

身長の過大・過小評価による体組成値の変化とその影響

甲斐敬子¹⁾, 金津千里²⁾, 酒元誠治³⁾

1) 南九州大学健康栄養学部管理栄養学科

2) (株) メディカルネットワーク

3) 広島修道大学健康科学部健康栄養学科

The changes and its effects in body composition value by overvaluation or undervaluation of height

Keiko Kai, Chisato Kanatsu, Seiji Sakemoto.

Age-related height loss is a commonly recognized phenomenon; however, a simple method of estimating height has yet to be developed. Height input is required when using impedance body composition analyzers. Under- and overestimates of height were input into a

InBody S10 at 2 cm intervals up to ± 10 cm from actual height in order to investigate the effects of underestimated height on body composition estimates. Impedance data analysis using Williams' method showed a significant increase in percent body fat and a significant decrease in muscle mass with underestimates of height of ± 4 cm or less. An effect on limb skeletal muscle index was observed only with underestimates of height of -10 cm because the effect was offset by dividing underestimated limb skeletal muscle mass measurements by underestimates of height (meaning overestimation).

Key words: Body Composition, Bioelectrical Impedance Analysis Older People, Skeletal Muscle Mass Index.

緒言

適切な栄養管理を行う上で、栄養アセスメントは重要であり、その中でも身体計測は、非侵襲的に実施できるため、栄養アセスメントの基本とされている。身体計測の項目である身長は、肥満度を表す体格指数や高齢者の転倒に繋がるサルコペニア診断の指標とされる四肢骨格筋指数（以下、SMI）にも用いられており、SMIは四肢骨格筋量（kg） \div 身長²（m）と定義されている¹⁾。しかし、高齢者の身長測定では、脊椎の圧迫骨折や円背等により正確な測定が困難であり²⁾、過小

に評価されることが多い。

生体電気インピーダンス法（以下、BIA法）による高齢者の四肢骨格筋量の測定では、過小に評価された身長を入力することが必須であり、更に求められた四肢骨格筋量からSMIを算出する場合には、過小に評価された身長の二乗で除することから、SMIは過小な評価と過大な評価が入り交じっていると考えられ、SMIの信頼性は不明である。

そこで、同一人の身長を2cm区切りで ± 10 cmまで過大・過小入力した場合に、体組成測定機器から出力された結果に及ぼす影響とSMIへの影響を検討したので報告する。

方法

1. 対象

21歳から41歳の女性38名 (22.9±3.4歳)

女性の場合、50歳代から身長の短縮がみとめられることは、川谷らの研究³⁾により実証されているため、身長短縮がみられない年齢層を対象とした。

2. 方法

1) 実施期間

2017年2月から2018年3月に体組成の測定を行った。

2) 実施方法

対象者に対してインボディ・ジャパンのInBody S10 (以下、InBody S10) を主機種に、TANITAのinnerScan 50V BC622 (以下、BC622) をコンディションの確認機種として体組成の測定を立位で行った。

身長短縮の過小入力による体組成値や筋肉率に及ぼす影響を検討するために、同一人の実身長に対して、+10cm, +8cm, +6cm, +4cm, +2cm, ±0cm, -2cm, -4cm, -6cm, -8cm, -10cmの値を入力し、合計11種類のデータを得た。なお、体重に関しては、同一人であることから、同じ値が入力されている。

3. 解析

1) 検討項目

① コンディションの検討

InBody S10は水分量を計測した値のみから、筋肉量、脂肪量、骨量を推計しており、BC622は二重エネルギーX線吸収法 (以下、DEXA法) とインピーダンス値の関連に性別等の様々な補正を行って体組成を算出しているといった違いはあるが、同一人・同一条件下でのコンディションの確認器機としてBC622を用いた。

