

持続的血液濾過透析中の Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) 法による水分バランス管理

大分県立病院心臓血管外科

山口博一郎, 山内 秀人, 迫 史朗, 濱本 浩嗣

緒 言

持続的血液濾過透析 (CHDF) を必要とした開心術後の腎不全に対し、Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) 法による水分監視を行った 2 例を経験した。CHDF 中の体水分量 (TBW)、細胞外液量 (ECF)、細胞内液量 (ICF) の測定を行い、経時的变化、および体重変化、累積水分バランスとの間の関係を検討した。また、同様に一般の開心術前後の TBW、体液分画の変化を評価したので、その結果とも比較し、CHDF 中の水分管理における BIA 法の有用性について、若干の文献的考察を加え報告する。

対象と方法

・症例 1: 73 歳, 男性

血液透析管理下の慢性腎不全症例。不安定狭心症に対し、冠動脈バイパス術 (3 枝) を施行。術前日までの血液透析、術中は限外濾過による除水を行い、術翌日から CHDF を開始し、4 日後に通常の血液透析に移行した。

・症例 2: 77 歳, 男性

胸部大動脈瘤に対し、人工血管置換術を施行。術直後から低心拍出量症候群を呈し、急性腎不全を発症したため、2 日後から CHDF を開始した。その後、心機能、腎機能は改善し、7 日目に CHDF から離脱した。

両症例とも血液濾過器は東レ社製、HEMOFEEL CH-1.0、抗凝固剤は nafamostat mesilate 20 mg/時を使用し、血流量 90~100 ml/分、透析液流量 500 ml/時、除水量 50~250 ml/時とした。

・開心術症例: 成人開心術症例連続 15 例を対象

とした。年齢 62±15 歳 (16~76)、男性 8 例、女性 7 例、術式は冠動脈バイパス術 7 例、弁置換術 5 例、胸部大動脈置換術 2 例、ASD 閉鎖術 1 例であった。

BIA 法は RJL Systems 社製、SPECTRUM (発振周波数: 50 KHz, 電極電流: 800 μA) を用いて、右側手背と足背の 4 電極から抵抗値とリアクタンスを測定し、内蔵ソフトウェア (Logger ver. 6.7) により、TBW, ECF, ICF を算出した。測定は術前、ICU 入室時、CHDF 開始時、開始後 24, 48, 72, 96, 120 時間の各時点 (症例 1 は 72 時間まで) で行った。

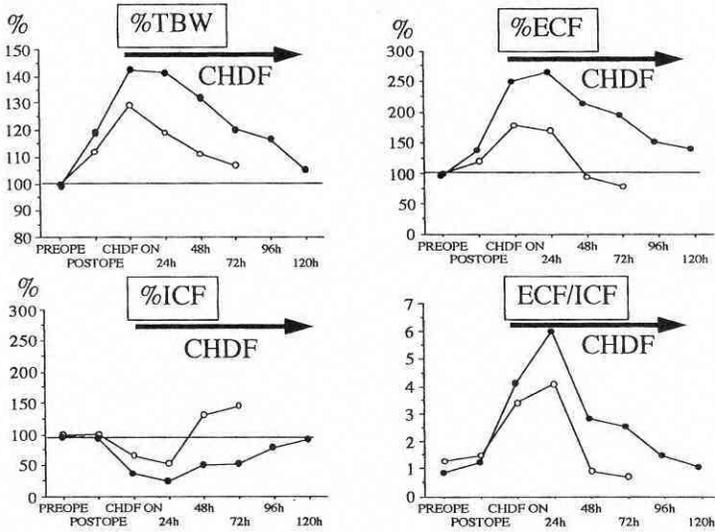
体重変化量はスケールベッド (Hill-Rom 社製, Century CC) により測定し、術後の累積水分バランスは、すべての輸液量、輸血量、経口 (経腸) 摂取量と、ベッドサイドコンソール (ウベメディカル社製, JUN 500) の設定除水量、尿量、排便量、胃管およびドレーン排液量から算出した。

数値は平均値±標準偏差で表わし、統計学的処理は paired t-test を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差ありとした。

