

集団における体重またはe-BMIからの 身長 の推定式の検討について

棚 町 祥 子¹ 川 谷 真由美² 狩 野 鈴 子³ 辻 雅 子⁴
山 崎 あかね⁵ 八 木 真由美⁶ 小 瀬 千 晶⁷ 鈴 木 太 朗⁸
岡 崎 史 子⁹ 鬼 東 千 里¹⁰ 甲 斐 敬 子¹⁰ 久 野 一 恵¹¹
酒 元 誠 治²

¹(公社) 宮崎県栄養士会栄養ケアステーション

²島根県立大学短期大学部健康栄養学科 ³島根県立大学別科助産学専攻

⁴東京家政学院大学現代生活学部健康栄養学科

⁵山口県立大学看護栄養学部栄養学科 ⁶旭化成健康保険組合

⁷国立循環器病研究センター臨床栄養部 ⁸株式会社BSJ

⁹龍谷大学農学部食品栄養学科 ¹⁰南九州大学健康栄養学部管理栄養学科

¹¹西九州大学健康栄養学部健康栄養学科

An Estimation equation study of Average Height from
Body Weight or Estimated -Body Mass Index (e-BMI).

Shouko TANAMACHI, Mayumi KAWATANI, Reiko KANO, Masako TSUJI, Akane YAMASAKI, Mayumi YAGI,
Chiaki KOSE, Tarou SUZUKI, Chisato ONITUKA, Keiko KAI, Kazue KUNO, Seiji SAKEMOTO.

キーワード：推計身長、体重、BMI.

Estimated-Height, Body Weight, Body Mass Index,

1. はじめに

高齢社会に突入した日本において、介護予防施策は高齢者のQOLを保持・増進させるために重要である。

科学的根拠に基づく介護予防施策には、まず高齢者の栄養状態を把握する必要がある。そのための栄養スクリーニングに用いられる指標には様々なものがある。BMI(単位:kg/m²,以降は単位を省略。以下、

算出BMI)は、体重を身長²で除して求めることができ、中期の栄養指標として重要である。

また、インピーダンス法を用いた体組成計の普及に伴って、四肢の骨格筋量の測定が手軽に出来るようになった。サルコペニアの評価には、2010年にEuropean Working Group on Sarcopenia in Older People¹⁾(EWGSOP)が、2014年にはAsian Working Group for Sarcopenia²⁾(AWGS)が発表され、サル

コペニアの診断には骨格筋量の評価が重要とされ、骨格筋指数 (以下, SMI) を用いることが提案されている。

ただ、高齢者の栄養アセスメントに算出BMIを用いるに当たっての問題点として、体重は測定可能であるが、身長は脊椎の圧迫骨折や老人性円背等により、正確な測定が困難なことが上げられる³⁾。

推計BMI (以下, e-BMI) に関しては、著者らが「ふくらはぎ周囲長からのBMIの推計式について⁴⁾」において、ふくらはぎ周囲長 (以下, CC) からBMIを推計する方法を提案しているが、SMIに関しては、そのような回帰式は策定されていない。引用文献4において、CCは体重や算出BMIとの相関係数は0.8程度と高いが、身長とは有意ではあるが、相関係数は0.3程度と低いことが指摘されている。

身長の活用分野は、SMIを用いた高齢者におけるサルコペニアの判定や、インピーダンス法による体組成測定において、体重と身長はその原理の根幹をなすものである^{5,6)}。例えば、車椅子に乗ったまま測定するなどの工夫により体重の測定は可能であるが、高齢者の身長を正確に測定することは困難であり、何らかの方法で推計身長 (以下, e-身長) を求めることが必要である。

未発表の検討結果ではあるが、体組成計に同一体重 (以下, 実測体重) で身長 (以下, e-身長と区別するために、実測身長とする) を過大に入力すると筋肉量が過大に評価され、体脂肪量が過小に評価されることが観察されている。インピーダンス法による体組成の推計メカニズムに関しては、メーカー毎かつ体組成計毎に独自のアルゴリズムが開発されていると思われるが、公表されていないため、実測身長を正しく測ることが出来ない高齢者の体組成をどのように推定しているかは不明である。

普通に考えれば、高齢者においては、過小に評価された実測身長からSMIを求めることで、SMIは過大に評価される。一方でインピーダンス法により過小に評価された実測身長を入力することは筋肉量を過小に評価することになる。結果として、高齢者にSMIを用いることは、過大に評価された骨格筋量を過小に評価された実測身長の二乗で除すことにな

り、SMIの信頼性が低下する。

以上から、e-BMIとは別にe-身長を求めることが必要となる。先行研究では、人類学的見地からは、四肢骨と身長比率等から身長を推計する手法がある^{7,8)}。ただ、この手法は生きている人間の身長を推定することには不適である。そこで、膝高から身長を推定する試み⁹⁻¹¹⁾ や前腕長と下腿長を用いた身長の推定^{12,13)} や棘果長から推定身長を求める方法¹⁴⁾ が考え出されている。

筆者らは、実測身長の短縮が50歳以降から始まることを報告¹⁵⁾ していることを踏まえ、50歳未満のデータを用いて、CCからのe-BMIを求め、実測体重からe-身長を求める方法や、算出BMIが適正範囲では実測身長と実測体重間に有意な相関が認められることから、その相関係数を高める工夫について報告する。

2. 方法

先行研究⁴⁾では、CCはBMIと $r=0.81263$ と高い相関係数に加え、実測体重とも $r=0.80651$ と高い相関係数を有している。ただ、実測身長とは、 $r=0.27909$ と低い有意な相関であることから、そのまま、使うことは出来ないと考え、以下にしたがってe-身長を求めた。

