

# Faisabilité et acceptabilité d'une automesure, avec un bioimpédancemètre portable, par le patient insuffisant cardiaque chronique, au cours d'une poussée d'insuffisance cardiaque aiguë

*Feasibility and acceptability of a self-measurement using a portable bioelectrical impedance analysis, by the patient with chronic heart failure, in acute decompensated heart failure*

**BENJAMIN HUGUEL<sup>1</sup>**  
**THIBAUD VAUGRENARD<sup>1</sup>**  
**LUDIVINE SABY<sup>1</sup>**  
**LIONEL BENHAMOU<sup>1</sup>**  
**SÉBASTIEN ARMÉRO<sup>1</sup>**  
**ÉLISE CAMILLERI<sup>1</sup>**  
**AIDA LANGAR<sup>2</sup>**  
**QUENTIN ALITTA<sup>2</sup>**  
**MICHEL GRINO<sup>2</sup>**  
**FRÉDÉRIQUE RETORNAZ<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Service de cardiologie, Fondation Hôpital Ambroise Paré/Hôpital Européen, Marseille, France

<sup>2</sup> Institut SIlvermed, Centre gérontologique départemental, Marseille, France  
 <frederique.retornaz@cgd13.fr>

<sup>3</sup> Unité de soins et de recherche en médecine interne et maladies infectieuses, Fondation Hôpital Ambroise Paré/Hôpital Européen, Marseille, France

**Tirés à part :**  
 F. Retornaz

**Résumé.** L'insuffisance cardiaque chronique (ICC) constitue un enjeu de santé publique majeure. C'est une pathologie invalidante (fréquentes poussées d'insuffisance cardiaque aiguë (ICA)) et très coûteuse pour le système de santé. La bioimpédancemétrie du corps entier (BIA) semble être une nouvelle technique pour la détection de l'état des liquides. L'objectif de notre étude est de tester la faisabilité et l'acceptabilité de l'automesure avec un BIA portable bluetooth, dans l'ICC. *Méthodes :* Cette étude prospective monocentrique a inclus des patients hospitalisés en ICA. Trois automesures avec le BIA portable ont été comparées avec les critères clinico-biologiques et échocardiographiques des patients. Un questionnaire évaluant l'acceptabilité du BIA a été recueilli. *Résultats :* Plus de 80 % des 23 patients inclus ont réalisé les 3 mesures de façon autonome. L'acceptabilité du BIA s'est avérée excellente (90 %). Une corrélation statistiquement significative a été retrouvée entre les variations d'eau totale et de poids ( $p = 0,001$ ). *Conclusion :* L'excellente faisabilité et acceptabilité de l'automesure avec BIA portable, chez le patient en ICA, ouvre des perspectives intéressantes dans l'autosurveillance et la gestion à domicile de ces patients. L'intérêt de cet outil connecté dans la prévention des hospitalisations nécessite maintenant d'être démontré.

**Mots clés :** insuffisance cardiaque aiguë, bio-impédancemètre portable, faisabilité, acceptabilité

**Abstract.** Chronic heart failure (CHF) is a major public health matter. Mainly affecting the elderly, it is responsible for a high rate of hospitalization due to the frequency of acute heart failure (ADHF). This represents a disabling pathology for the patient and very costly for the health care system. Our study is designed to assess a connected and portable bioelectrical impedance analysis (BIA) that could reduce these hospitalizations by preventing early ADHF. *Methods:* This prospective study included patients hospitalized in cardiology for ADHF. Patients achieved 3 self-measurements using the BIA during their hospitalization and answered a questionnaire evaluating the acceptability of this self-measurement. The results of these measures were compared with the clinical, biological and echocardiographic criteria of patients at the same time. *Results:* Twenty-three patients were included, the self-measurement during the overall duration of the hospitalization was conducted autonomously by more than 80% of the patients. The acceptability (90%) for the use of the portable BIA was excellent. Some correlations were statistically significant, such as the total water difference to the weight difference ( $p=0.001$ ). There were common trends between the variation of impedance analysis measures and other evaluation criteria. *Conclusion:* The feasibility and acceptability of a self-measurement of bioelectrical impedance analysis by the patient in AHF opens up major prospects in the management of monitoring patients in CHF. The interest of this tool is the prevention of ADHF leading to hospitalization or re-hospitalizations now requires to be presented by new studies.

**Key words:** chronic heart failure, BIA, feasibility, ADHF

Première cause d'hospitalisation en France, l'insuffisance cardiaque chronique (ICC) est un problème de santé publique en raison de sa fréquence et de sa gravité. La prévalence de l'ICC dans la population française adulte est de 2,3 %, soit plus d'un million de personnes [1]. C'est une pathologie majoritairement du sujet âgé (âge moyen 70 ans) [2, 3]. Elle est associée à un fort taux d'hospitalisation en raison des poussées d'insuffisance cardiaque aiguë (ICA). La morbi-mortalité est majeure avec un taux de décès de l'ordre de 9 % et un taux de récurrence à court terme (6-12 mois) supérieur à 50 %. La durée moyenne de séjour de ces hospitalisations est estimée à 12 jours [4], ce qui en fait une pathologie à la fois extrêmement invalidante et très coûteuse pour le système de santé.

L'insuffisance cardiaque est associée à une activation neuro-humorale et à des anomalies du système nerveux végétatif, conduisant notamment à une rétention d'eau entraînant l'apparition d'œdèmes [5]. La mesure de l'état d'hydratation des patients en ICC apparaît donc comme une mesure indispensable dans leur évaluation et leur suivi [6]. Actuellement, le moyen le plus fréquemment utilisé pour estimer rapidement cet état d'hydratation reste l'examen clinique, de ce fait subjectif [7]. La détection d'un état d'hyperhydratation à sa phase précoce apparaît comme un objectif primordial dans le suivi des patients en ICC afin de diminuer les hospitalisations pour ICA.

