

Dialyse

HÉMODIAFILTRATION « À BAS VOLUME »

Notre expérience

Pr Yves KERMORGANT* / Pr François LE GALL*

* Centre d'hémodialyse Sainte-Marguerite, 1309, avenue du Commandant-Houot, 83130 La Garde.

Depuis les premiers balbutiements de la méthode il y a plus de 30 ans, des complications initialement inattendues ont émaillé le cours évolutif des Insuffisances Rénales Chroniques traitées par hémodialyse.

Regroupées sous le terme de « Syndrome du vieux dialysé » ces complications, conséquences des techniques de circulation extra-corporelle, des contacts répétés du sang avec des substances étrangères, de « sous-dialysance », ont pour certaines trouvé une parade (péricardite, anémie...). D'autres demeurent : défaillance de l'immunité, vieillissement cardio-vasculaire accéléré, équilibre phosphocalcique précaire, ostéo-arthropathie destructrice de l'amylose à B2 microglobuline...

L'amélioration de la qualité de la survie des hémodialysés dépend d'un facteur primordial : la qualité de la dialyse, étroitement dépendante des caractéristiques des membranes de dialyse.

Trois critères président au choix de la membrane : **haute performance, haute perméabilité, biocompatibilité.**

La diffusion, principe essentiel de l'hémodialyse, est ainsi améliorée ; la convection (qui accentue l'élimination des molécules de haut poids moléculaire dont la B2 microglobuline) facilitée.

Ces deux mécanismes de transfert sont associés dans l'hémodiafiltration.

Mais les membranes de haute perméabilité exposent à un risque accru de transfert inverse, mouvement du fluide du dia-

lysat vers le compartiment sanguin. Ce risque s'accroît avec le coefficient d'ultrafiltration. En fonction des lois physiques de Poiseuille, il est sous la dépendance de la géométrie du dialyseur (longueur des fibres - leur taille - leur nombre) et de la viscosité du sang. Un transfert inverse (rétrofiltration et rétrodiffusion) survient dès que la pression du dialysat ajoutée à la pression oncotique du sang - qui augmente dans la dernière partie du dialyseur - dépasse la pression hydrostatique du sang.

L'introduction d'un dialysat « pollué » (contamination bactériologique ou chimique) en est le risque le plus grave qu'il convient d'éliminer.

Ces impératifs de sécurité nous ont conduits à moduler la technique d'hémodialyse et à nous orienter vers une méthode que l'on peut définir comme une hémodiafiltration à bas volume dont nous rapportons les résultats.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

A - Notre objectif initial

Fournir à nos malades des dialyses de haute efficacité

- sans réduction excessive de la durée des dialyses,

- sans introduire le risque de sous-dialysance,
- et à un prix non prohibitif.

Conditions matérielles

Ce choix a impliqué dès 1988 :

- 1° L'adoption du dialysat au Bicarbonate,
- 2° L'utilisation de membranes de haute perméabilité et de biocompatibilité maximum = AN 69 Hospal Type F12, F16 - Polysulfone Frésenius type F 50, F 60 - Polysulfone Sorin type Rapido 624-627 (cf. tableau I) et sans réutilisation de ces membranes.

Tableau 1.
Membranes utilisées

| | | Surface | Coefficient d'UF |
|-----------------------|------|---------|------------------|
| AN 69 Hospal | F 12 | 1,15 | 31 |
| | F 16 | 1,55 | 38 |
| Polysulfone Frésenius | F 50 | 0,95 | 30 |
| | F 60 | 1,25 | 40 |
| Polysulfone Sorin | 624 | 1,09 | 34 |
| | 627 | 1,36 | 47 |

- 3° La mise au point ensuite d'un traitement de l'eau, de haute performance, pour obtenir une eau de haute qualité (dite ultrapure).

