



Evaluation de l'état hydrique chez les patients hémodialysés chroniques : une étude transversale monocentrique

Assessment of the hydration status in chronic hemodialysis patients: a single-center cross-sectional study

Niakhaleen Keita¹, Sidy Mouhamed Seck², Boucar Ndong³, Ahmed Tall Lemrabott¹, Moustapha Faye¹, Maria Faye¹, Bacary Ba¹, Seynabou Diagne¹, Mansour Mbengue¹, Ameth Dieng¹, Mamadou Aw Ba¹, Abdou Sy¹, Modou Ndong¹, Babacar Ndiaye¹, Elhadji Fary Ka¹

Correspondance

Niakhaleen Keita, MD.

Courriel : kniakhaleen@gmail.com

Summary

Context and objective. For many practitioners, blood pressure is the main indicator of the hydration status of the chronic hemodialysis patient. The objective of this study was to assess the extent to which bioimpedance analysis (BIA) can assist in determining acute changes in fluid volume during the hemodialysis session. **Methods.** This was a 9-week longitudinal study. The total body water (TBW) was measured with a BIA analyzer, before and after 6 successive sessions. The Δ Weight was compared to the Δ TBW by calculating the P/V ratio (Δ Weight/ Δ TBW) with the assumption that the dry weight is reached when P/V = 1. **Results.** The measurements made in 22 patients (46.6 years, 54.5% men, 92.3 months on dialysis) were reproducible. There was no statistically significant difference between Δ TBW and Δ Weight. However, at the individual level, significant differences had been observed. Using hypertension as a marker for a state of hyperhydration, a 31.8% agreement was noted between the P/V ratio and hypertension. **Conclusion.** Although the loss of water predicted by the BIA did not always correspond to the weight loss, BIA is a technique that can be used to assess the variations in TBW during the hemodialysis session in patients.

Keywords: bioimpedance, clinic, dry, weight, hemodialysis

Received: March 29th, 2020

Accepted: August 28th, 2020

1 Hôpital Aristide le Dantec, Service de néphrologie et dialyse, Université Cheikh AntaDiop (UCAD), Dakar, Sénégal.

2 Hôpital militaire d'Ouakam, Service de néphrologie et dialyse, Université Gaston Berger (UGB), Saint-Louis, Sénégal.

3 Service de biophysique et médecine nucléaire, Faculté de médecine, pharmacie et odontologie, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal

Résumé

Contexte et objectif. La pression artérielle est pour de nombreux praticiens, l'indicateur principal du statut hydrique du patient hémodialysé chronique. L'objectif de la présente étude était d'évaluer dans quelle mesure l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) pourrait aider à la détermination des variations aiguës du volume hydrique au cours de la séance d'hémodialyse. **Méthodes.** Il s'agissait d'une étude de suivi longitudinal sur 9 semaines. Le volume total d'eau (VTE) a été mesuré par BIA, avant et après 6 séances. Le Δ Poids a été comparé au Δ VTE par le calcul du ratio P/V (Δ Poids / Δ VTE) dans l'hypothèse que le poids sec est atteint lorsque P/V = 1. **Résultats.** Les mesures faites chez 22 patients (46,6 ans, 54,5% hommes, 92,3 mois en dialyse) étaient reproductibles. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le Δ VTE et le Δ Poids. Cependant à l'échelon individuel des différences importantes étaient observées. En utilisant l'hypertension artérielle (HTA) comme marqueur d'un état d'hyperhydratation, une concordance de 31,8% était notée entre le ratio P/V et l'HTA. **Conclusion.** Bien que la perte d'eau prédite par la BIA ne corresponde pas toujours à celle du poids, la BIA est une technique qui peut être utilisée pour évaluer les variations du VTE au cours de la séance d'hémodialyse

Mots-clés : bioimpédance, clinique, hémodialyse, poids sec

Reçu le 29 mars 2020

Accepté le 28 août 2020

Liste des abréviations

BIA : analyse d'impédance bioélectrique ; HDC : hémodialyse chronique ; HTA : hypertension artérielle ; PA : pression artérielle ; PAS : pression artérielle systolique ; PAD : pression artérielle diastolique ; VTE : volume total d'eau.

