



La mesure de la veine cave inférieure ne permet pas l'évaluation du poids sec en hémodialyse chronique pédiatrique

Xavier Torterüe de Sazilly

► To cite this version:

Xavier Torterüe de Sazilly. La mesure de la veine cave inférieure ne permet pas l'évaluation du poids sec en hémodialyse chronique pédiatrique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2015. <dumas-01302027>

HAL Id: dumas-01302027

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01302027>

Submitted on 18 May 2016

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.

AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2015

N° 229

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE
DOCTEUR EN MÉDECINE

La mesure de la veine cave inférieure ne permet pas l'évaluation du poids sec en hémodialyse chronique pédiatrique

Présentée et soutenue publiquement
le 20 novembre 2015

Par

Xavier TORTERÛE DE SAZILLY

Né le 13 mars 1987 à Reims (51)

Dirigée par M. Le Professeur Georges Deschênes, PU-PH

Jury :

M. Le Professeur Sylvain Renolleau, PU-PH..... Président

M. Le Professeur Pierre Tissieres, PU-PH

Mme Le Docteur Constance Beyler, PH



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Remerciements

A Monsieur le Professeur Sylvain RENOLLEAU

Vous me faites l'honneur d'accepter de présider le jury de cette thèse.
Je vous remercie pour vos conseils et votre bienveillance.

A Monsieur le Professeur Georges DESCHÊNES

Vous me faites l'honneur de diriger cette thèse. Je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordée et le soutien que vous avez apporté à ce projet d'étude.

A Monsieur le Professeur Pierre TISSIERES

Vous me faites l'honneur de siéger à ce jury.
Je vous prie de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude pour l'accueil que vous m'avez réservé dans vos équipes de Bicêtre et d'Orsay.

A Madame le Docteur Constance BEYLER

Tu me fais l'honneur de siéger à ce jury.
Je te remercie pour l'intérêt que tu as porté à ce projet.

A Félicité

Pour ton amour, ton soutien et ta patience sans faille.
Que tu puisses toujours m'aider à préserver mon équilibre.

A mon frère

Merci d'être l'artiste que je ne suis pas.

A ma mère et à ma grand-mère

Qui m'ont tant aidé lors de ses 10 années de médecine.

Au Docteur Julien HOGAN

Merci pour ton aide dans l'analyse de mes données et la soumission de cet article.

Au Docteur Laurène DEHOUX

Merci pour d'avoir cru à la naissance de cette étude.

A Marie-Karin ETCHEGARAY

Pour sa patience et son aide dans l'organisation des mesures.

Table des matières

Remerciements	2
Abréviations	5
Introduction	6
Hémodialyse et évaluation du poids sec	7
1 Morbi-mortalité et hydratation en hémodialyse	7
1.1 Hyperhydratation chronique	7
1.2 Hyperhydratation aiguë.....	8
1.3 Déshydratation aiguë	9
2 Méthodes d'évaluation du poids sec	10
2.1 Généralités	10
2.2 Evaluation clinique	10
2.3 Marqueurs biologiques	11
2.4 Radiographie thoracique	12
2.5 Bioimpédancemétrie	13
2.6 Echographie pulmonaire	13
2.7 Mesure échographique de la Veine Cave Inférieure	14
2.8 Monitoring des variations du volume plasmatique.....	14
3 Veine Cave Inférieure et hydratation	15
3.1 Répartition de l'eau corporelle.....	15
3.2 Echographie et Pression Veineuse Centrale	16
3.3 Veine Cave Inférieure et hémodialyse chronique	18
3.4 Veine Cave Inférieure et prédiction de la tolérance dialytique.....	20
Objectifs	21
Patients et méthodes	22
1 Critères d'inclusion	22
2 Paramètres cliniques	22
3 Evaluation clinique du poids sec	23
4 Tolérance dialytique	23
5 Mesures échocardiographiques	23
6 Evaluation par bioimpédancemétrie	24
7 Analyse statistique	25
Résultats	26
1 Caractéristiques des patients	26
2 Evaluation du statut d'hydratation	26
3 Mesures échocardiographiques	27
4 Tolérance de la dialyse	28
5 Prise de poids interdialytique	28
Discussion	29
Conclusion	33
Bibliographie	34
Annexe 1	40
Annexe 2	41
Annexe 3	42

Annexe 4	43
Annexe 5	44
Annexe 6	45

Abréviations

BCM : Body Composition Monitor, Fresenius Medical Care®

BIM : Bioimpédancemétrie

FC : Fréquence cardiaque

HR : Hazard Ratio

ICVCI : Index de Collapsibilité de la Veine Cave Inférieure

IQ : Interquartile

VCI : Veine Cave Inférieure

VCI max : Diamètre maximal ou expiratoire de la Veine Cave Inférieure

VCI min : Diamètre minimal ou inspiratoire de la Veine Cave Inférieure

OR : Odds Ratio

PAD : Pression artérielle diastolique

PAS : Pression artérielle systolique

POD : Pression de l'Oreillette Droite

PVC : Pression veineuse centrale

Rel.OH : Relative overhydration : hyperhydratation relative mesurée par bioimpédancemétrie

RR : Risk ratio

SC : Surface corporelle

Introduction

Du fait de l'oligoanurie quasi constante des patients en insuffisance rénale terminale, l'évaluation de l'hydratation est l'un des enjeux majeurs de la prise en charge en hémodialyse chronique. Cette évaluation doit permettre de déterminer le « poids sec », c'est-à-dire le poids correspondant à l'état d'hydratation optimal du patient. Autrement dit, d'évaluer la quantité d'eau corporelle superflue à éliminer durant la séance d'hémodialyse.

Cette évaluation, déjà complexe en population adulte, devient périlleuse en population pédiatrique. En effet, le poids sec des enfants se modifie constamment par l'augmentation de la masse maigre, de la masse grasse et du volume d'eau corporelle inhérente à leur croissance physiologique. D'autre part, du fait des plus faibles poids des patients pédiatriques, les volumes de variation d'hydratation sont plus petits, laissant une marge d'erreur plus étroite à l'évaluation du poids sec. Ce poids sec doit ainsi être réévalué très régulièrement pour éviter des complications à court, moyen et long terme.

Tout d'abord nous nous intéresserons à l'état des connaissances sur l'évaluation du statut d'hydratation des patients en hémodialyse chronique. Puis nous étudierons l'évaluation du poids sec des enfants en hémodialyse chronique par une technique étudiée chez l'adulte mais non encore chez l'enfant : la mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure.

Hémodialyse et évaluation du poids sec

1 Morbi-mortalité et hydratation en hémodialyse

1.1 Hyperhydratation chronique

Il existe une augmentation nette de la mortalité des patients en insuffisance rénale terminale que ce soit en population adulte ou pédiatrique.

En population adulte, il a été très clairement montré que la mortalité augmentait lors des 3 premiers mois de dialyse (27,5 morts par 100 patients-jours pour les 120 premiers jours contre 21,9 morts par 100 patients-jours pour les jours 121 à 365 ($p = 0,002$) [1]. Après une année, le taux annuel de mortalité en dialyse est de 5 à 27% dans les pays développés. La première cause de mortalité des patients en hémodialyse est cardiovasculaire qui est 10 à 20 fois supérieure à la population générale et semble être plus de 100 fois plus élevée chez les patients de moins de 45 ans [2]. Arrive ensuite les causes infectieuses, avec un risque de mortalité par bactériémie 50 fois supérieur et de pneumonie 15 fois supérieur à la population générale [3].

En population pédiatrique, le taux de mortalité annuel se situe entre 1,57 pour 100 patients-année dans une cohorte hollandaise [4] à 4,36 pour 100 patients-année dans une cohorte américaine [5]. La première cause de mortalité dans la cohorte hollandaise était cérébrovasculaire (24%) puis infectieuse (21%). Après dix ans d'épuration extra rénale la mortalité cardiovasculaire était la plus importante (30%). Il est intéressant de constater que dans les 2 cohortes le taux de mortalité était plus important en hémodialyse qu'en dialyse péritonéale RR 2,1 [1 – 4,4], ou qu'après transplantation rénale RR 3,3 [2,1 – 5,1] [4].

Or il a été montré que les patients hémodialysés en hyperhydratation chronique présentaient une augmentation du risque de mortalité tout cause confondue [6]. Ce risque augmente en fonction du niveau évalué d'hyperhydratation chronique (HR = 1.87, 95%CI = 1.12-3.13 pour une hyperhydratation relative (rel.OH)>15% and HR = 2.72, 95%CI = 1.60-4.63 pour une rel.OH>17.4%) [7]. Et si l'on s'intéresse spécifiquement à la morbi-mortalité cardiovasculaire, on retrouve une augmentation significative de la survenue d'événement cardiovasculaire (HR = 2.31, 95%CI = 1.42-3.77 pour une rel.OH >15% and HR = 4.17, 95%CI = 2.48-7.02 pour une rel.OH >17.4%) [7].

Cette augmentation de la mortalité cardiovasculaire n'est pas irréversible. En effet, Onofriescu et al. a montré qu'un suivi rapproché par bioimpédancemétrie de l'hydratation des patients permettait à moyen terme de diminuer la mortalité globale des patients comparé à une évaluation clinique seule (HR 0.10, 95%CI = 0.013-0.805; $P = 0.03$) [8].

Il semble alors important de prendre en charge de façon appropriée le statut d'hydratation des patients en hémodialyse chronique en définissant une évaluation standardisée du poids sec tant chez l'adulte que chez l'enfant.

1.2 Hyperhydratation aigüe

L'hyperhydratation aigüe, lorsqu'elle est sévère, peut se compliquer de symptômes liés à la surcharge hydrosodée : œdèmes des membres inférieurs, hypertension artérielle, défaillance cardiaque et œdème aigu pulmonaire. Elle peut être handicapante voir dangereuse pour le patient.

Elle est liée la plupart du temps au non-respect des recommandations diététiques du patient en insuffisance rénale terminale (restriction hydrique et régime pauvre en sel). Mais elle peut aussi être liée en début de séance à une surestimation du poids sec du patient et une sous-estimation du volume corporelle à déléter. Le patient se retrouve donc en fin de séance

dans un état d'hyperhydratation le prédisposant, malgré un régime bien suivi, à une situation d'hyperhydratation dangereuse avant la prochaine séance d'hémodialyse.

