

〔原 著〕

## 大学生の体幹部の周囲径と BMI および体脂肪率との相関関係の性差

石垣 享 (愛知県立芸術大学美術学部)

田中 望 (東海学園大学スポーツ健康科学部)

藤井 勝紀 (愛知工業大学院経営情報科学研究科)

### Sex difference in correlation between trunk circumference, BMI and body fat percentage in university students

Tohru Ishigaki <sup>1)</sup>, Nozomi Tanaka <sup>2)</sup> and Katsunori Fujii <sup>3)</sup>

#### 【Abstract】

Differences in the distribution of abdominal circumference and lower chest circumference with respect to body weight or body fat percentage may reflect the deposition of visceral fat anatomically. Clear sex differences may also be seen in the differences in this distribution. The aim of this study was to investigate the sex differences in the correlations between trunk circumference, body mass index (BMI) and body fat percentage (%BF) in university students. The data used in the analysis were from 180 young males and 744 young females. The subjects' BMI, %BF, chest circumference, lower chest circumference, abdominal circumference, and pelvic circumference were measured. No significant sex difference was observed in BMI or pelvic circumference. Female %BF was significant higher than male %BF. Body weight, chest circumference, lower chest circumference, and abdominal circumference were significantly higher in males than in females. The correlations between the respective trunk circumferences and BMI and %BF were all significant in both males and females. All correlation coefficients were higher in males than in females. The intersection of the lower chest circumference and abdominal circumference may be a simple indicator of the inflection point for a marked increase in visceral fat in males. In females, however, the intersection was at a little earlier stage and was not a point that estimates disease risk.

**Keyword:** circumference, body weight, body fat percentage, body mass index (BMI), sex difference, university student

**キーワード:** 周囲径、体脂肪率、body mass index (BMI)、性差、大学生

---

1) Department of Exercise & Health Science, Aichi University of the Arts

2) Department of Sport and Health Science, Tokai Gakuen University

3) Graduate School of Business Administration and Computer Science, Aichi Institute of Technology

## 緒言

身体の大きさを示す形態情報の中で体格指数 (Body mass index: BMI) は、やせ、普通、肥満の判定に用いられている。肥満の体型的特徴には性差が存在し、性によって脂肪が沈着する組織が異なる。この特徴は、肥満の亢進により閉経前の女性では皮下への脂肪の沈着が進行し、下腹部と臀部を中心とした洋ナシ型体型と表現されるのに対して男性では、腹腔内への脂肪蓄積が主となり腹部を中心としたリング型体型と表現されている (梶村ら, 2016)。そうすると、肥満に伴う腹囲の増大は、男性では腹腔内脂肪が女性では皮下脂肪が中心となる。腹囲は、メタボリック・シンドローム (Metabolic syndrome: MS) の判定基準の一つであり、臍部の CT スキャンによる内臓脂肪面積 (Visceral fat area: VFA) の  $100\text{cm}^2$  を推定する簡便な手法として用いられている。佐藤ら (2016) の日本人を対象とした VFA と皮下脂肪面積 (Subcutaneous fat area: SFA) の男女間の差を検討した報告では、男性の VFA は女性のそれより 1.4 ~ 1.6 倍だが SFA では逆転して女性の方が男性の 1.3 ~ 1.4 倍であり、これらから算出される SFA/VFA 比では男性が 1.2 ~ 1.3 倍であるのに対して女性では 2.2 ~ 2.8 倍と約 2 倍の近い性差が存在することを示した。この報告を基にすると、肥満による腹囲の変化は、男性では皮下脂肪と内臓脂肪が同程度に貢献するのに対して、女性では内臓脂肪よりも皮下脂肪の貢献度が高いものと推察される。しかし、皮下脂肪と内臓脂肪の変化の関係は常に直線的な関係ではなく、これまでに日本人を対象とした研究では、VFA がメタボリック・シンドロームの判定基準の  $100\text{cm}^2$  を超えると SFA の分布が頭打ちになることが報告されており (Demura & Sato, 2008)、この際の男性の VFA は  $125.8 \sim 133.1\text{cm}^2$  と判定基準より高いのに対して女性のそれでは  $87.2 \sim 96.1\text{cm}^2$  と低い性差が報告されている (Sato, et al., 2015)。ここで示された性差は、腹部の白色脂肪組織でも内臓脂肪と皮下脂肪が発生的に異なっているとの報告 (Gesta, et al., 2006) があり、これが両者の機能

