Matériels consommables : circuits, cathéters, membranes

05/06/2024

DU CEC en chirurgie cardiaque et en suppléance d'organes

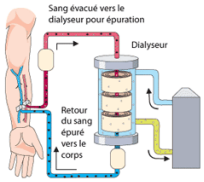
Dr Yoann ABADIE - Docteur Junior

Service de Néphrologie-Transplantation-Dialyse-Aphérèse-Pellegrin

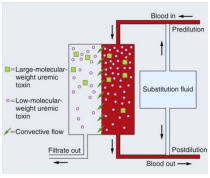
Partie 1 : le circuit en EER

Partie 1 : le circuit en EER

Hémodialyse

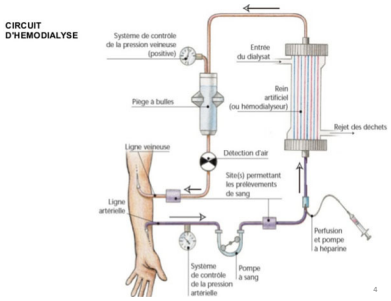


Hémofiltration



Le circuit sanguin en hémodialyse

- Capteurs de pression
  - artérielle (avant la pompe)
  - veineuse (après le dialyseur)
- Pompe à sang
- Pompe à Héparine
- Détecteur d'air
- Clamps



Générateurs d'hémodialyse

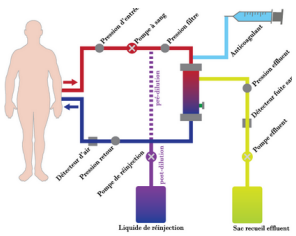
AK 200

Gambro

Nikiso

Fresenius

Le circuit sanguin en hémofiltration



Moniteurs d'hémofiltration

Hospal

Lifescience

Gambro

7

Différents paramètres

- **Débit sang (ml/min) :** est déterminé par le débit cardiaque du patient (cathéter) ou le débit de l'abord (FAV), le résistance interne du circuit à l'écoulement du sang et la différence de pression entre l'artère et la veine.
- **Débit dialysat (ml/min) :** dépend de la technique
- **Pression entrée = Pression artérielle (mmHg) :**
  - limites usuelles : - 50 / -150 mmHg :
  - doit être négative (aspiration).
  - max - 250 mmHg.

8

Alarme : pression artérielle basse

SITE	PROBLEME	CAUSE (S)	C.A.T
VAISSEAU	Quantité de sang disponible insuffisante	- Faible débit sanguin intravasculaire - Hypovolémie	- Changer le site, vérifier la position du patient - Expansion volémique *(sur prescription médicale)*
CATHETER	Résistance à l'écoulement accrue	- KT coudé, clampé - KT contre la paroi vasculaire - Thrombose	- Vérifier l'absence de clamp - Vérifier position KT (radio) mobiliser l'extrémité, tourner le KT sur son axe - Rincer la voie artérielle - Changement KT si échec
LIGNE	Résistance à l'écoulement accrue	- Clamp oublié, ligne coudée - Thrombose circuit	- Déclamper, lever obstacle - Rinçage du circuit ± changement circuit

9

Différents paramètres

Pression trans-membranaire (PTM) : filtre (mmHg) : représente la différence de pression entre le compartiment sanguin (pression artérielle, pression veineuse) et le compartiment ultrafiltrat.

- limites usuelles : +100 / +250 mmHg (hémofiltration).

10

Alarme : PTM élevée

Problèmes	Causes	CAT
PTM augmente dès le début du traitement	Lignes d'UF clampée ou coudée	Vérifier les clamps et lignes
PTM augmente rapidement	Ratio débit sang et UF inadéquat	Augmenter débit sang et/ou diminuer UF (FF à 20%)
PTM augmente lentement	Coagulation des fibres du filtres	Rinçage prédilution de 100 ml pour vérifier l'état de coagulation des fibres - Si fibres coagulés: restituer - Si fibres correctes: *Réduire post-dilution/ augmenter la prédilution/ passer en dialyse seule *Ratio FF à 20%

11

Différents paramètres

Pression retour = Pression veineuse (mmHg) :

- limites usuelles : +50 / +150 mmHg :
- doit être positive (restitution).
- max +300 mmHg.

