

研究ノート

青年女子の BMI をふくらはぎ周囲長から推計する 回帰式作成について

甲斐敬子

南九州大学 健康栄養学部 管理栄養学科

2014年10月1日受付; 2015年1月29日受理

Estimates that regression formula of BMI from calf circumference (CC) of young female

Keiko Kai

*Department of Nutritional Science, Faculty Health and Nutrition,
Minami-kyushu University, Miyazaki 880-0032, Japan*

Received October 1, 2014; Accepted January 29, 2015

Have reported suspected cases of young women over-reporting their height and under-reporting their weight for body mass index (BMI) calculations due to their preference for thinness. The present study developed a regression formula to estimate BMI based on calf circumference (CC) measured using a CC measuring tape.

The height, weight, and CC of 221 women (age, 18–25 years) were measured, BMI was calculated, and the following regression formulae were developed to find and verify estimated- (e-) BMI from CC: $e\text{-BMI} = 0.81032 \times \text{CC} - 7.654$ ($r = 0.78650$, $p = 0.00$); $e\text{-weight} = 0.2605 \times \text{CC} - 27.07$ ($r = 0.82314$, $p = 0.00$); and $e\text{-height} = 0.37607 \times \text{CC} + 145.35$ ($r = 0.18295$, $p = 0.006$).

CC showed a strong significant correlation with BMI calculated based on height and weight, a significant correlation with weight, and a weak significant correlation with height. The high reliability of e-BMI was demonstrated by a high correlation coefficient of 0.787.

Key words: estimated BMI measurement of calf circumference, young female.

緒言

体重 (kg) を身長 (m) の二乗で除して求められる BMI は、成老人における中期の栄養状態を把握するためのアセスメント指標として重要である。

しかし、身長を測定するためには 2m 程度とかさばる身長計が必要となることや、高齢者においては O 脚や脊椎の圧迫骨折による骨の変形等により正しく身長が測定できないにも関わらず¹⁾、高齢者の調査研究では、入院中の患者²⁾、訪問看護サービスの利用者³⁾、在宅高齢者⁴⁻⁸⁾を問わず実測した身長を用いて BMI (以下、算出 BMI) を算出している。

これらの解決法⁹⁾としては、身長の 3 分割測定法、身長の 5 点測定、石原法による身長の 5 点測定、頸骨長から身長を予測する方法^{10, 11)}、膝高から身長を予測する方法、(chumlea の式¹²⁾、宮澤の式¹³⁾、藤井の式¹⁴⁾、

服部の式¹⁵⁾、前腕長と下腿長を用いた推計式^{16, 17)}、示指環指比からの推計式¹⁸⁾が開発されている。

西田らが「健常若年者における下腿最大隆起部の位置の同定」¹⁹⁾において、下腿最大隆起部 (以下、MCC) が BMI と $r = 0.83$ 、体重とは $r = 0.85$ という高い相関を持つことを示しているが、これを利用して、身長と体重を介さないで MCC から BMI を直接推計する方法は示されていない。

一方で、青年女子の体型認識に関しては、体型誤認や痩せ志向関連の報告²⁰⁻²⁸⁾が多く見受けられるが、身長、体重の実測が可能であるにも関わらず、その多くがアンケート調査であるが、成人では、身長の過大申告と体重の過少申告といった自己申告バイアスを疑わせる measurement error の存在が指摘されている²⁹⁾。今回、ネスレ日本が開発した CC メジャー³⁰⁾を用いて下腿周囲長 (以下、CC) を測定し、身長と体重から算出 BMI を求め、推定身長 (以下、e-身長)、推定

体重（以下、e-体重）、推定BMI（以下、e-BMI）を求めるための回帰式を作成し、その有用性について検討をおこなったので報告する。

方法

1. 対象

20**年に本学管理栄養学科の学生及び本学大学祭における来場者のうち、身長、体重、CCの測定に同意の得られた18～25歳（19.6±1.3歳）女子221名を対象とした。

2. 方法

身長及び体重の測定にはseca社製の身長・デジタル体重計（seca217・877）を使用した。また、CCの測定にはネスレ日本が開発したCCメジャーを用い、文献³⁰⁾に示された方法により測定した。

