

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19592590

研究課題名（和文）

多数例による高齢者の体水分量の定量化と易脱水をスクリーニングする方法の検討

研究課題名（英文）

Evaluation of Methods for Quantification of the Body Fluid Volume and Screening for an Increased Tendency toward Dehydration in a Large Number of Elderly Subjects

研究代表者

岡山 寧子(OKAYAMA YASUKO)

京都府立医科大学・医学部・教授

研究者番号：5015085

研究成果の概要：BIA法を用いて簡便に高齢者の脱水発症リスクをスクリーニングできる方法の開発を目的として、本研究では、BIA法による高齢者の体水分量推定の妥当性を総合的に検討する。そのために、①電極配置の違いからみたBIAの身体組成推定精度、②多周波BIA法を用いた細胞内外液分布の加齢変化、③多周波BIA法を用いた高齢者の下肢筋の特徴および移動機能との関連の3点を検討した。その結果、①BIAの精度は、近位モデルあるいは近位と遠位電極配置を組み合わせたモデルで精度の改善がみられた。②加齢に伴って下腿の細胞外液/体水分量が増加することが確認された。③筋総体積での筋細胞量の割合は、移動機能低下・加齢の順で影響を受けており、移動機能低下により下肢筋への機械的刺激が低下し、筋細胞量低下をもたらし、さらに下肢の筋ポンプ作用が低下するため、静脈還流量が低下して間質液が貯留し、浮腫が生じた状態と考えられた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：看護学・地域・老年看護学

キーワード：高齢者、易脱水、BIA法、体水分量、スクリーニング

1. 研究開始当初の背景

高齢者は成人に比べて環境変化に対するホメオスタシス維持機能が低下しており、

環境変化の影響をうけやすい。そのために暑熱環境下では暑熱障害（脱水症や熱中症等）を発症しやすく、特に熱波に襲われた夏には、

高齢者の熱中症死亡数が急増する。ここ数年の暑熱障害の発症状況をみると、虚弱な高齢者のみならず外出中や運動など、戸外での活動中や室内での作業中等の健康な高齢者にも多発しており、あらゆる健康レベルの高齢者に対する暑熱障害予防への具体的な対応が急務である。一方、暑熱障害は昔から労働やスポーツの場面で多く発症していた。最近では、日本体育協会が「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」(1994年、2006年改訂)を作成し、日本気象協会が「熱中症予防情報」(2002年)を発信するなど、暑熱障害予防への啓蒙活動が広がっている。高齢者に関しては、脱水を生じている状況を早期に発見しようとする試みが報告(梶尾ら 2003年)されている。しかし、暑熱障害予防という視点に立つと、脱水症を起こしやすい高齢者をスクリーニングするための科学的根拠に基づいた方法はまだ十分とは言えない。

その中でBIA法(Bioelectrical Impedance Analysis)は、微弱電流を人体に流した時の抵抗値(BI:Bioelectrical Impedance)から体水分量を推定する方法であり、脱水状態などをアセスメントする方法としての可能性が考えられる。看護ケアの分野では、BIA法を利用して高齢者の体内水分量の季節変化の報告はみられるが、脱水の発症との関連はまだ明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、BIA法を用いて簡便に高齢者の脱水発症リスクをスクリーニングできる方法の開発を目的として、BIA法による高齢者の体水分量推定の妥当性を総合的に検討する。そのために、以下の研究を行った。

- (1) 測定部位の違いからみたBIAの身体組成推定精度を検討する。
- (2) 多周波BIA法を用いた細胞内外液分布の

加齢変化を検討する。

- (3) 多周波BIA法を用いた高齢者の下肢筋の特徴および移動機能との関連を検討する。

3. 研究の方法

研究期間は2年間である。

- (1) 研究1: 電極は配置の違いからみたBIAの身体組成推定精度の検討

①対象者は、インフォームドコンセントによる同意を得た64-96歳の42名(男性20名、女性22名)である。その中の32名は健康で自立、10名は介護保険施設利用者である。

②体水分量は、二重標識水(DLW)法で測定した。まず、ベースラインの ^2H と ^{18}O 値を調べるために早朝尿を採取、7:00-8:00の間に推定体水分量あたり 0.12 g kg^{-1} の $^2\text{H}_2\text{O}$ (99.8 atom%; Taiyo Nippon Sanso)と 2.5 g kg^{-1} の H_2^{18}O (10.0 atom%; Taiyo Nippon Sanso)の水を投与した。採尿は4時間後、24時間後、15日後に実施。同位体分析はIso-Analytical Laboratory (Iso-Analytical Limited:UK)に外注し、2回実施した。