Introduction

Dans la plupart des centres de dialyse, le poids sec est cliniquement établi avec beaucoup de limites et d'erreurs.

L'évaluation de l'état d'hydratation basée sur le poids corporel et les variations de la pression artérielle (PA) peut être trompeuse. L'œdème n'est généralement pas détectable tant que le volume de liquide interstitiel n'a pas atteint environ 30% au-dessus de la normale (soit 4 à 5 kg de poids corporel), tandis qu'une déshydratation sévère peut se développer avant les signes cliniques (1). La PA est considérée pour de nombreux praticiens comme l'indicateur principal du statut hydrique. En hémodialyse, ils se basent sur le principe que l'hypertension artérielle (HTA) et aussi l'hypotension artérielle du patient hémodialysé chronique (HDC) sont la traduction clinique, respectivement, d'une augmentation du volume extracellulaire et d'une déshydratation avec des crampes en fin de séance et des chutes tensionnelles durant la séance d'hémodialyse (2). Chez les patients HDC, même lorsque la fonction rénale résiduelle est préservée, la capacité d'excrétion du sodium et de l'eau est considérablement altérée. La rétention sodée et la surcharge volumique sont très fréquentes et souvent difficilement identifiables (3). En effet, la détermination du poids sec est difficile en cas de surcharge hydrique modérée chez un patient qui perd de la masse musculaire ou de la masse grasse, sans que son poids de base n'ait été modifié. Le gain en eau étant ainsi masqué par la perte de poids et le patient reste en inflation constante (4). De plus, les patients HDC présentent une sensibilité au sodium de la PA la plus élevée (3). Il est maintenant bien documenté qu'en plus de l'expansion du volume osmotique classique, la rétention de sodium peut se produire sous forme de sodium osmotiquement inactif dans le tissu conjonctif et la peau, où le sodium s'accumule lié aux glycosaminoglycanes (5). L'absence d'une définition largement acceptée du poids sec et des définitions basées sur les symptômes subjectifs du patient plutôt que sur des estimations objectives sont des problèmes connus des néphrologues praticiens. Les méthodes de bio-impédancemétrie sont de plus en plus utilisées pour évaluer le statut hydrique chez les patients HDC (6). L'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) est un outil non invasif, peu coûteux et

portable qui a été appliqué à l'analyse de la composition corporelle (7). Elle détermine l'opposition au flux d'un courant électrique à travers les tissus corporels. Le BIA a été étudié dans de nombreuses populations (8), y compris des patients HDC (9-11). Des études ont démontré qu'un mauvais état nutritionnel et d'hydratation évalué à l'aide du BIA est associé à un risque accru de mortalité (8, 12-13). Des études ont également utilisé des mesures d'impédance par BIA de l'état d'hydratation qui ont guidé une ultrafiltration efficace chez les patients HDC et ont amélioré la survie à court terme (14-15). A notre connaissance, aucune étude du genre n'a été faite en Afrique subsaharienne. L'objectif de cette étude était d'évaluer dans quelle mesure l'analyse d'impédance bioélectrique (BIA) peut aider à la détermination des variations aiguës du volume hydrique au cours de la séance d'hémodialyse.

Méthodes

Type, cadre et période d'étude

Il s'agissait d'une étude de suivi longitudinal menée sur 9 semaines, du 1er août au 31 septembre 2017. Les séances d'hémodialyse étaient faites au Service de Néphrologie du Centre Hospitalier Universitaire Aristide Le Dantec (CHU/HALD) ont été évaluées.

Population d'étude

Les patients ciblés étaient en hémodialyse conventionnelle au bicarbonate à partir de générateurs de dialyse Nipro® (Surdial 55 Plus, Japon) avec un bain de dialyse composé de sodium à 140 mmol/L, chlore à 113 mmol/L, calcium à 1,25 mmol/L, bicarbonate à 35 mmol/L, magnésium à 0,5 mmol/L, potassium à 2 mmol/L et glucose à 1 g/L. Etaient inclus, les patients hémodialysés depuis plus de 3 mois et de façon régulière, âgés d'au moins 18 ans, sans antécédents d'hospitalisation au cours du mois dernier. N'étaient pas inclus, les patients qui portaient un implant médical (pacemaker, clou orthopédique, prothèse totale de la hanche) et ceux qui ne pouvaient pas se tenir debout sur le pèse-personne d'impédance.

