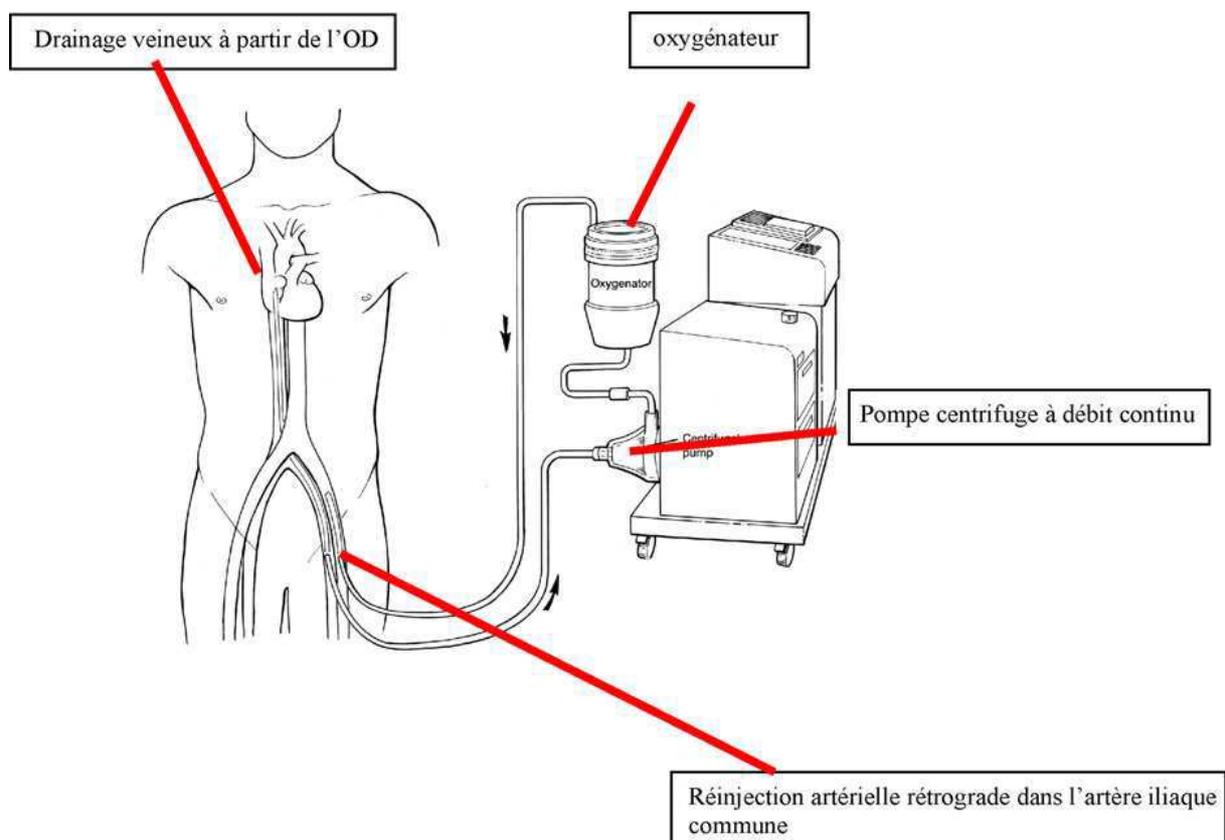


I. TOPO FORMATION ECMO VEINO-ARTERIELLE (ECMO VA ou ECLS) EN REANIMATION

1. Principes de base

- Le débit est assuré par une pompe
- L'hématose est assurée par un oxygénateur:
 - Oxygénation
 - Elimination du CO₂
 - Sur lequel on peut brancher éventuellement un échangeur thermique
- Le sang est aspiré par une canule d'admission (canule veineuse), circule dans un circuit biocompatible puis est éjecté par une canule d'éjection (artérielle si ECMO VA ou veineuse si ECMO VV)



2. La pompe

- Centrifuge, non occlusive, 0 à 4000 RPM (rotations par minute)
- Durée de vie de plus de 3 semaines
- Délivre un débit continu entre 4 et 5 l/min (jusqu'à 8 litres)
- Débit fonction de:
 - la vitesse de rotation
 - des pressions d'entrée et de sortie
 - de la taille des canules



3. Relation débit Pompe :

En pratique une diminution de débit (à vitesse constante) correspond à :

