

# 若年女性の体格が食後血糖値変動に及ぼす影響

寺沢 なお子<sup>†</sup> 木下恭宏<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 金沢大学人間科学系 〒920-1192 金沢市角間町

<sup>‡</sup> 金沢大学人間社会学域地域創造学類 〒920-1192 金沢市角間町

E-mail: <sup>†</sup> [terasawa@staff.kanazawa-u.ac.jp](mailto:terasawa@staff.kanazawa-u.ac.jp), <sup>‡</sup> [k-yasuhiro@stu.kanazawa-u.ac.jp](mailto:k-yasuhiro@stu.kanazawa-u.ac.jp)

## 要旨

女子大学生 25 名 (20.7±1.3 歳) を体格別に 3 群 (標準身長-標準骨格筋率群 : S-S 群, 標準身長-高骨格筋率群 : S-H 群, 高身長-高骨格筋率群 : H-H 群) に分けた。S-S 群は他の 2 群に比べて有意に全身骨格筋率が低かったが, Body Mass Index には有意差は認められなかった。3 群の食後血糖値変動を調べたところ, 米飯摂取 30 分後の血糖値は S-S 群が他の 2 群より有意に高値を示した。米飯摂取 30 分前に野菜ジュースを摂取した場合, 血糖値上昇は 3 群とも有意に抑制されたが, 米飯のみ摂取の場合に食後血糖値が高かった群ほど抑制率が高く, 群間の有意差は消失した。また被験者の全身骨格筋率に影響を及ぼす生活習慣を調べたところ, いずれも有意差は認められなかったものの S-S 群は身体活動レベルが低く, 朝食を抜くこと・食事をとる時刻が変動すること・満腹になるまで食べることが多い傾向にあった。さらに, 朝食の摂取頻度と全身骨格筋率との間に有意な相関が認められた。

キーワード : 若年女性, 体格, 食後血糖値変動, 生活習慣

## 1. 緒言

日本人は欧米白人に比べ, インスリン分泌能が弱い遺伝的素因をもつ者が多く, わずかな生活習慣の乱れから容易に高血糖になると考えられている<sup>1)</sup>。食後高血糖は肥満や糖尿病の他, 大血管障害の重要なリスク因子になる。大血管障害の機序としては, 食後高血糖が酸化ストレスを増強させるため血管内皮機能が障害され, 一酸化窒素の産生が低下し, 炎症反応を惹起してプラークの不安定化を促進させること, また高血糖そのものが体内のタンパク質等と反応して終末糖化産物を形成し, 血管障害や動脈硬化を促進させることなどが挙げられる<sup>2)</sup>。

耐糖能には性差および体格差があることが報告されている<sup>3)</sup>。特に中年者を対象に多くの研究が行われており, 2 型糖尿病患者の一等親血縁者である中年男女に経口糖負荷試験 (OGTT) を行った結果, 耐糖能異常は女性の方が一般的に見られ, また女性は空腹時血漿血糖値 (FPG) が男性より低かったものの糖負荷 2 時間後血漿血糖値 (2hPG) が高く, FPG-

2hPG 増加量が有意に高かった<sup>4)</sup>、非糖尿病の中年男女を対象に OGTT を行った結果、男性は女性よりも FPG とヘモグロビン A1c (HbA1c) が高く、女性は 2hPG が男性より高かった<sup>5)</sup>、等の報告が見られる。一方、正常血糖値の中年男女に OGTT を行った結果、血糖上昇曲線下面積は女性の方が小さく、年齢と Body Mass Index (BMI) を考慮するとインスリン感受性および  $\beta$  細胞機能は女性の方が有意に高かったとの報告も見られる<sup>6)</sup>。また、耐糖能が正常な中年男女に OGTT を行った結果、グルコース吸収パターンは血漿中のグルコース量および体格と有意な相関を示し<sup>7)</sup>、腸内グルコース半減期は男性よりも女性の方が有意に遅く、身長と負の相関が認められた<sup>8)</sup>。経口摂取されたグルコースは腸管から血中に吸収されるが、腸管の長さが吸収速度に影響する。腸管は長身であるほど長い傾向にあり、女性は腸管長が男性より短いため、同量のグルコースを摂取した場合に血中へのグルコース吸収が遅れ、高血糖が持続する一因であることが示唆されている<sup>9)</sup>。

一方、若年者を対象とした研究は少ない。中島・笠間<sup>9)</sup>は、平均年齢 19 歳の健常男女を対象に 50 g グルコースまたは 200 g 米飯を経口負荷したときの血糖値変動曲線の性差を検討し、同種同量の食物を摂取した場合、男性より女性の方が食後血糖値が上昇しやすく、さらに女性の中でも体格の小さいの方が食後血糖値が上昇しやすい傾向が示されたが、中年者の場合に見られた FPG の性差は若年者においては認められなかったと報告している。

以上のように、食後血糖値の変動には性差・体格差があり、男性より体格が小さい女性は一般的に男性より食後血糖値が高くなることが報告されている。この理由として骨格筋量の違いが示唆されていることから<sup>4)7)9)</sup>、同性間でも骨格筋量(率)の差により食後血糖値変動に差異が生じる可能性が考えられる。また、先行研究の多くは中年男女を対象としており、若年者の食後血糖値変動の体格差についての報告は少ない。さらに、若年女性の体格差と野菜ジュース先行摂取による食後血糖値の上昇抑制効果との関連を調べた報告は見当たらない。そこで本研究では、若年女性を対象とし、食後血糖値の変動に体格、特に全身骨格筋率がどのように影響するかを軸に、全身骨格筋率に関与する生活習慣についても明らかにする目的で検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

金沢大学に在籍する、喫煙習慣を有さない健常女子学生 25 名 (18~23 歳、平均  $20.7 \pm 1.3$  歳) を被験者とした。被験者には事前に口頭および書面で、本研究の趣旨、目的、方法、研究の辞退や中断の自由、個人情報取り扱い等について説明し、書面による同意を得た。また、本研究は「金沢大学人間社会研究域人間科学系におけるヒトを対象とする研究倫理委