12

Alarme : PV élevée

SITE	PROBLEME	CAUSE (S)	C.A.T
Cathéter	Résistance à l'écoulement accrue	- KT coudé, clampé - KT contre la paroi vasculaire - Thrombose	- Vérifier l'absence de clamp - Vérifier position KT (radio) mobiliser l'extrémité, tourner le KT sur son axe - Rincer la ligne veineuse - Vérifier l'anticoagulation - Inversion des voies en dernier recours - Changement KT si échec
Ligne/circuit	Résistance à l'écoulement accrue	- Clamp oublié, ligne coudée - Thrombose circuit - Capteurs de pression	- Déclamper, lever obstacle - Rinçage du circuit . Vérifier anticoagulation +/- changer le kit - Pousser le fluide avec une seringue, changer le capteur

13

Systèmes de contrôle

Surveillance volume plasmatique
- Surveillance continue de l'hématocrite par un capteur optique non invasif

Surveillance dialysance et dose de dialyse
- Kt/V, Clairance, volume de substitution en HDF

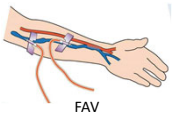
Rétrocontrôles :
- Modulation débit UF et Na du dialysat
- Améliorer le refilling et tolérance tensionnelle

14

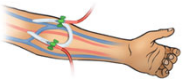
Partie 2 : les abords en EER

15

Partie 2 : les abords en EER

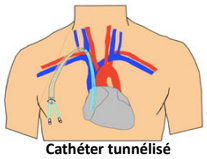


FAV



Anse prothétique

Cathéter temporaire



Cathéter tunnélisé

16

Accès vasculaire idéal

- Facilité, sécurité et rapidité d'installation
- Facilité d'utilisation
- Hémocompatibilité du matériel
- Obtention d'un haut débit sanguin avec une faible recirculation
- Risque de complications mécaniques, infectieuses et thrombotiques faible
- Préservation du capital vasculaire

17

Accès vasculaire idéal

Efficacité :

- Débit sang élevé
- Recirculation faible

Risques de complications :

Lors de la pose : échec, hémorragie, traumatisme

Précoces : dysfonction

Tardives : infections, thromboses, sténoses

18

Le débit sang

Rôle du diamètre de l'abord :
- Passer de 12 à 14 Fr double le débit du KT
- A adapter à la technique :
  - Q sanguins en EER intermittente = 250-450 mL/min (13,5-14 Fr)
  - Q sanguins en EER continue = 150-200mL/min (11-12 Fr)

$$Débit\ sang = K\frac{P * D^4}{L * V}$$

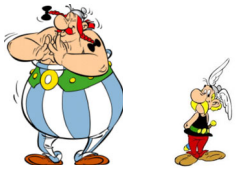
Rôle de la longueur de l'abord :
- Moins importante
- Une augmentation du diamètre compense un doublement de la longueur
- A adapter au site de ponction et au patient

Le diamètre interne doit augmenter avec la longueur du cathéter pour obtenir les mêmes débits

Monchi et al. Réanimation. 2003
Pitel et al. Réanimation. 2011

19

Importance du morphotype



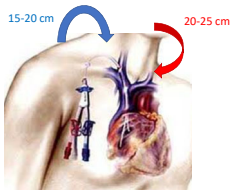
Twardowski Z, Seger R : Measuring central venous structures in humans : implications for central-vein catheter dimensions ; The Journal of Vascular Access, 2002, 3:21-37

TABLE VI - AVERAGE DISTANCE FROM THE ENTRY POINT TO URA IN RELATION TO BSA. THIS DISTANCE IS EQUIVALENT TO INTRAVENOUS CATHETER SEGMENT

