



HAL
open science

Dialysis monitoring: peritoneal equilibrium test, regional citrate anticoagulation and residual renal function

Anne-Sophie Bargnoux, Yann Barguil, Eric Zaoui, Guillaume Jean, Jean-Paul Cristol

► To cite this version:

Anne-Sophie Bargnoux, Yann Barguil, Eric Zaoui, Guillaume Jean, Jean-Paul Cristol. Dialysis monitoring: peritoneal equilibrium test, regional citrate anticoagulation and residual renal function. *Annales de Biologie Clinique*, 2019, 77 (4), pp.391-396. 10.1684/abc.2019.1459 . hal-02267018

HAL Id: hal-02267018

<https://hal.science/hal-02267018>

Submitted on 31 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Suivi de la dialyse : test d'équilibration péritonéale, anticoagulation régionale au citrate, et fonction rénales résiduelle

Dialysis monitoring: peritoneal equilibrium test, regional citrate anticoagulation and residual renal function

Anne-Sophie Bargnoux¹

Yann Barguil²

Eric Zaoui³

Guillaume Jean⁴

Jean-Paul Cristol¹

Pour le groupe de travail mixte SFBC/SFNDDT « Actes hors nomenclature en néphrologie, quelles priorités ? »^a

¹ Laboratoire de biochimie, PhyMedExp, Université de Montpellier, Inserm, CNRS, CHU de Montpellier, France

² Laboratoire de biochimie-toxicologie, Centre hospitalier territorial Gaston-Bourret, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

³ Cerballiance, Sainte-Foy-lès-Lyon, France

⁴ NephroCare, Tassin-Charcot, Sainte-Foy-lès-Lyon, France

^a La composition du groupe de travail est disponible page 370.

Résumé. L'objectif du groupe de travail SFBC a été de référencer les actes biologiques hors nomenclature qui peuvent être utiles dans le cadre du suivi du patient dialysé. Notre propos a été divisé en 3 parties : 1) l'exploration de la perméabilité du péritoine ; 2) la surveillance des dialyses utilisant l'anticoagulation régionale au citrate ; 3) l'évaluation de la fonction rénale résiduelle (FRR). Des recommandations internationales soulignent l'importance de l'évaluation des caractéristiques de la membrane péritonéale pour la prescription en dialyse péritonéale. Ce test d'équilibration péritonéale nécessite le dosage dans le dialysat des paramètres suivants : glucose, urée, créatinine et sodium. Dans le cadre de la surveillance de l'épuration extra-rénale continue utilisant une anticoagulation régionale au citrate, le dosage du calcium ionisé est indispensable selon les référentiels nationaux et internationaux. L'objectif est d'assurer un équilibre entre une anticoagulation efficace et une calcémie adaptée. Enfin, le FRR joue un rôle dans l'efficacité globale de la dialyse et la survie des patients. Des recommandations européennes et internationales soulignent l'intérêt de la FRR en dialyse péritonéale et en hémodialyse. La FRR correspond à la moyenne de la somme de la clairance de l'urée et de la clairance de la créatinine, évaluées à partir d'un recueil urinaire avec mesure de l'urée urinaire.

Mots clés : dialyse, test d'équilibre péritonéale, calcium ionisé, fonction rénale résiduelle, recommandations, indications

Abstract. The SFBC working group aimed to deal with biological tests outside the French nomenclature that may be useful for the follow-up of dialysis patients. Our discussion was divided into 3 parts: 1) evaluation of peritoneal membrane characteristics; 2) monitoring of renal replacement therapy using regional citrate anticoagulation; 3) estimation of residual renal function (RRF). International recommendations underline the importance of assessing peritoneal membrane characteristics for peritoneal dialysis prescription. This peritoneal equilibrium test requires the measurement in dialysate of the following parameters: glucose, urea, creatinine and sodium. As part of the monitoring of continuous renal replacement therapy using regional citrate anticoagulation, the determination of ionized calcium assay is essential according to national and international guidelines to ensure a balance between effective anticoagulation and appropriate calcium levels. Finally, the RRF plays a key role in the dialysis adequacy and patient survival. European and international recommendations highlight the potential interest of RRF in peritoneal dialysis and hemodialysis. The RRF corresponds to the mean of urinary urea and creatinine clearance, assessed from a urine collection with measurement of urinary urea.

