

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2013

N° 185

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

DES de Pédiatrie

par

Alexis Chenouard

Né le 28 septembre 1984 à Ancenis (44)

Présentée et soutenue publiquement le 24 juin 2013

**Evaluation de la prise en charge des enfants en
insuffisance rénale aigue traités par hémodiafiltration
en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes**

Président : Monsieur le Professeur Jean-Christophe Rozé

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Jean-Michel Liet

Membres du jury : Madame le Professeur Véronique Gournay

Monsieur le Professeur Fadi Fakhouri

A Monsieur le Professeur Jean-Christophe ROZE, Président du Jury.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury,
Soyez assuré de mon admiration et de ma profonde reconnaissance pour l'enseignement de
la réanimation pédiatrique ainsi que pour votre soutien et vos encouragements à mon
égard.

A Monsieur le Docteur Jean-Michel LIET,

Tu me fais l'honneur d'avoir dirigé ce travail,
Merci pour ton aide, tes explications et ta disponibilité dans la réalisation de celui-ci.
Sois assuré de ma grande admiration.
Merci de m'avoir accordé ta confiance.

A Madame le Professeur Véronique GOURNAY,

Un grand merci d'avoir accepté de faire partie du jury,

Trouve dans ces lignes ma gratitude pour ton soutien pendant l'internat, pour les connaissances que tu m'as transmises, avec tant de rigueur et d'humour.

A Monsieur le Professeur Fadi Fakhouri,

Recevez mes remerciements pour avoir accepté de faire partie de ce jury.

Votre présence est un honneur pour moi.

A mes parents,
Merci pour toutes les valeurs d'amour et de générosité que vous m'avez transmises et pour
votre soutien inconditionnel.

Sans votre présence, je ne serai pas là aujourd'hui.

A Thibault, Valentin et Candice,
Mes frères et sœurs,
Je souhaite que nous restions toujours unis.
La famille est notre force.

A tous mes amis et mes proches,
J'ai de la chance de vous avoir,
Vous pouvez compter sur moi.

A toi Emma,
Merci pour ton aide précieuse dans la réalisation de ce travail,
Ta présence me renforce,
Je suis fier d'être ton mari, tu me combles de bonheur.
Je t'aime, je serai toujours dans ta cabane

Et à toi Augustin,
Merci pour tes nuits paisibles qui m'ont permis de travailler sereinement
Quelle joie de te voir grandir.

INTRODUCTION	8
GENERALITES	9
A. L'INSUFFISANCE RENALE AIGUE EN PEDIATRIE	9
I. PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE RENALE	9
II. INSUFFISANCE RENALE AIGUE	12
1. <i>Définition</i>	12
2. <i>Causes</i>	13
3. <i>Complications et pronostic</i>	15
III. PRISE EN CHARGE DE L'INSUFFISANCE RENALE AIGUE	16
1. <i>Mesures préventives</i>	16
2. <i>Traitement conservateur</i>	17
a. Traitement de l'affection causale.....	17
b. Traitement des complications	17
3. <i>Epuration extra-rénale continue</i>	19
a. Principes	19
b. Types d'épuration extra-rénale continue.....	22
c. Indications en cas d'IRA.....	24
4. <i>En pratique</i>	25
a. Quand débiter l'EERC ?	25
b. Type d'épuration	25
c. Matériel	25
d. Amorçage du circuit.....	28
e. Types de réglages en HDF.....	29
f. Surveillance	32
g. Complications	32
h. Habitudes de service en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes.....	34
B. L'EVALUATION DES PRATIQUES PROFESSIONNELLES	34
I. CONTEXTE	34
II. METHODES UTILISEES	35
III. EVALUATION DES PRATIQUES PROFESSIONNELLES CONCERNANT LA PRISE EN CHARGE DE L'INSUFFISANCE RENALE AIGUE EN REANIMATION (MAI 2009)	36
MATERIELS ET METHODES	37
I. TYPE D'ETUDE ET CRITERES D'INCLUSION	37
II. EXTRACTION ET RECUEIL DES DONNEES	38
III. DEFINITIONS RETENUES POUR LE RECUEIL DE DONNEES	40
IV. DEMARCHE D'EPP SELON LES CRITERES ETABLIS	41
V. ANALYSES STATISTIQUES.....	42
RESULTATS	43
A. CARACTERISTIQUES GENERALES DES PATIENTS	43

B. PRISE EN CHARGE DE L'IRA AVANT L'HDF.....	43
I. ETAT HEMODYNAMIQUE.....	43
II. APPORTS HYDRO-ELECTROLYTIQUES ET DIURETIQUES AVANT HDF	45
III. MEDICAMENTS NEPHROTOXIQUES	47
C. HEMODIAFILTRATION	48
I. INSTAURATION DE L'HDF	48
II. UTILISATION DES DIURETIQUES APRES L'INSTAURATION DE L'HDF	50
III. EFFICACITE DE L'HDF.....	50
IV. COMPLICATIONS	51
1. <i>Hémorragie/coagulation prématurée des filtres</i>	51
2. <i>Hypo/hyperthermie</i>	52
3. <i>Troubles hydro-électrolytiques</i>	52
D. EVALUATION DES PRATIQUES.....	53
DISCUSSION	56
A. EVALUATION DES PRATIQUES SELON LES CRITERES PREETABLIS DE L'EPP	56
I. CRITERES NON EVALUABLES	56
II. CRITERES VALIDES	57
III. CRITERES NON VALIDES	58
1. <i>Absence de définition précise de l'IRA</i>	58
2. <i>Evaluation hémodynamique non optimale avant l'instauration de l'HDF</i>	58
3. <i>Diurétiques et volémie</i>	59
4. <i>Complications vitales chez 3 patients avant branchement</i>	60
5. <i>Prescription incomplète de l'HDF</i>	60
6. <i>Prescription de perte de poids et état hémodynamique</i>	62
7. <i>Utilisation des diurétiques non justifiée après la mise en HDF</i>	62
8. <i>Anticoagulation par héparine : seule technique disponible</i>	62
B. ANALYSE DE NOTRE COHORTE HORS EPP	63
1. <i>Apports hydro-électrolytiques non optimaux</i>	64
2. <i>Paramètres de l'HDF : importance de la dose d'effluent</i>	65
3. <i>Complications au cours de l'HDF : attention au phosphore !</i>	66
CONCLUSION.....	67
ANNEXES.....	68
BIBLIOGRAPHIE	79

LISTE DES ABREVIATIONS

ACT : temps d'activation de la coagulation

ADH : hormone anti-diurétique

DFG : débit de filtration glomérulaire

DPC : développement professionnel continu

ECMO : Extra Corporal membrane oxygenation

EERC : épuration extra-rénale continue

EPP : évaluation des pratiques professionnelles

IRA : insuffisance rénale aigue

FF : fraction filtrée

FO : fluid overload

HD : hémodialyse

HDF : hémodiafiltration

HF : hémofiltration

PAM : pression artérielle moyenne

$P_{\text{entrée}}$: pression d'entrée

P_{retour} : pression de retour

PM : poids moléculaire

POG : pression oreillette gauche

P_{tm} : pression transmembraire

PVC : pression veineuse centrale

SHU : syndrome hémolytique et urémique

INTRODUCTION

L'insuffisance rénale aigue (IRA) se caractérise par une diminution brutale du débit de filtration glomérulaire. En réanimation pédiatrique, l'incidence est en moyenne de 5% ¹ avec un taux de mortalité variable selon les études entre 8 et 89% ². Malgré un traitement conservateur bien conduit, une épuration extra-rénale peut être indiquée en cas de complication (surcharge hydro-sodée ou troubles ioniques graves). Trois grands types d'épuration peuvent être utilisés chez l'enfant : la dialyse péritonéale, l'épuration extra-rénale continue (EERC) et l'hémodialyse intermittente. Le choix de la technique de suppléance dépend non seulement de critères liés à l'enfant lui-même (poids, maladie causale, état hémodynamique, accès veineux, pathologie digestive), mais aussi de critères organisationnels (maîtrise des techniques, habitudes des services, protocoles disponibles). Ainsi, malgré l'élaboration de recommandations européennes ³, une grande variabilité existe concernant les modalités d'épuration extra-rénale selon les différents centres ⁴.

Afin d'homogénéiser les pratiques, un cadre légal d'Evaluation des Pratiques Professionnelles (EPP) a été mis en place concernant certaines pathologies dont l'IRA. Ainsi, les sociétés savantes françaises de réanimation et d'anesthésie ont édité en mai 2009 un document avec des critères d'évaluation précis, mis à la disposition des équipes souhaitant effectuer cette démarche (Annexe 1) ⁵.

L'objectif de notre travail était d'évaluer la prise en charge des enfants avec une insuffisance rénale aigue nécessitant une EERC dans le service de réanimation pédiatrique du CHU de Nantes en utilisant ces critères.

GENERALITES

A. L'insuffisance rénale aigue en pédiatrie

I. Principes de la physiologie rénale

Les reins sont des organes pairs situés sous le diaphragme dans l'espace rétro-péritonéal. Ils sont vascularisés par l'artère rénale qui naît de l'aorte et par la veine rénale qui se draine dans la veine cave inférieure. Le hile contient une veine et une artère, ainsi que l'uretère (Figure 1).

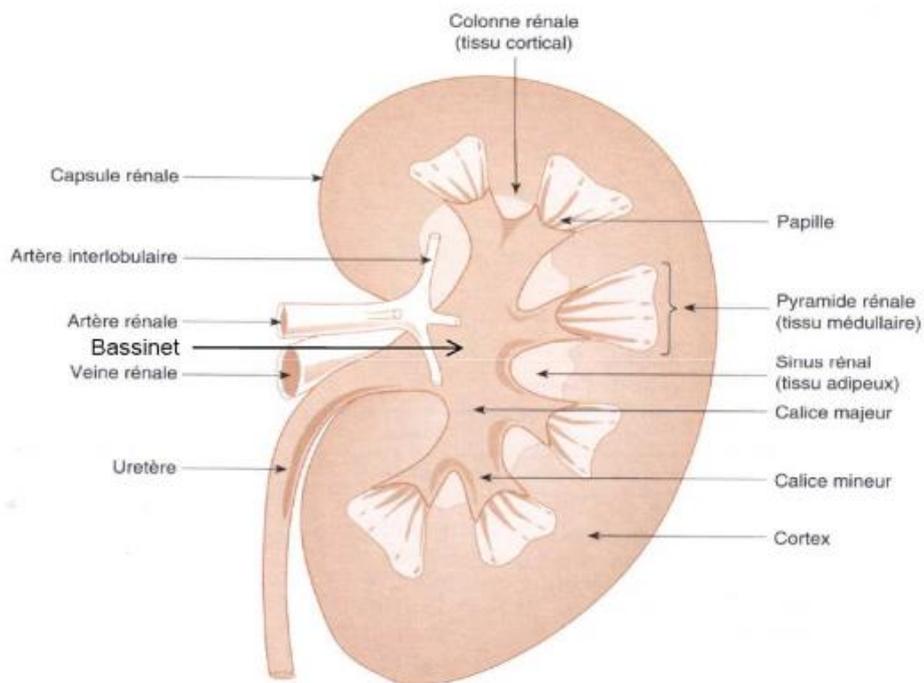


Figure 1 : Description anatomique du rein

Le rein joue un rôle central dans le maintien du volume et de l'homéostasie ainsi que dans l'excrétion des déchets endogènes et exogènes de l'organisme. Par ailleurs, il a un rôle endocrine capable de synthèse et de sécrétion d'un grand nombre d'hormones (rénine, érythropoïétine, calcitriol, facteur de croissance IGF-1).

L'unité fonctionnelle du rein est le néphron, avec environ 1 million de néphrons dans chaque rein. Le néphron est composé d'un glomérule et d'un tubule, dont la vascularisation se fait via les capillaires péri-tubulaires issus des artères afférentes (Figure 2). Le débit sanguin rénal est d'environ 1200 ml/min/m^2 soit 20% du débit cardiaque, avec 90% vascularisant la corticale et 10% la médullaire. La formation de l'urine définitive, qui a lieu dans chaque

néphron, dépend de trois mécanismes: la filtration glomérulaire, la réabsorption tubulaire et la sécrétion tubulaire. Ces mécanismes ne seront pas détaillés ici.

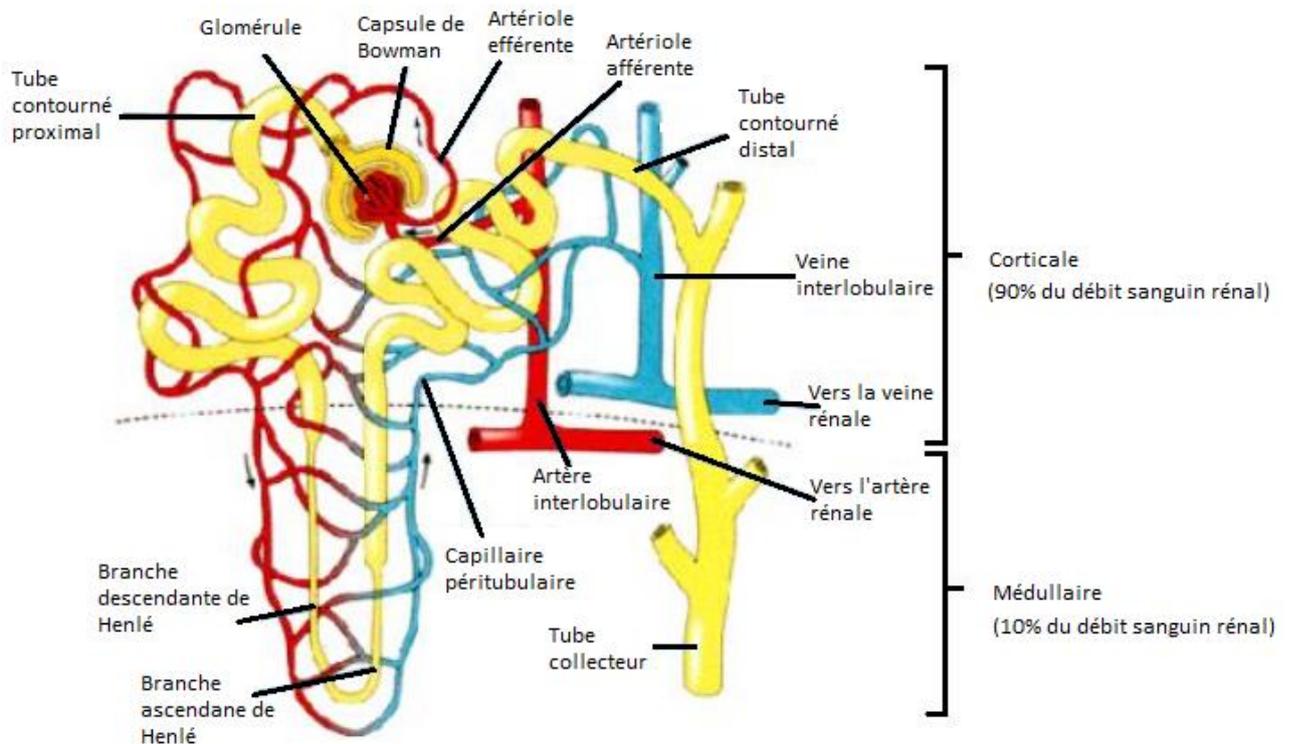


Figure 2 : Description d'un néphron

✓ Débit de filtration glomérulaire

Le débit de filtration glomérulaire (DFG) permet d'évaluer la fonction rénale. Il correspond au volume de sang filtré par tous les glomérules par unité de temps. Le DFG varie avec l'âge du fait d'un processus de maturation morphologique et fonctionnelle, avec notamment un recrutement néphronique progressif du fait d'une diminution des résistances vasculaires rénales périphériques pendant les premières années de vie. La fonction rénale atteint ainsi sa valeur normale vers l'âge de 2 ans (Tableau 1).

Age	DFG (ml/min/1.73m ²)
Nouveau-né prématuré	16-24
Nouveau-né à terme	20-46
Nourrisson	60
Enfant > 2 ans et adulte	120

Tableau 1 : Evolution de la fonction glomérulaire en fonction de l'âge (d'après Lacroix, Urgences et Soins Intensifs Pédiatriques, 2^{ème} édition ⁶).

Pour calculer le DFG, on utilise la mesure de clairance d'une molécule c'est-à-dire le volume sanguin épuré de cette molécule par unité de temps. Idéalement, pour une mesure précise, la molécule doit être filtrée librement par le rein, sans être réabsorbée ni sécrétée par les tubules. Les 2 substances utilisées sont l'inuline et le ^{99m}Tc DTPA, mais mesurer leur clairance n'est pas réalisable chez un patient en réanimation. On estime donc le DFG en mesurant la clairance de la créatinine, un produit de dégradation endogène de la créatine contenue dans les muscles, qui est filtrée entièrement et non réabsorbée. La créatinine est en revanche sécrétée en faible quantité par les tubules ce qui surestime légèrement la clairance et donc l'estimation du DFG. Ainsi, on peut mesurer la clairance de la créatinine (Cl_{cr}), exprimée en ml/min/1.73 m², en utilisant la formule suivante :

$$Cl_{cr} = \frac{Cr_u \times \text{volume urinaire (ml)} \times 1.73}{Cr_s \times \text{tps de collection (min)} \times \text{surface corporelle (m}^2\text{)}}$$

avec Cr : concentration de créatinine en μmol/L, u : urine et s : sang

Cependant, le temps de collection des urines doit être d'au moins 8 heures ce qui limite son intérêt en réanimation. C'est pourquoi, des formules basées sur la créatinine sanguine sont utilisées pour estimer la clairance et donc le DFG. En pédiatrie, on utilise la nouvelle formule de Schwartz ⁷:

$$\text{DFG (ml/min/1.73 m}^2\text{)} = 36.5 \times [\text{taille (cm)}/\text{créatinémie (}\mu\text{mol/L)}]$$

II. Insuffisance rénale aigue

1. Définition

L'insuffisance rénale aigue (IRA) se caractérise par une diminution brutale du débit de filtration glomérulaire. En pratique, on peut suspecter une IRA en cas d'oligurie et d'une augmentation rapide de l'urée sanguine et/ou de la créatininémie. Plus d'une trentaine de définitions existent dans la littérature ⁸. Ainsi, afin d'uniformiser la définition d'IRA, une classification adulte a été établie par un groupe de travail ADQI (*Acute Dialysis Quality Initiative group*) en se basant sur les critères « RIFLE » ⁹, et a été ensuite adaptée en pédiatrie (RIFLE pédiatrique ou pRIFLE) ¹⁰ (Tableau 2).

Catégorie	Critères liés au DFG	Débit urinaire
Risque d'insuffisance rénale (<i>R ou Risk</i>)	↘ DFG > 25%	< 0.5 ml/kg/h pendant 8h
Lésion rénale (<i>I ou Injury</i>)	↘ DFG > 50%	< 0.5 ml/kg/h pendant 16h
Insuffisance rénale (<i>F ou Failure</i>)	↘ DFG > 75% ou < 35 ml/min/1.73m ²	< 0.3 ml/kg/h pendant 24h ou anurie pendant 12h
Perte de fonction rénale (<i>L ou Loss of kidney function</i>)	Insuffisance rénale persistant plus de 4 semaines	
Insuffisance rénale terminale (<i>E ou End stage Kidney Disease</i>)	Insuffisance rénale persistant plus de 3 mois	

Tableau 2 : Classification « pRIFLE » d'après Akcan-Arikan

Une autre classification adulte, proposée par le groupe AKIN (*Acute Kidney Injury Network*) ¹¹, semble applicable en pédiatrie ¹². Celle-ci diffère de la classification « pRIFLE » puisque l'augmentation de la créatininémie est prise en compte et non l'estimation du DFG (Tableau 3).

Catégorie	Critères liés à la créatininémie	Débit urinaire
Stade 1	↗ créatininémie > 1.5 par rapport à la valeur de référence (ou > 26 µmol/L)	Idem pRIFLE
Stade 2	↗ créatininémie > 2 par rapport à la valeur de référence	Idem pRIFLE
Stade 3	↗ créatininémie > 3 par rapport à la valeur de référence (ou épuration rénale)	Idem pRIFLE

Tableau 3 : Classification « AKIN »

2. Causes

Classiquement, on distingue 3 types d'insuffisance rénale aiguë : pré-rénale ou fonctionnelle, rénale et post-rénale (Tableau 5) ¹³.

Les IRA pré-rénales, observées à tous les âges, sont liées à une hypoperfusion rénale avec un parenchyme rénal intact. Les causes les plus fréquentes sont l'hypovolémie, l'hypotension artérielle ou la présence d'une vasoconstriction rénale. Plusieurs mécanismes d'autorégulation permettent de maintenir un DFG lorsque les conditions hémodynamiques ne sont pas optimales : sécrétion de rénine avec production d'angiotensine II et d'aldostérone, sécrétion d'adénosine par le système sympathique périphérique, sécrétion d'ADH, production intra-rénale de prostaglandines vasodilatatrices. La mise en route de ces mécanismes permet au niveau glomérulaire une vasoconstriction de l'artériole efférente (angiotensine II) et une vasodilatation de l'artériole afférente (prostaglandines vasodilatatrices) visant à maintenir la pression de filtration glomérulaire. Au niveau tubulaire, cela entraîne une réabsorption tubulaire distale de sodium sous l'effet de l'aldostérone et une réabsorption d'eau sous l'effet de l'ADH.

Ainsi, l'insuffisance pré-rénale s'accompagne d'une oligo-anurie avec des urines très concentrées et pauvres en sodium, et est habituellement réversible après restauration de la perfusion rénale. Cependant, l'évolution peut se faire vers une IRA rénale organique par nécrose tubulaire aiguë en cas de persistance de l'hypoperfusion rénale car les mécanismes d'autorégulation sont alors débordés altérant ainsi la perfusion des capillaires péri-tubulaires. Certains médicaments (aspirine, anti-inflammatoires non stéroïdiens, inhibiteurs de l'enzyme de conversion, antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II) peuvent inhiber les mécanismes de compensations et aggraver cette IRA.