員会」の承認を得て行った（承認番号 2016-2）。

## 2.2 試験食

市販のレトルトパック米飯（「サトウのごはん」200 g, 炭水化物 67.8 g, 佐藤食品工業(株), 新潟）および野菜ジュース（「1 日分の野菜」紙パック 200 mL, 野菜 350 g 分使用, 糖質 14.5 g, 食物繊維 1.9~4.1 g, (株)伊藤園, 東京）を用いた。

## 2.3 試験方法

試験はオープン試験で行った。また全て午前中に行った。試験 1 日目, 被験者は試験開始 8 時間前から絶食の上集合し, 体重, 体脂肪率, 全身骨格筋率（オムロン体重体組成計「カラダスキャン」HBF-362, オムロンヘルスケア(株), 京都）を測定した。身長は自己申告とした。次いで, 血圧, 心拍数（オムロン自動血圧計 HEM-7200, 上腕式・腕帯巻きつけタイプ, オムロンヘルスケア(株), 京都）, および血糖値（初期値）を測定した。血糖値測定は自己検査用グルコース測定器（「グルテスト Neo アルファ」GT-1830, (株)三和科学研究所, 愛知）を用い, 指先自己穿刺による採血により測定した。血糖値測定直後に米飯 1 パックを摂取した。このとき米飯 1 口あたり 30~40 回咀嚼し, 5 分以内に食べ終わるよう指示した。米飯とともにミネラルウォーターのペットボトル 1 本（285 mL）を配布した。米飯摂取 30, 60, 90, 120 分後に血糖値を測定した。被験者には試験終了まで座位安静を保つよう指示した。試験 2 日目, 被験者は同様に集合し, 血糖値（初期値）測定のものち野菜ジュース 1 本を摂取した。30 分後, 再度血糖値を測定したものち米飯とミネラルウォーターを 1 日目と同様に摂取し, さらに 30, 60, 90, 120 分後に血糖値を測定した。なお, 糖質摂取量を両試験日で統一するため, 試験 2 日目の米飯量は野菜ジュースに含有される糖質量分を減量した。

## 2.4 アンケート調査

### 2.4.1 生活習慣アンケート

身体活動状況, 食習慣, ダイエット経験などを問う自記式アンケートを行った。通学, 運動部活動, 立位アルバイトの運動量については, 「改訂版 身体活動のメッツ (METs) 表」<sup>10)</sup> より METs 数を割り出し, これに実施時間を掛け, エクササイズ (Ex) 値 (METs×時間) を算出した。

## 2.4.2 食物摂取頻度調査

エクセル栄養君 食物摂取頻度調査 FFQg Ver. 4.0 ((株)建帛社, 東京) を用いた。

## 2.5 統計処理

図表中の値は平均値±標準偏差で示した。3群の差の検定は、Bartlett 検定で等分散が認められた場合、対応のない一元配置分散分析を行った後、Tukey-Kramer の多重比較検定を行った。Bartlett 検定で等分散が認められなかった場合は、Kruskal-Wallis 検定を行った後、Steel-Dwass の多重比較検定を行った。全身骨格筋率と各項目との相関については Pearson の相関係数を用いた。有意水準はいずれも 5%未満 ( $p<0.05$ ) とした。

## 3. 実験結果

### 3.1 被験者概要

被験者 25 名をまず全身骨格筋率 28.0%未満, 28.0%以上で 2 群に分けた。これは本研究で用いた体重体組成計における女性の骨格筋率判定目安<sup>11)</sup>として、低い: 5.0~25.8%, 標準: 25.9~27.9%, やや高い: 28.0~29.0%, 高い: 29.1~60.0%, が示されていることによるものである。その結果, 2 群の全身骨格筋率は  $26.3 \pm 1.3\%$  (9 名) および  $29.1 \pm 1.1\%$  (16 名) となり, これをそれぞれ標準骨格筋率群および高骨格筋率群とした。さらに高骨格筋率群を身長において 2 群に分けた結果,  $157.6 \pm 3.0$  cm (8 名) および  $167.8 \pm 2.2$  cm (8 名) の群が得られた。一方, 標準骨格筋率群の身長は  $157.0 \pm 5.3$  cm であった。日本人の食事摂取基準 (2015 年版)<sup>12)</sup>において, 18~29 歳女性の参照身長は 158.0 cm であることから, 以上 3 群をそれぞれ標準身長-標準骨格筋率群 (以降 S-S (Standard-Standard) 群), 標準身長-高骨格筋率群 (以降 S-H (Standard-High) 群), 高身長-高骨格筋率群 (以降 H-H (High-High) 群) とした (表 1)。

身長, 体重は H-H 群が他の 2 群に比べて有意に高かったが, BMI は 20.5~20.6 kg/m<sup>2</sup> と 3 群間に有意差は認められなかった。また, 体脂肪率は S-S 群が他の 2 群に比べて有意に高く, それに伴い S-S 群の全身骨格筋率は他の 2 群に比べて有意に低かった。また, 心拍数は S-H 群が H-H 群に比べて有意に高かった。

表 1 被験者概要

年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	体脂肪率 (%)	全身骨格筋 率 (%)	血圧 (mmHg)		心拍数 (拍/分)
						収縮期	拡張期	
S-S 群	21.0 ± 1.5	157.0 ± 5.3	20.6 ± 1.1	27.1 ± 2.1	26.3 ± 1.3	111.8 ± 6.8	69.0 ± 9.7	69.2 ± 8.5
S-H 群	20.8 ± 1.4	157.6 ± 3.0	20.5 ± 2.0	23.0 ± 2.1	28.6 ± 0.5	109.1 ± 11.7	70.6 ± 6.8	76.4 ± 9.0
H-H 群	20.4 ± 1.0	167.8 ± 2.2	20.5 ± 1.2	23.5 ± 2.7	29.5 ± 1.3	112.1 ± 7.5	68.6 ± 8.2	61.8 ± 9.1

平均値 ± 標準偏差

S-S 群：標準身長-標準骨格筋率群 (n=9), S-H 群：標準身長-高骨格筋率群 (n=8), H-H 群：高身長-高骨格筋率群 (n=8)