1) 基本的な検討

e-身長を求めるための検討は、平成23年度に某県で実施された県民健康・栄養調査結果 (以下, 県民健康・栄養調査) を用い、性別に9種類のe-身長を求める回帰式を作成した。

また、この回帰式の妥当性を検証するために、県民健康・栄養調査と同時期に同じ方法により某市で実施された市民健康・栄養調査 (以下, 市民健康・栄養調査) を用いた。

2) 事前検討

(1) 実測身長と実測体重の相関分析の実施。

実測身長と実測体重の相関分析を性別におこなった。(表1)

表1 県民健康栄養調査における性別、50歳未満の実測身長と実測体重の相関分析結果

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値
男性	実測体重	68.0	8.6			
女性	実測身長	170.3	4.9	0.41352	0.17100	3.36824 0.00139
女性	実測体重	56.8	10.3			
女性	実測身長	158.3	5.4	0.34788	0.12102	3.36003 0.00118

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。
 注2：太字はピアソンの積率相関係数において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注3：対象者は50歳未満の男性57名、女性84名（引用文献4）で用いたデータと同じもの。

(2) 肥満者を除いた後に、実測身長と実測体重の相関分析の実施

(1) の結果から、相関係数を低くする原因として、肥満者では体脂肪が増加しているためと考え、実測BMI25未満のものを対象者（95名）とし、改めて相関分析をおこなった。（表2）

表2 県民健康栄養調査における性別、50歳未満の実測身長と実測体重の相関分析結果

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値
男性	実測体重	64.9	6.6			
女性	実測身長	170.8	5.0	0.68583	0.47037	5.96019 0.00000
女性	実測体重	52.4	6.1			
女性	実測身長	158.2	5.6	0.54133	0.29304	5.06942 0.00000

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。
 注2：太字はピアソンの積率相関係数において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注3：対象者は50歳未満かつ実測BMIが25未満の男性42名、女性64名。

(3) 実測身長および実測体重の性差の確認。

実測身長および実測体重に性差が認められるかの確認のため、性をグループ変数とした関連の無い平均値の差のt検定をおこなった。（表3）

表3 県民健康栄養調査における50歳未満の実測身長と実測体重の性別の比較

	平均男性	標準偏差男性	平均女性	標準偏差女性	t値	p値
実測身長	170.8	5.0	158.2	5.6	11.80512	0.00000
実測体重	64.9	6.6	52.4	6.1	9.95518	0.00000

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。
 注2：太字は関連の無い平均値の差の検定において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注3：対象者は50歳未満かつ実測BMIが25未満の男性42名、女性64名。

(4) 算出BMIの範囲の制限の有無別の実測身長および実測体重との関連

算出BMI1（算出BMIの制限無し）、算出BMI2（算出BMI25未満）、算出BMI3（算出BMI24未満）、算出BMI4（算出BMI23未満）と定義し、性別に実測身長および実測体重との相関分析をおこなった。（表4、表5）

表4 県民健康栄養調査における、50歳未満の算出BMIと実測身長および実測体重との相関分析結果（男性）

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t	p	N
実測身長	170.3	4.9					
算出BMI1	23.5	2.7	-0.05346	0.00286	-0.39706	0.69286	57
実測身長	170.8	5.0					
算出BMI2	22.2	1.6	0.13241	0.01753	0.84484	0.40322	42
実測身長	169.8	4.1					
算出BMI3	21.8	1.4	-0.19096	0.03647	-1.11757	0.27182	35
実測身長	170.0	4.4					
算出BMI4	21.3	1.3	-0.14811	0.02194	-0.74882	0.46096	27
実測体重	68.0	8.6					
算出BMI1	23.5	2.7	0.88614	0.78525	14.18148	0.00000	57
実測体重	64.9	6.6					
算出BMI2	22.2	1.6	0.81097	0.65766	8.76610	0.00000	42
実測体重	62.8	4.7					
算出BMI3	21.8	1.4	0.76312	0.58235	6.78338	0.00000	35
実測体重	61.6	4.6					
算出BMI4	21.3	1.3	0.71174	0.50657	5.06612	0.00003	27

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。算出BMIの単位はkg/m²。
 注2：算出BMI1とは、算出BMIの範囲に制限がないもの。
 注3：算出BMI2とは、算出BMIが25未満のもの。
 注4：算出BMI3とは、算出BMIが24未満のもの。
 注5：算出BMI4とは、算出BMIが23未満のもの。
 注6：太字はピアソンの積率相関係数において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。

表5 県民健康栄養調査における、50歳未満の算出BMIと実測身長および実測体重との相関分析結果（女性）

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値	N
実測身長	158.3	5.4					
算出BMI1	22.7	3.9	-0.01382	0.00019	-0.12516	0.90070	84
実測身長	158.2	5.6					
算出BMI2	20.9	2.1	-0.05431	0.00295	-0.42827	0.66994	64
実測身長	158.4	5.7					
算出BMI3	20.6	1.9	-0.01620	0.00026	-0.12123	0.90394	58
実測身長	158.6	5.9					
算出BMI4	20.2	1.7	0.05893	0.00347	0.41740	0.67817	52
実測体重	56.8	10.3					
算出BMI1	22.7	3.9	0.93058	0.86597	23.01759	0.00000	84
実測体重	52.4	6.1					
算出BMI2	20.9	2.1	0.80787	0.65266	10.79347	0.00000	64
実測体重	51.6	5.9					
算出BMI3	20.6	1.9	0.78138	0.61055	9.36971	0.00000	58
実測体重	50.9	5.8					
算出BMI4	20.2	1.7	0.75937	0.57664	8.25236	0.00000	52