Les IRA rénales ou organiques sont dues à des lésions anatomiques des différentes structures du rein : les plus fréquentes sont les nécroses tubulaires aiguës, d'origine hypoxique ou toxique, les atteintes vasculaires (syndrome hémolytique et urémique) et les glomérulonéphrites.

Outre des éléments anamnestiques permettant de différencier une IRA pré-rénale et rénale (hypovolémie, prise de toxiques, état de choc,...), des données paracliniques peuvent orienter le diagnostic (Tableau 4).

	Prérénale	Rénale
Réabsorption tubulaire urée - créatinine _u /créatinine _p	> 30-40	< 20
Réabsorption tubulaire Na - Na urinaire (mmol/L)* - fraction excrétée Na (%)* (= NaU/NaP x creatP/creatU)	< 20 < 1	> 20 > 2-3
Capacité de concentration rénale - densité urinaire	> 1020	< 1010
Autres - réponse à un remplissage - sédiment urinaire	reprise diurèse normal	pas de réponse +/- normal

* *ininterprétable si le patient a reçu récemment un soluté contenant du sodium, un corticoïde, de la dopamine ou un diurétique*

Tableau 4: Insuffisance pré-rénale et rénale

Enfin, les IRA post-rénales ou obstructives sont dues à un obstacle sur les voies excrétrices, entraînant une augmentation de la pression hydrostatique responsable d'une diminution de la filtration glomérulaire. L'IRA n'apparaît donc que si l'obstacle est bilatéral ou sur un rein unique. On retrouve les uropathies obstructives congénitales (valves de l'urètre postérieur) les causes obstructives acquises (lithiases urinaires, tumeurs) ou une vessie neurologique. La levée de l'obstacle permet généralement de rétablir la fonction rénale.

A) IRA pré-rénale

- Hypovolémie (déshydratation, hémorragie), insuffisance cardiaque, syndrome néphrotique, syndrome hépatorénal, syndrome de fuite capillaire

B) IRA organique

- Nécrose tubulaire aiguë (hypoxie, toxique)
- Obstruction tubulaire (myoglobinurie, syndrome de lyse tumorale avec hyperuricosurie)
- Nécrose corticale aiguë
- Glomérulonéphrite (vascularite, post-infectieuse)
- Pyélonéphrite
- Néphrite interstitielle (toxique, idiopathique)
- Vasculaire (syndrome hémolytique et urémique, thrombose veine ou artère rénale)
- Envahissement du parenchyme rénal (tumeur solide, hémopathie)

C) IRA post-rénale

- Uropathies obstructives congénitales (valves de l'urètre postérieur)
- Causes obstructives acquises (lithiases urinaires, tumeurs)
- Vessie neurologique

Tableau 5 : Etiologies par type d'insuffisance rénale aiguë

3. Complications et pronostic

Les complications observées en cas d'IRA sont essentiellement liées à la surcharge hydrosodée (œdème aigu pulmonaire, hypertension artérielle, anasarque) et aux désordres hydro-électrolytiques (hyperkaliémie, hyponatrémie, acidose métabolique, hyperphosphorémie, hypocalcémie). D'autre part, l'IRA survenant en réanimation aggrave le pronostic vital avec un risque indépendant de mortalité chez des patients hospitalisés en réanimation ¹⁴.

L'évolution d'une IRA est difficile à prédire, la guérison pouvant prendre plusieurs mois, avec un risque de développer des séquelles (HTA, protéinurie) voire une insuffisance rénale chronique ¹⁵.

III. Prise en charge de l'insuffisance rénale aiguë

1. Mesures préventives

Une IRA survenant au cours d'un séjour en réanimation aggrave le pronostic du patient ; il est donc impératif de tout mettre en œuvre pour en prévenir la survenue.

✓ Optimisation de la volémie et de l'oxygénation

Il est nécessaire d'optimiser la volémie et l'état d'hydratation des patients afin d'obtenir une circulation rénale acceptable. De même, une oxygénation optimale doit être maintenue pour limiter la souffrance tubulaire.

✓ Eviter les médicaments néphrotoxiques

De nombreux médicaments utilisés en réanimation peuvent avoir une toxicité rénale, favorisant ou aggravant une insuffisance rénale aiguë. On retrouve notamment les aminosides, la vancomycine et l'aciclovir qui ont une toxicité tubulaire. D'autres antibiotiques comme les β -lactamines et la rifampicine peuvent avoir une toxicité tubulo-interstitielle par un mécanisme immuno-allergique. Enfin, certains immunosuppresseurs (tacrolimus, ciclosporine) ont une toxicité rénale importante en cas de surdosage.

✓ Autres traitements

Certains médicaments ont pu être utilisés en prévention de l'IRA, et notamment les diurétiques. Son utilisation doit cependant être prudente, toujours après correction de la volémie. Certains auteurs proposent une utilisation du furosémide en bolus (1 mg/kg) ou en perfusion continue. Cependant, une méta-analyse chez l'adulte conclue à une absence d'efficacité du furosémide pour prévenir ou traiter une IRA, avec d'autre part un risque d'oto toxicité rapporté en cas d'utilisation de forte dose¹⁶.

La dopamine à faible dose a longtemps été utilisée comme mesure préventive de l'IRA pour maintenir une perfusion locale, mais ce traitement doit être abandonné de fait de l'absence d'efficacité et des potentiels effets secondaires¹⁷.

2. Traitement conservateur

Le traitement conservateur varie selon le type d'IRA. Il convient donc dans chaque cas de traiter l'affection causale, et dans le même temps de prévenir et traiter les complications liées à l'IRA.

a. Traitement de l'affection causale

L'IRA pré-rénale sera traitée par le maintien d'une perfusion rénale (volémie, amines vaso-actives). L'utilisation des diurétiques avant que la volémie ne soit rétablie est illogique et dangereuse. Cette prescription n'est utile seulement que si la volémie est restaurée et en l'absence d'obstruction des voies urinaires. En cas de toxicité rénale, l'arrêt du traitement semble logique. De la même façon, la correction rapide d'un obstacle des voies urinaires doit avoir lieu en milieu spécialisé (chirurgie pédiatrique) avec une surveillance accrue du risque de levée d'obstacle. D'autres causes d'IRA peuvent justifier des traitements spécifiques (corticoïdes, immunosuppresseurs) qui ne seront pas détaillés ici.

b. Traitement des complications

✓ Surdosage médicamenteux

La plupart des médicaments sont éliminés par les reins, et peuvent donc s'accumuler en cas d'IRA. Il convient de surveiller les taux plasmatiques des médicaments dosables, et d'adapter les posologies, soit en réduisant la dose, soit en espaçant les doses.

✓ Surcharge hydro-sodée

Après avoir optimisé la volémie, une restriction hydro-sodée doit être instaurée afin d'obtenir un bilan entrée-sortie nul. Les apports doivent être limités aux pertes insensibles en cas d'anurie, soit environ 400 ml/m²/jour, avec une restriction sodée autour de 0.5 mEq/kg/jour. Aussi, il convient d'accélérer l'excrétion des liquides en utilisant des diurétiques, le furosémide étant le plus employé à la dose de 1 mg/kg pouvant être augmenté jusqu'à 10 mg/kg. En cas d'œdème pulmonaire, une ventilation non invasive avec pression expiratoire positive voire une ventilation mécanique après intubation peuvent être nécessaires.

Enfin, on observe dans certains cas des IRA avec polyurie, justifiant une augmentation des apports hydro-sodées en fonction des pertes urinaires.

✓ Troubles métaboliques

▪ Hyperkaliémie

L'excrétion urinaire de potassium est altérée en cas d'insuffisance rénale. Il peut rapidement en résulter une hyperkaliémie menaçante. Il convient de cesser tout apport de potassium et de surveiller de près la kaliémie et les éventuelles troubles du rythme cardiaque secondaires. En cas d'hyperkaliémie, le traitement repose sur des traitements permettant 1) d'augmenter le transport intracellulaire de potassium dans les cellules (sérum glucosé hypertonique et insuline, alcalinisation par du bicarbonate, salbutamol), 2) de soustraire le potassium par voie digestive (résine échangeuse de cations = polystyrène sulfonate de sodium Kayexalate®) et 3) de neutraliser les effets cardiaques en cas de signes électrocardiographiques (gluconate de calcium).

▪ Acidose métabolique

L'acidose métabolique au cours d'une IRA est secondaire à une perte de la capacité de régulation acido-basique entraînant une accumulation d'acides non volatils. Le traitement repose sur l'administration éventuelle de bicarbonate de sodium.

▪ Hyponatrémie

L'IRA peut entraîner une hyponatrémie secondaire à la surcharge hydrique. Il convient de restreindre les apports hydriques voire d'administrer du sodium hypertonique en cas d'hyponatrémie sévère ou symptomatique (troubles de conscience, convulsions).

▪ Hyperphosphorémie

Il convient d'arrêter les apports de phosphore en cas d'IRA. Aussi, les apports protidiques, source de phosphate, doivent être arrêtés initialement. Les chélateurs de phosphore peuvent être utilisés dans certains cas si l'alimentation entérale est possible.

▪ Hypocalcémie

L'hypocalcémie est généralement réactionnelle à une hyperphosphorémie. L'administration de calcium peut être recommandée en cas d'hypocalcémie grave.

Si ces complications sont d'emblée graves ou réfractaires au traitement médical optimal, elles justifient alors l'instauration d'un traitement de suppléance par épuration extra-rénale permettant de remplacer une fonction rénale défaillante. Trois grands types d'épuration peuvent être utilisés : l'épuration extra-rénale continue (EERC) ou intermittente, et la dialyse péritonéale. D'après une étude de 2010 portant sur plus de 300 patients ayant une IRA à

l'admission ou durant l'hospitalisation en réanimation, 12% ont eu une épuration extra-rénale (dialyse péritonéale et EERC) ¹⁴.

Nous aborderons uniquement l'épuration extra-rénale continue, puisque c'est cette technique qui sera évaluée dans notre étude.

3. Epuration extra-rénale continue

L'épuration extra-rénale continue (EERC) désigne toutes les formes de suppléance rénale faites en continue par voie vasculaire. Ces techniques se font essentiellement par voie veino-veineuse à l'aide d'un circuit extra-corporel. L'EERC est une modalité thérapeutique de plus en plus utilisée chez les enfants en IRA ¹⁸.

a. Principes

Le principe de base de toutes les formes d'EERC consiste à faire se déplacer des molécules et du solvant d'un compartiment à un autre au travers d'une membrane semi-perméable.

Le solvant correspond à l'eau plasmatique ; les molécules diffèrent par leur poids moléculaire (PM): très petites (électrolytes) et petites molécules (urée, créatinine) avec un PM inférieur à 500 daltons, moyennes molécules (peptides) avec un PM compris entre 500 et 60 000 daltons, ou grosses molécules (albumine, PM = 65 000 daltons).

✓ Transport transmembranaire

Il existe plusieurs types d'EERC qui se distinguent surtout en fonction du transport transmembranaire impliqué : diffusion, convection, ou combinaison des 2 (Figure 3).

▪ Diffusion (ou conduction)

La diffusion correspond au transfert passif de solutés entre le sang et le soluté de dialyse en fonction du gradient de concentration. Ainsi, les solutés diffusent du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré, pour tendre vers l'équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane. L'intensité de la diffusion dépend de la différence de concentration entre les deux compartiments (majorée par la circulation à contre sens du soluté de dialyse par rapport au sang), mais aussi de la membrane (surface, taille des pores, charge électrique), de la molécule (poids moléculaire) et du débit du sang et du soluté de dialyse. Il n'y a pas de transfert de solvant au cours de la diffusion. Il s'agit du mécanisme utilisé en hémodialyse.

- Convection (ou filtration)

La convection désigne le transfert simultané d'un solvant (correspondant à l'eau du plasma) et d'une partie de son contenu en solutés au travers d'une membrane semi-perméable en fonction d'un gradient de pression appelé pression transmembranaire. Cela permet d'épurer l'eau plasmatique en grande quantité. Plus la pression transmembranaire est élevée, plus la quantité du solvant filtrée est importante. Les autres facteurs déterminants sont la perméabilité hydraulique de la membrane, caractérisant le débit de transfert du solvant par unité de surface et par unité de pression.

Aussi, l'intensité du transport du soluté dépend de sa concentration dans le sang (solvant) et du coefficient de tamisage. Le coefficient de tamisage est un indice de perméabilité membranaire pour un soluté donné, défini comme le rapport de la concentration du soluté dans l'effluent à sa concentration dans le sang. Un coefficient égal à 1 signifie que le soluté est filtré complètement à travers la membrane alors qu'un coefficient égal à 0 signifie que le soluté n'est pas filtré du tout. La convection est le principe physique utilisé en hémofiltration.

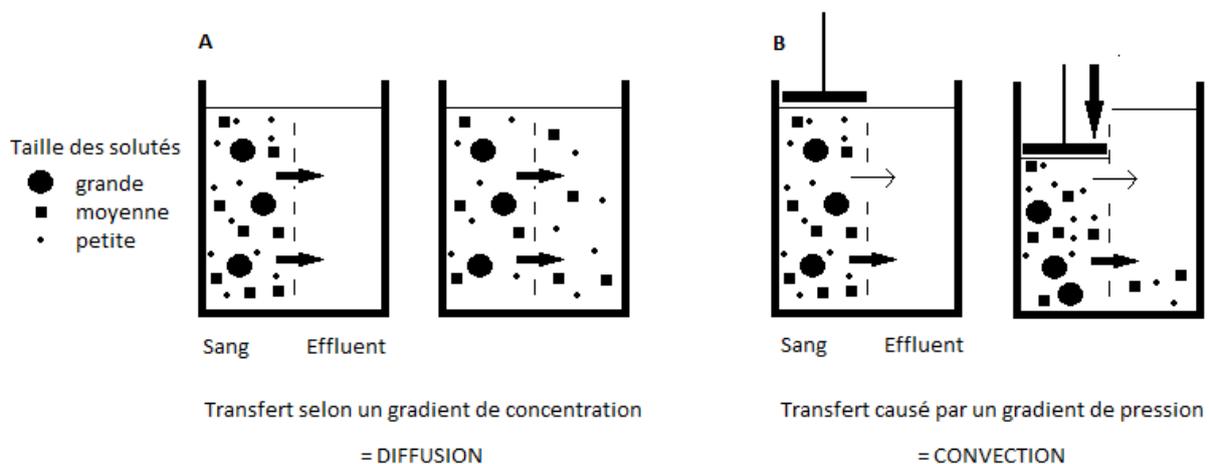


Figure 3 : Transport transmembranaire : mécanisme de diffusion (A) et de convection (B)

- Adsorption

L'adsorption est un troisième principe d'épuration qui joue un rôle dans l'EERC, mais sans qu'il y ait de transport transmembranaire à proprement parlé puisque la membrane adsorbe certaines molécules, permettant ainsi de les retirer du sang (substances toxiques ou médicamenteuses).

✓ Membrane d'échange

Les membranes des hémofiltres utilisées au cours d'une EERC ont des caractéristiques de haute perméabilité hydraulique permettant de filtrer l'eau plasmatique avec des pressions transmembranaires (P_{tm}) basses. La plupart des filtres utilisés sont en synthétique, limitant la cascade inflammatoire par activation du complément observée avec des filtres en cellulose pur. La taille de la membrane doit être adaptée à la surface corporelle de l'enfant.

✓ Notion de clairance des solutés

Pendant une EERC, la clairance des solutés se fait essentiellement par diffusion, convection ou par une combinaison de ces mécanismes. On parle de clairance diffusive et convective.

La clairance diffusive dépend du débit sanguin, des propriétés de la membrane (taille des pores, surface, charge électrique), ainsi que de la différence de concentration sanguine de la substance avant et après la membrane de dialyse.

$$Cl \text{ diffusive} = \text{débit sang} \times [(C_{\text{entrée}} - C_{\text{sortie}}) / C_{\text{entrée}}]$$

Cl = clairance d'un soluté en ml/min

C_{entrée} = concentration sanguine à l'entrée membrane

C_{sortie} = concentration sanguine à la sortie de la membrane

La clairance convective est égale au coefficient de tamisage d'une molécule x le débit d'ultrafiltrat passant à travers la membrane. Ce débit d'ultrafiltrat (UF) prescrit est également dépendant de la perméabilité hydraulique de la membrane (déterminée par le fabricant).

$$Cl \text{ convective} = \text{débit UF} \times \text{coefficient tamisage}$$

La clairance totale d'un soluté, en ml/min, est la somme des 2.

Pour simplifier le calcul de la clairance, on raisonne en réanimation sur le chargement de l'effluent en soluté par les 2 mécanismes. L'effluent est ainsi défini par l'association du dialysat chargé en soluté + l'ultrafiltrat obtenu par convection. On retient finalement la formule suivante pour la clairance d'une molécule à débit sanguin constant :

$$Cl = E/P \times Q_E$$

Cl = clairance d'un soluté en ml/min

E = concentration du soluté dans l'effluent

P = concentration du soluté dans le plasma

Q_E = débit d'effluent

Pour une petite molécule comme l'urée, le coefficient de tamisage (E/P) étant à 1, la clairance selon la formule précédente est donc égale au débit d'effluent. Cependant, cette équation n'est pas complètement exacte. En effet, la clairance des solutés est différente selon les techniques d'EERC utilisées^{6, 19}. Ainsi, on constate dans le tableau suivant que pour les petites molécules avec un débit d'effluent élevé, la clairance diffusive (hémodialyse seule) est supérieure à la clairance convective; alors que pour les molécules de taille moyenne, la clairance diffusive est inférieure à la clairance convective (Tableau 6).

	Hémodialyse Q _E =2000 ml/h	Hémofiltration Q _E =2000 ml/h
Clairance de l'urée calculée (ml/min)	33.3	33.3
Clairance de l'urée mesurée (ml/min)	34.4 +/- 1	28.7 +/- 0.7

Tableau 6 : Valeur calculée et mesurée de la clairance de l'urée selon le type d'épuration (d'après Lacroix, Urgences et Soins Intensifs Pédiatriques, 2^{ème} édition⁶).

b. Types d'épuration extra-rénale continue

Il existe trois grands types d'épuration extra-rénale continue : l'hémodialyse, l'hémofiltration et l'hémodiafiltration.

✓ Hémodialyse (HD)

Il s'agit d'une technique basée le principe de diffusion. Une solution de dialyse est administrée à contresens du sang permettant un transport transmembranaire au travers de la membrane. Cette technique peut s'avérer utile pour éliminer des petites molécules tels que les électrolytes (phosphore, potassium) ou l'urée. Aussi, pour pouvoir faire une soustraction d'eau au patient, la machine devra créer une différence de pression à l'aide d'un régulateur d'ultrafiltration permettant de faire une perte de poids aux alentours de 1 à 5 ml/kg/h (Figure 4).

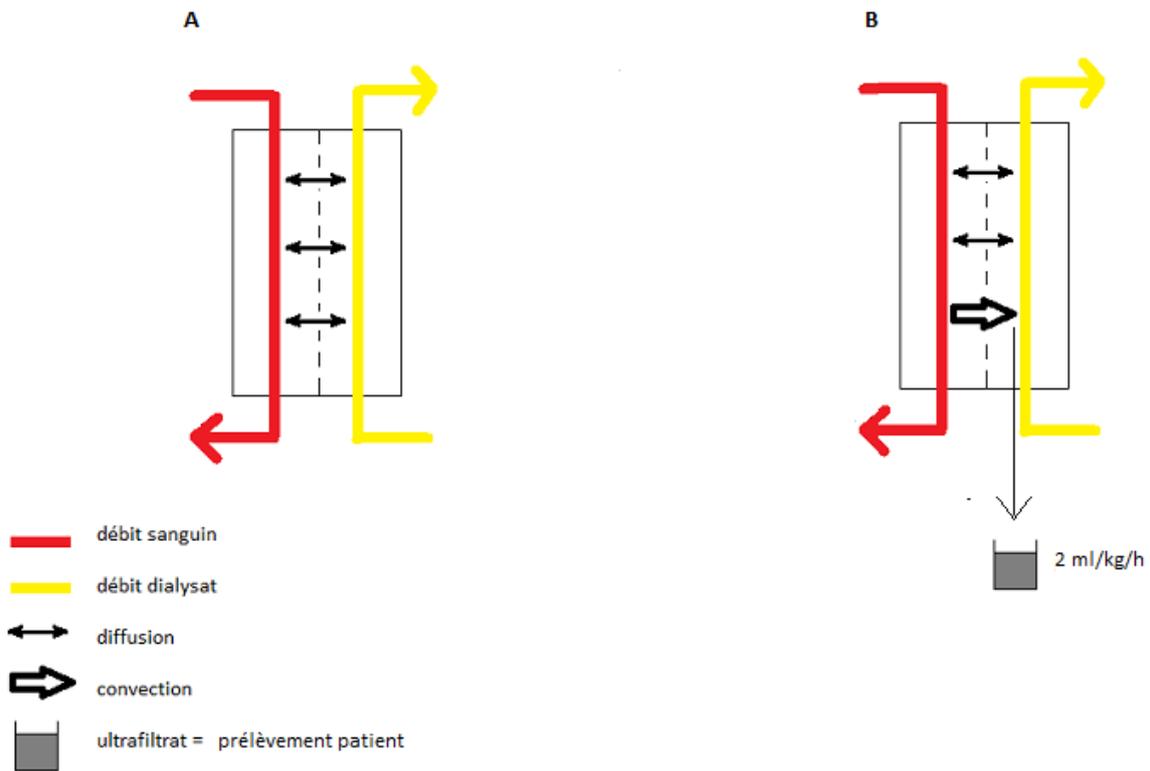


Figure 4 : Principes de l'hémodialyse

✓ Hémofiltration (HF)

L'hémofiltration est une méthode convective préférentiellement utilisée pour l'épuration des molécules de taille moyenne (poids moléculaire compris entre 500 et 60 000 daltons), comme les protéines et les cytokines²⁰. Au cours de cette technique, les solutés sont filtrés avec une partie d'eau plasmatique. Il convient donc de compenser ces pertes en administrant une solution de réinjection qui peut être perfusée avant le filtre (pré-dilution) ou après (post-dilution).