Conditions techniques

Elles requièrent :

- 1) Une ultrafiltration contrôlée (à l'aide des moniteurs Hospal et Cobe) ;
- 2) Un bon débit sanguin extracorporel de l'ordre de 250 ml/mn - si possible de 300 ml/mn avec surveillance des voies d'abord par échodoppler et si besoin appréciation de la recirculation ;
- 3) Un débit de dialysat habituel de 500 ml/mn ;
- 4) Un temps de dialyse de 12 à 15 heures par semaine (moyenne 12 h 30) en 3 séances, à l'exception d'un malade (4 séances de 3 h 30).

Dialyse

B - Un obstacle

Le risque de transfert inverse d'autant qu'au début de notre pratique, le traitement de l'eau n'était pas encore parfaitement au point, et que les dialysats au bicarbonate favorisent la prolifération bactérienne du bain.

C - Choix de la méthode

Pour réduire le risque de rétrodiffusion et garder une pression transmembranaire correcte, le principe adopté a été celui d'une réinjection d'un soluté. Pour sa réalisation pratique, 3 éléments restaient à définir :

- 1 - le volume de réinjection
- 2 - la qualité des solutés choisis
- 3 - le site de réinjection

1 - Le volume de réinjection

Ce choix fait intervenir la notion d'UF obligatoire : l'UF demandée doit être supérieure à l'UF obligatoire qui est le volume d'eau plasmatique naturellement filtré par un dialyseur du fait de la perméabilité de la membrane et de la perte en charge dans le compartiment sang. Cette perte en charge dépend de la longueur et du nombre des fibres. Elle est en moyenne de 30 mmHg.

UF obligatoire = Perte en charge x coefficient UF

c'est ainsi qu'avec un dialyseur de haute perméabilité dont le coefficient d'UF est de 40 ml/h/mmHg

UF obligatoire = $30 \times 40 = 1\ 200$ ml/heure, soit 4 800 ml en 4 heures.

Pour éviter le risque de rétrofiltration, nous avons donc adopté un volume de réinjection de 5 ou 6 litres par séance, quel que soit le gain de poids interdialytique.

Le but espéré était d'obtenir, grâce à la convection non négligeable, ainsi induite, une meilleure élimination des molécules de haut P.M. et en particulier de la B2.

Cette technique se rapproche de l'hémodiafiltration mais à « bas volume »

puisque la réinjection de soluté n'est jamais supérieure à 6 l en 4 ou 5 heures, tandis qu'elle atteint au moins 20 % du poids du corps en hémodiafiltration conventionnelle.

2 - La qualité des solutés choisis (cf. tableau II)

Pour des raisons de simplification et également pour des impératifs économiques de coût – le choix s'est porté vers des solutés du commerce, stériles et apyrogènes.

- 1 – Sérum salé isotonique, bien éloigné pourtant de la composition ionique du plasma (Na^+ 152 mmol/l – Cl^- 152 mmol/l).
- 2 – Soluté de type Ringer Lactate (Na^+ 145 – Ca^{++} 2 – Mg^{++} 0,375 – Lactate 45 – Cl^- 104,75 mmol/l).
- 3 – Soluté de bicarbonate (Na^+ 140 – Cl^- 100 – HCO_3H^- 40 mmol/l).

Tableau II.
Solutés utilisés

| Composition ionique en mmol/litre | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------|
| Sérum salé isotonique | Na^+ | 152 |
| | Cl^- | 152 |
| Solution Type Ringer Lactate | Na^+ | 145 |
| | Ca^{++} | 2 |
| | Mg^{++} | 0,375 |
| | Lactate- | 45 |
| | Cl^- | 104,75 |
| Solution bicarbonatée | Na^+ | 140 |
| | Cl^- | 100 |
| | HCO_3H^- | 40 |

3 - Le site de réinjection (cf. tableau III)

La réinjection peut se faire :

- soit avant le dialyseur, dite en « pré-dilution »,
- soit après le dialyseur, dite en « post-dilution ».