なお、事前に行った検討では、測定するCCに左右差が認められなかったことから、右足で測定をおこなった。

また、BMI18.5（痩せ）とBMI25（肥満）に相当するカットオフ値を求めた。

4. 解析

これらのデータについては、SAS社の統計解析ソフトウェアJMP10を用いて、基本統計量の算出及び単回帰分析をおこなった。

5. 倫理的配慮

測定にあたっては、「ヘルシンキ宣言」³¹⁾の趣旨を

尊重すると共に、「疫学調査に関する倫理指針」³²⁾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、同意が得られた者のみを使用した。

結果

1. 基本統計量

対象者の年齢分布は表1のとおりで、平均年齢19.6歳、標準偏差は1.3歳であった。

身長、体重、算出BMIは表2のとおりであった。

参考文献20)～28)に示された平均BMIと標準偏差、理想とするBMIと標準偏差を表3として示した。

2. 相関分析

CCと、身長、体重、算出BMIの相関係数は表4のとおりであり、いずれも1%未満の危険率で有意な相関がみられた。

また、算出BMIと身長、体重との相関係数は表5のとおりであり、身長は5%未満、体重は1%未満の危険率で有意な相関がみられた。

3. 単回帰分析

CCを説明変数とし、身長、体重、算出BMIを目的変数とした単回帰分析の結果は図1～3のとおりであった。

e-身長、e-体重、e-BMIを求めるための回帰式と相関係数は次のとおりであった。

$$e\text{-身長} = 0.37607 \times \text{CC} + 145.35 \quad r=0.18295$$

$$e\text{-体重} = 2.2605 \times \text{CC} - 27.07 \quad r=0.82314$$

$$e\text{-BMI} = 0.81032 \times \text{CC} - 7.654 \quad r=0.78650$$

また、算出BMIを説明変数とし、身長と体重を目的変数とした単回帰分析の結果は図4～5のとおりであった。

e-身長(2)、e-体重(2)を求めるための回帰式と相関係数は次のとおりであった。

$$e\text{-身長}(2) = 164.29 - 0.2645 \times \text{算出BMI} \quad r = -0.13258$$

$$e\text{-体重}(2) = 4.6154 + 2.3002 \times \text{算出BMI} \quad r=0.86299$$

4. BMI18.5（痩せ）とBMI25（肥満）に相当するカットオフ値

カットオフ値を求めるための推定CC（以下、e-CC）を求めるための回帰式は、 $e\text{-CC} = 0.76338 \times \text{算出BMI} + 19.385$ となることから、BMIのカットオフ値18.5と25を代入すると、33.5cmと38.5cmとなった。

表1. 対象者の年齢分布

年齢	人数
18	49
19	57
20	73
21	21
22	16
23	1
24	2
25	2
計	221

表2. 身長、体重、BMI、CCの基本統計量

項目	n数	平均±SD	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値
身長	221	158.7 ± 5.7	141.9	155.0	158.6	162.3	172.7
体重	221	53.2 ± 7.6	37.7	47.8	52.1	57.5	84.0
算出BMI	221	21.1 ± 2.9	15.8	19.2	20.4	22.5	34.2
CC	221	35.5 ± 2.8	28.3	33.7	35.1	37.0	45.0

表 3. 参考文献 17-27 の BMI

文献番号	調査年	平均 ± SD	理想 BMI ± SD	n 数	備考
17)	1992	20.2 ± 1.9	18.5 ± 1.0	261	アン
18)	1995~6	20.4 ± 2.3	—	1014	アン
19)	1994	20.9 ± 2.4	19.1 ± 1.3	434	アン
20)	1999 以前	20.0 ± 1.8	18.3 ± 1.1	914	アン
21)	1976	20.9 ± ???	—	450	アン
21)	1981	20.7 ± ???	—	202	アン
21)	1982	20.4 ± ???	—	219	アン
21)	1983	20.7 ± ???	19.0 ± ???	100	アン
21)	1984	21.1 ± ???	—	96	アン
21)	1986	21.1 ± ???	19.1 ± ???	277	アン
21)	1989	20.3 ± ???	18.5 ± ???	137	アン
21)	1994	20.5 ± ???	18.3 ± ???	166	アン
21)	1996	20.4 ± ???	18.3 ± ???	137	アン
21)	1997	20.5 ± ???	18.4 ± ???	149	アン
21)	1998	19.9 ± ???	17.9 ± ???	332	アン
21)	1999	19.9 ± ???	18.0 ± ???	202	アン
22)	1999	20.2 ± 3.7	18.0 ± 2.0	152	アン
23)	1999	20.9 ± 2.3	—	118	実測
23)	2000	20.2 ± 3.9	—	111	実測
23)	2001	20.8 ± 2.2	—	110	実測
23)	2002	21.2 ± 3.1	—	128	実測
23)	2003	21.3 ± 3.2	—	128	実測
23)	1999	21.4 ± 3.2	19.1 ± 1.5	112	アン
23)	2000	20.7 ± 2.2	18.7 ± 1.4	112	アン
23)	2001	20.7 ± 2.8	19.17 ± 1.4	110	アン
23)	2002	21.1 ± 3.0	19.3 ± 1.6	124	アン
23)	2003	21.0 ± 3.1	19.1 ± 1.9	123	アン
24)	2001	20.3 ± 2.4	—	827	アン
25)	2009 以前	20.5 ± 2.2	—	135	アン