(Yamamoto, et al., 2010) および脂肪組織の分化の差異 (Sakai, et al., 2007, Joe, et al., 2009) を生じさせている可能性もあることから、脂肪沈着部位のみならずその量的な変化にも性差が存在することが示唆されている。骨組織、脂肪組織および筋組織は、発生学的には中胚葉系幹細胞を前駆体としており、可塑性の高い組織である (Vodyanik, et al., 2010)。そうすると、身体各部位の周囲径は、脂肪組織および骨格筋それぞれの量的な大きさに左右されることは容易に理解される。したがって、体型は、脂肪および骨格筋の量的な表現型と捉えられる。石垣ら (2013) は、BMI と体脂肪率から身体各部位の周囲径を高精度で推定する重相関式を報告していることから、身体の大きさに対する体脂肪の影響は大きなものと考えられる。体幹部の周囲径は、骨格筋、皮下脂肪組織および内臓脂肪組織の量的な影響を受けるに違いないが、これには部位および性により差が表出する。胸囲は、女性では乳房の発達の影響が大きく表出するであろうし、同様に腰囲は、骨格に加えて男性には無い子宮や卵巣などの臓器が存在する。これらに対して下部胸囲および腹囲は、解剖学的な性差の影響を受けにくい場所といえる。したがって、腹囲と下部胸囲は、脂肪沈着部位の性差を比較することが可能な部位であると考えられる。前述した (佐藤ら, 2016) 腹部の脂肪沈着の性差を基にすると、女性の腹囲は、体重の変化には皮下脂肪の貢献が中心となるのに対して、男性では皮下脂肪および内臓脂肪が同程度に貢献する。これに対して下部胸囲は、胸郭の大きさと皮下脂肪の量を反映するものと考えられる。したがって、男性の体重または体脂肪率に対する腹囲と下部胸囲の分布の差異は、女性よりも内臓脂肪の沈着度を反映するであろうと想像される。そうすると、この分布の差異には明らかな性差が認められる可能性が考えられる。そこで本研究は、この仮説を検証するために発育期がほぼ終了したと考えられる大学生を対象として体幹部の周囲径と BMI および体脂肪率との相関関係の性差を検討することを目的とした。

## 方 法

### 1. 被験者

被験者は、事前に実験内容に同意をした日本人大学生(男子 186 名、女子 774 名)であった。本研究は、愛知県立芸術大学及び愛知県立芸術大学大学院で制定された「ヒトを対象とする研究ガイドライン」に則り、愛知県立芸術大学及び愛知県立芸術大学大学院における「ヒトを対象とする研究」の倫理委員による審議後、学長から承認を得て実施された。

### 2. 身体組成および身体計測

身長は、身長計を用いて 1 mm 単位で計測し、体重および身体組成は多周波生体電気インピーダンス法 (Multi-frequency bioelectrical impedance analysis: MFBIA) (MC-190、TANITA) によって計測した。なお、MFBIA は BIA 測定器の中でも水中体重法や DEXA 法などとの相関関係が高く、単周波の BIA 測定器よりも体脂肪率の推定精度が高い事が報告されている (Bedogni, et al., 2002, Sun, et al., 2005)。本測定で用いる項目は、身長と体重から算出される BMI および体脂肪率とした。身体各部位の周囲径は、身体計測用テープを用いて 1 mm 単位で測定した。本研究で採用した計測部位は、胸

囲、下部胸囲、腹囲および腰囲とした。胸囲は乳頭部と肩甲骨下角を結ぶ周囲径とし、下部胸囲は剣状突起部の、同様に腹囲では臍部の、腰囲では矢状面の臀部後方最突起部位の水平周囲径とした。