② 測定項目の検討

身長差や体重差を補正するため、体脂肪率 (%) = 体脂肪量 (kg) ÷ 体重 (kg) × 100, 筋肉率 (%) = 筋肉量 (kg) ÷ 体重 (kg) × 100, 四肢骨格筋率 (%) = 四肢骨格筋量 (kg) ÷ 体重 (kg) × 100, SMI (kg/m²) 等での検討を行った。

なお、必要に応じて、身長 (cm), 体重 (kg), BMI (kg/m²), 体脂肪量 (kg), 筋肉量 (kg), 左上肢筋肉量 (kg), 左上肢筋肉率 (%), 右上肢筋肉量 (kg), 右上肢筋肉率 (%), 左下肢筋肉量 (kg), 左下肢筋肉率 (%), 右下肢筋肉量 (kg), 右下肢筋肉率 (%), 四肢骨格筋量 (kg), 体幹部筋肉量 (kg), 体幹部筋肉率 (%), 推定骨量 (kg) についても示した。

2) 解析方法

① コンディションの検討

InBody S10とBC622の体組成の差の検討には、関連のある平均値の差の検定を実施した。

② 身長増分と筋肉率および体脂肪率の相関

-10cmの身長を基準点とし、身長増分と筋肉率および体脂肪率の相関を求めた。

③ 単調増加または単調減少の検討

身長を基準点を±0cmとし、プラス側およびマイナス側に単調増加または単調減少を仮定し、筋肉率および

体脂肪率について、ウイリアムス検定を行うことにより、何cmの増減が筋肉率、体脂肪率、四肢骨格筋率、SMIに有意な影響があるのかの検討を行った。

4. 倫理的配慮

研究の実施にあたっては、「ヘルシンキ宣言」の趣旨を尊重すると共に「疫学調査に関する倫理指針」に示された「連結不可能匿名化」により個人が識別出来ない形でデータを解析することを説明し、同意が得られた者に実施した。

結果

1. 基本統計量

年齢、身長、体重、BMI、体脂肪量、体脂肪率、筋肉量、筋肉率、左上肢筋肉量、右上肢筋肉量、左下肢筋肉量、右下肢筋肉量、四肢骨格筋量、四肢骨格筋率、SMI、体幹部筋肉量、推定骨量を表1に示した。

表1 InbodyS10を用いた対象集団の基本統計量

	平均±SD	最大値	中央値	最小値
年齢 (歳)	22.9±3.4	41.0	22.0	21.0
身長 (cm)	157.8±4.8	170.0	157.8	147.5
体重 (kg)	51.4±5.9	67.0	52.0	42.0
BMI (kg/m ²)	20.7±2.2	25.4	20.5	17.1
体脂肪量 (kg)	13.7±3.8	21.2	13.2	6.5
体脂肪率 (%)	26.3±5.2	35.6	26.4	14.4
筋肉量 (kg)	35.4±3.3	43.9	35.2	28.8
筋肉率 (%)	69.2±4.9	80.4	69.1	60.4
左上肢筋肉量 (kg)	1.6±0.2	2.2	1.6	1.1
左上肢筋肉率 (%)	3.1±0.2	3.6	3.2	2.5
右上肢筋肉量 (kg)	1.6±0.2	2.2	1.6	1.1
右上肢筋肉率 (%)	3.2±0.2	3.5	3.2	2.5
左下肢筋肉量 (kg)	5.9±0.7	7.4	5.8	4.4
左下肢筋肉率 (%)	11.5±1.1	14.4	11.3	9.5
右下肢筋肉量 (kg)	5.9±0.7	7.6	5.9	4.4
右下肢筋肉率 (%)	11.5±1.1	14.7	11.4	9.5
四肢骨格筋量 (kg)	15.0±1.8	19.3	14.9	11.0
四肢骨格筋率 (%)	29.2±2.5	35.7	29.1	24.5
SMI (kg/m ²)	6.0±0.5	7.3	5.9	5.1
体幹部筋肉量 (kg)	15.9±1.5	19.3	15.7	12.4
体幹部筋肉率 (%)	31.1±1.9	34.9	31.0	27.1
推定骨量 (kg)	2.8±0.3	3.5	2.8	2.3