1.3 Déshydratation aigüe

La déshydratation aigüe lors de la séance d'hémodialyse peut se traduire par de nombreux symptômes bénins (maux de tête, crampes musculaires, hypotension, malaises et, plus fréquemment chez l'enfant, vomissements et douleurs abdominales) mais aussi dans de très rares cas de complications sévères (désamorçage de la pompe cardiaque, accident vasculaire cérébral...) [9,10]. C'est une complication fréquente de la dialyse qui survient dans 15 à 50% des séances [11] et qui touche presque tout les patients au cours de leur prise en charge en hémodialyse [12]. Cette mauvaise tolérance de la dialyse peut être multifactorielle : sous-estimation du poids sec, taux horaire d'ultrafiltration trop élevé, modifications brutales de l'osmolarité du sérum par la chute brutale du taux d'urée et la modification de la composition électrolytique et acido-basique sanguine.

La déshydratation post-dialytique augmente le risque d'une prise de poids interdialytique importante par augmentation de la sensation de soif. Cette prise de poids est associée à l'hypertrophie ventriculaire gauche et à la mortalité cardiovasculaire chez l'enfant [13] et chez l'adulte [14].

L'évaluation du poids sec doit donc être la plus juste possible pour ne pas surestimer le volume de déplétion perdiaalytique. Mais la durée et le taux horaire de déplétion doivent aussi être adaptés au patient. C'est pour cela que de plus en plus de centre de dialyse utilisent le monitoring de la courbe de volume plasmatique (abordé plus loin).

2 Méthodes d'évaluation du poids sec

2.1 Généralités

De nombreuses méthodes existent pour évaluer le statut d'hydratation des patients en hémodialyse chronique [15]. Elles sont basées sur l'évaluation clinique du néphrologue-dialyseur, sur des paramètres biologiques, sur des techniques invasives ou non-invasives. Ces techniques sont pour la plupart imparfaites mais elles ont toutes pour but une gestion stricte de l'hydratation des patients en hémodialyse chronique pour diminuer leur mortalité au long cours.

Le gold standard de l'évaluation de poids sec reste la mesure isotopique des volumes hydriques : le deutérium pour la mesure de l'eau corporelle totale, le bromure pour la mesure du compartiment extracellulaire et le potassium total pour la mesure du volume intracellulaire [16]. Il existe aussi des méthodes non-radioactives comme la dilution du iohexol ou du sodium [17]. Mais ces méthodes fiables sont lourdes par la longueur de leur réalisation, par l'utilisation de matériels radioactifs, par la nécessité d'être réalisées en laboratoire et non au lit du patient.

On dispose donc de méthodes moins fiables, probablement complémentaires, réalisables au lit du patient : l'évaluation clinique, l'index cardio-thoracique basé sur une radiographie de thorax de face, la mesure échocardiographique du diamètre de la Veine Cave Inférieure, l'échographie pulmonaire, les biomarqueurs comme le Brain Natriuretic Peptide, la bio-impédancemétrie et de la courbe de volume plasmatique.

2.2 Evaluation clinique

L'évaluation clinique repose sur l'expérience personnelle du dialyseur. Celui-ci se base sur l'histoire clinique du patient et de sa courbe de poids et de taille, sur sa prise de poids

inter-dialytique, sur sa pression artérielle et la présence de signes cliniques de surcharge (œdèmes déclives, pulmonaires...).

Cette évaluation du poids sec est fortement dépendante du savoir-faire du néphrologue et de facteurs parfois mal interprétés. En effet la pression artérielle peut être un reflet d'une surcharge hydrique mais elle n'est pas toujours corrélée à l'hydratation pouvant alors être d'origine réno-vasculaire [18]. Tous les patients hypertendus ne sont donc pas en surcharge hydrosodée.

De plus il a été montré qu'une prise de poids inter-dialytique de plus de 4% chez des patients pédiatriques augmente le risque d'hypertrophie ventriculaire gauche[13]. Mais il est vrai aussi qu'un patient déshydraté après sa séance d'hémodialyse aura plus une sensation de soif et donc aura plus tendance à enfreindre les règles de restriction hydrique qui lui sont imposées.

Ainsi malgré quelques articles marginaux défendant cette méthode simple et peu coûteuse [19], il est montré que l'on doit très probablement utiliser d'autres techniques pour diminuer la morbi-mortalité des patients [20].

2.3 Marqueurs biologiques

Les peptides natriurétiques BNP (Brain Natriuretic Peptid) et NT-proBNP (N Terminal BNP) sont des peptides produits par les myocytes essentiellement auriculaires mais aussi ventriculaire lors de la mise en tension du muscle cardiaque par l'augmentation de la pression télédiastolique ventriculaire. Cette augmentation de pression peut être liée à une dysfonction diastolique ventriculaire gauche (obstacle de la voie gauche, cardiomyopathie hypertrophique ou restrictive) ou droite (hypertension artérielle pulmonaire, embolie pulmonaire). Elle peut être causée de même par une surcharge hydrosodée. Les peptides natriurétiques atténuent l'action du système rénine-angiotensine-aldostérone, permettant ainsi

de diminuer la post-charge par vasodilatation et la pré-charge ventriculaire par son action diurétique.

L'augmentation de ces peptides a été très clairement corrélée à la dyspnée et la dysfonction cardiaque [21]. Malheureusement, même si elle peut permettre d'évaluer un état d'hyperhydratation chronique, elle ne permet pas de prédire le poids sec ou la réduction de la pression artérielle après dialyse [22]. De plus son interprétation devient compliquée chez les patients insuffisants cardiaques et rénaux.

2.4 Radiographie thoracique

La radiographie thoracique permet d'évaluer deux paramètres. Le premier est la présence d'un flou périhilaire et d'épaississement des septas voir des images floconneuses hilaires et périhilaires en faveur d'un œdème aigu pulmonaire. Mais cet élément, en faveur d'une surcharge hydrosodée majeure et rare, ne peut que conforter une présentation clinique majeure et ne permet d'évaluer la surcharge hydrique modérée en pratique courante.

Le deuxième est l'index cardiothoracique qui se mesure sur une radiographie de thorax de face en inspiration en faisant le rapport entre le plus grand diamètre horizontal cardiaque sur le plus grand diamètre horizontal thoracique. L'index supérieur à 0,5 signe une cardiomégalie, qui pour certains [19], signe une surcharge hydrosodée créant une dilatation des cavités cardiaques. Or, on sait que la principale complication de l'insuffisance rénale chronique terminale et de la surcharge hydrosodée est l'hypertrophie ventriculaire gauche qui conduit elle aussi à l'augmentation de l'index cardiothoracique. Ainsi dans cette cohorte adulte 61% des patients présentent un index cardiothoracique augmenté [23].

La radiographie de thorax, en plus de ces limites importantes, est un examen irradiant qui ne peut, en pratique courante, pas être réalisée au lit du patient.

2.5 Bioimpédancemétrie

Les premières études sur la mesure de l'hydratation totale par impédancemétrie ont été réalisées au début des années 1960 par Thomasset [24]. Depuis de nombreux algorithmes existent afin de permettre de mesurer l'eau corporelle totale mais aussi l'eau extracellulaire et de calculer le volume d'eau intracellulaire. Cette méthode simple, rapide et non-invasive repose sur le principe de Hanaï pour la conversion de la résistance R et de la réactance Xc en mesure du volume d'eau corporel [15].

Pour cela, le bioimpédancemètre fait circuler plusieurs fréquences de 5kHz à 1000kHz dans le corps via des patchs posés sur une main et le pied homolatéral. Les basses fréquences circulent alors préférentiellement dans le volume d'eau extracellulaire et les hautes fréquences traversent à la fois le milieu intra et extra cellulaire (volume d'eau total) [25].

De plus la bioimpédancemétrie donne des informations sur la masse maigre et la masse grasse des patients permettant une prise en charge nutritionnelle plus rapprochée des patients.

L'utilisation de cet outil a été évaluée dans de nombreuses études. L'évaluation du statut d'hydratation des patients par bioimpédancemétrie permet ainsi de diminuer la masse ventriculaire gauche [26] et la mortalité [8]. Et cela sans augmenter le taux de complications perdiaalytique [27].

2.6 Echographie pulmonaire

L'échographie pulmonaire est une technique non-invasive, rapide (<3minutes) et facile à acquérir. Elle se base sur le calcul du nombre de queue de comète lors d'une échographie pleurale. Ces queues de comète sont définies comme des lignes coniques issues de la ligne pleurale, cohérentes, se poursuivant jusqu'en bas de l'écran et se déplaçant avec la ligne

pleurale. Quand elles sont ainsi multiples et régulièrement espacées, elles signent alors un œdème interstitiel hémodynamique.

Cet outil a montré son efficacité pour prédire l'eau pulmonaire extravasculaire des patients hémodilysés [28]. Mais son utilisation ne semble pas pouvoir améliorer la survie des patients comparé à l'évaluation par bioimpédancemétrie [29].

D'autre part cette technique présente le biais majeur d'être très dépendante d'une dysfonction cardiaque gauche qui majore, indépendamment de l'état d'hydratation, l'eau extravasculaire pulmonaire [30]. C'est donc une méthode intéressante car elle permet d'évaluer indépendamment l'eau extravasculaire mais qui doit être utilisée avec prudence.

2.7 Mesure échographique de la Veine Cave Inférieure

L'évaluation du statut d'hydratation par la mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure est développée dans la partie 3.

2.8 Monitoring des variations du volume plasmatique

La courbe de volume plasmatique repose sur la mesure optique ou ultrasonique de la lumière à travers la ligne sanguine d'hémodialyse [15]. Cette mesure permet de donner une courbe dont l'aspect permet de déterminer la volémie, ou volume intravasculaire, lors de la séance d'hémodialyse.

Cette méthode ne permet pas d'évaluer le poids des patients avant le début de la séance mais permet, couplée à des systèmes de rétrocontrôles d'adapter le niveau d'ultrafiltration horaire afin de réaliser la meilleure déplétion possible avec la meilleure tolérance possible. Ces systèmes de rétrocontrôles sont basés sur la conductivité du dialysat et/ou la conductivité plasmatique et permettent ainsi de diminuer les chutes tensionnelles lors de la séance [31].

