

20 生体電気インピーダンス法(BIA法)を用いたVA管理

JA 長野厚生連南長野医療センター篠ノ井総合病院

河野 玲司¹⁾北村健太郎¹⁾関原宏幸¹⁾長澤正樹²⁾田村克彦²⁾栗原重和²⁾穴山万理子²⁾牧野靖²⁾診療協力部 臨床工学科¹⁾腎臓内科²⁾

【背景】

生体電気インピーダンス法(BIA法:Bioelectrical Impedance Analysis法)は、生体に多周波数の微弱な電流を流し、体内抵抗値(インピーダンス)を求め非侵襲的かつ簡便に生体の細胞内外水分量・筋肉量・脂肪量などを測定することが可能であり、幅広い分野で使用されてきている。

透析療法において適正なドライウエイト(以下DW)の設定は極めて重要な問題であるが近年では高齢患者・糖尿病性腎症・心脳血管関連の合併症の増加に伴い患者個々に適したDWの設定がより一層求められている。近年ではBIA法を用いて透析患者での体液量の評価を行いBIA法で求められる理想的なDWが実際の臨床的なDWの指標の一つになるとの報告が散見されるようになった。¹⁻²⁾

また透析療法においてVascular access(以下VA)は必要不可欠であるが非生理的な血管であるためその管理は容易ではない。予防の難しいVAトラブルとして狭窄や閉塞がある。過剰除水による過凝固状態ではVAの狭窄や閉塞を起こすことも考えられるためVAにおいて体液量の管理は非常に重要である。

当院でのBIA法はIn-BodyS10(インボディ・ジャパン社製)を使用している。In-Bodyから算出されるDWと実臨床で使用されているDWの差(以下OH:OverHydration)の過不足の評価がVA管理の一つとして有用であるか検討したため報告する。

問合せ先：河野 玲司 〒388-8004

長野市篠ノ井 666-1 厚生連南長野医療センター篠ノ井総合病院
臨床工学科 (TEL 026-292-2261)

【対象】

対象は2019年8月2日から2020年9月19日までにスクリーニング及びDW評価で透析後に体組成測定を実施したAVFを有する当院維持透析患者92名とした。

【方法】

インボディ・ジャパン社製In-BodyS10を使用し透析後に体組成を測定。In-BodyS10測定前後1ヶ月間でVascular Access Intervention Therapy(以下VAIVT)を行なった群をVAIVT群、In-BodyS10測定前後1年間VAIVTを行っていない群をnonVAIVT群とし2群間で比較検討を行なった。

比較項目は、背景因子の比較として年齢・男女比・筋肉量の指標としてSkeletal Muscle Mass Index(以下SMI)・栄養指標として位相角・浮腫値として細胞外水分比(以下ECW/TBW:ExtracellularWater/TotalBodyWater)・浮腫因子の因子数とした。

またOHの算出方法の検討として健常人の浮腫値を目標として算出したOHを基準に年齢性別補正・年齢性別筋肉量補正・浮腫因子補正を行い、比較検討を行なった。さらにOH算出時の補正方法の妥当性の検討、OHと循環血液量(以下BV:Blood Volume)の相関について検討を行なった。

OH算出方法について

OHの算出についてだがOHは参考文献¹⁾を参考に下記の公式1を使用し理想DW(以下e-DW)を算出。実際のDWから理想DWの差をOHとした。

【公式 1】

$$e-DW = \text{Weight} - (\text{ECW} - 0.38 \times \text{TBW}) \div (1 - 0.38)$$

$$e-OH = DW - e-DW$$

※ただし 0.38 は健常者の浮腫値を代入している。理想浮腫値は透析患者個々に判断が必要と考えられるため①年齢性別補正②年齢性別筋肉量補正③浮腫因子補正を行なった。

①年齢性別補正について

細胞外水分比(以下 ECW/TBW)は浮腫による細胞外水分量(以下 ECW: Extracellular Water)の増加によって高まると知られている。老化や栄養状態の悪化に伴う体細胞量の減少即ち健常者でも細胞内水分量(以下 ICW: Intracellular Water)の減少による分母(TBW=ICW+ECW)の減少で、ECW/TBW が高まることが明確にされた。関連の報告は多々あるが今回は上野らの報告²⁾を参考に年齢別標準化 ECW/TBW を求める下記の公式 2 を使用し目標 ECW/TBW を求め、得られた値を公式 1 へ代入した年齢性別補正 DW(以下 St. MF-DW)から年齢性別補正 OH(以下 St. MF-OH)を算出した。