Pour faire une soustraction hydrique, le débit de réinjection sera moindre que le débit de d'ultra-filtrat. En théorie, si on veut une filtration de 35 ml/kg/h avec une perte de poids (ou prélèvement patient) de 2 ml/kg/h, la réinjection devra être de 33 ml/kg/h (Figure 5). En pratique, la prescription comporte le débit de réinjection souhaité et le prélèvement patient souhaité.

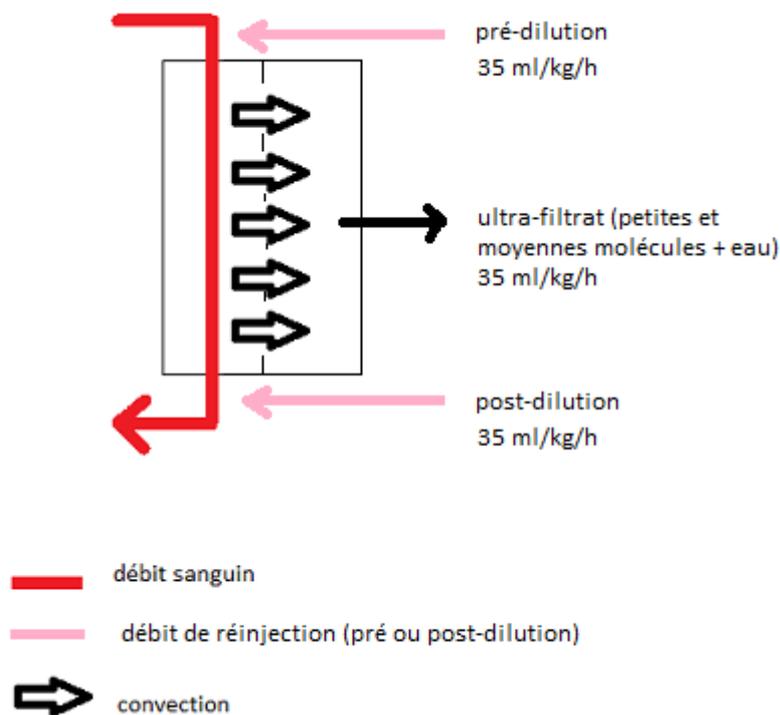


Figure 5 : Principes de l'hémofiltration

✓ Hémodiafiltration (HDF)

L'HDF combine les 2 principes de diffusion et de convection. La solution de dialyse est administrée à contre-sens du sang et une solution de réinjection est administrée.

c. Indications en cas d'IRA

L'EERC est indiquée en cas d'IRA compliquée d'une surcharge hydro-sodée majeure réfractaire aux diurétiques (œdème aigue pulmonaire, HTA majeure réfractaire), d'une urémie importante (> 40 mmol/L) ou symptomatique (péricardite, coma, convulsion) ou encore de troubles électrolytiques sévères ne répondant pas au traitement médical optimal (acidose, hyperkaliémie) ²¹. Des circonstances associées sont également à prendre en compte comme le sepsis ou le syndrome de détresse respiratoire aiguë, puisqu'une EERC peut être envisagée dans ces cas avant même l'apparition de complications sévères. Enfin, l'EERC peut être envisagée en cas d'IRA prolongée avec difficultés d'apporter un support nutritionnel adéquat du fait de la surcharge hydro-sodée.

D'après un registre américain de 344 enfants, près de 90% des enfants avaient eu une épuration extra-rénale continue pour une surcharge hydro-sodée et/ou des troubles ioniques²².

4. En pratique

a. Quand débiter l'EERC ?

Le moment idéal pour débiter une EERC est débattu en réanimation. Il n'existe pas à ce jour de recommandations précises sur le délai optimal d'initiation de l'épuration extra-rénale en cas d'IRA^{23, 24}. Récemment, Sutherland et al ont montré qu'une surcharge hydrique importante chez des enfants au moment de l'instauration de l'épuration extra-rénale était associée à un taux de mortalité plus important, suggérant l'importance d'une instauration relativement précoce en cas d'IRA²⁵.

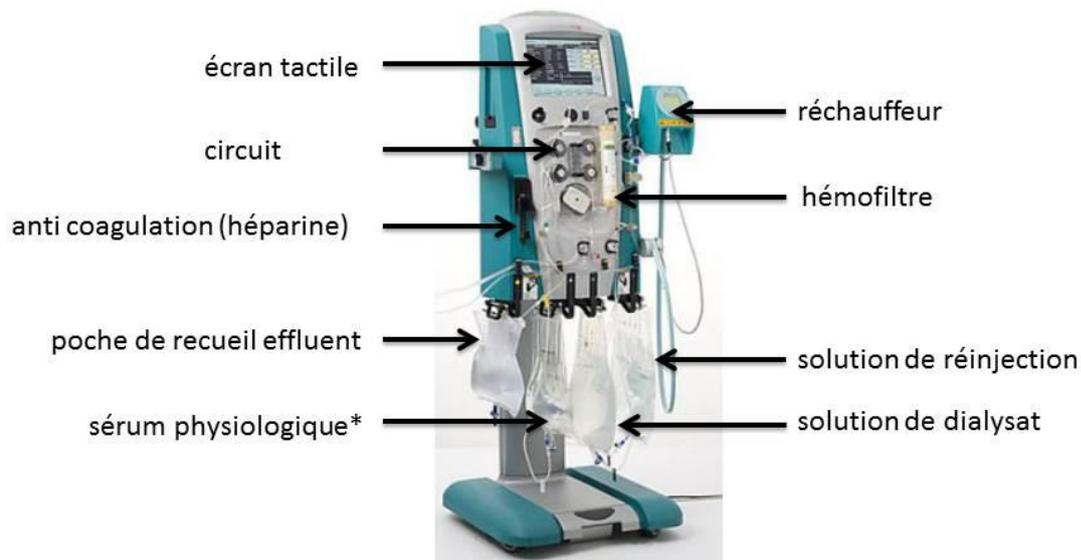
b. Type d'épuration

Le choix de la technique de suppléance (HD, HF, ou HDF) dépend du type d'épuration souhaitée, mais surtout des habitudes de service ; aucune recommandation précise n'existe à l'heure actuelle. D'après le registre américain de 2007, l'HD était utilisé dans la moitié des cas, suivi de l'HDF (30%) et de l'HF (20%)²².

c. Matériel

✓ Machine de dialyse

Il existe plusieurs machines sur le marché permettant de faire de l'épuration extra-rénale continue pédiatrique. Les principales machines sont : Prisma et Prismaflex (Hospal-Gambro™), Fresenius (Fresenius Medica Care™), BM11, BM11a, BM25 et Accura (Baxter™), Diapact (Braun™), Aquarius (Edwards LS™), CARPEDIEM et Amplya (Bellco™). Ces machines possèdent un système de réchauffeur relié à une gaine qui entoure la ligne de retour au patient. Cela permet au patient de recevoir du sang réchauffé, limitant le risque d'hypothermie (Figure 6).



* La poche de sérum physiologique est raccordée au peson PPS (pré-pompe sang). Cette partie ne présente pas d'utilité en cas d'anticoagulation systémique à l'héparine. En cas d'anticoagulation au citrate, il s'agit d'une solution contenant le citrate qui est raccordée au peson.

Figure 6 : Prismaflex (Hospal-Gambro™)

✓ Circuit

Il existe plusieurs types de circuits pédiatriques disponibles, qui varient selon le volume extracorporel total et le type/surface de la membrane. En pratique, le choix d'un circuit dépend principalement du poids du patient avec un volume extra-corporel total $\leq 10\%$ du volume sanguin circulant de l'enfant ³.

✓ Accès vasculaire

Pour une épuration efficace, il est indispensable d'insérer un cathéter veineux central de calibre suffisant permettant d'atteindre des débits sanguins importants. La limite principale en pédiatrie est le poids du patient. Le tableau 6 indique des suggestions de cathéter en fonction du poids. En pratique, il convient d'utiliser un cathéter à double lumière de taille supérieur à 6 Fr. Les recommandations européennes de 2004 suggèrent certains calibres en fonction du poids de l'enfant (Tableau 7), cependant, ce tableau n'est donné qu'à titre

d'exemple puisque le choix du cathéter dépend de nombreux paramètres (type de cathéter utilisé dans les services, site d'insertion, morphologie de l'enfant,...) ³.

Concernant les sites d'insertion, la voie jugulaire interne doit être privilégiée, cette localisation étant associée à une meilleure durée de vie du circuit ²⁶. Cependant, la voie fémorale et la voie sous-clavière peuvent également être utilisées, avec cependant une réserve pour la voie sous-clavière. En effet, en cas de thrombose veineuse obstructive à cet endroit, le réseau veineux brachial est condamné pour une éventuelle création d'une fistule artério-veineuse en cas de non-récupération de la fonction rénale.

Poids du patient	Type de cathéter
2.5-10 kg	Double lumière 6.5 Fr (10 cm)
10-20 kg	Double lumière 8 Fr (15 cm)
> 20 kg	Double lumière ≥ 10.8 Fr (20 cm)

Tableau 7 : Taille des cathéters pour une épuration extra-continue chez l'enfant d'après les recommandations européennes ³.

✓ Solutions de dialysat et de réinjection

Il est important de noter que la Prismaflex fonctionne avec des solutés déjà reconstitués. Il n'est donc pas nécessaire d'avoir un circuit d'eau pour la préparation d'un dialysat ultra pur. Les solutions commerciales de dialysat et de réinjection sont des solutions stériles contenant des électrolytes à des concentrations différentes et une substance tampon (acétate, lactate, ou bicarbonate). En pratique, seules les solutions contenant du lactate ou du bicarbonate sont disponibles, l'utilisation d'un tampon acétate doit être proscrite du fait de ces effets secondaires importants (acidose métabolique, hypotension artérielle par vasodilatation périphérique) ²⁷. En hémodiafiltration, les solutions de dialyse et de réinjection sont les mêmes pour un patient donné. Dans notre service, 2 types de solutions peuvent être utilisées : l'Hémosol B0 sans potassium ni phosphore et le Phoxilium contenant 1.2 mEq/L de phosphore.

✓ Anticoagulation

Le contact entre le sang et la surface artificielle du circuit entraîne une activation de la coagulation, majorée par un débit sanguin faible, un cathéter de petite taille, et un taux

d'hématocrite élevé. L'anticoagulation a pour but de prolonger la durée du filtre en prévenant la formation de caillots dans le circuit. Il existe 2 principaux types d'anticoagulation : systémique à l'héparine ou régionale au citrate.

- Anticoagulation systémique à l'héparine

L'héparine est administrée en continue dans le circuit ce qui implique que le patient est anticoagulé. L'ajustement de la posologie de l'héparine doit être rigoureux en mesurant le temps de coagulation activé (activated clotting time ou ACT), avec un objectif entre 180 et 220 secondes. Les effets indésirables de l'héparine sont l'apparition d'une thrombopénie ou d'un saignement. Il existe donc des contre-indications à l'anticoagulation systémique (saignement actif, risque hémorragique majeur, ...). Dans ces cas-là, il convient de faire soit une épuration sans anticoagulation, soit d'utiliser le citrate.

- Anticoagulation régionale au citrate

Cette technique d'anticoagulation est de plus en plus répandue et à pour objectif d'anticoaguler le circuit sans qu'il y ait d'anticoagulation systémique. Le citrate a une action anticoagulante en chélatant le calcium ionisé et empêchant ainsi l'activation des facteurs de coagulation dépendant du calcium. Dans cette technique, le citrate est injecté à l'entrée du circuit et du calcium est administré au malade dans une veine centrale. Une surveillance de la calcémie ionisée dans le filtre et du patient est indispensable. Les principales complications sont l'intoxication au citrate avec une hypocalcémie et l'alcalose métabolique (transformation du citrate par le foie en acide citrique et en bicarbonate).

d. Amorçage du circuit

Généralement, l'amorçage du circuit d'EERC peut se faire avec du sérum physiologique 0.9% (avec ou sans héparine à 5000 UI/L) ou de l'albumine 5%. Chez l'enfant de petit poids, avec un volume extra-corporel supérieur à 10% de sa masse sanguine, l'amorçage du circuit au sérum physiologique va entraîner une hémodilution. On peut donc faire un amorçage à l'albumine 5% ou recourir à du sang reconstitué (culot globulaire + plasma). Il est déconseillé d'utiliser des culots globulaires non reconstitués en raison du risque de caillotage dans le circuit (hématocrite du culot : 70%) et du risque anaphylactique après contact entre le circuit et le sang.

Ainsi, en réanimation, pour les techniques d'épuration extra-rénale continue, le branchement se fait généralement de façon isovolémique puisque le volume de sang prélevé

au patient à l'instauration pour remplir le circuit est compensé par la solution d'amorçage (sérum physiologique, albumine, sang reconstitué).

e. Types de réglages en HDF

Nous nous attarderons plus spécifiquement sur les modalités de prescription de l'HDF, technique d'épuration continue la plus utilisée dans le service de réanimation pédiatrique du CHU de Nantes. Après avoir choisi le mode « CVVHDF » (Continuous Venous Hemodiafiltration) sur l'écran tactile, plusieurs réglages doivent être réalisés.

✓ Débit sang (ml/min)

L'épuration extra-rénale est une technique de suppléance extra-corporelle qui nécessite un débit sanguin pour pouvoir fonctionner. Plus le débit sanguin est faible, meilleure sera la tolérance hémodynamique mais plus le risque de caillotage du circuit sera important et moins le débit d'effluent pourra être élevé. Un débit sanguin entre 6 à 9 ml/kg/min prévient le risque d'hémoconcentration dans le filtre ³, mais des débits moins élevés sont recommandés chez l'enfant plus grand (2 à 4 ml/kg/min chez l'enfant de plus de 30 kg) ²⁸. Il est bien sûr indispensable de surveiller les pressions d'entrée du patient afin d'adapter les débits sanguins, l'objectif étant d'obtenir des pressions d'entrée entre -50 et -150 mmHg. Si les pressions sont inférieures à -150 mmHg, il convient de diminuer le débit sanguin après avoir vérifié d'éventuels problèmes sur la ligne d'entrée et sur le cathéter. A l'inverse, le débit sanguin peut être augmenté si les pressions d'entrée sont supérieures à -50 mmHg, en fonction de la tolérance hémodynamique.

✓ Prélèvement patient (ml/h)

Le débit prélèvement patient, exprimé en ml/h, correspond aux pertes que l'on veut obtenir chez le patient. Chez un patient anurique, le débit prélèvement patient correspond donc aux à la soustraction d'eau que l'on souhaite obtenir. Il faut rester vigilant sur ce réglage en cas d'instabilité hémodynamique puisque le prélèvement patient peut aggraver une hypotension artérielle préexistante. Ce débit doit être réévalué régulièrement en fonction de l'état hémodynamique et du bilan liquidien entrées-sorties.

✓ Débit de dialysat et de réinjection (ml/h)

Le débit de réinjection correspond au débit de la solution de réinjection qui permettra d'obtenir une filtration par un mécanisme de convection. Le débit de dialysat correspond au débit de la solution de dialyse circulant à contre-courant du débit sanguin et permettant une dialyse par diffusion (cf chapitre 3.a.). Les réglages de ces débits diffèrent selon le type d'épuration souhaité. Plusieurs points doivent être développés afin de mieux appréhender ces réglages.

▪ Dose d'effluent

La dose d'effluent correspond à la dose totale de liquide recueillie par le circuit, et est appelée « dose de dialyse » en hémodialyse et « dose de filtration » en hémofiltration. En HDF, cette dose suit l'équation suivante :

Dose effluent (ml/h) = débit de dialyse + débit de réinjection + débit prélèvement patient.

Aucune recommandation n'existe à l'heure actuelle concernant les objectifs de dose d'effluent. En pratique, en se basant sur des études adultes, la dose d'effluent prescrite doit être autour de 20 à 25 ml/kg/h²⁹. Cependant, étant donné que la dose d'effluent réelle est probablement plus faible que celle prescrite (variation de 25% environ)³⁰, il est préférable de régler des débits d'effluent plus élevés, autour de 35 ml/kg/h³¹. Certains proposent une dose d'effluent exprimée en l/h/1.73 m², avec des valeurs recommandées autour de 2 l/h/1.73 m²³².

Enfin, une filtration à haut débit (autour de 65 ml/kg/h) pourrait être utilisée dans le traitement du choc septique dans l'hypothèse d'éliminer des médiateurs pro-inflammatoires³³, mais aucune donnée n'existe à l'heure actuelle en pédiatrie.

▪ Pré ou post-dilution

En cas de filtration, la solution de réinjection peut être administrée avant le filtre (pré-dilution) ou après (post-dilution). Le site de perfusion de la solution de réinjection a un impact sur la clairance des solutés et sur la durée de vie des filtres. Ainsi, la pré-dilution atténue la viscosité sanguine dans le filtre et diminue le risque de coagulation. Cependant, cela dilue la concentration des solutés avant le filtre entraînant une baisse de la clairance de l'ordre de 10 à 20%.

- Fraction filtrée

En post dilution, la réinjection a lieu après le filtre. A l'intérieur de celui-ci, la viscosité est donc très augmentée lors de la filtration. Sur certaines machines, la fraction filtrée (FF) s'exprime par l'équation suivante : $FF = (\text{débit de réinjection en post dilution} + \text{débit prélèvement patient}) \times 100 / \text{débit sang (en ml/h)}$.

Il s'agit d'un paramètre important à prendre en compte puisque une FF >25% augmente le risque de coagulation du filtre.

En prédilution, on peut augmenter cette valeur jusqu'à 2/3 du débit sanguin.

- Ratio filtration/dialyse

La proportion de dialyse et de filtration en HDF est variable selon les situations rencontrées. D'après les principes de clairance diffusives et convectives (cf. paragraphe 3.a), il paraît logique d'avoir un débit de dialysat plus important lorsque l'on souhaite éliminer des petites molécules (ex : hyperkaliémie menaçante). Au contraire, le débit de réinjection doit probablement être plus élevé en cas de choc septique afin d'éliminer les cytokines inflammatoires de plus gros poids moléculaire. Dans l'étude de Bellomo et al concernant la dose d'effluent optimal, un ratio de 1:1 était systématiquement utilisé²⁹.

Ainsi, dans une situation standard en HDF, on peut retenir une dose d'effluent réglée aux alentours de 35 ml/kg/min avec 50% de filtration et 50% de dialyse, tout en ayant une fraction de filtration < 25%. Cependant, en cas d'hyperkaliémie menaçante, il faut privilégier la dialyse qui est plus efficace sur l'élimination des petites molécules

- ✓ Débit d'héparine (ml/h)

La dose d'héparine est comprise entre 5 et 20 UI/kg/h. Le débit initial doit être réglé au minimum à 2 ml/h et sera ajusté en fonction de la surveillance du taux d'ACT (objectif entre 180 et 220 secondes) et/ou de l'héparinémie.

- ✓ Débit PPS (pré-pompe sang)

Ce débit doit être réglé à 0 dans le cas d'une anticoagulation à l'héparine ou en cas d'absence d'anticoagulation. Il s'agit d'un débit utilisé en cas d'anticoagulation au citrate. Pour certains, le débit PPS permet de faire une réinjection moitié pré-dilution, moitié post-dilution. D'autres équipent l'utilisent également pour d'éventuels remplissages vasculaires.

f. Surveillance

✓ Surveillance clinique

L'hypotension artérielle et l'hypothermie sont à craindre au décours de l'instauration. La pression artérielle et la température doivent donc être surveillées de façon très rapprochée. Par ailleurs, il est important de surveiller les différentes pressions visualisées sur la machine : pression d'entrée ($P_{\text{entrée}}$ entre -50 et -150 mmHg), pression de retour (P_{retour} entre +50 et +150 mmHg), pression transmembranaire (P_{tm} entre +50 et +100 mmHg).

Les pressions d'entrée dépendent du débit sanguin et de la taille du cathéter. En cas de dépression importante ($P_{\text{entrée}} < -150$ mmHg), après avoir éliminé une coudure des tubulures ou du cathéter, il est parfois nécessaire d'inverser les lignes d'entrée et de sortie. En cas d'échec, de débit sanguin doit être diminué.

Aussi, l'augmentation isolée de la P_{tm} suggère une obstruction des pores de la membrane, en général par les hématies. Il convient de diminuer le débit de réinjection et de préférer une épuration par diffusion. Si l'augmentation de la P_{tm} est durable, il faut envisager une restitution du sang et un changement de circuit avant que ne survienne la coagulation définitive du circuit.

✓ Surveillance paraclinique

Un bilan biologique doit être rapidement prescrit après l'instauration de l'EERC puis de façon rapprochée afin de rechercher les éventuelles complications hémorragiques et ioniques (bilan complet comprenant au moins un hémogramme, un gaz du sang, un ionogramme sanguin avec créatininémie, urée sanguine, calcémie, phosphorémie et magnésémie, et une héparinémie et/ou un taux d'ACT). Cette surveillance sera poursuivie pendant toute la durée d'HDF.

g. Complications

Une étude prospective pédiatrique a recensé 4 complications notables parmi 174 enfants en épuration extra-rénale continue : problèmes liés au cathéter veineux (7.4%), épisodes d'hypotension artérielle au branchement (41.3%) et pendant l'EERC (30.4%), hémorragies (10.3%) et troubles électrolytiques ³⁴.

✓ Complications liées aux cathéters

On retrouve principalement les saignements au moment de la pose du cathéter, les pneumothorax et les thromboses veineuses. Les complications à moyen terme sont les thromboses sur cathéter et les infections.

✓ Hypotension artérielle

Les épisodes d'hypotension surviennent fréquemment au moment de l'amorçage du fait d'une libération de bradykinine. Il convient d'augmenter progressivement le débit sanguin et de surveiller de façon rapprochée la pression artérielle. Parfois, il est nécessaire d'effectuer un remplissage vasculaire voire même d'introduire des amines. Après l'amorçage, une hypotension artérielle survient essentiellement en cas d'hypovolémie secondaire à un prélèvement patient trop important.

✓ Hémorragie

Plusieurs facteurs de risque contribuent aux saignements pendant une EERC :1) présence d'une coagulopathie avant l'instauration ; 2) apparition d'une thrombopénie pendant l'épuration ; 3) anticoagulation systémique à l'héparine.