Le taux de BNP (peptide natriurétique de type B) est un biomarqueur important dans le diagnostic le suivi et le devenir des patients en insuffisance cardiaque [8, 9]. Il existe une corrélation entre la réduction du taux de BNP, l'efficacité du traitement et la diminution de la surcharge hydrosodée [10-12]. Néanmoins, les niveaux de BNP peuvent rester élevés même après avoir atteint un état d'hydratation adéquat, à cause d'un myocarde étiré, d'une insuffisance rénale, hépatique, d'embolies pulmonaires ou d'un syndrome coronarien aigu [8, 10]. De plus, dans une récente étude, le BNP ne semble pas être corrélé avec la présence ou l'étendue de l'œdème des membres inférieurs dans l'ICA, suggérant que ce ne serait pas le biomarqueur le plus approprié pour évaluer la congestion périphérique [13]. La surveillance du poids est prépondérante dans le suivi du patient en ICC [3], mais suivre l'évolution seule du poids est souvent difficile à cause de la complexité à déterminer de façon précise la part des liquides corporels dans le gain pondéral [14]. Ainsi dans le suivi des patients en ICC, il serait souhaitable de trouver une méthode simple, reproductible et non invasive d'estimation des compartiments liquidiens corporels.

Récemment, l'analyse de l'impédance bioélectrique du corps entier (BIA) a été proposée comme nouvelle technique pour la détection de l'état des liquides chez le patient en ICC [15]. La bio-impédancemétrie est une mesure de

l'impédance, qui caractérise les propriétés électriques d'un milieu biologique (*Annexe 1*). Cette technique est déjà utilisée en pratique clinique pour évaluer les compartiments liquidiens des patients dialysés [16]. Dans l'ICC, il a été démontré que la bio-impédancemétrie est corrélée avec le BNP et la congestion hémodynamique [17-19], qu'elle contribue au cours d'une ICA au diagnostic et au pronostic [18, 20-24], ainsi qu'au processus décisionnel pour adapter les thérapeutiques [10, 25, 26]. Cependant les impédancemètres utilisés dans ces études étaient à vocation hospitalière.

L'objectif principal de notre étude est de tester la faisabilité de l'automesure avec un BIA portable, chez le patient hospitalisé pour ICA, ainsi que son acceptabilité. L'objectif secondaire est de déterminer la fiabilité de cette mesure, à refléter le changement d'état d'hydratation chez l'ICC au cours d'une ICA, en le comparant aux critères échographiques et clinico-biologiques communément utilisés et reconnus dans l'appréciation de l'ICA.

## Matériels et méthodes

Il s'agit d'une étude monocentrique, prospective, réalisée en service hospitalier de cardiologie et aux soins intensifs de cardiologie de l'hôpital européen, à Marseille, France.

### Déroulement de l'étude

Les données cliniques, échographiques, biologiques, la faisabilité ainsi que les résultats de l'automesure par BIA portable étaient recueillies par les médecins, à l'inclusion, à 72 h et le jour de la sortie. Le questionnaire (*Annexe 2*) évaluant l'acceptabilité de l'automesure était remis au patient après qu'il ait réalisé sa dernière mesure.

### Sélection de la population

Cette étude a inclus tous les patients âgés de plus de 18 ans admis en service de cardiologie pour ICA, sur une période de 3 mois. Les critères d'éligibilité comprenaient : les symptômes cliniques d'ICA, associés à des signes échocardiographiques de dysfonction systolique et/ou diastolique. Les patients grabataires, dialysés, ou avec une insuffisance rénale préterminale ou terminale connue, ceux porteurs d'un pacemaker ou d'un défibrillateur implantable, les patients en état de choc cardiogénique, ainsi que ceux dont le consentement éclairé ne pouvait être recueilli ont été exclus. Un consentement écrit a été obtenu auprès des patients avant leur inclusion. L'étude était en accord avec la déclaration d'Helsinki, elle a été approuvée par le comité scientifique du centre d'inclusion et a reçu un avis favorable de la part du comité de protection des personnes.

## Recueil des données

Les données démographiques comprenaient l'âge et le sexe. La mobilité a été évaluée par les antécédents de chutes dans les 6 derniers mois ainsi que sur l'aide nécessaire aux déplacements. La dyspnée était évaluée au moyen de la classification NYHA (*New York heart association*). Les œdèmes des membres inférieurs (OMI) étaient recherchés par les médecins et classés selon leur importance (0 = absence, 1 = niveau malléolaire, 2 = mi-mollet, 3 = au genou, 4 = mi-cuisse 5 = aux lombes). Le suivi du poids était effectué à l'aide de deux pèse-personnes identiques tarées avant chaque pesée.

L'évaluation de la fonction cardiaque était établie d'après les recommandations de l'ESC (*European society of cardiology*) en vigueur [27]. Les critères échocardiographiques comprenaient : le calcul de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) en Simpson biplan, l'estimation des pressions de remplissage du ventricule gauche réalisée avec la mesure des ratios E/A et E/E', PAPS (pression artérielle pulmonaire systolique) [28, 29].

Le dosage du BNP a été réalisé par méthode immunoenzymatique par chimioluminescence (Dxl 800, Beckman Coulter, CA, États-Unis). La plage de dosage était de 1 à 5 000 ng/L, avec une normale < 100 ng/L.

L'évaluation de l'état liquidien corporel a été réalisée avec un bio-impédancemètre portable multifréquences de 5 kHz à 200 kHz (Aminogram, La Ciotat, France). Trois mesures étaient réalisées : à l'admission dans le service, à 72 h et à la sortie qui représentait l'état de décharge du patient. La faisabilité de l'automesure était répartie en 3 niveaux : réalisation autonome, avec l'aide d'un tiers, ou impossible. Quatre mesures du BIA ont été collectées : l'eau totale (litres), le taux d'hydratation hors graisse (THHG) (valeur normale de l'indice égale à 72,5 %), le rapport eau extracellulaire/eau totale, appelée équilibre hydrique avec une valeur normale pour le sujet sain de 38 % pour les hommes et 42 % pour les femmes et la masse sèche (kilogrammes), représentant la masse musculaire.

