

Rôle de la fonction rénale résiduelle dans la balance sodée du dialysé : est-ce un bénéfice ou un risque ?

Residual renal function in dialysis patients

B Canaud^{1, 2, 3*}, L Chenine¹, D Henriet¹, H Leray Moragues¹, JP Cristol⁴

¹Service de Néphrologie, Dialyse et Soins Intensifs, Hôpital Lapeyronie - CHU Montpellier, 375, Avenue du Doyen Giraud, 34295 Montpellier, France

²AIDER, Hôpital Lapeyronie - CHU Montpellier, 375, Avenue du Doyen Giraud, 34295 Montpellier, France

³Institut de Recherche et Formation en Dialyse, Hôpital Lapeyronie - CHU Montpellier, 375, Avenue du Doyen Giraud, 34295 Montpellier, France

⁴Laboratoire de Biochimie, Hôpital Lapeyronie - CHU Montpellier, 375, Avenue du Doyen Giraud, 34295 Montpellier, France

MOTS CLÉS

Fonction rénale résiduelle ;
Pathologie rénale chronique ;
L'efficacité de la dialyse ;
Dialyse péritonéale ;
L'hémodialyse

Résumé La fonction rénale résiduelle (FRR) contribue à l'obtention d'un traitement suffisant chez les patients CKD-5 et pourrait faciliter l'acceptation de la part des patients d'une greffe rénale en minimisant les contraintes diététiques et fluidiques, accompagnée d'une amélioration des impacts de la dialyse sur les patients aujourd'hui confirmée. Les tentatives de préservation de la FRR chez les patients CKD-5 légers restent encore à débattre.

Dans cette revue nous analysons le rôle du traitement de remplacement rénal chez le dialysé. Quels sont les effets positifs et bénéfiques du maintien de la FRR ? Quels sont les effets négatifs et les risques du maintien d'une FRR ? A quel prix le maintien du FRR est-elle obtenue ?

La préservation de la FRR est sans doute un moyen intéressant d'améliorer l'efficacité de la transplantation rénale pour réduire les restrictions en matière de la prise de fluides. Cependant, on ne doit pas considérer le maintien de la FRR comme le but d'une adéquation de dialyse chez les patients dialysés mais plutôt un moyen d'optimiser la thérapie de remplacement rénal. On doit également considérer la préservation de la FRR comme un compromis permanent entre le confort du patient et la surcharge chronique en fluides avec ses conséquences nuisibles.

© 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS


Residual kidney function;
Chronic kidney disease;
Dialysis adequacy;
Peritoneal dialysis;
Hemodialysis

Abstract Residual renal function (RRF) contributes to the achievement of treatment adequacy in CKD-5 patients. It may facilitate patients' acceptance of renal replacement therapy (RRT) in minimizing dietary and fluid restriction. It has been confirmed to improve dialysis patient outcomes. Attempts to preserve RKF in incident CKD-5 patients are still subject to controversies.

In this review we analyze the role of RRT in dialysis patient. What are the positive and the beneficial effects of maintaining RRF? What are the negative and the risks of maintaining a RRF? At what expense the maintenance of RRF is achieved?

*Auteur correspondant

Adresse e-mail : b-canaud@chu-montpellier.fr



Preservation of RRF is undoubtedly an interesting means to enhance the efficacy of renal replacement therapy and reduce dietary fluid restriction. However, maintenance of RRF should not be considered as a goal of dialysis adequacy in dialysis patients but rather a means of optimizing RRT. Further, preservation of RRF should be considered as a permanent trade-off between patient comfort and chronic fluid volume overload with its deleterious effects.

© 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Introduction

La fonction rénale résiduelle (FRR) est un élément intéressant chez les patients dialysés dans la mesure où elle contribue à rendre plus efficace le programme de dialyse et à réduire leur morbi-mortalité [1]. La fonction rénale résiduelle permet la mise en place d'un traitement de suppléance de façon progressive et incrémentielle. Elle facilite son acceptation en réduisant les contraintes et les restrictions diététiques. La fonction rénale résiduelle permet d'accroître substantiellement l'élimination de toxines urémiques, notamment celles de moyen et haut poids moléculaire. De plus, il a été également montré que le maintien d'une fonction rénale résiduelle contribuait à réduire la morbi-mortalité des patients dialysés [2]. La préservation de la fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés est un vieux dilemme qui demeure source de débats dans la communauté néphrologique [3,4,5].