Key words: dialysis, peritoneal equilibrium test, ionized calcium, residual renal function, recommendations, indications

Article reçu le 15 mai 2019,
accepté le 24 juin 2019

Correspondance : J.-P. Cristol
<jp-cristol@chu-montpellier.fr>

Le groupe de travail a choisi de ne traiter que les analyses hors nomenclature et ne relevant pas du référentiel des actes innovants hors nomenclature (RIHN). Il s'agit de l'exploration de la perméabilité du péritoine, de la surveillance des dialyses au citrate par le calcium ionisé, et de l'évaluation de la diurèse résiduelle.

Le test d'équilibration péritonéale

Le test d'équilibration péritonéale (PET : *peritoneal equilibrium test*) permet de suivre l'évolution des fonctions membranaires au cours du temps et de guider la prescription en dialyse péritonéale (DP). Après l'introduction d'un volume standard de liquide de dialyse neuf dans la cavité péritonéale, le rapport des concentrations de soluté dans le dialysat et le plasma (rapport D/P) à des temps donnés (t) est mesuré.

Rappel des méthodes

Plusieurs protocoles existent pour réaliser un PET en fonction des informations souhaitées. L'algorithme d'évaluation des caractéristiques membranaires décrit dans les dernières recommandations de l'*European renal best practice* (ERBP) en 2010 [1] est basé sur :

- le PET original décrit par Twardowski en 1987 qui utilise une solution de glucose à 2,27 % et permet d'évaluer la vitesse de transport péritonéal des solutés de faibles poids moléculaires : dosage urée créatinine et glucose dans le sang et le dialysat (après 0h, 2h et 4h de stase) (*figure 1*) ;
- le PET modifié qui utilise une solution de glucose à 3,86 % et qui permet de poser en plus le diagnostic de perte d'ultrafiltration en dosant le sodium dans le dialysat après 0h et sur un prélèvement supplémentaire après 1h de stase. Il est recommandé d'utiliser les mêmes méthodes de dosage dans le dialysat que dans le sérum/plasma et d'utiliser le même « mode » de dosage (sérum et non urine) [2]. D'après la littérature, le dosage de l'urée et du glucose dans le dialysat ne semble pas poser de problèmes analytiques particuliers contrairement à la créatinine et au sodium. Une dilution de l'échantillon peut être nécessaire pour rester dans la gamme de mesure selon la concentration en glucose. En pratique, pour le dosage de la créatinine, comme pour le sérum/plasma, deux types de méthodes IDMS-traçables sont actuellement réalisées dans les laboratoires : d'une part, les méthodes enzymatiques spécifiques de la créatinine et moins soumises aux diverses interférences ; d'autre part, les méthodes de Jaffé dites « compensées » qui sont corrigées en soustrayant systématiquement une valeur constante (15 à 25 μM) à tous les résultats de test, censée refléter la concentration moyenne de pseudochromogènes, principalement due aux protéines, dans le sang. Ces méthodes

peuvent présenter des performances voisines des méthodes enzymatiques, mais la concentration vraie des pseudochromogènes n'est absolument pas prédictible, rendant leur utilisation délicate, en particulier dans les valeurs basses de créatinine [3-5] et dans le cas du dialysat qui est un milieu particulier contenant peu de protéines et des quantités importantes de glucose (80 à 200 mmol/L). L'absence de protéine peut induire une sous-estimation de la créatinine en utilisant les méthodes compensées [6]. Dans le dialysat, des études ont montré une interférence entre le glucose et le dosage de la créatinine par la méthode de Jaffé ainsi que par certaines méthodes enzymatiques « en chimie sèche » qui dépendent à la fois de la concentration en glucose et en créatinine du dialysat [7, 8]. Ceci a conduit à proposer l'application d'un facteur de correction calculé à partir des résultats obtenus sur l'analyse d'un tube « témoin » correspondant à la poche neuve [1]. Il a ensuite été montré que le dosage de la créatinine dans le dialysat par une méthode enzymatique basée sur la créatinine amido-hydrolase (créatininase) ne présente pas d'interférences pour des concentrations en glucose jusqu'à 250 mmol/L [9].