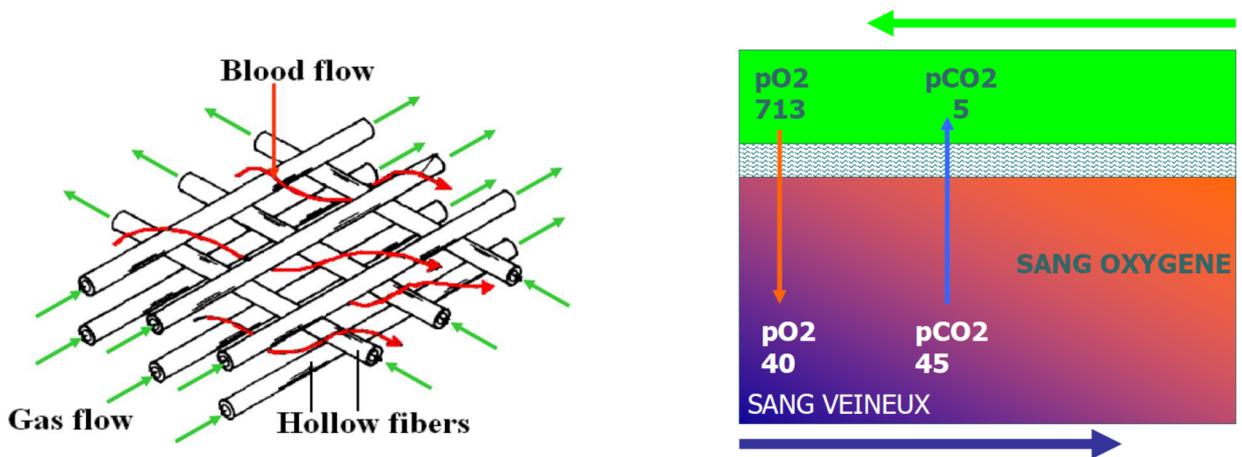
- une diminution du remplissage de la pompe:
 - hypovolémie
 - obstacle sur la ligne veineuse
 - amélioration de la contractilité et du remplissage du ventricule assisté
- une augmentation des résistances à l'éjection:
 - augmentation des résistances vasculaires
 - obstacle sur la ligne artérielle

4. L'oxygénateur



- Permet les échanges gazeux:
 - Oxygénation (P_{aO_2} sortie oxygénateur > 350 mmHg)
 - décarboxylation
- Oxygénateur à membrane (\neq à bulle) permettant des échanges par diffusion
- Fibres creuses en Polyméthylpentène
- durée de vie de plusieurs semaines

5. Echanges Gazeux



Le transfert d'O₂ dépend de :

- type de membrane
- La surface d'échange
- **FIO₂ du mélange gazeux**
- SVO₂ admission
- **débit de sang +++**
- pas du débit de gaz frais (balayage)

Le transfert de CO₂ dépend de :

- la différence artério-gazeuse en CO₂
- la surface de la membrane
- **du débit de gaz frais (balayage) +++**
- du débit de sang

6. Les canules

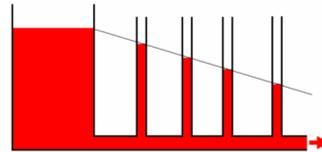
a. principes

- Canule veineuse (veine fémorale)
 - Son diamètre est un des déterminants du débit sanguin
 - diamètre le plus élevé possible (limite supérieure est liée au diamètre du vaisseau receveur et à l'obstruction vasculaire induite par la canule)
 - longue canule de > 60 cm
- Canule artérielle (artère fémorale)
 - diamètre moins crucial mais doit tolérer un débit d'assistance complète
 - Si diamètre trop petit, risque d'hémolyse
 - courte canule de 20 cm (sinon perte de charge trop importante)
- Armées
- Radio-opaques



b. Canules/notion de perte de charge

- $\Delta P = 8\mu L / \pi R^4$
 - μ : viscosité
 - L: longueur
 - R: rayon
 - Plus le diamètre interne de la canule est important moins sera importante la perte de charge
- Plus la canule de réinjection ne sera longue + la perte de charge sera importante



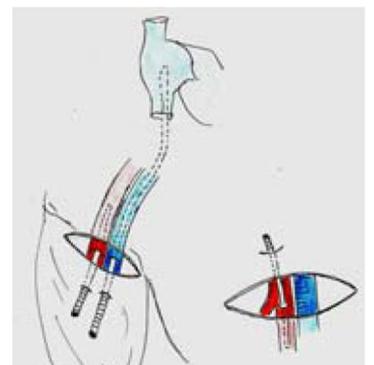
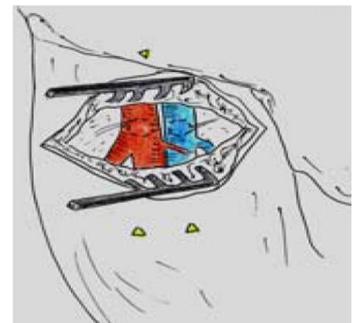
c. Choix des canules en pratiques chez l'adulte

- Canule artérielle entre 15 et 23 F (17 et 19 au CHANGE)
 - 17 F pour les tous petits gabarits
 - 19 F pour le reste
- Canule veineuse entre 20 et 30 F (21, 25 et 29 au CHANGE)
 - Canule 21 F rarement posée, uniquement pour les tous petits gabarits
 - préférer le 25 F en veino-artérielle
 - Préférer le 29 F en veino-veineux

d. Insertion des canules

Percutanée par la méthode de Seldinger :

- Après une ponction percutanée:
 - permet de se passer d'un abord chirurgical, donc peut être posée par un cardiologue interventionnel, un réanimateur...
 - mais risque de ponction difficile (ACR), de dilacération des vaisseaux, d'hémorragie...
- Un abord chirurgical du Scarpa:
 - mais nécessite un chirurgien
 - limite les risques hémorragique, les risques d'échec de ponction
 - permet la mise en place plus aisée d'une réinjection du MI



1. Le circuit

- Traitement de surface pour améliorer son hémocompatibilité
- La création d'une membrane (interface sang-surface) permet de diminuer l'activation sanguine (diminution des besoins en anti coagulation et donc du risque hémorragique) et du syndrome inflammatoire induit par la CEC
- Les traitements de surface:
 - Pré héparinisation (ex: Maquet)
 - Phosphorylcholine (ex: PHISIO® de chez Sorin)

2. L'échangeur thermique



- Peut être intégré sur le circuit pour moduler la température
- Echanges thermiques par conduction à partir des gradients thermiques entre le milieu sanguin et le réseau d'eau thermostaté.