BSA (m^2)	RIJV to URA (cm)	RSCV to URA (cm)	LIJV to URA (cm)	LSCV to URA (cm)
1.20	11.1	13.4	13.9	16.5
1.25	11.2	13.5	14.1	16.7
1.30	11.4	13.7	14.2	16.9
1.35	11.5	13.8	14.4	17.1
1.40	11.7	13.9	14.6	17.3
1.45	11.9	14.1	14.8	17.5
1.50	12.0	14.2	15.0	17.7
1.55	12.2	14.4	15.1	17.9
1.60	12.3	14.5	15.3	18.1
1.65	12.5	14.6	15.5	18.3
1.70	12.6	14.8	15.7	18.5
1.75	12.8	14.9	15.9	18.7
1.80	12.9	15.1	16.1	18.9
1.85	13.1	15.2	16.2	19.1
1.90	13.2	15.3	16.4	19.3
1.95	13.4	15.5	16.6	19.5
2.00	13.5	15.6	16.8	19.7
2.10	13.8	15.9	17.1	20.1
2.20	14.2	16.2	17.5	20.5
2.30	14.5	16.5	17.9	20.9
2.45	14.9	16.9	18.4	21.5
2.60	15.4	17.3	19.0	22.1
2.75	15.8	17.7	19.5	22.7

BSA = body surface area, RIJV = right internal jugular vein, URA = upper right atrium, RSCV = right subclavian vein, LIJV = left internal jugular vein, LSCV = left subclavian vein. Calculations based on linear regressions for BSA shown in Table IV.

Longueur de l'abord en pratique



1 cm au-dessus de jonction VCS-OD si KT transitoire
Dans OD si KT tunnélisé

21

Recirculation

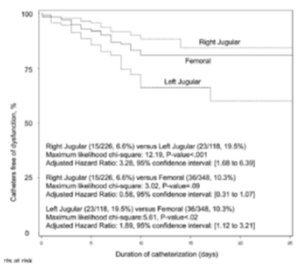
Recirculation = aspiration par la lumière artérielle du cathéter, du sang épuré restitué par la lumière veineuse du cathéter.

Dépend:
- de la distance entre les orifices des 2 lumières
- d'une éventuelle inversion des lignes du cathéter (+20% pour un KT JID)

Atherikul K et al. Nephrol Dial Transplant; 1998

22

Dysfonction de cathéter



<u>Dysfonction précoce</u> :
- Coudure
- Malposition
- Hypovolémie

<u>Dysfonction tardive</u> :
- Thromboses (verrou anticoagulant)
- Infections

Parienti et al., Crit Care Med 2010

23

Quelle voie utiliser ?

Jugulaire interne droite

- Meilleur débit sang
- Moins d'infections (à part pour IMC faible)
- Moins de thromboses
- Plus de complications à la pose
  - Écho guidée
  - RP systématique : bon positionnement

Fémorale

- Risque de débit sang limité :
  - Plus de recirculation
  - Aspiration parois vasculaires
- 5 fois plus de risques infectieux chez BMI > 28 (accord fort)
- Plus de thromboses
- Mais plus simple à poser : voie d'urgence ++

KDIGO 2012

Quelle voie utiliser ?

Eviter :

Jugulaire interne gauche
- Tendance à un plus mauvais débit que JID et Fémoral
- Plus d'infections
- Risque de sténose

Sous-clavière
- 50% de sténose vs 10% en JID
- Risque de thrombose
- Compromet réalisation de FAV
- Difficulté de pose

> 5.4.2: When choosing a vein for insertion of a dialysis catheter in patients with AKI, consider these preferences (*Not Graded*):
> - First choice: right jugular vein;
> - Second choice: femoral vein;
> - Third choice: left jugular vein;
> - Last choice: subclavian vein with preference for the dominant side.

KDIGO 2012

25

Quel type de cathéter ?

Cathéters non tunnélisés (< 3 semaines)

Monolumière : incompatible avec EER continue, NE PLUS UTILISER

Doubles lumières (parallèles ou coaxiales) : ++ en réanimation
- Matériau: polymère semi-rigide : attention plicature !!! → dysfonction abord/thrombose
- Diamètre variable selon le débit sanguin souhaité
- Longueur variable selon site

26

Cathéters non tunnélisés

27

Quel type de cathéter ?