Étaient exclus de l'étude les patients qui avaient manqué au moins 2 séances successives de dialyse et ceux qui avaient décidé de se retirer de l'étude.

Déroulement de l'étude

Un analyseur pied-pied d'impédance bio-électrique à fréquence unique (Tanita®, modèle BC-730®, 50 kHz, Japon) avait permis de mesurer le volume total d'eau (VTE). Les mesures étaient effectuées en faisant en sorte que les patients se tenaient pieds nus sur le côté métallique de l'appareil et maintenaient leurs bras libres et parallèles au corps. Afin d'évaluer l'utilité de la BIA dans la détermination des variations aiguës du volume hydrique corporel, sans modifier le poids sec cliniquement établi, le poids et le VTE ont été mesurés avant et après 6 séances successives d'hémodialyse soit 12 mesures pour chaque patient. Le ratio P/V, rapport de la différence avant-après du poids (Δ Poids) sur celle du VTE (Δ VTE), avait été calculé selon la formule suivante : $P/V = \Delta$ Poids / Δ VTE. Si le P/V était égal à 1, le patient était considéré à son poids sec. Un P/V inférieur à 1 désignait un poids sec sous-estimé. Un P/V supérieur à 1 désignait un poids sec surestimé.

Des tensiomètres semi-automatiques (Omron® M2 Basic, Japon) avaient également été utilisés pour la mesure des pressions artérielles avant et après dialyse. L'HTA était considérée comme un marqueur d'un état d'hyperhydratation. Elle était définie par des pressions artérielles supérieures ou égales à 140/90 mmHg avant la dialyse (16). Les événements intradialytiques avaient été recueillis à l'aide d'une fiche d'enregistrement du déroulement des séances. L'hypotension intradialytique était définie par la diminution de la pression artérielle systolique ≥ 20 mmHg ou moyenne ≥ 10 mmHg associée à des événements cliniques (vertiges, céphalées, vomissements, troubles de la conscience) et au besoin d'interventions d'une infirmière (17). La poussée hypertensive était définie par une pression artérielle systolique ≥ 200 mmHg.

Analyse statistique

Les données avaient été analysées à partir du logiciel SPSS® (Statistical Package for Social Sciences) Statistics version 25 (IBM® Corp., Armonk, NY, USA).

L'étude descriptive était réalisée avec le calcul des proportions pour les variables qualitatives et le calcul des moyennes et écart type ou médiane pour les variables quantitatives. Les comparaisons intragroupes étaient effectuées en utilisant un test t de Student à échantillons appariés pour les mesures répétées. Le seuil de significativité pour tous les tests statistiques était un p-value $< 0,05$.

Considérations éthiques

Un consentement a été recueilli chez tous les patients. L'étude a reçu l'approbation du Comité d'Éthique de la Recherche de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (09/2020/CER/UCAD).

Résultats

Au total 22 patients ayant réalisé 132 séances d'hémodialyse, ont été enrôlés. Les caractéristiques cliniques et biologiques des patients étudiés sont consignées dans le tableau 1. Tous les patients faisaient 3 séances hebdomadaires de 4 heures chacune.

Tableau 1. Caractéristiques épidémiologiques et cliniques des patients inclus

Paramètres étudiés	Effectifs N=22
Age moyenne (ans)	46,6 \pm 13,1
Sex ratio	1,2
Durée moyenne en dialyse (mois)	92,3 \pm 46,8
Néphropathie causale (%)	
• Vasculaire	45,5
• Glomérulaire	27,3
• Indéterminée	22,7
• Polykystose rénale	4,5
Abord vasculaire (%)	
• Fistule artério-veineuse	95,5
• Cathéter tunnelisé	4,5
Poids sec moyen (kg)	62,7 \pm 17,2
Taille moyen (cm)	171,8 \pm 8,8
IMC moyen (kg/m ²)	21 \pm 4,9
Diurèse résiduelle médiane (ml/j)	50
Nombre de traitement antihypertenseur	1,9 \pm 1,1

Au cours de la période d'étude, 7 patients avaient présenté un incident intra-dialytique à type de crampes (3 épisodes), d'hypotension

intra-dialytiques (2 épisodes), de poussée hypertensive (12 épisodes). Deux de ces patients avaient connu à la fois des crampes et des poussées hypertensives. Le volume ultrafiltré

moyen (VUF) était de $2,1 \pm 0,6$ litres sur 4 heures. Au cours de la dialyse, une réduction significative du poids et du VTE avait été observée (figure 1).