### 3. 統 計

測定項目全ての男女別の平均値と標準偏差から、平均値  $\pm 3$  標準偏差の範囲外の値を外れ値としてデータ解析から除去した。その結果、最終的に解析に使用したデータ数は、男子が 180 名、女子が 744 名となった。被験者全体の全測定項目の平均値と標準偏差を表 1 に、同様に外れ値を除外して解析対象のみのそれらを表 2 に示した。全測定項目の平均値の性差の検定には、対応の無い t 検定を用いた。周囲径と BMI 間および周囲径と体脂肪率間との相関関係を Pearson の積率相関で解析した。男女それぞれの各周囲径間の相関係数の差は z 値を算出して検定した。全ての統計の有意判定は、危険率 5%とした。

## 結 果

### 1. 全測定項目の平均値の性差について (表 2)

BMI および腰囲を除いた全ての測定項目で有意な性差が認められた。有意差が認められた項目は、体脂肪率を除いて全て男子が女子よりも高値

表1.全データの基本統計値

| 項目                      | 性別              |                 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
|                         | 男子 (n=186)      | 女子 (n=774)      |
| 年齢(歳)                   | 19.4 $\pm$ 1.7  | 19.0 $\pm$ 1.6  |
| 身長(cm)                  | 170.3 $\pm$ 5.9 | 158.1 $\pm$ 5.3 |
| 体重(kg)                  | 59.3 $\pm$ 9.1  | 50.9 $\pm$ 7.2  |
| 体脂肪率(%)                 | 13.5 $\pm$ 5.8  | 26.2 $\pm$ 5.5  |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | 20.4 $\pm$ 2.8  | 20.4 $\pm$ 2.6  |
| 胸囲(cm)                  | 84.2 $\pm$ 6.5  | 83.0 $\pm$ 5.5  |
| 下部胸囲(cm)                | 79.3 $\pm$ 6.0  | 71.8 $\pm$ 5.2  |
| 腹囲(cm)                  | 73.7 $\pm$ 7.7  | 68.4 $\pm$ 6.3  |
| 腰囲(cm)                  | 91.9 $\pm$ 5.5  | 92.1 $\pm$ 5.1  |

平均 $\pm$ 標準偏差

表2.解析に用いたデータの基本統計値

| 項目                      | 性別              |                 | P<0.05 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|--------|
|                         | 男子 (n=180)      | 女子 (n=744)      |        |
| 年齢(歳)                   | 19.2 $\pm$ 1.2  | 19.0 $\pm$ 1.0  | *      |
| 身長(cm)                  | 170.3 $\pm$ 6.0 | 158.0 $\pm$ 5.2 | *      |
| 体重(kg)                  | 58.9 $\pm$ 8.8  | 50.2 $\pm$ 5.9  | *      |
| 体脂肪率(%)                 | 13.4 $\pm$ 5.7  | 25.7 $\pm$ 4.9  | *      |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | 20.3 $\pm$ 2.7  | 20.1 $\pm$ 2.1  |        |
| 胸囲(cm)                  | 83.8 $\pm$ 6.1  | 82.5 $\pm$ 4.7  | *      |
| 下部胸囲(cm)                | 79.0 $\pm$ 5.8  | 71.2 $\pm$ 4.2  | *      |
| 腹囲(cm)                  | 73.3 $\pm$ 7.3  | 67.8 $\pm$ 5.2  | *      |
| 腰囲(cm)                  | 91.8 $\pm$ 5.4  | 91.6 $\pm$ 4.4  |        |

平均 $\pm$ 標準偏差, \*: P<0.05

であった。

## 2. 体幹部の周囲径と BMI および体脂肪率との 1 次回帰係数、切片および相関係数について(図1、図2、表3)

BMI または体脂肪率に対する体幹部の周囲径の回帰直線は、男女共に上から腰囲、胸囲および下部胸囲の順であり、これら3者は交わることなくほぼ平行であった。これらに対して腹囲の回