Le but de cet article est d'analyser de façon objective les bénéfices et les risques à maintenir une fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés. Nous explorerons trois aspects : 1. Quels sont les aspects positifs du maintien de la fonction rénale résiduelle chez le patient dialysé ? 2. Quels sont les effets négatifs du maintien de la fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés ? 3. Quels sont les facteurs impliqués dans la perte de fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés.

Quels sont les effets positifs liés du maintien de la fonction rénale résiduelle chez le patient dialysé ?

En dépit de valeurs très basses, la fonction rénale résiduelle peut jouer un rôle très significatif dans le maintien de l'efficacité globale du traitement de suppléance rénale [6]. La fonction rénale résiduelle facilite en effet l'obtention d'une dialyse efficace et adéquate, en particulier chez les patients dialysés péritonéaux [7].

La fonction rénale résiduelle contribue de façon variable à l'efficacité globale du traitement de sup-

pléance rénale en ajoutant une composante rénale native (clairance rénale native) à celle de la composante extracorporelle (clairance dialytique) [8]. Les toxines urémiques éliminées par les reins propres sont qualitativement et quantitativement différentes de celles éliminées par le traitement de suppléance extra-rénal. Les toxines urémiques éliminées ou catabolisées par les reins natifs ont un poids moléculaire habituellement supérieur à celles éliminées par hémodialyse y compris en hémodialyse à haute perméabilité ou en dialyse péritonéale automatisée à haute efficacité. La contribution de la fonction rénale résiduelle à l'efficacité globale du traitement est plus importante chez les patients en dialyse péritonéale que ceux en hémodialyse y compris sur l'épuration des solutés de faible poids moléculaire comme l'urée. En prenant comme référence la clairance hebdomadaire de l'urée (ou de la créatinine), il est facile de montrer qu'une clairance résiduelle de l'ordre de 1 ml/mn augmente de 10 à 20 % la dose de dialyse hebdomadaire administrée chez un patient hémodialysé, alors qu'elle augmente de 30 à 40 % celle d'un patient en dialyse péritonéale.

La fonction rénale résiduelle a également des effets positifs chez les patients insuffisants rénaux stade-5 incidents et débutant le traitement de suppléance extra-rénale. C'est un élément d'appoint essentiel à la dialyse péritonéale qui permet d'instaurer un traitement progressif facilitant son acceptation et garantissant son efficacité. C'est également un élément très intéressant qui peut être utilisé pour mettre en place une hémodialyse incrémentielle progressive et faciliter ainsi l'acceptation des contraintes thérapeutiques et diététiques. La conservation d'une fonction rénale résiduelle permet également de développer des programmes plus spécifiquement adaptés aux besoins individuels de chaque patient [9]. De façon évidente, le maintien d'une diurèse significative (plus de 500 ml/j soit 1000 ml/48h) est également très intéressante chez les patients traités de façon intermittente car elle réduit les contraintes diététiques et les restrictions sodiques et hydriques des phases inter-dialytiques. La perte sodique peut être facilement évaluée au cours des mesures de clai-

rance résiduelle, elle excède rarement 90 à 100 mmol/48h soit 6 à 7 g de NaCl. La fonction rénale résiduelle assure l'épuration de toxines urémiques de moyen et haut poids moléculaire ce qui permet d'en réduire les taux circulants, cela est particulièrement intéressant pour des substances de type β^2 microglobuline, Advanced Glycation End Products (AGE) et Advanced Oxidized Protein Products (AOPP) [10-12]. En dernier lieu, la conservation d'une fonction rénale résiduelle significative facilite le contrôle de l'hyperphosphatémie et de l'hyperkaliémie, facilite la correction de l'anémie tout en réduisant les besoins en Erythropoïétine, améliore l'état nutritionnel et le profil métabolique (lipidique, stress oxydatif...), améliore la qualité de vie et la survie des patients dialysés [13-15].

Quels sont les effets négatifs liés au maintien d'une fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés ?

En dehors des aspects positifs précédemment évoqués, il est évident que le maintien d'une fonction rénale résiduelle peut être délétère et parfois même aggraver une situation co-morbide déjà complexe. Pour illustrer ce propos, deux exemples peuvent être choisis : le premier est celui lié à la dénutrition ; le second est celui lié à la persistance d'une surcharge volémique chronique infra-clinique.