3. Indications de l'ECMO VA

- Choc cardiogéniques réfractaires
 - Post IDM
 - Myocardite aigüe ou post partum
 - Intoxication par cardiotropes (beta-bloqueurs, stabilisants de membrane +++...)
 - Embolie pulmonaire
- Sevrage de CEC impossible en post-opératoire de chirurgie cardiaque
- Arrêt cardiaque réfractaire
- Hypothermie accidentelle
- Polytraumatisme (contusion pulmonaire)
- Respiratoire (veino-veineux): SDRA, état de mal asthmatique...

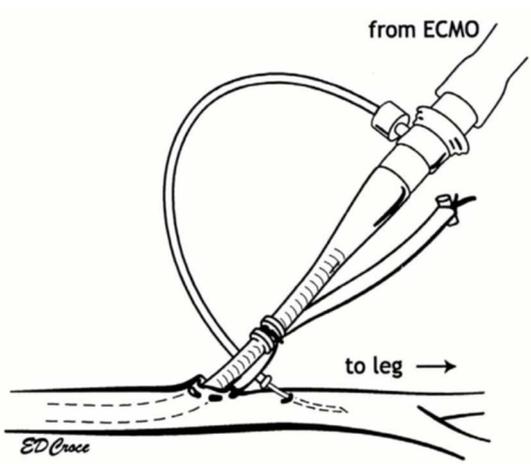
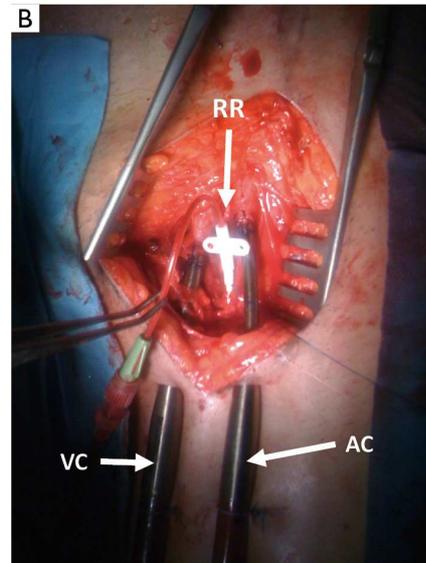
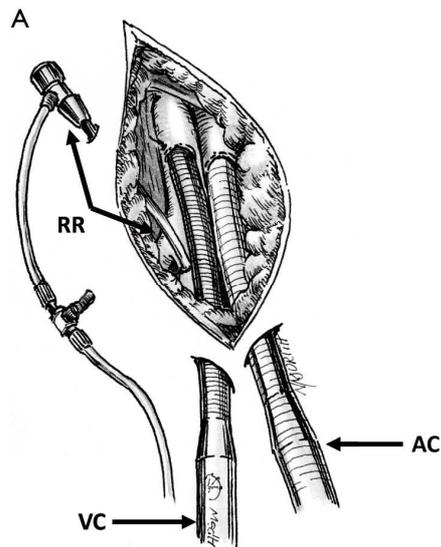
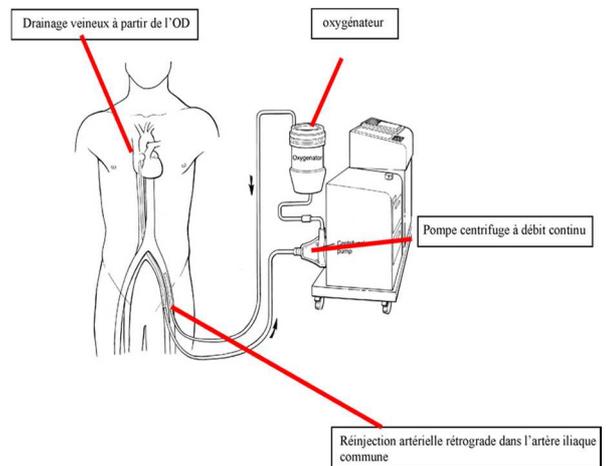
10. Contre-indications

- Futilité (ACR sans témoin, pathologie sous-jacente non curable en phase terminale...)
- Insuffisance valvulaire aortique
- Dissection aortique