帰直線は、BMI および体脂肪率が低値ではこれら4者の中で最下位であるのに対して、BMI および体脂肪率が増加するに従い下部胸囲のそれに近接するまたは男子の BMI との関係では交差するものであった。体幹部の周囲径と BMI および体脂肪率との相関係数は、男女とも全項目で有意であった。男子の BMI および体脂肪率と腹囲との相関係数は、他の3部位のそれよりも有意に高

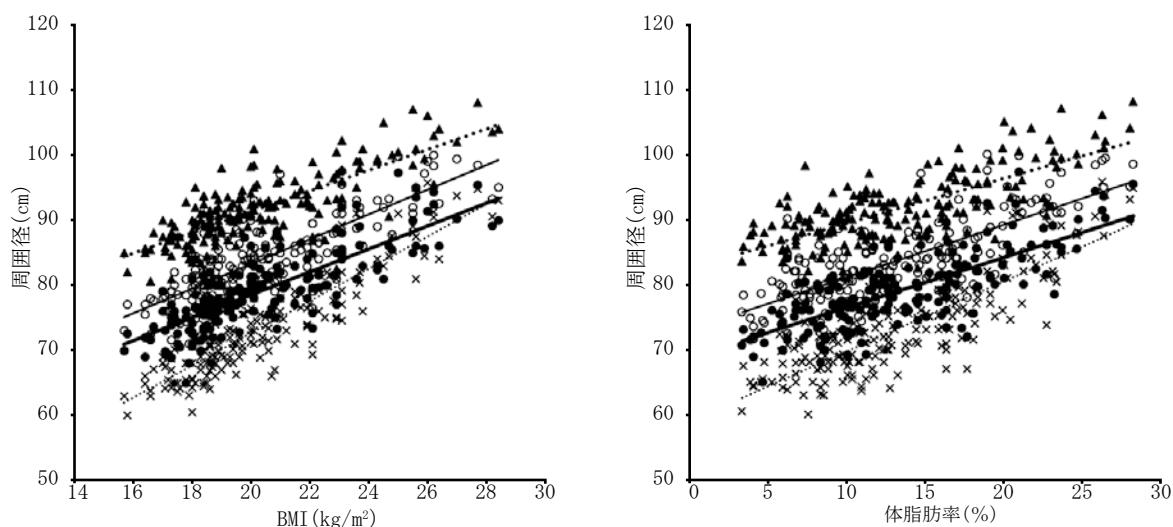


図1. 男子の BMI (左) および体脂肪率 (右) と体幹部の周囲径の散布図

○: 胸囲, ●: 下部胸囲, ×: 腹囲, ▲: 腰囲

——: 胸囲の近似直線, ———: 下部胸囲の近似直線, .....: 腹囲の近似直線, .....: 腰囲の近似直線

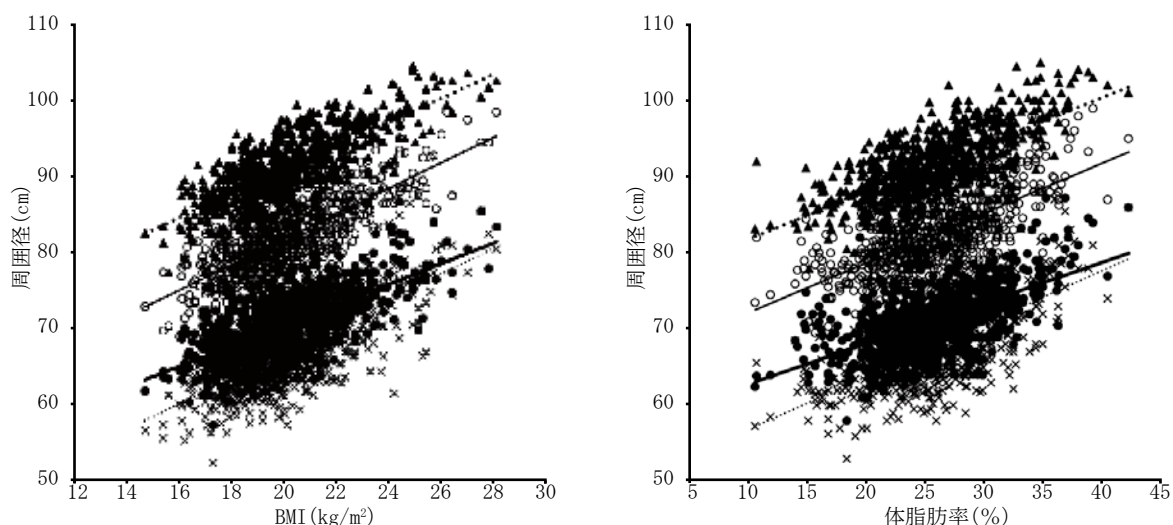


図2. 女子の BMI (左) および体脂肪率 (右) と体幹部の周囲径の散布図

○: 胸囲, ●: 下部胸囲, ×: 腹囲, ▲: 腰囲

——: 胸囲の近似直線, ———: 下部胸囲の近似直線, .....: 腹囲の近似直線, .....: 腰囲の近似直線

表3.周囲径とBMI(上)および体脂肪率(下)との1次回帰係数、切片および相関係数

| BMI      | 男子   |       |                       | 女子   |       |                      |
|----------|------|-------|-----------------------|------|-------|----------------------|
|          | 回帰係数 | 切片    | r                     | 回帰係数 | 切片    | r                    |
| 胸囲(cm)   | 1.91 | 45.14 | 0.824*                | 1.67 | 48.83 | 0.750*               |
| 下部胸囲(cm) | 1.76 | 43.29 | 0.807*                | 1.35 | 44.12 | 0.671* <sup>a</sup>  |
| 腹囲(cm)   | 2.47 | 23.12 | 0.898* <sup>ab</sup>  | 1.70 | 33.57 | 0.684* <sup>b</sup>  |