La thrombopénie pendant l'EERC est une complication fréquente. Elle peut être due à une allergie à l'héparine (apparition retardée de plusieurs jours), à une coagulation intravasculaire disséminée (association à d'autres anomalies de l'hémostase), à une destruction ou une rétention de plaquettes dans l'hémofiltre (apparition précoce après l'instauration de l'EERC).

✓ Troubles hydro-électrolytiques

Les principaux troubles hydro-électrolytiques rencontrés sont l'hypokaliémie et l'hypophosphorémie. En effet, étant donné que l'hyperkaliémie et l'hyperphosphorémie sont fréquentes en cas d'IRA avant le branchement, certaines solutions de dialysat et de réinjection ne contiennent ni potassium, ni phosphore.

✓ Autres

On retient principalement les hypo ou hyperthermies du fait d'un apport massif de liquide plus ou moins réchauffé, et d'une circulation extra-corporelle exposée à la température ambiante.

h. Habitudes de service en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes

Une trentaine de patients ont eu une épuration extra-rénale continue entre janvier 2008 et décembre 2011 en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes, soit en moyenne 10 patients par an. L'épuration extra-rénale était effectuée avec la machine « Prisma » (Hospal) jusqu'à fin 2010 puis la machine « Prismaflex » (Hospal). Dans tous les cas, le mode choisi était le mode « CVVHDF » correspondant à l'hémodiafiltration. D'autre part, une seule technique d'anticoagulation était utilisée au moment de l'étude (héparine en continu), l'anticoagulation régionale au citrate a été instaurée l'année suivante en 2012.

Un protocole concernant l'hémodiafiltration en réanimation est diffusé sur Intranet et accessible 24 heures sur 24. Ce protocole s'adresse au personnel médical et paramédical de réanimation pédiatrique ayant en charge un enfant traité par épuration extra-rénale continue. Il contient des informations relatives aux accès vasculaires (site préférentiel, taille du cathéter selon le poids de l'enfant), au matériel utilisé (appareil, circuit, soluté de dialyse et de réinjection), à la mise en route (réglages des débits de la machine, anticoagulation) et à la surveillance (pression, taux d'ACT) (Annexe 3).

B. L'évaluation des pratiques professionnelles

I. Contexte

L'enjeu de l'évaluation des pratiques professionnelles (EPP) est de répondre aux exigences légitimes des patients. L'EPP s'inscrit dans une démarche globale d'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins. Cela consiste à analyser l'activité clinique d'un service de soins réalisée par rapport aux recommandations professionnelles disponibles, afin de mettre en œuvre un plan d'amélioration de son activité professionnelle et de la qualité des soins délivrés aux patients. Cette évaluation s'inscrit dans un cadre légal (loi HPST « Hôpital, patients, santé, territoires » n°2009-879 du 21 juillet 2009) avec l'obligation de développement professionnel continu (DPC) pour l'ensemble des professionnels de santé. Selon l'article 59 de cette loi, le DPC a pour objectifs « l'évaluation des pratiques

professionnelles, le perfectionnement des connaissances, l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins ainsi que la prise en compte des priorités de santé publique et de la maîtrise médicalisée des dépenses de santé ».

II. Méthodes utilisées

L'objectif de l'évaluation des pratiques professionnelles est l'amélioration de la qualité de la prise en charge des patients. L'EPP peut revêtir des modalités diverses : revue de mortalité-morbidité, suivi d'indicateurs, réunion de concertation pluridisciplinaire, chemin clinique, revue de pertinence,... Elle doit devenir de plus en plus intégrée à l'exercice clinique pour mettre en œuvre une analyse régulière des pratiques des équipes médico-soignantes.

Nous nous attarderons sur une des méthodes envisageable : le chemin clinique qui est la méthode utilisée dans notre étude. Centré autour du patient, le chemin clinique a pour but de décrire, pour une pathologie donnée, tous les éléments du processus de prise en charge en suivant le parcours du patient. Cette méthode vise à planifier, rationaliser et standardiser la prise en charge pluridisciplinaire de patients présentant un problème de santé comparable. Elle repose sur la description d'une prise en charge optimale et efficiente à partir des recommandations professionnelles. Le chemin clinique peut être utilisé dans un établissement de santé, dans un réseau de soins ou dans le cadre de l'exercice libéral lorsque les professionnels se coordonnent entre eux.

Cette méthode contribue à :

- réduire la variabilité non justifiée de la prise en charge ;
- s'approprier les recommandations professionnelles ;
- mettre en œuvre des protocoles validés de prise en charge des patients ;
- améliorer la continuité et la délivrance de soins de qualité aux patients ;
- améliorer la coordination et la communication entre les acteurs de cette prise en charge ;
- rationaliser les soins et la gestion des risques.

Les résultats attendus sont :

- la simplification des prises en charge pour les professionnels ;
- l'amélioration de l'efficacité des soins ;

- la clarification et la simplification de l'information donnée aux patients ;
- l'optimisation des ressources humaines et matérielles.

III. Evaluation des pratiques professionnelles concernant la prise en charge de l'insuffisance rénale aigue en réanimation (mai 2009)

Les sociétés savantes de réanimation et d'anesthésie françaises (OARLF, SRLF, CFAR, SFAR) ont rédigé un document en mai 2009 disponible sur le site de la SRLF (www.srlf.org) concernant la prise en charge de l'insuffisance rénale aigue en réanimation ⁵. Dans ce document, des critères étaient proposés afin d'évaluer et d'améliorer les pratiques concernant l'IRA en réanimation, chez l'adulte et l'enfant (Annexe 1).

MATERIELS ET METHODES

I. Type d'étude et critères d'inclusion

Il s'agit d'une étude observationnelle monocentrique rétrospective réalisée dans le service de réanimation pédiatrique au CHU de Nantes. Pour réaliser une analyse des données selon la démarche d'Evaluation des Pratiques Professionnelles (EPP) décrite ci-dessus, vingt dossiers devaient être disponibles (Figure 7).

Les critères d'inclusion étaient les enfants, âgés de 1 mois à 18 ans, hospitalisés en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes entre janvier 2008 et décembre 2011, ayant présenté une insuffisance rénale aigue nécessitant la mise en place d'une hémodiafiltration. La base de données informatique « Pedialog » mise en place depuis janvier 2008 en réanimation pédiatrique à Nantes nous a permis de sélectionner les dossiers ayant reçu le codage « hémodiafiltration ». Parmi ces patients, nous avons exclu ceux présentant une fonction rénale conservée à l'instauration de l'HDF, une insuffisance rénale chronique terminale connue, une durée d'HDF inférieure à 6 heures ou les patients transférés d'un autre centre hospitalier dans lequel l'hémodiafiltration avait déjà été instaurée. L'IRA était définie par une augmentation de la créatinémie supérieure à 2 fois la valeur de référence (stade « I » de la classification RIFLE ou stade AKIN 2). En cas d'absence de valeur antérieure, nous nous sommes basés sur les normes du laboratoire (en fonction de l'âge et du sexe de l'enfant).

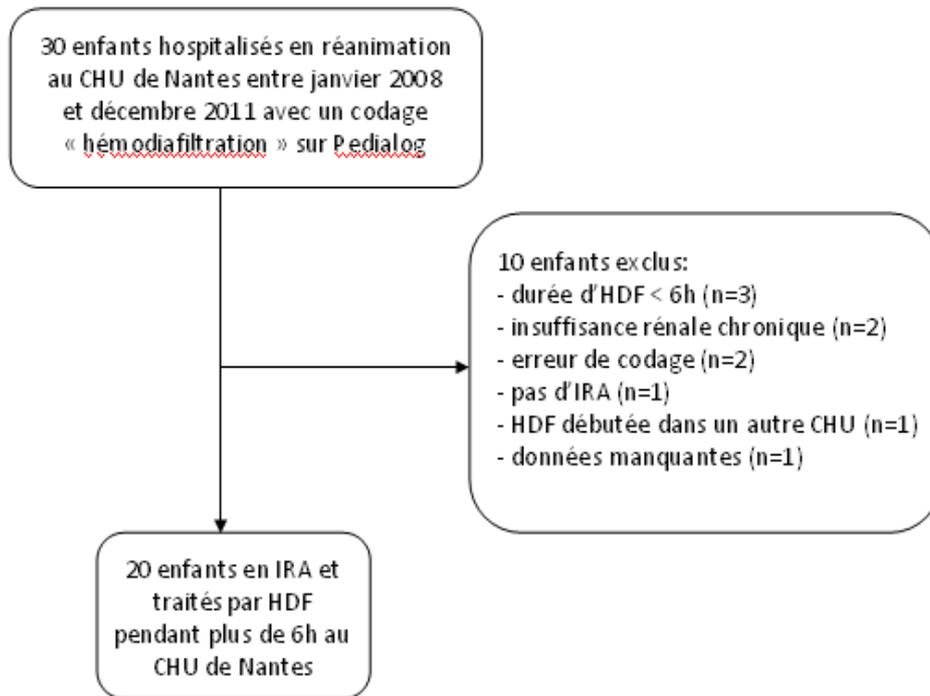


Figure 7 : Stratégie de recueil des patients

II. Extraction et recueil des données

Le CHU de Nantes est doté d'un dossier patient confidentiel informatisé (logiciel Clinicom) soumis au contrôle de la CNIL (Comité Nationale de l'Informatique et des Libertés). Ce dossier médical informatisé contient une partie des informations présentes dans le dossier médical papier (dossiers administratif, bilan biologique, imagerie, compte-rendus d'hospitalisation, dossier transfusionnel, codage PMSI). L'accessibilité aux données est immédiate et permanente, favorisant ainsi le partage de l'information et la communication entre les différentes équipes de soins du CHU. Par ailleurs, les données biologiques pour chaque patient sont conservées et exhaustives depuis 2005.

Le logiciel « Pedialog », utilisé depuis janvier 2006 en réanimation pédiatrique et néonatale au CHU de Nantes, remplace le dossier papier du patient. Il réunit les observations médicales du patient lors de son hospitalisation dans le service (motif d'admission, histoire de la maladie, évolution...). Il est utilisé également pour le codage PMSI (Programme de médicalisation des systèmes d'information).

Pour chaque patient, les cliniques et biologiques ont été recueillies de façon rétrospective pour chaque patient à partir de ces deux logiciels ; ces données ont été complétées par le

dossier papier du patient comportant les prescriptions journalières, les feuilles de surveillance infirmière et les pancartes de suivi.

Les différents paramètres collectés sont indiqués ci-dessous.

Caractéristiques du patient

- Age, sexe, poids, évaluation du poids sec, surface corporelle, état à la sortie (vivant ou mort), motif d'hospitalisation en réanimation, scores de gravité PIM2 et PELODS avant l'instauration de la HDF

Période précédant la mise en HDF (24H précédant l'HDF)

- Utilisation de diurétiques, médicaments néphrotoxiques ou de produits de contraste radiologique, Dosage sanguin des taux sériques des antibiotiques néphrotoxiques
- Etat hémodynamique : diurèse, tension artérielle, traitement par amines vaso-actives et/ou remplissage vasculaire, surveillance des PVC et POG
- Etat hydro-électrolytique : bilan entrée-sortie, signes d'hypervolémie, valeurs de différents paramètres biologiques (natrémie, kaliémie, phosphorémie, pH, bicarbonate, chlorémie, urémie, créatininémie, calcémie, protidémie, lactatémie)
- Prescription apports hydro-électrolytiques le jour de la mise en HDF

Instauration de la HDF

- Indication de l'épuration extra-rénale, accessibilité de la machine, délai entre l'IRA et la HDF, délai entre la date d'entrée en réanimation et la mise en HDF, branchement en urgence, durée de l'HDF, prescription écrite de l'HDF
- Localisation du cathéter, taille de membrane, type de branchement (isovolémique?)
- Valeurs maximales et minimales des paramètres de HDF les 24 premières heures (débit sanguin, débit de dialyse, débit de réinjection, débit prélèvement patient)
- Anticoagulation initiale, surveillance des taux d'ACT, objectifs d'ACT prescrits
- Valeurs de différents paramètres biologiques après 24h de HDF (natrémie, kaliémie, phosphorémie, pH, bicarbonate, chlorémie, urémie, créatininémie, calcémie, protidémie, lactatémie)
- Coagulation prématurée des filtres, nombre de filtres utilisés, hémorragie, déglobulisation, nombre de culots globulaires transfusés
- Episodes d'hypo/hyperthermie pendant la HDF, nombre de prise de température

III. Définitions retenues pour le recueil de données

Les définitions retenues étaient celles proposées par l'OARLF, ayant été modifiées afin de s'adapter aux pratiques du service.

✓ Surcharge hydro-sodée

Les signes de surcharge hydro-sodée comprenaient des signes cliniques (œdèmes et/ou hépatomégalie si rapportés dans le dossier, prise de poids, bilan entrée-sortie positif, augmentation des besoins en oxygène) et des signes biologiques (diminution de la natrémie de plus de 5 mmol/L en 24 heures). La surcharge hydro-sodée ou « Fluid Overload » était calculée par la formule suivante :

Surcharge hydro-sodée (%) = (bilan entrées-sorties au cours des 24 heures avant épuration/poids à l'admission) x 100

✓ Hypotension artérielle

L'hypotension artérielle était définie par une valeur de pression artérielle moyenne (PAM) inférieure à une valeur seuil définie en fonction de l'âge de l'enfant (Tableau 8).

Age	Nouveau-né	0-1 mois	1-12 mois	1-5 ans	5-10 ans	> 10 ans
PAM (mmHg)	< 40	< 45	< 50	< 55	< 60	< 65

Tableau 8 : Limites inférieures de pression artérielle moyenne en fonction de l'âge³⁵.

✓ Evaluation hémodynamique

L'état hémodynamique de l'enfant était considéré comme évalué si les pressions de l'oreillette gauche (POG) (en cas de cathéter de POG) et/ou les pressions veineuses centrales (PVC) (en cas de cathéter veineux central) étaient reportées sur la feuille de surveillance infirmière dans les 6 heures précédant la mise en HDF. En cas d'absence de cathéter de POG ou de cathéter veineux central, l'item était coté « NE » (non évaluable).

- ✓ Branchement en urgence

L'épuration extra-rénale était considérée comme « urgente » en cas d'hyperkaliémie > 6 mmol/L, d'hyponatrémie < 120 mmol/L ou d'œdème aigue pulmonaire.

- ✓ Patient à risque hémorragique

Un patient était considéré « à risque hémorragique » lorsqu'il avait une thrombopénie < 50 000/mm³ et/ou des saignements extériorisés.

IV. Démarche d'EPP selon les critères établis

Pour chaque critère établi par le formulaire d'EPP, le nombre de patients concernés était rapporté ainsi que le nombre de patients remplissant le critère, permettant ainsi de calculer le pourcentage de validation du critère donné (Tableau 9).

	Critères d'évaluation	Nombre de patients concernés	Nombre de patients remplissant les critères	% de validation
1	Des critères consensuels de diagnostic d'IRA sont définis par l'équipe et font l'objet d'un document accessible à tous.			
2	Une méthode de suppléance rénale est accessible 24h sur 24 (7 jours sur 7), avec un personnel formé, et des moyens adéquats.			
3	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient.			
4	Il existe une procédure écrite standardisée d'anticoagulation systémique pour l'épuration extra-rénale des patients n'ayant pas d'autre indication d'anticoagulation et n'ayant pas d'anomalies de la coagulation.			
5	Chez un patient présentant un risque hémorragique, au moins une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est maîtrisée par l'équipe médicale et soignante.			
6	Il existe une prévention de l'hypovolémie basée sur l'évaluation de la PVC et/ou de la POG, en cas de cathéter veineux central et/ou de cathéter de POG			
7	Les épisodes d'hypotension artérielle font l'objet d'une évaluation hémodynamique et sont rapidement corrigés.			
8	Les médicaments diminuant la pression de filtration glomérulaire tels que les AINS, les IEC ou les ARA-II sont arrêtés en cas d'IRA.			
9	Chez les patients ayant une IRA, les antibiotiques néphrotoxiques font l'objet d'une surveillance des taux sériques.			
10	Chez les patients ayant une IRA, les produits de contraste radiologiques ne sont utilisés qu'en absence d'alternative diagnostique ou thérapeutique.			
11	Si l'utilisation de produits de contraste radiologique est indispensable, une prévention de l'aggravation de l'IRA est réalisée selon un protocole prédéfinis.			
12	Les diurétiques ne sont pas utilisés avant une optimisation de la volémie et de l'hydratation.			

13	Les diurétiques sont interrompus en cas de réponse (diurèse) insuffisante.			
14	Chez un patient présentant une IRA et hospitalisé en réanimation depuis plus de 24h, l'épuration extra-rénale est débutée avant la survenue d'une complication (hyperkaliémie > 5 mmol/l, hyponatrémie < 120 mmol/l ou OAP).			
15	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient avec des objectifs de dose d'épuration.			
16	Au début de l'épuration extra-rénale, le circuit extracorporel est connecté de manière isovolémique au patient (branchement simultané des lignes d'extraction et de retour du sang, circuit prérempli).			
17	Chez un patient instable sur le plan hémodynamique (hypotension artérielle dans les 6h précédentes), l'EER est débutée sans prescription de perte de poids.			
18	Le "tampon" acétate n'est pas utilisé dans les solutions d'EER.			
19	La coagulation prématurée d'un circuit (avant un arrêt programmé) est signalée sur la feuille de surveillance.			
20	Chez un patient présentant un risque hémorragique, une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est utilisée (citrate).			
21	Chez un patient présentant une pathologie associée nécessitant une anticoagulation systémique, les objectifs d'anticoagulation dictés par cette pathologie sont respectés lors de l'EER.			

Tableau 9 : Validation des différents critères d'EPP

V. Analyses statistiques

Les différentes données quantitatives des 20 patients étaient exprimées par les médianes et les valeurs extrêmes. Pour la comparaison de groupes, nous avons utilisé un test statistique non apparié non paramétrique (Mann-Whitney). En cas de différence significative ($p < 0.05$), nous avons réalisé une analyse multivariée pour éliminer les facteurs confondants. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel PASW® statistics 18.

RESULTATS

A. Caractéristiques générales des patients

Les caractéristiques des 20 patients inclus sont indiquées dans le tableau 10.

Total (n)	20
Sexe ratio (%)	50
Age (mois)*	29 (0-199)
Poids (kg)*	12 (2.7-78)
Pathologies (n=20)	
SHU (n)	7
chirurgie cardiaque (n)	5
infection (n)	5
maladie hématologique (n)	2
Insuffisance cardiaque (n)	1
Durée d'HDF (h)*	77 (12-447)
Délai entre hospitalisation et HDF (j)*	2 (0-20)
Index PIM2 (%)*‡	15.6 (1.2-54)
Score PELOD*‡	22 (10-40)
Décès au cours de l'hospitalisation (n)	10

Tableau 10 : Caractéristiques des 20 patients inclus dans notre étude.

* Ces différentes variables sont exprimées par la médiane et les valeurs extrêmes

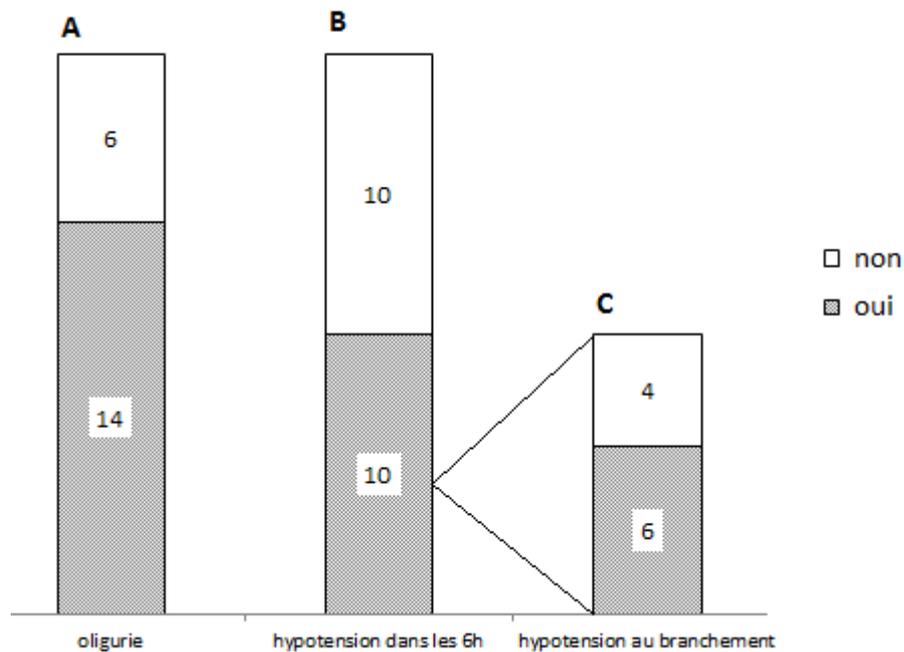
‡ Les scores PIM2 et PELOD sont des scores de gravité utilisés en réanimation pédiatrique. PIM2 estime le risque de mortalité de l'enfant ³⁶, et le score PELOD estime la sévérité des défaillances d'organes ³⁷.

B. Prise en charge de l'IRA avant l'HDF

I. Etat hémodynamique

Parmi les 20 patients étudiés, 14 étaient oligo-anuriques, et 10 étaient hypotendus dans les 6 heures précédant la mise en HDF. Tous ces épisodes d'hypotension ont été suivis d'un

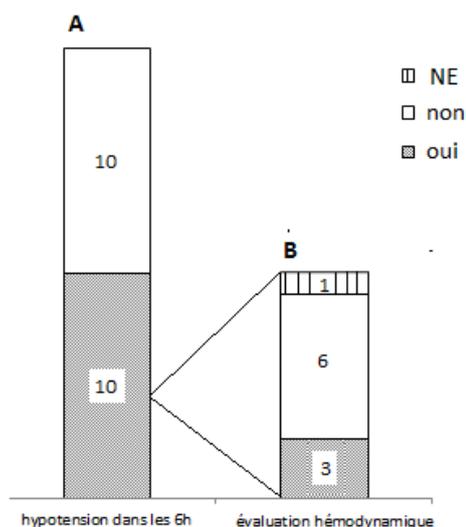
remplissage vasculaire et/ou d'une majoration des amines vaso-actives. Malgré cela, 6 patients sur les 10 étaient hypotendus au moment du branchement de l'EERC (graphique 1).