【公式 2】

$$\text{男性: } 0.00000004 \times \text{年齢}^3 - 0.0000002 \times \text{年齢}^2$$

$$-0.00005 \times \text{年齢} + 0.3785$$

$$\text{女性: } 0.00000005 \times \text{年齢}^3 + 0.000004 \times \text{年齢}^2$$

$$-0.0006 \times \text{年齢} + 0.4026$$

②年齢性別筋肉量補正について

前記したように体水分量は加齢に伴って減少する傾向があるが ECW に比べ ICW の減少率が大きいので結果的に ECW/TBW が高値となる。これは水分を多く含む筋肉量が減少することに起因するとされている。このような加齢による筋肉量の低下以

外にも透析患者は ADL の低下や栄養状態の悪化などで実年齢より筋肉量が低下傾向にあることは少なくない。そのような患者に対して同年代と同等の基準は厳しいと考える。そこですでに In-Body を用いて報告³⁾されている日本人健常者の SMI を参考に SMI から筋肉量年齢を算出。その筋肉量年齢を②で用いた公式 2 に代入し目標 ECW/TBW を求めた。得られた値を公式 1 へ代入した年齢性別筋肉量補正 DW(以下 St. MFm-DW)から年齢性別筋肉量補正 OH(以下 St. MFm-OH)を算出した。

③浮腫因子補正について

浮腫因子の補正についてだが佐々木らの報告¹⁾において浮腫値は糖尿病(以下 DM)・低 Alb 血症・心疾患・肥満・透析低血圧・尿量の有無において DM と低 Alb 血症の有無により大きく影響を受けると報告がある。また浮腫値は DM(-)低 Alb 血症(-)群では(0.384±0.005)DM(-)低 Alb 血症(+)群では(0.397±0.013) DM(+)低 Alb 血症(-)群では(0.398±0.011) DM(+)低 Alb 血症(+)群では(0.404±0.012)であったとの報告がある。

今回はやや簡素化し浮腫因子のない群は因子 0 群とし 0.384 を DM(-)低 Alb 血症(+)群及び DM(+)低 Alb 血症(-)群は因子 1 群とし 0.397 を DM(+)低 Alb 血症(+)群は因子 2 群とし 0.404 を目標浮腫値として設定。得られた値を公式 1 へ代入した浮腫因子補正 DW(以下 CL-DW)から浮腫因子補正 OH(以下 CL-OH)を算出した。

統計学的有意差検定は背景因子及び OH の比較は Mann-Whitney U 検定及び Fisher の正確検定を使用。OH 算出時の補正方法の妥当性の検討については Friedman 検定(Bonferroni 多重比較)を BV との相関については Spearman の順位相関係数を用いて p<0.05 を有意差ありとした。データは中央値(四分位範囲)で表記した。

臨床研究の実施に当たっては、倫理委員会の承認を得ており対象患者には研究内容を十分に説明し同意を得られたうえで実施した。

【結果】

1. 背景因子比較

nonVAIVT 群 42 名(男性 31 人・女性 11 人)VAIVT 群は 50 名(男性 30 人・女性 20 人)となり男女比に有意(p<0.05)な差は認めなかった。

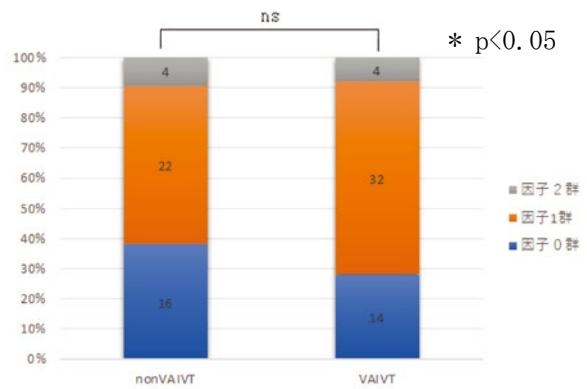
年齢は nonVAIVT 群 68(56.25, 75.75)歳 VAIIVT 群 69(56.50, 72)歳と有意(p<0.05)な差は認めなかった。DM の有病数の比(nonVAIVT 群 10 人・VAIVT 群 21 人)に有意(p<0.05)な差は認めなかった。In-BodyS10 から得られる基本情報として ECW/TBW は nonVAIVT 群 0.401(0.385, 0.406)に対し VAIIVT 群 0.394(0.387, 0.400)であり SMI は nonVAIVT 群男性 6.9(6.27, 8.01)女性 4.88(4.50, 5.83)、VAIVT 群男性で 6.77(6.17, 7.76)女性で 5.24(4.53, 5.94)であり位相角は nonVAIVT 群 4.16(4.73, 3.11)VAIVT 群で 4.11(5.03, 3.43)といずれにおいても有意(p<0.05)な差は認めなかった(表 1)