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。算出BMIの単位はkg/m²。
 注2：算出BMI1とは、算出BMIの範囲に制限がないもの。
 注3：算出BMI2とは、算出BMIが25未満のもの。
 注4：算出BMI3とは、算出BMIが24未満のもの。
 注5：算出BMI4とは、算出BMIが23未満のもの。
 注6：太字はピアソンの積率相関係数において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。

(5) e-BMIの範囲の制限の有無別の実測身長および実測体重との関連

e-BMI1（e-BMIの制限無し）、e-BMI2（e-BMI25未満）、e-BMI3（e-BMI24未満）、e-BMI4（e-BMI23未満）と定義し、性別に実測身長および実測体重との相関分析をおこなった。（表6、表7）

表6 県民健康栄養調査における男女共通式による50歳未満かつ注2~5に示した範囲毎のe-BMIと実測身長および実測体重との相関分析結果 (男性)

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値	N
実測身長	170.3	4.9					
e-BMI1	23.8	2.6	-0.02200	0.00048	-0.16316	0.87099	57
実測身長	170.4	5.0					
e-BMI2	22.6	1.6	-0.00361	0.00001	-0.02251	0.98215	41
実測身長	170.2	5.0					
e-BMI3	22.1	1.4	-0.06428	0.00413	-0.35864	0.72229	33
実測身長	170.2	4.4					
e-BMI4	21.2	1.3	-0.13476	0.01816	-0.56076	0.58228	19
実測体重	68.0	8.6					
e-BMI1	23.8	2.6	0.70844	0.50189	7.44425	0.00000	57
実測体重	64.9	6.2					
e-BMI2	22.6	1.6	0.55380	0.30670	4.15359	0.00017	41
実測体重	63.7	6.1					
e-BMI3	22.1	1.4	0.46749	0.21855	2.94444	0.00609	33
実測体重	62.3	6.1					
e-BMI4	21.2	1.3	0.53690	0.28826	2.62394	0.01778	19

注1：実測身長の単位は，cm，実測体重の単位は，kg，e-BMIの単位はkg / m²。
 注2：e-BMIは，男女共通式から算出されたもの。
 注3：e-BMI1とは，e-BMIの範囲に制限がないもの。
 注4：e-BMI2とは，e-BMIが25未満のもの。
 注5：e-BMI3とは，e-BMIが24未満のもの。
 注6：e-BMI4とは，e-BMIが23未満のもの。
 注7：太字はピアソンの積率相関係数において，5%未満の危険率で有意差が認められたもの。

表7 県民健康栄養調査における男女共通式による50歳未満かつ注2~5に示した範囲毎のe-BMIと実測身長および実測体重との相関分析結果 (女性)

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値	N
実測身長	158.3	5.4					
e-BMI1	22.4	2.8	0.22713	0.05159	2.11190	0.03774	84
実測身長	158.1	5.5					
e-BMI2	21.6	2.1	0.28597	0.08178	2.47895	0.01563	71
実測身長	158.1	5.5					
e-BMI3	21.1	1.9	0.36686	0.13459	3.05469	0.00336	62
実測身長	157.5	5.7					
e-BMI4	20.5	1.6	0.32669	0.10673	2.34436	0.02343	48
実測体重	56.8	10.3					
e-BMI1	22.4	2.8	0.86380	0.74615	15.52489	0.00000	84
実測体重	54.0	7.6					
e-BMI2	21.6	2.1	0.78012	0.60858	10.35772	0.00000	71
実測体重	52.8	6.9					
e-BMI3	21.1	1.9	0.75514	0.57024	8.92265	0.00000	62
実測体重	51.0	6.2					
e-BMI4	20.5	1.6	0.73607	0.54180	7.37511	0.00000	48

注1：身長は単位は，cm，体重の単位は，kg，e-BMIの単位はkg / m²。
 注2：e-BMIは，男女共通式から算出されたもの。
 注3：e-BMI1とは，e-BMIの範囲に制限がないもの。
 注4：e-BMI2とは，e-BMIが25未満のもの。
 注5：e-BMI3とは，e-BMIが24未満のもの。
 注6：e-BMI4とは，e-BMIが23未満のもの。
 注7：太字はピアソンの積率相関係数において，5%未満の危険率で有意差が認められたもの。

(6) 算出BMIとe-BMIを使用することの判断

50歳未満では算出BMIとe-BMIは，その作成過程から見て等価と考えることができる。身長に関しては，④と⑤の結果から男性では算出BMIとe-BMIを用いた場合，共に有意な相関が認められず等価であ

ると考えた。女性では算出BMIでは有意差が認められなかったが，e-BMIで有意な相関が認められたことから，等価でないと考え，以後の検討においては，男女共にe-BMIを用いることとした。なお，e-BMI1は参考のために示したものであり，以下の検討では用いないこととした。

3) 5タイプ9種類のe-身長算出結果

実測身長には性差が認められたことから，性別に回帰式を作成し，性別とe-BMIの区別にe-身長1~9を求める回帰式を算出した。

(1) e-身長1 (男女共通) の求め方

e-BMI1の141名のデータを，先行研究⁴⁾の男女共通の回帰式のe-BMI (=0.84072×CC-7.726) を用い，BMI=体重÷身長²であることから，50歳未満のCCを用いて求めたe-BMIは算出BMIと等価と考えられることから，e-BMIを用い，式を変形してe-身長1=SQRT (体重÷e-BMI) ×100として求めた。なお，SQRTは表計算ソフトExcelの関数で√計算をおこなう。