Sans ces systèmes de rétrocontrôles, il a été montré que cette méthode ne diminuait pas le risque d'effets indésirables lors de la séance d'hémodialyse mais en plus augmentait la mortalité des patients [32].

3 Veine Cave Inférieure et hydratation

3.1 Répartition de l'eau corporelle

Le contenu corporel en eau varie au cours de la vie. Les nourrissons sont composés à 75% d'eau et cette répartition diminue progressivement jusqu'à l'adolescence à 60% puis aux alentours de 50% vers l'âge de 50 ans. 60% de l'eau totale se trouve dans le milieu intracellulaire, 25% constitue le compartiment interstitiel et 15% seulement le plasma. Sur ces 15%, 70% du volume sanguin est contenu dans le compartiment veineux, la moitié dans les petites veines et un quart dans le compartiment splanchnique [33,34].

Cette répartition en eau entre les différents compartiments évolue en fonction de différents paramètres :

- La pression osmotique : pression exercée par les particules en solution. Cette pression dépend du nombre de moles de particules dans la solution.
- La pression oncotique : pression exercée par la masse des particules à travers une membrane semi-perméable.
- La pression hydrostatique : pression qui règne dans un fluide à l'équilibre du fait de son propre poids.
- La perméabilité des membranes : niveau de porosité des membranes vasculaires, cellulaires,...

Entre le milieu intravasculaire et interstitiel, il existe un état d'équilibre constant entre d'une part les pressions oncotiques et osmotiques qui retient l'eau vers le milieu intravasculaire, et d'autre part la pression hydrostatique qui chasse l'eau vers le milieu interstitiel. Cela est possible grâce à la membrane capillaire qui est une membrane semi-perméable.

Cet équilibre est précaire. Par exemple, en cas d'inflammation, la perméabilité de la membrane augmente faisant transiter les grosses molécules plasmatiques vers le milieu interstitiel, moins oncotique. Cela annule le gradient de pression oncotique. La pression hydrostatique étant supérieure dans le milieu intravasculaire, l'eau transite alors du milieu intravasculaire vers le milieu interstitiel pour rétablir l'équilibre entre la nouvelle différentielle de pression oncotique et hydrostatique.

Cela explique que l'on puisse avoir une déshydratation relative d'un milieu et une hyperhydratation relative d'un autre.

3.2 Echographie et Pression Veineuse Centrale

La Pression Veineuse Centrale (PVC) est la pression qui règne dans l'oreillette droite (POD). Elle correspond à la pression de remplissage du ventricule droit. Elle est donc dépendante :

- De la précharge du ventricule droit : le volume de sang qui revient à l'oreillette droite via la VCI, la veine cave supérieure et le sinus coronaire.
- De la fonction diastolique du ventricule : sa compliance, sa capacité à se laisser remplir.
- De la post-charge du ventricule droit : la pression pulmonaire.

Ainsi la PVC augmente si la pré-charge ou la post-charge augmente ou si la compliance diminue.

Elle peut être mesurée de façon invasive par cathétérisme veineux. Elle n'est donc pas utilisable en pratique courante en hémodialyse.

La Veine Cave Inférieure draine le retour veineux abdominal, pelvien, périnéal et des membres inférieurs. C'est un retour passif : la POD étant plus basse que la pression régnant dans les organes, le retour se fait des hautes pressions vers les basses pressions, en situation physiologique. De plus lors de l'inspiration, en situation physiologique, le diaphragme crée une dépression, une pression négative, dans le thorax permettant à l'air de pénétrer dans les poumons. Cette pression négative augmente le retour veineux systémique vers l'oreillette droite. Ainsi lors de l'inspiration le sang est « aspiré » de la VCI vers l'oreillette droite diminuant le volume sanguin présent dans celle-ci [35]. Cela explique qu'en situation physiologique, c'est-à-dire en ventilation spontanée, le diamètre de la VCI diminue à l'inspiration et augmente à l'expiration.

Chez l'adulte, il a été montré une corrélation entre la mesure échocardiographique du diamètre de la VCI et la pression veineuse centrale en situation réanimatoire ou physiologique [36,37]. Ainsi la relation entre la PVC et la VCI chez l'adulte sont définis ainsi :

- Si $VCI_{min} < 8\text{mm/m}^2$, alors $PVC < 3\text{mmHg}$
- Si $VCI_{min} > 11,5\text{mm/m}^2$, alors $PVC > 7\text{mmHg}$

Mais il n'existe pas une relation complète entre PVC et volémie (volume intravasculaire). En situation réanimatoire, il a été démontré que malgré une PVC normale voir haute ($8 \pm 4\text{mmHg}$), l'obtention d'un débit cardiaque optimal pouvait être dépendant de remplissage supplémentaire [38]. Ce marqueur doit donc être utilisé avec prudence.

En population pédiatrique, il existe aussi une corrélation entre l'Index de Collapsibilité de VCI (ICVCI) et la PVC [39]. Mais il n'a pas été défini de normes supérieures et inférieures de diamètre ou d'ICVCI permettant de déterminer le niveau de PVC en pratique courante.

En 2014, la Société Américaine d'Echocardiographie publie des nomogrammes de diamètre maximal et minimal et d'ICVCI à partir des mesures chez 120 patients [40]. Mais aucune corrélation n'a pour l'instant été réalisée entre la PVC et ces nomogrammes.

3.3 Veine Cave Inférieure et hémodialyse chronique

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, la mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure est une méthode rapide et non invasive pour estimer la PVC. L'apprentissage de cette méthode est relativement facile et rapide et peut être réalisée par un Néphrologue avec la même efficacité que par un Cardiologue [41].

Pour l'étude de cet outil en population adulte, les auteurs ont tout d'abord montré qu'il y avait une association entre les patients évalués comme hyperhydratés cliniquement et une VCI qui diminue significativement après la séance d'hémodialyse [25,40,41].

Les études se sont ensuite basées sur le principe que le diamètre échographique de la VCI était corrélé à la PVC (cf paragraphe précédent). Ils ont ainsi suivi les normes suivantes [25,43,44] :

- Hypovolémie: $VCI_{min} < 8\text{mm/m}^2$ et $ICVCI > 75\%$ soit une $PVC < 3\text{mmHg}$
- Hypervolémie : $VCI_{min} > 11,5\text{mm/m}^2$ et $ICVCI < 40\%$ soit une $PVC > 7\text{mmHg}$

Ainsi de nombreuses études se sont intéressées à montrer que le poids sec était lié au diamètre de la VCI en hémodialyse chronique adulte. Un seul auteur Chang ST et al. s'est attaché à montrer que l'évaluation du poids sec des patients en hémodialyse par l'échographie permettait d'améliorer la qualité de vie des patients et de diminuer l'hypertrophie ventriculaire gauche [45–47]. Mais depuis 2004, on ne retrouve pas d'auteur cherchant à montrer cette amélioration de la survie des patients grâce à l'évaluation échographie et l'on manque de données pour corréler ces études.

Il n'y a que peu d'études pédiatriques sur la mesure de la VCI en hémodialyse chronique.

En 1996, Sönmez et al., réalise une série de mesures avant et une heure après la séance d'hémodialyse chez une cohorte de 12 patients hémodialysés comparés à des sujets sains [48]. Il concluait que l'Index de Collapsibilité de la Veine Cave Inférieure (ICVCI) était significativement plus bas et que le diamètre maximal était significativement plus élevé avant la séance d'hémodialyse par rapport à une population contrôle. Cette différence disparaissait après la séance d'hémodialyse lui faisant conclure à l'utilité de cette nouvelle méthode d'évaluation. Mais il ne définissait pas de norme de VCI_{max} ou d'ICVCI ne permettant pas son utilisation en pratique courante.

En 2001, Krause et al. réalise une série de mesures avant et une heure après la séance d'hémodialyse chez une cohorte de 15 patients hémodialysés [49]. Il retrouve lui aussi qu'il existe une diminution significative du diamètre de VCI après dialyse de $1,12 \pm 0,38$ à $0,75 \pm 0,26 \text{ cm}^2$. De même il retrouve une augmentation significative de l'ICVCI après dialyse. Il conclue que la mesure de la VCI est réalisable en pratique courante et qu'elle doit rentrer dans l'arsenal décisionnel du Dialyseur.

Enfin, en 2007, Haciomeroglu et al. réalise une série de mesures avant et une heure après la séance d'hémodialyse chez une cohorte de 9 patients hémodialysés comparés à des sujets sains [50]. Il retrouve lui aussi un ICVCI significativement plus bas avant la dialyse mais qui se corrige après la séance d'hémodialyse jusqu'à atteindre les valeurs de la population contrôle.

Ces trois études concluent donc elles aussi à la faisabilité de la technique en pratique courante et à un intérêt de la technique dans l'évaluation du poids sec. Mais aucune ne propose de normes pour utiliser ces mesures de VCI en pratique courante.

De plus ces 3 études présentent un biais majeur : la mesure de la VCI une heure après la séance d'hémodialyse. En effet le refilling complet du compartiment intravasculaire à partir du compartiment interstitiel apparaît deux à trois heures seulement après la fin de la séance de dialyse [25,51]. Il y a donc probablement une sous-estimation des mesures de VCI une

heure après dialyse. Ainsi l'on ne peut donc conclure qu'il y a bien une spoliation du volume intravasculaire lors de la séance d'hémodialyse.

Nous n'avons retrouvé qu'une seule étude s'attachant à comparer la mesure échocardiographique de la VCI à la bioimpédancemétrie. En 2000, Dietel et al. réalise une étude chez 28 patients pédiatriques en hémodialyse permettant de trouver une corrélation inverse significative avec la résistance, paramètre mesuré par bioimpédancemétrie, permettant de conclure qu'il y a très probablement une relation entre diamètre de VCI et hydratation [52]. De plus il réalise un nomogramme de VCI_{max} en fonction de la surface corporelle à partir de mesures chez 206 enfants. Malheureusement, aucune mesure fiable du poids sec n'est réalisée chez les patients dilués et il n'est donc pas possible de corréliser leur mesure de VCI_{max} reportée sur le nomogramme à leur poids sec.

Ainsi le manque d'étude évaluant la corrélation entre le poids sec et le diamètre de VCI ne permet pas de l'utiliser en pratique courante en hémodialyse pédiatrique.