浮腫因子の因子数に関しては糖尿病の有無と低 Alb 血症(3.5g/dl 以下)とし因子数を比較したが有意(p<0.05)な差は認めなかった。(図 1)

* p<0.05

			nonVAIVT (n=42)	VAIVT (n=50)	p
基本情報	年齢	Median (IQR)	68 (56.25, 75.75)	69 (56.50, 72)	ns
	性別	Male	31	30	ns
		Female	11	20	ns
	DM		10	21	ns
In-Body 情報	ECW/TBW	Median (IQR)	0.401 (0.385, 0.406)	0.394 (0.387, 0.400)	ns
	SMI (Male)	Median (IQR)	6.9 (6.27, 8.01)	6.77 (6.17, 7.76)	ns
	SMI (Female)	Median (IQR)	4.88 (4.50, 5.83)	5.24 (4.53, 5.94)	ns
	位相角	Median (IQR)	4.16 (4.73, 3.11)	4.11 (5.03, 3.43)	ns

(表 1)背景因子の比較



(図 1)浮腫因子数の比較

結果 2-①e-OH の比較

初めに e-OH の結果を図 2 に示す。nonVAIVT 群は、1.71(0.52, 1.13)L に対し VAIIVT 群は、1.58(0.14, 0.81)L と有意(p<0.05)に差を認め VAIIVT 群が OH 過少傾向であった。

結果 2-②St. MF-OH の比較

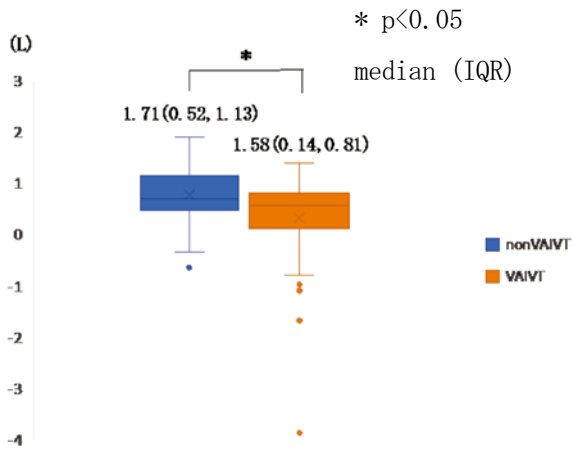
結果を図 3 に示すが nonVAIVT 群は、0.534(0.12, 0.96)L に対し VAIIVT 群は、0.385(0.00, 0.67)L と有意な差は認めなかったが VAIIVT 群が OH 過少傾向であった。

結果 2-③St. MFm-OH の比較

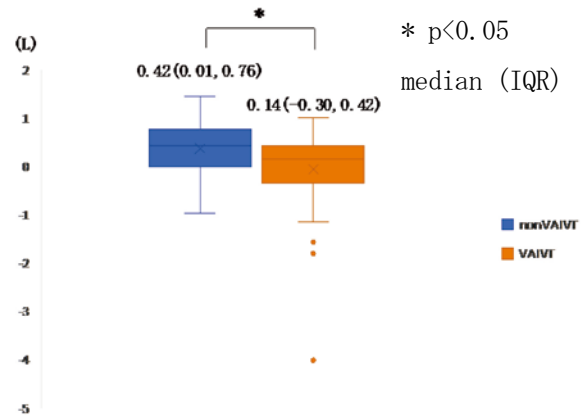
結果を図 4 に示す。nonVAIVT 群は、0.48(0.09, 0.78)L に対し VAIIVT 群は、0.24(0.15, 0.49)L と有意(p<0.05)に差を認め VAIIVT 群が OH 過少傾向であった。

結果 2-④CL-OH の比較

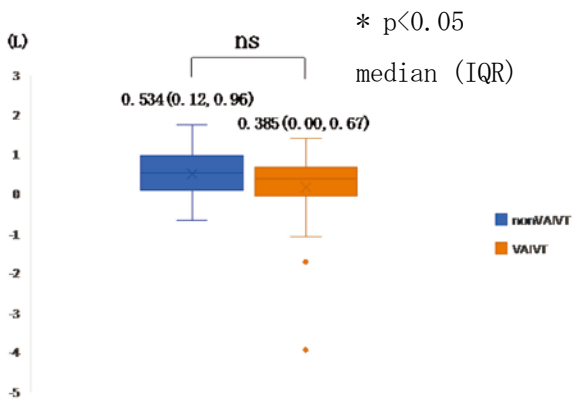
結果を図 5 に示す。nonVAIVT 群は、0.42(0.01, 0.76)L に対し VAIIVT 群は、0.14(-0.30, 0.42)L と有意(p<0.05)に差を認め VAIIVT 群が OH 過少傾向であった。