Le choix s'est porté vers la technique en pré-dilution pour la majorité de nos malades, du fait de la composition des solu-

Tableau III.
P.R.U.

| | 0,60 | 0,70 |
|---|--------|--------|
| En pré-dilution | 0,53 | 0,80 |
| Prélèvement 30 minutes avant fin de dialyse | ↑ 10 ↓ | ↑ 15 ↓ |
| En post-dilution | 0,54 | 0,77 |
| Prélèvement fin de dialyse | ↑ 3 ↓ | ↑ 17 ↓ |
| | | Sur 29 |
| | | Sur 26 |

tés choisis exposant au risque de surcharge sodée et d'apparition d'H.T.A.

D - Choix des patients

1 - 30 malades actuellement dialysés selon cette technique d'hémodiafiltration à bas volume sont l'objet de cette étude. Ont été exclus de l'analyse des résultats :

- les patients dont le suivi n'a pu être assuré (greffés, changement de Centre),
- une patiente décédée dans les suites d'une intervention de revascularisation artérielle,
- 9 patients qui ont présenté des manifestations d'intolérance.

2 - Le soluté de réinjection est :

- le sérum salé isotonique = 16 cas,
- le soluté type Ringer Lactate = 13 cas,
- le bicarbonate = 2 cas.

3 - La durée du suivi est de 6 mois à 8 ans.

4 - La surveillance a comporté :

- des contrôles biologiques de routine : protidémie, albuminémie, ionogramme, taux de bicarbonate avant et après dialyse, calcémie et phosphorémie, évolution de l'hémogramme ;
- une étude du KT/V et du rebond du taux d'urée plasmatique ;
- des contrôles chimiques : prise de poids interdialytique, évolution ten-

Dialyse

sionnelle, appréciation de la survenue de syndrome du canal carpien ;

- un suivi des V.C.N.

Le caractère rétrospectif de l'étude rend compte d'un recueil de données parfois incomplet (omission ou inadéquation de certains prélèvements, indiscipline de certains patients qui ne se sont pas prêtés aux explorations prescrites).

RÉSULTATS

A - Tolérance clinique

La méthode a dû être interrompue du fait de manifestations d'intolérance :

1 - Poussées hypertensives

Malgré un poids sec strictement surveillé voire abaissé, des natrémies maintenues dans les limites physiologiques, et quel que soit le site de la réinfusion (pré ou postdilution), l'utilisation du sérum salé isotonique a été responsable :

- d'augmentation per dialytique des chiffres tensionnels systoliques et diastoliques,
- d'H.T.A. parfois sévère en fin de séance.

Au début de l'application de la technique, les chiffres tensionnels enregistrés tendaient à se normaliser dans la période interdialytique, mais progressivement s'installait une H.T.A. permanente, non volo-dépendante.

Ces constatations sont en accord avec les complications analogues à celles observées lors d'une inflation hydrosodée (H.T.A., hypertrophie ventriculaire gauche), rapportées au début de la pratique de l'hémodiafiltration ou de la biofiltration.

2 - Céphalées = chez 9 malades

Elles sont survenues dans la dernière heure de dialyse lorsque le soluté de réinfusion était du type Ringer Lactate.

Les causes ne nous en paraissent pas claires : absence de modification tension-

nelle et d'anomalies des concentrations ioniques (sodée - calcique - bicarbonatée). Les dosages de lactacidémie effectués se sont tous révélés normaux ; il n'apparaît pas de corrélation entre les céphalées et l'existence d'antécédents d'hépatite virale.

B - Résultats

1 - Équilibre biologique

Par rapport aux données de l'hémodialyse conventionnelle il n'apparaît aucune anomalie biologique évidente. En particulier :

- les natrémies restent, dans tous les cas, dans les marges physiologiques,
- le taux de bicarbonate en fin de dialyse se situe entre 25 et 28 mmol/l (y compris lorsque le soluté utilisé est le bicarbonate).

2 - Évolution clinique

• **Tolérance des séances** : elle est excellente. Il convient de noter en particulier :

- la totale disparition des rares épisodes de frisson - hyperthermie observés auparavant,
- la disparition quasi totale des scapulaires.

• **Équilibre tensionnel** : le *tableau IV* résume les problèmes tensionnels observés. Chez les malades hypertendus et trait-

tés, un accroissement de la charge thérapeutique n'a pas été nécessaire.