注：女性38名。

表2 BC622とInBodyS10が示す体組成の違い

項目	平均±SD	平均値の差	t値	p値
体脂肪率 (BC622)	27.7±4.5			
体脂肪率 (S10)	26.3±5.2	1.4	4.6043	0.0000
筋肉率 (BC622)	68.2±4.3			
筋肉率 (S10)	69.2±4.9	-1.0	-3.2983	0.0022
四肢骨格筋率 (BC622)	29.8±2.5			
四肢骨格筋率 (S10)	29.2±2.5	0.6	1.8364	0.0743
SMI (BC622)	6.1±0.6			
SMI (S10)	6.0±0.5	0.1	1.9482	0.0590

注1：女性38名。

注2：関連のある平均値の差の検定。

注3：太字は5%未満で有意差あり。

2. コンディションの検討結果

InBody S10とBC622の体脂肪率, 筋肉率, 四肢骨格筋率, SMIについて, 関連のある平均値の差の検定結果を表2に示した.

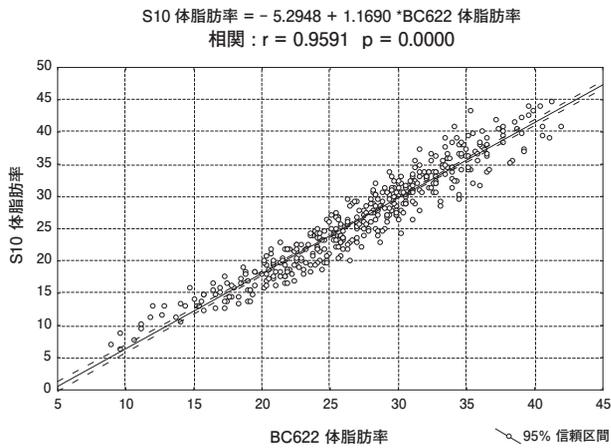


図1-1 2つの機器 (InbodyS10とBC622) の体脂肪率の関連

また, 有意差の認められた体脂肪率, 筋肉率について, InBody S10とBC622の相関を図1-1と図1-2に示した.

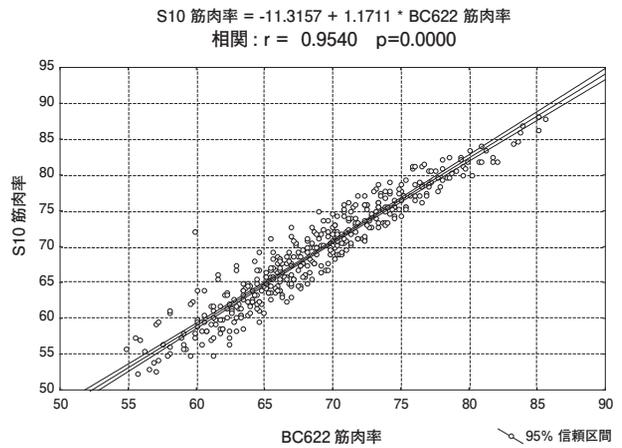


図1-2 2つの機器 (InbodyS10とBC622) の筋肉率の関連

3. 身長の変化と筋肉率および体脂肪率の相関

-10cmの身長を基準点とし, 集団における身長の変化と体脂肪率の相関を図2-1に, 筋肉率との相関を図

3-1に示した. 参考として, 個人Aの身長の変化と体脂肪率の相関を図2-2に, 筋肉率との相関を図3-2に示した.