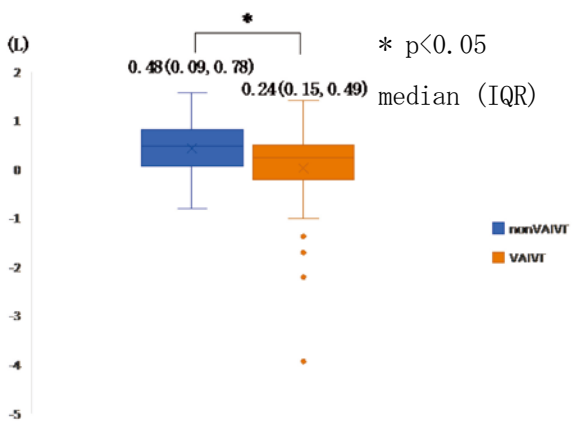
(図 2) e-OH の比較



(図 5) CL-OH の比較



(図 3) St. MF-OH 比較



(図 4) St. MFm-OH の比較

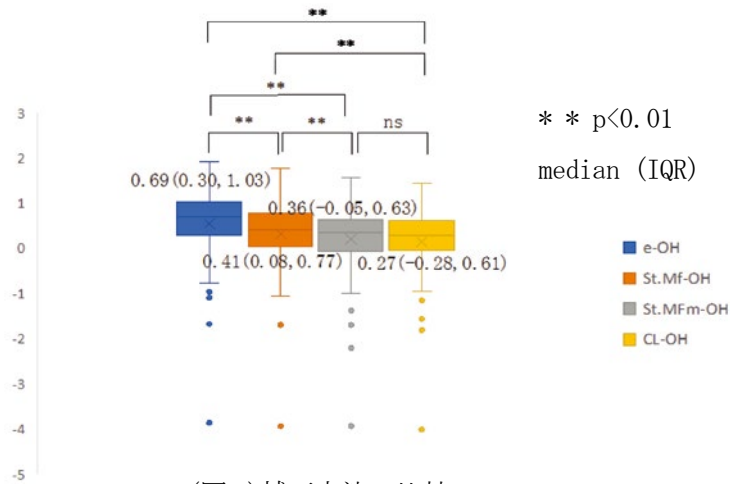
結果 3 OH 算出時の補正方法の妥当性の検討

3 種類の補正方法と健常人と同等の浮腫値を使用し算出した OH を他群間にて検討した結果を図 6 に示す。e-OH 0.69 (0.30, 1.03)L に対し St. MF-OH 0.41 (0.08, 0.77)L、St. MFm-OH 0.36 (-0.05, 0.63)L、CL-OH 0.27 (-0.28, 0.61)L とどの補正方法に対しても有意 (p<0.01) に差を認める結果となった。

同様に St. MF-OH 0.41 (0.08, 0.77)L も e-OH 0.69 (0.30, 1.03)L、St. MFm-OH 0.36 (-0.05, 0.63)L、CL-OH 0.27 (-0.28, 0.61)L とどの補正方法に対しても有意 (p<0.01) に差を認める結果となった。

一方 St. MFm-OH 0.36 (-0.05, 0.63)L は e-OH 0.69 (0.30, 1.03)L、St. MF-OH 0.41 (0.08, 0.77)L、と有意 (p<0.01) に差を認める結果となったが CL-OH 0.27 (-0.28, 0.61)L とは有意 (p<0.05) な差を認めなかった。