La détermination du sodium dans le dialysat peut être biaisée par la méthodologie utilisée [10, 11]. La Milia *et al.* [12] ont comparé trois méthodes de dosage du sodium dans le dialysat : la spectrométrie d'émission de flamme (méthode de référence) et deux méthodes électrochimiques utilisant des électrodes sélectives aux ions (ISE : *ion selective electrode*). La spectrométrie d'émission de flamme mesure la concentration totale en sodium (Na^+ ionisé et complexé), elle nécessite une dilution préalable et exprime les résultats en molarité. La potentiométrie indirecte est la plus utilisée en laboratoire centralisé sur des analyseurs multiparamétriques. Comme la spectrophotométrie, elle nécessite une dilution préalable et exprime ses résultats en molarité. La potentiométrie directe est une technique utilisée principalement dans les analyseurs des gaz du sang dans le cadre de la biologie délocalisée. Elle ne nécessite pas de dilution préalable de l'échantillon et mesure directement la concentration des électrolytes dans l'eau plasmatique rendant ces résultats en molalité qui sont ensuite convertis en molarité. Les performances analytiques sont toutes excellentes et les résultats, quoique non identiques, sont cliniquement concordants si l'on prend en compte leur expression initiale en molarité ou molalité. Ainsi les méthodes utilisant une dilution et mesurant des molarités sont sensibles aux variations d'eau plasmatique [10]. La méthode de potentiométrie directe donne des résultats initiaux en molalité, transformée en molarité pour respecter les habitudes et les normes de natrémie ; elle est donc insensible aux variations d'eau plasmatique. Dans l'étude réalisée par La Milia *et al.* [12], les concentrations de sodium dans le dialysat mesurées par potentiométrie directe étaient plus basses que celles

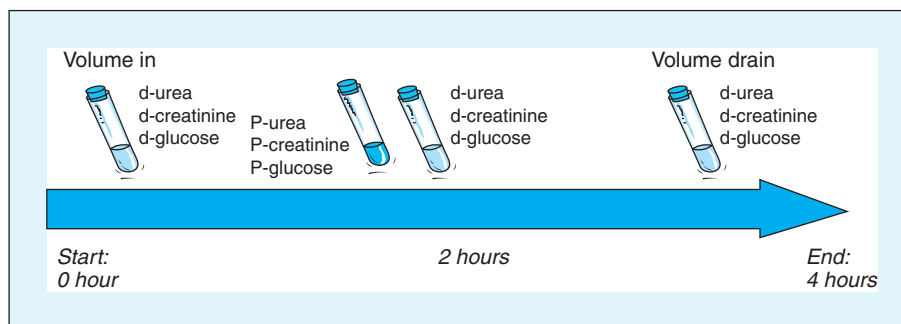


Figure 1. Schéma du protocole de prélèvement durant un PET.

mesurées par spectrométrie de flamme ou potentiométrie indirecte. Les concentrations de sodium mesurées par spectrométrie de flamme et potentiométrie indirecte n'étaient pas significativement différentes. Ceci peut s'expliquer par les propriétés du dialysat soient : le pH, la concentration importante en glucose et la concentration presque nulle en protéines.

Référentiels nationaux/internationaux

Selon les recommandations de l'ERBP parues en 2010 [1], il est préconisé de faire un PET quatre à six semaines après le début de la DP, puis de répéter le test au moins une fois par an. La fréquence peut être augmentée en cas d'hyperhydratation, de désordres métaboliques ou de malnutrition. La *Renal association* [13] en Angleterre et la Société canadienne de néphrologie [14] recommandent également cette fréquence.

Indications retenues par le GT

Les indications retenues tiennent compte des recommandations internationales sur l'importance de l'évaluation des caractéristiques de la membrane péritonéale pour la prescription en DP : dosages du glucose, urée, créatinine et sodium dans le dialysat.