3.4 Veine Cave Inférieure et prédiction de la tolérance dialytique

En 2006, Brennan et al. conclue à la possibilité de prédire la mauvaise tolérance de la séance d'hémodialyse à partir de la mesure échocardiographique de la VCI [44]. En effet les patients hypovolémique ($VCI < 8 \text{ mm/m}^2$) présentaient plus de complications per dialytiques (58 versus 27%; $P = 0.01$) : plus de d'épisode de douleur thoracique et de crampes (33 versus 14%, $P = 0.06$) et plus d'épisodes d'hypotension (22 versus 3%, $P = 0.02$). Malheureusement il ne présente pas les taux horaires de déplétion hydrosodée que nous savons maintenant fortement liés à l'apparition de symptômes de mauvaises tolérances dialytiques.

Ces données intéressantes n'ont pas été soutenues par d'autres études, à notre connaissance.

Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de comparer l'évaluation du poids sec par la mesure échocardiographique pré-dialytique du diamètre inspiratoire, expiratoire et de l'index de collapsibilité de la Veine Cave Inférieure reportées sur des nomogrammes spécifiques [40] à l'évaluation par bioimpédancemétrie.

Les objectifs secondaires de l'étude sont :

- D'évaluer la variation post-dialytique de la mesure échocardiographie de la Veine Cave Inférieure.
- De comparer l'évaluation clinique du poids sec à l'évaluation par bioimpédancemétrie.
- D'évaluer les facteurs associés à la survenue de complications per-dialytique et ainsi d'évaluer la capacité de la mesure échographique pré-dialytique de la Veine Cave Inférieure à prédire la mauvaise tolérance de la séance d'hémodialyse.

Patients et méthodes

1 Critères d'inclusion

Nous avons réalisé une étude clinique prospective observationnelle unicentrique. Tous les patients pris en charge en hémodialyse chronique dans notre centre (Néphrologie et Hémodialyse Pédiatrique, Hôpital Robert Debré, Paris) entre le 16 mars et le 13 avril 2015 ont été inclus. Les patients présentant une malformation congénitale cardiaque ou du retour veineux systémique étaient exclus, ainsi que les patients pour lesquels aucun consentement n'était reçu. Un consentement libre et éclairé a été obtenu par les parents ou tuteurs des patients avant l'étude après que le protocole de recherches ait été approuvé par le comité d'éthique local.

2 Paramètres cliniques

La Pression Artérielle Systolique (PAS), la Pression Artérielle Diastolique (PAD), la fréquence cardiaque (FC), et le poids étaient mesurés juste avant la connexion à la machine d'hémodialyse et après la séance d'hémodialyse selon le protocole habituelle du service. La pression artérielle était mesurée en position allongée, au repos, avec un appareil de mesure automatique de la pression artérielle et d'un brassard de taille adaptée au patient. L'hypertension artérielle et l'hypotension artérielle étaient définies comme une valeur supérieure au 95^{ème} percentile ou inférieur au 5^{ème} percentile pour l'âge, la taille et le sexe selon les abaques du Pediatric Blood Pressure Task Force Report [53].

3 Evaluation clinique du poids sec

Le poids sec clinique du patient était évalué par un médecin sénior de l'unité d'après l'histoire clinique du patient, sa pression artérielle, index cardiothoracique sur une radiographie de thorax (non systématique), les paramètres d'hémoconcentration sur les examens biologiques (hebdomadaire selon le protocole habituel du service), tolérance des séances d'hémodialyse précédentes et la prise de poids interdialytique. Le volume d'ultrafiltration total, le taux horaire d'ultrafiltration et la durée de la séance d'hémodialyse étaient déterminés selon cette évaluation clinique. L'évaluation clinique du médecin sénior de l'unité se faisait en aveugle des résultats de bioimpédancemétrie et de mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure.

4 Tolérance dialytique

La tolérance de la séance d'hémodialyse était définie comme l'absence d'hypotension, de céphalée ou de douleur abdominale et de vomissements durant la séance. En cas de symptômes de mauvaises tolérances hémodynamique, la pression artérielle systolique et diastolique, la fréquence cardiaque, le volume total d'ultrafiltration, le taux horaire d'ultrafiltration et le volume total d'expansion volémique (si nécessaire) étaient enregistrés.

5 Mesures échocardiographiques

La mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure (VCI) était réalisée au lit du patient après cinq minutes de repos en position allongée juste avant la connexion à la machine d'hémodialyse et le début de la séance d'hémodialyse. Elle était répétée une heure après la fin de la séance. Le diamètre de la VCI était mesuré en fin d'expiration (diamètre maximal) et en fin d'inspiration (diamètre minimal), au niveau de l'entrée des veines

hépatiques comme recommandé par la Société Américaine d'Echocardiographie et réalisée dans l'étude de Kutty et al. [40]. Nous avons décidé de réaliser les mesures en mode deux dimensions, B-mode, qui permet une meilleure orientation spatiale ainsi qu'en M-mode [40,36]. L'Index de Collapsibilité de la VCI (ICVCI) était calculé ainsi $ICVCI = (\text{diamètre maximal} - \text{diamètre minimal}) / \text{diamètre maximal}$. Les différentes mesures étaient ensuite reportées sur les courbes de références indexées sur la surface corporelle [40]. Les mesures échocardiographiques étaient réalisées avec la sonde abdominale de l'ATL® HDI 3500.

6 Evaluation par bioimpédancemétrie

Le Body Composition Monitor (BCM, Fresenius Medical Care®), monitoring de la composition corporelle, utilise la bioimpédancemétrie par multifréquence. Nous l'avons utilisé pour évaluer le statut d'hydratation des patients. Au moins deux mesures étaient réalisées au même moment que la mesure échocardiographique de VCI, avant la connexion à l'hémodialyseur, au lit du patient après cinq minutes de repos en position allongé. Le BCM est un outil non-invasif validé pour estimer le volume d'eau intra et extracellulaire par l'utilisation d'ondes de spectroscopie de 50 fréquences différentes (de 5kHz à 1000 MHz). L'hyperhydratation relative (rel.OH), hydratation normalisée au volume d'eau extracellulaire, permet la comparaison entre les patients sans tenir compte de leur poids, taille, sexe ou âge. Le poids sec, ou normohydratation, était défini par une rel.OH de -7 à +7%, correspondant au 10^{ème} et 90^{ème} percentile d'une population de référence de sujets sains. Une hyperhydratation modérée était défini par une rel.OH de +7 à +15% et une hyperhydratation sévère par une rel.OH supérieure à +15%. La déshydratation était définie par une rel.OH inférieure à -7% [6,54]. Ces normes ont été utilisées pour des études en hémodialyse chronique dans une population adulte [55] et pédiatrique [18].

7 Analyse statistique

Les variables dichotomiques sont données en pourcentages et les variables continues en médianes et interquartiles (IQ). Nous avons testés la corrélation entre les résultats des différentes méthodes utilisées pour évaluer le statut d'hydratation en calculant le coefficient de corrélation de Pearson. L'association univariée, entre la bioimpédancemétrie et l'évaluation échocardiographique basée sur les courbes de références, a été étudiée avec le test du Chi-2. Des modèles de régressions logistiques ont été utilisés pour étudier les facteurs associés à la tolérance de la séance d'hémodialyse. Nous avons tout d'abord réalisé un test de régression logistique univarié sur toutes les variables pour déterminer lesquelles inclure dans le modèle final. Toutes les variables avec une valeur de p inférieure à 0,2 ont été incluses dans le modèle de régression logistique multivariée.

Tous les tests ont été réalisés avec un risque α de 0,05. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SAS 9.2.

Résultats

1 Caractéristiques des patients

Seize patients en hémodialyse chronique ont été étudiés entre mars et avril 2015 dans notre centre (Hôpital Robert Debré, Paris). Un patient de deux ans a été exclu du fait d'une anomalie du retour vasculaire systémique (absence de VCI) et une patiente de 16 ans du fait de l'impossibilité de recueillir un consentement. Les caractéristiques des patients sont présentées dans l'Annexe 1. Il y avait 13 garçons pour 3 filles. L'âge médian était de 14,3 ans [9,9-15,5]. La durée médiane d'hémodialyse était de 19 mois [9,5-21,8]. Cinq patients étaient traités pour une hypertension artérielle chronique (quatre avec un traitement antihypertenseur et un avec trois). L'accès vasculaire était un cathéter veineux central tunnélisé chez six patients et une fistule artérioveineuse chez dix patients. Le rapport Kt/V médian était 1,34 [1,2-1,9]. Trois patients présentaient une diurèse persistante significative définie par une diurèse supérieure à $0,5\text{ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

2 Evaluation du statut d'hydratation

85,5% des patients étaient considérés comme hyperhydratés par l'évaluation clinique avant la séance d'hémodialyse. Le volume d'ultrafiltration médian était de 35,4 ml/kg/séance [15,6-51,4].

Un total de 48 mesures par bioimpédancemétrie a été réalisé. La rel.OH médiane était de -3,4% [-7,25-+2,52]. 52,1% des patients ont été définis comme normohydraté (rel.OH de -7 à +7%), 25% comme déshydraté (rel.OH < 7%), 10,4% comme modérément hyperhydraté (7% < rel.OH < 15%) et 10,4% sévèrement hyperhydratés (rel.OH > 15%).

Il n'y avait aucune corrélation statistique significative entre l'évaluation clinique et l'évaluation par bioimpédancemétrie (coefficient de corrélation de Pearson = 0,24, p=0,10) (Annexe 5).

3 Mesures échocardiographiques

Quatre-vingt seize mesures échocardiographiques ont été réalisées. Il y avait une diminution significative du diamètre de Veine Cave Inférieure après la séance d'hémodialyse, considérant à la fois le diamètre minimal (médiane -1,88mm [-2,88 ; -0,88] (p=0,0004)), et maximal (médiane -3,17mm [-4,62 ; -1,73] (p<0,0001)). Nous avons de même trouvé une augmentation de l'Index de Collapsibilité de la VCI de 0,10mm [0,03 ; 0,17] (p=0,006). Ces données sont regroupées dans l'Annexe 2.