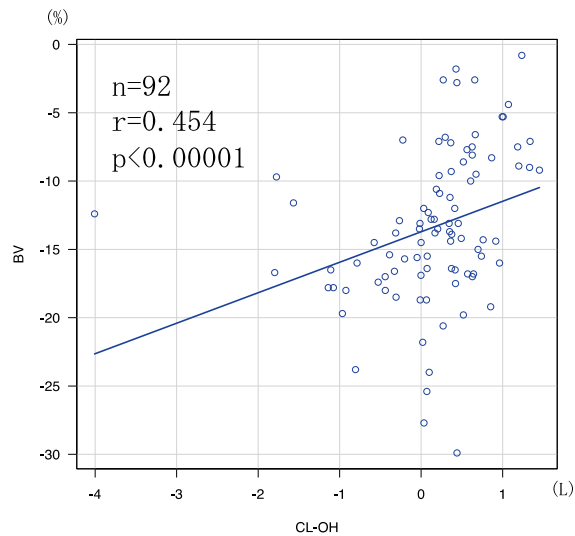
同様に CL-OH 0.27 (-0.28, 0.61)L も e-OH 0.69 (0.30, 1.03)L、St. MF-OH 0.41 (0.08, 0.77)L、と有意 (p<0.01) に差を認める結果となったが St. MFm-OH 0.36 (-0.05, 0.63)L とは有意 (p<0.05) な差を認めなかった。



(図6) 補正方法の比較

結果 4 OH と BV の相関について

日機装社製の BV 計にて算出される治療中最低 BV 値と CL-OH の相関を図7に示す。BV 値と CL-OH は有意($r=0.454, p<0.0001$)に正の相関を認める結果となった。



(図7) BV と CL-OH の相関

【考察】

佐々木らの報告¹⁾によると DM(-)低Alb血症(-)群では e-DW と CL-DW はほぼ一致し、DM(-)低Alb血症(+)群及びDM(+)低Alb血症(-)群では、

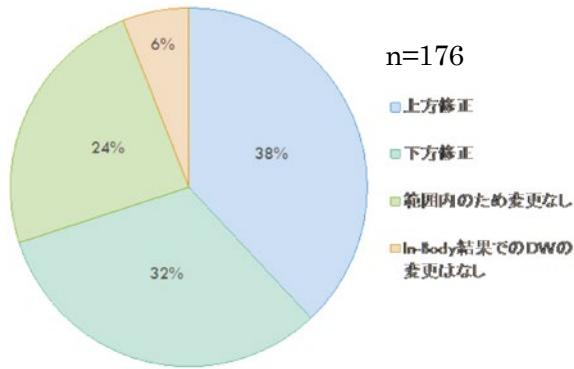
0.5kg-0.7kg 程度上乗せした体重が、DM(+)低Alb血症(+)群では 1kg 程度上乗せした体重が、実際の臨床的 DW であると報告がある。

また当院での 2018 年 9 月から 2019 年 9 月までの 176 件のデータとなるがスクリーニング及びDW 評価で In-BodyS10 測定を実施し CL-DW にて DW を算出した結果の運用状況を図8に示す。上方修正群 38%、下方修正群 32%、範囲内のため DW 維持群 24%、In-BodyS10 結果での DW 変更なし群が 6%と In-BodyS10 結果が DW 管理の一助になりつつある。

以上のことから CL-DW が臨床的 DW である可能性があり CL-DW から算出した CL-OH が臨床的 OH であると考えられる。結果3より CL-OH と St. MFm-OH は有意差を認めなかったことから St. MFm-OH も有用であると考えられるが今後の検討課題である。

結果 1 及び 2 から背景因子には有意差を認めず St. MFm-OH、CL-OH において有意差を認めたことから VA と OH には関係があると考えられる。

OH と治療中 BV とは有意に正の相関を認めたため OH 過小群である VAIVT 群には血管内脱水がある可能性が示唆され VA トラブルの要因である可能性が示唆された。OH を算出し数値化することにより、血管内脱水の予防ができることが示唆されたが今後症例数を増やしてさらなる検討が必要と考える。



(図 8) 当院での CL-DW の運用状況

【結語】

BIA 法は高い精度で非侵襲的かつ簡便に身体組成の把握ができ DW 設定の評価に加え VA 管理にも有用である可能性が示唆された。

著者の利益相反 (conflict of interest:COI) 開示 : 本論文に関連して特に申告なし。

【参考文献】

- 1) 佐々木信博, 上野幸司, 白石武 他 生体電気インピーダンス (BIA 法) による DW 設定基準-高精度体成分分析装置 (InBody S20) による浮腫値 (ECW/TBW) での検討. 透析会誌 41 (10) :723-730, 2008
- 2) 上野幸治, 菊池孝典, 河西由香理 他 InBody-S20 使用における透析患者の標準化 DW 算出の試み. 医工学治療 Vol132:No1, 2020
- 3) Satoshi Seino, Shoji Shinkai, Katsuya Iijima, : Reference Values and Age Differences in Body Composition of Community-Dwelling Older Japanese Men and Women :A pooled Analysis of Four Cohort Studies. PLOS ONE|DOI:10.1371/journal.pone.0131975 July6, 2015