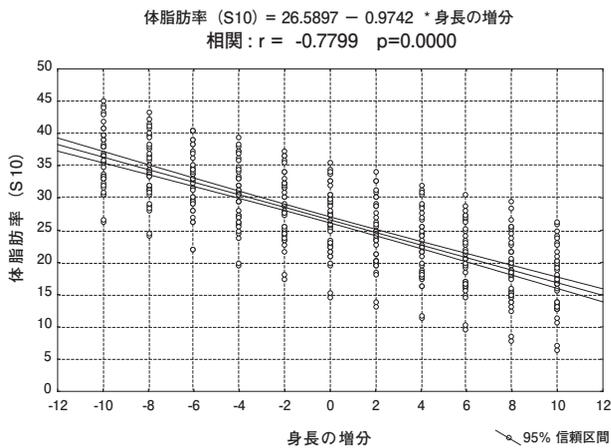


図2-1 身長の変化と体脂肪率の関連 (集団)

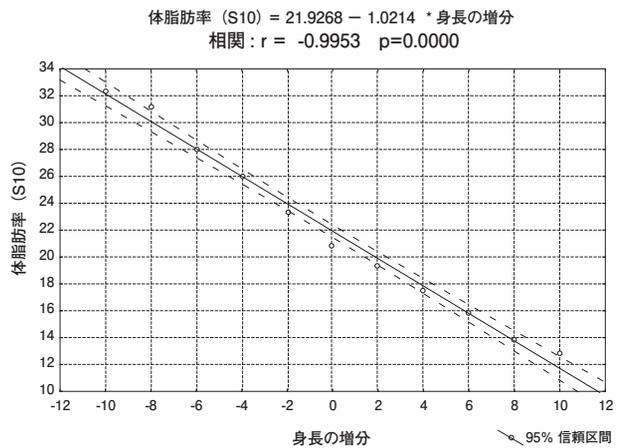


図2-2 身長の変化と体脂肪率の関連 (個人)

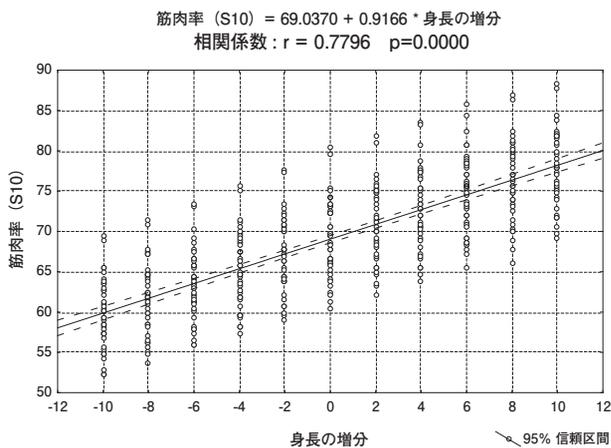


図3-1 身長の変化と筋肉率の関連 (集団)

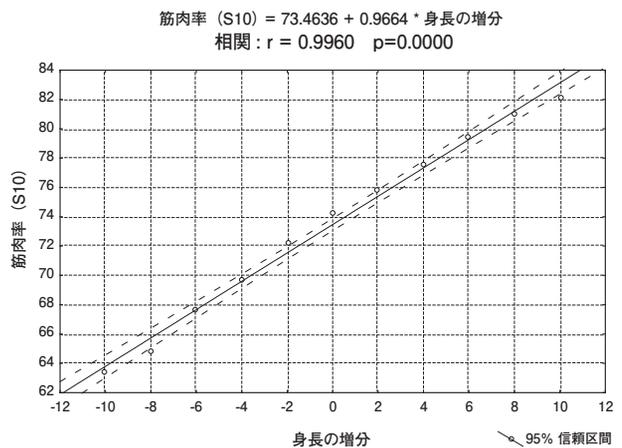


図3-2 身長の変化と筋肉率の関連 (個人)

4. 単調増加または単調減少の検討

身長を基準点を $\pm 0\text{cm}$ とし、プラス側およびマイナス側に単調増加または単調減少を仮定し、体脂肪率(表3-1, 表3-2), 筋肉率(表4-1, 表4-2), 四肢骨格筋率(表