Le maintien de la diurèse et de la fonction rénale pérennise de façon évidente la dénutrition protidique et l'hypoalbuminémie des patients présentant une protéinurie massive. De telles situations sont fréquemment observées chez les patients porteurs d'une glomérulonéphrite chronique (primitive ou secondaire) fortement protéinurique, ou chez ceux ayant développés une néphropathie diabétique. Dans ces cas, il semble préférable d'arrêter très rapidement tous les traitements anti-hypertenseurs, y compris ceux à visée anti-protéinuriques (inhibiteurs d'enzyme de conversion, antagonistes des récepteurs de l'angiotensine) et de corriger la surcharge du volume extracellulaire par dialyse et ultrafiltration. Cela peut être obtenu par une ultrafiltration agressive réalisée en hémodialyse ou en dialyse péritonéale. L'objectif est en effet de rendre le plus rapidement possible anuriques ces patients afin de bloquer leurs fuites protéiques urinaires. Cette attitude apparaît beaucoup plus logique que celle qui consisterait à maintenir des médicaments anti-protéinuriques dans l'idée de préserver la fonction rénale.

Le maintien ou la récupération d'une fonction rénale résiduelle chez un patient dialysé équilibré, c'est-à-dire au-delà du 6^e mois de traitement de suppléance, doit faire suspecter en premier lieu une surcharge du volume extracellulaire. Pour tout clinicien, la question permanente de base face à un patient dialysé est d'identifier les signes de surcharge chronique du volume extracellulaire afin de les corriger et prévenir ainsi les complications ultérieures. Le rétablissement et le maintien du « poids sec » sont des objectifs essentiels qui doivent être obtenus très régulièrement [16]. En effet, la préservation de la diurèse doit toujours être considérée comme un équilibre fragile, entre d'une part, les effets bénéfiques du maintien de la fonction rénale et d'autre part, les conséquences néfastes et délétères d'une surcharge chronique du volume extracellulaire [17]. L'inflation sodée chronique représente le principal facteur d'aggravation de l'hypertension et de l'insuffisance cardiaque des patients dialysés. Plusieurs travaux ont parfaitement démontré le rôle néfaste de la surcharge volémique chronique chez les dialysés [18,19]. Plusieurs études ont également montré que la présence d'une fonction rénale résiduelle était très fréquemment associée chez les patients dialysés à une surcharge du volume extracellulaire et une insuffisance cardiaque combinant une hypertrophie et une dilatation du ventricule gauche [20,21]. De façon également intéressante, il a été bien montré chez les patients hémodialysés que la correction de la surcharge volémique extracellulaire, associant une restriction sodée stricte et une intensification du programme d'ultrafiltration et baisse progressive du « poids sec » était capable de contrôler la pression artérielle et de corriger la dilatation ventriculaire gauche, mais cela au prix d'une disparition de la fonction rénale résiduelle [22]. En dialyse péritonéale, à l'opposé, l'équilibre du volume extracellulaire est souvent beaucoup plus difficile à obtenir, car il apparaît lié au maintien de la fonction rénale résiduelle et à la préservation de la capacité d'ultrafiltration péritonéale [23-25]. En d'autres termes, chez les patients en dialyse péritonéale, la fonction rénale résiduelle a une double signification, d'une part, elle tend à protéger contre la surcharge volémique, et d'autre part, elle est le reflet d'un mauvais équilibre du volume extracellulaire et d'une surcharge chronique avec perte de capacité d'ultrafiltration [26,27]. L'incapacité à atteindre ou à restaurer l'équilibre du volume extracellulaire chez les patients dialysés péritonéaux est une indication de transfert rapide en hémodialyse pour préserver leur survie [28,29]. La récupération ou la persistance d'une diurèse d'une

fonction rénale résiduelle chez un patient hémodialysé hypertendu doit faire craindre au néphrologue une surcharge du volume extracellulaire. Cela doit le conduire à réviser ses prescriptions et à réduire le « poids sec » par un programme de dialyse intensifié (allongement de la durée des séances, dialyse quotidienne, ultrafiltration isolée intermédiaire). Plusieurs études récentes montrent également que les patients dialysés qui conservent une fonction rénale présentent volontiers également, une surcharge volémique chronique, une dilatation ventriculaire gauche et un état de dénutrition inflammatoire [30]. La surcharge volémique chronique est une cause reconnue d'état inflammatoire chronique et de dénutrition [31,32]. Le maintien d'une fonction rénale dans ces conditions n'est pas souhaitable ni même acceptable chez des patients présentant déjà le plus souvent un risque cardio-vasculaire marqué et un état de dénutrition sévère [33]. La pratique clinique quotidienne tend également à confirmer le fait qu'un programme de dialyse (hémodialyse et dialyse péritonéale) comportant une ultrafiltration adaptée et régulièrement révisée visant à obtenir le poids idéal, que tend à réduire et abolir en quelques mois la fonction rénale résiduelle [34].