11. Sites d'implantation de l'ECMO VA

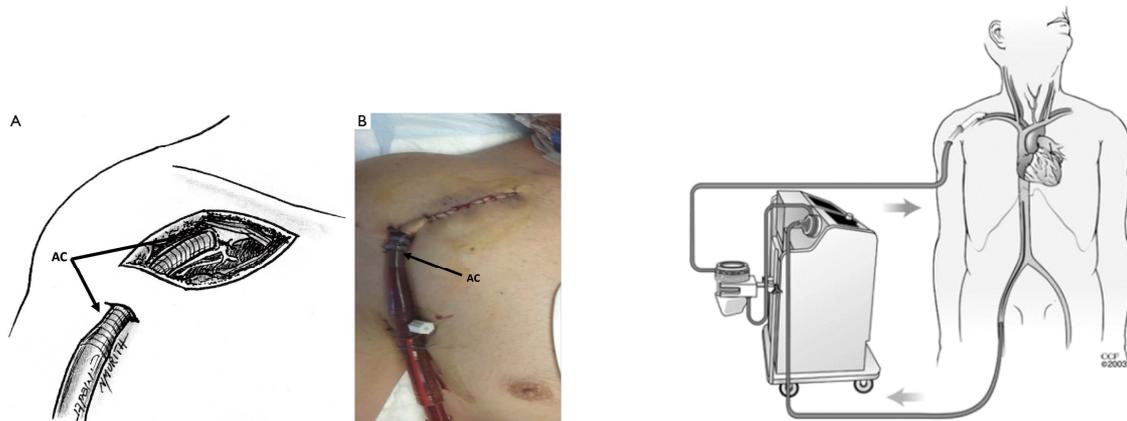
a. ECMO veino-artérielle fémoro-fémorale

- facilité d'accès en urgence, permet la poursuite d'une éventuelle RCP
- Attention risque ischémie MI, nécessitant la mise en place d'une canule de reperfusion du MI :
 - La canulation artérielle fémorale avec des canules > 15 F expose au risque d'ischémie du membre inférieure
 - Celle-ci peut être évitée par la mise en place d'une perfusion distale dans l'artère fémorale superficielle
 - Exemples:
 - VVC mono lumière 14 G
 - désilet de coronarographie 5F
 - KT artériel



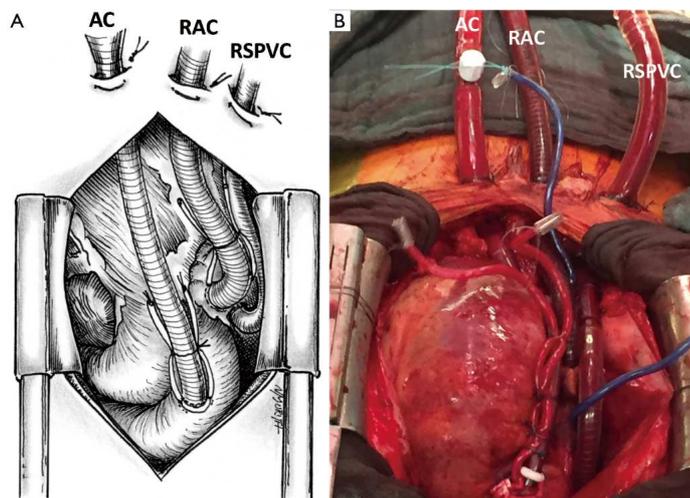
b. ECMO veino-artérielle fémoro axillaire

- canule artérielle sur artère axillaire
- pas de risque d'ischémie de membre (nombreuses collatérales)
- Sang oxygéné arrivant directement dans le TABC (d'où oxygénation du cerveau et des coronaires)
- Mais pose plus longue et impérativement par abord chirurgical



c. ECMO centrale

- *La cannulation :*
 - *Deux canules d'admission :*
 - Une canule dans l'OD (RAC)
 - Une canule dans la veine pulmonaire supérieure droite (RSPVC) drainant les cavités gauches
 - Une canule d'éjection dans l'aorte (AC)
- *Avantages*
 - Excellente décharge des cavités droite et gauche
 - Ejection dans le sens antérograde en sus aortique
- *Inconvénients*
 - Ouverture du thorax : risques hémorragiques et infectieux +++



12. Anticoagulation et ECMO

- La CEC induit
 - Une activation de la coagulation, de la fibrinolyse
 - Une thrombopénie (constante, chute de 20% à 48h)
 - Un syndrome inflammatoire

Tout ceci favorise la formation de microthrombis

- Prévention de la thrombose du circuit par:
 - L'anticoagulation à l'héparine (Anti-XA 0,2-0,4 ou TCA à 1,2 à 1,5 x le témoin)
 - L'utilisation de circuit prétraités (préhéparinés, Phosphorylcholine ...) permettant de réduire voire de se passer d'héparine
 - certains proposent l'adjonction d'AAP (aspirine si PQ > 100 G/L et aspirine + clopidogrel si PQ > 500 G/L ou si dépôt de fibrine et de caillots précoces dans le circuit)
- Si pas d'utilisation d'héparine
 - Circuit prétraités
 - Débit de pompe > 2,5 l/min
 - Recherche thrombis dans le circuit et les cavités cardiaques
- Surveillance
 - Héparinémie et/ou TCA /12 à 24 h
 - NGP/24h
 - Dosage ATIII si anticoagulation difficile (objectif > 50% voire 80 % pour certains)
 - Recherche thrombus intracavitaire par ETT/ETO (+++ si pas d'anticoagulation, Fonction systolique VG très altérée ou apulsatile, large zone d'akinésie)