Selon les courbes de références de diamètre inspiratoire de VCI, aucun patient n'était considéré comme hyperhydraté. Deux patients étaient considérés comme hyperhydraté (4,1%) selon les courbes de références de diamètre expiratoire de VCI et 10 patients (20,8%) selon les courbes de références de l'ICVCI (Annexe 6 et Annexe 3). Cependant, aucune association significative n'a été trouvée entre l'état d'hydratation évalué par bioimpédancemétrie et l'évaluation échocardiographique. En effet, le meilleur marqueur échocardiographique était l'ICVCI avec une sensibilité basse de 40% et une spécificité de 84%.

Pour tester si ces résultats ne sont pas seulement liés à des courbes de références inappropriées, nous avons testé la corrélation entre les mesures échocardiographiques normalisées à la surface corporelle et l'hyperhydratation relative estimée par bioimpédancemétrie et nous n'avons pas trouvé de corrélation statistiquement significative.

4 Tolérance de la dialyse

Onze séances de dialyse (23%) ont été mal tolérées par les patients. Deux patients (4%) présentaient une douleur abdominale, neuf (19%) ont eu une diminution brutale de la pression artérielle associée à une tachycardie. La médiane de diminution de la pression artérielle systolique était de 30% [23,3 ; 35] et de 33,4% pour la pression artérielle diastolique [23,4 ; 38,4]. Neuf patients présentaient une tachycardie avec une augmentation de 17,2% de la fréquence cardiaque [12,9 ; 20,5]. Lors de l'apparition de ces symptômes, tous les patients ont été soumis à un levé de jambe passif et l'ultrafiltration a été immédiatement arrêtée. Trois patients ont reçu une expansion volémique de sérum salé isotonique de 2,3, 2,4 et 3,4ml/kg permettant une disparition des symptômes.

Nous n'avons pas trouvé d'association entre l'apparition de symptômes d'intolérance de la séance d'hémodialyse d'une part et de l'âge des patients, leur pression artérielle au début de la séance d'hémodialyse, le statut d'hydratation défini par bioimpédancemétrie ou la mesure échocardiographique de VCI d'autre part (Annexe 4). Le taux horaire d'ultrafiltration était le seul facteur associé à l'intolérance dialytique OR 1,17 [0,98-1,40] (p=0,08).

5 Prise de poids interdialytique

Il n'y avait aucune corrélation entre la prise de poids interdialytique et le statut d'hydratation évalué avant la séance par bioimpédancemétrie (coefficient de corrélation = 0,21, p=0,15).

Discussion

L'évaluation du statut d'hydratation des patients est l'un des enjeux majeurs de la dialyse chronique. L'hyperhydratation chronique et la déshydratation en fin de séance d'hémodialyse ont été identifiés comme des facteurs de risques majeurs d'hypertrophie ventriculaire gauche et la morbidité et mortalité cardiovasculaire [10,13]. D'un autre côté, la déshydratation est aussi associée à un risque de perte accélérée de la fonction rénale résiduelle, d'hypotension et de fatigue.

Onofriescu et al. a montré que la prise en charge des patients en hémodialyse chronique grâce à une évaluation par bioimpédancemétrie augmente leur survie comparée à une évaluation basée uniquement sur la clinique [20]. Cela concorde avec l'absence de corrélation entre l'évaluation clinique et par bioimpédancemétrie du poids sec dans notre étude et chez l'adulte [19] et souligne la difficulté d'évaluer cliniquement le statut d'hydratation des patients. Cependant une des limites majeures de la bioimpédancemétrie est son incapacité à évaluer le volume intravasculaire.

Le diamètre maximal de la Veine Cave Inférieure est connu pour être significativement corrélé avec la Pression Veineuse Centrale (PVC) chez des adultes en situation réanimatoire ou physiologique [36,37]. La même corrélation a été trouvée entre l'Index de Collapsibilité de la VCI et la PVC en population pédiatrique [39]. Basées sur ces données physiopathologiques et sur le principe que la PVC est liée au statut d'hydratation, des études en population adulte ont démontré que l'échocardiographie pouvait être utilisée pour évaluer le poids sec [43,44,51]. De plus Chang et al. a montré dans son étude que l'échocardiographie pouvait permettre d'améliorer la fonction et l'architecture cardiaque après une longue période d'hémodialyse chronique avec management du poids sec par échographie de la VCI comparé

à une prise en charge purement clinique [56]. Malheureusement, c'est la seule étude s'intéressant à ce sujet.

Dans notre étude, nous retrouvons une modification significative du diamètre de VCI pré et post dialyse ce qui est corroborée par trois études chez l'enfant [48–50]. Haciomeroglu et al. trouvait de plus un ICVCI significativement plus bas chez neuf patients avant une séance d'hémodialyse que chez des patients sains. Cette différence disparaissait après la séance [50]. Ces arguments pourraient être en faveur d'une association entre hydratation et diamètre de VCI, c'est-à-dire une association entre hydratation et volémie.

Dietel et al. a proposé un nomogramme de diamètre maximal de VCI [52] basé sur des mesures échocardiographique de 206 enfants sains. Mais il manquait les nomogrammes de diamètre minimal de VCI et d'ICVCI avant l'étude de Kutty et al. [40]. Dietel et al. trouvait alors une corrélation inverse entre le diamètre maximal de VCI et la résistance corporelle mesurée par bioimpédancemétrie. Ce qui pourrait de nouveau sous-tendre une relation entre hydratation et volémie. Mais il n'avait pas étudié la relation entre résistance et statut d'hydratation chez les patients pédiatriques en hémodialyse chronique et n'était donc pas capable dans son étude de retrouver une association entre diamètre de VCI et hydratation.

Cependant, nous ne retrouvons pas de corrélation entre le statut volémique évalué par la mesure de la VCI reportée sur les courbes de références de Kutty et al. et le statut d'hydratation mesurée par bioimpédancemétrie. Ainsi la mesure échographique de la VCI ne semble pas un outil efficace pour évaluer le statut d'hydratation. Cette absence de lien entre statut d'hydratation et statut de remplissage vasculaire peut être expliquée par la répartition du volume extracellulaire entre le compartiment interstitiel et le compartiment veineux périphérique. En effet, 70% du volume sanguin est contenu dans le compartiment veineux, la moitié dans les petites veines et un quart dans le compartiment splanchnique [33,34]. Le volume contenu dans la VCI ne représente ainsi qu'une petite partie du volume sanguin total. De plus l'équilibre entre l'eau intravasculaire et interstitielle dépend de la pression oncotique

(liée à l'albuminémie, la protidémie, la composition en ion du sang,...) et de la perméabilité vasculaire. Ces facteurs peuvent fausser le remplissage vasculaire sans forcément interagir avec l'hydratation globale du patient.

Ainsi, malgré le fait que ce soit un bon marqueur de PVC, le diamètre de VCI semble être un mauvais marqueur d'hydratation. Les modifications du diamètre de VCI et de l'ICVCI durant la séance d'hémodialyse ne sont probablement que le reflet de la déplétion intravasculaire intrinsèque à la technique. De plus dans notre étude nous ne retrouvons pas de corrélation entre l'évolution du diamètre de VCI et le statut d'hydratation.

Le deuxième objectif de notre étude était d'évaluer si la mesure a priori de la VCI pouvait permettre de prédire la tolérance de la séance d'hémodialyse. Le taux horaire d'ultrafiltration élevé semble être le seul facteur associé à des complications per dialytiques. Cela concorde avec les études pédiatriques précédentes [57,58]. Nous n'avons pas confirmé l'association entre un Index de Collapsibilité de la VCI élevé avant la dialyse et les complications per dialytiques qui avait été retrouvé en population adulte par Brennan et al. [44]. Cela peut être expliqué par la différence d'évaluation clinique du poids sec.

Le taux élevé de complications per dialytiques pendant notre étude (23%) peut être probablement en partie expliqué par la détermination clinique du poids sec des patients. Cette évaluation se fait sur l'histoire médicale du patient, la mesure de la pression artérielle, l'examen clinique, la prise de poids interdialytique et l'apparition de complication durant la précédente séance de dialyse. La sous-estimation clinique du poids sec dans notre étude peut, entre autre, être due à l'utilisation de la pression artérielle comme marqueur d'hyperhydratation. En effet, il a été montré que les patients de dialyse étaient fréquemment sujets à une hypertension rénovasculaire qui n'est pas lié à l'hyperhydratation [18]. Ainsi il n'existe pas de corrélation entre hyperhydratation et hypertension artérielle. Cette dernière ne devrait plus être utilisée pour déterminer le poids sec des patients.

A notre connaissance, cette étude est la première à comparer l'évaluation du statut d'hydratation par mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure à l'évaluation par bioimpédancemétrie dans une cohorte de sujet pédiatrique en hémodialyse chronique.

Mais bien sûr elle possède certaines limites. La première est la petite taille de la cohorte étudiée due à la faible fréquence de l'insuffisance rénale chronique chez l'enfant et du caractère monocentrique de l'étude. La seconde est le délai de mesure de la Veine Cave Inférieure après la séance d'hémodialyse. En effet, le remplissage complet du compartiment intravasculaire à partir du compartiment interstitiel apparaît deux à trois heures seulement après la fin de la séance de dialyse [25,51] et celui-ci est indépendant du statut d'hydratation avant la séance de dialyse[59]. Ce remplissage passif est maximal lors de la première heure puis diminue progressivement jusqu'à atteindre le point d'équilibre entre les pressions oncotiques et hydrostatiques des deux compartiments. Les mesures échocardiographiques devraient être réalisées au moins deux heures après la séance d'hémodialyse. Cependant, dans le but de préserver la qualité de vie des patients et d'être le plus proche possible de ce qu'il pourrait être possible de réaliser si la technique était utilisée en pratique quotidienne, nous avons choisi de réaliser la mesure échocardiographique une heure après la fin de la séance. Ce délai a aussi été choisi pour cette raison dans les trois précédentes études pédiatriques sur l'évaluation de la VCI en hémodialyse chronique [48–50,52]. Cela nous permet de comparer nos résultats à la littérature. La dernière limite de notre étude est le manque de données sur le monitoring du volume sanguin dans l'étude de la tolérance de la dialyse. En effet, la diminution relative du volume sanguin est corrélée avec la survenue d'effets indésirables per dialytiques [57,58] et le monitoring du volume sanguin permet un contrôle en temps réel du débit d'ultrafiltration. L'absence de monitoring du volume sanguin doit probablement expliquer la corrélation entre la survenue de complication per dialytique et le taux horaire élevé d'ultrafiltration dans notre cohorte.