De façon évidente, l'estimation du « poids sec » d'un patient dialysé est difficile et éminemment subjective [35]. C'est un combat permanent contre les patients qui considèrent qu'il s'agit là d'une atteinte à leur image corporelle et à leur qualité de vie. Des outils facilitant l'évaluation du volume extracellulaire et de l'hydratation des patients dialysés sont évidemment souhaitables. La mesure par bio-impédance des différents compartiments (eau corporelle totale ou segmentaire) semble être la méthode la plus intéressante du fait de sa simplicité et de son caractère non invasif. Sa reproductibilité doit être confirmée dans des études cliniques. De nombreux travaux ont montré par des études transversales ou longitudinales de bio-impédancemétrie chez les patients dialysés (dialyse péritonéale ou hémodialyse) que la surcharge du volume extracellulaire était un problème très commun [36,37].

Quels sont les facteurs impliqués dans la perte de fonction rénale des patients dialysés ?

La perte de fonction rénale résiduelle est un phénomène communément observé chez tous les patients dialysés [38]. C'est un phénomène inévitable dû à la dégénérescence progressive de la maladie rénale chronique. Cependant, la perte de

fonction rénale résiduelle n'est pas homogène au sein des dialysés et se trouve affectée par de nombreux facteurs liés aux modalités thérapeutiques ou même aux pratiques médicales [39-42]. La persistance d'une fonction rénale résiduelle significative (plus de 1 ml/mn) est relativement inhabituelle (10 à 15 % des patients) après un an de traitement régulier bien conduit en hémodialyse. La diurèse et la fonction rénale résiduelle persistent plus longtemps chez les patients en dialyse péritonéale qu'en hémodialyse. Il s'agit là d'un fait communément admis. Cela dit, les données scientifiques confirmant cette affirmation sont rares et les facteurs confondants très nombreux au sein de ces études [43]. Les déterminants de la perte de fonction rénale en dialyse sont multifactoriels et peuvent être classés de façon schématique en trois catégories : des facteurs liés au patient lui-même ; des facteurs liés aux pratiques médicales ; des facteurs liés à la modalité de dialyse [44-46].

Les facteurs liés au patient associent l'âge, la néphropathie causale et les co-morbidités telles les maladies vasculaires, l'hypertension ou le diabète [47]. Il est connu par exemple, que les patients porteurs d'une néphropathie chronique interstitielle (toxique, infectieuse, lithiasique...) conservent une fonction rénale résiduelle beaucoup plus longtemps que ceux atteints d'autres néphropathies. Les sujets âgés ou athéromateux perdent leur fonction rénale beaucoup plus rapidement lorsqu'ils sont traités en hémodialyse. Les patients transplantés rénaux perdent également très rapidement leur fonction rénale à la reprise en dialyse [48]. Les pathologies intercurrentes de type événement cardio-vasculaire, état septique ou inflammatoire, état de choc, peuvent précipiter très rapidement la perte de fonction rénale chez un dialysé.

Les facteurs liés aux pratiques médicales sont essentiellement dominés par l'intensité et la rapidité d'obtention du poids sec. En effet, plus la déplétion sodée est rapide et agressive, et plus rapide est la perte de fonction rénale. Cela est vrai aussi bien pour les patients en dialyse péritonéale que pour ceux en hémodialyse. Plusieurs facteurs peuvent précipiter la perte de fonction rénale résiduelle, l'utilisation de substances néphrotoxiques, de produits de contraste iodés, ou parfois même l'utilisation d'anti-hypertenseur [49].