結 果

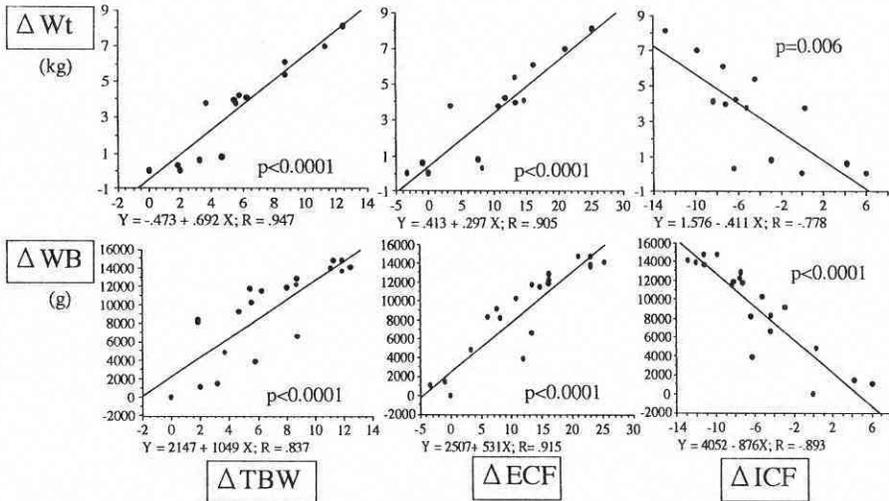
1. TBW の変化 (図 1): 術前値との比 (% TBW) の変化では、術直後には、症例 1 で 112%、症例 2 で 117% まで増加しており、CHDF 開始時にはそれぞれ 129%、137% に達した。開始後から減少し、離脱時にはそれぞれ 107%、105% まで回復した。

2. 体液分画の変化 (図 1): ECF および ICF の術前値との比 (% ECF, % ICF) の変化では、% ECF は % TBW と同様の变化を示し、術直後は症例 1 で 120%、症例 2 で 144% に増加し、



Changes of %TBW, %ECF, %ICF and ECF/ICF before and during CHDF
 TBW:total body water,ECF:extracellular fluid,ICF:intracellular fluid,CHDF:continuous hemodiafiltration
 —○— case 1 —●— case 2

図 1



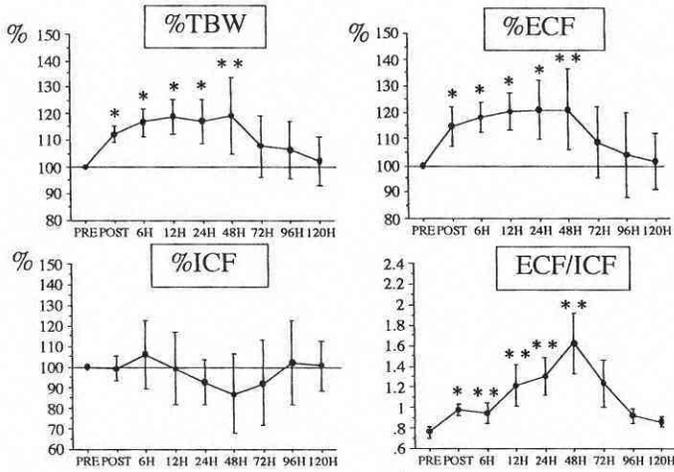
Correlations between Δ TBW, Δ ECF, Δ ICF and Δ Wt and Δ WB during CHDF

TBW:total body water,ECF:extracellular fluid,ICF:intracellular fluid,Wt:body weight,WB:water balance, CHDF:continuous hemodiafiltration

図 2

CHDF 開始時にはそれぞれ 178%, 264% に達した。施行後は減少し、それぞれ 80%, 147% まで回復した。一方, % ICF は術前後ではほとんど変化