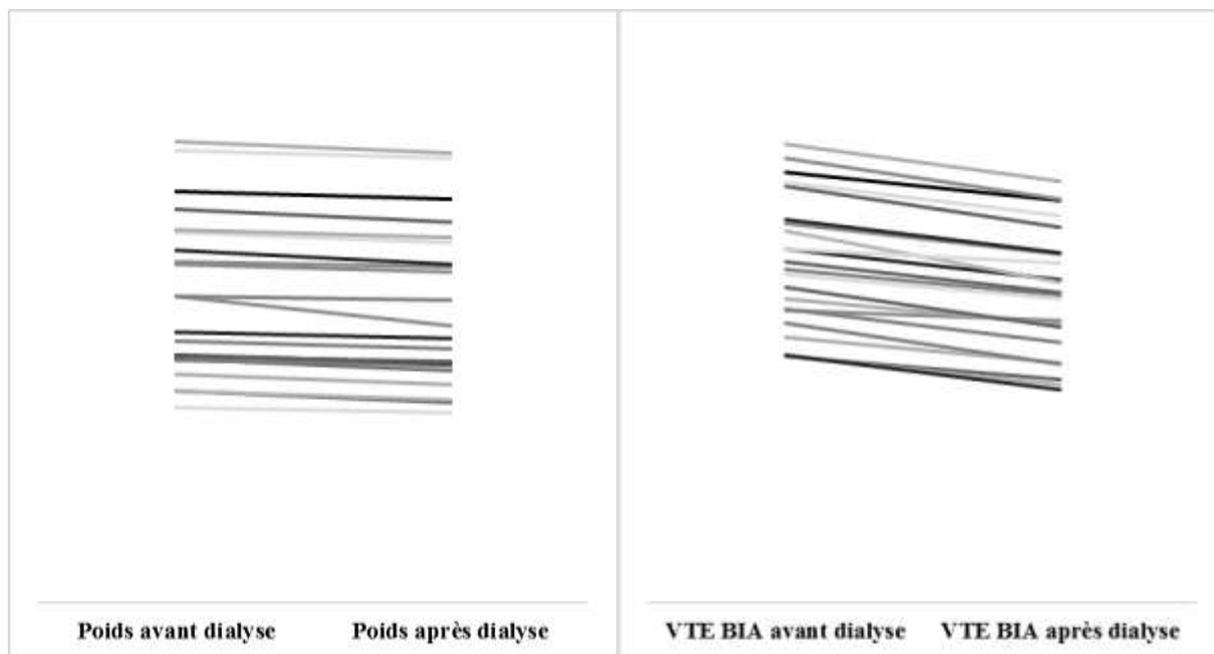


Figure 1. Variation moyenne du poids et du l'eau totale avant et après de la séance d'hémodialyse

Le poids moyen était de $65 \pm 17,1$ kg avant la dialyse et de $62,9 \pm 17$ kg après la dialyse (différence = $-3,2 \pm 1,4$ % ; $p < 0,0001$). Le VTE moyen était de $36,3 \pm 7,1$ litres avant la dialyse et de $33 \pm 6,8$ litres après la dialyse (différence = $-6,2 \pm 3,3$ % ; $p < 0,0001$). La perte d'eau (Δ VTE) était significativement plus élevée chez les patients qui avaient présenté une HTA en post-dialyse que chez les patients restés ou devenus normotendus ($3,5 \pm 0,9$ litres contre $2,5 \pm 0,8$ litres avec $p = 0,031$). Elle était également significativement plus élevée chez les patients ayant présenté des épisodes de crampes et d'hypotensions ($p = 0,049$). La pression artérielle systolique moyenne était de $152 \pm 21,7$ mmHg avant la dialyse et de $154,9 \pm 26,4$ mmHg après la dialyse (différence = $0,7 \pm 8,1$ % ; $p = 0,768$). La pression artérielle diastolique moyenne était de $90,1 \pm 13,6$ mmHg avant la dialyse et de $89,6 \pm 12,6$ mmHg après la dialyse (différence = $-0,9 \pm 9,2$ % ; $p = 0,356$). Le poids était significativement corrélé au VTE mesuré par la BIA avant ($r = 0,690$; $p < 0,0001$) et après ($r = 0,722$; $p < 0,0001$) la dialyse (figure 2). Il