Le jour de la sortie, l'acceptabilité de l'automesure a été recueillie par un autoquestionnaire de 7 items (*Annexe 2*) comprenant, l'utilisation du BIA portable pendant l'hospitalisation, son ergonomie, sa possible utilisation au long cours à domicile et son rôle dans la relation avec le médecin traitant.

## Analyse statistique

Les données ont été analysées sur SPSS (version 15.0 SPSS, Chicago IL, USA), les variables qualitatives exprimées en pourcentage et les variables quantitatives exprimées en moyenne avec leur écart type. Les variables qualita-

tives nominales ou ordinales ont été analysées par le test de Friedman. L'association entre variables quantitatives a été réalisée par les tests de corrélation de Pearson ou de Spearman, en fonction de la distribution des populations et les variables quantitatives sont analysées par le test U de Mann-Whitney. Le seuil de significativité est fixé à 0,05.

## Résultats

Sur les 34 patients hospitalisés en cardiologie pour ICA en 3 mois, 5 ont été exclus, car porteurs d'un défibrillateur implantable ou d'un pacemaker, 3 à cause de démences et 3 en raison d'une insuffisance rénale chronique préterminale ou terminale. Au total, 23 patients ont été inclus sur cette période et ont pu participer à la première évaluation. Deux patients n'ont pas réalisé les évaluations à 72 h et le jour de la sortie (sortie contre avis et état d'agitation). Les caractéristiques de la population sont résumées dans le *tableau 1*. L'âge moyen des patients était de 68,1 ans ( $\pm 12,5$ ), avec 61 % d'hommes. Il n'existait pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes (Groupe 1, < 70 ans (n = 12) et Groupe 2,  $\geq 70$  ans (n = 11)) mis à part la clairance de la créatinine plus élevée dans le Groupe 2 (p = 0,001). Le THHG était en moyenne de 72,1  $\pm 2,8$  % à l'entrée, avec 9 patients détectés en hyperhydratation (THHG > 72,5 %). Près de la moitié des patients (n = 10) présentaient des OMI à des stades  $\geq 3$  et 23 patients avaient une dyspnée NYHA  $\geq 3$ . Le BNP moyen était élevé, 1 239  $\pm 1 163$  ng/L.

## Faisabilité et acceptabilité de l'automesure

L'automesure à l'admission était réalisable par 87 % des patients (*tableau 2*), 82,6 % l'ont réalisée de façon autonome et 4,3 % avec aide. L'automesure était impossible pour 3 patients (13 %). L'un en raison de douleurs articulaires empêchant la réalisation de la mesure, et les deux autres en raison d'une asthénie intense. On retrouvait une différence statistiquement significative uniquement dans la réalisation autonome de l'automesure à 72 h entre le Groupe 1 (100 %) et le Groupe 2 (63,6 %) (p = 0,040).

Le *tableau 3* montrait une excellente acceptabilité globale avec une moyenne de 90 % de réponses positives sur l'ensemble des questions en population générale. Il n'existait pas de différence significative en fonction de l'âge pour chaque question, mais on constatait un pourcentage de réponses positives, plus faibles dans le Groupe 2, sur l'ensemble des questions et notamment celles relatives à la facilité d'utilisation et à son ergonomie. On remarquera que la question relative à l'utilité du BIA portable dans la

**Tableau 1.** Caractéristiques de la population.**Table 1.** Patients characteristics.

	Total	< 70 ans	≥ 70 ans	p (< 70 ans vs ≥ 70 ans)
	<b>n (%)</b>			
Hommes	14 (60,9)	8 (66,0)	6 (54,5)	NS
Femmes	9 (39,1)	4 (33,0)	5 (45,5)	
	<b>Moyenne ± EC</b>			
Âge	68,1 ± 12,5	58,9 ± 9,6	78,1 ± 5,6	
Taille (cm)	165,2 ± 9,1	166,3 ± 7,1	164,1 ± 11,2	NS
Poids (kg)	73,9 ± 17,0	78,9 ± 19,5	68,5 ± 12,4	NS
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,1 ± 6,5	28,4 ± 5,9	25,7 ± 7,0	NS
PA systolique (mmHg)	133,1 ± 22,7	129,0 ± 23,4	137,5 ± 22,2	NS
PA diastolique (mmHg)	71,5 ± 7,9	74,1 ± 8,3	68,6 ± 6,8	NS
FC (bpm)	86,2 ± 17,1	86,7 ± 18,5	85,6 ± 16,4	NS
Eau totale (L)	41,3 ± 10,1	43,8 ± 12,7	38,0 ± 4,4	NS
Hydratation hors graisse (%)	72,1 ± 2,8	72,0 ± 3,4	72,1 ± 2,1	NS
Équilibre hydrique (%)	38,8 ± 3,0	39,4 ± 3,2	38,2 ± 2,6	NS
Masse sèche (kg)	14,8 ± 3,3	15,6 ± 3,9	13,8 ± 2,1	NS
Hb (g/dL)	13,19 ± 2,19	13,8 ± 1,9	12,6 ± 2,3	NS
Créatinine (μmol/L)	104,6 ± 46,7	91,4 ± 33,2	116,5 ± 55,1	NS
Clairance (mL/min)	66,8 ± 30,2	88,2 ± 27,1	47,3 ± 17,1	0,001
BNP (ng/L)	1 239 ± 1 163	1 497 ± 1 466	1 004 ± 802	NS

IMC : index de masse corporelle ; PA : pression artérielle ; FC : fréquence cardiaque ; Hb : hémoglobine ; Clairance : selon Cockcroft ; BNP : *brain natriuretic peptide* ; NS : non statistiquement significatif ; EC : écart type.

