

U

tilisation de l'impédancemétrie corporelle totale en hémodialyse chronique

Dr M. BERUARD, Mme M.M. CANARD, Cadre Infirmier, Dr J. FINAZ de VILLAINÉ, Dr A.L. THOMASSET. -
Service de Néphrologie et d'Hémodialyse. - Clinique du Tonkin - VILLEURBANNE

I - INTRODUCTION

L'impédance bioélectrique basée sur l'adaptation à la biologie des lois fondamentales de l'électricité permet de préciser la composition corporelle d'un sujet en quantifiant les masses aqueuses, grasses et maigres et d'en déduire l'état nutritionnel.

Toutes ces données fondamentales pour un sujet, et tout particulièrement chez l'insuffisant rénal chronique hémodialysé, peuvent être obtenues simplement, rapidement et fréquemment par la mesure de l'impédance bioélectrique, méthode non invasive, reproductible et de très faible coût.

II - PRINCIPE DE LA MESURE

Les propriétés de conduction électrique des tissus biologiques ont été étudiées dès 1962 par THOMASSET à LYON (1). L'impédancemétrie est basée sur les résistances du corps à un courant électrique alternatif, de faible intensité (10 microampères). Ces résistances ou impédances dépendent de l'hydratation et de la teneur ionique des tissus explorés.

$$Z = k \frac{\rho}{V}$$

Z = impédance en ohms

ρ = résistivité en cm/cm² (inverse de l'osmolarité)

V = volume en litre

Deux fréquences de courant: 5kHz et 1MHz sont utilisées (fig. 1) permettant d'explorer successivement:

- **le secteur extra-cellulaire:** le courant à faible fréquence (5kHz) ne franchit pas les membranes cellulaires et n'explore que les liquides extra-cellulaires ainsi qu'en témoigne une corrélation élevée ($r = 0,89$) établie avec la mesure du liquide extra-cellulaire par 82 BR ou DTPA (fig. 2).

- **l'eau totale:** à 1 MHz, le courant franchit les membranes cellulaires et circule dans les deux secteurs extra et intra-cellulaires explorant donc l'eau totale de l'organisme comme en témoignent des corrélations très élevées ($r = 0,9$) établies avec les volumes de référence obtenus par le deutérium, le tritium ou l'antipyrine (fig. 3).

Si de simples électrodes cutanées collées suffisent pour la mesure à haute fréquence (1 MHz), l'emploi d'électrodes-aiguilles insérées sous la peau s'impose pour éliminer l'obstacle cutané pour les courants faibles de basse fréquence (5 kHz).

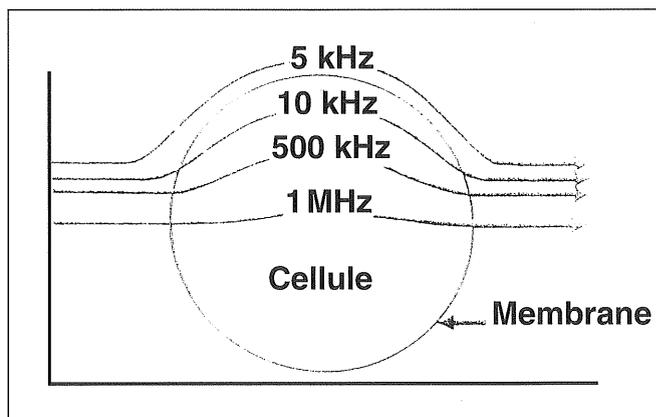


Fig. 1: A basse fréquence 5 kHz le courant traverse uniquement le secteur extra-cellulaire. Il commence à pénétrer la cellule à 10 kHz et à 1 MHz le passage membranaire est total. On peut ainsi apprécier correctement le compartiment intra-cellulaire.