5-1, 表5-2), SMI(表6-1, 表6-2)について、ウイリアムス検定を行った結果を示した。

表3-1 身長を過小入力と体脂肪率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	26.3 \pm 5.2	基準点
-2cm	28.6 \pm 5.1	*
-4cm	30.6 \pm 5.0	**
-6cm	32.6 \pm 4.8	**
-8cm	34.4 \pm 4.8	**
-10cm	36.4 \pm 4.7	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調増加を仮定したウイリアムスの方法

注3: *は5%未満, **は1%未満で有意差あり。

表3-2 身長を過大入力と体脂肪率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	26.3 \pm 5.2	基準点
+2cm	24.3 \pm 5.1	*
+4cm	22.5 \pm 5.2	**
+6cm	20.7 \pm 5.1	**
+8cm	18.9 \pm 5.1	**
+10cm	17.2 \pm 4.9	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調増加を仮定したウイリアムスの方法

注3: *は5%未満, **は1%未満で有意差あり。

表4-1 身長を過小入力と筋肉率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	69.2 \pm 4.9	基準点
-2cm	67.2 \pm 4.7	ns.
-4cm	65.3 \pm 4.7	**
-6cm	63.4 \pm 4.5	**
-8cm	61.7 \pm 4.4	**
-10cm	59.9 \pm 4.3	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調減少を仮定したウイリアムスの方法

注3: ns.は有意差無し, **は1%未満で有意差あり。

表4-2 身長を過大入力と筋肉率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	69.2 \pm 4.9	基準点
+2cm	71.0 \pm 4.8	ns.
+4cm	72.8 \pm 5.0	*
+6cm	74.8 \pm 5.0	**
+8cm	76.3 \pm 4.9	**
+10cm	77.9 \pm 4.7	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調増加を仮定したウイリアムスの方法

注3: ns.は有意差無し, *は5%未満, **は1%未満で有意差あり。

表5-1 身長を過小入力と四肢骨格筋率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	29.0 \pm 2.5	基準点
-2cm	28.2 \pm 2.4	ns.
-4cm	27.2 \pm 2.3	**
-6cm	26.2 \pm 2.2	**
-8cm	25.3 \pm 2.2	**
-10cm	24.3 \pm 2.1	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調減少を仮定したウイリアムスの方法

注3: ns.は有意差無し, **は1%未満で有意差あり。

表5-2 身長を過大入力と四肢骨格筋率の関係

身長を過小入力値	平均値 \pm SD	有意差の有無
$\pm 0\text{cm}$	29.0 \pm 2.5	基準点
+2cm	30.3 \pm 2.6	ns.
+4cm	30.5 \pm 5.7	ns.
+6cm	32.7 \pm 2.7	**
+8cm	33.8 \pm 2.9	**
+10cm	35.0 \pm 3.0	**

注1: 女性38名。

注2: $\pm 0\text{cm}$ を基準点とし、単調増加を仮定したウイリアムスの方法

注3: ns.は有意差無し, *は5%未満, **は1%未満で有意差あり。

表6-1 身長の過小入力とSMIの関係

身長の過小 入力値	平均値±SD	有意差の有無
±0cm	6.0±0.5	基準点
-2cm	5.9±0.5	ns.
-4cm	5.9±0.5	ns.
-6cm	5.8±0.5	ns.
-8cm	5.8±0.5	ns.
-10cm	5.7±0.5	**

注1：女性38名。

注2：±0cmを基準点とし、単調減少を仮定したウイリアムスの方法

注3：ns.は有意差無し，**は1%未満で有意差あり。

表6-2 身長の過大入力とSMIの関係

身長の過大 入力値	平均値±SD	有意差の有無
±0cm	6.0±0.5	基準点
+2cm	6.1±0.5	ns.
+4cm	6.1±0.5	ns.
+6cm	6.2±0.5	ns.
+8cm	6.3±0.5	*
+10cm	6.4±0.5	**