Calcium ionisé

Le dosage du calcium ionisé est indispensable lors de la surveillance de l'épuration extra-rénale (EER) continue utilisant une anticoagulation régionale au citrate (ARC). L'objectif est d'assurer un équilibre entre une anticoagulation efficace et une calcémie adaptée.

Rappel des méthodes

Le calcium ionisé est mesuré à 2 niveaux : systémique (calcium patient prélevé sur la ligne artérielle) et calcium post-filtre (calcium machine prélevé après l'hémodifltre). Le

calcium ionisé systémique permet d'adapter la dose de calcium, il doit être compris entre 1,1 et 1,3 mmol/L. Le calcium post-filtre permet d'adapter la dose de citrate, il doit être compris entre 0,2 et 0,4 mmol/L [15]. Le dosage de la calcémie ionisée doit être réalisé quelques minutes après le début de l'épuration puis régulièrement toutes les 4 heures. Un espacement des dosages toutes les 6 heures est possible si un état stable est atteint. La fréquence des dosages devra être augmentée en cas de modification de la dose de citrate ou de la compensation de calcium, ou en cas de survenue d'une anomalie [16].

Le dosage du calcium ionisé est réalisé à l'aide d'une électrode sélective sur des analyseurs de gaz du sang présents au sein du laboratoire ou dans les services cliniques. Dans une étude réalisée en 2015, Schwarzer *et al.* [17] ont comparé les valeurs de calcium ionisé « systémiques » (n = 74) et post-filtre (n = 84) obtenues avec 6 analyseurs des gaz du sang. Les résultats obtenus sur les échantillons « systémiques » sont concordants entre les différents analyseurs avec des médianes comprises entre 1,07 à 1,16 mmol/L. Cependant, une variabilité inacceptable a été mise en évidence pour les résultats de calcium ionisé sur les échantillons « post-filtre » avec des médianes comprises entre 0,21 et 0,50 mmol/L. Cette variabilité des résultats sur le calcium ionisé en post-filtre entraînerait des différences majeures dans l'ajustement des doses de citrate. Ces résultats ont été confirmés par D'Orazio *et al.* [18] à l'aide d'une solution de référence à 0,15 mmol/L. La variabilité observée pourrait être due à une interférence avec les ions sodium ou à un *carry over* avec les solutions de rinçage utilisées. Dans cette étude, seul le Gem 4000 présente un biais acceptable à la concentration 0,15 mmol/L.

Référentiels nationaux/internationaux

Les recommandations internationales du *Kidney disease improving global outcomes* (KDIGO) pour l'insuffisance rénale aiguë (IRA) publiées en 2012 proposent l'usage quasi systématique de l'ARC dans la prise en charge de l'IRA [15]. Les indications retenues, en l'absence de

contre-indications liées au citrate sont l'EER continue chez : 1) les patients sans risque hémorragique ou sans coagulopathie et ne recevant pas d'anticoagulation systémique ou avec un risque hémorragique (paragraphe 5.3.2.2) ; 2) les patients avec risque hémorragique et ne recevant pas d'anticoagulant (paragraphe 5.3.3.1).

En France, les recommandations formalisées d'experts sur l'« Épuration extrarénale en réanimation adulte et pédiatrique » sous l'égide de la Société de réanimation de langue française (SRLF), avec la participation de la Société française d'anesthésie-réanimation (SFAR), du Groupe francophone de réanimation et urgences pédiatriques (GFRUP) et de la Société francophone de dialyse (SFD) [19] préconisent également l'utilisation de l'ARC pour l'EER continue en l'absence de contre-indications (paragraphe 2.3.1.2). Ils recommandent également chez les enfants qu'une EER continue puisse être réalisée sans anticoagulation ou en utilisant une ARC, le choix étant guidé par l'expérience de l'équipe (paragraphe 2.3.1.4).

Indications retenues par le GT

Les indications retenues tiennent compte des recommandations internationales et nationales sur l'importance de la surveillance par le calcium ionisé systémique et post-filtre de l'anticoagulation régionale au citrate. Cette méthode doit être de plus disponible 24h sur 24h.