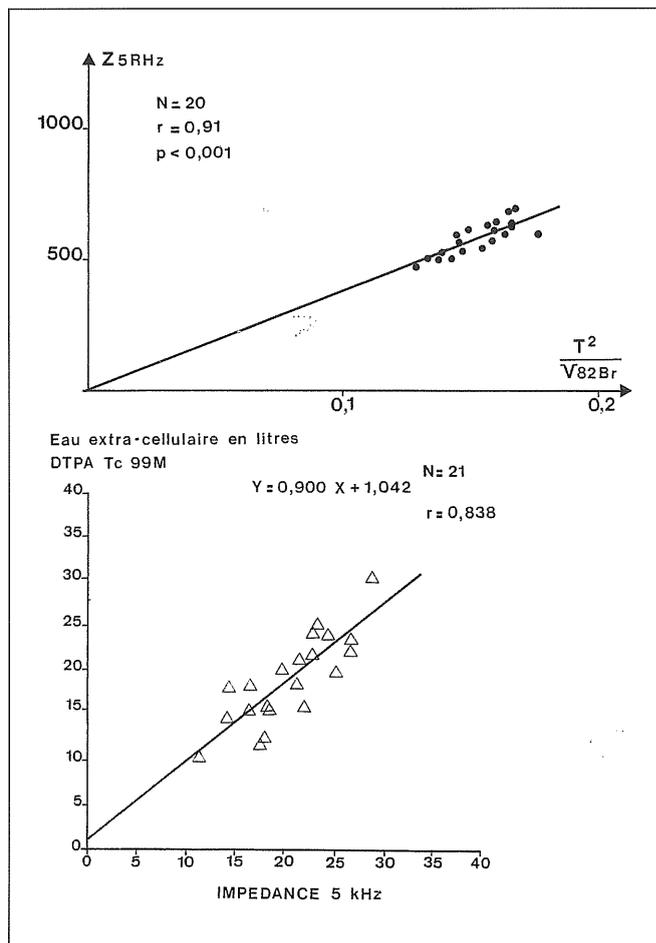


Fig. 2: Corrélation des valeurs obtenues par impédance avec les valeurs obtenues par le 82 BR et par le DTPA pour la mesure de l'eau extra-cellulaire.

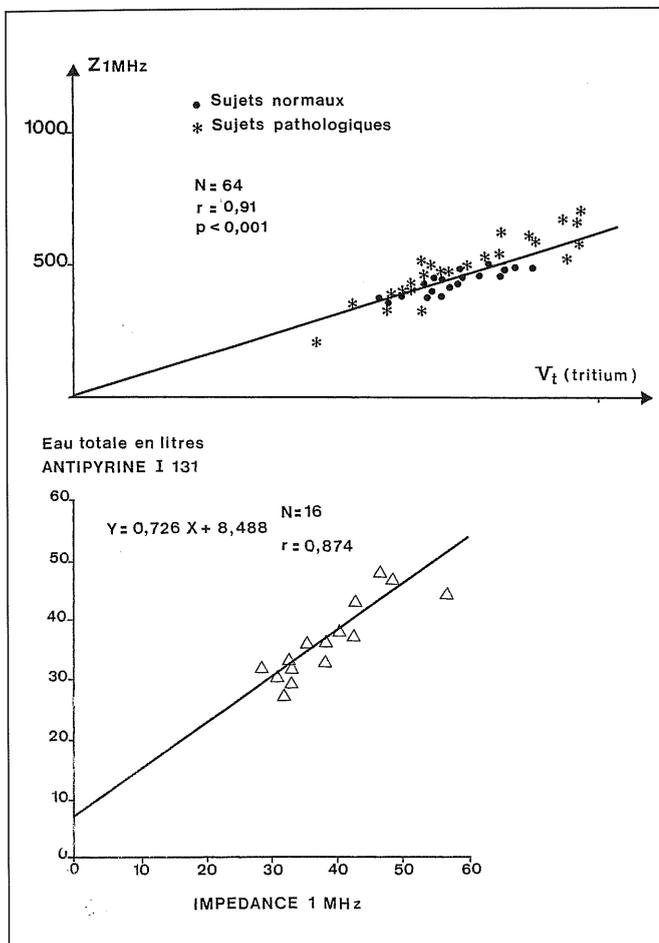


Fig. 3: Corrélation des valeurs obtenues par impédance avec les valeurs obtenues par le tritium et par l'antipyrine pour la mesure de l'eau totale.

On sait que chez les êtres humains, la composition corporelle est en rapport avec les données morphométriques, dont les plus simples sont la taille (T) et le poids (P).

Des relations ont été établies depuis longtemps telles que :

- indice de QUETELET (1872) appelé par les anglo-saxons BMI (Body Mass Index).

$$BMI = \frac{P \text{ (kg)}}{T^2 \text{ (m)}}$$

- le poids théorique de LORENTZ (1936)

$$P_{th} \text{ (kg)} = T \text{ (cm)} - 100 - \frac{T \text{ (cm)} - 150}{4 \text{ (H)}, 2 \text{ (F)}}$$

On conviendra d'admettre qu'un sujet, dont le poids réel est égal à plus ou moins 10% du poids théorique, peut être considéré comme un sujet théorique dont les autres dimensions morphométriques sont respectivement en rapport constant avec la taille.