解析については，性別 (男性57名，女性84名) におこなった。

(2) e-身長2 (男性用) e-身長3 (女性用) の求め方

e-身長1と同じデータを先行研究⁴⁾の，男女別の回帰式：男性用e-BMI=0.69225×CC-2.538，女性用e-BMI=0.96508×CC-11.92) を用い，e-身長1と同様の方法でe-身長2とe-身長3を算出した。

(3) e-身長4 (男性用) e-身長5 (女性用) の求め方

BMI=体重÷身長²であることから，e-BMI2に実測体重を代入し，男性41名からe-身長4を，女性71名からe-身長5を求めた。

(4) e-身長6 (男性用) e-身長7 (女性用) の求め方

e-BMI3に実測体重を代入し，男性33名からe-身長6を，女性62名からe-身長7を求めた。

(5) e-身長8 (男性用) e-身長9 (女性用) の求め方

e-BMIが23未満の男性19名からe-身長8を，女性48名からe-身長9を求めた。

4) 20~49歳の他集団での9種類のe-身長の検証

求めた9種類のe-身長の信頼性については，他集団において検証されなければならないことから，以下の検証をおこなった。

(1) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を 集団として用いることの検証

県民健康・栄養調査が実施されたのと同時期に同様 の方法で実施された市民健康・栄養調査の調査結 果のうち20～49歳、かつe-BMIが25未満のデータに e-BMIを求める回帰式を代入し、e-身長1～3を求め、 また実測体重からe-身長4～9を求め、性別に実測身 長との比較を、関連のある平均値の差のt検定を用 いておこなった。e-身長1に関しては、男女共通式 であるが、性別に検証をおこなったことから、e-身 長1についてのみ2つの検定結果がある。

(2) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を 個人に用いることの検証。

回帰式から求めたe-身長を個人に用いるため には、実測身長とe-身長の差分の範囲が問題となる。 そこでe-身長1～9について、最小値、下側四分位点、 中央値、上側四分位点、最大値を求めた。また、実 測身長とe-身長の差分の絶対値（以下、差分の絶対 値）についても、最小値、下側四分位点、中央値、 上側四分位点、最大値を求めた。

これらの検討結果から、男性ではe-身長4、女性で はe-身長5について、差分の絶対値の度数分布表を 作成し、個人への適用の可否についての検討をおこ なった。

5) 50歳以上の集団における実測身長とe-身長との 差の検証

e-BMIが25未満かつ50歳以上のものについて、 県民健康・栄養調査と市民健康・栄養調査のデータを 合体させ、50～64歳、65～74歳、75歳以上の3区分 について、性別に、実測身長とe-身長の差について の検討をおこなった。

6) 倫理的な配慮

実施にあたっては、南九州大学医学研究に関する 倫理委員会第89号（平成23年8月9日承認）により 承認を受けた後に実施された連結不可能匿名性デー タのサブ解析である

3. 結果

1) 5タイプ9種類のe-身長

e-身長1～9の算出式およびそれから求めた平均

身長と標準偏差について表8に示した。

表8 県民健康栄養調査結果から、e-身長を用いて求めた 平均値と標準偏差およびe-身長を求めるための回帰式等

性別	平均	標準 偏差	回帰式	N	
	実測身長	170.3	4.9		
男性	e-身長1	168.9	7.5	e-身長1=SQRT (体重÷ (0.84072×CC-7.726)) ×100	57
	e-身長2	170.2	7.4	e-身長2=SQRT (体重÷ (0.69225×CC-2.538)) ×100	57
	e-身長4	170.4	5.0	e-身長4=0.44255×体重+141.67 (r=0.55737)	41
	e-身長6	170.2	5.0	e-身長6=0.46600×体重+140.46 (r=0.56847)	33
	e-身長8	170.2	4.4	e-身長8=0.31750×体重+150.40 (r=0.43997)	19
	実測身長	158.3	5.4		
女性	e-身長1	158.8	7.3	e-身長1=SQRT (体重÷ (0.84072×CC-7.726)) ×100	84
	e-身長3	158.1	7.0	e-身長3=SQRT (体重÷ (0.96508×CC-11.92)) ×100	84
	e-身長5	159.0	3.2	e-身長5=0.30844×体重+141.48 (r=0.42431)	71
	e-身長7	158.1	5.5	e-身長7=0.37998×体重+138.09 (r=0.47715)	62
	e-身長9	157.5	5.7	e-身長9=0.45053×体重+134.55 (r=0.48976)	48

注1：実測身長、e-身長の単位は、cm。
 注2：太字は、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注3：対象者は50歳未満かつ、e-身長4と5は、e-BMIが25未満のもの。
 注4：対象者は50歳未満かつ、e-身長6と7は、e-BMIが24未満のもの。
 注5：対象者は50歳未満かつ、e-身長8と9は、e-BMIが23未満のもの。

表9 県民健康栄養調査における50歳未満かつe-BMI（男 女共通式で注2～4に示した範囲）区分別の実測体重と 実測身長との相関分析結果

	平均	標準偏差	r(X,Y)	r ²	t値	p値	定数 従属Y	傾き 従属Y	N
e-身長4 (男性)	実測体重	64.9	6.2						
	実測身長	170.4	5.0	0.55737	0.31066	4.19235	0.00015	141.67	0.44255
e-身長6 (男性)	実測体重	63.7	6.1						
	実測身長	170.2	5.0	0.56847	0.32316	3.84724	0.00056	140.46	0.46600
e-身長8 (男性)	実測体重	62.3	6.1						
	実測身長	170.2	4.4	0.43997	0.19358	2.02008	0.05942	150.40	0.31750
e-身長5 (女性)	実測体重	54.0	7.6						
	実測身長	158.1	5.5	0.42431	0.18004	3.89235	0.00023	141.48	0.30844
e-身長7 (女性)	実測体重	52.8	6.9						
	実測身長	158.1	5.5	0.47715	0.22767	4.20563	0.00009	138.09	0.37998
e-身長9 (女性)	実測体重	51.0	6.2						
	実測身長	157.5	5.7	0.48975	0.23986	3.80988	0.00041	134.55	0.45053