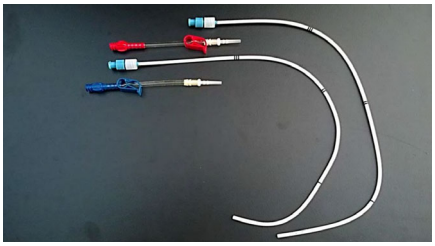
Cathéters tunnélisés (> 3 semaines)

- Pose par personnel entrainé, pose longue, plus d'hématome **rarement en 1ère intention**
  - (Klouche K and al. AJKD. 2004)
- Moins de complications infectieuses au-delà de 14 jours
  - (Marcel C. and al. Nephrol Dial Transplant. 2004)
- Moins de dysfonction, moins de thrombose
  - (Klouche K and al. AJKD. 2004)
- **Matériau souple** permettant une meilleure **tolérance veineuse** et une utilisation prolongée: polymère souple (Silicone), polyuréthane (plus rigide que silicone et donc plus thrombogène), carbothane

28

Cathéters tunnélisés

Double cathéter

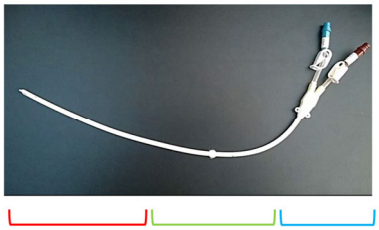


29

Cathéters tunnélisés

Double Lumière

3 portions :
- une portion **intraveineuse**,
- une portion **sous-cutanée**, qui constitue le tunnel et réalise une barrière anti-infectieuse,
- une portion **externe**, permettant les branchements au cours de la séance d'hémodialyse



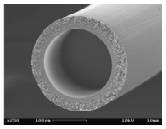
30

Partie 3 : les membranes en EER

31

Partie 3 : les membranes en EER

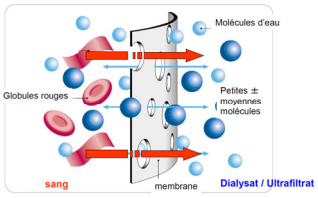
- Définition
- Biocompatibilité
- Caractéristiques



32

Définition

Composant poreux semi-perméable
- Laisse passer eau + certains composants
- En retient d'autres



33

Biocompatibilité

Biocompatibilité = toute réaction biologique induite par le contact du sang avec une membrane de dialyse

Contact sang / membrane
- Phase contact de la coagulation ++ si mb électronégative
- Cascade de la coagulation : fibrinogène et fibrine insoluble
- Agrégation plaquettaire, protein cake

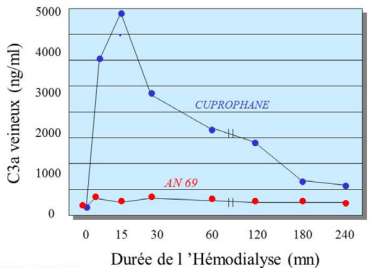
} Anticoag du circuit ++

Réactions médiées par l'activation du complément
- En nette diminution depuis l'utilisation de membranes synthétiques

Cheung AK et al. Kidney Int 1990
Hofbauer R et al .Kidney Int 1999.

34

Activation du complément



Chenowteh et al. AJKD; 1983

35

Biocompatibilité

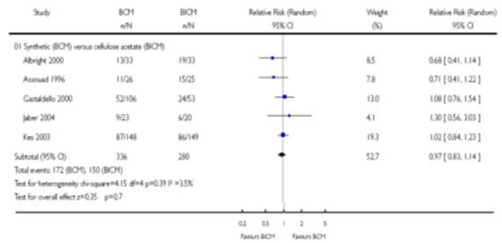
Mb cellulosiques : faible épaisseur
- Cellulose non modifiée
  - Cuprophane
- Cellulose modifiée :
  - Acétate de cellulose
  - Diacétate de cellulose
  - Triacétate de cellulose

Mb synthétiques épaisseur 50 µm
- Biocompatible ++
  - PMMA (polymethylmethacrylate)
  - AN69ST (acrilonitrile + methallylsulfonate)
  - Polysulfone
  - PEPA
  - Polyamide

36

Type de membrane et récupération rénale

Alonso A, Lau J, Jaber BL. Biocompatible hemodialysis membranes for acute renal failure Cochrane Database of Systematic Reviews 2008, Issue 1.