注: アンはアンケート調査による自己申告値. 実測は身長, 体重の実測値からの算出値. — は記載無し, ??? は標準偏差の記載無し.

表 4. CC と身長、体重、算出 BMI との相関

	平均 ± SD	r	r ²	t 値	p 値	n 数
CC	35.5 ± 2.8					
身長	158.7 ± 5.7	0.183	0.033	2.754	0.006	221
体重	53.2 ± 7.6	0.823	0.678	21.452	0.000	221
算出 BMI	21.1 ± 2.9	0.787	0.619	18.846	0.000	221

表 5. 算出 BMI と身長、体重の相関

	平均 ± SD	r	r ²	t 値	p 値	n 数
算出 BMI	21.1 ± 2.9					
身長	158.7 ± 5.7	-0.133	0.018	-0.198	0.049	221
体重	53.2 ± 7.6	0.863	0.745	25.278	0.000	221

考 察

1. 本データの評価

参考文献 20)～28) の中で、身長、体重が実測されていたものは「女子学生の身体状況並びに体型意識とダイエットに関する調査研究」²⁶⁾ のみであった。この中で 2002 年の平均 BMI は 21.2 ± 3.1 、2003 年の平均 BMI は 21.3 ± 3.2 で、本学の平均 BMI 21.1 ± 2.9 と近似していた。アンケート調査による自己申告値は、平均 BMI は 20.4 程度が多く過少申告を疑わせるものであった。