Clairance résiduelle

La fonction rénale résiduelle (FRR) joue un rôle dans l'efficacité globale de la dialyse. L'effet bénéfique de l'existence d'une FRR sur la survie des patients dialysés a clairement été démontré dans de grandes études telles que l'étude CANUSA (Canada et United States of America) réalisée chez 600 patients en DP [20], et l'étude NECOSAD (*Netherlands cooperative study of the adequacy of dialysis*) réalisée chez 1 800 patients en hémodialyse (HD) et en DP [21, 22].

Rappel des méthodes

La FRR correspond à la moyenne de la somme de la clairance de l'urée et de la clairance de la créatinine, évaluée à partir d'un recueil urinaire. Chez les patients en DP, la mesure de la FRR est plus évidente que chez ceux en HD puisqu'ils sont toujours à l'équilibre et est évaluée à partir du recueil des urines de 24 heures [23]. En HD, le calcul présente certaines particularités [24]. Le recueil urinaire doit idéalement être réalisé sur l'ensemble de l'intervalle inter-dialytique (généralement deux jours). La concentration sanguine moyenne en urée et en créatinine pendant cette période est estimée en faisant la moyenne de la concen-

tration post-HD obtenue immédiatement après la fin de la séance de dialyse et la concentration pré-HD obtenue immédiatement avant le début de la prochaine séance de dialyse [24]. Pour augmenter la précision, la concentration post-HD peut être corrigée par le rebond post-dialytique. Les recommandations du *Kidney disease outcome quality initiative* (KDOQI) 2006 [25] et 2015 [26] s'appuient sur une FRR basée sur la clairance de l'urée (Kr) estimée soit par une modélisation mathématique de la cinétique de l'urée, soit par un recueil urinaire réalisé sur l'ensemble de l'intervalle inter dialytique comme décrit ci-dessus.

Référentiels nationaux/internationaux

L'étude CANUSA a initialement mis en évidence [27] qu'une augmentation de 0,1 unité par semaine du Kt/V (péritonéal et rénal) était associée à une diminution du risque relatif de mortalité de 5 %, et qu'une augmentation de 5 L/1,73m² par semaine de clairance de la créatinine globale (rénale et péritonéale) était associée à une diminution de 7 % du risque relatif de mortalité (n = 680 patients en DP). Une ré-analyse de cette étude a été réalisée en 2001 [20] en séparant la contribution de la FRR, estimée par la moyenne des clairances de l'urée et de la créatinine, et la contribution de la clairance péritonéale chez 601 patients de la cohorte initiale. Les auteurs ont ainsi montré qu'une augmentation hebdomadaire de 5 L/1,73m² de clairance rénale était associée à une diminution de 12 % du risque relatif de mortalité. De même, il a été mis en évidence qu'une augmentation de 250 mL d'urine par jour était associée à une diminution de 36 % du risque relatif de mortalité mais ceci n'était pas retrouvé pour une augmentation de la clairance péritonéale [20]. Dans l'étude NECOSAD-2 (740 patients en HD), la présence d'une FRR et d'une dose de dialyse adéquate était étroitement et indépendamment liée à une mortalité moins importante. Cependant, la dose de dialyse a uniquement un effet sur la mortalité lorsque la FRR est quasiment inexistante [21]. Par conséquent, l'étude NECOSAD a démontré que prévenir ou retarder la perte complète de débit de filtration glomérulaire (DFG) résiduel était significativement et indépendamment associée à une augmentation de la survie des patients hémodialysés. De plus, en cas de persistance d'une FRR, il pourrait être nécessaire d'adapter la dose de dialyse [21].

Des recommandations européennes et internationales soulignent l'intérêt de la FRR en DP et en HD et indiquent à quelle fréquence la mesurer.

