere hjerte/karsykdom inkl. operasjon	
Cardiovaskulær status: BT: Puls: SpO ₂ /L O ₂ : Stuvning: EKG/rytme: ICD/pacemaker/merke: Blodgass m/laktat:		EF/CO: LVEDD: Klaffer: Est. Syst. AP-trykk: CVP: SVO ₂ : Annet:	Medisiner/infusjoner: PA-kateter/PICCO-målinger:
Ventilasjonsstøtte		Rtg thorax:	
Nyrestatus: Krea: gfr:		Leverstatus: Bilirubin Alat	Infeksjonsstatus: Temp CRP

karbamid Time/døgndiurese	LD	Antibiotika	
Cerebral status:		Tidl. Cerebrovasculær hendelse ☐ Ja ☐ Nei	
Delir:			
Hematologi (dato): Hb Hct Trc Leukocytter	Koagulasjonsstatus (dato): INR APTT Fibrinogen D dimer	Marevan: ☐ Ja ☐ Nei Platehemmer: DOAK:	
		Sign/dato:	

Vedlegg 7: Valg av dobbellumen kanyle ift. størrelse

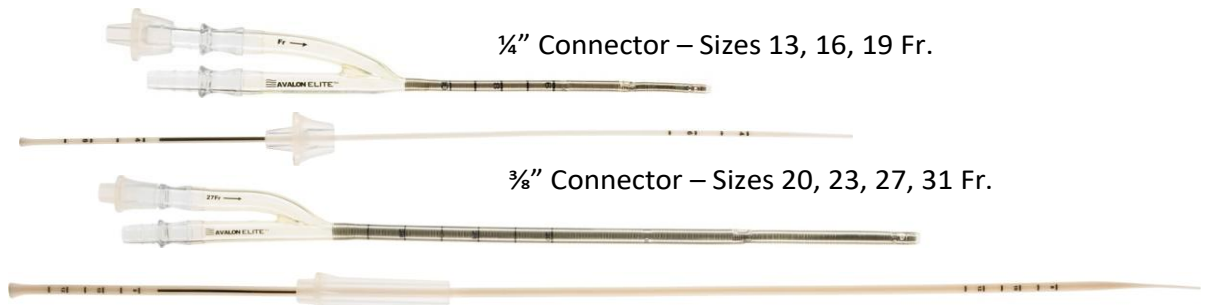
AVALON ELITE® BI-CAVAL DUAL LUMEN CATHETER

CATHETER DIMENSION CHART



		A		B			C		D		E		F		G		H		
Description		Connector Size	Body Diameter			Insertable Length		Proximal Insertable Body to Infusion Port		SVC to Infusion Port Length		Infusion Port to Tip Length (Lead Length)		SVC to Tip Length		Lead Diameter			
Units		in	Fr.	mm	in	cm	in	cm	in	cm	in	cm	in	Fr.	in	Fr.	mm	in	
Description Size	Order Code																		
13 Fr.	10013	1/4	13	4.3	0.17	11	4.3	8	3.2	1.7	0.7	2.8	1.1	4.5	1.8	11	3.7	0.15	
16 Fr.	10016	1/4	16	5.3	0.21	14	5.5	10	3.9	3.1	1.2	4	1.6	7.1	2.8	14	4.7	0.19	
19 Fr.	10019	1/4	19	6.4	0.25	21	8.3	15	6	4.3	1.7	5.7	2.3	10	4	16	5.3	0.21	
20 Fr.	10020	3/8	20	6.6	0.26	31	12.2	22	8.5	5.3	2.1	9.4	3.7	14.7	5.8	17	5.7	0.22	
23 Fr.	10023	3/8	23	7.7	0.3	31	12.2	22	8.5	5.3	2.1	9.4	3.7	14.7	5.8	20	6.7	0.26	
27 Fr.	10027	3/8	27	9	0.35	31	12.2	22	8.5	5.3	2.1	9.4	3.7	14.7	5.8	24	8	0.31	
31 Fr.	10031	3/8	31	10.3	0.41	31	12.2	22	8.5	5.3	2.1	9.4	3.7	14.7	5.8	27	9	0.35	

Tolerances may vary, specifications for reference use only and are subject to change.