2. e- 身長の有用性

e- 身長 = $0.37607 \times CC + 145.35$ については、有意相関ではあるが、相関係数が 0.18295 と低いことや、

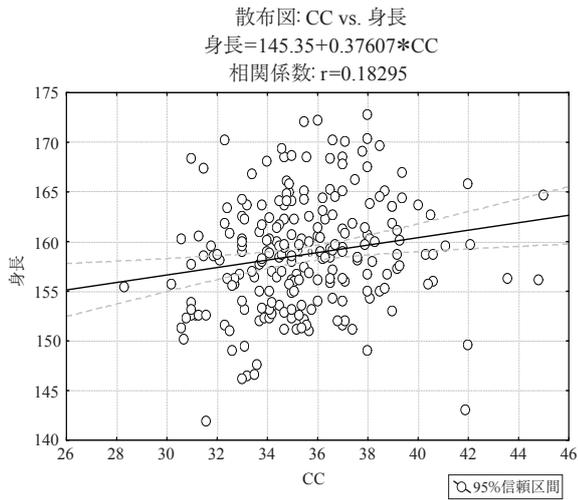


図 1. CC と身長の散布図

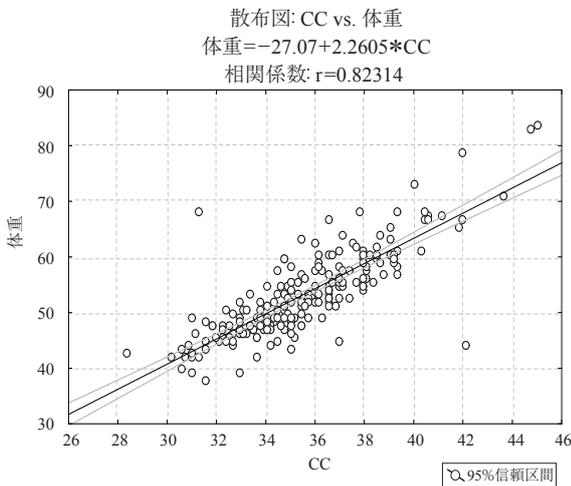


図 2. CC と体重の散布図

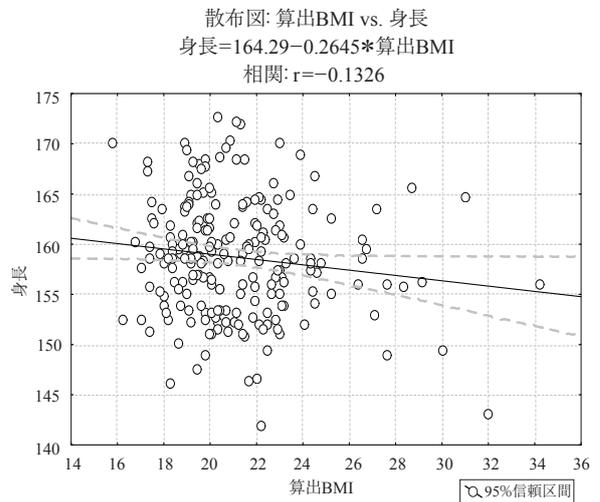


図 4. 身長と BMI の散布図

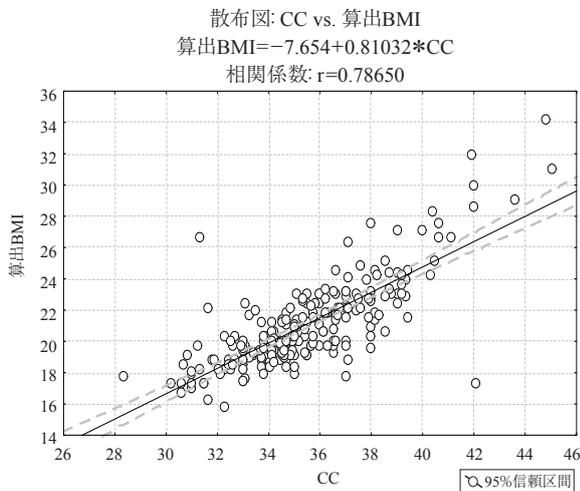


図 3. CC と BMI の散布図

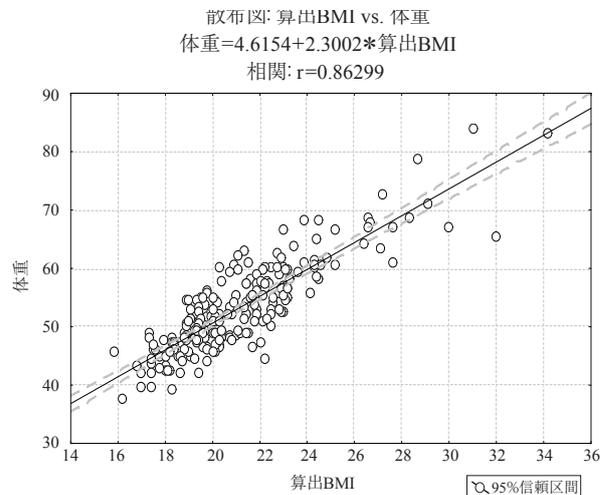


図 5. 体重と BMI の散布図

図 1 から外れ値も多く見受けられることから、有用性は低いと考えた。

その根拠として、身長は BMI の構成要素ではあるが、「身長と体重が賃金に及ぼす影響」²⁹⁾において、相関係数が 0.099 であることが報告されており、本学の解析結果も表 5 に示したとおり相関係数が -0.13258 と低かったことから、有意相関ではあるが、BMI から身長を推計することに関しては、有用性が低いと考えた。

3. e- 体重の有用性

e- 体重 = $2.2605 \times CC - 27.07$ については、有意相関であり、相関係数も 0.82314 と高いこと、図 2 から外れ値が少ないことを考え合わせると、推計式の有用性は高いと考えた。

その根拠として、体重は BMI の構成要素であり、表 5 に示したとおり相関係数が 0.86299 と高いことから、BMI から身長を推計することに関して有用性が高いと考えた。また、体重と CC に関しても相関係数が 0.82314 と高いことから、e- 体重が有効であると考えた。

e- 体重の具体的な活用方法としては、身長が測定出来ない場合の簡易な推定エネルギー必要量を算出する場合に、基礎代謝基準値 \times 体重 \times 身体活動レベル = 推定エネルギー必要量を用いる式や Schofield の式のように体重のみを用いる場合がある³³⁾。ただ、一般的には年齢、性別に身長、体重を用いた日本人の基礎代謝量の推定式（国立健康・栄養研究所の式）、Harris-Benedict の式、FAO/WHO/UNU の式が用いられる^{33, 34)}。ため、e- 身長の有用性が低い現況下では、活用範囲は限定的なものにならざるを得ないと考えた。