**Tableau 2.** Faisabilité de l'automesure avec l'impédancemètre portable.**Table 2.** Feasibility of self-measurement with a portable impedancemeter.

Population totale	n (%)			p
	J1	J3	Sortie	0,735
Total observations	23	21	21	
Autonome	19 (82,6)	17 (81,0)	18 (85,7)	
Avec aide	1 (4,3)	2 (9,5)	0	
Impossible	3 (13,0)	2 (9,5)	3 (14,3)	
<b>Groupe 1 (&lt; 70 ans)</b>	n (%)			p
	J1	J3	Sortie	0,368
Total observations	12	10	10	
Autonome	11 (91,7)	10 (100,0)	9 (90,0)	
Avec aide	0	0	0	
Impossible	1 (8,3)	0	1 (10,0)	
<b>Groupe 2 (≥ 70 ans)</b>	n (%)			p
	J1	J3	Sortie	0,497
Total observations	11	11	11	
Autonome	8 (72,7)	7 (63,6)	9 (81,8)	
Avec aide	1 (9,1)	2 (18,2)	0	
Impossible	2 (18,2)	2 (18,2)	2 (18,2)	

**Tableau 3.** Acceptabilité de l'automesure en population totale et ajustée par groupes d'âge.  
**Table 3.** Acceptability of self-measurement in total population and adjusted by age groups.

<b>Population totale (n = 20)</b>		<b>n (%)</b>		
Question	Oui	Non	Ne sait pas	
1 : Trouvez-vous l'utilisation de l'appareil portable simple ?	18 (90)	2 (10)	0	
2 : Trouvez-vous l'ergonomie de l'appareil adaptée ?	16 (80)	4 (20)	0	
3 : L'utiliserez-vous à votre domicile comme nouvel outil dans le suivi de votre insuffisance cardiaque ?	19 (95)	1 (5)	0	
4 : Accepteriez-vous de faire 3 automesures par semaine, de façon systématique ?	18 (90)	1 (5)	1 (5)	
5 : Pensez-vous que l'utilisation de cet appareil pourrait vous permettre d'anticiper une poussée d'insuffisance cardiaque ?	16 (80)	1 (5)	3 (15)	
6 : Seriez-vous rassuré, si vous étiez équipé à domicile avec cet appareil ?	19 (95)	0	1 (5)	
7 : Pensez-vous que cet appareil pourrait être utile dans la relation avec votre médecin traitant pour une meilleure prise en charge de votre maladie ?	20 (100)	0	0	
<b>Groupe 1 (&lt; 70 ans, n = 10)</b>		<b>n (%)</b>		
Question	Oui	Non	Ne sait pas	
1	10 (100)	0	0	
2	8 (80)	2 (20)	0	
3	10 (100)	0	0	
4	9 (90)	0	10 (10)	
5	8 (80)	10 (10)	10 (10)	
6	10 (100)	0	0	
7	10 (100)	0	0	
<b>Groupe 2 (≥ 70 ans, n = 10)</b>		<b>n (%)</b>		
Question	Oui	Non	Ne sait pas	
1	8 (80)	2 (20)	0	
2	8 (80)	2 (20)	0	
3	9 (90)	1 (10)	0	
4	9 (90)	1 (10)	0	
5	8 (80)	0	2 (20)	
6	9 (90)	0	1 (10)	
7	10 (100)	0	0	

relation médecin traitant – patient, dans la prise en charge de l'ICC était la seule à obtenir 100 % de « oui », quel que soit le groupe.

### Évolution des critères d'évaluation au cours de l'hospitalisation

À la sortie, la perte de poids était en moyenne de  $1,76 \pm 2,95$  kg sur toute la durée d'hospitalisation (*tableau 4*). Les résultats d'impédancemétrie confirmaient l'amélioration clinique, avec une perte d'eau totale moyenne de  $3,30 \pm 4,86$  L à la sortie et un THHG ayant diminué de  $1,45 \pm 2,04$  %, tout comme les BNP avec une diminution de  $607 \pm 648$  ng/L par rapport à l'admission (*tableau 4*). Cette cinétique

commune de décroissance des BNP, du poids et de l'eau totale, sur toute la durée de l'hospitalisation est représentée sur la *figure 1*.

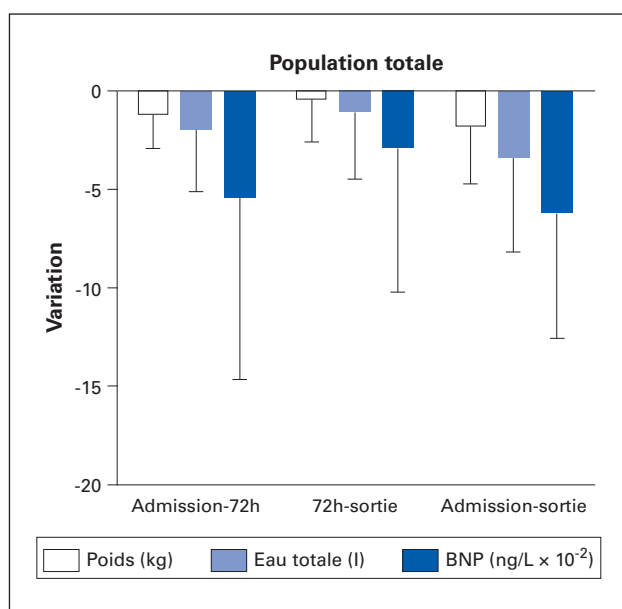
### Corrélation entre résultats d'impédancemétrie, données échographiques et clinico-biologiques

Les résultats de corrélation entre les mesures d'impédancemétrie, les données clinico-biologique, et les critères échographiques d'élévation des pressions de remplissage, sur les deux périodes : admission/72 h et 72 h/sortie apparaissent dans le *tableau 5*. La seule corrélation statistiquement significative sur ces deux périodes

**Tableau 4.** Variations des critères d'évaluation, dans la population totale au cours de l'hospitalisation.  
**Table 4.** Changes in assessment criteria, in the total population during hospitalization.