Conclusion

En conclusion, notre étude montre que la mesure échocardiographique de la Veine Cave Inférieure avant la séance d'hémodialyse ne permet d'évaluer le statut d'hydratation des enfants en hémodialyse chronique. Elle ne permet pas non plus de prédire la mauvaise tolérance de la séance d'hémodialyse. L'évaluation clinique sous-estime souvent le poids sec chez ces patients.

Ainsi d'autres méthodes sont nécessaires et l'utilisation de la bioimpédancemétrie et du monitoring du volume sanguin pendant la séance semblent aujourd'hui la méthode la plus utile d'évaluer le statut d'hydratation et de prévenir la survenue de complication en hémodialyse chronique pédiatrique. L'utilisation de ces méthodes devrait probablement participer à la diminution de l'apparition de complications chroniques et aiguës en hémodialyse pédiatrique mais d'autres études restent à faire pour le démontrer.

Enfin, il serait intéressant de réaliser une étude chez l'enfant sur l'évaluation du poids sec par échographie pulmonaire afin de pouvoir conclure définitivement sur la place de l'échographie en hémodialyse chronique pédiatrique.

Bibliographie

1. Bradbury BD, Fissell RB, Albert JM, Anthony MS, Critchlow CW, Pisoni RL, et al. Predictors of early mortality among incident US hemodialysis patients in the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Clin J Am Soc Nephrol CJASN*. 2007 Jan;2(1):89–99.
2. Ortiz A, Covic A, Fliser D, Fouque D, Goldsmith D, Kanbay M, et al. Epidemiology, contributors to, and clinical trials of mortality risk in chronic kidney failure. *Lancet Lond Engl*. 2014 May 24;383(9931):1831–43.
3. Sarnak MJ, Jaber BL. Pulmonary infectious mortality among patients with end-stage renal disease*. *Chest*. 2001 Dec 1;120(6):1883–7.
4. Groothoff JW, Gruppen MP, Offringa M, Hutten J, Lilien MR, Van De Kar NJ, et al. Mortality and causes of death of end-stage renal disease in children: A Dutch cohort study. *Kidney Int*. 2002 Feb;61(2):621–9.
5. Chavers BM, Molony JT, Solid CA, Rheault MN, Collins AJ. One-Year Mortality Rates in US Children with End-Stage Renal Disease. *Am J Nephrol*. 2015 Mar 7;41(2):121–8.
6. 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 Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 2009 May;24(5):1574–9.
7. Onofriescu M, Siriopol D, Voroneanu L, Hogas S, Nistor I, Apetrii M, et al. Overhydration, Cardiac Function and Survival in Hemodialysis Patients. *PloS One*. 2015;10(8):e0135691.
8. Onofriescu M, Hogas S, Voroneanu L, Apetrii M, Nistor I, Kanbay M, et al. Bioimpedance-Guided Fluid Management in Maintenance Hemodialysis: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Am J Kidney Dis*. 2014 Jul 1;64(1):111–8.
9. Eldehni MT, McIntyre CW. Are there neurological consequences of recurrent intradialytic hypotension? *Semin Dial*. 2012 May;25(3):253–6.
10. Burton JO, Jefferies HJ, Selby NM, McIntyre CW. Hemodialysis-induced cardiac injury: determinants and associated outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol CJASN*. 2009 May;4(5):914–20.
11. Ghaffar U, Easom AK. A quality improvement project: Strategies to reduce intradialytic hypotension in hemodialysis patients. *Nephrol News Issues*. 2015 May;29(5):30, 32, 34 passim.

12. Rocha A, Sousa C, Teles P, Coelho A, Xavier E. Frequency of intradialytic hypotensive episodes: old problem, new insights. *J Am Soc Hypertens JASH*. 2015 Jul 29;
13. Paglialonga F, Consolo S, Galli MA, Testa S, Edefonti A. Interdialytic weight gain in oligoanuric children and adolescents on chronic hemodialysis. *Pediatr Nephrol*. 2014 Nov 15;30(6):999–1005.
14. Lee MJ, Doh FM, Kim CH, Koo HM, Oh HJ, Park JT, et al. Interdialytic weight gain and cardiovascular outcome in incident hemodialysis patients. *Am J Nephrol*. 2014;39(5):427–35.
15. Arkouche W, Giaime P, Mercadal L. Évaluation et traitement de la surcharge hydrosodée et de l'hypertension artérielle en hémodialyse. *Néphrologie Thérapeutique*. 2013 Nov;9(6):408–15.
16. Raimann JG, Zhu F, Wang J, Thijssen S, Kuhlmann MK, Kotanko P, et al. Comparison of fluid volume estimates in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods. *Kidney Int*. 2014 Apr;85(4):898–908.
17. Zdolsek JH, Lisander B, Hahn RG. Measuring the size of the extracellular fluid space using bromide, iohexol, and sodium dilution. *Anesth Analg*. 2005 Dec;101(6):1770–7.
18. Zaloszcyc A, Schaefer B, Schaefer F, Krid S, Salomon R, Niaudet P, et al. Hydration measurement by bioimpedance spectroscopy and blood pressure management in children on hemodialysis. *Pediatr Nephrol Berl Ger*. 2013 Nov;28(11):2169–77.
19. Vasko R, Müller GA, Ratliff BB, Jung K, Gauczinski S, Koziolok MJ. Clinical judgment is the most important element in overhydration assessment of chronic hemodialysis patients. *Clin Exp Nephrol*. 2013 Aug;17(4):563–8.
20. Onofriescu M, Hogas S, Voroneanu L, Apetrii M, Nistor I, Kanbay M, et al. Bioimpedance-Guided Fluid Management in Maintenance Hemodialysis: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Am J Kidney Dis*. 2014 Jul;64(1):111–8.
21. Wei CM, Heublein DM, Perrella MA, Lerman A, Rodeheffer RJ, McGregor CG, et al. Natriuretic peptide system in human heart failure. *Circulation*. 1993 Sep;88(3):1004–9.
22. Agarwal R. B-type natriuretic peptide is not a volume marker among patients on hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2013 Dec 1;28(12):3082–9.
23. Costa F de A, Póvoa RMDS, Costa AFP, da Silva MAM, Rivera IR, Ferro CRC, et al. Left ventricular mass and cardiothoracic index in patients with chronic renal disease on hemodialysis. *J Bras Nefrol 'orgão Of Soc Bras E Lat-Am Nefrol*. 2014

- Jun;36(2):171–5.
24. Thomasset A. [Bio-electric properties of tissues. Estimation by measurement of impedance of extracellular ionic strength and intracellular ionic strength in the clinic]. *Lyon Méd.* 1963 Jun 2;209:1325–50.
 25. Kouw PM, Kooman JP, Cheriex EC, Olthof CG, de Vries PM, Leunissen KM. Assessment of postdialysis dry weight: a comparison of techniques. *J Am Soc Nephrol JASN.* 1993 Jul;4(1):98–104.
 26. Garagarza C, João-Matias P, Sousa-Guerreiro C, Amaral T, Aires I, Ferreira C, et al. Nutritional status and overhydration: can bioimpedance spectroscopy be useful in haemodialysis patients? *Nefrol Publ Of Soc Esp Nefrol.* 2013;33(5):667–74.
 27. Machek P, Jirka T, Moissl U, Chamney P, Wabel P. Guided optimization of fluid status in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc.* 2010 Feb;25(2):538–44.
 28. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol.* 2004 May 15;93(10):1265–70.
 29. Siriopoul D, Voroneanu L, Hogas S, Apetrii M, Gramaticu A, Dumea R, et al. Bioimpedance analysis versus lung ultrasonography for optimal risk prediction in hemodialysis patients. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2015 Oct 1;
 30. Paudel K, Kausik T, Visser A, Ramballi C, Fan SL. Comparing lung ultrasound with bioimpedance spectroscopy for evaluating hydration in peritoneal dialysis patients. *Nephrol Carlton Vic.* 2015 Jan;20(1):1–5.
 31. Gabrielli D, Krystal B, Katzarski K, Youssef M, Hachache T, Lopot F, et al. Improved intradialytic stability during haemodialysis with blood volume-controlled ultrafiltration. *J Nephrol.* 2009 Apr;22(2):232–40.
 32. Reddan DN, Szczech LA, Hasselblad V, Lowrie EG, Lindsay RM, Himmelfarb J, et al. Intradialytic blood volume monitoring in ambulatory hemodialysis patients: a randomized trial. *J Am Soc Nephrol JASN.* 2005 Jul;16(7):2162–9.
 33. Rothe CF. Reflex control of veins and vascular capacitance. *Physiol Rev.* 1983 Oct;63(4):1281–342.
 34. Rowell LB. Importance of scintigraphic measurements of human splanchnic blood volume. *J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med.* 1990 Feb;31(2):160–2.
 35. Walker WF, Pickard C. Respiration and the inferior vena cava. *Bull Société Int Chir.* 1962 Jun;21:257–64.
 36. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al.

- Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2007 Jul;20(7):857–61.
37. Prekker ME, Scott NL, Hart D, Sprenkle MD, Leatherman JW. Point-of-care ultrasound to estimate central venous pressure: a comparison of three techniques. *Crit Care Med*. 2013 Mar;41(3):833–41.
 38. Osman D, Ridel C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge. *Crit Care Med*. 2007 Jan;35(1):64–8.
 39. Iwamoto Y, Tamai A, Kohno K, Masutani S, Okada N, Senzaki H. Usefulness of respiratory variation of inferior vena cava diameter for estimation of elevated central venous pressure in children with cardiovascular disease. *Circ J Off J Jpn Circ Soc*. 2011;75(5):1209–14.
 40. Kutty S, Li L, Hasan R, Peng Q, Rangamani S, Danford DA. Systemic Venous Diameters, Collapsibility Indices, and Right Atrial Measurements in Normal Pediatric Subjects. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014 Feb 1;27(2):155–62.
 41. Muniz Pazeli J, Fagundes Vidigal D, Cestari Grossi T, Silva Fernandes NM, Colugnati F, Baumgratz de Paula R, et al. Can Nephrologists Use Ultrasound to Evaluate the Inferior Vena Cava? A Cross-Sectional Study of the Agreement between a Nephrologist and a Cardiologist. *Nephron Extra*. 2014 Apr 30;4(1):82–8.
 42. Katzarski KS, Nisell J, Randmaa I, Danielsson A, Freyschuss U, Bergström J. A critical evaluation of ultrasound measurement of inferior vena cava diameter in assessing dry weight in normotensive and hypertensive hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found*. 1997 Oct;30(4):459–65.
 43. Cheriex EC, Leunissen KM, Janssen JH, Mooy JM, van Hooff JP. Echography of the inferior vena cava is a simple and reliable tool for estimation of “dry weight” in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 1989;4(6):563–8.
 44. Brennan JM, Ronan A, Goonewardena S, Blair JEA, Hammes M, Shah D, et al. Handcarried Ultrasound Measurement of the Inferior Vena Cava for Assessment of Intravascular Volume Status in the Outpatient Hemodialysis Clinic. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2006 Jul 1;1(4):749–53.
 45. Chang S-T, Chen C-C, Chen C-L, Cheng H-W, Chung C-M, Yang T-Y. Changes of the cardiac architectures and functions for chronic hemodialysis patients with dry weight determined by echocardiography. *Blood Purif*. 2004;22(4):351–9.
 46. Chang ST, Chen CL, Chen CC, Hung KC. Clinical events occurrence and the changes

- of quality of life in chronic haemodialysis patients with dry weight determined by echocardiographic method. *Int J Clin Pract*. 2004 Dec;58(12):1101–7.
47. Chang S-T, Chen C-L, Chen C-C, Lin F-C, Wu D. Enhancement of quality of life with adjustment of dry weight by echocardiographic measurement of inferior vena cava diameter in patients undergoing chronic hemodialysis. *Nephron Clin Pract*. 2004;97(3):c90–7.
 48. Sönmez F, Mir S, Ozyürek AR, Cura A. The adjustment of post-dialysis dry weight based on non-invasive measurements in children. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 1996 Aug;11(8):1564–7.
 49. Krause I, Birk E, Davidovits M, Cleper R, Blieden L, Pinhas L, et al. Inferior vena cava diameter: a useful method for estimation of fluid status in children on haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2001 Jun 1;16(6):1203–6.
 50. Haciomeroglu P, Ozkaya O, Gunal N, Baysal K. Venous collapsibility index changes in children on dialysis. *Nephrol Carlton Vic*. 2007 Apr;12(2):135–9.
 51. Katzarski KS, Nisell J, Randmaa I, Danielsson A, Freyschuss U, Bergström J. A critical evaluation of ultrasound measurement of inferior vena cava diameter in assessing dry weight in normotensive and hypertensive hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found*. 1997 Oct;30(4):459–65.
 52. Dietel T, Filler G, Grenda R, Wolfish N. Bioimpedance and inferior vena cava diameter for assessment of dialysis dry weight. *Pediatr Nephrol*. 2000 Aug 1;14(10-11):903–7.
 53. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*. 2004 Aug;114(2 Suppl 4th Report):555–76.
 54. Wabel P, Moissl U, Chamney P, Jirka T, Machek P, Ponce P, et al. Towards improved cardiovascular management: the necessity of combining blood pressure and fluid overload. *Nephrol Dial Transplant*. 2008 Sep 1;23(9):2965–71.
 55. Passauer J, Petrov H, Schleser A, Leicht J, Pucalka K. Evaluation of clinical dry weight assessment in haemodialysis patients using bioimpedance spectroscopy: a cross-sectional study. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 2010 Feb;25(2):545–51.
 56. Chang S-T, Chen C-C, Chen C-L, Cheng H-W, Chung C-M, Yang T-Y. Changes of the cardiac architectures and functions for chronic hemodialysis patients with dry weight determined by echocardiography. *Blood Purif*. 2004;22(4):351–9.

57. Dheu C, Terzic J, Menouer S, Fischbach M. Importance of the curve shape for interpretation of blood volume monitor changes during haemodiafiltration. *Pediatr Nephrol*. 2009 Jul;24(7):1419–23.
58. Hothi DK, Harvey E, Goia CM, Geary D. Blood-volume monitoring in paediatric haemodialysis. *Pediatr Nephrol Berl Ger*. 2008 May;23(5):813–20.
59. Pietribiasi M, Katzarski K, Galach M, Stachowska-Piętka J, Schneditz D, Lindholm B, et al. Kinetics of plasma refilling during hemodialysis sessions with different initial fluid status. *ASAIO J Am Soc Artif Intern Organs* 1992. 2015 Jun;61(3):350–6.

Annexe 1

Tableau I: Caractéristiques des patients

Patients	Age (ans)	Sexe	Maladie rénale primitive	SC (m2)	Néphrectomie bilatérale	Durée HD ^a (mois)	Nombre de séance (/semaine)
1	10,3	Homme	Dysplasie rénale	1,02		15	3
2	15,3	Femme	Syndrome de Saldino-Meinzer	1,66		21	3
3	18,4	Homme	Néphropathie de reflux	1,48		3	3
4	13,8	Homme	Syndrome de Schimke	0,90	Oui	20	4
5	15,4	Homme	Dysplasie rénale	1,49	Oui	11	3
6	17,8	Homme	Néphropathie associée au VIH	1,33		24	3
7	15,0	Homme	Néphropathie de reflux	1,15		20	4
8	15,7	Femme	Dysplasie rénale	1,39		12	3
9	8,8	Homme	Valves de l'urètre postérieur	0,90	Oui	98	3
10	4,3	Homme	Néphropathie de reflux	0,59	Oui	27	3
11	3,7	Homme	Dysplasie rénale	0,65		1	3
12	14,8	Homme	Syndrome d'Alport	1,82		5	3
13	11,2	Homme	Néphropathie aux AINS	1,02		28	3
14	2,7	Homme	Hyperoxalurie primitive	0,60	Oui	18	4
15	10,8	Homme	Syndrome néphrotique congénital	0,80		21	3
16	18,0	Femme	Dysplasie rénale	1,59		3	3

^a Durée de l'épuration extrarénale au début de l'étude

SC: Surface Corporelle

Annexe 2

Tableau II: Evolution de la Veine Cave Inférieure après hémodialyse

Différence entre le diamètre inspiratoire, expiratoire et l'index de collapsibilité de la Veine Cave Inférieure avant et une heure après la séance d'hémodialyse. On observe une diminution significative du diamètre et une augmentation significative de l'ICVCI.

	Médiane	Intervalle de confiance	p
VCI max (mm)	-1,88	-2,88 ; -0,88	0,0004
VCI min (mm)	-3,17	-4,62 ; -1,73	0,0001
ICVCI (%)	+0,10	+0,03 ; +0,17	0,006

ICVCI : Index de Collapsibilité de la Veine Cave Inférieure

VCImin : Diamètre inspiratoire de Veine Cave Inférieure

VCImax : Diamètre expiratoire de Veine Cave Inférieure

Annexe 3

Tableau III: Statut d'hydratation évalué par mesure de la Veine Cave Inférieure et par bioimpédancemétrie.

La mesure de Veine Cave Inférieure échographique est rapportée sur le nomogramme de Kutty et al. [40]. La mesure de bioimpédancemétrie est exprimée en hyperhydratation relative soit le pourcentage d'hydratation pour atteindre le niveau d'hydratation idéale.

Il n'existe pas de corrélation significative entre mesure échographique et par bioimpédancemétrie.

Tableau IIIa: Diamètre inspiratoire de la Veine Cave Inférieure et hydratation

Hydratation relative par bioimpédancemétrie	Diamètre inspiratoire de VCI (n)			
	<-2DS	-2DS<<+2DS	>+2DS	Total (n)
<-7%	4	9	0	13
-7%<<+7%	7	18	0	25
>+7%	6	4	0	10
Total (n)	17	31	0	48

Tableau IIIb: Diamètre expiratoire de la Veine Cave Inférieure et hydratation

Hydratation relative par bioimpédancemétrie	Diamètre expiratoire de VCI (n)			
	<-2DS	-2DS<<+2DS	>+2DS	Total (n)
<-7%	3	10	0	13
-7%<<+7%	4	19	2	25
>+7%	3	7	0	10
Total (n)	10	36	2	48

Tableau IIIc: Index de Collapsibilité de la Veine Cave Inférieure et hydratation

Hydratation relative par bioimpédancemétrie	Index de Collapsibilité de VCI (n)			
	<-2DS	-2DS<<+2DS	>+2DS	Total (n)
<-7%	4	6	3	13
-7%<<+7%	4	18	3	25
>+7%	2	4	4	10
Total (n)	10	28	10	48

VCI : Veine Cave Inférieure

Annexe 4

Tableau IV: Facteurs associés à la tolérance dialytique

Etude de la relation entre les différents paramètres cliniques et paracliniques disponibles en pratique courante en hémodialyse pédiatrique et l'apparition de signe de mauvaise tolérance hémodynamique per dialytique. Elle est réalisée par régression logistique univariée puis multivariée.

Le taux horaire d'ultrafiltration est le seul paramètre étudié associé significativement à la tolérance dialytique.