• **Des poussées tensionnelles occasionnelles** ont été relevées chez 4 patients sous Ringer Lactate. Peuvent être incriminés :

- une participation volémique chez un patient refusant obstinément la réduction d'un poids sec trop généreux,
- une mauvaise observance thérapeutique dans les 3 autres cas.

• **Les prises de poids interdialytiques** : elles ne sont pas modifiées par rapport à l'hémodialyse classique et s'échelonnent de 1 à 6 kg, en moyenne 2,100 kg.

• **Les canaux carpiens** (cf. *tableau V*) : l'influence de la méthode sur la survenue ou l'évolution des syndromes du canal carpien paraît satisfaisante :

Tableau V.
Canaux carpiens

| Malades | N | Canaux opérés | |
|----------------------------|----|---------------|-------------------|
| Plus de 10 ans de dialyse | 14 | 5 | 13-19-22 24-29 |
| Moins de 10 ans de dialyse | 18 | 0 | |

- 5 malades ont été réopérés : l'ancienneté de la dialyse était de 13 à 29 ans,

- chez 18 malades hémodialysés depuis moins de 10 ans, aucune indication d'intervention n'a été portée.

• **Correction de l'anémie** (cf. *tableau Vbis*) : elle n'est pas influencée par cette technique, si on la juge sur la fréquence d'utilisation de l'érythropoïétine (18 malades sur 30). Le pourcentage de 60 % est identique à celui des autres dialysés dans notre Centre.

• **Étude des Vitesses de Conduction Nerveuse** (cf. *tableau VI*) : l'espoir d'amélioration des V.C.N. par la méthode a été

Tableau IV.

Problèmes hypertensifs

| | avec sérum salé isotonique | avec soluté au Lactate | avec soluté bicarbonate |
|---|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Nombre de malades | 16 | 13 | 2 |
| T.A. normale | 11 | 5 | |
| T.A. normalisée par un traitement qui n'a pas été accru | 5 | 4 | 2 |
| HT.A. | 0 | 4 | |

Tableau Vbis.

Utilisation Érythropoïétine

| | |
|-------|------|
| 18/30 | 60 % |
|-------|------|

Dialyse

Tableau VI.
V.C.N.

| | | |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|
| V.C.N. normale 8 | reste normale aggravée | 8 0 |
| V.C.N. basse 12 | améliorée reste stable aggravée | 1 3 8 |
| Non interprétables | | |
| - non mesurées | 3 | |
| - non comparables | 4 | |
| | normale | 3 |
| | basse | 1 |
| Diabétiques exclus | 3 | |

déçu. La V.C.N. est basse chez 12 patients au début de la méthode, et on observe :

- 1 seule amélioration,
- 8 stabilisations ou aggravations modérées.

Ces résultats décevants doivent cependant être interprétés avec réserve, en raison du manque d'homogénéité de la série : mesures des V.C.N. par des opérateurs différents, interférence possible de facteurs iatrogènes (Cordarone, par exemple).

Il confirme, s'il en est besoin, la difficulté d'améliorer par l'hémodialyse les neuropathies déjà installées.

C - La quantification

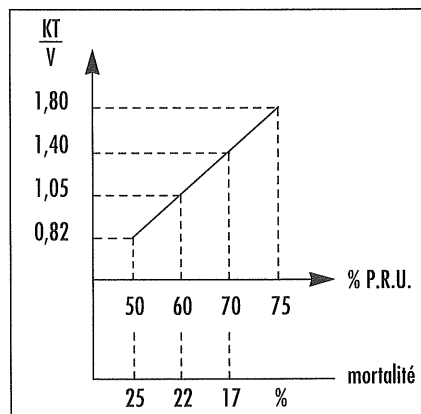
Souscrire à un programme visant à une haute efficacité exigerait un contrôle mesurable, quantifiable, reproductible, de qualité. Mais le concept de dialyse adéquate n'est pas de définition facile et selon les époques, divers critères de bases scientifiques, voire mathématiques ont été proposés (cf. tableau VII).