\*p<0.05

### 3.2 食後血糖値変動

被験者の食後血糖値変動を図1および表2に示した。米飯のみ摂取時の食後血糖値はS-S群およびS-H群が60分後に最大、H-H群は30分後に最大となった(図1-A)。またS-S群は摂取30分後の血糖値が他の2群に比べて有意に高く、60分後の血糖値はH-H群に比べて有意に高かった。食後血糖値変動(上昇量および上昇率)は、いずれもS-S群、S-H群、H-H群の順に高く、S-S群とH-H群の間には有意差が認められた(表2)。

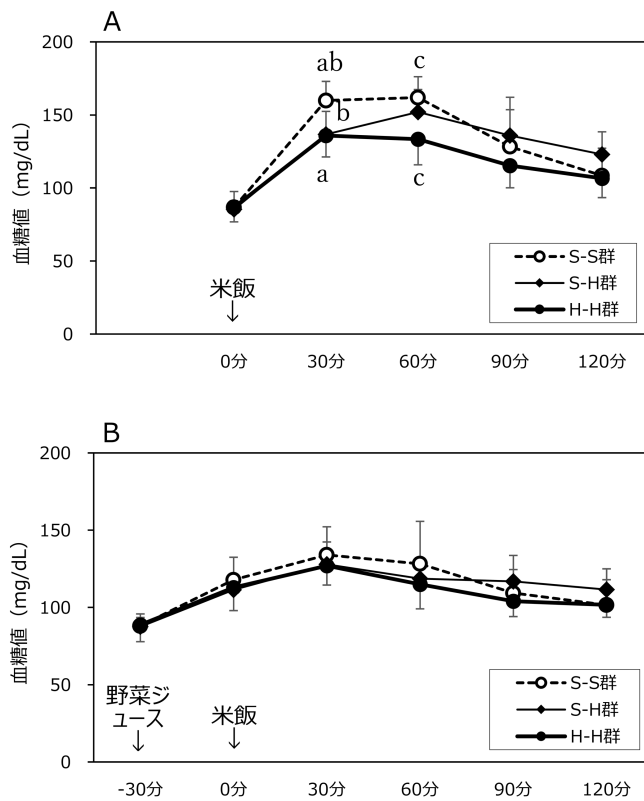


図1 米飯摂取後の血糖値の変化

米飯のみ摂取 (A), 米飯摂取30分前に野菜ジュースを摂取 (B)。平均値±標準偏差。  
 S-S群: 標準身長-標準骨格筋率群, S-H群: 標準身長-高骨格筋率群, H-H群: 高身長-高骨格筋率群。  
 同じ記号同士に有意差あり,  $p < 0.05$ 。

表 2 被験者の食後血糖値変動

	米飯のみ		野菜ジュース＋米飯		
	上昇量 (mg/dL) <sup>1)</sup>	上昇率 (%) <sup>2)</sup>	上昇量 (mg/dL) <sup>1)</sup>	上昇率 (%) <sup>2)</sup>	抑制率 (%) <sup>3)</sup>
S-S群	83.4 ± 11.1 <sup>a</sup>	98.6 ± 21.0 <sup>d</sup>	52.3 ± 21.0 <sup>a</sup>	60.0 ± 23.4 <sup>d</sup>	35.8 ± 29.5
S-H群	68.4 ± 17.0 <sup>b</sup>	81.2 ± 23.3 <sup>e</sup>	46.6 ± 14.5 <sup>b</sup>	54.0 ± 18.3 <sup>e</sup>	26.0 ± 33.1
H-H群	56.8 ± 10.8 <sup>c</sup>	66.0 ± 12.8 <sup>f</sup>	42.3 ± 8.4 <sup>c</sup>	48.4 ± 10.8 <sup>f</sup>	24.6 ± 14.1

平均値 ± 標準偏差

\*p<0.05, および同じ記号同士に有意差あり (p<0.05)

S-S群: 標準身長-標準骨格筋率群 (n=9), S-H群: 標準身長-高骨格筋率群 (n=8), H-H群: 高身長-高骨格筋率群 (n=8)

1) 血糖最大値-初期値

2) (血糖最大値-初期値)/初期値 × 100

3) [(米飯のみ摂取時の上昇量) - (野菜ジュース＋米飯摂取時の上昇量)] / (米飯のみ摂取時の上昇量) × 100

一方、野菜ジュースと米飯を摂取した場合、食後血糖値は3群とも30分後に最大となった。また米飯のみ摂取の場合に比べて血糖値上昇は3群とも有意に抑制され、群間の有意差は消失した(図1-B)。特にS-S群は約36%の高い抑制率を示し、血糖値上昇量は約30mg/dL、上昇率は約40%減少した(表2)。

### 3.3 身体活動量

被験者の身体活動状況を表3に示した。現在の運動部活動における運動量はS-H群が低く、H-H群との間に有意差が認められた。その他の項目に有意差は認められなかったが、通学運動量はS-H群が高い傾向にあり、立位アルバイト時間と身体活動レベル(計算値、区分採択値とも)はS-S群がやや低い傾向にあった。

### 3.4 生活習慣

被験者の食習慣、ダイエット経験等についてのアンケート結果を表4に示した。いずれの項目にも3群間に有意差は認められなかったが、食習慣においてはS-S群が朝食を抜くこと、食事をとる時刻が変動すること、および満腹になるまで食べるが多いという傾向にあった。また、食べるスピードはH-H群が速い傾向、ダイエット実施回数はS-H群が多い傾向、冷え性の自覚はS-S群が高い傾向にあった。

### 3.5 全身骨格筋率と身体活動量、食習慣等の相関

被験者の全身骨格筋率と朝食を摂る頻度との間に有意な相関が認められ、朝食を摂る頻度の高い者ほど全身骨格筋率が高いという結果が得られた(表5)。他の項目には有意な相関は認められなかったが、通学運動量および現在の運動部活動における運動量はEx値が高いほど、また満腹になるまで食べるが少ないほど全身骨格筋率が高い傾向にあった。

### 3.6 栄養素等摂取状況

被験者のエネルギーおよび三大栄養素摂取量を表6に示した。いずれの項目にも有意差は認められなかったが、3群とも炭水化物摂取量は目標量であるC/E比50~65%の範囲内であった反面、脂質摂取量は目標量のF/E比20~30%を超えていた。またいずれの群もエネルギー不足であった。