がなく, CHDF 開始早期には、それぞれ 53%, 33% まで低下した後増加し、離脱時に回復する傾向があった。その結果, ECF/ICF は術前がそれぞれ

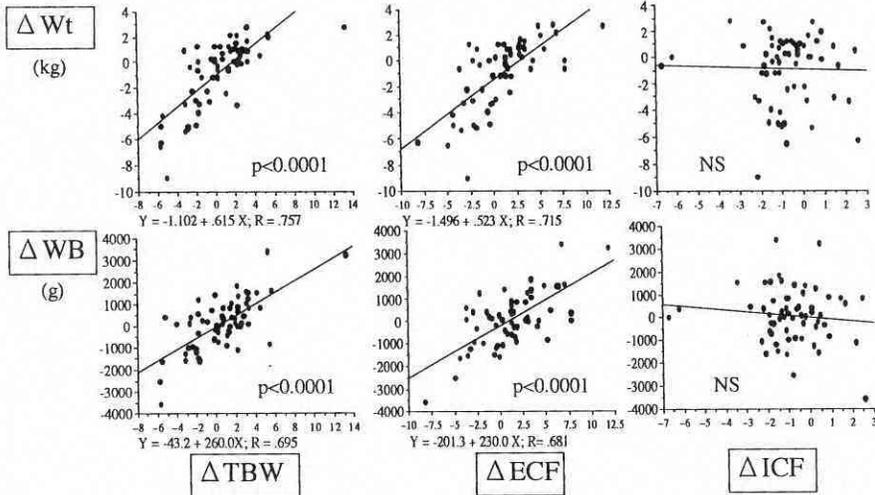


Changes of %TBW,%ECF,%ICF and ECF/ICF after open heart surgery

TBW : total body water, ECF : extracellular fluid, ICF : intracellular fluid

*p<0.001, **p<0.01 versus preoperative value

図 3



Correlations between Δ TBW, Δ ECF, Δ ICF and Δ Wt and Δ WB after open heart surgery

TBW:total body water,ECF:extracellular fluid,ICF:intracellular fluid,Wt:body weight,WB:water balance

図 4

1.29, 0.72であったのに対し, CHDF 開始早期にはそれぞれ4.1, 6.2まで上昇し, 離脱時には0.7, 0.9まで低下した。

3. 体重変化量, 累積水分バランスとの関係(図

2) : CHDF 開始後の各時点での TBW, ECF, ICF の変化量 (Δ TBW, Δ ECF, Δ ICF) と体重変化量 (Δ 体重) および累積水分バランスとの相関をみると, Δ 体重との間ではそれぞれ $r=0.947$,

0.905 ($p < 0.0001$), -0.77 ($p = 0.006$), また, 累積水分バランスとの間ではそれぞれ $r = 0.837$, 0.915 , -0.893 ($p < 0.0001$) で, ΔTBW , ΔECF とは正の ΔICF とは負の有意相関を認めた。

4. 開心術症例: % TBW, % ECF, % ICF, ECF/ICF の経時的变化 (図 3) では, TBW と ECF は 48 時間後まで増加し ($119 \pm 14\%$, $121 \pm 11\%$), 72 時間後から減少したのに対し, ICF は有意な変化を示さなかった。ECF/ICF も 48 時間後にピーク (1.63 ± 0.30) となったが, 96 時間後には術前レベルに回復した (0.92 ± 0.07)。ICU 入室時からの ΔTBW , ΔECF , ΔICF と Δ 体重および累積水分バランスの間の関係 (図 4) では, ΔTBW ($r = 0.757$, 0.695), ΔECF ($r = 0.715$, 0.681) で有意相関を示した ($p < 0.0001$)。

考 察

BIA 法による体組成測定の有用性については, 健常人における水中体重秤量法による体密度測定や, アイソトープを用いた TBW の測定との良好な相関性に関する報告¹⁾から, 最近では, 外科的侵襲時などの集中治療領域における体液分布異常への臨床応用²⁾についての研究も散見される。今回, われわれは, 人工心肺手術後の CHDF 管理を行った腎不全という, 特殊病態下における BIA 法の応用例を経験した。

慢性腎不全患者の血液透析中での水分分布変化についての, BIA 法の応用も注目されており, Tedner ら³⁾によると, 体重変化と BIA 法による TBW の変化との間に良好な相関を認めた。自験例でも, BIA 法による CHDF 中の ΔTBW は体重変化および累積水分バランスと有意な正の相関を示し, 経時的变化上も, CHDF 開始前後の体液貯留状態を反映していると考えられ, CHDF 離脱時には, 結果として TBW は術前値レベルに復していた。