Les facteurs liés aux modalités de suppléance extra rénale sont également mieux identifiés. Les diverses modalités de dialyse péritonéale ont été longtemps considérées comme la seule façon de préserver la fonction rénale résiduelle chez les patients dialysés. La plupart de ces études sont non contrôlées et non appariées pour la néphropathie,

l'âge ou les co-morbidités. Ces études suggèrent que la perte de fonction rénale est plus rapide en hémodialyse qu'en dialyse péritonéale. Des études plus récentes, comparant l'hémodialyse contemporaine à la dialyse péritonéale, sont beaucoup moins probantes sur la différence de perte de fonction rénale. Certaines montrent même que la perte de filtration glomérulaire est virtuellement identique en dialyse péritonéale et en hémodialyse [50]. Il est intéressant de constater que ces études reposent sur des schémas de dialyse optimisés, comportant des membranes synthétiques de haute perméabilité, un dialysat bicarbonaté ultrapur et des générateurs avec maîtres d'ultrafiltration [51-53]. Dans ces cas, la prévention des épisodes d'hypotension artérielle per-dialytique tend à démontrer que la perte de fonction rénale est identique dans les deux modalités. De plus, plusieurs études récentes en dialyse péritonéale ont montré que l'intensification de l'efficacité du traitement de suppléance par dialyse péritonéale quotidienne automatisée avec un contrôle strict de l'ultrafiltration s'accompagnait d'une perte rapide de la fonction rénale [54-56]. Ainsi la supériorité de la dialyse péritonéale vis-à-vis de l'hémodialyse dans sa capacité à préserver la fonction rénale n'apparaît plus aussi probante qu'elle était dans des études historiques.

La protection de la fonction rénale doit néanmoins être envisagée, elle répond à de nombreux facteurs qui ont pu être identifiés tant en dialyse péritonéale qu'en hémodialyse [57]. En dialyse péritonéale, elle répond à la prévention d'hypotension artérielle chronique, à l'utilisation de solutions péritonéales biocompatibles [58-61], à la suppression des substances néphrotoxiques, à la correction de l'anémie et éventuellement à l'utilisation de diurétiques et d'antagonistes des récepteurs de l'angiotensine [62-65]. En hémodialyse, la préservation de la fonction rénale peut être en partie assurée en évitant les épisodes d'hypotension artérielle per-dialytique, en utilisant des dialyseurs à membrane haute perméabilité biocompatible avec un dialysat ultrapur, en corrigeant l'anémie et en restreignant l'utilisation d'antihypertenseurs et de substances néphrotoxiques.

En conclusion, quel message à retenir pour améliorer nos pratiques quotidiennes ?

La préservation de la fonction rénale résiduelle est une préoccupation clinique pertinente chez les patients dialysés [66]. C'est le reflet d'un équilibre subtil bénéfices/risques. La préservation de la fonc-

tion rénale doit toujours être considérée comme un compromis entre le confort du patient avec sa liberté diététique et la surcharge volémique chronique avec ses conséquences délétères cardiaques et nutritionnelles [67]. Le maintien de la fonction rénale résiduelle est particulièrement sensible chez les patients dialysés péritonéaux : d'une part, il prévient la surcharge volémique et d'autre part, il tend à être l'expression même de cette surcharge volémique [68]. En conséquence, le maintien de la fonction rénale résiduelle ne doit jamais être considéré comme un objectif de dialyse adéquate chez les patients dialysés, mais plutôt un moyen intéressant d'optimiser l'efficacité du traitement de suppléance. L'amélioration de la survie des patients dialysés passe par un contrôle strict du volume extracellulaire qui doit demeurer une priorité absolue quelles qu'en soient ses conséquences sur la fonction rénale résiduelle.

Références

- [1] Shahid M, Chandna, Ken Farrington. Residual Renal Function: Considerations on its importance and preservation in Dialysis Patients. *Sem Dialysis* 2004;17;3:196.
- [2] Shemin D, Bostom AG, Laliberty P, Dworkin LD. Residual renal function and mortality risk in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2001;38(1):85-90.
- [3] Wang T, Ye RG, Zhen ZH, Li HQ, Mai WY. Influence of peritoneal dialysis on the progression of chronic renal failure. *Adv Perit Dial* 1995;11:139-41.
- [4] Lameire NH. The impact of residual renal function on the adequacy of peritoneal dialysis. *Nephron* 1997;77(1):13-28.
- [5] Horinek A, Misra M. Does residual renal function decline more rapidly in hemodialysis than in peritoneal dialysis? How good is the evidence? *Adv Perit Dial* 2004;20:137-40.
- [6] Bargman JM, Thorpe KE, Churchill DN; CANUSA Peritoneal Dialysis Study Group. Relative contribution of residual renal function and peritoneal clearance to adequacy of dialysis: a reanalysis of the CANUSA study. *J Am Soc Nephrol* 2001;12(10):2158-62.
- [7] van den Wall Bake AW, Kooman JP, Lange JM, Smit W. Adequacy of peritoneal dialysis and the importance of preserving residual renal function. *Nephrol Dial Transplant* 2006;21(2):ii34-7.
- [8] Termorshuizen F, Dekker FW, van Manen JG, Korevaar JC, Boeschoten EW, Krediet RT; NECOSAD Study Group. Relative contribution of residual renal function and different measures of adequacy to survival in hemodialysis patients: an analysis of the Netherlands Cooperative Study on the Adequacy of Dialysis (NECOSAD)-2. *J Am Soc Nephrol* 2004;15(4):1061-70.
- [9] Piccoli GB, Burdese M, Mezza E, Consiglio V, Mangiarotti G, Thea A, et al. Maintenance of residual renal function 10 years after the start of hemodialysis: the advantage of tailored schedules ? *Int J Artif Organs* 2004;27(3):251-4.
- [10] Assounga A, Canaud B, Flavien JL, Slingeneyer A, Robinet-Levy M, Aznar R, et al. Que signifie la B2 Microglobuline circulante chez les urémiques en traitement de suppléance ? *Néphrologie* 1987;8(6):301-6.