n'y avait pas de corrélation entre le Δ Poids et le Δ VTE ($p = 0,730$) ni entre le VUF et ces deux variables.

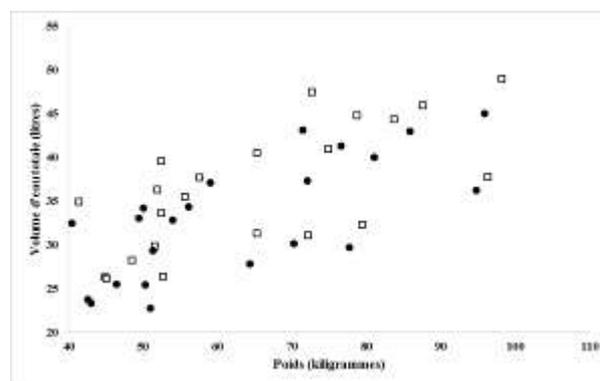


Figure 2. Variation du poids et du l'eau totale au cours de la séance d'hémodialyse

Lorsque l'on analyse ces résultats individuellement (patient-par-patient), des différences importantes ont été notées entre le Δ Poids, le Δ VTE et le VUF. En utilisant l'HTA comme marqueur de surcharge hydrique, 6 sur 19 patients qui avaient un P/V < 1 étaient normotendus et 1 sur 2 patients qui avaient un P/V > 1 avait une HTA avant la séance soit une concordance de 7 sur 22 soit 31,8 % (tableau 2).

Tableau 2. Prévalence de l'hypertension artérielle (HTA) en fonction du ratio P/V

	HTA avant la dialyse			HTA après la dialyse		
	Total	Oui	Non	Total	Oui	Non
P/V < 1	19	13 (68,4%)	6 (31,6%)	19	15 (78,9%)	4 (21,1%)
P/V = 1	1	1 (100%)	0	1	1 (100%)	0
P/V > 1	2	1 (50%)	1 (50%)	2	1 (50%)	1 (50%)

A la fin de la séance, 2 sur 6 patients qui avaient P/V < 1 sans HTA avant la séance, avaient augmenté leur PAS de 3 et 31 mmHg et avaient leur VTE plus important que leur VUF. Les autres patients avaient baissé leur PAS. Aucun d'entre eux n'avait fait un incident en dialyse. Neuf des 13 patients qui avaient un P/V < 1 avec HTA avant la séance, avaient eu une élévation paradoxale de leur PAS au cours de la séance, avec une moyenne de 11 ± 7 mmHg et un VTE plus important que le VUF. Cinq d'entre eux avaient présenté une poussée hypertensive, 2 d'entre eux des crampes et un avait présenté une hypotension. Un patient qui avait un P/V > 1 et une HTA avant la séance, avait normalisé ses PA à la fin de la séance. Par contre celui qui avait un P/V > 1 sans HTA avant la séance avait augmenté sa PAS de 139 à 162 mmHg avec un VTE moyen (3,4 litres) plus important que le VUF (1,5 litres).

Discussion

Variation du poids et de l'eau corporelle au cours de la dialyse

Sur un plan théorique, à l'issue de la séance de dialyse, les variations du poids, de l'eau totale et le VUF devraient être égales. En effet le volume d'eau retiré au patient doit correspondre à la perte d'eau intra et extracellulaire du patient (2). Dans cette étude, les variations du VTE au cours de la séance n'étaient pas corrélées à la perte d'eau imposée au patient par la machine de dialyse. En outre le Δ VTE ne correspondait pas toujours au Δ Poids, le volume réellement retiré. Ainsi, les changements réels du poids n'étaient pas prédits par les variations du VTE. Dans un contexte clinique nécessitant la connaissance de l'équilibre du statut hydrique du patient et où le patient ne peut être pesé correctement, la BIA bien que facile de réalisation, peut ne pas donner d'informations précises (18). Dans la présente étude également, la moyenne de la perte d'eau imposée aux patients était à l'échelon individuel,

différente de la perte réelle. Cette différence entre l'ultrafiltration prescrite et la variation réelle d'eau pourrait être en rapport avec des problèmes de calibrage des générateurs.