Variable	Moyenne $\pm$ EC		
	Delta J1-J3	Delta J3-sortie	Delta J1-sortie
Poids	- 1,18 $\pm$ 1,70	- 0,41 $\pm$ 2,19	- 1,76 $\pm$ 2,95
Eau totale	- 1,84 $\pm$ 3,24	- 0,93 $\pm$ 3,54	- 3,30 $\pm$ 4,86
Hydratation hors graisse	- 0,39 $\pm$ 1,41	- 0,84 $\pm$ 1,70	- 1,45 $\pm$ 2,04
Équilibre hydrique	- 0,40 $\pm$ 1,41	- 0,34 $\pm$ 1,10	- 0,13 $\pm$ 1,25
Masse sèche	- 0,46 $\pm$ 0,98	- 0,26 $\pm$ 1,06	- 0,27 $\pm$ 1,12
BNP	- 530 $\pm$ 934	- 281 $\pm$ 739	- 607 $\pm$ 648

Delta : différence ; BNP : brain natriuretic peptide ; EC : écart type.



**Figure 1.** Variations de poids, d'eau totale et de BNP entre chaque mesure et sur l'ensemble de l'hospitalisation.

**Figure 1.** Variations in weight, total water and BNP between each measure and the total hospitalization.

concernait la différence d'eau totale avec celle de poids ( $p = 0,001$ ). On note une corrélation significative entre la variation d'eau totale et les critères échographiques durant la 1<sup>re</sup> période ( $p = 0,047$ ). La différence du THHG, était corrélée significativement avec celle de poids sur la 2<sup>e</sup> période ( $p < 0,0001$ ). L'équilibre hydrique était corrélé avec les OMI sur la 1<sup>re</sup> période ( $p = 0,008$ ) et la différence de poids sur la 2<sup>e</sup> période ( $p = 0,008$ ). Sans pour autant atteindre le seuil de significativité, on observait une tendance commune entre la variation de BNP et celle de l'équilibre hydrique (*tableau 6*).

## Discussion

À notre connaissance, il s'agit de la première étude évaluant la faisabilité et l'acceptabilité d'une automesure,

par BIA portable chez le patient en ICC. Notre travail a montré que la réalisation d'une automesure de bio-impédancemétrie était possible de façon autonome dans la grande majorité des cas, au cours d'une hospitalisation pour ICA. Son utilisation est jugée simple par 90 % des patients et l'acceptabilité globale du dispositif est excellente avec un taux de satisfaction de 90 %.

Cette étude démontre que l'appareil permet le suivi du compartiment hydrique de façon spécifique. Nos résultats sont encourageants dans la perspective d'utilisation autonome à domicile en tant qu'outil de dépistage des poussées d'ICA comme indice plus spécifique que le seul suivi du poids. À l'instar des travaux de Cuba Gyllensten *et al.* [30] ayant comparé la capacité du poids et de l'impédancemétrie trans-thoracique à dépister précocement une décompensation cardiaque, à domicile chez l'insuffisant cardiaque et retrouvant de meilleures sensibilité et spécificité pour l'impédancemétrie, versus la prise de poids. Nos résultats suggèrent une plus grande pertinence du suivi des valeurs impédancémétriques dans l'évaluation du degré d'ICA comparativement au poids. Un outil capable de dépister précocement une hyperhydratation présenterait un intérêt capital. D'après l'institut de veille sanitaire, plus de 160 000 patients ont été hospitalisés pour insuffisance cardiaque en 2013 avec une réhospitalisation annuelle estimée à 20 % pour le même motif. Le taux de réhospitalisations pour insuffisance cardiaque a augmenté de plus de 30 % depuis 2002 [1]. Les hospitalisations ont représenté plus d'un milliard d'euros versés par le Régime général en 2007, soit 63 % des dépenses de santé remboursées pour les patients en ALD pour ICC [31].

Notre travail s'inscrit en droite ligne dans la grande initiative partagée par les pouvoirs publics, les professionnels de santé et les industriels depuis la fin des années 2000 : la télémédecine. De nombreuses études abondent cette orientation notamment l'étude IN-TIME [32], qui montrait une moindre aggravation clinique des patients suivis par télésurveillance [OR : 0,63 ; IC95% : 0,43-0,90] ainsi qu'une réduction de la mortalité, 3,4 % versus 8,7 % dans le

**Tableau 5.** Corrélation entre les variations de mesures impédancémétriques et les critères clinico-biologiques et échographiques sur les périodes : admission-72 h et sortie-72 h.

**Table 5.** Correlation between the variations in impedance measurements and the clinical-biological and echographics criteria over the periods: admission-72h and exit-72ht.

Delta eau totale	Admission-72 h		Sortie-72 h	
	r	p	r	p
CE	-0,488	0,047*	0	1
Dyspnée	0	1	0,028	0,922
OMI	0,043	0,869	-0,173	0,537
Poids	-0,151	0,563	-0,036	0,899
Delta poids	0,720	0,001*	0,748	0,001*
BNP	-0,194	0,456	0,464	0,081
Delta hydratation hors graisse	Admission-72 h		Sortie-72 h	
	r	p	r	p
CE	-0,122	0,641	0	1
Dyspnée	0,195	0,453	0,032	0,910
OMI	-0,068	0,794	-0,084	0,766
Poids	-0,144	0,580	-0,204	0,466
Delta poids	0,432	0,083	0,852	< 0,0001*
BNP	-0,309	0,228	0,157	0,576
Delta équilibre hydrique	Admission-72 h		Sortie-72 h	
	r	p	r	p
CE	0,342	0,180	-0,206	0,499
Dyspnée	-0,073	0,780	0,146	0,605
OMI	-0,621	0,008*	0,057	0,840
Poids	-0,357	0,159	-0,134	0,634
Delta poids	0,053	0,841	0,655	0,008*
BNP	0,230	0,374	-0,179	0,524

Les variables sont considérées à 72 h pour Admission-72 h et à la sortie pour Sortie-72 h ; Delta : différence ; CE : critères échographiques ; OMI : œdèmes des membres inférieurs ; BNP : *brain natriuretic peptide* ; r : coefficient de corrélation ; \* : statistiquement significatif.