| 腰囲(cm)   | 1.59 | 59.47 | 0.786* <sup>abc</sup> | 1.57 | 60.09 | 0.752* <sup>bc</sup> |

p<0.05 相関係数：\*, a：胸囲 vs , b：下部胸囲 vs, c：腹囲 vs

| 体脂肪率     | 男子   |       |                      | 女子   |       |                     |
|----------|------|-------|----------------------|------|-------|---------------------|
|          | 回帰係数 | 切片    | r                    | 回帰係数 | 切片    | r                   |
| 胸囲(cm)   | 0.81 | 73.03 | 0.752*               | 0.65 | 65.71 | 0.679*              |
| 下部胸囲(cm) | 0.77 | 68.78 | 0.760*               | 0.53 | 57.57 | 0.613* <sup>a</sup> |
| 腹囲(cm)   | 1.07 | 58.95 | 0.843* <sup>ab</sup> | 0.70 | 49.91 | 0.648* <sup>b</sup> |
| 腰囲(cm)   | 0.69 | 82.54 | 0.736* <sup>bc</sup> | 0.62 | 75.70 | 0.688* <sup>b</sup> |

p<0.05 相関係数：\*, a：胸囲 vs , b：下部胸囲 vs, c：腹囲 vs

く、反対に腰囲は BMI との関係では他の 3 部位よりも、体脂肪率との関係では下部胸囲および腹囲よりも有意に低かった。いずれの場合も胸囲と下部胸囲の相関係数間には、有意な差は認められなかった。同様に女子の BMI および体脂肪率と胸囲との相関係数は、下部胸囲のそれよりも有意に高く、下部胸囲のそれは、腹囲および腰囲のそれよりも有意に低かった。BMI との腰囲との相関係数は、腹囲のそれよりも有意に低かった。

## 考察

### 1. 性差

本研究の被験者には、BMI および腰囲に有意な性差が認められないが、体脂肪率では女子が男子よりも有意に高いことから、同程度の体格に対する身体組成の性差を明確に示された(表 2)。