		Relation avec la tolérance dialytique (OR)			
		Univariée	p	Multivariée	p
Hypertension artérielle		0,86	0,87		
Age		0,94	0,47		
Hydratation par BIM	<-7%	0,33	0,55		
	>+7%	0,44			
Hyperhydratation clinique		1,2	0,12	0,91 [0,65-1,28]	0,59
Taux horaire d'ultrafiltration		1,13	0,04	1,17 [0,98-1,40]	0,08
ICVCI	<2DS	1,5	0,82		
	>2DS	0,67			
ICVCI/SC		1,37	0,53		
VCImin	<2DS	0,69	0,68		
	>2DS	-			
VCImin/SC		0,99	0,97		
VCImax	<2DS	1,55	0,89		
	>2DS	Non convergent			
VCImax/SC		0,97	0,75		

OR; Odds Ratio

BIM : Bioimpédancemétrie

ICVCI : Index de Colapsibilité de la Veine Cave Inférieure

VCImin : Diamètre inspiratoire de Veine Cave Inférieure

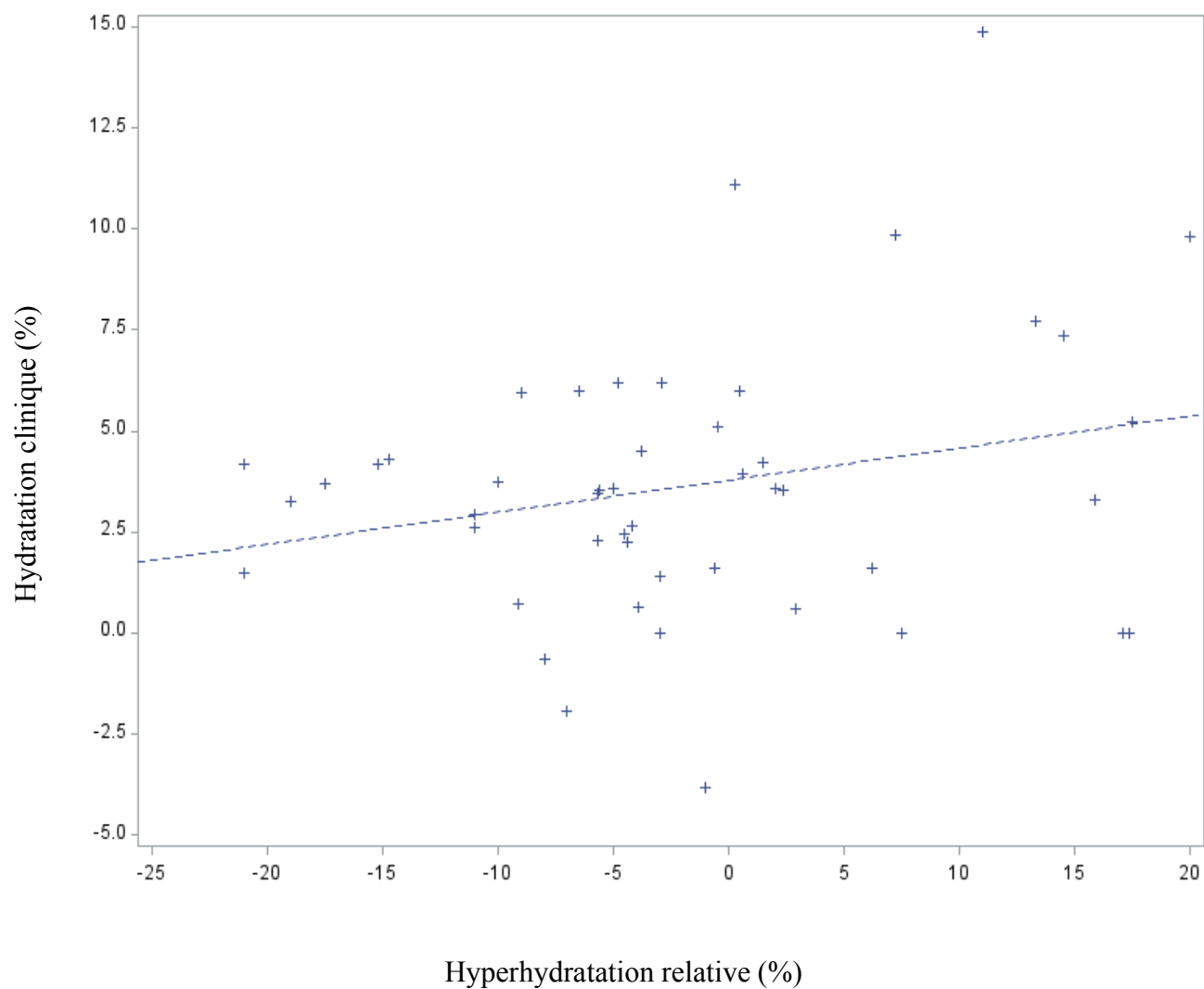
VCImax : Diamètre expiratoire de Veine Cave Inférieure

/SC : rapporté à la surface corporelle

Annexe 5

Figure 1: Corrélation entre l'hydratation évaluée cliniquement et par bioimpédancemétrie

Il n'existe pas de corrélation statistique entre l'évaluation clinique du statut d'hydratation et l'hyperhydratation relative calculée par bioimpédancemétrie.



Annexe 6

Figure 2 : Mesures de la Veine Cave Inférieure et nomogramme

Les mesures de Veine Cave Inférieure (VCI) en inspiration et en expiration sont réalisées avant et une heure après la séance d'hémodialyse. L'index de Collapsibilité est calculé pour chaque séance. Les mesures sont reportées sur un nomogramme [40] en fonction de la surface corporelle des patients.

Mesures avant + et une heure après la séance d'hémodialyse. ○

Figure 2-a :

Diamètre expiratoire de VCI

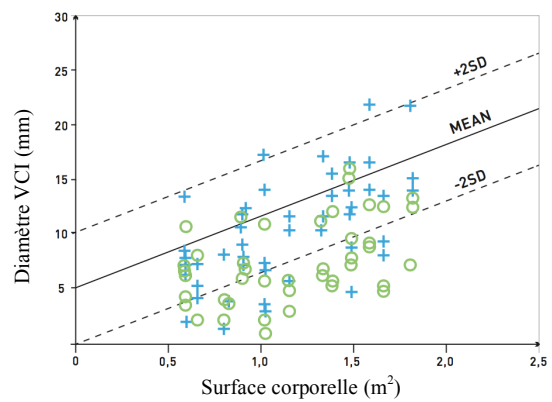


Figure 2-b :

Diamètre inspiratoire de VCI

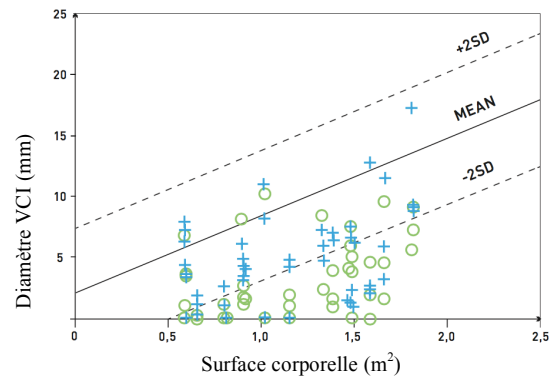
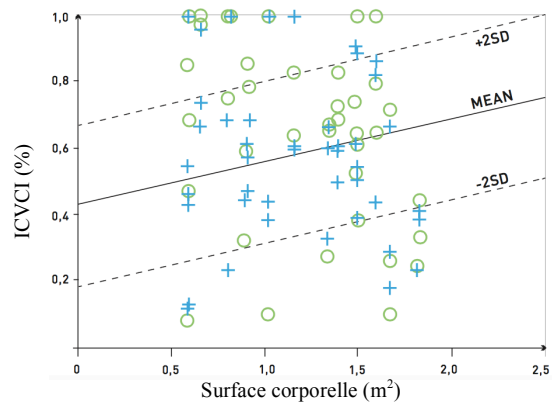


Figure 2-c :

Index de Collapsibilité de VCI (ICVCI)



La mesure de la veine cave inférieure ne permet l'évaluation du poids sec en hémodialyse chronique pédiatrique.

Résumé :

Introduction : L'évaluation du statut d'hydratation est l'un des objectifs principaux de l'hémodialyse chronique en particulier chez l'enfant en cours de croissance. La mesure de la Veine Cave Inférieure (VCI) a été décrite pour l'analyse de la surcharge hydrique avant que des nomogrammes soient publiés par la Société Américaine d'Echocardiographie.

Patients et méthode : Nous avons réalisé une étude prospective monocentrique pour évaluer la relation entre le diamètre de VCI d'après ces nomogrammes et le statut d'hydratation évalué cliniquement ou par bioimpédancemétrie avant la séance de dialyse.

Résultats : Chez 16 patients, 48 séances ont été analysés. Il y avait une diminution significative du diamètre inspiratoire de la VCI de -1,88mm [-2,88;-0,88] ($p=0,0004$), et du diamètre expiratoire de -3,17mm [-4,62;-1,73] ($p<0,0001$). L'index de collapsibilité de la VCI augmentait de 0,10 [0,03;0,17] ($p=0,006$). 84,5% des patients étaient hyperhydratés selon l'évaluation clinique, 20,8% selon la bioimpédancemétrie et 0, 4,1 et 20,8% selon les nomogrammes de VCI inspiratoire, expiratoire et d'index de collapsibilité. Il n'y avait pas de corrélation entre l'hydratation évaluée par bioimpédancemétrie et les mesures de VCI rapportées sur le nomogramme avant la séance de dialyse ($p=0,20$). Il n'y avait pas non plus de corrélation avec les variations de la VCI. Il n'y avait pas de corrélation entre l'évaluation clinique et par bioimpédancemétrie.

Conclusion: La mesure de la VCI n'est pas une bonne technique d'évaluation du statut d'hydratation de l'enfant en hémodialyse chronique.

Mots clés : Veine Cave Inférieure, hémodialyse, poids sec, bioimpédancemétrie

Inferior Vena Cava diameter can not predict hydration status oh children on chronic haemodialysis

Abstract :

Introduction: Evaluation of hydration is one of major goal of chronic haemodialysis especially in growing children. Inferior Vena Cava (IVC) measurement was described to analyse fluid overload before referent curves was published by American Society of Echocardiography.

Subjects and methods: We performed a monocentric prospective study to define the relation between IVC diameter before dialysis report on referent curves and hydration status evaluated by physicians and bioimpedance spectroscopy (BIS) before session.

Results: Forty-eight sessions of 16 patients were analysed. There was a significant decrease of IVC inspiratory diameter of -1,88mm [-2,88;-0,88] ($p=0,0004$), and expiratory diameter of -3,17mm [-4,62;-1,73] ($p<0,0001$). IVC collapsibility index increase of 0,10 [0,03;0,17] ($p=0,006$). 84,5% of patients was overhydrated according to physicians, 20,8% to BIS, and 0%, 4,1% and 20,8% to IVC inspiratory, expiratory and collapsibility index referent curves. There was no correlation between hydration status by BIS and IVC measurement on referent curves before dialysis session ($p=0,20$). There was no correlation between BIS evaluation and IVC variation and between physicians and BIS evaluation.

Conclusion: IVC measurement seems not to be a good technic to assess fluid overload in children on haemodialysis.

Keywords : inferior vena cava, bioimpedance, paediatric haemodialysis, dry weight

**Université Paris Descartes
Faculté de Médecine Paris Descartes
15, rue de l'École de Médecine
75270 Paris cedex 06**