注1：女性38名。

注2：±0cmを基準点とし、単調増加を仮定したウイリアムスの方法

注3：ns.は有意差無し，*は5%未満，**は1%未満で有意差あり。

考察

InBody S10は、多くの研究で用いられている⁴⁾が、多周波数(1kHz, 5kHz, 50kHz, 250kHz, 500kHz, 10000kHz)で、多電極(8点接触型電極法)から得られたインピーダンス値から体組成を推測するロジックについてはブラックボックスになっている⁵⁾。公表されているのは、女性は体脂肪が多い、高齢者は筋肉量が少ない等の経験変数を用いていない点、重水希釈法、水中体重法、DEXA法との高い相関がある点のみである。

BIA法は推測値であり、その測定に特別な医療資格を要さないことから、体組成の測定に広く用いられているが、高齢者の場合に、身長の短縮の影響を考えていないことが多い⁶⁾。身長の短縮の影響はBMIにおいて顕著である。体重は正確な測定が可能のため、体重を身長の二乗で除すBMIは身長の短縮が見られる高齢者では過大に評価される。BMIは栄養アセスメントの多くで使用されているため、BMIを過大に評価する事は、栄養アセスメントでの見落としのリスクが増すことになる。この問題に関しては、筆者らがふくらはぎ周囲長からBMIを推計する回帰式を作成することで一定の解決が得られている⁷⁾。BIA法では身長の入力求められる。身長の推計も色々試みられており、集団としての利用価値は高いが、個別の利用では誤差も大きく、決定的なものは見つかっていないと考える⁸⁻¹⁰⁾。

InBody S10とBC622の体脂肪率、筋肉率、四肢骨格筋率、SMIについて、関連のある平均値の差の検定を行った結果、体脂肪率、筋肉率に有意差は認められたが、その差は-1.0~1.4%と小さい値であった。SMIは0.1と小さい値であり有意差も認められず、共に問題はないと考えた。

今回用いた機種とは異なるが、InBody520とBC622の比較に関する研究でも機種差は認められる¹¹⁾が、女性では体脂肪率で1.6%と本研究の1.4%と近似の値であった。SMIについてはその差が0.1と同じ値であり有意差は認められず、機種差としては妥当と考えた。

また、有意差の認められた体脂肪率、筋肉率につい

て、InBody S10とBC622の相関を求めた結果、相関係数は0.99以上と、2機種間に非常に高い有意な相関が認められた。

InBody520とBC622の比較¹¹⁾においても体脂肪率の相関係数は0.941と近似の値であった。

以上のことから、InBody S10のコンディションに問題は無いと考えた。

-10cmの身長を基準点とし、身長の増分と体脂肪率の相関および筋肉率の相関を求めた結果から、集団では体脂肪率の $r = -0.7799$ 、筋肉率の $r = 0.7796$ で $p = 0.0000$ であったことや個人でのデータでは共に $r = 0.9950$ 程度の高い相関が認められたことから、体脂肪と筋肉率は逆相関している。また、身長の基準点を±0cmとし、プラス側およびマイナス側に単調増加または単調減少を仮定した検討では、身長の減少に伴って、体脂肪率は単調増加し、筋肉率は単調減少していることから、体重が同じ場合、身長が過小に入力されると筋肉量を減らし、体脂肪率を増やす計算式が組み込まれていると考えた。四肢骨格筋率においても筋肉率と同じ傾向を示した。

過小入力の影響は、基準点を±0cmに置いてウイリアムスの方法で検討したところ、-2cmまでは有意差は認められず、-4cmから有意差が認められた。直接身長の短縮を検討したものではないが、75歳以上の高齢者の推計BMIで、男性は2.4~2.9、女性で2.6~4.0の過大評価が示されている⁷⁾。概算ではあるが、身長150cm、体重49.5kg (BMI 22)の人が上記のBMIの過大評価に該当する身長の短縮は男性で-8~-10cm、女性で-8~-12cmの短縮となることから、-4cmからの有意差は影響が大きいと考えた。