Graphique 1 : Etat hémodynamique des 20 patients.

Les graphiques A et B représentent le nombre de patients oliguriques (A) et hypotendus dans les 6h précédant le branchement (B). Parmi les patients hypotendus dans les 6 heures, le nombre de patients toujours hypotendus au branchement est représenté (C).

Sur les 10 patients hypotendus dans les 6 heures précédant le branchement, 3 ont eu une évaluation hémodynamique, 6 n'ont pas été évalués et 1 seul n'avait pas de cathéter de POG ni de cathéter veineux central permettant de mesurer une PVC (graphique 2). Parmi les 3 patients évalués, 1 seul avait une pression artérielle normale au branchement.



Graphique 2 : Evaluation de l'état hémodynamique des patients à l'aide des mesures de la pression veineuse centrale (PVC) et/ou pression de l'oreillette G (POG).

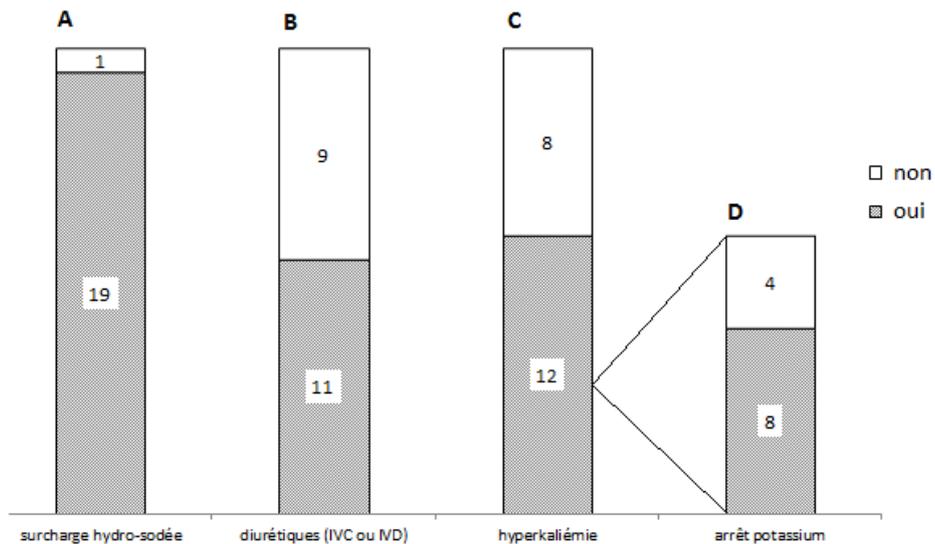
Le graphique B représente le nombre de patients pour qui une évaluation hémodynamique a pu être effectuée selon la définition retenue, parmi les patients hypotendus (A).

NE = Non Evaluable, correspond aux patients n'ayant pas de cathéters permettant de mesurer la PVC et/ou la POG.

II. Apports hydro-électrolytiques et diurétiques avant HDF

Une surcharge hydro-sodée était rapportée pour 19 patients (Graphique 3); parmi eux, le pourcentage de surcharge hydro-sodée a pu être calculé chez 14 enfants (médiane 6.3%, extrêmes 1.1-25.7). Pour les autres, l'absence de bilan entrée-sortie dans les heures précédant la mise en HDJ ne nous permettait pas selon notre définition de calculer la surcharge. Les apports parentéraux hydriques prescrits le jour de la mise en œuvre de l' HDF (hors médicaments) étaient de 45 ml/kg/j (extrêmes, 9-160).

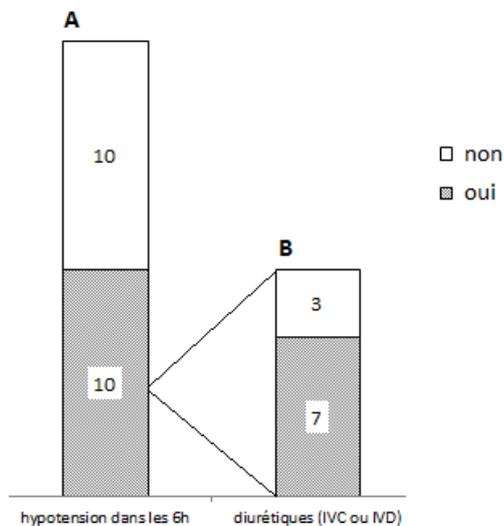
Parmi les 12 patients présentant une hyperkaliémie > 5 mmol/L dans les 24 heures précédant la mise en HDF, l'apport parentéral de potassium a été arrêté chez 8 enfants (Graphique 3). Le taux plasmatique de phosphore a été dosé chez 5 patients et était élevé dans tous les cas (figure 8).



Graphique 3: Équilibre hydro-électrolytiques des 20 patients.

La répartition des patients présentant une surcharge hydro-sodée (A), une hyperkaliémie (C), et ceux ayant reçu des diurétiques (B) avant l'instauration de l'HDF est représentée.

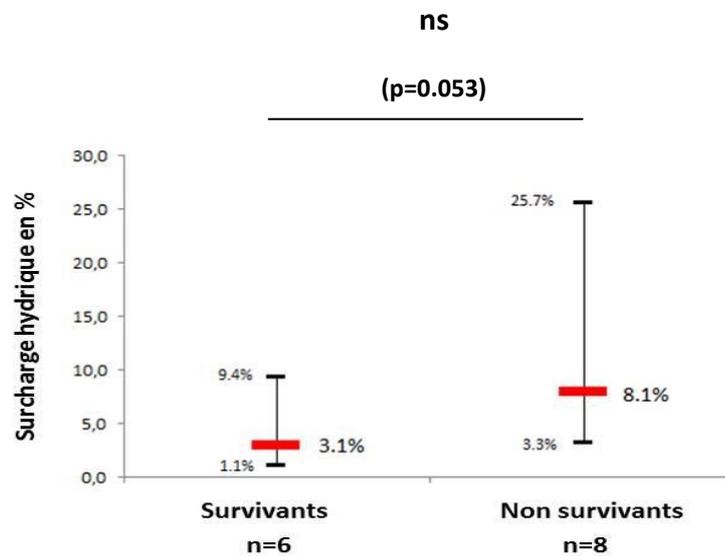
Le graphique D représente la répartition des patients pour lesquels les apports de potassium avaient été arrêtés avant le branchement de l'EERC parmi ceux ayant une hyperkaliémie.



Graphique 4 : Utilisation des diurétiques et volémie

11 patients ont été traités par diurétiques dans les 6 heures avant l'HDF (Graphique 3) ; parmi les patients hypotendus, 7 ont reçu des diurétiques (Graphique 4).

Parmi les 14 enfants pour qui le pourcentage de surcharge hydro-sodée a pu être calculé, nous observons un pourcentage plus important chez les non-survivants (médiane 8.1% ; extrêmes 3.3-25.7) versus les survivants (médiane 3.1% ; extrêmes 1.1-9.4), avec une différence non significative ($p=0.053$) (graphique 5).



Graphique 5 : Relation entre la surcharge hydrique avant l'instauration de l'HDF et la mortalité.

La médiane et les valeurs extrêmes de surcharge hydrique sont représentées dans ce graphique. Une comparaison entre les groupes « survivants » et « non-survivants » a été réalisée à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney ($ns = non\ significatif ; p=0.053$)

III. Médicaments néphrotoxiques

Aucun patient n'a reçu de médicaments diminuant la pression de filtration glomérulaire (IEC, ARA-II et AINS). Tous les patients traités par vancomycine et/ou aminoside avant la mise en HDF ont eu une surveillance régulière des dosages médicamenteux sanguins sans surdosage retrouvé ($n=5$).

C. Hémodiafiltration

I. Instauration de l'HDF

Le délai entre l'arrivée en réanimation et la mise en route de l'HDF était de 2 jours (extrêmes, 0-20). Le délai entre la découverte de l'IRA et la mise en HDF était de 28 heures (extrêmes, 1-288), avec une machine de dialyse disponible dans tous les cas. La valeur de la créatininémie au branchement était de 218 $\mu\text{mol/L}$ (extrêmes, 93-510). Sept patients ont présenté une complication nécessitant une épuration extra-rénale en urgence (6 hyperkaliémies > 6mmol/L, 1 œdème aigue pulmonaire). Parmi eux, 3 étaient déjà hospitalisés en réanimation depuis plus de 24 heures avant l'apparition d'une de ces complications (2 hyperkaliémies et 1 OAP) et les 2 patients avec une hyperkaliémie sévère recevaient toujours des apports de potassium par voie parentérale.

Près de 2/3 des patients étaient dialysés sur un cathéter placé dans une veine fémorale (13 patients), 2 avaient un cathéter jugulaire interne, 1 un cathéter transthoracique et 4 patients étaient dialysés à partir d'une circulation extra-corporelle (ECMO). Le branchement était fait de façon isovolémique avec des tampons ne contenant pas d'acétate dans tous les cas.

Délai entre IRA et branchement HDF (h)*	28 (1-288)
Créatininémie au branchement ($\mu\text{mol/L}$)*	218 (93-510)
Branchement en urgence (n)	7
Localisation du cathéter	
fémoral (n)	13
jugulaire (n)	2
ECMO (n)	4
transthoracique (n)	1

**ces variables sont exprimées par la médiane et les valeurs extrêmes*

Tableau 11 : Caractéristiques des 20 patients au moment du branchement de l'HDF

Parmi les 20 dossiers examinés, la prescription initiale écrite de l'HDF (type de soluté de dialyse et dose d'anticoagulation) a été retrouvée pour 17 patients. Aussi, 13 dossiers comportaient une prescription écrite quotidienne (type de soluté de dialyse et dose d'anticoagulation) pendant toute la durée de l'HDF. Une anticoagulation initiale par héparine a été instaurée sur le circuit d'hémodiafiltration pour 13 patients, avec un protocole

d'anticoagulation écrit disponible sur informatique pour tous les patients. Pour les 7 autres, une anticoagulation systémique était prescrite pour une autre indication (5 patients sous ECMO et 2 avec une valve mécanique).

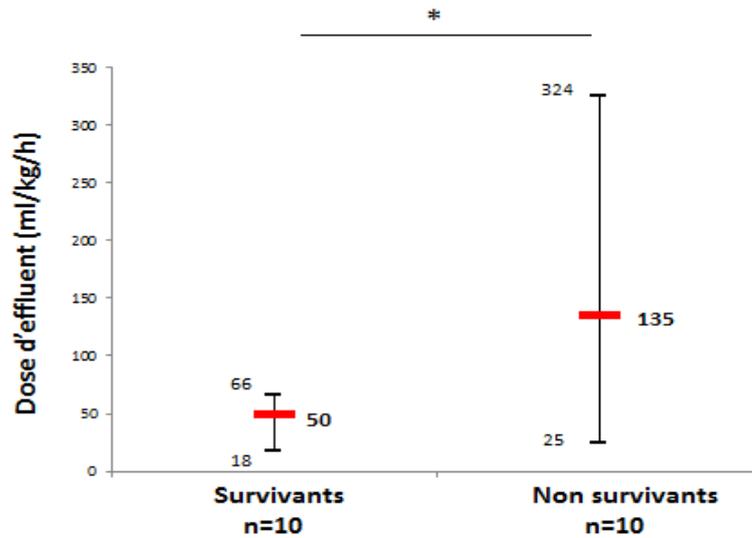
Les valeurs maximales et minimales des paramètres de dialyse prescrites au cours des 24 premières heures d'HDF sont notées dans le tableau 12.

	Min	Max
Débit sanguin (ml/min)	50 (15-100)	63 (30-120)
Débit sanguin (ml/kg/min)	4.3 (0.8-20.3)	5.7 (1.3-37)
Débit de dialyse (ml/h)	400 (0-1000)	500 (200-2500)
Débit de réinjection (ml/h)	200 (0-500)	250 (100-540)
Débit prélèvement patient (ml/h)	10 (0-50)	50 (10-240)
Débit prélèvement patient (ml/kg/h)	1 (0-2)	5 (1-12)
Dose d'effluent (ml/kg/h)	46 (0-215)	59 (18-324*)
Dose d'effluent (l/h/1.73m ²)	1.7 (0-5.7)	2.5 (1.2-9.9)

* 6 patients ont des doses d'effluent > 100 ml/kg/h

Tableau 12 : Valeurs maximales et minimales des paramètres d'HDF prescrits au cours des 24 premières heures (médiane et valeurs extrêmes).

Pour rappel, la dose d'effluent correspond à la somme du débit de réinjection, du débit de dialyse et du débit prélèvement. La dose d'effluent maximale prescrite en ml/kg/h au cours des 24 premières heures est significativement plus importante dans le groupe « non survivants » versus le groupe « survivants » (p=0.01) (graphique 6). Aussi, après une analyse multivariée regroupant les scores de gravité (PELOD et PIM2), le poids et l'âge, on constate que la dose d'effluent est indépendamment associée à la mortalité dans notre cohorte.



Graphique 6 : Relation entre la dose d'effluent et la mortalité chez les enfants en HDF.

La médiane et les valeurs extrêmes de la dose d'effluent sont représentées dans ce graphique. Une comparaison entre les groupes « survivant » et le groupe « non-survivant » a été réalisée à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney ($p = 0.01$)

II. Utilisation des diurétiques après l'instauration de l'HDF

Parmi les 11 patients traités par diurétiques avant l'instauration de l'HDF, 5 recevaient toujours ce traitement 24 heures après.

III. Efficacité de l'HDF

Les différentes valeurs biologiques mesurées avant et 24 heures après l'instauration de l'HDF sont indiquées dans le tableau 13.

Taux plasmatiques	T0	Après 24h d'HDF
Créatinine (µmol/L)	218 (93-510)	112 (12-230)
Urée (mmol/L)	23 (8.5-45.3)	10 (1.7-23.6)
Potassium (mmol/L)	5.1 (3.2-7.4)	4.4 (3.6-5.4)
Sodium (mmol/L)	138 (122-157)	136 (125-141)
pH	7.24 (6.86-7.43)	7.33 (7.03-7.42)
Bicarbonate (mmol/L)	18 (5.5-33.4)	24.9 (11.6-31.5)
Phosphore (mmol/L) *	2.04 (1.42-2.66)	1.04 (0.73-1.53)
Protides (g/L)	55 (35-73)	52 (37-73)
Lactate (mmol/L)	2.5 (0.5-18.9)	2 (1-14.3)
Calcium ionisée (mmol/L)	1.16 (0.69-1.62)	1.23 (0.91-1.47)
Chlore (mmol/L)	99 (86-115)	102 (93-112)

* la phosphorémie était dosée pour 5 patients à T0 et pour 9 patients après 24 h d'HDF. Pour les autres paramètres, un dosage a été réalisé à T0 et après 24 h d'HDF pour les 20 patients

Tableau 13 : Evolution des différents paramètres biologiques après 24 heures d'HDF (médiane et valeurs extrêmes).

Tous les patients avaient un poids de référence inscrit sur la pancarte lors de la prescription initiale d'HDF mais seulement 8 avaient été pesés au moins 1 fois pendant toute la durée d'HDF. Enfin, le poids sec a été évalué et noté chez 1 seul patient.

IV. Complications

1. Hémorragie/coagulation prématurée des filtres

Cinq patients ont présenté des complications hémorragiques comme définies précédemment pendant l'HDF. Le taux d'hémoglobine était de 9.5 g/dL (extrêmes, 5.7-16.1) avant l'instauration l'HDF et de 9.9 g/dL (extrêmes, 5.7-14.5) après 24 heures d'HDF. Le nombre de culots globulaires transfusés pendant la durée d'HDF était de 2 par patient (extrêmes, 0-10). 18 patients ont eu une surveillance d'ACT dont l'objectif à atteindre était prescrit pour 12 d'entre eux. Deux filtres étaient utilisés par personne pendant l'HFD et la durée de vie du premier filtre utilisé était de 23 heures (extrêmes, 3-116). Par ailleurs, parmi

les 7 patients ayant nécessité une anticoagulation systémique pour une autre raison que l'épuration extra-rénale, les objectifs de coagulation ont été respectés dans tous les cas.

2. Hypo/hyperthermie

La surveillance de la température était régulière chez tous les patients avec 9 prises de température par patient et par jour. Parmi les 20 patients, 9 ont présenté au moins 1 épisode d'hypothermie et 3 ont présenté au moins 1 pic fébrile > 38°C pendant la durée de l'HDF.

3. Troubles hydro-électrolytiques

Aucun patient n'a présenté d'hypokaliémie 24 heures après l'instauration de l'HDF. Aucune complication n'a été rapportée concernant la natrémie. En revanche, le dosage de la phosphorémie 24 heures après la mise en HDF a été mesuré chez 9 patients, dont 5 avaient aussi eu un dosage avant l'instauration. Parmi eux, une hypophosphorémie (0.73 mmol/L) a été rapportée 24 heures après le début de l'épuration extra-rénale (Figure 8).

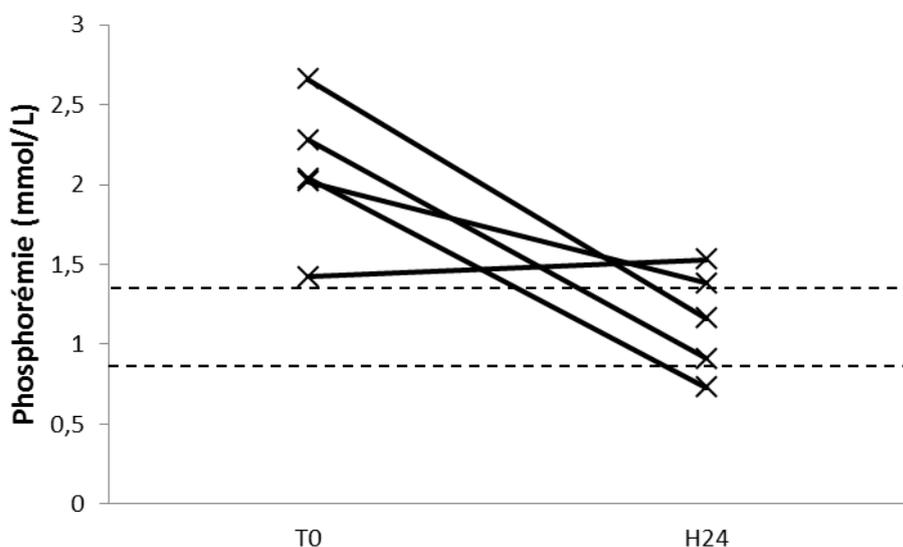


Figure 8 : Evolution de la phosphorémie chez 5 patients après 24 heures d'HDF.

La zone délimitée par les 2 traits en pointillé correspond aux valeurs normales de la phosphorémie (entre 0.8 et 1.3 mmol/L)

D. Evaluation des pratiques

Parmi les critères proposés par la démarche EPP, 3 critères sur 21 étaient non évaluables (14%) dans notre population en raison de l'absence d'administration de médicaments néphrotoxiques ou produits de contraste radiologiques.

Concernant les autres critères, 6 étaient validés (29%) et 12 n'étaient pas validés (57%) (Figure 9).

Pour le critère 1, la définition de l'IRA est clairement établie dans l'ouvrage de J. Lacroix « Urgences et Soins Intensifs Pédiatriques » 2012 (2ème édition) ⁶. Nous aurions pu estimer que ce critère était validé à 100% étant donné que le praticien peut avoir accès à cette référence, sous forme de livre disponible en permanence dans le service. Néanmoins, il est précisé dans le tableau des critères d'EPP que le diagnostic d'IRA doit être défini de manière *consensuelle* par l'équipe ; ainsi nous pensons que la seule présence de l'ouvrage dans le service ne suffit pas à valider ce critère.

Une difficulté à évaluer le critère 7 était notée : en effet, la formulation concernant la prise en charge des épisodes d'hypotension artérielle nous incitait à répondre à 2 critères à la fois, l'évaluation hémodynamique et la correction rapide. Ainsi 1 seul patient pouvait remplir ces critères (cf graphique 2). Par ailleurs, l'item 12 concernant l'utilisation des diurétiques prêtait également à confusion en raison de la présence de 2 items dans la même phrase. Nous avons considéré que les 10 patients hypotendus n'avaient une volémie suffisamment optimisée pour permettre l'utilisation de diurétique. Ainsi on peut valider ce critère pour seulement 3 patients n'ayant pas reçu de diurétique.