Un tel sujet a des valeurs d'impédance en basse fréquence (5 kHz) et haute fréquence (1 MHz) théoriques et le rapport R de ces fréquences témoigne exclusivement de la situation hydroélectrolytique.

$$R = \frac{\text{impédance basse fréquence}}{\text{impédance haute fréquence}}$$

Cette valeur R ne varie qu'avec l'âge et le sexe.

Les valeurs théoriques sont obtenues en tenant compte de l'âge, du sexe, de la taille en centimètres, de la circonférence du poignet en centimètres.

$$Z \text{ (5 kHz) théorique} = \begin{cases} 1770 \frac{T}{C^2} + 65 & \text{(H)} \\ 1660 \frac{T}{C^2} + 65 & \text{(F)} \end{cases}$$

$$Z \text{ (1 MHz) théorique} = \frac{Z \text{ (5 kHz) théorique}}{R}$$

où R est une constante fonction de l'âge et du sexe :

$$R = \begin{cases} 1,57 - 0,00256 \times \text{âge} & \text{(H)} \\ 1,52 - 0,00256 \times \text{âge} & \text{(F)} \end{cases}$$

Ces valeurs théoriques d'impédance peuvent être comparées aux valeurs mesurées.

Un seul impératif pour la validité de la méthode :

- que le sujet soit à jeun de quelques heures, en équilibre hydroélectrolytique. La comparaison porte sur les valeurs d'impédance exprimées en Ohms et sur leur traduction en volumes : volume extra-cellulaire pour l'impédance à 5 kHz, eau totale pour l'impédance à 1 MHz et, par différence, peut être déduite l'eau intra-cellulaire.

La connaissance de l'eau totale permet de connaître le poids de la masse maigre, qui représente la partie biologiquement active de l'organisme : en effet, l'eau totale représente 73% de la masse maigre. Il s'agit d'un ensemble complexe comprenant notamment l'eau et les électrolytes, les protéines, la masse calcique.

Masse maigre = volume extra-cellulaire + volume intra-cellulaire + protéines + minéraux

En pathologie, la masse maigre peut beaucoup varier du fait du volume extra-cellulaire, d'où la notion de masse cellulaire active (2,3) représentative de l'état nutritionnel et qui correspond à la masse maigre moins l'eau extra-cellulaire. La masse cellulaire active est donc la somme de l'eau intra-cellulaire, des protéines et des minéraux.

Le poids de la masse grasse est obtenu par déduction :

Poids - Masse maigre = Masse grasse

Ce compartiment qui correspond aux triglycérides stockés dans les tissus adipeux représente environ 15% du poids du corps chez l'homme, 23% chez la femme jeune.

Le stock graisseux peut diminuer de manière importante sans risque majeur, ce qui n'est pas le cas de la masse maigre.

III - APPLICATION À L'HÉMODIALYSE CHRONIQUE

A - Quelques adaptations des données de base doivent être envisagées chez l'hémodialysé chronique. En effet, les mesures doivent être réalisées dans un état d'équilibre hydroélectrolytique. La période pré-dialytique, après quelques minutes de repos allongé et en évitant une prise alimentaire récente, est un moment privilégié des mesures des secteurs

liquidiens de l'organisme par usage de l'impédance bioélectrique, chez l'hémodialysé chronique. En effet, dès le début de la séance de dialyse, s'installent d'importantes modifications hydroélectrolytiques qui vont se poursuivre pendant plusieurs heures après la fin de la séance. L'équilibre des différents secteurs de l'organisme ne se rétablit parfois que 24 heures plus tard; si bien que les heures précédant une nouvelle dialyse répondent mieux aux conditions d'équilibre que requiert la méthode d'impédance.

Deux correctifs doivent être utilisés:

- la mesure de la natrémie permet de pondérer les valeurs mesurées par le rapport natrémie mesurée sur natrémie théorique soit un facteur qui va de 0,93 à 1.
- un calcul simple tenant compte du delta-poids entre le poids pré-dialytique et le poids sec, permet de calculer les valeurs d'impédance à 5 kHz et 1 MHz à partir des valeurs mesurées et les volumes qui en découlent pour le poids de base du patient (4).

La surveillance de l'évolution dans le temps de ces valeurs et leur comparaison aux valeurs théoriques constituent un outil irremplaçable de connaissance de l'état nutritionnel des hémodialysés chroniques.

B - Quelles sont les limites de la méthode?

Les valeurs mesurées et exprimées en Ohms ne doivent pas être confondues avec l'impédance vraie du corps; il s'agit seulement d'une impédance représentative de cette impédance vraie et corrélée à ce qu'elle représente, les volumes hydroélectrolytiques.