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。
 注2：e-身長4と5は、e-BMIが25未満のもの。
 注3：e-身長6と7は、e-BMIが24未満のもの。
 注4：e-身長8と9は、e-BMIが23未満のもの。
 注5：太字は、アソンの積率相関係数において、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注6：身長を推計する回帰式は、e-身長=傾き従属Y×体重+定数従属Yとなる（表8のe-身長4～8の回帰式を参照）。
 注7：体重を推計する回帰式に用いる、定数従属Xと傾き従属Xは省略。

また、e-身長4～9について、e-身長4と5は、 e-BMIが25未満、e-身長6と7は、e-BMIが24未満、 e-身長8と9は、e-BMIが23未満の性別・区分別の実測 体重と実測身長について、相関分析結果を表9に示 した。

2) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を 集団として用いることの検証結果

市民健康・栄養調査のe-BMIが25未満の集団を用 いて、性別に実測身長とe-身長について、関連のあ る平均値の差のt検定を実施した結果は、表10、表 11のとおりであり、平均の差が最も小さかったのは、 男性ではe-身長4、女性ではe-身長5であった。

表10 市民健康・栄養調査における性別、50歳未満の実測身長と男性用5種類のe-身長との差のt検定結果

	男性	平均	標準偏差	平均値の差	標準偏差の差	t値	p値
身長		169.2	7.2				
e-身長1		171.0	6.9	-1.9	8.4	-1.03921	0.31053
e-身長2		171.2	7.7	-2.1	8.8	-1.10586	0.28130
e-身長4		170.4	4.1	-1.3	7.2	-0.83776	0.41160
e-身長6		170.8	4.3	-1.6	7.3	-1.03182	0.31389
e-身長8		171.0	2.9	-1.9	7.0	-1.26904	0.21831

注1：実測身長、e-身長は、cm。
 注2：関連のある平均値の差のt検定結果。
 注3：太字は、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注4：対象者は50歳未満で、e-BMIが25未満の男性21名。
 注5：太枠は、男性で平均値の差が最も小さかったもの。

表11 市民健康・栄養調査における性別、50歳未満の実測身長と女性用5種類のe-身長との差のt検定結果

	女性	平均	標準偏差	平均値の差	標準偏差の差	t値	p値
身長		158.0	5.2				
e-身長1		159.9	6.7	-1.8	6.4	-2.13956	0.03693
e-身長3		159.5	6.8	-1.5	6.8	-1.66649	0.10141
e-身長5		158.4	2.0	-0.4	4.6	-0.62731	0.53310
e-身長7		158.9	2.5	-0.9	4.6	-1.47248	0.14670
e-身長9		159.3	3.0	-1.3	4.7	-1.99638	0.05095

注1：実測身長、e-身長は、cm。
 注2：関連のある平均値の差のt検定結果。
 注3：太字は、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
 注4：対象者は50歳未満で、e-BMIが25未満の女性55名。
 注5：太枠は、女性で平均値の差が最も小さかったもの。

3) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を個人に用いることの検証結果

性別に実測身長と回帰式から求めたe-身長1~9について、最小値、下側四分位点、中央値、上側四分位点、最大値を求めた結果は表12のとおりである。また、差分の絶対値について、最小値、下側四分位点、中央値、上側四分位点、最大値を求めた結果は表13のとおりであり、最大値が最も小さかったのは、男性ではe-身長4、女性ではe-身長5であった。

表12 市民健康・栄養調査結果から、e-身長分布の基本統計量

性別		最小値	下側四分位点	中央値	上側四分位点	最大値
男性	実測身長	157.2	163.4	168.7	174.2	182.0
	e-身長1	159.3	165.5	171.9	177.4	183.0
	e-身長2	155.2	165.5	172.3	177.5	184.2
	e-身長4	159.6	169.4	171.3	172.6	176.3
	e-身長6	159.4	169.6	171.6	173.0	176.9
	e-身長8	163.3	170.3	171.6	172.6	175.3
女性	実測身長	148.4	155.0	157.8	161.7	168.6
	e-身長1	143.8	155.8	160.3	164.0	172.7
	e-身長3	143.3	155.3	159.4	163.9	173.7
	e-身長5	153.8	156.7	158.5	160.1	162.7
	e-身長7	153.3	156.9	159.1	161.0	164.3
	e-身長9	152.6	156.9	159.5	161.7	165.6

注1：実測身長、e-身長は、cm。
 注2：対象者は50歳未満かつ、e-BMIが25未満の男性22名、女性55名。

表13 市民健康・栄養調査結果から、実測身長とe-身長差分の絶対値の基本統計量

性別	実測身長-e-身長(絶対値)	最小値	下側四分位点	中央値	上側四分位点	最大値
男性	実測身長-e-身長1	0.2	3.0	5.4	9.5	19.2
	実測身長-e-身長2	0.1	3.2	6.5	9.8	20.4
	実測身長-e-身長4	0.4	2.1	4.8	9.3	12.9
	実測身長-e-身長6	0.9	2.0	4.7	9.6	13.3
	実測身長-e-身長8	0.2	1.9	5.1	9.7	13.1
	実測身長-e-身長1	0.0	2.6	4.5	7.8	16.7
女性	実測身長-e-身長3	0.0	2.3	4.7	7.9	15.7
	実測身長-e-身長5	0.0	1.3	3.3	5.4	9.8
	実測身長-e-身長7	0.1	1.1	3.3	5.0	10.3
	実測身長-e-身長9	0.0	1.3	3.5	5.5	10.7