表3 被験者の身体活動状況

	通学		現在の運動部活動				過去の運動部活動			所属年数		立位アル		身体活動レベル		テレビ パソコン スマホ 時間 <sup>3)</sup>
	運動量 (Ex/片道)	運動量 (Ex/週)	運動量 (Ex/週)	所属月数 (月)	小学校 (年)	中学校 (年)	高校 (年)	小学校 (年)	中学校 (年)	高校 (年)	バイト (Ex/週)	計算値 <sup>1)</sup> (Af)	区分 採択値 <sup>2)</sup>			
S-S群	0.7±0.9	17.3±14.1	26.4±15.0	2.9±1.4	2.3±1.2	2.0±1.4	37.8±23.6	2.01±0.55	2.22±0.79	2.6±0.7						
S-H群	1.4±1.1	11.2±12.0	12.8±17.9	3.3±2.2	2.3±1.3	2.3±1.3	39.8±21.8	2.25±0.67	2.38±0.70	2.6±0.7						
H-H群	0.8±0.5	33.1±19.6	31.0±14.2	3.0±1.8	2.6±1.0	1.9±1.5	40.1±20.9	2.35±0.60	2.75±0.43	2.8±0.4						
平均値±標準偏差																

S-S群：標準身長-標準骨格筋率群(n=9), S-H群：標準身長-高骨格筋率群(n=8), H-H群：高身長-高骨格筋率群(n=8)  
\*p<0.05

1) エクセル栄養君FFQgによる計算値, Af: Activity factor

2) エクセル栄養君FFQgによる計算値, 身体活動レベルI~IIIを, I:1, II:2, III:3と数値化

3) 1:1時間未満, 2:1~2時間, 3:3~4時間, 4:5時間以上(1日あたり)と数値化

表 4 被験者の食習慣，ダイエット経験等

	朝食はかならず 食べている	朝食をとる時刻 はいつも一定	食事は満腹に なるまで食べ ることが多い	食べるスピード は速い	現在～過去の ダイエット 実施回数	冷え性か
	1:はい 2:だいたい 3:いいえ	1:はい 2:だいたい 3:いいえ	1:はい 2:いいえ	1:早い 2:普通 3:遅い	回	1:はい 2:いいえ
S-S 群	2.4±0.7	2.7±0.5	1.1±0.3	2.1±0.7	1.7±1.7	1.4±0.5
S-H 群	2.3±0.7	2.4±0.7	1.3±0.4	2.1±0.8	2.5±1.4	1.6±0.5
H-H 群	1.8±0.8	2.5±0.5	1.4±0.5	1.5±0.5	0.9±0.9	1.6±0.5

平均値±標準偏差

S-S 群：標準身長-標準骨格筋率群(n=9)，S-H 群：標準身長-高骨格筋率群(n=8)，H-H 群：高身長-高骨格筋率群(n=8)

表 5 被験者の全身骨格筋率と身体活動量および食習慣等の相関 (n=25)

[身体活動量]									
通学 運動量	現在の運動 部活動・ 運動量	現在の運動 部活動・ 所属月数	小学校～高校の 運動部活動・ 所属総年数	立位アールバ イト時間	身体活動レベル・ 計算値 <sup>1)</sup>	身体活動レベル・ 区分採択値 <sup>2)</sup>	テレビ, パソコン, スマホ時間		
Ex/片道	Ex/週	月	年	Ex/週	Af	1: I 2: II 3: III	1: 1 時間未満 2: 1-2 時間 3: 3-4 時間 4: 5 時間以上		
0.2640	0.2375	-0.0232	0.0472	0.0691	0.1403	0.1356	-0.0203		
[食習慣等]									
朝食はかならず 食べている	食事をとる時刻は いつも一定	食事をとる時刻は	食事は満腹になるまで 食べる人が多い	食べるスピードは 速い	食べるスピードは	現在～過去のダイエット 実施回数	冷え性か		
1: はい 2: だいたい 3: いいえ	1: はい 2: だいたい 3: いいえ	1: はい 2: だいたい 3: いいえ	1: はい 2: いいえ	1: 早い 2: 普通 3: 遅い	1: 早い 2: 普通 3: 遅い	回	1: はい 2: いいえ		
-0.4873*	-0.1178	0.3595	-0.1472	-0.1695	0.1852				

\*p<0.05, 数値は全身骨格筋率との相関係数を示す

1) エクセル栄養君 FFQg による計算値, Af: Activity factor

2) エクセル栄養君 FFQg による計算値, 身体活動レベル I～III を, I:1, II:2, III:3 と数値化

表 6 被験者の栄養素等摂取状況

	炭水化物		タンパク質		脂質	
	摂取量 (g/日)	C/E比 (%)	摂取量 (g/日)	P/E比 (%)	摂取量 (g/日)	F/E比 (%)
エネルギー (kcal/日)						
S-S群	1443±367	53.9±9.0	48.1±15.3	13.3±2.1	52.1±16.1	32.8±7.5
S-H群	1359±414	53.1±4.3	44.4±15.1	13.0±1.3	50.2±13.8	33.9±4.5
H-H群	1779±335	55.3±7.0	58.0±15.6	12.8±2.1	64.3±16.9	31.9±4.9
摂取 基準値	S-S群:2022±282 <sup>1)</sup> S-H群:2063±183 <sup>1)</sup> H-H群:2400±123 <sup>1)</sup>	50～65% <sup>2)</sup>	40 <sup>3)</sup> 50 <sup>4)</sup>	13～20% <sup>2)</sup>		20～30% <sup>2)</sup>

平均値±標準偏差

S-S群：標準身長-標準骨格筋率群 (n=9), S-H群：標準身長-高骨格筋率群 (n=8), H-H群：高身長-高骨格筋率群 (n=8)  
C/E比：炭水化物エネルギー比, P/E比：タンパク質エネルギー比, F/E比：脂質エネルギー比

- 1) エクセル栄養君 FFQgによる計算値
- 2) 日本人の食事摂取基準(2015版)による18～69歳(男女共通)のエネルギー産生栄養素バランスにおける目標量
- 3) 日本人の食事摂取基準(2015版)による推定平均必要量
- 4) 日本人の食事摂取基準(2015版)による推奨量