- [11] Amici G, Virga G, Da Rin G, Grandesso S, Vianello A, Gatti P, et al. Serum beta-2-microglobulin level and residual renal function in peritoneal dialysis. *Nephron* 1993;65(3):469-71.
- [12] Suliman ME, Heimbürger O, Barany P, Anderstam B, Pecoits-Filho R, Rodriguez Ayala E, et al. Plasma pentosidine is associated with inflammation and malnutrition in end-stage renal disease patients starting on dialysis therapy. *J Am Soc Nephrol* 2003;14(6):1614-22.
- [13] Shemin D, Bostom AG, Lambert C, Hill C, Kitsen J, Kliger AS. Residual renal function in a large cohort of peritoneal dialysis patients: change over time, impact on mortality and nutrition. *Perit Dial Int* 2000;20(4):439-44.
- [14] Suda T, Hiroshige K, Ohta T, Watanabe Y, Iwamoto M, Kanegae K, et al. The contribution of residual renal function to overall nutritional status in chronic haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2000;15(3):396-401.
- [15] Wang AY, Sea MM, Ip R, Law MC, Chow KM, Lui SF, et al. Independent effects of residual renal function and dialysis adequacy on dietary micronutrient intakes in patients receiving continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Am J Clin Nutr* 2002;76(3):569-76.
- [16] Stegmayr BG. Ultrafiltration and dry weight-what are the cardiovascular effects? *Artif Organs* 2003;27(3):227-9.
- [17] Tzamaloukas AH. Risk of extracellular volume expansion in long-term peritoneal dialysis. *Adv Perit Dial* 2005;21:106-11.
- [18] Charra B. 'Dry weight' in dialysis: the history of a concept. *Nephrol Dial Transplant* 1998;13(7):1882-5.
- [19] Katzarski KS, Charra B, Luik AJ, Nisell J, Divino Filho JC, Leyboldt JK, et al. Fluid state and blood pressure control in patients treated with long and short haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 1999;14(2):369-75.
- [20] Wang AY, Wang M, Woo J, Law MC, Chow KM, Li PK, et al. A novel association between residual renal function and left ventricular hypertrophy in peritoneal dialysis patients. *Kidney Int* 2002;62(2):639-47.
- [21] Gunal AI, Kirciman E, Guler M, Yavuzkir M, Celiker H. Should the preservation of residual renal function cost volume overload and its consequence left ventricular hypertrophy in new hemodialysis patients? *Ren Fail* 2004;26(4):405-9.
- [22] Ozkahya M, Ok E, Toz H, Asci G, Duman S, Basci A, et al. Long-term survival rates in haemodialysis patients treated with strict volume control. *Nephrol Dial Transplant* 2006;21(12):3506-13.
- [23] Chung SH, Heimbürger O, Stenvinkel P, Bergstrom J, Lindholm B. Association between inflammation and changes in residual renal function and peritoneal transport rate during the first year of dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2001;16(11):2240-5.
- [24] Heimbürger O. Residual renal function, peritoneal transport characteristics and dialysis adequacy in peritoneal dialysis. *Kidney Int Suppl* 1996;56:S47-55.
- [25] Kooman JP, Cnossen N, Konings CJ, van der Sande FM, Leunissen KM. Is there a competition between urine volume and peritoneal ultrafiltration in peritoneal dialysis patients? *Contrib Nephrol* 2006;150:111-8.
- [26] Smit W, Schouten N, van den Berg N, Langedijk MJ, Struijk DG, Krediet RT; The Netherlands Ultrafiltration Failure Study Group. Analysis of the prevalence and causes of ultrafiltration failure during long-term peritoneal dialysis: a cross-sectional study. *Perit Dial Int* 2004;24(6):562-70.
- [27] Cheng LT, Chen W, Tang W, Wang T. Residual renal function and volume control in peritoneal dialysis patients. *Nephron Clin Pract* 2006;104(1):c47-54. Epub 2006 May 1.