13. Prise en charge hémodynamique sous ECMO VA

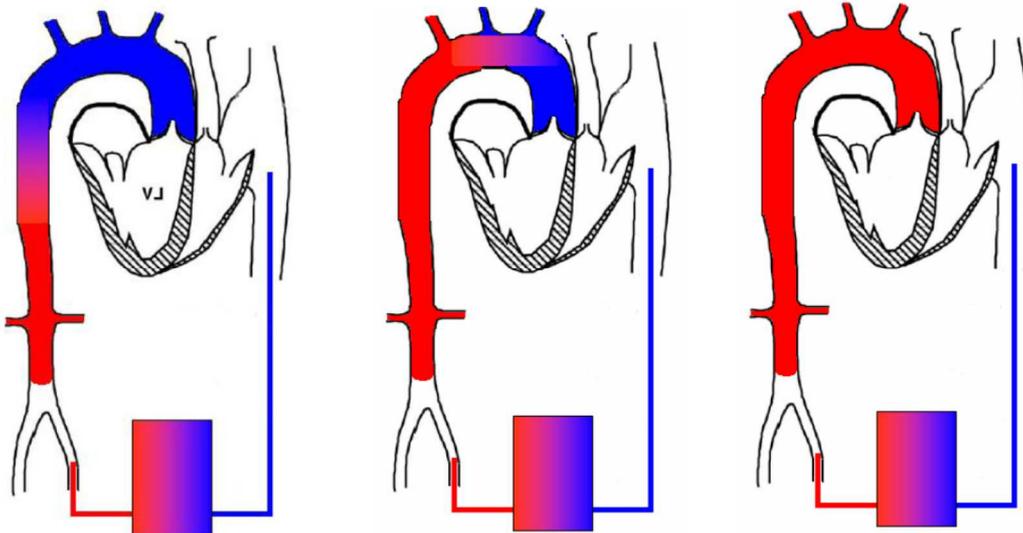
a. Le débit d'ECMO

- Caractéristiques du débit délivré par l'ECMO :
 - Continu
 - Rétrograde (majore la post charge VG)
 - Entre 3 et 6 (8) l/min
- Déterminants du débit délivré par l'ECMO :
 - la vitesse de rotation (+ elle est élevée + il y a un risque d'hémolyse)
 - la précharge
 - volémie (hypovolémie: vibration de la ligne veineuse du circuit)
 - diamètre et longueur de la ligne veineuse
 - obstacle sur la ligne veineuse
 - diamètre de la canule, positionnement de la canule
 - la postcharge
 - résistances vasculaires systémiques
 - diamètre et longueur de la ligne artérielle
 - obstacle sur la ligne artérielle