En DP, la FRR doit être suivie régulièrement car c'est un facteur qui doit être pris en compte dans la dose de dialyse pour atteindre un Kt/V urée total hebdomadaire (total = péritonéal + rénal) d'au moins 1,7 [14, 23, 28]. Les recommandations KDOQI 2006 pour une « Dialyse péritonéale adéquate » [23] conseillent de mesurer la FRR dans le

premier mois après le début du traitement de dialyse et au moins une fois tous les quatre mois par la suite. Si le patient possède une FRR considérée comme significative, c'est-à-dire un volume d'urine supérieur à 100 mL/jour, il est nécessaire de la suivre tous les deux mois [23]. L'*International society for peritoneal dialysis* (ISPD) préconise une mesure tous les 1 à 2 mois si possible sans dépasser 4 à 6 mois entre deux déterminations. La Société canadienne de néphrologie [14] recommande une mesure de la FRR 4 à 6 semaines après le début de la DP, cette mesure peut être répétée en cas de changement inexpliqué ou inattendu de l'état du patient. Une détermination tous les 3 à 6 mois est recommandée pour les patients avec un Kt/V péritonéal $< 1,7$ si la FRR décline rapidement. La *Renal association* [13] en Angleterre préconise une détermination de la FRR tous les six mois à adapter en fonction des circonstances cliniques.

Les recommandations ERBP 2007 relatives aux « Stratégies en hémodialyse » précisent que la FRR peut être prise en compte lors du calcul de la dose de dialyse à condition qu'elle soit mesurée fréquemment, généralement tous les deux mois pour éviter les surestimations [29].

Indications retenues par le GT

Les indications retenues tiennent compte des recommandations nationales et internationales sur l'importance de l'évaluation de la FRR à partir du dosage sanguin et urinaire de l'urée et de la créatinine. La FRR doit être prise en compte pour adapter les doses de dialyse :

- évaluation de la FRR en DP nécessitant une mesure de l'urée et de la créatinine urinaire ;
- évaluation de la FRR en HD nécessitant une mesure de l'urée et de la créatinine urinaire.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêts en rapport avec cet article.

Références

1. van Biesen W, Heimbürger O, Krediet R, Rippe B, La Milia V, Covic A, *et al.* Evaluation of peritoneal membrane characteristics : clinical advice for prescription management by the ERBP working group. *Nephrol Dial Transplant* 2010 ; 25 : 2052-62.
2. Srivastava T, Althahabi R, Garg U. Measurement of urea nitrogen and creatinine concentrations in peritoneal dialysate and other body fluids using the Vitros analyzer. *Clin Biochem* 2007 ; 40 : 420-2.
3. Delanaye P, Cavalier E, Maillard N, Krzesinski J-M, Mariat C, Cristol J-P, *et al.* Creatinine : past and present. *Ann Biol Clin* 2010 ; 68 : 531-43.
4. Bargnoux A-S, Boutten A, Cambillau M, Carlier M-C, Cavalier E, Cristol J-P, *et al.* Recommendations for the selection and alignment techniques for the determination of creatinine. *Ann Biol Clin* 2011 ; 69 : 9-16.
5. den Elzen WPJ, Cobbaert CM, Klein Gunnewiek JMT, Bakkeren DL, van Berkel M, Frasa MAM, *et al.* Glucose and total protein : unacceptable interference on Jaffe creatinine assays in patients. *Clin Chem Lab Med* 2018 ; 56 : e185-7.
6. Kuster N, Bargnoux A-S, Pageaux G-P, Cristol J-P. Limitations of compensated Jaffe creatinine assays in cirrhotic patients. *Clin Biochem* 2012 ; 45 : 320-5.
7. Ferry N, Caillette A, Goudable J, Denicola C, Pozet N. Creatinine determination in peritoneal dialysis : what method should be used ? *Nephrol Dial Transplant* 1996 ; 11 : 2282-7.
8. Mak TW, Cheung CK, Cheung CM, Leung CB, Lam CW, Lai KN. Interference of creatinine measurement in CAPD fluid is dependent on glucose and creatinine concentrations. *Nephrol Dial Transplant* 1997 ; 12 : 184-6.
9. Sjøland JA, Marcher KS. Creatinine concentration measurement in glucose based peritoneal dialysate. *Scand J Clin Lab Invest* 2003 ; 63 : 203-6.
10. Cristol J-P, Balint B, Canaud B, Daurés M-F. Sodium determination in biological fluids. *Nephrol Ther* 2007 ; 3 : S104-111.
11. Zelmat MS. Direct and indirect ion selective electrodes methods : the differences specified through a case of Waldenström's macroglobulinemia. *Ann Biol Clin* 2015 ; 73 : 345-52.
12. La Milia V, Di Filippo S, Crepaldi M, Andrulli S, Del Vecchio L, Scaravilli P, *et al.* Sodium removal and sodium concentration during peritoneal dialysis : effects of three methods of sodium measurement. *Nephrol Dial Transplant* 2004 ; 19 : 1849-55.
13. Woodrow G, Fan SL, Reid C, Denning J, Pyrah AN. Renal association clinical practice guideline on peritoneal dialysis in adults and children. *BMC Nephrol* 2017 ; 18 : 333.
14. Blake PG, Bargman JM, Brimble KS, Davison SN, Hirsch D, McCormick BB, *et al.* Clinical practice guidelines and recommendations on peritoneal dialysis adequacy 2011. *Perit Dial Int* 2011 ; 31 : 218-39.
15. KDIGO AKI Work Group. *KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury*. KDIGO, 2012.
16. Journois D. L'anticoagulation au citrate pour épuration extra-rénale continue en réanimation. <http://bit.ly/2aiergh>. 2018.
17. Schwarzer P, Kuhn S-O, Stracke S, Gründling M, Knigge S, Selleng S, *et al.* Discrepant post filter ionized calcium concentrations by common blood gas analyzers in CRRT using regional citrate anticoagulation. *Crit Care* 2015 ; 19 : 321.
18. D'Orazio P, Visnick H, Balasubramanian S. Accuracy of commercial blood gas analyzers for monitoring ionized calcium at low concentrations. *Clin Chim Acta* 2016 ; 461 : 34-40.
19. Vinsonneau C, Allain-Launay E, Blayau C, Darmon M, Ducheyron D, Gaillot T, *et al.* Renal replacement therapy in adult and pediatric intensive care : recommendations by an expert panel from the French intensive care society (SRLF) with the French society of anesthesia intensive care (SFAR) French group for pediatric intensive care emergencies (GFRUP) the French dialysis society (SFD). *Ann Intensive Care* 2015 ; 5 : 58.
20. 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 : 2158-62.
21. Termorshuizen F, Korevaar JC, Dekker FW, van Manen JG, Boeschoten EW, Krediet RT, *et al.* The relative importance of residual renal