4. e-BMI の有用性

e- BMI = $0.81032 \times CC - 7.654$ については、有意相関であり、相関係数も 0.78650 と高いこと、図 3 から外れ値が少ないことを考え合わせると、推計式の有用性は高いと考えた。理由としては、e- 体重の有用性の考察のとおりであるが、体重を介さずに BMI を推計できる意義は大きいと考えた。

また、BMI は中期の栄養アセスメントの指標でもあることから、CC を測定するだけで BMI を直接推計できることは、栄養スクリーニングツールが増えたことになる。

5. CC のカットオフ値の有用性

あくまでもスクリーニングレベルではあるが、CC を測定することで、33.5cm 未満を痩せ、38.5cm 以上を肥満の恐れありと仕分けすることで、BMI を介さずに栄養アセスメントにおける 1 次スクリーニングが可能となる。

結 語

1. 本調査の限界

平成 24 年国民健康・栄養調査報告書³⁵⁾では 20 歳

代女性の BMI は平均 20.8、標準偏差 2.6 であり、20 歳以上の平均 22.3、標準偏差 2.6 より低くなっている。また、今回の調査対象集団も平均 21.1、標準偏差 2.9 と平成 24 年国民健康・栄養調査とはほぼ同じような集団と考えられるが、あくまでも 20 歳代の女性を代表した集団から求めた e-BMI と考えられることから、他の年代の BMI を推計できないと考えた。

2. e-BMI 及び CC カットオフ値の活用

自己申告値と実測値の違いがあるが、体型誤認や痩せ志向関連の報告²⁰⁻²⁸⁾における自己申告値からの算出 BMI は、今回の調査対象集団よりやや低い BMI 値であったが、理想とする BMI は更に 1.5 ~ 2.0 低く、約半数以上が太っている又はさらに痩せたいという気持ちを持っている事と一致している。今回の e-BMI はよく似た集団から作られたものであり、カットオフ値 33.5cm を目安にスクリーニングを実施し、痩せ体型者に対する健康教育への活用も考えられる。

3. おわりに

今後は、e-BMI の推定式の信頼性を確保するために、本大学における身長、体重、CC の計測を継続していくことに加えて、他大学との共同研究により、他集団における e-BMI を求める回帰式の再現性の確認研究を実施したい。

要 約

青年女子の BMI に関しては痩せ嗜好のため、身長の過大申告と体重の過少申告を疑わせる事例が報告されていることから、CC メジャーを用いて測定したふくらはぎ周囲長（以下 CC）から BMI を推計する回帰式を作成した。

18 ~ 25 歳の女子 221 名を対象に身長、体重、CC を測定し算出 BMI を求め、CC から推計 BMI (e-BMI) を求める回帰式を作成した。e-BMI = $0.81032 \times CC - 7.654$, $r = 0.78650$, $p = 0.00$ 。推計体重 (e- 体重) は、e- 体重 = $0.2605 \times CC - 27.07$, $r = 0.82314$, $p = 0.00$ 。推計身長 (e- 身長) は、e- 身長 = $0.37607 \times CC + 145.35$, $r = 0.18295$, $p = 0.006$ であった。

CC は体重との有意な相関が、身長とは有意ではあるが低い相関を認め体重と身長の要素を含んだ BMI とは有意な高い相関が認められた。相関係数が 0.787 と高いことから、e-BMI の信頼性は高いと考えた。

引用文献

- 1) 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*, **56(A)**: B3-B7(2001).
- 2) 木下美紀 徳留裕子他 女性後期高齢患者における血清アルブミン値の非侵襲的要因による予測. 日本