体幹部の周囲径と BMI との相関係数は、男子と女子の双方とも同一項目で体脂肪率との相関係数よりも高値であった(表 3)。また、体幹部の周囲径と BMI および体脂肪率それぞれの相関係数は、同一項目で女子よりも男子の方が高値であった(表 3)。このことは、体幹部の周囲径は、体脂肪率よりも BMI において説明可能である割合が高いことを示し、さらに、男女間では女子よりも男子において BMI および体脂肪率の両者で説明可能である割合がより高いことを示す。BMI の個体差は身長に対する骨格筋および脂肪の量を反映するものと考えられるが、体脂肪率のそれでは脂肪の沈着度しか反映しないことから、体幹部

の周囲径が体脂肪率よりも BMI とより緊密な関係にあると理解できる。しかし、BMI のみならず体脂肪率の双方とも女子よりも男子が体幹部の周囲径との関係が緊密である点については、予想した結果と異なっていた。なぜなら、BMI の平均値に男女間で有意な性差が無いのに対して体脂肪率ではそれが認められ、その値も女子が 2 倍程度大きいことから(表 2)、女子の体幹部の周囲径は脂肪に大きく依存すると考えられた。特に女性に多く認められる洋ナシ型体型(梶村ら、2016)は、下腹部から臀部にかけての皮下脂肪の沈着を表現したものであることから、女子の腰囲には体脂肪率との関係が強く表出するものと考えられたが、この部位においても BMI よりも相関係数は低いものであった。したがって、男女共に体幹部の周囲径は骨格筋と体脂肪の両者の影響を強く受けることを再確認した。

男子で BMI および体脂肪率と最も強い相関関係を示したのは腹囲であり、逆に最も弱い関係であったのは腰囲であった(表 3)。これが女子では腰囲と最も強い関係にあり、下部胸囲が最も弱い関係にあった(表 3)。これは、体重および体脂肪率の変化に対して男子の場合では腹囲が相同的に変化することを示し、ここには内臓脂肪の貢献が大きいものと推察される。腰囲は、男子と女子では体幹部における BMI および体脂肪率との関係の緊密さの順位が逆転していた。男子では相関係数が最低であった腰囲も女子では最高値であることから、男子では腰囲以外の他の 3 部位

が BMI および体脂肪率と緊密な関係にあり、逆に女子では腰囲以外の他の 3 部位がそれらと弱い関係にあると考えられる。BMI に対する腰囲の回帰係数および切片は男女間でも大きくかけ離れたものではないことから、大学生の腰囲は体重の変化に対して性差なく同じような変化をするものと考えられる。本研究では解剖学的見地から下部胸囲と腹囲との関係に注目をしたが、腰囲を男女に共通する基準として他の部位の周囲径と比較することは可能であると考えられる。男性の腰囲の回帰係数に対して下部胸囲のそれは 0.18 高値であるが、女子の場合では逆に 0.22 低値である。下部胸囲は、体重の変化に伴う腰囲の変化に対して男女で異なる現象を示す部位であると考えられる。また、男子の腰囲の回帰係数と他の 3 部位のそれらとの差は 0.18 ~ 0.88 であるのに対して、女子では -0.22 ~ 0.23 と男子よりも狭い範囲に収まることから、体重の変化に伴う体幹部の周囲径の変化率は女子よりも男子が大きく、その代表的な部位は腹囲（腰囲との回帰係数の差、男子：0.88、女子：0.23）であった。男性の縦断的な加齢変化は、腹囲が腰囲よりも変化度が高いのに対して、女性ではこれら両者が同程度の割合で変化した報告（Shimokata, et al., 1989）があり、本研究の結果もこの報告を支持するものであった。また、Noland & Kearney (1978) は、女子大学生の腹部から大腿部までの特定部位の運動トレーニングと種々の有酸素トレーニングを 10 週間実施した結果、腹囲および腰囲はどちらの運動でも同程度に減少することを示し、これからも本研究の女子の腹囲と腰囲の回帰係数の差が小さい事も妥当な結果であったと判断される。