③BIAは、部位別生体電気インピーダンス法(SBIA)を、先行研究に準じて実施した。対象者を両腕と両脚を軽く外転した状態の安静仰臥位にして測定した。各部位を同時計測できるように、8ch式のバッテリー式インピーダンス装置(Muscle- α : Art Haven 9)を用いた。この装置は $500\text{ }\mu\text{A} \cdot 50\text{ kHz}$ の定格交流電流をヒト身体に通電し、インピーダンス(Z)を計測するものである。測定は、心電図用電極(Red Dot: 3M)を用い、両手両足の第2MP関節の近位側背部に貼付し、遠位電圧検出電極として左右手首の橈骨尺骨茎突点を結ぶ線分の中央、左右足首の外果内果点を結ぶ線分の中央に貼付し、近位電極検出電極として左右橈骨点および左右足脛骨部に貼付した。従来法である全身モデルの他に、両腕

モデル、両脚モデル、5セグメントモデルを計測し、その後、近位モデル、9セグメントモデルを計測した。

④統計解析は、SPSS 12.0J for Windows を用いた。相関係数はピアソンの積率相関、相関係数間差の有意性は Meng らの方法で検討した。6つのBIAモデルの推定精度は、単回帰とステップワイズ重回帰分析を用いた。

(2) 研究2：多周波BIA法を用いた細胞内外液分布の加齢変化

①対象者は、インフォームドコンセントによる同意を得た50名の若齢男性(20-31歳)と69名の高齢男性(60-88歳)である。高齢者は前期高齢者(75歳未満)と後期高齢者(75歳以上)の2群に分類した。

②BIAは、心電図用電極(Red Dot:3M)を用いて、MLT-30(Sekisui Medical)にて、2.5-350kHz帯域で対数尺上の等間隔となる140個の周波数で測定した。仰臥位で短い休息の後、右下腿部のインピーダンスを計測した。電極は右肢の手背部と足背部中央遠位側に貼付した。骨格筋は大量の水分を保持しているが、これは細胞内区画と細胞外区画に分布しており、各々を細胞内液(intracellular water, ICW)、細胞外液(extracellular water, ECW)という。このうちECWは筋細胞量とは関係がないため、ECWが増加しても筋力は増加しないと推察される。TBWはECWとICWの合計値から求めた。

③統計解析は、SPSS 12.0J for Windows を用いた。結果は平均±標準偏差にて示した。群間比較は一元配置分散分析で行い、その後の検定にはTukey法を用いた。

(3) 研究3：多周波BIA法を用いた高齢者の下肢筋の特徴および移動機能

①対象者は、インフォームドコンセントに

よる同意を得た通所介護利用者とケアハウス居住者58名(要介護群)および元気高齢者229名の計287名(57-96歳、男性93名、女性194名)である。

②BIAは、心電図用電極(Red Dot:3M)を用いて、MLT-30(Sekisui Medical)にて、右肢の手甲部と足甲部に電流電極を貼付し、大転子-側脛骨部間を大腿部、側頸骨部-外果点間を下腿部として測定した。SBISは低周波(1-5kHz)~高周波(250kHz以上)電流を通電することで、体肢骨格筋の総体積、筋細胞量と細胞外液量の測定が可能である。

③下肢の筋力とパワーは、最大歩行時の速度と歩幅、チェアスタンドテスト、ステッピングテスト、等尺性膝伸展筋力を測定した。

④統計解析は、身長²の乗値を得られた抵抗値で除した値から、筋細胞量、細胞外液量、筋総体積(筋細胞量+細胞外液量)の平均値(SD)を算出、群別×性別×測定部位の三元配置分散分析を実施した。下肢筋量に占める筋細胞量の割合が移動機能や加齢とどの程度関連するかは構造方程式モデリングSEMで検討した。統計はSPSS12.0、Amos5.0を用いた。

4. 研究成果

(1) 研究1：測定部位の違いからみたBIAの身体組成推定精度の検討

標識水法で測定したTBWは、体重($r = 0.825$: $P < 0.001$)や身長($r = 0.838$: $P < 0.001$)よりもBIインデックスと高い相関を示した($r = 0.840-0.965$: $P < 0.001$)。標識水法によるTBWと近位法によるBIインデックスとの間の相関係数は最も高い値を示した($r = 0.965$: $P < 0.001$)。単回帰分析において、全身モデル、両腕モデル、両脚モデル、5セグメントモデルで推定したTBWと実測TBWとの残差は、体脂肪率と有意な相関を示し($P < 0.05$)、推定TBWは肥満者で過大評価し、やせの者で過小評価

する傾向が見られた。回帰モデルを改良するために、ステップワイズ重回帰分析を行った。全身のP/Dは、下肢・上肢のP/Dの両方と高い相関を示した ($r = 0.861$ and 0.863 , $P < 0.001$) ので、全身法、近位法、5セグメントモデル、9セグメントモデルでは全身のP/Dを変数に採用し、両脚モデルでは下肢のP/Dを変数に採用し、両腕モデルでは上肢のP/Dを変数に採用した。全てのモデルにおいて、P/Dを用いるとTBWの推定精度は有意に向上した。