- 老年医学雑誌 **48**(4): 361-368(2011).
- 3) 榎裕美 葛谷雅文他 訪問看護サービス利用者の身体計測指標と生命予後について. 日本老年医学雑誌 **44**(2): 212-218(2007).
 - 4) 山下三香子 鹿児島県A市における配食サービスの一考察. 鹿児島県立短期大学地域研究所「研究年報」 **42**: 11-22(2010).
 - 5) 井上順一朗 奥野史也他 地域在住健常高齢者における社会活動と身体機能の関連性. 神大保健紀要 **21**: 53-61(2005).
 - 6) 小牧宏一 坂田悍教他 限界集落における高齢者の健康状態と身体能力の検討. 埼玉県大紀要 **49**: 49-54(2010).
 - 7) 森佳子 目加田優子他 群馬県N町在住高齢者の加齢による身体栄養状態の変化に関する実態調査. 東京農大農学集報 **52**(4): 161-166(2008).
 - 8) 山本貴志子 西亀正之 多周波数インピーダンス法による身体組成と健康診断成績の関係 一体脂肪率と生活習慣病危険因子の検討- 広大医誌 **48**(6): 391-398(2000).
 - 9) 中村富予・高岸和子編著(2012)「臨床栄養学実習—フロッチャートで学ぶ臨床栄養学」第2刷7-10 建帛社.
 - 10) 早川麻理子 櫻井洋一他 頸骨長(tibial length)を用いた基礎エネルギー消費量の推定. 外科と代謝・栄養 **37**(6): 297-304(2003).
 - 11) Katsumi Yamanaka, Shizuno et al. Ishida Estimating Stature from Knee Height for Elderly females aged 60-80 years old in Aichi Prefecture, Japan. 名古屋学芸大学健康・栄養研究所年報 **4**: 1-10(2010).
 - 12) 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).
 - 13) 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).
 - 14) 藤井義博 高齢者の身長・体重の推定式—在宅における栄養評価に向けて—. 藤女子大学・藤女子短期大学紀要 **36** Ser. II: 45-50(1998).
 - 15) 服部恒明 田中茂穂他 膝高による推定身長の体組成評価への適用. 体力科学 **44**(6): 865(1995).
 - 16) 西田裕介 久保晃 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(2002).
 - 17) 久保晃 啓利英樹 前腕長と下腿長を用いた高齢者の身長の推定. 理学療法科学 **22**(1): 115-118(2007).
 - 18) 串崎正輝 李強 日本人若者における示指環指比(Digit Ratio(2D:4D))と体格指数(BMI)との関連性について. 大阪物療大学紀要 **2**: 45-51(2014).
 - 19) 西田裕介 加茂智彦他 健常若年者における下腿最大隆起部の位置の同定. 理学療法科学 **24**(4): 539-542(2009).
 - 20) 今井克己 増田隆他 青年期女子の体型誤認と“やせ志向”の実態. 栄養学雑誌 **52**(2): 75-82(1994).
 - 21) 宮城重二 女子学生・生徒の肥満度と食生活・健康状態及び体型意識との関係 栄養学雑誌 **56**(1): 33-45(1998).
 - 22) 亀崎幸子 岩井伸夫 女子短大生の体重調節志向と減量実態及び自覚症状の関連について. 栄養学雑誌 **56**(6): 347-358(1998).
 - 23) 金本めぐみ 横沢民男他 身体に対する相互認識に関する研究 上智大学体育 **32**: 1-10(1999).
 - 24) 加藤恵子 女子短大生の年次変化からみた体格認識について. 名古屋文理短期大学紀要 **25**: 75-80(2000).
 - 25) 大森真希 女子大学生の肥満度, 痩せ願望と食行動に関する検討. 旭川医科大学研究フォーラム **2**(2): 49-55(2001).
 - 26) 高橋重矢子 宮川豊美 女子学生の身体状況並びに体型意識とダイエットに関する調査研究. 和洋女子大学紀要 家政系編 **44**: 41-60(2004).
 - 27) 山本真紀 小田光子 女子学生の肥満度と生活習慣及び自覚症状との関連に関する一考察. 県立広島大学人間文化部紀要 **1**: 61-73(2006).
 - 28) 梶原由紀子 安原仁美 女子大学生の痩せ願望に関する研究. 大阪教育大学紀要 第三部門 **58**(1): 95-104(2009).
 - 29) 田中賢久 身長と体重が賃金に及ぼす影響. 慶應義塾大学パネル調査共同研究拠点: 11-13(2010).
 - 30) 下村義弘 勝浦哲夫 栄養状態評価のための下腿周囲長メジャーの人間工学的デザイン. 人間工学 **48**(1): 1-6(2012).
 - 31) ヘルシンキ宣言日本医師会訳 http://www.med.or.jp/wma/helsinki08_j.html (2013).
 - 32) 文部科学省 厚生労働省「疫学研究に関する倫理指針」 <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/seisaku/kojin/dl/161228ekigaku.pdf> 19(2008).
 - 33) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準(2015年版)策定検討会報告: 64-65(2014).
 - 34) Ganpule AA Tanaka S et al. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr.* **61**: 1256-61(2007).
 - 35) 厚生労働省 平成24年度国民健康・栄養調査報告 The National Health and Nutrition Survey in Japan, 2012: 111-112(2012).