#### 4. 考察

本研究の被験者を体格において S-S 群, S-H 群, H-H 群の 3 群に分けた結果, S-S 群は他の 2 群より体脂肪率が有意に高かった。15 歳以上女性の体脂肪率は 30%以上で軽度肥満と判定されることから<sup>13)</sup>, S-S 群の体脂肪率 27.1%は肥満ではないものの, BMI が 20.6 kg/m<sup>2</sup>であることを考慮すると高めといえるかもしれない。また, S-S 群は他の 2 群より全身骨格筋率が有意に低かった。食後血糖値上昇には体格が関与することが報告されている。中島・笠間<sup>9)</sup>は, 健常日本人若年者を対象に検討した結果, 食後血糖値は女性の方が有意に高く, これは女性が男性よりも低身長・低体重であり, 骨格筋量が少ないことに由来する可能性があるとして述べている。

一方, 芳野・平野<sup>14)</sup>は食後血糖値について, 75 g OGTT で 2 時間値 140 mg/dL 未満の場合正常型とされるが, 日常生活で毎朝 75 g のブドウ糖のみを朝食代わりに摂取する人は存在しないため, OGTT の 2 時間値を食後 2 時間値の替わりとするのは日常臨床では理にかなっておらず, さらに日本人の同一人物で OGTT と一般食 (テストミール) を比較した場合, OGTT の 2 時間目の血糖のピークは通常の食事では 1 時間目に対応すると述べている。そこで本研究では, OGTT ではなく米飯摂取による方法を用い, 摂取 2 時間後までの血糖値を測定した。

3 群の食後血糖値の推移を見ると, 米飯のみ摂取時, S-S 群の食後血糖値上昇は特に急激であり, 30 分後の血糖値は他の 2 群より有意に高かった。H-H 群の血糖値ピークの低さは, 体格の大きい H-H 群が他の 2 群と同じ米飯量であったことによる可能性もあるが, S-S 群は S-H 群と比較しても食後血糖値の上昇量, 上昇率ともに高かった (有意差なし)。これは S-S 群の全身骨格筋率の低さによるものと考えられる。

血糖値と骨格筋量との関連については, 体脂肪量増加に伴う筋肉量の低下が食後血糖値の上昇に関与する<sup>15)</sup>, 低筋肉量は 2 型糖尿病に関連する<sup>16)17)</sup>, 糖尿病でない日本人男女の骨格筋量の減少は膵β細胞機能低下と関連している<sup>18)</sup>などの報告が見られる。一方, 石原ら<sup>19)</sup>は骨格筋の筋線維タイプについて, インスリン抵抗性やグルコース代謝と骨格筋における筋線維タイプの割合には密接な関連が認められ, 2 型糖尿病患者の骨格筋では有酸素的な代謝能力に劣る type IIB 線維の割合が高く, さらに一定量の持久運動は有酸素的な代謝を向上させ, 骨格筋の type I 線維や type IIA 線維を増加させると述べている。

また体脂肪との関連については, BMI の変化に関わらず体脂肪率の減少により血糖高値が有意に改善したことから, 体脂肪率の測定が有用であること<sup>20)</sup>, また, 内臓脂肪面積は皮下脂肪面積よりも空腹時インスリン値 (F-IRI) との相関が強かったが, 重回帰分析では内臓脂肪・皮下脂肪の合計である総脂肪面積が F-IRI の最も強い規定因子となったことか

ら、皮下脂肪も含めてインスリン抵抗性を考える必要性があること<sup>21)</sup>が報告されている。

身長との関連については、妊娠糖尿病である白人女性は健常な妊婦より有意に低身長であったという報告<sup>22)</sup>、米国の一般的な成人集団において、脚の長さと言長の比がインスリン抵抗性および2型糖尿病に関連しており、さらに女性においては肥満にも関連していたという報告<sup>23)</sup>がみられる。

また、本研究の3群ではBMIに有意差は認められなかったが、BMIの増加は2型糖尿病の発症リスクになり、これは白人に比べてアジア人で顕著である<sup>24)</sup>、BMIがF-IRIに最も影響する因子の1つである<sup>25)</sup>、健常男性における若干の低体重者(BMI 18.97±0.20 kg/m<sup>2</sup>)も肥満者と同様に耐糖能が低かった<sup>26)</sup>、などの報告も見られ、体重やBMIを適正に保つ必要性が示唆されている。

一方、Kasuya *et al.*<sup>27)</sup>は、野菜ジュースを米飯摂取の60分前、30分前、15分前の各時間帯に摂取させて血糖値を測定した結果、30分前の摂取が最も血糖値上昇を抑制したと報告している。そこで本研究では、米飯摂取の30分前に野菜ジュースを摂取させ、血糖値の推移を観察した。その結果、米飯のみ摂取時と比較して血糖値上昇は有意に抑制され、群間の有意差は消失した。

血糖値上昇抑制は野菜ジュースに含まれる食物繊維の効果と考えられる。岡村ら<sup>28)</sup>は2型糖尿病入院患者において食後血糖値を抑制する栄養素として最も影響を及ぼすのは食物繊維であると報告している。また高岸ら<sup>29)</sup>は20～50歳代男性を調査した結果、食物繊維摂取量は耐糖能異常や空腹時血糖異常を有する群において血糖値正常群よりも少なかったと報告している。他にも、野菜サラダの米飯摂取前の摂取<sup>30)31)</sup>、難消化性デキストリン配合米菓<sup>32)</sup>、小麦ふすま添加稲庭うどん<sup>33)</sup>、納豆<sup>34)</sup>などの食後血糖値上昇抑制効果が報告されている。

一方、野菜や食物繊維等の摂取による食後血糖値上昇抑制効果と若年女性の体格差との関連を調べた報告は見当たらない。本研究の結果より、米飯摂取30分前の野菜ジュースの摂取により、いずれの群も食後血糖値の上昇は米飯のみ摂取時に比べて有意に抑制されるが、その抑制率はS-S群、S-H群、H-H群の順に高く、S-S群の食後血糖値変動はH-H群と同程度になることが明らかとなった。これは身長や骨格筋率が高くない女性にとって有用な知見といえる。骨格筋は筋肉トレーニングにより増やすことが可能であるが、身長は遺伝的要素が強い上、成長期以降の伸長は望めない。しかし、食事30分前の野菜ジュース摂取により、高身長・高骨格筋率の者と同程度の食後血糖値変動にとどまることは、女性の血糖コントロール、すなわち肥満、糖尿病、動脈硬化などの生活習慣病予防に有益であると考えられる。