- [28] Khandelwal M, Oreopoulos D. Sodium and volume overload in peritoneal dialysis: limitations of current treatment and possible solutions. *Int Urol Nephrol* 2004;36(1):101-7.
- [29] Panagoutsos S, Kantartzi K, Passadakis P, Yannatos E, Mourvati E, Theodoridis M, et al. Timely transfer of peritoneal dialysis patients to hemodialysis improves survival rates. *Clin Nephrol* 2006;65(1):43-7.
- [30] Wang AY, Wang M, Woo J, Lam CW, Lui SF, Li PK, et al. Inflammation, residual kidney function, and cardiac hypertrophy are interrelated and combine adversely to enhance mortality and cardiovascular death risk of peritoneal dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2004;15(8):2186-94.
- [31] Cheng LT, Tang W, Wang T. Strong association between volume status and nutritional status in peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2005;45(5):891-902.
- [32] Lo WK. Serum parameters, inflammation, renal function and patient outcome. *Contrib Nephrol* 2006;150:152-5.
- [33] Chung SH, Heimbürger O, Stenvinkel P, Qureshi AR, Lindholm B. Association between residual renal function, inflammation and patient survival in new peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18(3):590-7.
- [34] Asci G, Ozkahya M, Duman S, Toz H, Erten S, Ok E. Volume control associated with better cardiac function in long-term peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2006;26(1):85-8.
- [35] Chazot C, Charra B, Vo Van C, Jean G, Vanel T, Caemard E, et al. The Janus-faced aspect of 'dry weight'. *Nephrol Dial Transplant* 1999;14(1):121-4.
- [36] Kuhlmann MK, Zhu F, Seibert E, Levin NW. Bioimpedance, dry weight and blood pressure control: new methods and consequences. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2005;14(6):543-9.
- [37] Levin NW, Zhu F, Seibert E, Ronco C, Kuhlmann MK. Use of segmental multifrequency bioimpedance spectroscopy in hemodialysis. *Contrib Nephrol* 2005;149:162-7.
- [38] Hidaka H, Nakao T. Preservation of residual renal function and factors affecting its decline in patients on peritoneal dialysis. *Nephrology* 2003;8(4):184-91.
- [39] Misra M, Vonesh E, Churchill DN, Moore HL, Van Stone JC, Nolph KD. Preservation of glomerular filtration rate on dialysis when adjusted for patient dropout. *Kidney Int* 2000;57(2):69-6.
- [40] Singhal MK, Bhaskaran S, Vidgen E, Bargman JM, Vas SI, Oreopoulos DG. Rate of decline of residual renal function in patients on continuous peritoneal dialysis and factors affecting it. *Perit Dial Int* 2000;20(4):429-38.
- [41] Schiffel H. Choice of dialysis membrane does not influence the outcome of residual renal function in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 1995;10(6):911-2.
- [42] Johnson DW, Mudge DW, Sturtevant JM, Hawley CM, Campbell SB, Isbel NM, et al. Predictors of decline of residual renal function in new peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2003;23(3):276-83.
- [43] Szeto CC, Wong TY, Chow KM, Leung CB, Li PK. Are peritoneal dialysis patients with and without residual renal function equivalent for survival study? Insight from a retrospective review of the cause of death. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18(5):977-82.
- [44] Jansen MA, Hart AA, Korevaar JC, Dekker FW, Boeschoten EW, Krediet RT; NECOSAD Study Group. Predictors of the rate of decline of residual renal function in incident dialysis patients. *Kidney Int* 2002;62(3):1046-53.
- [45] Moist LM, Port FK, Orzol SM, Young EW, Ostbye T, Wolfe RA, et al. Predictors of loss of residual renal function among new dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2000;11(3):556-64.