	Critères d'évaluation	Nombre de patients concernés	Nombre de patients remplissant les critères	% de validation
1	Des critères consensuels de diagnostic d'IRA sont définis par l'équipe et font l'objet d'un document accessible à tous.	20	0	0%
2	Une méthode de suppléance rénale est accessible 24h sur 24 (7 jours sur 7), avec un personnel formé, et des moyens adéquats.	20	20	100%
3	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient.	20	13	65%
4	Il existe une procédure écrite standardisée d'anticoagulation systémique pour l'épuration extra-rénale des patients n'ayant pas d'autre indication d'anticoagulation et n'ayant pas d'anomalies de la coagulation.	20	20	100%
5	Chez un patient présentant un risque hémorragique, au moins une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est maîtrisée par l'équipe médicale et soignante.	10	0	0%

6	Il existe une prévention de l'hypovolémie basée sur l'évaluation de la PVC et/ou de la POG, en cas de cathéter veineux central et/ou de cathéter de POG	15	7	47%
7	Les épisodes d'hypotension artérielle font l'objet d'une évaluation hémodynamique et sont rapidement corrigés.	10	1	1%
8	Les médicaments diminuant la pression de filtration glomérulaire tels que les AINS, les IEC ou les ARA-II sont arrêtés en cas d'IRA.	0	X	NE
9	Chez les patients ayant une IRA, les antibiotiques néphrotoxiques font l'objet d'une surveillance des taux sériques.	4	4	100%
10	Chez les patients ayant une IRA, les produits de contraste radiologiques ne sont utilisés qu'en absence d'alternative diagnostique ou thérapeutique.	0	X	NE
11	Si l'utilisation de produits de contraste radiologique est indispensable, une prévention de l'aggravation de l'IRA est réalisée selon un protocole prédéfinis.	0	X	NE
12	Les diurétiques ne sont pas utilisés avant une optimisation de la volémie et de l'hydratation.	10	3	30%
13	Les diurétiques sont interrompus en cas de réponse (diurèse) insuffisante.	11	5	45%
14	Chez un patient présentant une IRA et hospitalisé en réanimation depuis plus de 24h, l'épuration extra-rénale est débutée avant la survenue d'une complication (hyperkaliémie > 5 mmol/l, hyponatrémie < 120 mmol/l ou OAP).	14	11	79%
15	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient avec des objectifs de dose d'épuration.	20	0	0%
16	Au début de l'épuration extra-rénale, le circuit extra-corporel est connecté de manière isovolémique au patient (branchement simultané des lignes d'extraction et de retour du sang, circuit prérempli).	20	20	100%
17	Chez un patient instable sur le plan hémodynamique (hypotension artérielle dans les 6h précédentes), l'EER est débutée sans prescription de perte de poids.*	10	9	90%
18	Le "tampon" acétate n'est pas utilisé dans les solutions d'EER.	20	20	100%
19	La coagulation prématurée d'un circuit (avant un arrêt programmé) est signalée sur la feuille de surveillance.	16	6	38%
20	Chez un patient présentant un risque hémorragique, une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est utilisée (citrates).	10	0	0%
21	Chez un patient présentant une pathologie associée nécessitant une anticoagulation systémique, les objectifs d'anticoagulation dictés par cette pathologie sont respectés lors de l'EER.	7	7	100%

NE : critère Non Evaluable

* pour rappel, une prescription de perte de poids signifie que le prélèvement patient prescrit est supérieur aux apports reçus.

Tableau 14: Evaluation des pratiques selon 21 critères (établis d'après les critères d'Evaluation des Pratiques Professionnelles de mai 2009) ⁵.

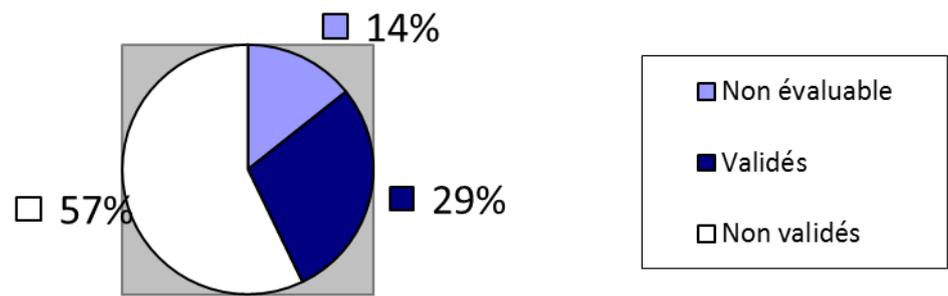


Figure 9 : Pourcentage de validation des 21 critères dans notre cohorte

DISCUSSION

Les techniques d'épuration extrarénale en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes sont la dialyse péritonéale et l'hémodiafiltration veino-veineuse continue. Cette dernière a été instaurée dans le service en 2000 (Prisma puis Prismaflex en octobre 2011) ; elle est désormais maîtrisée par l'équipe et permet de prendre en charge rapidement une IRA compliquée de surcharge hydro-sodée et/ou de troubles ioniques. Elle comporte néanmoins des risques qui doivent être appréhendés du mieux possible ³⁴. L'objectif de notre travail était de réaliser à partir des dossiers de 20 patients une démarche d'évaluation des pratiques professionnelles selon des critères pré définis. En premier lieu, nous discuterons les résultats de cette démarche et en cas de critère non validé, nous proposerons des moyens d'amélioration envisageables. Dans un second temps, nous analyserons les résultats issus de l'analyse rétrospective de cette cohorte, indépendamment de la démarche initiale d'EPP.

A. Evaluation des pratiques selon les critères préétablis de l'EPP

D'après l'analyse des 20 dossiers, la prise en charge de ces patients en IRA ayant eu une HDF en réanimation au CHU de Nantes n'a pas été complètement optimale. En effet, seuls 6 critères parmi les 18 évaluables étaient validés. Cependant, il convient de rappeler que 3 critères n'étaient pas évaluables dans notre cohorte, et que parmi les critères non validés, nous verrons que pour certains, la validation était difficile obtenir sur la période d'évaluation.

I. Critères non évaluables

Aucun patient n'a reçu de médicaments diminuant la pression de filtration glomérulaire tels que les AINS, IEC et ARA-II (critère 8). Ce critère est intéressant à prendre en compte chez les adultes mais est peu applicable en pédiatrie. En effet, ces traitements largement prescrits en médecine adulte pour les maladies cardio-vasculaires, le sont beaucoup moins en pédiatrie ³⁸.

De la même façon, aucun examen radiologique avec injection de produit de contraste n'a été réalisé parmi les 20 patients (critères 10 et 11). Cependant le risque de néphropathie induite par les produits de contraste dans les 3 jours suivant leur administration est réel et

doit faire l'objet d'une prévention chez ces patients (limitation de l'utilisation concomitante de néphrotoxiques et restauration de la volémie)³⁹. Pour les patients avec facteur de risque connu (maladie rénale chronique, hypovolémie, traitement diurétique), un remplissage de 3 ml/kg par du bicarbonate isotonique 14‰ ou sérum physiologique peut être effectué dans l'heure précédant puis 1 ml/kg/h pendant 6 heures après l'injection. D'autre part, l'administration de N-acétyl-cystéine 24 heures avant et 24 heures après la procédure est recommandée par certaines équipes mais reste controversée³⁹.

II. Critères validés

Les critères 2, 4, 9, 16, 18 et 21 ont été validés pour tous les patients concernés par ces items. Ainsi, dans notre cohorte, aucun problème d'accessibilité de la machine de dialyse n'a été rencontré (critère 2). En l'absence d'une astreinte de néphrologie pédiatrique dédiée à la dialyse aigue, la réanimation pédiatrique a une mission de recours pour la prise en charge régionale de l'épuration extra rénale aigue ; ainsi 2 Prismaflex sont disponibles en permanence dans le service. De la même façon, afin d'harmoniser et de sécuriser les pratiques, un protocole écrit était disponible dans le service pour la mise en route de l'HDF et pour le processus d'anticoagulation par héparine, avec une gestion adaptée de l'anticoagulation en cas d'indication autre que l'épuration extra-rénale (critère 4 et 21). Ce dernier critère a toute son importance en pédiatrie puisque près de 20% des IRA rapportées dans les cohortes sont liées aux complications de la chirurgie cardiaque dans lesquelles une adaptation fine de l'héparinothérapie systémique doit être réalisée^{1, 40, 41}.

Enfin, la surveillance des antibiotiques néphrotoxiques étaient adaptée (critère 9) ; de nombreuses références sont disponibles pour aider le praticien dans l'adaptation des traitements indispensables afin d'éviter le surdosage toxique, mais également le sous dosage conduisant à une efficacité partielle du traitement prescrit^{6, 42, 43}.

Enfin, le branchement était toujours effectué de façon isovolémique (critère 16). En pédiatrie, le volume extracorporel du circuit d'épuration extrarénale peut parfois approcher 5 % du poids du patient. Un branchement dit « non simultané » pourrait donc conduire à des accidents d'hypotension sévère. Enfin, le critère concernant l'utilisation d'acétate était validé puisque les poches utilisées pour l'HDF (Hémosol B0 ou Phoxilium) ne contiennent pas de tampon acétate (critère 18), conformément aux recommandations établies²⁷.

III. Critères non validés

1. Absence de définition précise de l'IRA

Cette évaluation nous a permis tout d'abord de souligner l'absence de définition consensuelle d'insuffisance rénale aiguë (critère 1). Cependant, la définition de l'IRA est longtemps restée controversée dans la littérature avec de nombreuses définitions proposées. Il a fallu attendre 2004 et la classification adulte RIFLE proposée par le groupe ADQI (*Acute Dialysis Quality Initiative group*) pour standardiser la définition d'IRA ⁹, en montrant qu'un stade d'insuffisance rénale > I était un facteur prédictif indépendant de mortalité. En pédiatrie, cette définition n'a été validée qu'en 2007 ¹⁰, ce qui explique en partie l'absence d'intégration de celle-ci dans la pratique quotidienne. De la même façon, aucune estimation du débit de filtration glomérulaire n'a été retrouvée dans les dossiers analysés malgré la simplicité du calcul d'estimation du débit de filtration glomérulaire (DFG) par la formule de Schwartz ⁷. Cette absence de donnée provient probablement de l'absence de taille reportée dans les dossiers analysés. Il semble pourtant important à l'heure actuelle de mieux définir les patients (classification pRIFLE ou AKIN, clairance estimée de Schwartz), afin notamment de faciliter les études sur ce sujet.

2. Evaluation hémodynamique non optimale avant l'instauration de l'HDF

La volémie, qui correspond au volume sanguin total circulant, est un élément essentiel de l'hémodynamique systémique. L'évaluation de la volémie et de l'état hémodynamique des patients avant instauration de l'HDF était difficile à apprécier en rétrospectif. Les paramètres hémodynamiques recueillis via l'échographie cardiaque notamment ne sont que très rarement indiqués dans les dossiers. Pour cette étude, les critères d'évaluation de la volémie utilisés étaient la surveillance de la Pression Veineuse Centrale (PVC) et/ou la mesure de la Pression dans l'Oreillette Gauche (POG) en cas de cathéter, sans se préoccuper des valeurs mesurées. Les résultats mettent en évidence un défaut de surveillance de ces paramètres lorsque ceux-ci sont disponibles (critère 6). Pourtant, l'évaluation de la volémie est un élément important dans la prise en charge avant l'instauration de l'HDF afin de recourir à un éventuel remplissage vasculaire chez des patients hypovolémiques. Dans notre cohorte, tous les épisodes d'hypotension artérielle avant l'instauration de l'HDF étaient suivis d'un remplissage vasculaire et/ou d'introduction ou d'augmentation des amines vaso-

actives, sans grande efficacité puisqu'un seul patient parmi les 10 hypotendus avait une pression artérielle moyenne normale au branchement (critère 7). Cette attitude (remplissage et/ou amines) témoigne d'une évaluation de la volémie faite par le clinicien, mais qui reste impossible à évaluer en rétrospectif. Aussi, l'utilisation de l'échographie cardiaque avant branchement de l'HDF pourrait nous aider dans l'évaluation hémodynamique notamment dans la gestion du remplissage vasculaire. En effet, des paramètres échographiques non invasifs ont été validés chez l'enfant. Durand et al. ont démontré qu'une variation de la vélocité du flux aortique pendant les mouvements inspiratoires de plus de 13% était prédictif d'une efficacité du remplissage vasculaire chez des enfants en ventilation mécanique ⁴⁴. Chez les adultes en ventilation spontanée, le diamètre maximal de la veine cave inférieure est un bon reflet de la pression veineuse centrale (PVC) ⁴⁵; cette mesure pourrait être intéressante chez l'enfant en l'absence de cathéter central et en ventilation spontanée.

Cependant, la prudence s'impose quant à l'indication du remplissage vasculaire. En effet, dans notre cohorte, 19 patients sur 20 présentaient des signes de surcharge hydro-sodée avant l'instauration de l'HDF, un remplissage vasculaire pouvant aggraver cette surcharge.

3. Diurétiques et volémie

En cas d'IRA oligo-anurique, les diurétiques sont utilisés afin de limiter la surcharge hydro-sodée et parfois dans l'objectif de « relancer » la diurèse. Bien que leur utilisation à forte dose augmente le débit urinaire, cette thérapeutique ne diminue pas la durée de l'IRA et n'empêche pas le recours à l'épuration extra-rénale ⁴⁶⁻⁴⁸.

Cependant, une des particularités des patients pédiatriques est la forte proportion d'enfants en post opératoire de chirurgie cardiaque, qui sont le plus souvent déjà traités par furosémide en IVC avant l'apparition d'une IRA ⁴⁹. Dans notre cohorte, sur les 5 patients en post opératoire de chirurgie cardiaque, 4 étaient traités par furosémide en IVC. Une revue adulte expose les effets vasculaires néfastes des diurétiques avec une chute de la volémie et de la pression artérielle ⁵⁰. Son utilisation doit donc être à proscrire en cas d'hypotension artérielle préexistante. On constate pourtant dans notre cohorte que 7 patients sur les 10 hypotendus recevaient toujours des diurétiques dans les 6 heures précédant l'HDF (critère 12).

4. Complications vitales chez 3 patients avant branchement

Trois patients parmi les 14 hospitalisés depuis plus de 24 heures en réanimation ont été branchés au décours d'une complication sévère de l'IRA (2 hyperkaliémies > 6 mmol/L et 1 OAP) (critère 14). Le délai entre l'apparition de l'IRA et l'HDF était de 170 et 168 heures pour les 2 premiers patients et de 10 heures pour le troisième. Au-delà des controverses sur le délai optimal d'instauration de l'épuration extrarénale (discutées dans le paragraphe B.1), il apparaît évident qu'une complication d'ordre vital ne doit pas être attendue avant d'initier le traitement chez les patients. On s'aperçoit que parmi les patients présentant une hyperkaliémie, 2 étaient hospitalisés depuis plus de 24h dans le service et recevaient des apports de potassium. On peut comprendre qu'en situation d'urgence et de gravité du patient, nécessitant la mise en place de techniques lourdes (pose d'un cathéter, mise en route de l'HDF, ...) la question des apports parentéraux passe au second plan. En outre, il est possible que la composition des solutés utilisés soit mal connue par les praticiens (solutés « à la carte ») qui néglige de prendre en compte les apports potassiques contenus dans ceux-ci. Néanmoins, il est clair que l'adaptation des apports hydro-électrolytiques est un traitement à part entière et se doit d'être optimale pour éviter des complications potentiellement mortelles.

5. Prescription incomplète de l'HDF

Les critères 3 et 15 mettent en évidence un défaut de prescription à l'instauration et pendant l'EERC (dose d'anticoagulation, composition des poches de dialysat et de réinjection, paramètres d'HDF). Au-delà des considérations médico-légales, ces manquements sont potentiellement sources d'erreurs médicales graves (erreur de posologie d'héparine, erreur dans les apports de potassium ajoutés dans les poches de dialyse par exemple...), même si aucun incident de ce type n'ait été constaté dans notre cohorte. Nous proposons une feuille de prescription journalière ci-dessous, visant à aider le praticien dans la prise en charge du patient.

Proposition d'une feuille de prescription lors d'une hémodiafiltration

Nom/ Date de naissance	
Poids sec/Taille/Surface corporelle	

Date	
Heure	
Prescripteur	

FONCTION RENALE	
poids du jour (kg)	
créatininémie (μmol/L)	
DFG (ml/min/1.73m ²)*	
diurèse des dernières 24 heures (ml)	

* DFG (ml/min/1.73 m²) = 36.5 x [taille (cm)/créatinémie (μmol/L)]

MEDICAMENTS	
Néphrotoxiques (oui/non)	
Diurétiques (oui/non)	

EVALUATION HEMODYNAMIQUE	
hypervolémie (oui/non)	
TA (mmHg)	
PVC/POG	
Echographie cardiaque (oui/non)	

EQUILIBRE HYDRO-ELECTROLYTIQUE	
Kaliémie (mmol/L)	
Phosphorémie (mmol/L)	
Apports hydriques journaliers (ml/m ² /j)	

‡ Pertes insensibles = 400 ml/m²/jour

EPURATION EXTRA-RENALE	
Cathéter (taille, localisation)	
Type circuit	
Mode utilisé (CVVHF, CVVHDF, CVVHD)	
Type de soluté (+/- ajout d'ions)	
Anticoagulation (0, héparine, citrate)	
Posologie d'héparine (UI/kg/h)	

Prescripteur/Heure				
Débit d'héparine (ml/h)				
Débit sang (ml/min)				
Débit de réinjection (ml/h)				
Débit de dialysat (ml/h)				
Débit prélèvement patient (ml/h)				
Dose d'effluent (ml/kg/h)				

6. Prescription de perte de poids et état hémodynamique

Les épisodes d'hypotension artérielle après le branchement de l'HDF sont fréquemment rencontrés et sont associés à une plus grande mortalité⁵¹. La prescription de perte de poids, pouvant entraîner une hypotension, doit donc être proscrite initialement en cas d'instabilité hémodynamique précédant le branchement. Dans notre cohorte, cette situation se rencontrait chez seulement 1 patient sur les 10 ayant présenté des épisodes d'hypotension artérielle dans les 6 heures précédant le branchement (critère 17) ; aucun des 6 patients instables lors du branchement n'avaient de prescription de perte de poids.

7. Utilisation des diurétiques non justifiée après la mise en HDF

Parmi les 11 patients sous diurétiques avant instauration de l'HDF, 5 recevaient toujours ce traitement après l'instauration de l'HDF. Pourtant, Wu et al ont montré dans une population adulte en post-opératoire (chirurgie cardiaque dans 50%) que l'utilisation à forte dose de furosémide au cours de l'épuration extra-rénale entraînait plus d'hypotensions et majorait le risque de mortalité⁵². Par ailleurs, il est indispensable de prendre en compte le risque d'une ototoxicité¹⁶.

8. Anticoagulation par héparine : seule technique disponible

L'anticoagulation systémique par héparine était sur cette période donnée la seule technique d'anticoagulation utilisée. Les critères 5 et 20 mentionnant l'utilisation du citrate chez un patient à risque hémorragique précisent bien que la technique doit être maîtrisée par l'équipe. Ainsi, alors que l'anticoagulation régionale au citrate est utilisée chez les adultes depuis plusieurs années avec une maîtrise croissante de la technique⁵³, elle est encore peu utilisée en pédiatrie ; quelques cohortes pédiatriques réunissant moins de 50 patients ont été rapportées⁵⁴⁻⁵⁸. D'après une méta-analyse récente chez l'adulte, l'intérêt de cette technique est double : diminution du risque de saignement et augmentation de la durée des filtres⁵⁹. En pédiatrie, aucune supériorité du citrate versus héparine concernant la durée du filtre n'a encore été publiée⁵⁷. Les cohortes présentées rapportent des durées d'environ 70 heures^{54, 55}. Cette donnée est importante en pédiatrie puisque la perte du circuit par caillotage entraîne une impossibilité de restitution du sang et donc une déplétion sanguine avec dans la plupart des cas nécessité de transfusions itératives surtout chez les patients de

petit poids. Dans notre cohorte, le nombre de culots globulaires reçus était de 2 par patient, bien que la quantification réelle de cette déglobulisation liée à la perte du filtre reste imprécise en raison d'étiologies d'IRA variées dans notre cohorte (patients présentant un SHU avec anémie hémolytique). On peut rappeler que le risque transfusionnel est bien sûr infectieux, mais peut également entraîner une immunisation dans le système HLA chez des patients à risque d'insuffisance rénale chronique à long terme. Ainsi, concernant la durée de vie du filtre, elle était dans notre cohorte de 23 heures pour le premier filtre utilisé. La technique d'anticoagulation régionale au citrate est désormais disponible dans le service depuis 2012 ; il serait donc intéressant de comparer ces résultats avec ceux obtenus depuis l'instauration de la technique.

Concernant le risque hémorragique, malgré le faible niveau de preuve des études (petites cohortes historiques), la diminution du risque a été rapportée ⁵⁷. Dans notre cohorte, il aurait ainsi été intéressant pour les 10 patients à risque hémorragique de pouvoir utiliser cette alternative puisqu'on note que 5 patients ont présenté des complications hémorragiques.

B. Analyse de notre cohorte hors EPP

Bien que l'objet de cette étude n'était pas de rapporter les facteurs de risque de mortalité ou les complications de l'HDF, on peut néanmoins discuter les résultats issus de cette étude rétrospective.

Tout d'abord, on peut noter que notre cohorte de 20 patients est comparable à celles rapportées dans la littérature : les causes d'IRA nécessitant une épuration chez nos patients étaient le syndrome hémolytique et urémique (SHU), la chirurgie cardiaque, les causes infectieuses et tumorales, ce qui correspond aux principales étiologies rapportées ^{1, 40, 41}. Le taux de mortalité dans notre cohorte d'enfants en HDF est de 50% et rejoint donc les chiffres publiés ^{24, 60}. Le pronostic de ces enfants est étroitement lié à la pathologie causale ³¹, ce qui est confirmé dans notre cohorte puisque tous les enfants avec un SHU (n=7) ont survécu, alors que le pronostic était défavorable au décours d'une chirurgie cardiaque (1 survivant sur les 5) ou d'une infection grave (0 survivant sur les 5).

1. Apports hydro-électrolytiques non optimaux

La surcharge hydro-sodée et les troubles métaboliques représentent les complications majeures de l'IRA. Le risque de mortalité lié à la surcharge hydro-sodée a fait l'objet de nombreuses études rétrospectives^{22-25, 60-62}; parmi elles seule l'étude de Sutherland peut être considérée comme de haut niveau de preuve, montrant que le risque ajusté de mortalité est 8 fois plus important pour les enfants avec une surcharge > 20%²⁵. L'étude montre aussi un effet dose ajusté du % de surcharge hydro-sodée sur le risque de mortalité. Malgré les limites de notre étude statistique (univariée, petits groupes), cette donnée semble se confirmer dans notre cohorte avec une surcharge hydrique plus importante chez les non-survivants (médiane 8.1% ; extrêmes 3.3-25.7) versus les survivants (médiane 3.1% ; extrêmes 1.1-9.4) (graphique 3). Ces chiffres sont cependant moins importants que ceux retrouvés dans la littérature puisque nous rapportons le pourcentage de surcharge dans les 24 heures précédant l'HDF et non depuis l'arrivée en réanimation.