Proposition du ratio P/V pour déterminer le poids sec du patient

Il est bien connu que la BIA pied-pied explorait mal les mouvements liquidiens au niveau du compartiment central (tronc et gros vaisseaux) (2, 19-21). Ainsi, chez le patient déshydraté, la mesure de la perte d'eau en périphérie sera surestimée par rapport à la perte de poids (P/V < 1), car le compartiment périphérique contribue au remplissage du secteur central (2). Chez le patient en surcharge, la variation d'eau mesurée est faible, et moins importante que la variation du poids (P/V > 1), car les compartiments centraux contribuent au remplissage périphérique (2). Chez le patient euvolémiq, il existe un équilibre entre les compartiments périphériques et centraux, et une bonne mesure d'impédance des variations de l'eau totale (P/V = 1) (2).

L'HTA n'est pas toujours une marque de surcharge hydrique

L'hypervolémie chronique a été incriminée comme l'un des principaux facteurs de risques cardiovasculaires et une ultrafiltration trop rapide conduit à une ischémie d'organes et à des épisodes d'hypotension intra-dialytiques (22). La gestion clinique de la volémie chez les patients en dialyse est donc primordiale mais avec une fiabilité limitée. Plusieurs outils supplémentaires peuvent guider le praticien dans l'évaluation du volume extracellulaire. Selon la BIA, 19 patients avaient un poids sec sous- ou sur-estimé. La pression artérielle reste dans notre expérience l'outil principal d'appréciation du statut hydrique. En utilisant l'HTA comme un marqueur de l'état d'hyperhydratation, il y avait une concordance entre le ratio P/V et l'HTA de 31,8% (7 sur 22 patients). Avec un échantillon

plus faible, Cridlig *et al.* avaient défini une variable semblable dénommée Index ($\text{Index} = \Delta\text{Poids} - \Delta\text{VTE}$) et avaient trouvé une concordance Index/HTA d'environ 81,8% (2). Cette différence pouvait s'expliquer par le fait que l'HTA n'était pas un bon marqueur de surcharge dans notre population. Sans aucun doute, la surcharge en sodium et en volume est considérée comme le principal mécanisme pathogène (3). Cependant une augmentation du débit cardiaque, de la résistance vasculaire périphérique ou des deux peut entraîner une élévation soutenue de la PA chez les patients HDC. Un certain nombre de voies non médiées par le volume, telles que l'activation des systèmes nerveux rénine-angiotensine-aldostérone et sympathique, les modifications structurelles de la paroi artérielle liées au processus artériosclérotique à long terme, le dysfonctionnement endothélial, l'inflammation, l'apnée du sommeil et l'utilisation de médicaments particuliers comme les agents stimulant l'érythropoïétine joueraient également un rôle important dans la pathogenèse complexe de l'HTA chez ces patients (3). Dans cette étude, l'HTA était présente chez 68,2% des patients, bien inférieure à ce qui est décrite en Afrique sub-saharienne (23). Dans les analyses du Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS), la prévalence de l'HTA en hémodialyse était très élevée et augmentait avec le temps dans tous les pays. Elle variait de 78 % au Japon à 96% en Allemagne (24). Aux États-Unis, dans des études épidémiologiques menées auprès de patients HDC utilisant différentes manières de définir l'HTA, la prévalence de cette dernière variait entre 72 et 88% de la population totale étudiée. Malgré le nombre élevé de patients hypertendus utilisant des médicaments antihypertenseurs, la proportion de ceux qui avaient leur PA sous contrôle était faible dans la majorité de ces études, soit environ, entre 30 et 50% (3, 25). Dans cette étude, le seul patient qui avait un P/V = 1, donc supposé à son poids sec, avait eu des PA élevées avant et après la séance malgré l'ultrafiltration. Les 9 des 13 qui avaient un P/V < 1 avec une HTA avant dialyse avaient augmenté leur PAS.