	Précharge	Postcharge	Contractilité
Débit ↑	↑	↓	↓
Débit ↓	↓	↑	↑

b. Les risques hémodynamiques de l'ECMO VA

- **La compétition de flux: syndrome d'Arlequin**

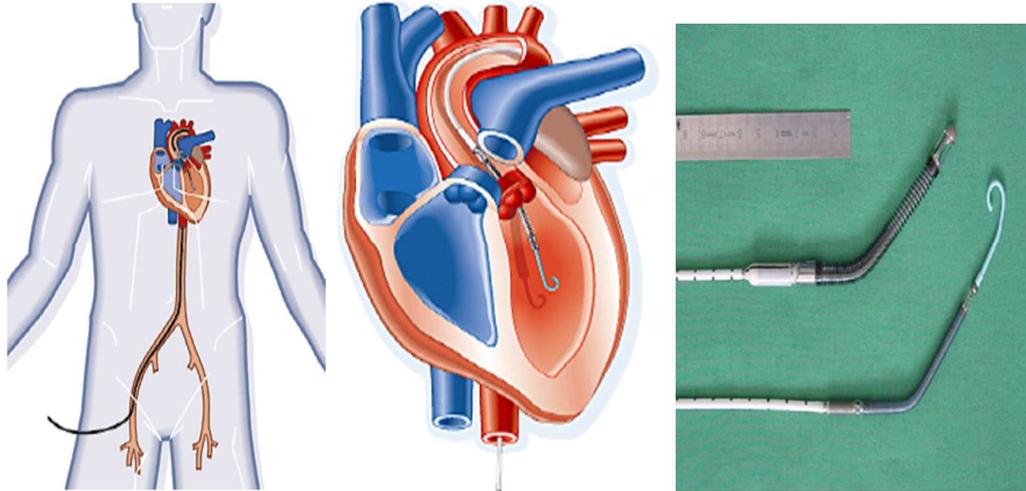


- Définition : si la fonction systolique du coeur est suffisante, il va exister une compétition de flux au niveau de l'aorte entre le coeur du malade et l'ECMO. En cas d'altération importante des échanges gazeux pulmonaires (ARDS, oedème pulmonaire hydrostatique), le sang quittant le coeur du malade va être fortement désoxygéné et responsable d'une hypoxie tissulaire cardiaque et cérébrale.
- Détection
 - KT artériel en radiale droite
 - SPO2 au bras droit
- Traitement:
 - retrait de l'ECMO si possible
 - ou convertir ECMO VA en VV
- **OAP sous ECMO**
 - L'ECMO Assure une assistance droite et gauche, mais
 - Une mauvaise décharge des cavités gauches
 - flux rétrograde dans l'aorte, majorant la post charge du VG et n'assurant pas une perfusion coronaire optimale
 - Cela n'a pas d'impact si contractilité myocardique suffisante, mais si pas de contractilité suffisante risque:
 - de distension ventriculaire (diminuant les chances de récupération du VG)
 - un OAP majeur
 - Le risque d'OAP sous ECMO. Il est fonction de l'étiologie du choc cardiogénique:
 - Peu important en cas d' intoxication et myocardite.
 - Assez important en cas de IDM aigu ou de CMD décompensée.
 - Prévention du risque d'OAP sous ECMO
 - Maintenir la contractilité myocardique et l'ouverture de la valve aortique par des inotropes
 - Diminuer la post charge et aider la perfusion coronaire par une CPBIA +++
 - À mettre systématiquement sauf si intoxication cardiotrope ou myocardite
 - Maintenir balance hydrique négative (diurétiques, EER)
 - PEEP

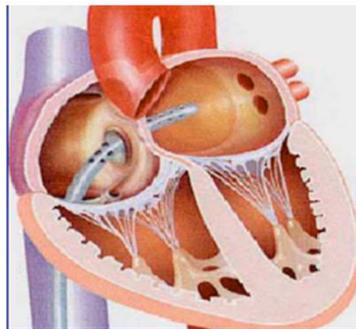
○ Traitement de l'OAP sous ECMO

Décharge du cœur gauche par:

- pompe axial à débit continue miniature (Impella®) : Pompe axial à débit continue miniature placé à l'extrémité d'un KT et positionnée dans le VG par voie rétrograde (Impella Recover Left Pump®)



- Septotomie atriale percutanée ou insertion d'une canule jusque dans l'oreillette gauche après cathétérisme trans-septal



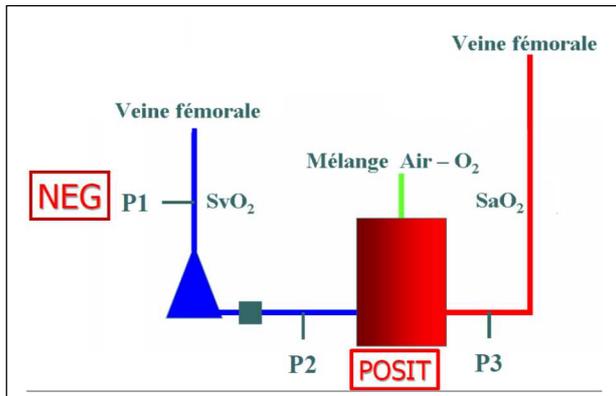
- Thoracotomie latérale droite pour canule de décharge dans une veine pulmonaire (raccordée en Y à la ligne veineuse)
- Thoracotomie antérolatérale gauche pour décharge à la pointe du VG
- Transformation d'une ECMO périphérique en ECMO centrale (permet la décharge des cavités droites et gauches et une circulation systémique antérograde): sternotomie, canulation de l'OD, canulation de la VPSD pour introduction d'une canule dans la VG au travers de la valve mitrale, canulation de l'aorte ascendante

c. La surveillance hémodynamique

- Clinique : FC, PA sanglante (radial droite +++), PVC \pm Swann Ganz, Extrémités: marbrures, coloration, température
- Paraclinique : ETT/TO, lactates
- ECMO : Vitesse de pompe, Débit de pompe

d. Prise en charge d'une hypo TA sous ECMO (cf protocole page 29)

e. Monitoring des Pressions sous ECMO



P1	P2	P3	Diagnostic
↑	↓	↓	Hypovolémie, pneumothorax, tamponnade, problème sur ligne ou canule veineuse
↓	↓	↓	Problème de tête de pompe
↓	↑	↓	Problème d'oxygénateur
↓	↑	↑	Obstacle à l'éjection

14. Prise en charge respiratoire sous ECMO VA

- Objectif: maintenir une normoxie, une normocapnie à l'aide de :
 - la ventilation mécanique
 - l'ECMO
- Ventilation mécanique sous ECMO
 - Objectif: ventilation ultra protectrice et lutte contre atelectasie
 - Petit volume courant (1 à 4 ml/kg de poids théorique) pour un objectif de pressions de plateau < 25 cmH2O
 - PEEP: 10 à 15 cmH2O
 - FIO2 idéalement < 60 %
 - Fréquence de 15 à 35 cpm
- Gestion de l'hématose sous ECMO : utiliser le mélangeur de gaz
 - Pour une normoxie, adapter la FIO2 du mélange gazeux
 - Pour une normocapnie, adapter le débit du mélange gazeux (initialement réglé selon le ration débit de gaz/débit sang= 0,8-1)



- Oxygénation assurée par:
 - L'ECMO (territoire inférieur)
 - Le poumon via le respirateur (territoire supérieur: cerveau et coronaires)
- Donc il faut objectiver la qualité de l'oxygénation sur le territoire sup voir sur les 2 secteurs:
 - Territoire supérieur: Spo2 sur la main droite ou sur la tête; GDSA en radial droit et
 - Territoire inférieur: Spo2 sur le pied et GDSA en fémoral.