Il convient chez ces patients oligo-anuriques de réaliser une restriction hydro-sodée optimale. Pourtant, on note que la médiane des apports parentéraux prescrits le jour du branchement de l'HDF était de l'ordre de 1000 ml/m²/j (médiane 991 ml/m²/j, extrêmes 370-3561), sans compter les apports hydriques liés aux médicaments qui peuvent parfois être conséquents chez des patients de petit poids. Il est pourtant recommandé en cas d'anurie de limiter les apports aux pertes insensibles, correspondant à environ 400 ml/m²/j⁶. D'autre part, cette problématique de surcharge hydro-sodée est la source de controverses concernant le délai d'instauration (précoce < 24h versus tardif) d'une EERC chez les enfants en IRA. Ainsi Foland et al rapportent chez 113 enfants une durée d'hospitalisation avant EERC inférieure (3 jours) chez les survivants contre 15,5 j chez les non-survivants incitant ainsi à initier précocement l'EER⁶². Les autres études sur ce sujet ne montrent pas de différence significative^{23, 24}, sauf l'étude récente de Bojan et al. sur l'instauration précoce d'une dialyse péritonéale en post opératoire de chirurgie cardiaque⁶³. Bien que cette étude soit séduisante (réduction de la mortalité, moins de 10% de complications graves) la mise en place d'une dialyse péritonéale reste discutable en raison des complications infectieuses et du risque surajouté lié à la présence d'un cathéter supplémentaires chez des patients fragiles.

2. Paramètres de l'HDF : importance de la dose d'effluent

Dans notre population étudiée, les débits sanguins prescrits au cours des 24 premières heures varient de 4.3 à 5.7 ml/kg/min. D'après les recommandations européennes, le débit sanguin doit être entre 6 et 9 ml/kg/min³, mais des chiffres plus faibles sont retrouvés dans littérature pour les enfants de plus de 30 kg (débit entre 2 et 4 ml/kg/min)²⁸. Cependant, ces objectifs sont donnés à titre indicatif, puisque les débits sanguins en pédiatrie sont très dépendants des difficultés techniques (cathéter positionnel) ayant pour conséquence des variations importantes de pressions d'entrée et retour.

Concernant la dose d'effluent, aucune recommandation n'existe à l'heure actuelle, même si une prescription autour de 35 ml/kg/h semble être préconisée³¹, sauf en cas d'hyperkaliémie menaçante où la dose d'effluent peut être plus importante. On rappelle que la dose d'effluent en HDF est égale à la somme du débit de réinjection, du prélèvement patient et du débit de dialysat³⁰. Cependant, au delà de 30 ml/kg/h de filtration, l'apport des échanges par diffusion est négligeable⁶⁴. Dans notre cohorte, la dose d'effluent variait entre 46 et 59 ml/kg/h mais 6 patients (30%) avaient des doses d'effluent supérieures à 100 ml/kg/h alors qu'ils ne présentaient pas d'hyperkaliémie menaçante (médiane 4.5 mmol/L ; extrêmes 3.3-6.1). Ces doses paraissent largement excessives étant donné les risques d'hypophosphorémie et de perte d'acides aminés au décours d'une épuration à haut débit⁴¹. On note que dans notre cohorte, la dose d'effluent est indépendamment associée à la mortalité. Ces résultats sont néanmoins à interpréter avec précaution puisque ni le débit sanguin, ni le type de membrane (jouant tous les deux un rôle dans la clairance des substrats) n'ont été pris en compte. Bien que ces résultats doivent être validés sur une cohorte plus large et homogène, des mesures peuvent dorénavant être prises pour éviter une augmentation non justifiée de ce débit ; la proposition de prescription journalière faite ci-dessus comporte ainsi ce paramètre.

Enfin, concernant les doses de dialyse et de réinjection, les objectifs de l'épuration vont dicter quelle proportion doit être administrée sous forme de dialyse et sous forme de réinjection (cf. paragraphe 4.e). A titre indicatif, le ratio dans notre cohorte entre le débit de réinjection et le débit de dialysat était de 1:2. La littérature n'apporte pas de preuve significative de supériorité d'un mode (convectif vs diffusif) en terme d'efficacité ou de mortalité^{51, 65, 66}, même si l'apport de la diffusion reste négligeable en cas de filtration > 30

ml/kg/h⁶⁴. Il est probable que le mode utilisé doit être celui dont le service a l'habitude et la maîtrise.

3. Complications au cours de l'HDF : attention au phosphore !

Parmi ces complications de l'HDF, nous n'avons pas étudié les complications liées au cathéter (complications lors de la pose du cathéter, infections, thromboses), ni les épisodes d'hypotension artérielle au branchement de l'HDF. Aussi, les complications hémorragiques n'ont pas été analysées en détail dans notre cohorte.

Concernant les troubles électrolytiques, aucune complication concernant l'équilibre de la natrémie, de la kaliémie ou de la calcémie n'a été constatée. En revanche, on note un défaut majeur de surveillance de la phosphorémie puisque seuls 5 patients avaient eu un dosage de phosphorémie avant l'instauration de l'HDF et 9 avaient eu un dosage après 24 heures d'HDF. Pourtant, il s'agit d'une complication fréquente de l'épuration extra-rénale. D'après Santiago et al., sur une cohorte de 85 enfants, 55% des enfants présentaient une hypophosphorémie durant l'épuration extra-rénale continue malgré l'ajout systématique de 0.8 mEq/L de phosphore dans les solutions de dialyse et de réinjection⁶⁷. Dans notre service, le Phoxilium est disponible depuis 2011. Ce défaut de surveillance dans notre service doit être corrigé, puisque de nombreuses complications sont attribuables à l'hypophosphorémie, notamment cardio-vasculaires avec une dysfonction myocardique et une réponse moindre aux agents inotropes⁶⁸. Une nouvelle fois, la feuille de prescription journalière proposée ci-dessus pourrait inciter le praticien à surveiller ce paramètre.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer la prise en charge des patients présentant une IRA avec recours à une épuration extra-rénale continue, en se basant sur des critères préétablis par les sociétés savantes de réanimation. Malgré la complexité de la technique, certains critères validés traduisent une maîtrise de l'équipe soignante vis-à-vis de cette lourde pathologie. En revanche on s'aperçoit que d'autres critères non validés peuvent faire l'objet d'amélioration de nos pratiques. Outre la formation continue, la feuille de prescription proposée pourrait être un outil permettant d'alerter le praticien sur les paramètres de prescription et de surveillance primordiaux afin d'éviter des complications potentiellement graves chez ces patients instables.

D'autre part, cette étude a permis de constituer une cohorte historique qui pourra être utilisée comme base de comparaison à la cohorte prospective de patient en EERC avec anticoagulation au citrate débutée en 2012 dans le service.

Une des principales limites de cette étude est intrinsèque à la méthode d'EPP utilisée : on peut penser que l'intervention de plusieurs experts aurait pu diminuer les biais de recueil. Par ailleurs, il serait intéressant de comparer nos pratiques à celles effectuées dans d'autres services de réanimation pédiatrique français.

Néanmoins, nous pensons que la réalisation d'un travail de ce type permet d'apporter un œil critique et un renouvellement des pratiques concernant la prise en charge de pathologies complexes nécessitant le maintien d'un haut niveau de compétence.

ANNEXES

Annexe 1 : Critères d'évaluation et d'amélioration des pratiques : « Prise en charge de l'Insuffisance rénale aigue en réanimation » (mai 2009) ⁵.

Critères d'évaluation et d'amélioration des pratiques en réanimation



Organisme agréé Réanimation de Langue Française

Société de Réanimation de Langue Française

Collège Français des Anesthésistes Réanimateurs

Société Française d'Anesthésie et de Réanimation

CRITERES D'EVALUATION ET D'AMELIORATION DES PRATIQUES :

"Prise en charge de l'Insuffisance rénale aigue en réanimation "

Mai 2009

PROMOTEURS

- **Société de Réanimation de Langue Française** (SRLF)
- **Société Française d'Anesthésie et de Réanimation** (Sfar)
- **Organisme Agréé Réanimation de Langue Française** (OARLF)
organisme agréé EPP par la Haute Autorité de Santé
- **Collège Français des Anesthésistes Réanimateurs** (CFAR)
organisme agréé EPP par la Haute Autorité de Santé

Annexe 2 : critères d'évaluation et d'amélioration des pratiques (établis d'après les critères d'Evaluation des Pratiques Professionnelles de mai 2009).

1	Des critères consensuels de diagnostic d'IRA sont définis par l'équipe et font l'objet d'un document accessible à tous.
2	Une méthode de suppléance rénale est accessible 24h sur 24 (7 jours sur 7), avec un personnel formé, et des moyens adéquats.
3	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient.
4	Il existe une procédure écrite standardisée d'anticoagulation systémique pour l'épuration extra-rénale des patients n'ayant pas d'autre indication d'anticoagulation et n'ayant pas d'anomalies de la coagulation.
5	Chez un patient présentant un risque hémorragique, au moins une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est maîtrisée par l'équipe médicale et soignante (citrates).
6	Il existe une prévention de l'hypovolémie basée sur l'évaluation de la PVC et/ou de la POG, en cas de cathéter veineux central et/ou de cathéter de POG
7	Les épisodes d'hypotension artérielle font l'objet d'une évaluation hémodynamique et sont rapidement corrigés.
8	Les médicaments diminuant la pression de filtration glomérulaire tels que les AINS, les IEC ou les ARA-II sont arrêtés en cas d'IRA.
9	Chez les patients ayant une IRA, les antibiotiques néphrotoxiques font l'objet d'une surveillance des taux sériques.
10	Chez les patients ayant une IRA, les produits de contraste radiologiques ne sont utilisés qu'en absence d'alternative diagnostique ou thérapeutique.
11	Si l'utilisation de produits de contraste radiologique est indispensable, une prévention de l'aggravation de l'IRA est réalisée selon un protocole prédéfinis.
12	Les diurétiques ne sont pas utilisés avant une optimisation de la volémie et de l'hydratation.
13	Les diurétiques sont interrompus en cas de réponse (diurèse) insuffisante.
14	Chez un patient présentant une IRA et hospitalisé en réanimation depuis plus de 24h, l'épuration extra-rénale est débutée avant la survenue d'une complication (hyperkaliémie > 5 mmol/l, hyponatrémie < 120 mmol/l ou OAP).
15	Les modalités et les paramètres de la technique de suppléance rénale font l'objet d'une prescription par jour pour chaque patient avec des objectifs de dose d'épuration.
16	Au début de l'épuration extra-rénale, le circuit extracorporel est connecté de manière isovolémique au patient (branchement simultané des lignes d'extraction et de retour du sang, circuit prérempli).
17	Chez un patient instable sur le plan hémodynamique (hypotension artérielle dans les 6h précédentes), l'EER est débuté sans prescription de perte de poids.
18	Le "tampon" acétate n'est pas utilisé dans les solutions d'EER.
19	La coagulation prématurée d'un circuit (avant un arrêt programmé) est signalée sur la feuille de surveillance.
20	Chez un patient présentant un risque hémorragique, une procédure alternative à l'anticoagulation systémique est utilisée (citrates).
21	Chez un patient présentant une pathologie associée nécessitant une anticoagulation systémique, les objectifs d'anticoagulation dictés par cette pathologie sont respectés lors de l'EER.

Annexe 3 : Protocole d'hémodiafiltration sur Prismaflex au CHU de Nantes

 CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE NANTES	MODE OPERATOIRE Hémodiafiltration sur Prismaflex-HEPARINE	Diffusion et publication : Pôle Néon et Enfant	7090-AD-019C- 010-147
	Réanimation pédiatrique	Processus : Prise en charge du patient Diffusion sur Intranet : Parcours patient/Elaboration et réalisation des soins.	Page 1 / 5

1- OBJECTIFS

Ce mode opératoire décrit les modalités d'un traitement par échanges plasmatiques chez un enfant en réanimation pédiatrique.

2 - DOMAINE D'APPLICATION

Elle s'adresse aux infirmières, aux puéricultrices, aux auxiliaires de puériculture et aux médecins de réanimation pédiatrique ayant en charge un enfant devant être traité par échanges plasmatiques.

3 - DEFINITIONS

Indications

- insuffisances rénales aiguës compliquées d'une surcharge hydrique ($\geq 10\%$: Golstein, Pediatrics), d'une hyperazotémie, d'anomalies électrolytiques (hyperkaliémie, hyponatrémie) ou de l'équilibre acido-basique
- syndrome de lyse tumorale (fdr LDH >600) : phosphorémie >2.5 , K >6.5 , uricémie >500
- sepsis grave, défaillance multiviscérale, fuite capillaire
- hyperammoniémies par anomalies congénitales du métabolisme, leucinoses
- intoxications : formol, éthylène glycol, ...
- rhabdomyolyse post trauma (CPK >1000 et/ou myoglobine >200), ...

Intérêt de la technique :

Pouvoir retirer du liquide « en douceur » sur une période longue, dans un contexte de défaillance multiviscérale par exemple...= mieux supporter sur le plan hémodynamique qu'une hémodialyse classique

Permet d'élargir les apports (notamment caloriques ...) dans un contexte de diurèse insuffisante.

Appareil adapté à la pédiatrie, avec une grande précision sur les volumes, relativement simple à utiliser

2 problèmes délicats : l'accès veineux et l'anticoagulation du circuit

Accès vasculaires

Préférer la voie jugulaire droite et positionner l'extrémité du cathéter à l'entrée de l'oreillette droite; à défaut voie fémorale ; sinon voie sous-clavière

REDACTEUR	Via	VERIFICATEUR	Via	APPROBATEUR	Via	Date Application
JM LIET	Original signé	E. ALLAIN LAUNAY	Original signé	JM LIET, Pour le groupe « Protocoles en néo, Pédiatrique »	Original signé	01/02/2012

Cathéters :

- enfant > 30kg : Vygon 12 Fr 2 voies 16cm
- enfant 10 à 40 kg : cathéter Hospal 8 Fr 2 voies 15 cm
- enfant < 15kg : cathéter Joline 6,5 Fr 2 voies 10 cm
- chez le nouveau-né, il est également possible de travailler avec 2 cathéters veineux de 4 Fr simple lumière (ou 1 cathéter artériel et 1 cathéter veineux)

Hépariner les cathéters (pour éviter au maximum les problèmes de caillottage par la suite).

= rincer le kt avec 5 à 10 ml de NaCl0.9%, puis injecter sur les 2 voies un « bouchon » d'héparine d'une quantité légèrement supérieure au volume de la voie (soit sur le KT Hospal 6.5 Fr : 2 fois 1 ml à 1000UI/ml), puis clamber les voies.

Eviter de mettre des obstacles à l'écoulement : robinets...

préférer la voie distale pour aspirer le sang (=moins d'aspiration de la paroi veineuse)

Matériel

- Appareil : PRISMAFLEX (Hospal) : (commerciale Mme Potier 06 08 22 15 63).

- circuit (set): durée de vie conseillée=72h,

pour nouveau-né et jusqu'à 8 kg: circuit HF20

volume total du set sang=60ml /surface efficace du filtre 0.2m² /membrane PAES
(polyarylethersulfone)

MAX : Qpps+Qdialyse+Qrestitution < 2500ml/h et Qsang :20-100ml/mn

pour enfant de 8 à 30 kg : circuit ST60

volume total du circuit sang=93ml /surface efficace du filtre 0.6m² /membrane AN69ST
(traitement de surface par PEI (polyéthylèneimine) augmente la biocompatibilité de la membrane.
permet également de fixer sur la membrane l'héparine contenue dans la solution d'amorçage)

MAX : Qpps+Qdialyse+Qrestitution < 8000ml/h et Qsang :50-180ml/mn

pour enfant de 25 à 50 kg : circuit ST100

volume total du circuit sang=152ml /surface efficace du filtre 0.9m² /membrane AN69ST
(traitement de surface par PEI (polyéthylèneimine) augmente la biocompatibilité de la membrane.
permet également de fixer sur la membrane l'héparine contenue dans la solution d'amorçage)

MAX : Qpps+Qdialyse+Qrestitution < 8000ml/h et Qsang :75-400ml/mn

pour enfant >35 kg : circuit ST150

volume total du circuit sang=189ml /surface efficace du filtre 1.5m² /membrane AN69ST
(traitement de surface par PEI (polyéthylèneimine) augmente la biocompatibilité de la membrane.
permet également de fixer sur la membrane l'héparine contenue dans la solution d'amorçage)

MAX : Qpps+Qdialyse+Qrestitution < 8000ml/h et Qsang :75-400ml/mn

La surface de dialyse idéale devrait correspondre à environ 75% de la surface corporelle de l'enfant $SC=4P+7/(P+90)$ [Cachat/Guignard RU2000]

- **soluté : Hémosol B0** (penser à mélanger la poche bicompartiment de 5 litres; reste stable 24h après reconstitution) : (renouvellement=pharmacie voir avec A Corbineau)

composition après reconstitution (mmol/L):Na: 140 ; Ca: 1.75 ; Mg: 0.5 ; Cl: 109.5; HCO3: 32; lactate:3
= solution prête à l'emploi après reconstitution, ! ne contient pas de potassium !

Dès normalisation de la kaliémie, il est nécessaire de rajouter du K (20 ou 15ml de KCl 7.46% par poches de 5L pour avoir respectivement 4 ou 3.5 mmol/l)

Dès normalisation de la phosphorémie, il est nécessaire de rajouter du Phosphore (20ml de Phocytan par poches de 5L pour avoir 1.2mmol/L)

ou Soluté Phoxilium 1.2 mmol/l de phosphate:

Contient déjà du K (4 mmol/L) ! ne pas en rajouter à nouveau ! et du phosphore (1.2 mmol/L)

composition après reconstitution (mmol/L):Na: 140 ; Ca: 1.25 ; Mg: 0.6 ; Cl: 116; HCO3: 30; HPO4 1.2 ; K 4

- **poches de recueil de 9 litres** (changement une seule fois par équipe) :

! passer par « changer poches » avant toute soustraction de liquide !

4 – MISE EN ROUTE

Prescription

1. **Débit sang : environ 2 à 4 ml/kg/mn**

(nouveau-né 20-50 ml/mn ; nourrisson 30-100 ml/mn ; enfant et ado 50-200 ml/mn)

2. **Débit prélèvement patient** : si surcharge hydrique régler 1 à 2 ml/kg/h max au-dessus des apports hydriques horaires - moins les pertes (diurèse résiduelle, diarrhée, 3^{ème} secteur...)

! Doit tenir compte des apports hydriques et des sorties mais aussi de la tolérance (tension artérielle) !
Peut être réglé à 0.

Fraction filtrée à ne pas dépasser : 25% (risque de coagulation du filtre)

$$FF = Q \text{ réinjection post filtre} + Q \text{ prélèvement patient} / \text{débit sang}$$

3. **Autres réglages de base** : (à ajuster selon évolution)

- **Débit d'ultrafiltration UFR (réinjection + dialyse + prélèvement patient) souhaitable : 35 ml.kg.h** (ou 2L/h x SC/1.73m²)

3a. **Débit de réinjection** (éparation molécules taille moyenne ; clairance par convection>>>diffusion, surtout si réinjection post-filtre; potentiellement intéressant dans les états inflammatoires, mais peu éliminer aussi des molécules « utiles » comme certains acides-aminés essentiels) :

- si réinjection en pré filtre moins de risque de coagulation du filtre,

- si réinjection en post filtre meilleure efficacité pour éparation des molécules taille moyenne

! Ne pas dépasser 25% de fraction de filtration !

Fraction filtrée à ne pas dépasser : 25% (risque de coagulation du filtre)

$$FF = Q \text{ réinjection post filtre} + Q \text{ prélèvement patient} / \text{débit sang}$$

Fraction filtrée $\leq 20\%$ préférer post-dilution

Fraction filtrée $>20\%$ revenir à la pré-dilution (choisir alors des débits d'UFR > 40 ml.kg.j)

(le changement entre « pré » ou « post » filtre est possible à tout moment ; réadapter le niveau de la chambre de dégazage)

Poids enfant (kg)	Débit réinjection postdilution pour UFR 35ml.kg (ml/h)	Débit sang mini pour FF $<20\%$ (ml/mn)	surface corporelle théorique (m^2)	surface filtre mini (m^2)
5	175	15	0,28	0,21
10	350	29	0,47	0,35
15	525	44	0,64	0,48
20	700	58	0,79	0,59
25	875	73	0,93	0,70
30	1050	88	1,06	0,79
35	1225	102	1,18	0,88
40	1400	117	1,28	0,96
50	1750	146	1,48	1,11
60	2100	175	1,65	1,24

Si la dose d'UFR de 35ml/kg/h est atteinte avec la réinjection postdilution, l'adjonction de la dialyse pour épuration des petites molécules devient superflue même en présence d'une hyperkaliémie sévère. Si par contre le cathéter est incapable d'assurer le débit sanguin requis pour réaliser un transport convectif (au risque d'une hémococoncentration excessive), dans ce cas l'adjonction d'une dialyse (hémodiafiltration) permet d'obtenir une clairance que l'hémofiltration seule n'aurait pas permise.

3b. Débit de dialysat (épuration petites molécules comme K, urée, ... = clairance par diffusion>convection) : correspond au débit du liquide circulant à contre courant (reste beaucoup plus faible que celui d'une hémodialyse intermittente)

4. Débit PPS (prépompe à sang) : régler à 0 (et clamper à l'arrivée vers l'enfant)

(celle ligne servira pour administrer le citrate)

Pourrait être utilisé pour assurer une prédilution (en plus d'une postdilution) de façon à préserver le filtre des phénomènes d'accrétion diminuant la porosité de la membrane.

NB : ne pas hésiter à aller voir le logiciel dose simulateur prismaflex :

W:\HME\Rea-Pediatrique\prismaflex\CALCULATEUR DE DOSE\Dose Simulateur_Version FR finale\PFlex main 019_hpfr

5. anticoagulation :

Préparer les seringues d'héparine (dans seringue de 50 ml pour l'anticoagulation en continue : 5 à 20 UI/kg/h à adapter à la coagulation de l'enfant). Le débit ne peut pas descendre à moins de 2ml/h ; prévoir la dilution de l'héparine en conséquence selon le poids de l'enfant.

Conserver la valve anti-retours lors des changements de seringue. ! Préparer les seringues à l'avance avant les changements !

Objectifs : voir surveillance

Préparation

Mise en route

= prise électrique, allumer et suivre les recommandations à l'écran, choisir CVVHDF

! Ne pas oublier de « casser » les raccords des poches d'HémosolBo !

Prévoir 1 litre de NaCl 0.9% non hépariné pour la solution PPS.