function compared with peritoneal clearance for patient survival and quality of life : an analysis of the Netherlands cooperative study on the adequacy of dialysis (NECOSAD)-2. *Am J Kidney Dis* 2003 ; 41 : 1293-302.

22. Termorshuizen F, Dekker FW, van Manen JG, Korevaar JC, Boeschoten EW, Krediet RT, *et al.* 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 : 1061-70.

23. Peritoneal dialysis adequacy work group. Clinical practice guidelines for peritoneal dialysis adequacy. *Am J Kidney Dis* 2006 ; 48 : S98-129.

24. European best practice guidelines expert group on hemodialysis, European renal association. Section I. Measurement of renal function, when to refer and when to start dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2002 ; 17 : 7-15.

25. Hemodialysis adequacy 2006 work group. Clinical practice guidelines for hemodialysis adequacy, update 2006. *Am J Kidney Dis* 2006 ; 48 : S2-90.

26. National kidney foundation. KDOQI clinical practice guideline for hemodialysis adequacy : 2015 update. *Am J Kidney Dis* 2015 ; 66 : 884-930.

27. Adequacy of dialysis and nutrition in continuous peritoneal dialysis: association with clinical outcomes. Canada-USA (CANUSA) peritoneal dialysis study group. *J Am Soc Nephrol* 1996 ; 7 : 198-207.

28. Lo W-K, Bargman JM, Burkart J, Krediet RT, Pollock C, Kawanishi H, *et al.* Guideline on targets for solute and fluid removal in adult patients on chronic peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 2006 ; 26 : 520-2.

29. Tattersall J, Martin-Malo A, Pedrini L, Basci A, Canaud B, Fouque D, *et al.* EBPG guideline on dialysis strategies. *Nephrol Dial Transplant* 2007 ; 22 : ii5-21.