**Tableau 6.** Corrélation entre la variation de BNP et celles des mesures d'impédancétrie.

**Table 6.** Correlation between variation of BNP and impedance measurements.

Corrélations delta BNP	Delta eau totale		Delta THHG		Delta Équilibre hydrique	
	r	p	r	p	r	p
Admission-72 h	0,061	0,815	-0,086	0,473	-0,419	0,094
Sortie-72 h	0,100	0,723	0,350	0,201	0,421	0,118
Admission-sortie	0,424	0,131	0,033	0,911	-0,165	0,573

Delta : différence, THHG : Taux d'hydratation hors graisse, r : coefficient de corrélation.

groupe télésurveillance et le groupe témoin (p = 0,004). De même que les résultats prochainement attendus du programme national OSICAT (Optimisation de la surveillance ambulatoire des insuffisants cardiaques par télécardiologie), incluant plus de 900 patients, basés sur un système de télésuivi associant une surveillance du poids par un pèse-personne connecté et un suivi personnalisé à domicile, semblent prometteurs.

Notre étude s'inscrit dans un projet d'amélioration du suivi et de la qualité de vie du patient en ICC, grâce à la télémédecine, dans le contexte actuel d'autonomisation des patients où l'on souhaite apporter une valeur pédagogique dans la gestion des pathologies chroniques en accordant un rôle plus actif au patient dans la prise en charge globale de sa maladie. Pour preuve, depuis deux ans, l'ESC s'est prononcée en faveur du développement de la santé connectée

en cardiologie et estime que les nouvelles technologies de l'information et de la communication doivent servir à améliorer le suivi des malades et leur éducation thérapeutique. C'est ainsi que l'on assiste à l'émergence de tensiomètres, d'appareils à ECG, de stéthoscopes connectés aux smartphones et d'applications médicales éducatives. D'une façon plus générale, les bénéfices attendus par le développement de la télémédecine sont soulignés dans une étude publiée en 2016, menée en oncologie, sur des patients en cours de chimiothérapie, qui consistait à faire signaler par les patients eux-mêmes, via des tablettes connectées les nouveaux symptômes dont ils souffraient. Les résultats montraient une amélioration de la qualité de vie sous traitement, une diminution des réhospitalisations, et une amélioration de la survie, par rapport aux patients bénéficiant d'un suivi oncologique normal [33].

Notre étude comporte certaines limites, notamment l'absence de significativité statistique concernant la corrélation entre les mesures de bio-impédancemétrie et les critères d'évaluation clinico-biologiques autres que le poids. Ces résultats peuvent s'expliquer par la faible puissance de l'étude en raison d'un nombre limité de patients inclus. Cependant, la cinétique commune de ces critères nous encourage à mener une étude de plus grande envergure. Nous avons également constaté une difficulté rencontrée par certains patients dans l'utilisation du BIA portable en raison d'une ergonomie peu adaptée à la personne âgée.

Bien que l'évaluation de l'hydratation soit moins précise que dans d'autres études utilisant des BIA hospitaliers, la force de notre étude tient dans ce qu'elle évalue l'hydratation avec un outil connecté portable, tel que cela pourrait être fait à domicile. La difficulté à mettre en évidence un état d'hyperhydratation avec le THHG et l'équilibre hydrique peut être expliquée par l'utilisation d'algorithmes développés sur une population non malade. Cependant, les résultats de notre étude montrent la faisabilité et la reproductibilité de l'automesure par cet impédancemètre portable, ce qui est très encourageant, dans la perspective d'approfondir les multiples pistes d'avenir que nous offre cet outil. Dans cette éventualité, il serait intéressant de suivre des patients au long court afin d'apprécier les variations de leur hydratation, corrélées à leur histoire clinique et de pouvoir en analyser l'impact sur leur suivi et leur prise en charge, ce qui devra faire le sujet d'une nouvelle étude.

## Références

1. Santé publique France. L'insuffisance cardiaque, maladies cardio-neuro-vasculaires, maladies chroniques et traumatismes [Internet]. Disponible sur: <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Maladieschroniques-et-traumatismes/Maladies-cardio-neuro-vasculaires/Linsuffisance-cardiaque>.2010. consulté le 24.04.18.

## Points clés

- La mesure de l'hydratation des patients insuffisants cardiaques chroniques apparaît comme indispensable dans leur évaluation et leur suivi.
- La bioimpédancemétrie du corps entier (BIA) représente une méthode simple non invasive et reproductible de quantification de plusieurs paramètres d'hydratation corporelle.
- Cette étude a mesuré la faisabilité et l'acceptabilité de la mesure BIA chez des patients hospitalisés pour poussée d'insuffisance cardiaque. La faisabilité et l'acceptabilité de l'automesure sont excellentes quelle que soit la tranche d'âge
- Les premières données de corrélation entre les critères impédancemétriques, clinico-biologique et échographiques sont encourageantes.

## Conclusion

La faisabilité d'une automesure par BIA portable, chez le patient en ICA ouvre des perspectives intéressantes dans le suivi des patients insuffisants cardiaques, autant individuelles en termes de qualité de vie que sociétales en raison du coût pour notre système de santé. L'excellente acceptabilité est également un enjeu majeur de cet outil connecté puisque plus de 90 % des patients sont d'accord pour l'utiliser à domicile et se disent même rassurés par son utilisation en plus de leur suivi habituel. Cette étude se poursuit actuellement dans l'objectif de recruter plus de 100 patients pour confirmer ces premiers résultats encourageants.