Les 5 cas de poussée hypertensive notés dans ce groupe pourraient être expliqués par une perte d'eau excessive avec activation du système rénine angiotensine (26). Les épisodes de crampes et d'hypotension au cours de la dialyse étaient en rapport avec un état de déshydratation. En effet nous avons trouvé que ces incidents étaient liés à la perte d'eau ($p = 0,049$).

Forces et limites de cette étude

Elles sont inhérentes au caractère mono-centrique, à la taille faible, non homogène. La technique de mesure à une seule fréquence que nous offre l'analyseur était étalonnée chez des sujets sains. Les biais de mesures étaient marqués par le fait que les patients pouvaient boire et manger pendant la séance. Nous n'avons pas tenu compte aussi de l'influence des changements de position du corps, des conditions environnementales et de la température corporelle. Néanmoins, la présente étude a l'avantage d'être la première au pays à utiliser la BIA pour évaluer les variations du VTE au cours de la séance d'hémodialyse. En outre du fait de la difficulté de l'estimation clinique du poids sec, exposant à sa sur- ou sa sous-estimation avec tous leurs corollaires, d'autres études de validation du ratio P/V dans l'évaluation du poids sec des patients HDC pourraient être intéressantes.

Conclusion

La BIA est facile d'utilisation et permet d'estimer le volume total d'eau chez les patients hémodialysés chroniques. Ces mesures sont reproductibles et le volume total d'eau obtenu prédit du poids des patients. Cependant la perte d'eau au cours de la séance de dialyse mesurée par la BIA ne correspondait pas toujours à la perte de poids réelle. De même l'hypertension artérielle n'était pas toujours un reflet de surcharge hydrique chez nos patients hémodialysés chroniques.

Conflit d'intérêt : Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Contribution des auteurs

Nature de contribution	Contribution
Conception de l'étude	Niakhaleen Keita, Sidy Mouhamed Seck
Design de l'étude	Niakhaleen Keita, Ahmed Tall Lemrabott
Supervision	Sidy Mouhamed Seck
Recueil de données	Niakhaleen Keita
Analyse et interprétation des données	Niakhaleen Keita, Sidy Mouhamed Seck
Revue de la littérature	Niakhaleen Keita, Ahmed Tall Lemrabott
Rédaction du manuscrit	Niakhaleen Keita, Sidy Mouhamed Seck, Ahmed Tall Lemrabott
Révision	Sidy Mouhamed Seck, Boucar Ndong, Elhadji Fary Ka

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du staff médical et les patients de l'unité d'hémodialyse « Pachon » du CHU/ALD.