その一方で、本研究のS-S群、S-H群、H-H群の食物繊維摂取量(総量)はそれぞれ8.70

±2.55 g, 8.26±2.63 g, 10.5±3.27 g (有意差なし, データは示していない) と, 日本人の食事摂取基準 (2015 年版)<sup>12)</sup> における食物繊維摂取目標量 18 g/日 (18~29 歳女性) の半分程度の値であった。このことから, 食べる順番だけでなく食物繊維の摂取量自体を増やすことが望まれる。

さらに本研究では, 全身骨格筋率に影響を及ぼす生活習慣について調査を行った。その結果, 身体活動においては, 通学運動量または現在の運動部活動における運動量が多く, 全体的に身体活動レベルが高い傾向にある者が全身骨格筋率が高い傾向にあった。この点について Pearson の相関係数では, 有意差は認められなかったものの通学運動量および現在の運動部活動における運動量は全身骨格筋率と正の相関を示していた。その反面, 小学校から高校までの運動部活動所属総年数には全身骨格筋率との相関が認められなかった。

健康づくりのための身体活動基準 2013<sup>35)</sup> によると, 18~64 歳の身体活動 (生活活動・運動) の基準として, 「強度が 3 METs 以上の身体活動を 23 METs・時/週 (23 Ex/週) 行う。」とされている。本研究の被験者が現在行っている運動部活動はいずれも 4 METs 以上であったが (データは示していない), 週当たりの活動日数が少ない者も多く, 週に 23 Ex を超えていたのは H-H 群のみであった。しかし, FFQg により算出された 3 群の身体活動レベル計算値 (Af) は 2.01~2.35 と「高い (Af 1.90~2.20)」の範疇であり, また身体活動レベル区分採択値は 2.22~2.75 と II~III に該当する活動量であった。これは運動部活動に加え, 被験者の日常の活動量が高いことによるものと推察される。

運動習慣の血糖値への影響に関しては, 20~50 歳代男性において, 通勤歩行時間や運動時間など日常活動量の低下が糖負荷後 2 時間血糖値の上昇と有意な相関があった<sup>15)29)</sup>, 糖尿病および糖尿病境界型患者において, 週に 3 日以上運動している人の HbA1c 値は週に 3 日未満の人より低い傾向にあった<sup>36)</sup> など, 運動習慣の有効性を示した報告は多いが, その一方で, 週 2 日運動する習慣のある男性では有意に F-IRI が低下したものの週 3 日以上では差がなく, さらに女性では運動習慣の有無で全く差が認められなかった<sup>25)</sup>, 運動は中高年男性で血糖値異常抑制の独立因子となったが, 若年男性や女性では有意な因子にならなかった<sup>37)</sup> などの報告もみられ, 運動量やその対象については検討の余地がある。

また, 食習慣においては, H-H 群が朝食を摂る頻度が高かった。朝食の頻度は Pearson の相関係数においても全身骨格筋率と有意な相関を示し, 摂取頻度が高いほど全身骨格筋率が高いことが示された。朝食を抜くと前日夕食から 12 時間以上食事間隔があくことになり, 血糖値維持のための糖新生に骨格筋タンパク質が使われ消耗することがその理由であると考えられる。また朝食抜きについては, その後の食事におけるインスリン値上昇<sup>38)</sup>, 高インスリンおよび高遊離脂肪酸反応, 飢餓感の増加, 満腹感の低下<sup>39)</sup>, BMI の増加<sup>40)</sup>, 24 時間の平均血糖値の上昇<sup>41)</sup>, などに関与することが報告されている。一方, 朝食の欠食回数

については、20～50歳代男性における血糖値正常群ほどの年代においても約2回/週の欠食であったのに対し、耐糖能異常や空腹時血糖異常を有する者はどの年代も週の半数以上欠食していたと報告されている<sup>29)</sup>。

朝食を食べた場合、昼食後(2回目の食事後)の血糖値が朝食後より低くなる現象を **second meal phenomenon** というが、これは2回目の食事がヒトの骨格筋におけるグリコーゲン合成促進に関与することによる。すなわち夜間の絶食中に血漿中に増加する遊離脂肪酸(NEFA)は、筋肉へのグルコース輸送を抑制することによりインスリン抵抗性を誘発し、筋グリコーゲン合成の速度を低下させるが、朝食摂取により分泌されるインスリンが血漿NEFAを抑制することにより、昼食後の糖代謝を促進して筋肉中のグリコーゲン貯蔵を増大させることが示唆されている<sup>42)</sup>。従って、血液中のNEFAが多くインスリン感受性が低下した状態で多めの食事を摂ることは食後高血糖を誘発しやすいと考えられ<sup>1)</sup>、このことから朝食を抜き昼食で食べ過ぎるような食生活は改善する必要がある。

また、朝食を抜く傾向にある者ほど「食事は満腹になるまで食べる」傾向にあった。朝食を抜くと空腹感が高まることからその後の食事で食べ過ぎると考えられ、食後高血糖や肥満のリスクが高まる。S-S群は体脂肪率が他の2群に比べてやや高いが、このような食習慣が影響している可能性が考えられる。また、「腹八分目を心掛けている」者は、それについて「あまり考えない」者や「腹いっぱい食べる」者に比べHbA1cが低い傾向にあったという報告も見られる<sup>36)</sup>。

一方、「食べるスピード」は、有意差は認められなかったもののH-H群が速い傾向にあった。自己評価に基づく「早食い」習慣は、耐糖能異常や2型糖尿病の危険因子になる<sup>43)</sup>と報告されていることから、改善が望まれる食習慣である。また、現在～過去のダイエット実施回数は、弱いながらも全身骨格筋率と負の相関が認められ、ダイエットは筋肉を減少させる可能性があることが改めて示された。