一方, 体液分画と Δ 体重, 累積水分バランスとの関係では, ΔECF は正の ΔICF は負の相関を示した。経時的变化上も, ECF と TBW は同様の傾向があったのに対し, ICF は除水の進行とともに増加した。すなわち, 術後の溢水は ECF の貯留を

主体とするが, 細胞内外の体液の移動をとめない, CHDF によって溢水の改善とともに, 体液分布も是正されることが示唆された。波江野ら⁴⁾の血液透析による ECF と ICF の変化についての報告でも, 体重減少ともなう, ECF の減少と ICF の増加を認め, 透析中の ECF の浸透圧の低下による, 水分の細胞内へのシフトを考察している。しかしながら, 術後の溢水が最高であると考えられる CHDF 開始時の時点で, TBW が最大となっているのに対し, 体液分画では CHDF 開始早期には, ICF がさらに減少し, ECF/ICF は開始後 24 時間に最高値をとった。丸山ら⁵⁾は血液透析導入期の初期の透析時には, ECF が ICF にくらべ, 増大しているにもかかわらず, 透析後には ICF の減少と ECF の増加を観察しており, 血液浄化初期の変化として興味深い結果と思われる。

開心術に対する BIA 法の応用としては, Maehara ら⁶⁾が小児開心術に利用し, 多変量解析の結果, TBW と水分バランスに有意相関を認め, 低体格, 若年齢, 長時間体外循環が TBW 増加に対する危険因子であると報告した。自験例 15 例でも, ΔTBW , ΔECF と Δ 体重, 累積水分バランスとの間に相関を認め, 経時的变化でも, 開心術後早期の容量負荷時や, その後の利尿期における変化を反映したと考えられた。

これらを CHDF を施行した 2 例の結果と比較すると, CHDF 施行例でも, 術後 120 時間後には術前値レベルに復するが, CHDF 開始時から施行早期では, ECF/ICF がより高値であった。鈴木ら⁷⁾は重症患者での BIA 法による評価において, ECF, ICF の分布比と重症度との比例関係を指摘しているが, 前述の CHDF 自体の影響に加え, 術後の重症度において, CHDF 施行例 (とくに症例 2) が, より過大侵襲下にあったことも考えられた。しかしながら, 特殊病態下での単周波数 BIA 法による個体間の評価の信頼性については依然, 問題視されており⁸⁾, 呼吸, 循環, 栄養状態などを考慮した, さらなる検討が必要である。

結 語

開心術後の腎不全に対する CHDF 中に, BIA

法による水分監視を行った2例を経験した。TBWの変化は、体重変化、累積水分バランスと良好な相関があり、BIA法は有用な指標となる可能性が示唆されたが、体液分布の変化については、全身状態を考慮した慎重な評価が必要と考えられた。

文 献

- 1) Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, et al: Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 41: 810-817, 1985
- 2) Chioloro RL, Gay LJ, Cotting J, et al: Assessment of changes in body water by bioimpedance in acutely ill surgical patients. *Intensive Care Med* 18: 322-326, 1992
- 3) Tedner B, Lins LE, Asaba H, et al: Evaluation of impedance technique for fluid-volume monitoring during hemodialysis. *Int J Clin Monit Comput* 2: 3-8, 1985
- 4) 波江野誠, 金井寛: 体内水分分布の電氣的測定とその臨床応用. *病態生理* 4: 729-734, 1985
- 5) 丸山圭史, 近藤元治: Bioelectrical Impedance法による体内水分分布測定. *集中治療* 5: 183-192, 1993
- 6) Maehara T, Novak I, Wyse R. K. H, et al: Perioperative monitoring of total body water by bio-electrical impedance in children undergoing open heart surgery. *Eur J Cardio-thorac Surg* 5: 258-265, 1991
- 7) 鈴木宏昌, 古川淳子, 長谷部正晴, 他: 重症患者のbioelectrical impedance spectrum analysis (BISA). *日救急医学会誌* 7: 709-719, 1996
- 8) 河邊統一, 平澤博之, 菅井桂雄, 他: 重症患者におけるBIA (bioelectrical impedance analysis)の有用性の検討. *栄養-評価と治療* 11: 403-408, 1994