- [46] Lang SM, Bergner A, Topfer M, Schiff H. Preservation of residual renal function in dialysis patients: effects of dialysis-technique-related factors. *Perit Dial Int* 2001;21(1):52-7.
- [47] Adriana M. Hung, Belinda S. Young, Glenn M. Chertow. The decline in residual renal function in hemodialysis is slow and age dependent. *Hemodialysis Intern* 2003;7;1:17.
- [48] Schiff H, Mucke C, Lang SM. Rapid decline of residual renal function in patients with late renal transplant failure who are re-treated with CAPD. *Perit Dial Int* 2003;23(4):398-400.
- [49] Shemin D, Maaz D, St Pierre D, Kahn SI, Chazan JA. Effect of aminoglycoside use on residual renal function in peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 1999;34(1):14-20.
- [50] McKane W, Chandna SM, Tattersall JE, Greenwood RN, Farrington K. Identical decline of residual renal function in high-flux biocompatible hemodialysis and CAPD. *Kidney Int* 2002;61(1):256-65.
- [51] Hartmann J, Fricke H, Schiff H. Biocompatible membranes preserve residual renal function in patients undergoing regular hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 1997;30(3):366-73.
- [52] McCarthy JT, Jenson BM, Squillace DP, Williams AW. Improved preservation of residual renal function in chronic hemodialysis patients using polysulfone dialyzers. *Am J Kidney Dis* 1997;29(4):576-83.
- [53] Schiff H, Lang SM, Fischer R. Ultrapure dialysis fluid slows loss of residual renal function in new dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2002;17(10):1814-8.
- [54] Hiroshige K, Yuu K, Soejima M, Takasugi M, Kuroiwa A. Rapid decline of residual renal function in patients on automated peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 1996;16(3):307-15.
- [55] Hufnagel G, Michel C, Queffeuilou G, Skhiri H, Damieri H, Mignon F. The influence of automated peritoneal dialysis on the decrease in residual renal function. *Nephrol Dial Transplant* 1999;14(5):1224-8.
- [56] Van Biesen W, Lameire NH. Residual renal function in automated peritoneal dialysis. *Contrib Nephrol* 1999;129:229-46.
- [57] Krediet RT. How to preserve residual renal function in patients with chronic kidney disease and on dialysis? *Nephrol Dial Transplant*. 2006;21(2):ii42-6.
- [58] Davies SJ. Exploring new evidence of the clinical benefits of icodextrin solutions. *Nephrol Dial Transplant*. 2006;21(2):ii47-50.
- [59] Adachi Y, Nakagawa Y, Nishio A. Icodextrin preserves residual renal function in patients treated with automated peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 2006;26(3):405-7.
- [60] Woodrow G. A randomized controlled trial to determine whether treatment with at neutral pH, low glucose degradation product dialysate (balance) prolongs residual renal function in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2006;26(1):113-4.
- [61] Brown F, Johnson DW. A randomized controlled trial to determine whether treatment with at neutral pH, low glucose degradation product dialysate (balance) prolongs residual renal function in peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 2006;26(1):112-3.
- [62] Medcalf JF, Harris KP, Walls J. Role of diuretics in the preservation of residual renal function in patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Kidney Int* 2001;59(3):1128-33.
- [63] Li PK, Chow KM, Wong TY, Leung CB, Szeto CC. Effects of an angiotensin-converting enzyme inhibitor on residual renal function in patients receiving peritoneal dialysis. A randomized, controlled study. *Ann Intern Med* 2003;139(2):105-12.
- [64] Flinn A, Ledger S, Blake P. Effectiveness of furosemide in patients on peritoneal dialysis. *CANNT J* 2006;16(3):40-4.
- [65] Suzuki H, Kanno Y, Sugahara S, Okada H, Nakamoto H. Effects of an angiotensin II receptor blocker, valsartan, on residual renal function in patients on CAPD. *Am J Kidney Dis* 2004;43(6):1056-64.
- [66] Wang AY, Lai KN. The importance of residual renal function in dialysis patients. *Kidney Int* 2006;69(10):1726-32.
- [67] Canaud B, Chenine L, Leray-Moragues H, Wiesen H, Tetta C. Residual renal function and dialysis modality: is it really beneficial to preserve residual renal function in dialysis patients? *Nephrology* 2006;11(4):292-6.
- [68] Venkataraman V, Nolph KD. Preservation of residual renal function-an important goal. *Perit Dial Int* 2000;20(4):392-5.