注1：実測身長とe-身長差分の単位は、cm。
 注2：実測身長とe-身長差分は、絶対値として表示。
 注3：対象者は50歳未満かつ、e-BMIが25未満の男性22名と女性55名。
 注4：太枠は、性別に最大値が最も小さかったもの。

e-身長4とe-身長5について、差分の絶対値の度数分布表を表14、表15のとおり作成した。

4) 50歳以上の他集団での差の検証

50歳以上の他集団において、実測身長とe-身長間において、関連のある平均値の差のt検定を実施した結果で差が見られないことで、e-身長の推定式の妥当性が示される。

前節において、市民健康・栄養調査の50歳未満の集団において有意差が認められなかったe-身長の推定式が複数存在する中で、平均値の差がより小さいものがより適正なe-身長の推定式と考え、男性ではe-身長4と6を、女性ではe-身長5と7を用いることとした。

性別に各2種類のe-身長の推定式について、県民健康・栄養調査と市民健康・栄養調査のデータを合体させ、50歳以上でe-BMI 25未満の434名を、50~64歳、65~74歳、75歳以上の3群に分け、実測身長とe-身長差からみた身長の短縮についての検討をおこなった結果を表16に示した。

表14 市民健康・栄養調査における性別、50歳未満の実測身長とe-身長4との差分の絶対値（男性）

差分の絶対値	度数	累積度数	相対度数 (%)	累積相対度数 (%)
1	1	1	4.5	4.5
2	4	5	18.2	22.7
3	5	10	22.7	45.5
4	1	11	4.5	50.0
5	0	11	0.0	50.0
6	1	12	4.5	54.5
7	0	12	0.0	54.5
8	2	14	9.1	63.6
9	2	16	9.1	72.7
10	2	18	9.1	81.8
11	1	19	4.5	86.4
12	0	19	0.0	86.4
13	3	22	13.6	100.0

注1：実測身長とe-身長4の差分（絶対値）の単位は、cm。
注2：対象者は50歳未満かつ、e-BMIが25未満のもの。

表15 市民健康・栄養調査における性別、50歳未満の実測身長とe-身長5との差分の絶対値（女性）

差分の絶対値	度数	累積度数	相対度数 (%)	累積相対度数 (%)
0	1	1	1.8	1.8
1	8	9	14.5	16.4
2	8	17	14.5	30.9
3	9	26	16.4	47.3
4	9	35	16.4	63.6
5	6	41	10.9	74.5
6	3	44	5.5	80.0
7	4	48	7.3	87.3
8	1	49	1.8	89.1
9	2	51	3.6	92.7
10	4	55	7.3	100.0

注1：実測身長とe-身長5の差分（絶対値）の単位は、cm。
注2：対象者は50歳未満かつ、e-BMIが25未満のもの。

表16 県民健康・栄養調査+市民健康・栄養調査における性別、50歳以上の実測身長とe-身長の差の検定

年齢区分	性別	人数	比較対象	平均	標準偏差	平均値の差	標準偏差の差	t値	p値
50～64歳	男性	69名	実測身長	165.1	6.0				
			e-身長4	168.8	3.0	-3.7	4.1	-7.48743	0.00000
			身長	165.1	6.0				
	女性	106名	e-身長6	169.1	3.2	-3.9	4.0	-8.07602	0.00000
			実測身長	153.2	5.1				
			e-身長7	157.0	2.2	-3.8	4.4	-8.94034	0.00000
65～74歳	男性	55名	実測身長	162.0	5.8				
			e-身長4	167.8	3.1	-5.8	3.9	-11.1976	0.00000
			身長	162.0	5.8				
	女性	77名	e-身長6	168.0	3.2	-6.0	3.8	-11.7704	0.00000
			実測身長	149.7	5.2				
			e-身長7	156.6	2.4	-7.0	4.2	-14.4448	0.00000
75歳以上	男性	55名	実測身長	158.0	6.8				
			e-身長4	165.7	3.1	-7.6	5.8	-9.84990	0.00000
			身長	158.0	6.8				
	女性	72名	e-身長6	165.7	3.2	-7.7	5.7	-9.95749	0.00000
			実測身長	144.9	6.4				
			e-身長5	155.7	1.6	-10.8	5.6	-16.4681	0.00000
			実測身長	144.9	6.4				
			e-身長7	155.6	2.0	-10.7	5.4	-16.7956	0.00000

注1：実測身長とe-身長の単位は、cm。
注2：関連のある平均値の差のt検定結果。
注3：太字は、5%未満の危険率で有意差が認められたもの。
注4：対象者は50歳以上で、e-BMIが25未満の男性または女性。
注5：表10または表11で有意差が認められなかったものの中で、実測身長とe-身長の平均値の差が小さかったe-身長4,5,6,7を用いた。

4. 考察

1) 事前検討の考察

表1に示したとおり、男女共に実測体重と実測身長間には有意な相関が認められるが、相関係数は0.34～0.41程度と低い。ただ、表2に示したとおりBMI25未満では、相関係数は0.54～0.76程度に高まる。相関係数が男性で高いことから、性による筋肉量の差が考えられる。