Régler la chambre de dégazage.

Choisir régime pression positive si branchement sur ECMO (à connecter toujours en amont de l'oxygénateur) ; sinon choisir pression négative

Purge du circuit (=amorçage, =priming):

1 litre NaCl 0.9% hépariné (5000 UI/L soit 1ml d'Héparine choay par litre) ;

±

chez l'enfant de petit poids (si poids <8kg, circuit extracorporel >10% volume circulant) : le circuit HF20 a un volume de 60ml qui va être rempli avec notre soluté d'amorçage. Sachant que ce circuit va être connecté au volume sanguin circulant, une dilution de l'hémoglobine va se produire dans le volume total (circuit+volume sanguin circulant) : ! il faut donc estimer en fonction de l'Ht de l'enfant et de son volume sanguin circulant (environ 80 ml/kg) de la nécessité ou non de recourir à du sang reconstitué par CTS (culot + plasma) ou de prévoir une transfusion de culot globulaire (Ht du culot : 70%) !

(Hb résultante si pas de transfusion

= Hb initiale x volume sanguin circulant / volume sanguin circulant + volume du set)

Prévoir réchauffement du circuit : ! nécessaire pour les nouveau-nés ! (2 tailles de gaine chauffante avec 1° réglage de 33 à 43°C: petite pour set HF20 et ST60 ; plus grande pour set ST100 ou HF1000 et +)

Installation

Monitorer la TA en continue, augmenter l'oxygénation

Raccorder avec asepsie (champ stérile, gants, masque, charlotte) les lignes.

! Ne pas oublier de réaspirer l'héparine du cathéter avant la connexion !

Si hémostase normale (ACT<150), il est possible d'injecter 20 UI/kg d'héparine (max : 5000 UI/dose) dans la partie proximale du circuit, dès que le sang du patient commence à circuler dans le circuit d'hémofiltration

Surveillance

Signes vitaux notés toutes les heures : FC, FR, TA, SaO2

Affichages des pressions:

- la pression veineuse à l'entrée du circuit : « artère » : -50 à -150 mmHg

si < -250 (aspiration difficile): *vérifier la ligne artérielle, le positionnement du kt*

si > -10 (aspiration trop facile) : alarme détection débranchement impossible (*augmenter le débit sang ou rajouter un robinet sur la ligne d'entrée*)

- la pression de retour « veine » : +50 à +150 mmHg

si > 350 (réinjection difficile: *vérifier la ligne veineuse, le positionnement du kt*)

- la pression à l'entrée du filtre

si > 250 : indication à changer le filtre (*premières heures : problèmes de coagulation ; après 48h : saturation du filtre*)

Vérifier si la ligne entre la prise de pression du filtre et le filtre n'est pas plicaturée

si pression de retour élevée : vérifier cathéter, diminuer le débit sang

si début de coagulation dans le filtre : rinçage du circuit (NaCl 0.9%)

- la pression effluent : normale < -150 mmHg

- la pression trans-membranaire : $PTM = [(P \text{ filtre} + P \text{ retour})/2] - P \text{ effluent}$

correspond à la pression exercée sur le filtre : si augmente rapidement, message début coagulation du filtre, si >300 message pression exercée sur le filtre excessive

- la perte de charge : = P filtre (mesurée à l'entrée du filtre) – P retour (mesurée à la sortie du filtre)

! Dans la fenêtre historique : suivre le décalage des volumes avec l'écart maximum autorisé

Gain (ou perte) de liquide patient imprévu (si atteint le seuil maximum => arrêt de la machine avec changement de set). !

- ACT (prélevé site bleu après le filtre) : 180-200 sec (témoin~ 150)

Surveillance ACT 150-200 ; Héparinémie 0.2-0.5

- NFS au moins tous les jours

Hémostase au moins toutes les 6 heures le premier jour puis au moins une fois par jour

Iono au moins toutes les 12 heures (prélevé avant le filtre : site rouge près de l'enfant)

Phosphore, magnésium au moins tous les jours

Changer les poches d'Hémosol toutes les 24h : *attention, ne pas oublier de « casser » les raccords des poches pour que le liquide puisse circuler*

changer le circuit de préférence toutes les 72h

L'efficacité de la technique peut être vérifiée par le dosage du K et bicar avant et après filtre

Remarques

- Ajuster la posologie des médicaments dont le métabolisme est influencé par l'hémofiltration (si possible faire des dosages)
- Prévention des hémorragies digestives si l'enfant reste à jeun : de préférence un inhibiteur de la pompe à protons (Mopral ou Inexium)
- Attention : perte en acides aminés, phosphore (compenser par des apports suffisants : X2 apports en acides aminés, oligoéléments, vitamines liposolubles)

I- Annexes

Clairance de l'urée en fonction du filtre, du débit sang et du débit de dialyse

HF20 clairance urée (avec UF 0) k selon débit dialyse Qd et sang Qs	Qd 0.5 L/h	Qd 1L/h	Qd 2 L/h
Qs 20 ml/min	8	12	15
Qs 50 ml/min	8	15	25
Qs 100 ml/min	8	16	30

ST 60 clairance urée (avec UF 0) k selon débit dialyse Qd et sang Qs	Qd 1 L/h	Qd 2.5L/h	Qd 4 L/h		Q _{UF} ml/min
Qs 100 ml/min	17	40	56		39-56

ST 100 clairance urée (avec UF 0) k selon débit dialyse Qd et sang Qs	Qd 1 L/h	Qd 2.5L/h	Qd 4 L/h	Qd 8L/h	Q _{UF} ml/min
Qs 150 ml/min	17	41	63	133	45-109

ST 150 clairance urée (avec UF 0) k selon débit dialyse Qd et sang Qs	Qd 1 L/h	Qd 2.5L/h	Qd 4 L/h	Qd 8L/h	Q _{UF} ml/min
Qs 200 ml/min	17	42	66	133	50-138

Epuration de l'urée (60 dalton et autres petites molécules):

Temps de dialyse nécessaire : $t = 1.2 \times V / k$

(k clairance du filtre cf tableau, V volume à épurer soit 60ml.kg)

Autre méthode de calcul : clairance d'un produit = $E/P \times Q_{\text{effluent}}$ ou UFR (E concentration dans l'effluent, P concentration plasmatique)

Recirculation :

= phénomène de réaspiration par la ligne d'entrée (tubulure allant vers le filtre) de sang issu directement de la ligne de réinjection (venant d'être filtré);

le pourcentage de recirculation peut être mesuré pendant la dialyse en prélevant simultanément un échantillon de sang dans la ligne de réinjection (V), de prélèvement (A), et dans une veine périphérique (P). Après mesure de l'urée ou de la créatinine dans ces 3 échantillons, le pourcentage de recirculation est calculée par le rapport suivant : $P-A/(P-V) \times 100$

! La recirculation est majorée par l'inversion des voies « artérielle » et « veineuse » !

Bibliographie succincte :

1. Honore PM; Gestion pratique de l'épuration extrarénale continue au quotidien. *Reanimation* 2008 ; 17 :472-7
2. Zappitelli; Continuous renal replacement therapy aminoacid, trace metal and folate clearance in critically ill children. *Intensive Care Med* (2009) 35:698-706
3. MacLaren; Controversies in paediatric continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* (2009) 35:596-602
4. Lautrette; La dose de dialyse en réanimation. *Réanimation* 14 (2005) 499-507
5. SRLF Critères d'évaluation et d'amélioration des pratiques: "Prise en charge de l'Insuffisance rénale aiguë en réanimation." Mai 2009

Annexe 4 : Liste des principales améliorations envisageables en cas d'IRA nécessitant l'instauration d'une HDF

AVANT HDF

- Evaluation fonction rénale (diurèse, formule de Schwartz, score RIFLE)
- Evaluation volémie et hémodynamique (clinique, PA, PVC et POG, échographie cardiaque)
- Adaptation apports hydro-électrolytiques : pas de potassium, restriction en cas d'anurie (prendre en compte les médicaments)
- % de surcharge hydrique



HDF

- Prescription initiale écrite des modalités et paramètres de HDF
- Surveillance de la dose d'effluent
- Pas de perte de poids en cas d'instabilité hémodynamique



APRES
BRANCHEMENT
HDF

- Prescription écrite quotidienne des modalités et paramètres de HDF
- Arrêt des diurétiques
- Surveillance paramètres biologiques (phosphorémie +++)

BIBLIOGRAPHIE

1. Bailey D, Phan V, Litalien C, et al. Risk factors of acute renal failure in critically ill children: A prospective descriptive epidemiological study. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8(1):29-35.
2. Williams DM, Sreedhar SS, Mickell JJ, Chan JC. Acute kidney failure: a pediatric experience over 20 years. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2002;156(9):893-900.
3. Strazdins V, Watson AR, Harvey B. Renal replacement therapy for acute renal failure in children: European guidelines. *Pediatr Nephrol* 2004;19(2):199-207.
4. Walters S, Porter C, Brophy PD. Dialysis and pediatric acute kidney injury: choice of renal support modality. *Pediatr Nephrol* 2009;24(1):37-48.
5. www.srlf.org. Critères d'évaluation et d'amélioration des pratiques : « prise en charge de l'insuffisance rénale aiguë en réanimation » 2009.
6. Lacroix J. Urgences et Soins Intensifs Pédiatriques. 2012(2ème édition).
7. Schwartz GJ, Munoz A, Schneider MF, et al. New equations to estimate GFR in children with CKD. *J Am Soc Nephrol* 2009;20(3):629-37.
8. Kellum JA, Levin N, Bouman C, Lameire N. Developing a consensus classification system for acute renal failure. *Curr Opin Crit Care* 2002;8(6):509-14.
9. Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, Mehta RL, Palevsky P. Acute renal failure - definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit Care* 2004;8(4):R204-12.
10. Akcan-Arikan A, Zappitelli M, Loftis LL, Washburn KK, Jefferson LS, Goldstein SL. Modified RIFLE criteria in critically ill children with acute kidney injury. *Kidney Int* 2007;71(10):1028-35.
11. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 2007;11(2):R31.
12. Alkandari O, Eddington KA, Hyder A, et al. Acute kidney injury is an independent risk factor for pediatric intensive care unit mortality, longer length of stay and prolonged mechanical ventilation in critically ill children: a two-center retrospective cohort study. *Crit Care* 2011;15(3):R146.
13. Thadhani R, Pascual M, Bonventre JV. Acute renal failure. *N Engl J Med* 1996;334(22):1448-60.
14. Schneider J, Khemani R, Grushkin C, Bart R. Serum creatinine as stratified in the RIFLE score for acute kidney injury is associated with mortality and length of stay for children in the pediatric intensive care unit. *Crit Care Med* 2010;38(3):933-9.
15. Askenazi DJ, Feig DI, Graham NM, Hui-Stickle S, Goldstein SL. 3-5 year longitudinal follow-up of pediatric patients after acute renal failure. *Kidney Int* 2006;69(1):184-9.
16. Ho KM, Sheridan DJ. Meta-analysis of frusemide to prevent or treat acute renal failure. *Bmj* 2006;333(7565):420.
17. Prins I, Plotz FB, Uiterwaal CS, van Vught HJ. Low-dose dopamine in neonatal and pediatric intensive care: a systematic review. *Intensive Care Med* 2001;27(1):206-10.
18. Warady BA, Bunchman T. Dialysis therapy for children with acute renal failure: survey results. *Pediatr Nephrol* 2000;15(1-2):11-3.
19. Parakininkas D, Greenbaum LA. Comparison of solute clearance in three modes of continuous renal replacement therapy. *Pediatr Crit Care Med* 2004;5(3):269-74.

20. Vanholder R, De Smet R, Glorieux G, et al. Review on uremic toxins: classification, concentration, and interindividual variability. *Kidney Int* 2003;63(5):1934-43.
21. Bellomo R, Kellum JA, Ronco C. Acute kidney injury. *Lancet* 2012;380(9843):756-66.
22. Symons JM, Chua AN, Somers MJ, et al. Demographic characteristics of pediatric continuous renal replacement therapy: a report of the prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007;2(4):732-8.
23. Goldstein SL, Somers MJ, Baum MA, et al. Pediatric patients with multi-organ dysfunction syndrome receiving continuous renal replacement therapy. *Kidney Int* 2005;67(2):653-8.
24. Hayes LW, Oster RA, Tofil NM, Tolwani AJ. Outcomes of critically ill children requiring continuous renal replacement therapy. *J Crit Care* 2009;24(3):394-400.
25. Sutherland SM, Zappitelli M, Alexander SR, et al. Fluid overload and mortality in children receiving continuous renal replacement therapy: the prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Am J Kidney Dis* 2010;55(2):316-25.
26. Hackbarth R, Bunchman TE, Chua AN, et al. The effect of vascular access location and size on circuit survival in pediatric continuous renal replacement therapy: a report from the PPCRRT registry. *Int J Artif Organs* 2007;30(12):1116-21.
27. Petitclerc T, Diab R, Le Roy F, Mercadal L, Hmida J. [Acetate-free hemodialysis: what does it mean?]. *Nephrol Ther* 2011;7(2):92-8.
28. Maclaren G, Butt W. Controversies in paediatric continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* 2009;35(4):596-602.
29. Bellomo R, Cass A, Cole L, et al. Intensity of continuous renal-replacement therapy in critically ill patients. *N Engl J Med* 2009;361(17):1627-38.
30. Claire-Del Granado R, Macedo E, Chertow GM, et al. Effluent volume in continuous renal replacement therapy overestimates the delivered dose of dialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2011;6(3):467-75.
31. Sutherland SM, Alexander SR. Continuous renal replacement therapy in children. *Pediatr Nephrol* 2012;27(11):2007-16.
32. Jouvét P. Epuration extra-rénale chez l'enfant. In O Bastien, P Honoré, R Robert *Circulations extra-corporelles en réanimation* Ed Paris : Elsevier 2006:281-98.
33. Boussekey N, Chiche A, Faure K, et al. A pilot randomized study comparing high and low volume hemofiltration on vasopressor use in septic shock. *Intensive Care Med* 2008;34(9):1646-53.
34. Santiago MJ, Lopez-Herce J, Urbano J, et al. Complications of continuous renal replacement therapy in critically ill children: a prospective observational evaluation study. *Crit Care* 2009;13(6):R184.
35. Liet J. Limites inférieures de pression artérielle moyenne en fonction de l'âge (*Médecine Thérapeutique* 2001;7).
36. Slater A, Shann F, Pearson G. PIM2: a revised version of the Paediatric Index of Mortality. *Intensive Care Med* 2003;29(2):278-85.
37. Leteurtre S, Martinot A, Duhamel A, et al. Validation of the paediatric logistic organ dysfunction (PELOD) score: prospective, observational, multicentre study. *Lancet* 2003;362(9379):192-7.
38. Patzer L. Nephrotoxicity as a cause of acute kidney injury in children. *Pediatr Nephrol* 2008;23(12):2159-73.
39. Pannu N, Wiebe N, Tonelli M. Prophylaxis strategies for contrast-induced nephropathy. *Jama* 2006;295(23):2765-79.

40. Bunchman TE, McBryde KD, Mottes TE, Gardner JJ, Maxvold NJ, Brophy PD. Pediatric acute renal failure: outcome by modality and disease. *Pediatr Nephrol* 2001;16(12):1067-71.
41. Zappitelli M. Epidemiology and diagnosis of acute kidney injury. *Semin Nephrol* 2008;28(5):436-46.
42. Trotman RL, Williamson JC, Shoemaker DM, Salzer WL. Antibiotic dosing in critically ill adult patients receiving continuous renal replacement therapy. *Clin Infect Dis* 2005;41(8):1159-66.
43. Gilbert D. *The Sanford guide to antimicrobial therapy* 2003 (33rd edition.).
44. Durand P, Chevret L, Essouri S, Haas V, Devictor D. Respiratory variations in aortic blood flow predict fluid responsiveness in ventilated children. *Intensive Care Med* 2008;34(5):888-94.
45. Prekker ME, Scott NL, Hart D, Sprenkle MD, Leatherman JW. Point-of-care ultrasound to estimate central venous pressure: a comparison of three techniques. *Crit Care Med* 2013;41(3):833-41.
46. Shilliday IR, Quinn KJ, Allison ME. Loop diuretics in the management of acute renal failure: a prospective, double-blind, placebo-controlled, randomized study. *Nephrol Dial Transplant* 1997;12(12):2592-6.
47. Cantarovich F, Rangoonwala B, Lorenz H, Verho M, Esnault VL. High-dose furosemide for established ARF: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter trial. *Am J Kidney Dis* 2004;44(3):402-9.
48. van der Voort PH, Boerma EC, Koopmans M, et al. Furosemide does not improve renal recovery after hemofiltration for acute renal failure in critically ill patients: a double blind randomized controlled trial. *Crit Care Med* 2009;37(2):533-8.
49. Gulbis BE, Spencer AP. Efficacy and safety of a furosemide continuous infusion following cardiac surgery. *Ann Pharmacother* 2006;40(10):1797-803.
50. Dormans TP, Pikkers P, Russel FG, Smits P. Vascular effects of loop diuretics. *Cardiovasc Res* 1996;32(6):988-97.
51. Santiago MJ, Lopez-Herce J, Urbano J, et al. Clinical course and mortality risk factors in critically ill children requiring continuous renal replacement therapy. *Intensive Care Med* 2010;36(5):843-9.
52. Wu VC, Lai CF, Shiao CC, et al. Effect of diuretic use on 30-day postdialysis mortality in critically ill patients receiving acute dialysis. *PLoS One* 2012;7(3):e30836.
53. Monchi M, Berghmans D, Ledoux D, Canivet JL, Dubois B, Damas P. Citrate vs. heparin for anticoagulation in continuous venovenous hemofiltration: a prospective randomized study. *Intensive Care Med* 2004;30(2):260-5.
54. Bunchman TE, Maxvold NJ, Brophy PD. Pediatric convective hemofiltration: Normocarb replacement fluid and citrate anticoagulation. *Am J Kidney Dis* 2003;42(6):1248-52.
55. Bunchman TE, Maxvold NJ, Barnett J, Hutchings A, Benfield MR. Pediatric hemofiltration: Normocarb dialysate solution with citrate anticoagulation. *Pediatr Nephrol* 2002;17(3):150-4.
56. Chadha V, Garg U, Warady BA, Alon US. Citrate clearance in children receiving continuous venovenous renal replacement therapy. *Pediatr Nephrol* 2002;17(10):819-24.
57. Brophy PD, Somers MJ, Baum MA, et al. Multi-centre evaluation of anticoagulation in patients receiving continuous renal replacement therapy (CRRT). *Nephrol Dial Transplant* 2005;20(7):1416-21.

58. Elhanan N, Skippen P, Nuthall G, Krahn G, Seear M. Citrate anticoagulation in pediatric continuous venovenous hemofiltration. *Pediatr Nephrol* 2004;19(2):208-12.
59. Wu MY, Hsu YH, Bai CH, Lin YF, Wu CH, Tam KW. Regional citrate versus heparin anticoagulation for continuous renal replacement therapy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Kidney Dis* 2012;59(6):810-8.
60. Goldstein SL, Currier H, Graf C, Cosio CC, Brewer ED, Sachdeva R. Outcome in children receiving continuous venovenous hemofiltration. *Pediatrics* 2001;107(6):1309-12.
61. Gillespie RS, Seidel K, Symons JM. Effect of fluid overload and dose of replacement fluid on survival in hemofiltration. *Pediatr Nephrol* 2004;19(12):1394-9.
62. Foland JA, Fortenberry JD, Warshaw BL, et al. Fluid overload before continuous hemofiltration and survival in critically ill children: a retrospective analysis. *Crit Care Med* 2004;32(8):1771-6.
63. Bojan M, Gioanni S, Vouhe PR, Journois D, Pouard P. Early initiation of peritoneal dialysis in neonates and infants with acute kidney injury following cardiac surgery is associated with a significant decrease in mortality. *Kidney Int* 2012;82(4):474-81.
64. Honoré P, Joannes-Boyau O, Collin V, Boer W, Gressens B, Janvier G. Gestion pratique de l'épuration extrarénale continue au quotidien. *Réanimation* 2008;17(5):472-7.
65. Flores FX, Brophy PD, Symons JM, et al. Continuous renal replacement therapy (CRRT) after stem cell transplantation. A report from the prospective pediatric CRRT Registry Group. *Pediatr Nephrol* 2008;23(4):625-30.
66. Symons JM, Brophy PD, Gregory MJ, et al. Continuous renal replacement therapy in children up to 10 kg. *Am J Kidney Dis* 2003;41(5):984-9.
67. Santiago MJ, Lopez-Herce J, Urbano J, Bellon JM, del Castillo J, Carrillo A. Hypophosphatemia and phosphate supplementation during continuous renal replacement therapy in children. *Kidney Int* 2009;75(3):312-6.
68. Bugg NC, Jones JA. Hypophosphataemia. Pathophysiology, effects and management on the intensive care unit. *Anaesthesia* 1998;53(9):895-902.

NOM : CHENOUEARD

PRENOM : Alexis

TITRE DE THESE : Evaluation de la prise en charge des enfants en insuffisance rénale aigue traités par hémodiafiltration en réanimation pédiatrique au CHU de Nantes

RESUME

Au CHU de Nantes, une dizaine d'enfants par an sont traités en réanimation pédiatrique par hémodiafiltration veino-veineuse continue pour une insuffisance rénale aigue. L'objectif de ce travail était d'évaluer les pratiques du service selon une démarche d'évaluation des pratiques professionnelles définie par des sociétés savantes. Les résultats montrent que certains aspects sont maîtrisés par l'équipe tels que l'anticoagulation, l'abandon des solutés à base d'acétate, le branchement isovolémique ou la manipulation de néphrotoxiques. D'autres peuvent faire l'objet d'amélioration, tels que l'évaluation optimale de l'état hémodynamique et les apports hydroélectrolytiques adaptés. En complément du protocole d'hémodiafiltration déjà existant, une fiche d'aide à la prescription pourrait être mise en place pour faciliter la prise en charge en urgence de ces patients.

MOTS CLES

Insuffisance rénale aigue. Enfant. Hémodiafiltration veino-veineuse continue. Evaluation des pratiques professionnelles.