Dès 1978, Bergstrom et Furst soulignent l'intérêt de l'urée comme marqueur des toxines urémiques. En raison de la diffusibilité de l'urée, l'organisme peut être considéré comme un compartiment unique. L'étude mathématique de l'efficacité de la dialyse fondée sur la modélisation de l'urée s'en trouve facilitée.

1 - Le rapport Kt/V

Sargent et Gotch proposent de mesurer l'indice Kt/V , reflet de la quantité d'épu-

Tableau VII.
Extrait de James T. Boag



ration de l'urée par séance (K représentant la clairance du dialyseur - T la durée de la séance - V le volume de distribution de l'urée, c'est-à-dire le volume de l'eau corporel, estimé à 55 % du poids du corps).

Les critiques faites à cet indice sont justifiées - le K in vivo n'est pas identique à la clairance étudiée in vitro - le volume de l'eau corporelle peut varier selon les individus... Ces critiques sont un argument pour utiliser des méthodes simplifiées pour le calcul du Kt/V ; elles sont actuellement au nombre d'une dizaine fondées sur deux données : le pourcentage de réduction de l'urée et le logarithme népérien du rapport urée pré et post dialyse (cf. tableau VIII).

Ces méthodes simplifiées sont difficilement comparables entre elles - sur les mêmes données le calcul de Kt/V peut varier de 0,98 à 1,43 comme le souligne Movilli dans un article récent (cf. tableau IX).

Tableau IX.
Kt/V obtained for a patient of 70 kg body weight, dialysed for 240 min thrice weekly, Uf 2 kg, BUN pre 70 mg/dl, BUN post 24 mg/dl using the equations previously reported

| Author | Kt/V |
|-------------|------|
| Calzavara | 0.98 |
| Lowrie | 1.07 |
| Ijely | 1.18 |
| Basile | 1.23 |
| Keshaviah | 1.24 |
| Daugirdas 2 | 1.25 |
| Daugirdas 1 | 1.26 |
| Kerr | 1.28 |
| Barth | 1.38 |
| Jindal | 1.43 |

La valeur de cet indice doit donc être interprétée avec bon sens. C'est une mesure approximative et incomplète d'une dialyse adaptée. Néanmoins des valeurs arbitraires sont proposées comme la norme d'une dialyse adéquate. Elles ont souvent varié. Un Kt/V supérieur ou égal à 1,2 est

Tableau VIII.
Most common simplified equations actually in use to directly calculate Kt/V

| Author | Ref | Formula |
|-------------|------|--|
| Jindal | [13] | $Kt/V = 0.04 ((Co - Ct)/Co \times 100) - 1.2$ |
| Keshaviah | [20] | $Kt/V = 1.162 \ln (Co/Ct)$ |
| Lowrie | [17] | $Kt/V = \ln (Co/Ct)$ |
| Barth | [23] | $Kt/V = 0.031 ((Co - Ct)/Co \times 100) - 0.66$ |
| Daugirdas 1 | [15] | $Kt/V = \ln (Ct/Co) - 0.008t - Uf/Wt$ |
| Daugirdas 2 | [21] | $Kt/V = \ln (Ct/Co) - 0.008t + (4 - 3.5 \times Ct/Co) Uf/Wt$ |
| Calzavara | [16] | $Kt/V = (Co - Ct)/((Co + Ct)/2)$ |
| Ijely | [18] | $Kt/V = 0.018 ((Co - Ct)/Co) \times 100$ |
| Basile | [19] | $Kt/V = 0.023 ((Co - Ct)/Co \times 100) - 0.284$ |
| Kerr | [22] | $Kt/V = 0.042 ((Co - Ct)/Co \times 100) - 1.48$ |

Where : Co and Ct are BUN concentrations at the beginning and at the end of dialysis, ln is the natural logarithm, this is the dialysis time, Uf is the intradialytic weight loss, Wt is the dry weight.

considéré comme critère minimal d'une dialyse adéquate.

De nombreuses études semblent confirmer que plus le KT/V est élevé meilleure est la survie, meilleur est le confort des dialysés. Une augmentation de 0,1 du KT/V augmenterait la survie de 5,7 % !