37

Recommandations

5.5.1: We suggest to use dialyzers with a biocompatible membrane for IHD and CRRT in patients with AKI. (2C)

- Membranes cellulosiques modifiés
- Membranes synthétiques

KDIGO 2012[38]

Caractéristiques d'une membrane

- Ses capacités de clairance
- Le KoA = coefficient de transfert de masse du dialyseur pour un soluté donné (par unité de surface)
- Le coefficient de tamisage = Sieving coefficient SC
- Le Kuf = coefficient d'ultrafiltration
- La surface

39

Clairance = performance diffusive

- **Définition : quantité de sang épurée d'une substance par unité de temps**
- K = QB x (Ca – Cv) / Ca
  - K = clairance
  - QB = débit sanguin
  - Ca : concentration à l'entrée du dialyseur (artère)
  - Cv : concentration à la sortie du dialyseur
- La clairance est idéalement mesurée avec une UF = 0 pour seulement apprécier l'épuration par diffusion.

40

KoA = coefficient de transfert de masse

- **Définition : clairance maximale théorique d'un soluté, obtenue pour des débits dialysat et sanguins infinis**
- Propre à chaque membrane : dépend de surface, épaisseur, géométrie
- Permet de comparer chaque dialyseur entre eux
- KoA urée donné par les fabricants
- Membranes à faible KoA urée (<500 ml/mn) = low efficiency
- Membranes à haut KoA urée (>600 ml/mn) = high efficiency

41

Sieving coefficient (SC) ou coefficient de tamisage

- **Définition : rapport de la concentration d'une molécule dans l'ultrafiltrat et le plasma à un moment donné**
- Ce coefficient définit la perméabilité d'une membrane aux solutés
- SC = Cuf / (Ca+Cv/2)
- Membrane haute perméabilité = SC B2micro glob (11.8 kDa) > 0,6
- Membrane basse perméabilité = SC B2micro glob = 0

MPO Study, Locatelli et al. JASN. 2009

42

Exemple de coefficient de tamisage

Solutés	PM	Mb à basse perm	Mb à moyenne perm	Mb à hte perm
urée	60	1	1	1
Créatinine	113	0,89	0,98	1
Vitamine B12	1355	0,63	0,94	1
Inuline	5200	0,31	0,77	1
Béta-2 micro	11800	0	0,42	0,65
Myoglobine	17000	0	-	0,25
Ch Kappa	24000	0	-	0,02
IL-6	26000	0	-	0,01
Albumine	68000	0	-	0

43

Kuf = coefficient d'UF = performance convective

- **Définition = coefficient de perméabilité hydraulique de la membrane**
- Perméabilité hydraulique ≠ perméabilité moléculaire
- Haute perméabilité hydraulique ++ si HF ou HDF (mécanisme convectif) (KuF > 30 ml/h/mmHg de PTM)
- Basse perméabilité hydraulique si HD : risque de **rétrofiltration**

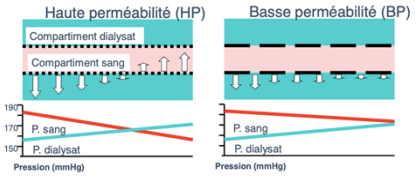
44

Relation KuF / rétrofiltration

- La diminution de pression coté sang est compensée par une augmentation de pression dans le dialysat
  - Coté artériel gradient positif -> ultrafiltration
  - Coté veineux, gradient négatif -> rétrofiltration
- Lorsque le Kuf > 10-20 ml/h/mmHg de PTM le risque existe que la pression sortie sang soit inférieure à la pression entrée dialysat : rétrofiltration
- Dialysat ultrapur

45

Relation KuF / rétrofiltration



Brunet, CUEN 2019

46

La surface

- Variant de : < 0,5m2 => 2,7m2
- Augmentation des capacités diffusives avec l'augmentation de la surface, mais de manière non linéaire (géométrie interne complexe)

$$Q_{\text{diffusion X}} = \frac{\Delta[X] \times S}{R_X}$$

$$R_X = R_{s+}R_{m+}R_d$$

47

Particularités : traitement de surface

- **Greffée HNF**
  - Fixe via charges négatives HNF de liquide de rinçage du circuit
  - Epargne héparinique ?
  - AN69-ST : effet finalement non prouvé
- **Oxiris®**
  - Fixe via charges négatives endotoxines
  - Amélioration hémodynamique dans modèle porcin en choc septique