- Causes Hypoxie/Hypercapnie sous ECMO VA

HYPOXIE

- FIO2 insuffisante
- Problème d'oxygénateur
- Débit d'ECMO insuffisant
- Basse PVO2 (augmentation consommation en O2 ou de l'extraction périphérique en O2)
- Cœur éjectant avec poumon défaillant (OAP, SDRA): syndrome d'Arlequin

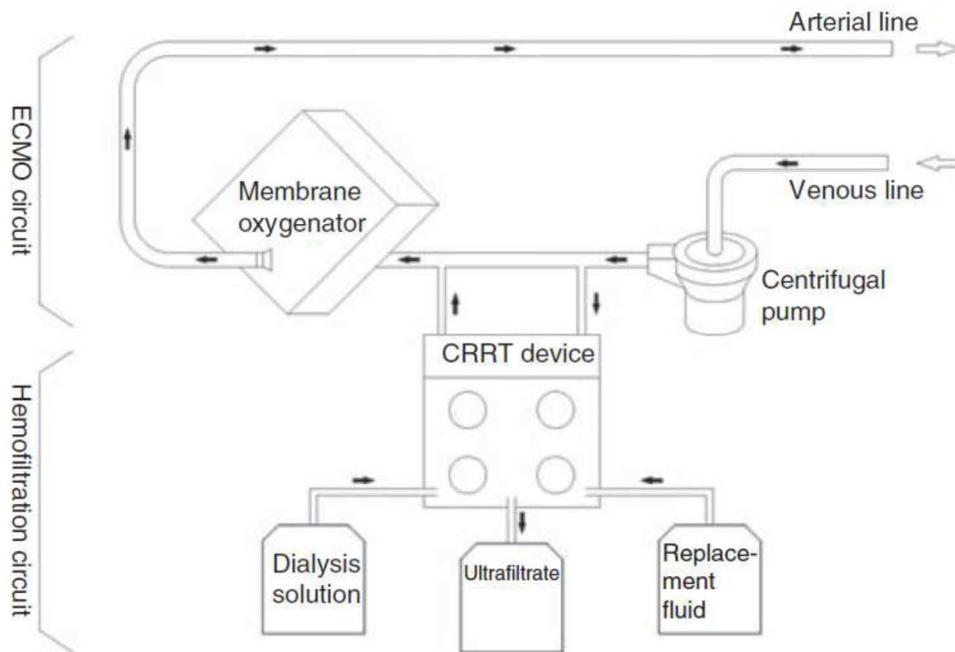
HYPERCAPNIE

- Débit de gaz insuffisant
- Problème d'oxygénateur
- Débit d'ECMO insuffisant
- Augmentation de la production de CO2 (hyperthermie, frissons)

- Prévenir et traiter les complications
 - OAP: PEEP, négativation bilan hydrique, CPBIA +++, décharge gauche
 - Hypoxémie sur hémicorps supérieur sur SDRA réfractaire
 - Si support hémodynamique nécessaire (ECMO V-A): modifier le circuit (canule artérielle en axillaire droit)
 - Si support hémodynamique non nécessaire: changer ECMO V-A pour ECMO V-V
 - Thrombis dans l'oxygénateur
 - Ajuster l'anticoagulation
 - Changer l'oxygénateur
- SURVEILLANCE RESPIRATOIRE SOUS ECMO
 - Clinique /h→2h
 - GDSA > 2x/j
 - ECMO/8h
 - FIO2
 - débit de Gaz (si < 2l/min augmenter le balayage au max pendant 20s/8h)
 - Oxygénateur (thrombis et/ou fibrine sur l'oxygénateur, Oedeme de la membrane)
 - Si doute dysfonction d'oxygénateur: GDSA pre et post oxygénateur (normalement PaO2 post oxygénateur > 350-400 mmHg)

15.Prise En Charge Rénale Sous ECMO VA

- La rétention hydrique interstitielle est constante sous ECMO du fait de
 - la baisse de la pression oncotique
 - du SIRS lié à la CEC
 - de la dysfonction endothéliale avec hyperperméabilité capillaire lié au sd de reperfusion
- L'insuffisance rénale est fréquente du fait de l'altération hémodynamique initiale ayant justifiée la pose de l'ECMO
- L'EER peut être réalisée soit
 - au moyen d'un cathéter d'EER
 - ou peut-être branchée sur le circuit de l'ECMO, idéalement entre la pompe et l'oxygénateur car:
 - Toutes les connexions entre l'ECLS et l'EER sont en pression positive limitant le risque d'embolie gazeuse
 - En cas de mauvaise connexion l'extériorisation de sang permet le diagnostic rapide
 - L'oxygénateur forme alors un filtre aux embolies gazeuses ou de microthrombis