Le développement de la télémédecine doit notamment servir à améliorer le suivi des malades et leur éducation thérapeutique. L'intérêt du BIA portable dans la prévention des hospitalisations pour ICA nécessite maintenant d'être démontré par des études de plus grande ampleur.

**Remerciements.** Les auteurs souhaitent remercier tous les médecins ayant participé à l'étude : Dr Thibaud Vaugrenard, Dr Ludivine Saby, Dr Lionel Benhamou, Dr Sébastien Arméro, Dr Elise Camilleri, ainsi que tous les patients qui ont participé à cette étude.

**Liens d'intérêts :** B. Huguel, L. Benhamou, S. Arméro, E. Camilleri : Essais cliniques : étude BIA. Les autres auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

2. Delahaye F, Roth O, Aupetit JF, de Gevigney G. Epidemiology and prognosis of cardiac insufficiency. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2001 ;94 : 1393-403.

3. Haute Autorité de Santé. Insuffisance cardiaque – Parcours de soins [Internet]. Disponible sur : [http://www.has-sante.fr/portail/jcms/r\\_1505207/fr/insuffisance-cardiaque-parcours-de-soins](http://www.has-sante.fr/portail/jcms/r_1505207/fr/insuffisance-cardiaque-parcours-de-soins).2012. consulté le 24.04.18.



4. OFICA investigators [Internet]. Disponible sur : [http://www.sfcardio.fr/sites/default/files/pdf/OFICA\\_2010.pdf](http://www.sfcardio.fr/sites/default/files/pdf/OFICA_2010.pdf). consulté le 24.04.18.
5. Le Jemtel TH, Padeletti M, Jelic S. Diagnostic and therapeutic challenges in patients with coexistent chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2007 ; 49 : 171-80.
6. Verbalis JG. Disorders of body water homeostasis. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2003 ; 17 : 471-503.
7. Peacock WF. Rapid optimization: strategies for optimal care of decompensated congestive heart-failure patients in the emergency department. *Rev Cardiovasc Med* 2002 ; 3 : S41-48.
8. Maisel A, Mueller C, Adams K, Anker SD, Aspromonte N, Cleland JGF, et al. State of the art: using natriuretic peptide levels in clinical practice. *Eur J Heart Fail* 2008 ; 10 : 824-39.
9. Doust JA, Pietrzak E, Dobson A, Glasziou P. How well does B-type natriuretic peptide predict death and cardiac events in patients with heart failure: systematic review. *BMJ* 2005 ; 330 : 625.
10. Valle R, Aspromonte N. Use of brain natriuretic peptide and bioimpedance to guide therapy in heart failure patients. *Contrib Nephrol* 2010 ; 164 : 209-16.
11. Paterna S, Di Pasquale P, Parrinello G, Fornaciari E, Di Gaudio F, Fasullo S, et al. Changes in brain natriuretic peptide levels and bioelectrical impedance measurements after treatment with high-dose furosemide and hypertonic saline solution versus high-dose furosemide alone in refractory congestive heart failure: a double-blind study. *J Am Coll Cardiol* 2005 ; 45 : 1997-2003.
12. Kazanegra R, Cheng V, Garcia A, Krishnaswamy P, Gardetto N, Clifton P, et al. A rapid test for B-type natriuretic peptide correlates with falling wedge pressures in patients treated for decompensated heart failure: a pilot study. *J Card Fail* 2001 ; 7 : 21-9.
13. Breidhardt T, Irfan A, Klima T, Drexler B, Balmelli C, Arenja N, et al. Pathophysiology of lower extremity edema in acute heart failure revisited. *Am J Med* 2012 ; 125 : 1124.e1-1124.e8.
14. Peacock WF, Soto KM. Current techniques of fluid status assessment. *Contrib Nephrol* 2010 ; 164 : 128-42.
15. Piccoli A. Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment. *Contrib Nephrol* 2010 ; 164 : 143-52.
16. Piccoli A, Italian CAPD-BIA Study Group. Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status. *Kidney Int* 2004 ; 65 : 1050-63.
17. Parrinello G, Paterna S, Pasquale PD, Torres D, Fatta A, Mezzero M, et al. The usefulness of bioelectrical impedance analysis in differentiating dyspnea due to decompensated heart failure. *J Card Fail* 2008 ; 14 : 676-86.
18. Di Somma S, De Berardinis B, Bongiovanni C, Marino R, Ferri E, Alfei B. Use of BNP and bioimpedance to drive therapy in heart failure patients. *Congest Heart Fail Greenwich Conn* 2010 ; 16 : S56-61.
19. Massari F, Iacoviello M, Scicchitano P, Mastropasqua F, Guida P, Riccioni G, et al. Accuracy of bioimpedance vector analysis and brain natriuretic peptide in detection of peripheral edema in acute and chronic heart failure. *Heart Lung J Crit Care* 2016 ; 45 : 319-26.
20. Di Somma S, Lalle I, Magrini L, Russo V, Navarin S, Castello L, et al. Additive diagnostic and prognostic value of bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) to brain natriuretic peptide 'grey-zone' in patients with acute heart failure in the emergency department. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2014 ; 3 : 167-75.
21. Santarelli S, Russo V, Lalle I, De Berardinis B, Vetrone F, Magrini L, et al. Prognostic value of decreased peripheral congestion detected by Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in patients hospitalized for acute heart failure: BIVA prognostic value in acute heart failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2016 ; 6 : 339-47.
22. Alves FD, Souza GC, Aliti GB, Rabelo-Silva ER, Clausell N, Biolo A. Dynamic changes in bioelectrical impedance vector analysis and phase angle in acute decompensated heart failure. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif* 2015 ; 31 : 84-9.
23. Sakaguchi T, Yasumura K, Nishida H, Inoue H, Furukawa T, Shinouchi K, et al. Quantitative assessment of fluid accumulation using bioelectrical impedance analysis in patients with acute decompensated heart failure. *Circ J* 2015 ; 79 : 2616-22.
24. Trejo-Velasco B, Fabregat-Andrés Ó, Montagud V, Morell S, Núñez J, Fácila L. Prognostic value of analysing the bioimpedance vector for patients hospitalised for acute decompensated heart failure: a validation cohort. *Rev Clin Esp* 2016 ; 216 : 121-5.
25. Parrinello G, Torres D, Paterna S, Pasquale PD, Trapanese C, Cardillo M, et al. Early and personalized ambulatory follow-up to tailor furosemide and fluid intake according to congestion in post-discharge heart failure. *Intern Emerg Med* 2013 ; 8 : 221-8.
26. Valle R, Aspromonte N, Milani L, Peacock FW, Maisel AS, Santini M, et al. Optimizing fluid management in patients with acute decompensated heart failure (ADHF): the emerging role of combined measurement of body hydration status and brain natriuretic peptide (BNP) levels. *Heart Fail Rev* 2011 ; 16 : 519-29.
27. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC), developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2016 ; 37 : 2129-200.
28. Vignon P. How evaluating left ventricular filling pressures in mechanically ventilated patients? *MT Cardio* 2007 ; 3 : 387-95.
29. Andersen OS, Smiseth OA, Dokainish H, Abudiyab MM, Schutt RC, Kumar A, et al. Estimating left ventricular filling pressure by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2017 ; 69 : 1937-48.
30. Cuba Gyllensten I, Bonomi AG, Goode KM, Reiter H, Habetha J, Amft O, et al. Early indication of decompensated heart failure in patients on home-telemonitoring: a comparison of prediction algorithms based on daily weight and noninvasive transthoracic bio-impedance. *JMIR Med Inform* 2016 ; 4 : e3.
31. Merlière J, Couvreur C, Smadja L, Jolivet A. Points de repère n°38 - août 2012. <https://www.ameli.fr/l-assurance-maladie/statistiques-et-publications/rapports-et-periodiques/points-de-repere/n-38-insuffisancecardiaque.php>.
32. Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, Heinrich U, Schumacher B, Katz A, et al. Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2014 ; 384 : 583-90.
33. Basch E, Deal AM, Kris MG, Scher HI, Hudis CA, Sabbatini P, et al. Symptom monitoring with patient-reported outcomes during routine cancer treatment: a randomized controlled trial. *J Clin Oncol* 2016 ; 34 : 557-65.
34. Varlet-Marie E, Grubka E, Karahat M, Fédou C, Raynaudde Mauverger E, Brun J. Comparaison de plusieurs formules de calcul de la masse maigre par bio-impédancemétrie avec l'absorption biphotonique (Dexa). *Sci Sports* 2009 ; 24 : 202-6.
35. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clin Nutr Edinb Scotl* 2004 ; 23 : 1226-43.