Références

1. Piccoli A. Bioelectric Impedance Measurement for Fluid Status Assessment. In: Ronco C, Costanzo MR, Bellomo R, Maisel AS (eds): Fluid Overload: Diagnosis and Management. *Contrib Nephrol Basel, Karger* 2010; **164**: 143–152.
2. Cridlig J, Alquist M, Kessler M, Nadi M. Formulation of a dry weight bioimpedance index in hemodialysis patients. *Int J Artif Organs* 2011; **34**: 1075-1084.
3. Sarafidis PA, Persu A, Agarwal R, Burnier M, de Leeuw P, Ferro CJ, et al. Hypertension in dialysis patients: a consensus document by the European Renal and Cardiovascular Medicine (EURECA-m) working group of the European Renal Association–European Dialysis and Transplant Association (ERA-EDTA) and the Hypertension and the Kidney working group of the European Society of Hypertension (ESH). *Nephrol Dial Transplant* 2017; **32**: 620–640.
4. Moissl UM, Wabel P, Chamney PW, Bosaeus I, Levin NW, Bosty-Westphal A, et al. Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease. *Physiol Meas* 2006; **27**: 921–933.
5. Machnik A, Neuhofer W, Jantsch J, Dahlmann A, Tammela T, Machura K, et al. Macrophages regulate salt dependent volume and blood pressure by a vascular endothelial growth factor-C-dependent buffering mechanism. *Nat Med* 2009; **15**: 545–552.
6. Zhu F, Rosales L, Kotanko P. Techniques for assessing fluids status in patients with kidney disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2016; **25**: 473–479.
7. Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB, et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; **26** (12): 1596-1609.
8. Wilhelm-Leen ER, Hall YN, Horwitz RI, Chertow GM. Phase angle, frailty and mortality in older adults. *J Gen Intern Med* 2014; **29** (1): 147-154.
9. Piccoli A; Italian CAPD-BIA Study Group. Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status. *Kidney Int* 2004; **65** (3): 1050-1063.
10. Chertow GM, Lowrie EG, Wilmore DW, Gonzalez J, Lew NL, Ling J, et al. Nutritional assessment with bioelectrical impedance analysis in maintenance hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 1995; **6** (1): 75-81.
11. Chertow GM, Lazarus JM, Lew NL, Ma L, Lowrie EG. Bioimpedance norms for the hemodialysis population. *Kidney Int* 1997; **52** (6): 1617-1621.
12. Buscemi S, Batsis JA, Parrinello G, Massenti FM, Rosafio G, Sciascia V, et al. Nutritional predictors of mortality after discharge in elderly patients on a medical ward. *Eur J Clin Invest* 2016; **46** (7): 609-618.
13. Mushnick R, Fein PA, Mittman N, Goel N, Chattopadhyay J, Avram MM. Relationship of bioelectrical impedance parameters to nutrition and survival in peritoneal dialysis patients. *Kidney Int Suppl* 2003; **87**: S53-S56.
14. Hur E, Usta M, Toz H, Asci G, Wabel P, Kahvecioglu S, et al. Effect of fluid management guided by bioimpedance spectroscopy on cardiovascular parameters in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Am J Kidney Dis* 2013; **61**(6): 957-965.
15. Moissl U, Arias-Guillen M, Wabel P, Fontseré N, Carrera M, Campistol JM, et al. Bioimpedance-guided fluid management in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol* 2013; **8** (9): 1575-1582.
16. K/DOQI clinical practice guidelines on hypertension and antihypertensive agents in chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis* 2004; **43**: S1–S290.
17. Kooman J, Basci A, Pizzarelli F, Canaud B, Haage P, Fouque D, et al. EBPB guideline on haemodynamic instability. *Nephrol Dial Transplant* 2007; **22** (Suppl 2): ii22–44.

18. Kurtin PS, Shapiro AC, Tomita H, Raizman D. Volume Status and Body Composition of Chronic Dialysis Patients: Utility of Bioelectric Impedance Plethysmography. *Am J Nephrol* 1990; **10**: 363-367.
19. Shulman T, Heidenheim AP, Kianfar C, Shulman SM, Lindsay RM. Preserving central blood volume: changes in body fluid compartments during hemodialysis. *ASAIO J* 2001; **47**: 615-618.
20. Zhu F, Schneditz D, Wang E, Martin K, Morris AT, Levin NW. Validation of changes in extracellular volume measured during hemodialysis using a segmental bioimpedance technique. *ASAIO J* 1998; **44**: 541-545.
21. Visser V, Deurenberg P, Van Staveren WA. Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995; **49**: 256-66.
22. Wizemann V, Wabel P, Chamney P, Zaluska W, Moissl U, Rode C, *et al.* The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2009; **24**: 1574–1579.
23. Nlandu YM, Lepira FB, Makulo JR, Sumaili EK, Engole YM, Akilimali PZ, *et al.* Impact of Hypertension on the Survival of chronic hemodialysis patients in Kinshasa: A Historical Cohort Study. *Ann Afr Med* 2019; **12** (3): e3302-e3312.
24. Hypertension, by DOPPS Country and Cross-Section. 2006. <http://www.dopps.org/annual/report/html/MCOMHTN> (04 May 2020, date last accessed).
25. Agarwal R, Nissenson AR, Battle D, Coyne DW, Trout JR, Warnock DG. Prevalence, treatment, and control of hypertension in chronic hemodialysis patients in the United States. *Am J Med* 2003; **115**: 291–297.
26. Magdalene M. Assimon, Jennifer E. Fly the Intradialytic Blood Pressure Abnormalities: The Highs, The Lows and All That Lies Between. *Am J Nephrol* 2015; **42**: 337–350.