16. Complications des ECMO

- Hémorragie au point d'insertion des canules au niveau des vaisseaux fémoraux (30 %) et générale
 - Complications les plus fréquentes
 - Elles sont liées:
 - À la pose de canules (percutanées, chirurgicale)
 - Aux circonstances de pose (ACR réfractaire induit une CIVD)
 - A la thrombopénie induite par l'ECMO
 - A l'anticoagulation nécessaire par HNF et parfois associée à des antiagrégants
 - Prévention:
 - Le type de pose (chirurgical permet une visualisation des vaisseaux et une hémostase)
 - Pose sonde gastrique par la bouche (pas par le nez), prudence lors des aspirations
 - Surveillance TCA, taux de plaquettes, TP
- Thrombo-embolique:
 - AVC ischémique, embolies périphériques, embolies pulmonaires
 - Thrombose partielle ou complète des cavités cardiaques
 - Ischémie du membre inférieur ou est placé l'ECMO: 10-20%
- Complications infectieuses 15-20 % des cas (cellulite autour du site d'implantation des canules)
- Neurologique 10 à 20 % (AVC ischémique/hémorragique)
- Œdème pulmonaire hydrostatique
- Hémolyse intravasculaire

- Embolie gazeuse
 - liées
 - le plus souvent à la manipulation du circuit (prélèvements, utilisation du circuit comme voie de remplissage)
 - au phénomène de cavitation (lors du clamping du circuit veineux, une dépression se crée en aval et favorise la formation de bulles)
 - à la tolérance de pressions partielles sanguines en O₂ très élevées (≥ 600 mmHg) en aval de l'oxygénateur,
 - aux micro déchirures de la membrane par les occlusions du circuit en aval de l'oxygénateur
 - prévention
 - pas de prélèvements sur le circuit surtout en aval de l'oxygénateur
 - Vigilance +++ si utilisation du circuit comme voie de remplissage (après accord MDG)
 - ne pas clamber le circuit
 - surveillance du circuit
 - Si air dans le circuit
 - positionner le patient tête en bas, clamber la ligne artérielle et veineuse, arrêt de l'ECMO, essayer de purger le circuit, si échec changer le circuit.

- Complications du circuit et dysfonction mécanique de la pompe.
 - Le backflow
 - lié à la non occlusivité de la pompe centrifuge
 - = arrêt ou inversion du flux en dessous d'un certain débit délivré par la pompe (F° de la résistance d'aval et de la contraction VG)
 - s'observe lors de débit $< 1,5$ l/min (lors du sevrage)
 - CAT: prudence lors du sevrage, augmenter le débit par augmentation de la vitesse de pompe ou remplissage ou vasodilatateur. Si échec clamber le circuit.
 - Les Thrombis
 - microthrombis très fréquents avec le temps, le + souvent sans danger
 - macrothrombis: risque thrombose oxygénateur et complications emboliques
 - CAT
 - ✓ surveillance circuit et oxygénateur +++
 - ✓ prévention par anticoagulation vigilante
 - ✓ penser à thrombose du circuit devant une hypoxémie aigue ou une coagulopathie de consommation
 - ✓ discuter changement de circuit en cas de survenue
 - Fuite plasmatique sur oxygénateur
 - fonction du type d'oxygénateur et de l'importance du syndrome inflammatoire
 - changement de l'oxygénateur dès sa survenue avec P/F $< 100-150$
 - Usure de pompe
 - se manifeste par une modification du bruit
 - CAT: changement de pompe
 - Panne de moteur de pompe: URGENCE (cf procédure)
 - Vérifier que l'alimentation de l'ECMO est assurée
 - désadapter la pompe du moteur de pompe
 - Brancher la pompe sur le moteur de secours à manivelle et tourner la manivelle pour assurer un débit suffisant

17. Quand changer la membrane ou le circuit d'ECMO ?

- Défaut d'oxygénation ou d'épuration du CO₂ par la membrane
- Si P/F < 200 en sortie d'oxygénateur
- Hémolyse intravasculaire massive liée au dispositif
- Thrombopénie importante liée au circuit
- Dépôts importants de fibrine ou de caillots sur la membrane
- Caillottage de la pompe ou des lignes

18. Stratégie sous ECMO VA

- **Bridge to recovery** (cardiopathie réversible : myocardites, intoxications, post cardiectomie, IDM parfois)
→ Le patient reste au CHANGE en réanimation
- **Bridge to transplantation** (pas de récupération envisageable et patient transplantable)
→ Transfert vers centre d'assistance (Grenoble, Lyon)
- **Bridge to Bridge**
→ Transfert vers centre d'assistance pour implantation d'une machine plus invasive si pas de récupération rapide
- **Cas particulier de l'arrêt cardiaque réfractaire sous ECMO**
 - Évaluation neurologique dans un premier temps
 - Si pas de séquelles neurologiques et peu ou pas de chance de récupération myocardique, transfert vers un centre d'assistance (Grenoble, Lyon)

19. Sevrage de l'ECMO VA

- Rarement avant 24-48H (en dehors de l'hypothermie)
- Peut être envisagé quand:
 - Hémodynamique stable sans ou avec de petites doses d'inotropes (dobu < 5 µg/kg/min) et de vasopresseurs
 - Oxygénation et ventilation pouvant être assurée par le poumon
- En pratique cf protocole page 31
- Ablation chirurgicale des canules (réfection du scarpa)
- Poursuite de l'anticoagulation jusqu'au contrôle échographique des vaisseaux fémoraux et de la veine cave inférieure
-