性差に関しては、実測身長、実測体重共に男性が有意に高いことから、性別の検討が必要と考えた。

算出BMIと実測身長および実測体重の相関関係については、表4、表5のとおり男女共に実測体重では有意な相関が認められるが、実測身長では有意差が認められなかった。

e-BMIと実測身長および実測体重の相関関係については、表6、表7とおり男性では算出BMIを用いた場合と同様であったが、女性では実測身長と実測体重で共に有意な相関が認められたことから、e-BMIの方が実測身長との関連が強いと考え、その後の解析には男女共にe-BMIを用いることとした。

以上の事前解析結果を踏まえ、e-身長を求める方

法として、大きく分けると算出BMIまたはe-BMIと体重から逆算する方法と、身長と体重の相関関係を利用して回帰式を作成する方法を考えた。

ただ、そのままでは身長と体重の相関係数が低く誤差が大きくなり実用的ではない。今回は体脂肪率を測定していないので仮説ではあるが、相関係数が低くなる原因として、身長の伸びが停止した後も、体脂肪の増加が起ること(肥満)が原因と考えた。また、身長とe-BMIの相関係数が低いことも、同様に体脂肪の影響と考えた。

e-BMIと体重から逆算する方法では、(a) e-BMIを男女共通式で求める場合と(b) 性別に求める場合が考えられる。

また、体重と身長の回帰式を用いる方法では、相関係数を下げる原因となる肥満の影響を除去するために、(c) e-BMIを25未満と制限する場合、(d) e-BMIを24未満とする場合、(e) e-BMIを23未満とする5タイプ9種類の方法について検討をおこなう必要があると考えた。

2) 5タイプ9種類のe-身長5の考察

e-身長1~9の算出式およびそれから求めた平均身長と標準偏差について表8に示したが、平均実測身長と平均e-身長との差は、男性で+1.9~-1.4cmであった。女性では+1.4~-0.8cmであったことから、e-身長は過大に評価される傾向があると考えた。また、e-身長4~9について、性別にe-BMIが25未満、e-BMIが24未満、e-BMIが23未満の区分共に実測体重と実測身長がほぼ有意な相関であったことから、適切と考えた。ただ、e-BMIの範囲を狭めると、対象人数が減少することから、男性ではe-BMI23未満では有意な相関ではなかった。女性ではe-BMIの制限を強めることで相関係数は単調増加したが、その差は僅かであったことから、e-BMIの妥当な制限範囲に関しては以下の検討に待つこととした。

3) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を集団として用いることの検証結果の考察

市民健康・栄養調査のe-BMIが25未満の集団を用いて、性別に実測身長とe-身長について、関連のある平均値の差のt検定を実施した結果は、表10、表11のとおりであった。女性のe-身長1を除いて有意

差が認められなかったことから、平均の差が最も小さかったものを選ぶことが適当と考えた。平均の差が最も小さかったものは、男性ではe-身長4、女性ではe-身長5であった。

4) 市民健康・栄養調査のデータを用いたe-身長を個人に用いることの検証結果の考察

実測身長とe-身長について、最小値、下側四分位点、中央値、上側四分位点、最大値を求めた結果は表12のとおりであるが、この表からは個人に用いることの可否は判断できないと考えた。そこで、差分の絶対値について、最小値、下側四分位点、中央値、上側四分位点、最大値を求めた結果は表13のとおりであり、絶対値を取っているため最小値は0に近づくことから、最大値が重要となる。最大値が最も小さかったのは、男性ではe-身長4、女性ではe-身長5であり、表10、表11の平均値の差が最も小さかったものと一致した。

そこで、e-身長4とe-身長5について、差分の絶対値の度数分布表を表14、表15のとおり作成した結果、男性用のe-身長4は差分の絶対値が4cm以下で50%を占め、最大で13cmの開きがあった。女性用のe-身長5は差分の絶対値が3cm以下で50%を占め、最大で10cmの開きがあった。

以上のことから、男性でe-身長4と女性でe-身長5を個人対象に用いることの可否は、他の研究者の判断に委ねたいと考える。

5) 50歳以上の他集団での差の検証結果の考察

男性ではe-身長4と6を、女性ではe-身長5と7を用い、50~64歳、65~74歳、75歳以上の3群に分け、実測身長とe-身長の差からみた身長の短縮についての検討をおこなった結果、平均値の差は、50~64歳では性差よりも年代差が大きく3.6~3.9cmに収まっている。65~74歳で性差、年代差共に大きく男性は5.8~6.0cm、女性は6.9~7.0cmであった。75歳以上も性差、年代差共に大きく男性は7.0~7.6cm、女性は10.7~10.8cmであった。

先行研究⁴⁾から引用した性別、前期・後期高齢者別のBMIの過大評価の値と、県民健康・栄養調査と市民健康・栄養調査のデータを合体させたデータを用いて、身長がどの程度短縮しているのかについて

での検討を表17のとおりおこなった。結果は、前期高齢者の男性で7.4cm、女性で7.9cm、後期高齢者の男性で8.1cm、女性で11.6cmとなり、似通った値が得られたことから、e-身長4とe-身長5は高齢者の集団を対象として使うことが可能と考えた。

表17 高齢者におけるBMIの過大評価と身長の過小評価の関係

高齢者の区分	性別	実測体重	実測身長	算出BMI	過大評価 <small>の</small> 過大評価	過大評価後のBMI	e-身長	身長 <small>の</small> 過小評価
前期高齢者	男性	59.1	162.0	22.5	2.2	24.7	154.6	7.4
	女性	48.8	149.7	21.8	2.5	24.3	141.8	7.9
後期高齢者	男性	54.2	158.0	21.7	2.4	24.1	149.9	8.1
	女性	46.2	144.9	22.0	4.0	26.0	133.3	11.6