Il n'est pas inutile de rappeler que les meilleurs résultats mondiaux sont obtenus à Tassin où chez les malades dialysés 24 heures par semaine le KT/V atteint 1,66.

Chez nos malades, les résultats se révèlent décevants. Seuls 11 malades sur 28 ont un KT/V supérieur à 1,2, 17 malades ont un KT/V entre 0,9 et 1,1 (cf. *tableau X*).

Tableau X.
Quantification des dialyses

| KT/V | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,8 |
|---|------|----|------|-----|------|-----|------|-----|
| V | 2 | 10 | 5 | 2 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| Nombre de malades | 17 | | | 11 | | | | |
| P.R.U. en tenant compte du rebond de l'urée | 0,53 | | 0,60 | | 0,70 | | 0,80 | |
| | 10 | | 15 | | 4 | | | |

2 - Le rebond de l'urée plasmatique

Dans l'utilisation des membranes à haute perméabilité, il est recommandé de prendre en compte la remontée – le rebond – de l'urée plasmatique dans l'heure qui suit l'arrêt de la dialyse, le taux d'urée plasmatique de fin de dialyse ne reflétant pas celui du compartiment cellulaire. Selon une étude récente, le taux de l'urée plasmatique mesuré 30 minutes avant la fin de la dialyse et après réduction du débit sanguin extracorporel pendant quelques minutes refléterait la valeur de ce rebond.

L'étude du pourcentage de réduction de l'urée selon cette technique a confirmé la médiocrité de nos résultats. Seuls 19 dialysés sur 29 ont un pourcentage de ré-

duction de l'urée égal ou supérieur à 60 %.

CONCLUSION

Notre tentative d'amélioration de la qualité et de l'efficacité de la dialyse par l'association d'une convection « de bas volume » et d'une diffusion n'a pas atteint le but visé, si on se réfère aux exigences d'une dialyse adéquate telle qu'elle est actuellement définie.

Les clairances obtenues par ce procédé ne sont pas égales à la somme des clairances diffusives et convectives et le gain probable sur l'élimination des molécules de haut poids moléculaire se fait au détriment de l'épuration des petites et peut-être des moyennes molécules. Il est difficile de trouver un juste milieu – de Fremont le souligne – de façon à obtenir les meilleurs transferts de masse possibles.

Améliorer les résultats doit être possible en privilégiant :

1 - L'optimisation du débit sanguin extracorporel. Si l'efficacité sur l'élimination des solutés de haut P.M. n'est pas évidente selon un travail récent de Leyboldt, elle est certaine sur l'épuration des petites molécules et donc sur le KT/V .

2 - L'augmentation du débit du dialysat. Un débit élevé (700-800 ml/min) semblerait augmenter la perméabilité du dialyseur et entraîner une augmentation du coefficient de transfert de masse de l'urée par unité de surface.

3 - Le choix de membrane de grande surface, autre déterminant majeur de l'efficacité de l'épuration.

4 - La préservation stricte des voies d'abord = évaluation de la qualité des accès vasculaires, du débit sanguin des fistules, du taux de recirculation. Choix des sites de ponction.

5 - La réinjection du soluté en postdilution. Sans tenir compte du rebond de

l'urée, avec une réinjection en postdilution, chez 22 malades sur 26, le pourcentage de réduction de l'urée atteint 60 %. Mais ce choix va imposer des solutés plus proches de la composition ionique du plasma sanguin que le sérum salé isotonique (et entraîner obligatoirement un accroissement des coûts).

6 - L'allongement du temps de dialyse, principal facteur qui, à lui seul, permettrait de conserver la contribution convective sans réduire la composante diffusive.

Sans doute, serait-il bon d'étudier également :

1 - La contribution adsorptive de certaines membranes type P.M.M.A. pour l'élimination des solutés de haut P.M. et en particulier de la B2 microglobuline sans avoir à trop se préoccuper de la convection.