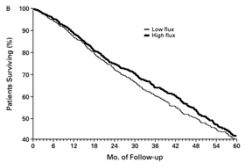
Rimmelé T et al. Nephrol Dial Transplant. 2009

48

Particularités : membranes high flux

HEMO Study : *Eknoyan et al., NEJM 2002*

- 1846 patients suivis en HD sur 2,8 ans
- « Faible perméabilité » vs « Haute perméabilité »
- Patients prévalents

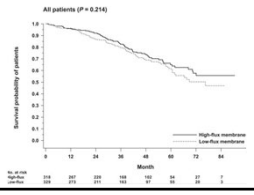


49

Particularités : membranes high flux

MPO Study : *Locatelli et al., JASN 2009*

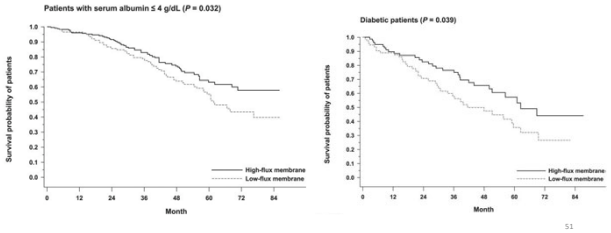
- 738 patients suivis en HD sur 4,5 ans
- « Faible perméabilité » vs « Haute perméabilité »
- Patients incidents



50

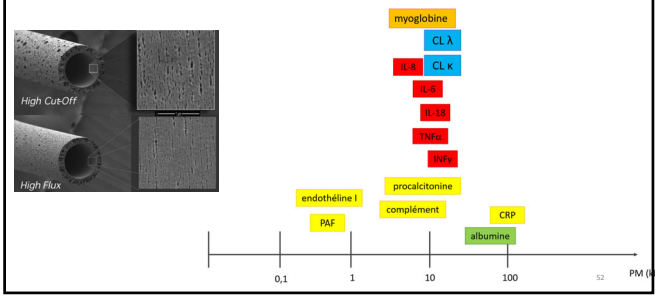
Particularités : membranes high flux

MPO Study : *Locatelli et al., JASN 2009*



51

Particularités : membranes high cut-off

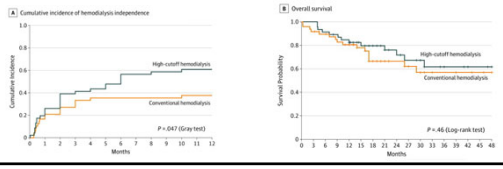


52

Particularités : membranes high cut-off

MYRE Study : *Bridoux et al., JASN 2017*

- 95 patients suivis en HD sur 1 an
- « Haute perméabilité + High cut-off» vs « Haute perméabilité »
- Patients incidents



53

Quelle membrane choisir ?

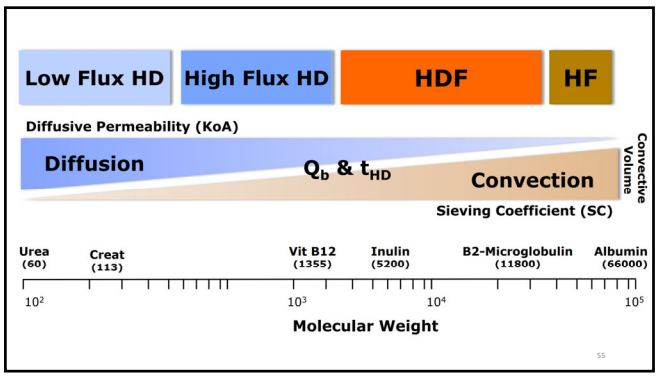
La situation clinique

- IRA
- IRC dialysé hospitalisé en réanimation

La méthode d'épuration :

- Hémofiltration : convection +++
- Hémodialfiltration
- Hémodialyse : diffusion +++

54



Merci de votre attention