一方、3群の栄養素等摂取状況においては、エネルギーおよび三大栄養素の摂取量に有意差は認められなかった。エネルギー摂取量は、FFQgにより算出されたS-S群、S-H群、H-H群それぞれのエネルギー摂取基準値に比べ、いずれも600～700kcal程度不足していた。すなわち、3群の炭水化物摂取量はC/E比54%前後と基準範囲内であるように見受けられるが、摂るべきエネルギー量から算出したC/E比50%の炭水化物量はそれぞれ253g、258g、300gとなり、67～86gの不足であった(データは示していない)。一方、タンパク質は3群とも18～29歳の推定平均必要量である40gを超えていたが、推奨量の50gを超えていたのはH-H群のみであった。しかし、H-H群はP/E比が12.8%と13%をやや下回っていた。その反面、脂質摂取量は3群ともF/E比で30%を超えていた。以上のように、本研究の3群はいずれも栄養素摂取状況を改善する必要がある。



以上、本研究により、若年女性における米飯摂取 30 分前の野菜ジュースの摂取は食後血糖値上昇を有意に抑制し、米飯のみ摂取の場合に食後血糖値が高かった群ほど、すなわち身長や全身骨格筋率が高くない群ほど高い抑制率を示すという興味深い知見が得られた。また全身骨格筋率を高く維持する生活習慣については、日常の身体活動量を上げることに加え、朝食の摂取が重要である可能性が示唆された。

一方、本研究の被験者は 25 名にとどまったことから、今後はさらに多くの被験者で検討すること、また本研究は全身骨格筋率が標準および高い群が対象であったが、低い群も対象に加えて検討することが必要であると考えられた。

## 謝辞

本研究にご協力いただいた金沢大学女子学生の皆様に深謝申し上げます。

## 文献

- 1) 永井義夫, 田中 逸 (2014) 食事と食後高血糖の関連をみる一食事療法による食後高血糖是正の実際 - . *Life Style Medicine* **8**: 27-32.
- 2) 諸岡俊文, 野出孝一 (2014) 糖尿病と大血管障害. 診断と治療 **102**: 1375-9.
- 3) Brown DC, Byrne CD, Clark PM, Cox BD, Day NE, Hales CN, Shackleton JR, Wang TW, Williams DR (1991) Height and glucose tolerance in adult subjects. *Diabetologia* **34**: 531-3.
- 4) Janghorbani M, Amini M (2008) Effects of gender and height on the oral glucose tolerance test: the Isfahan diabetes prevention study. *Rev Diabet Stud* **5**: 163-70.
- 5) Faerch K, Borch-Johnsen K, Vaag A, Jorgensen T, Witte DR (2010) Sex differences in glucose levels: a consequence of physiology or methodological convenience? The Inter99 study. *Diabetologia* **53**: 858-65.
- 6) Kautzky-Willer A, Brazzale AR, Moro E, Vrbikova J, Bendlova B, Sbrignadello S, Tura A, Pacini G (2012) Influence of increasing BMI on insulin sensitivity and secretion in normotolerant men and women of a wide age span. *Obesity (Silver Spring)* **20**: 1966-73.
- 7) Faerch K, Pacini G, Nolan JJ, Hansen T, Tura A, Vistisen D (2013) Impact of glucose tolerance status, sex, and body size on glucose absorption patterns during OGTTs. *Diabetes Care* **36**: 3691-7.
- 8) Anderwald C, Gastaldelli A, Tura A, Krebs M, Promintzer-Schifferl M, Kautzky-Willer A, Stadler M, DeFronzo RA, Pacini G, Bischof MG (2011) Mechanism and effects of glucose absorption during an oral glucose tolerance test among females and males. *J Clin Endocrinol Metab* **96**: 515-24.
- 9) 中島英洋, 笠間基寛 (2013) 健常日本若年成人における食後血糖値変動の男女差の検討. 大阪青山大学紀要 **6**: 7-15.
- 10) 国立健康・栄養研究所 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』(2012 年 4 月 11 日改訂), <http://www0.nih.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf> (2017 年 4 月 28 日閲覧)
- 11) オムロンヘルスケア株式会社, <http://www.healthcare.omron.co.jp/product/hbf/guide/02.html> (2017 年 4 月 28 日閲覧)