## 2. 下部胸囲と腹囲

男女共に下部胸囲と腹囲の BMI または体脂肪率に対する 1 次回帰直線は、BMI または体脂肪率が増加するに従って腹囲のそれが下部胸囲のそれに近接することが判明した（図 1 および図 2）。したがって、BMI および体脂肪率に対して腹囲は、下部胸囲と交差する分布であることが理解される。この下部胸囲と腹囲の両回帰直線の交点は、下部胸囲と腹囲が同じ太さとなることを示す

形態学的なポイントとなる。そこで、これら両者の交点を回帰式の外挿法によって算出した。男子の BMI との回帰式による交点は、BMI が 28.3 kg/m<sup>2</sup> で周囲径が 93.2 cm であり、同様に体脂肪率とのそれでは体脂肪率が 32.0 % で周囲径が 93.3 cm であった。女子においても同様の検討を行うと、BMI が 29.8 kg/m<sup>2</sup> で周囲径が 84.3 cm であり、体脂肪率が 46.6 % で周囲径が 82.3 cm であった。これらの結果から、下部胸囲と腹囲の交点は、BMI および体脂肪率のいずれでも女子よりも男子が低値であるにも係らず交点の周囲径は逆転し、女子のそれが男子よりも低値であった。交点の周囲径が男子よりも女子で低値を示したのは、本研究の BMI の平均値に男女間で有意差が認められないものの腰囲を除いた周囲径は男子が有意に高値であり、反対に体脂肪率では女子が男子よりも有意に高値であったことから妥当であると考えられる。そして、BMI で認められた交点の性差は腹囲における内臓脂肪の貢献度を示しているものと推察される。この結果は、前述した佐藤ら（2016）の報告の女子の腹囲の変化には皮下脂肪の貢献度が高く、男子のそれでは皮下脂肪と内臓脂肪が同程度に貢献する結果を支持した。

## 3. 下部胸囲と腹囲との交点の検証

本研究で得られた BMI に対する下部胸囲と腹囲との交点（男子：93.2 cm、女子 84.3 cm）は、健康科学の立場からするとどのような意味を持つのであろうか？ 前述した男子の交点は、BMI の判定では肥満度 1 もしくは女子ではさらに肥満度 2 の直前のレベルを示すことになる。これに対して我が国の MS 判定基準（日本肥満学会，2016）となる腹囲（男性：85cm、女性：90cm）と比較すると、男子ではこの判定基準のカットオフ値を超えるが、女子ではこれ未満となる。ただし、坂本ら（2008）は、MS の腹囲の基準が適切でないとし、MS 検討委員会の記述統計値から腹囲の感度と特異度を直接評価する再解析を行った結果、腹囲のカットオフ値は男性では 86.9cm、女性では 84.5cmであることを示した。この考えに従うと、下部胸囲と腹囲の交点は、男女共にこの

判定による MS の基準を満たす肥満と考える事ができる。そうすると、下部胸囲と腹囲の交点は、男女共に MS の潜在的なリスクが存在するポイントとなる。MS は、内臓脂肪の過剰な蓄積が健康リスクを大きく増加させることから、このリスクが増加するポイントも重要であると考えられる。前述した Sato et al.(2015)は、皮下脂肪の蓄積が頭打ちになる際の VFA から腹囲を推定しており、この 65 歳未満の値は男性で 92cm であり、同様に女性で 90.5cm と報告していることから、本研究の男子の下部胸囲と腹囲との交点は、内臓脂肪が著しく増えるポイントとほぼ一致していた。したがって、下部胸囲と腹囲の交点は、男子では内臓脂肪が著しく増加する変曲点の簡易的な指標として利用できる可能性があると考えられるが、女子ではこの前段階であり疾病リスクを推定するポイントにはならないと考えられる。

#### 4. 結論と研究の限界

男女共に体幹部の周囲径は、骨格筋と体脂肪の両者の影響を強く受けることを再確認した。腰囲は、体幹部の周囲径の中で平均値に男女間で唯一有意差が認められない項目であり、BMI に対する腰囲の回帰係数および切片は男女間でも大きくかけ離れたものではなかった。下部胸囲と腹囲の交点は、男子では内臓脂肪が著しく増加する変曲点の簡易的な指標として利用できる可能性があると考えられるが、女子ではこの前段階であり疾病リスクを推定するポイントにはならないと考えられる。本研究の限界としては、男女間の例数に大きな差があることである。体脂肪率推定では、ゴールドスタンダードである DEXA 法を用いず BIA 法を採用した。したがって、DEXA で測定された場合でも同様の結果が得られるのかを確認する必要がある。