2 - Le couple hémodiafiltration – adsorption en associant dialyseur polysulfone haute perméabilité et dialyseur polyméthyl acrylate, proposition faite récemment par l'équipe de Montpellier.

Enfin, l'exercice physique perdiaalytique (Congrès de l'American Society of Nephrology, San Diego, nov. 1995) augmenterait de façon significative le KT/V et réduirait le rebond post dialytique de l'urée : faudra-t-il donner à nos salles de dialyse un air de gymnase et embaucher des moniteurs de sport ?

EN CONCLUSION

L'adoption d'un dialysat au bicarbonate avec une eau parfaitement pure, et le choix de membranes de haute perméabilité et de grande biocompatibilité ont contribué pour l'essentiel à l'amélioration de l'état de nos malades.

Par contre, cette tentative d'une hémodiafiltration à bas volume n'a pas donné vraiment totale satisfaction pour un fort pourcentage de nos malades.

La réduction du temps de dialyse ne peut donc être le résultat d'une telle technique.

Dialyse

Bien au contraire, son adoption doit sans doute incliner à un allongement du temps de dialyse.

Le gain sur l'élimination de grosses molécules est très probable. Mais descendre au dessous de 15 heures de dialyse par semaine est une décision qui ne devrait être prise qu'avec une extrême prudence.

Références bibliographiques

- (1) Bosc J.V., Canaud B., Bonnardet A., Gistol J.P., Garred L.J., Bouloux C., Mion C., *Hémodiafiltration, adsorption couplée: une technique novatrice pour l'épuration de la B2 microglobuline*. Résumés 3^e Réunion Annuelle de la Société Francophone de dialyse, Turin, 4-5 déc. 1995, p. 111.
- (2) B. Canaud, *La dialyse adéquate revisitée*. Néphrologie n° 6, 1995, p. 393-396.
- (3) Charra B., Caemard E., Ruffet M., Chazot C., Terrat J.C., Vanel T., Laurent G., *Survival as an index of adequacy of dialysis*. Kidney Int 41, 1992, p. 1286-1291.
- (4) C. Ronco, *Backfiltration in clinical dialysis - nature of the phenomenon, mechanisms and possible solutions*. The intern. Journal of Artificial organs, vol. 13, n° 1, 1990, p. 11-21.
- (5) B.J.F. de Fremont, *Dialyse à haute efficacité*. Dyalog 13 et 14, 1990.
- (6) M. El Akrouf, M. Jadoul, *Méthodologie et utilisation pratique en hémodialyse du pourcentage de réduction de l'urée (PRU)*. Néphrologie, n° 6, 1995, p. 413-418.
- (7) E. Fries, L.G. Nilsson, *Les caractéristiques des membranes de dialyse actuelles*. Revue Échanges AFIDTN n° 38, 1995, p. 24-29.
- (8) L. Simard, J.M. Donat, *Le rôle de l'adsorption de la membrane dans les échanges dialytiques*. Revue Échanges AFIDTN n° 38, 1995, p. 30-37.
- (9) J.K. Leypoldt, A.K. Cheung, *Removal of high - molecular weight solutes during high efficiency and high flux haemodialysis*. Nephrol. Dial. Transplant, 1966, 11, p. 329-335.
- (10) J.K. Leypoldt, B. Schmidt, H.J. Gurland, *Net ultrafiltration May not eliminate Backfiltration during Hemodialysis with Highly Permeable Membranes*. Artif. Organs, vol. 15, n° 3, 1991, p. 164-170.
- (11) E. Movolli, *Simplified approaches to calculate KT/V. It's time for agreement*. Nephrol. Dial. Transplant, 1996, 11, p. 24-27.
- (12) Journées annuelles de la Société de Néphrologie, Bron, octobre 1990. *Nutrition et Modélisation des séances d'hémodialyse*.
- (13) *Treatment of adult patients with renal failure. Recommended standards and audit measures*. Prepared by Standards Subcommittee of the Renal Association of behalf of the Renal Association and the Royal College of Physicians of London, April 1995.



(Illustration tirée de la revue FNAIR, avec l'aimable autorisation de son auteur, D. BOUZOU)