### Annexe 1.

#### Explications relatives à la bioimpédancemétrie et à la réalisation d'une automesure

On applique au corps humain un courant alternatif de faible intensité par le biais d'électrodes, dites sources ou injectrices. Le courant passe de manière prédominante dans les compartiments à conductivité élevée. L'eau et les électrolytes seront de bons conducteurs, alors que les membranes cellulaires, la graisse et la peau seront plus isolantes. L'impédance sera relevée par deux autres électrodes, dites réceptrices ou détectrices. Elle correspond à l'opposition des tissus au passage d'un courant. Ainsi, un individu ayant plus de graisse sera plus résistant qu'un autre ayant plus de muscles, tissus contenant plus d'eau. Dans un état congestif (poussée d'ICA), le corps contiendra plus de liquides et aura une résistance (impédance) plus faible, car l'eau est un meilleur conducteur électrique. La BIA est basée sur la mesure de la résistance (mesure permettant d'apprécier l'intégrité de la membrane cellulaire), de la réactance et permet le calcul de l'angle de phase. Des équations standardisées sont utilisées pour déterminer la masse non grasse et l'eau corporelle. L'angle de phase reflète les différentes propriétés électriques membranaires, elles-mêmes affectées par le stress métabolique et l'état nutritionnel [34, 35].

La mesure était réalisée par le patient lui-même, habillé, pour éviter un contact entre membres supérieurs et tronc ou avec les membres inférieurs entre eux, après la remise d'une fiche explicative sur la manière d'utiliser l'appareil. En position assise au bord du lit, ou en décubitus latéral gauche, l'appareil tenu dans la main droite avec les doigts reposant sur les 2 électrodes hautes (bouton presseur au niveau du pouce et zone contact arrière pour les extrémités des autres doigts), devait être appliqué en zone sus malléolaire homolatérale de façon à ce que les 2 électrodes basses soient en contact avec le tiers inférieur de la jambe droite. La mesure avait lieu avec la pression d'une durée de 5 secondes du bouton situé au niveau du pouce jusqu'au signal sonore avertissant de la réussite de la mesure.

### Annexe 2.

#### Questionnaire sur l'impédancemètre portable et l'acceptabilité de l'automesure

Oui                  Non                  Ne sait pas

- Trouvez-vous l'utilisation de l'appareil portable simple ?
- Trouvez-vous l'ergonomie de l'appareil adaptée ?
- L'utiliseriez-vous à votre domicile comme nouvel outil dans le suivi de votre insuffisance cardiaque ?
- Accepteriez-vous de faire 3 automesures par semaine, de façon systématique ?
- Pensez-vous que l'utilisation de cet appareil pourrait vous permettre d'anticiper une poussée d'insuffisance cardiaque ?
- Seriez-vous rassuré, si vous étiez équipé à domicile avec cet appareil ?
- Pensez-vous que cet appareil pourrait être utile dans la relation avec votre médecin traitant pour une meilleure prise en charge de votre maladie ?
- Commentaire libre sur l'utilisation de l'impédancemètre