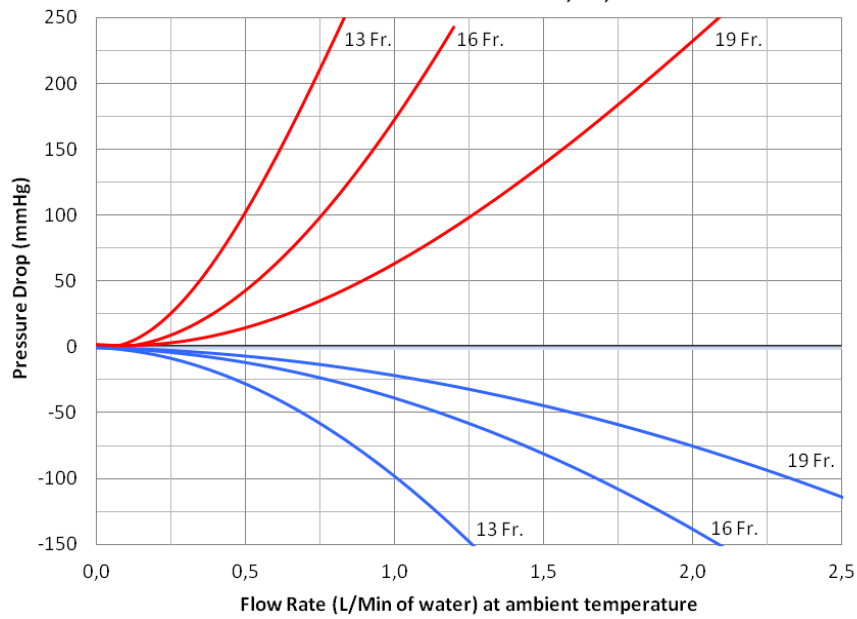


The stylet is designed to ease the loading of the introducer into the catheter for sizes: 13, 16, 19, and 20 Fr. The stylet is then removed prior to vessel insertion.



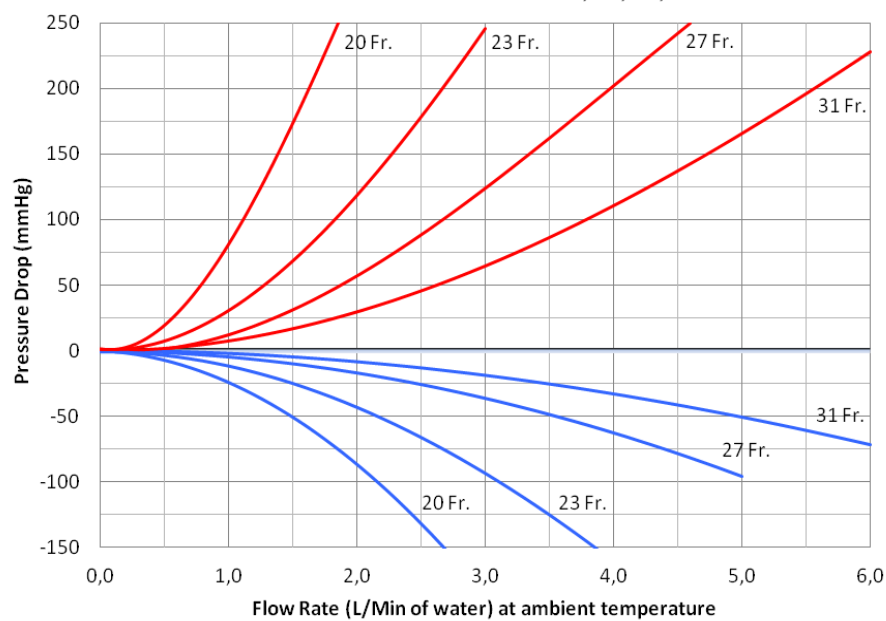
Pressure Drop vs. Flow

Avalon Elite® Bi-Caval DLC - 13, 16, 19 Fr.



Pressure Drop vs. Flow

Avalon Elite® Bi-Caval DLC - 20, 23, 27, 31 Fr.



Crescent™ Catheter Features