Toutefois dans les obésités extrêmes, où la masse grasse peut représenter plus de 50% du poids du corps, la traduction en volumes des valeurs d'impédance mesurée peut devenir erronée. C'est également le cas lorsque la masse grasse est répartie de manière dysharmonieuse.

C - Au plan pratique, la technique de mesure est très simple:

- sujet allongé, membres supérieurs écartés du corps, membres inférieurs allongés à plat, pieds écartés d'environ 40 cm.
- pas de contact avec une surface métallique.
- les deux électrodes-aiguilles mises en place, l'une sur la face dorsale de la main qui ne porte pas la fistule artérioveineuse, l'autre sur le dos du pied controlatéral.
- la mesure est réalisée après 5 minutes de repos et dure moins d'une minute.
- il faut connaître le poids corporel, la taille, la circonférence des poignets, l'âge et le sexe et éventuellement la natrémie mesurée.
- ces valeurs sont introduites dans la calculatrice et l'imprimante affiche sur deux colonnes, à droite les valeurs actuelles des paramètres étudiés, à gauche la liste des valeurs théoriques que devraient avoir ces paramètres (fig. 4).

Nom CUR.. - Date: 19.02.92		
Taille: 182 - Cir. poignet: 17 - Age: 71 - Sexe: H - Natr.: 128		
VALEURS THÉORIQUES		RÉELLES
Z 5 kHz	1179,67	1510,00 ohms
Z 1 MHz	849,76	1136,00 "
Z Cell.	3038,51	4586,52 "
Rapport	1,39	1,33
N	1 ± 0,10	0,66
Vol. total	40,54	28,23 kg
Vol. ex. cell.	20,2	14,71 "
Vol. in. cell.	20,32	13,52 "
Poids	69,82	56,60 "
M. maigre	57,23	42,83 "
M. grasse	12,57	13,77 "
M. cell. act.	37,01	28,13 "
Protéines	12,08	10,81 "
Sub. Min.	4,33	3,79 "

Nom RAM.. - Date: 30.01.92		
Taille: 169 - Cir. poignet: 17,2 - Age: 78 - Sexe: H - Natr.: 132		
VALEURS THÉORIQUES		RÉELLES
Z 5 kHz	1076,12	1112,00 ohms
Z 1 MHz	785,31	838,00 "
Z Cell.	2905,92	3400,00 "
Rapport	1,37	1,32
N	1 ± 0,10	0,85
Vol. total	37,82	34,06 kg
Vol. ex. cell.	19,11	17,77 "
Vol. in. cell.	18,71	16,29 "
Poids	65,95	59,10 "
M. maigre	54,05	49,65 "
M. grasse	11,87	9,45 "
M. cell. act.	34,94	31,88 "
Protéines	12,02	11,54 "
Sub. Min.	4,21	4,04 "

Fig. 4: Présentation des valeurs de la composition corporelle après mesure par l'impédancemètre de THOMASSET à deux électrodes.

IV - CONCLUSION

Avec cinq paramètres très simples et un appareillage peu encombrant et de faible coût, l'impédance bioélectrique renseigne de manière fiable sur:

- la répartition de l'eau dans l'organisme et la part respective des différents secteurs extra, intra-cellulaires.
- l'importance de la masse grasse et de la masse maigre dont le démembrement fait apparaître la notion de masse cellulaire active, notion fondamentale dans la connaissance de l'état nutritionnel.

La comparaison de ces valeurs aux valeurs théoriques d'un sujet et leur évolution dans le temps sont décisives notamment en hémodialyse chronique où les périodes de surveillance peuvent atteindre plusieurs dizaines d'années et où la qualité de vie est conditionnée par l'état nutritionnel.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - **Thomasset A. L.** Propriétés électriques des tissus biologiques: mesure de l'impédance en clinique. Lyon Méd. 1962. 21. 107.
- 2 - **Thomasset A. L., Roulet C.** Estimation chiffrée de la masse cytoplasmique active par impédancemétrie. Rev. Europ. Biotech. Méd. 1984. Vol. 6 n° 4.
- 3 - **Thomasset A. L., Boulier A.** Appréciation de l'état nutritionnel. La médecine pratique. n° 25. 1988. Masson Edit. Paris 120 Bd St-Germain 75006.
- 4 - **Béruard M., Bernard Ch., Baur F.** Détermination du poids de base par la mesure de l'impédance corporelle. La Nouv. Presse Médicale 6 mai 1978. 7; n° 18.