#### 5. 利益相反

著者全員は、本論文の研究内容について他者との利害関係を有しない。

#### 文献

Bedogni, G., Malavolti, M., Severi, S., Poli,

M., Mussi, C., Fantuzzi, A. L. and Battistini, N. (2002) Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 56: 1143-1148.

Demura, S. and Sato, S. (2008) Nonlinear relationships between visceral fat area and percent regional fat mass in the trunk and the lower limbs in Japanese adults. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 62(12): 1395-1404.

Gesta, S., Bluher, M., Yamamoto, Y., Norris, A. W., Berndt, J., Kralisch, S., Boucher, J., Lewis, C. and Kahn, C. R. (2006) Evidence for a role of developmental genes in the origin of obesity and body fat distribution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 103: 6676-6681.

石垣享, 藤井勝紀, 田中望, 伊藤幹, 花井忠征 (2013) 女子大学生の BMI および身体組成から推定される身体各部位の周囲径. *教育医学*, 58: 351-357.

Joe, A. W., Yi, L., Even, Y., Vogl, A. W., and Rossi, F. M. (2009) Depot-specific differences in adipogenic progenitor abundance and proliferative response to high-fat diet. *Stem. Cells*, 27: 2563-2570.

梶村慎吾, 箕越靖彦 (2016) 肥満症：いま、何を知るべきか？ 何をすべきか？. *実験医学*, 34: 12-18.

日本肥満学会 (2016) 第 2 章 肥満の判定と肥満症の判定基準. *肥満症診断ガイドライン*, 4-17.

Noland, M. and Kearney, J. T. (1978) Anthropometric and densitometric responses of women to specific and general exercise. *Res. Q.*, 49(3): 322-328.

Sakai, T., Sakaue, H., Nakamura, T., Okada, M., Matsuki, Y., Watanabe, E., Hiramatsu, R., Nakayama, K., Nakayama, K. I. and Kasuga, M. (2007) Skp2 controls adipocyte proliferation during the development of obesity. *J. Biol. Chem.*, 282: 2038-2046.

- 坂本亘, 五十川直樹, 後藤昌司 (2008) 日本の「メタボリック・シンドローム」判定基準の統計的問題. 行動計量学, 35(2): 177-192.
- Sato, S., Demura, S. and Nakai, M. (2015) Storage capacity of subcutaneous fat in Japanese adults. Eur. J. Clin. Nutr., 69(8): 933-938.
- 佐藤進, 出村慎一, 仲井培雄 (2016) 横断的資料から観察される日本人成人の皮下脂肪蓄積容量の特徴. 教育医学, 61: 310-318.
- Shimokata, H., Andres, R., Coon, P. J., Elahi, D., Muller, D. C. and Tobin, J. D. (1989) Studies in the distribution of body fat. II. Longitudinal effects of change in weight. Int. J. Obes., 13(4):455-464.
- Sun, G., French, C. R., Martin, G. R., Young husband, B., Green, R. C., Xie, Y. G., Mathews, M., Barron, J. R., Fitzpatrick, D. G., Gulliver, W. and Zhang, H. (2005) Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. Am. J. Clin. Nutr., 81: 74-78.
- Vodyanik, M. A., Yu, J., Zhang, X., Tian, S., Stewart, R., Thomson, J. A. and Slukvin, I. I. (2010) A mesoderm-derived precursor for mesenchymal stem and endothelial cells. Cell Stem. Cell, 7:718-729.
- Yamamoto, Y., Gesta, S., Lee, K. Y., Tran, T. T., Saadatirad, P. and Kahn, C. R. (2010) Adipose depots possess unique developmental gene signatures. Obesity (Silver Spring), 18: 872-878.