SMIについて、ウイリアムス検定を行った結果は、-10cmではじめて有意差が認められた。SMIは身長の短縮により過小に評価された四肢骨格筋量を、過小に評価された身長の二乗で除する(過大評価)ことから、SMIとしては過小と過大が相殺されたため、-10cmにのみ有意差が認められなかったと考えた。

BIA法において、データ解析に身長が用いられており、体重が同じ場合には、身長に応じて筋肉量と脂肪量を案分している。高齢者では身長が過小に評価され

ていることから、筋肉量が少なく脂肪量が多く評価されていると思われる。実測されたインピーダンスのデータにどのような補正がなされているのかは公表されてない機器側の問題がある。

また、回帰式による推計値は、推計BMI、推計SMI共に集団の評価に用いる際には問題は無いと考えるが、個人を評価して指導する場合には、推計値は一定の幅を持つことに留意しなければならない。この問題を解決するためには、問診により若い時の身長を聞き取る補助的な手段を用い、慎重に対処する必要があると考えた。

要約

高齢者の身長の短縮は一般的に認められているが、身長を推計する簡便な方法は開発されていない。生体電気インピーダンス法を用いた体組成計では身長の入力求められる。過小に入力された身長が体組成に及ぼす影響について、InBody S10に実身長から2cm区切りで±10cmまで過大および過小に入力を行った。得られたデータをウイリアムスの方法を用いて解析を行った結果、身長の入力が±4cmから体脂肪率が有意に増加し、筋肉量は有意に減少することが確認された。四肢骨格筋指数(SMI)に関しては、過小に測定された四肢骨格筋量を過小に評価された身長で除する(過大評価)ことから相殺され、-10cmから影響が現れることが確認された。

謝辞

本研究では測定に2機種で1時間程度を要した。貴重な時間を提供していただいた皆様に、深く感謝の意を申し上げます。

引用文献

- 1) **Cruz-Jentoft AJ, et al.** (2010) Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* **39** : 412-23
- 2) **Pini R. et al.** (2001) Accuracy of equation for predicting stature from knee height, and assessment of statural loss in an older Italian population. *J Gerontol Biol Sci* vol.**56** (A) B3-B7
- 3) 川谷真由美他 (2015) 日本人の高齢者の身長の短縮に関する研究～10年スライド法による検討～島根県立大学短期大学部松江キャンパス紀要 **53** : 85-90
- 4) 株式会社インボディ・ジャパン公式ページ 活用事例：論文
<https://www.inbody.co.jp/case-studies/> (2018/09/17参照)
- 5) 株式会社インボディ・ジャパン公式ページ<https://www.inbody.co.jp/> (2018/09/17参照)
- 6) 岩村真樹他 (2015) BIA法を用いての18歳～84歳の日本人男女における骨格筋量の測定－機器による測定値の違いに着目して－ *理学療法科学* **30** (2) : 265-271
- 7) 棚町祥子他 (2015) ふくらはぎ周囲長からのBMIの推計式について *島根県立大学短期大学部松江キャンパス紀要* **53** : 101-109
- 8) 棚町祥子他 (2017) 集団における体重またはe-BMIからの身長の推計式の検討について *島根県立大学短期大学部松江キャンパス紀要* **56** : 101-110
- 9) 西田祐介他 (2002) 前腕長と下腿長を用いた身長 の推定 *理学療法科学***29** (1) : 29-31
- 10) 久保晃他 (2007) 前腕長と下腿長を用いた高齢者の推定身長 *理学療法科学***22** (1) : 115-118
- 11) 貞清香織他 (2018) 家庭用身体組成計の臨床利用の検討 *理学療法科学***33** (1) : 151-154