注1：実測身長の単位は、cm。実測体重の単位は、kg。算出BMIとe-BMIの単位はkg/m²。

注2：対象者は宮崎県+延岡市における50歳以上で、e-BMIが25未満の男性または女性。

注3：算出BMIは、表の実測体重と実測身長から算出したもの。

注4：過大評価の過大評価は、先行研究(4)から引用。

注5：過大評価後のBMI=算出BMI+過大評価の過大評価。

注6：e-身長=SQRT(実測体重/過大評価後のBMI)×100。

注7：身長の過小評価の過小評価=実測身長-e-身長。

6) 先行研究との比較

(1) 膝高による身長の推定と中高年女性のBMI評価¹⁰⁾では、青年女子では身長と膝高間にr=0.92 (n=97)と高い相関係数が認められている。n=8と少ない例数ではあるが、平均62.6歳で実測身長と推計身長の差が-3.7cmと、50~64歳女性での我々の結果-3.6~-3.8cmと一致している。

(2) 前腕長と下腿長を用いた身長の推定¹²⁾においても、身長と膝高間に男性r=0.72 (n=34) 女性r=0.73 (n=71)と高い相関係数が認められている(n=97)。本研究では、前腕長と下腿長を用いた重回帰式から身長の推計する試みであるが、一般的には普及していない。また、他集団での検証はおこなわれてないという問題がある。

(3) 前腕長と下腿長を用いた高齢者の推定身長¹³⁾では、(2)とは測定部位の定義を変え、前腕長+下腿長の合計値を用いた単回帰式により、高齢者の身長の推定を試みている。ただ、身長が正しく測定出来ない高齢者を用いているために、推定した身長の信頼性に疑問が残るほか、(2)同様に、他集団での検証はおこなわれてないという問題がある。

(4) 膝高による身長の推計に関しては、管理栄養士等がおこなう栄養アセスメントでは、宮澤靖氏の「寝たきりの人の体重、身長を割り出す¹¹⁾」が用い

られることが多い。ただ、この重回帰式には年齢項がふくまれるため、加齢に伴う身長の短縮が含まれることが指摘されている¹⁶⁾。

(5) 本研究の独自性

他集団との比較をおこなうことで、信頼性を確認していることに加え、個人に適用した場合の誤差についても、度数分布表を用いて記述している。また、高齢者に適用した場合の検討も加えている。さらに、体重とCCの測定のみという簡便さも特筆すべき点と考えた。

5. おわりに

高齢者において短縮した身長を推計することは、サルコペニアの診断に用いられるSMIや体組成計のデータを正しく得るために必要である。本研究で得られた男性用e-身長4と女性用e-身長5は過大・過小評価も含めて±10cmの差が認められ、標準偏差に影響すると考えられるが、平均値で評価するといった条件付きで集団での使用が可能と考えた。

使用にあたっては、必ずCCからe-BMIを算出し、e-BMIが25未満となるものを対象とする。次に実測体重を用いてe-身長を求める。

疫学的な注意事項であるが、対象となる集団においてサンプル数を出来るだけ多く集めることで信頼の高い平均値の推定値が得られると考える。

今後は、身長を正確に計ることが出来る50歳未満を対象に、SMIや体組成計にe-身長を入力した場合と実測身長を入力した場合の比較をおこない、e-身長の信頼性の向上をはかることが必要と考えた。

6. 引用文献

- 1) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens Jp et al. Sarcopenia:European consensus on definition and diagnosis:Report of the European Working Group on Sarcopenia in older people. Age Ageing Vol.39 412-423, (2010)
- 2) Chen LK Liu Lk et al. Sarcopenia in Asia : consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. J Am Med Dir Assoc Vol.15 95-101 (2014)
- 3) Pini R, Tonon E. et al. 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 (2001)
- 4) 棚町祥子 他 ふくらはぎ周囲長からのBMI推計式 島根県立大学短期大学部松江キャンパス紀要 Vol.53 101-109 (2015)
- 5) Lukaski HC, Johnson PE et al. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* Vol.41 810-817 (1985)
- 6) Segel KR, Loan MV et al. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* Vol.47 7-14 (1988)
- 7) 藤井明 四肢長骨の長さとの関係について 順天堂大学体育学部紀要 Vol.3 49-61 (1960)
- 8) 佐宗亜衣子 他 日本人女性の新しい身長推定式 人類学雑誌 Vol.106(1) 55-66 (1998)
- 9) Chumlea WC, Roche AF. et al. Estimating stature from knee height for persons 60 to 90 years of age. *J Am Geriatr Soc* 33 (2) 116-120(1985)
- 10) 服部恒明 他 膝高による身長と中高年女性のBMI評価 肥満研究 Vol.8(3) 71-74 (2002)
- 11) 第4回ネスレ栄養セミナー 宮澤靖 寝たきりの人の体重, 身長を割り出す PEN静脈経腸栄養ニュース vol27(3) 2(1999) .
- 12) 西田裕介 他 前腕長と下腿長を用いた身長の推定 理学療法学 Vol.29(1) 29-31 (2002)
- 13) 久保晃 他 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 Vol.22(1) 115-118 (2007)
- 14) 友光達志 中・高年女性の骨密度と体格指数との関係—棘果長から算出された推定身長と推定 body mass indexによる検討—日本放射線技術学会雑誌 Vol.54(2) 249-252 (1998)
- 15) 川谷真由美 他 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 Vol.53 85-90 (2015)
- 16) 葛谷雅文 酒元誠治編集 MNA在宅ケア—在宅高齢者の低栄養予防と早期発見 p77 医歯薬出版 (2015)

(受稿 平成28年10月19日, 受理 平成28年11月24日)