以上、本研究では、BIAの精度は、近位モデルあるいは近位と遠位電極配置を組み合わせたモデルで有意な改善がみられた。

(2) 研究2：多周波 BIA 法を用いた細胞内外液分布の加齢変化

若齢者・前期高齢者・後期高齢者の下腿の細胞内外液分布をみると推定 ICW 量は加齢に伴って有意に ($P < 0.001$) 低下した (若齢者 1126 ± 222 ml、前期高齢者 784 ± 190 ml、後期高齢者 653 ± 233 ml) が、推定 ECW 量には有意な主効果は認めなかった ($P = 0.134$) (若齢者 414 ± 72 ml、前期 402 ± 74 ml、後期 374 ± 101 ml)。その結果、ICW/TBW は加齢に伴って有意に ($P < 0.001$) 低下し (若齢者 $73.0 \pm 2.9\%$ 、前期 $65.7 \pm 4.9\%$ 、後期 $62.8 \pm 7.0\%$)、ECW/TBW は有意に ($P < 0.001$) 増加した (若齢者 $27.0 \pm 2.9\%$ 、前期 $34.3 \pm 4.9\%$ 、後期高齢者 $37.2 \pm 7.0\%$)。

以上から、本研究では加齢に伴って下腿の ECW/TBW が増加することが観察された。

(3) 研究3：多周波 BIA 法を用いた高齢者の下肢筋の特徴および移動機能

要介護群の筋総体積は、前期高齢者より大腿 32.8%、下腿で 15.2%の低値、同様に筋細胞量は、大腿 41.8%、下腿 25.7%の低値を示した。筋総体積での細胞外液量の割合は、前

期高齢者・後期高齢者・要介護群の順で増加した。SEM による筋総体積での筋細胞量の割合は、移動機能低下・加齢の順で影響を受けていた。これらは、移動機能低下により下肢筋への機械的刺激が低下し、筋細胞量低下をもたらし、さらに下肢の筋ポンプ作用が低下するため、静脈還流量が低下して間質液が貯留し、浮腫が生じた状態と考える。

このような結果より、SBIS で測定した下肢筋量情報は、高齢者の骨格筋機能や浮腫などをアセスメントする指標になり得ることが示唆され、介護予防等への適用が期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

①Yosuke Yamada, Yoshihisa Masuo, Keiichi Yokoyama, Yukako Hashii, Yasuko Okayama, Soichi Ando, Taketoshi Morimoto, Misaka Kimura (2009): proximal electrode placement improves the estimation of body composition in obese and lean elderly during segmental bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Applied Physiology*. (In press)

[学会発表] (計 8 件)

(国外学会)

①Yosuke Yamada, Naoyuki Ebine, Keiichi Yokoyama, Yasuko Okayama, Shingo Oda, and Misaka Kimura (2008): The determinant of energy expenditure in 64-96 years-old Japanese elderly. *Recent Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism*. Denver, USA, February.

②Yasuko Okayama, Aya Itoi, Soichi Ando, Yosuke Yamada, Taketoshi Morimoto and Misaka Kimura (2008): Validity of simplified physical activity record and dietary record in Japanese elderly. *Recent*

Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism. Denver, USA, February.

③ Yosuke Yamada, Misaka Kimura, Yasuko Okayama (2008): characteristics of physical activities and nutritional intake in elderly volunteers. 7th World Congress on Aging and Physical Activity. Tsukuba, Japan, July.

④ Mitsuyo Komatsu, Misaka Kimura, Yasuko Okayama (2007): Study of Seasonal Variations in Fluid Balance and Effects of Aging in Elderly Persons Requiring Nursing Care, ICN Conference 2007, 8th International Regulation Conference 2007, Yokohama, Japan, May.

⑤ Misaka Kimura, Yasuko Okayama, Aya Itoi, Yosuke Yamada (2007): Physical Activity, Diet, and Obesity in Elementary School Children in a Japanese Agricultural region, ACSM 54th Annual Meeting, New Orleans, USA, May.

⑥ Yosuke Yamada, Keiichi Yokoyama, Tomoaki Osaki, Yukako Hashii, Misaka Kimura, Yasuko Okayama (2007): Physical Activity Level, Lifestyle, Nutrition, and Body Composition in Japanese Healthy and Frail Elderly, ACSM 54th Annual Meeting, New Orleans, USA, May.

(国内学会)

⑦ 岡山寧子, 木村みさか, 小松光代 (2007) : SBIS法による高齢者の下肢筋量の特徴および移動機能との関連, 第33回日本看護研究学会学術集会, 盛岡市, 7月.

⑧ 岡山寧子, 小松光代, 木村みさか (2008) : 高齢者における熱中症予防のための対処方法の検討, 第2回日本セーフティプロモーション学会学術大会, 東京, 10月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡山 寧子 (OKAYAMA YASUKO)
京都府立医科大学・医学部・教授
研究者番号 : 5015085

(2) 研究分担者

木村 みさか (KIMURA MISAKA)
京都府立医科大学・医学部・教授
研究者番号 : 90150573

小松 光代 (KOMATSU MITSUYO)
京都府立医科大学・医学部・講師
研究者番号 : 20290223

(3) 連携研究者

なし