- 12) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」(2015年版), [http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/kenkou/eiyousyokujikijyun.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/kenkou/eiyousyokujikijyun.html) (2017年4月28日閲覧)
- 13) 日本肥満学会編集委員会編(2001)肥満・肥満症の指導マニュアル<第2版>, p5, 医歯薬出版, 東京.
- 14) 芳野 原, 平野 勉(2009)食後高血糖のターゲットは食後2時間でよいのか? 糖尿病 **52**:267-70.
- 15) 高岸和子, 奥田豊子, 玉置まどか(2010)50歳代男性の耐糖能異常者における糖負荷試験後の血糖値に影響する食生活・生活習慣の要因. 日本家政学会誌 **61**:339-47.
- 16) Kim KS, Park KS, Kim MJ, Kim SK, Cho YW, Park SW(2014) Type 2 diabetes is associated with low muscle mass in older adults. *Geriatr Gerontol Int* **14**:115-21.
- 17) Son JW, Lee SS, Kim SR, Yoo SJ, Cha BY, Son HY, Cho NH(2017) Low muscle mass and risk of type 2 diabetes in middle-aged and older adults: findings from the KoGES. *Diabetologia* **19**: doi: 10.1007/s00125-016-4196-9.
- 18) Sakai S, Tanimoto K, Imbe A, Inaba Y, Shishikura K, Tanimoto Y, Ushiroyama T, Terasaki J, Hanafusa T(2016) Decreased  $\beta$ -cell function is associated with reduced skeletal muscle mass in Japanese subjects without diabetes. *PLoS One* **11**: e0162603.
- 19) 石原昭彦, 安田浩一郎, 津田謹輔(2008)糖尿病と骨格筋. 糖尿病 **51**:459-63.
- 20) 和田高士, 福元 耕, 池田義雄(1999)体脂肪率減少が動脈硬化危険因子に及ぼす効果. 日本総合健診医学会誌 **26**:128-33.
- 21) 丸山美江, 福井敏樹, 吉鷹寿美江, 山内一裕, 安田忠司, 安部陽一, 深見孝治(2009)内臓脂肪だけでなく皮下脂肪もインスリン抵抗性に関与する. 人間ドック **24**:146-50.
- 22) Ogonowski J, Miazgowski T(2010) Are short women at risk for gestational diabetes mellitus? *Eur J Endocrinol* **162**:491-7.
- 23) Asao K, Kao WHL, Baptiste-Roberts K, Bandeen-Roche K, Erlinger TP, Brancati FL(2006) Short stature and the risk of adiposity, insulin resistance, and type 2 diabetes in middle age. The third national health and nutrition examination survey (NHANES III), 1988-1994. *Diabetes Care* **29**:1632-7.
- 24) 一般社団法人日本糖尿病学会「糖尿病診療ガイドライン2016」, p40-1, <http://www.fa.kyorin.co.jp/jds/uploads/GL2016-03.pdf> (2017年4月28日閲覧)
- 25) 福井敏樹, 吉鷹寿美江, 山本由美子, 綾田陽子, 安田忠司(2007)生活習慣は本当にインスリン抵抗性に影響を与えるか. 人間ドック **22**:51-8.
- 26) Jauch-Chara K, Schmoller A, Oltmanns KM(2011) Impaired glucose tolerance in healthy men with low body weight. *Nutr J* **10**: doi: 10.1186/1475-2891-10-16.
- 27) Kasuya N, Okuyama M, Yoshida K, Sunabori S, Suganuma H, Murata I, Inoue Y, Kanamoto I(2016) Prior or concomitant drinking of vegetable juice with a meal attenuates postprandial blood glucose elevation in healthy young adults. *FNS* **7**: 797-806.
- 28) 岡村吉隆, 南野幸生, 前田朱音, 村上多永子, 林奈津美, 山内美佳(2012)2型糖尿病入院患者の食後血糖値に影響を及ぼす栄養素等の要因. 千里金蘭大学紀要 **9**:77-82.
- 29) 高岸和子, 奥田豊子, 玉置まどか(2010)50歳代男性の耐糖能異常者における食生活・生活習慣の特徴. 日本家政学会誌 **61**:277-86.
- 30) 金本郁男, 井上 裕, 守内 匡, 山田佳枝, 居村久子, 佐藤眞治(2010)低 Glycemic Index 食の摂取順序の違いが食後血糖プロファイルに及ぼす影響. 糖尿病 **53**:96-101.

- 31) 今井佐恵子, 松田美久子, 藤本さおり, 宮谷秀一, 長谷川剛二, 福井道明, 森上眞弓, 小笹寧子, 梶山静夫 (2010) 糖尿病患者における食品の摂取順序による食後血糖上昇抑制効果. *糖尿病* **53**: 112-5.
- 32) 山崎祥史, 福田真一, 白石浩荘, 泉 康雄 (2006) 難消化性デキストリンを配合した米菓の摂取が健常成人の食後血糖値に与える影響—米菓 80kcal 摂取における検討—. *生活衛生* **50**: 84-8.
- 33) 木村京子, 月山克史, 佐々木司郎, 大久保俊治, 市丸雄平 (2016) 小麦ふすまが食後血糖・インスリンに及ぼす影響. *日本農村医学会雑誌* **65**: 25-33.
- 34) 石川篤志, 岸 幹也, 山上圭吾 (2009) 納豆, 大豆が健常成人の食後血糖値に与える影響. *生活衛生* **53**: 257-60.
- 35) 厚生労働省「健康づくりのための身体活動基準 2013」, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf> (2017年4月28日閲覧)
- 36) 野澤明子, 大沢 功, 稲勝理恵, 山本真矢, 佐藤祐造 (2003) 糖尿病外来患者の生活習慣—一般内科診療所での調査より—. *糖尿病* **46**: 155-9.
- 37) 金 大成, 大櫛陽一, 山田敏雄, 小池陽子, 豊田雅夫, 鈴木大輔 (2007) 空腹時血糖異常に影響する因子に関するコホート研究. *総合健診* **34**: 623-9.
- 38) Farshchi HR, Taylor MA, Macdonald IA (2005) Deleterious effects of omitting breakfast on insulin sensitivity and fasting lipid profiles in healthy lean women. *Am J Clin Nutr* **81**: 388-96.
- 39) Thomas EA, Higgins J, Bessesen DH, McNair B, and Cornier MA (2015) Usual breakfast eating habits affect the response to breakfast skipping in overweight women. *Obesity (Silver Spring)* **23**: 750-9.
- 40) Szajewska H, Ruszczynski M (2010) Systematic review demonstrating that breakfast consumption influences body weight outcomes in children and adolescents in Europe. *Crit Rev Food Sci Nutr* **50**: 113-9.
- 41) Kobayashi F, Ogata H, Omi N, Nagasaka S, Yamaguchi S, Hibi M, Tokuyama K (2014) Effect of breakfast skipping on diurnal variation of energy metabolism and blood glucose. *Obes Res Clin Pract* **8**: e249-57.
- 42) Jovanovic A, Levertone E, Solanky B, Ravikumar B, Snaar JEM, Morris PG, Taylor R (2009) The second-meal phenomenon is associated with enhanced muscle glycogen storage in humans. *Clin Sci* **117**: 119-27.
- 43) 戸塚久美子, 前野貴美, 齋藤和美, 谷内洋子, 菅原歩美, 佐藤睦美, 西垣結佳子, 齋藤あき, 小野幸雄, 内藤隆志, 曾根博仁 (2008) 早食い習慣は糖尿病を含む耐糖能異常発症のリスクファクターである. *日本末病システム学会雑誌* **14**: 195-8.

# Effects of Somatotype of Younger Women on Postprandial Elevation of Blood Glucose Level

Naoko TERASAWA<sup>†</sup>    Yasuhiro KINOSHITA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Department of Human Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, 920-1192 Japan

<sup>‡</sup> School of Regional Development Studies, College of Human and Social Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, 920-1192 Japan

E-mail: <sup>†</sup> terasawa@staff.kanazawa-u.ac.jp, <sup>‡</sup> k-yasuhiro@stu.kanazawa-u.ac.jp

## Abstract

Twenty-five female college students (average age,  $20.7 \pm 1.3$  years) were classified into the following three groups based on somatotype: the Standard height–Standard total body skeletal muscle percentage (S–S) group, the Standard height–High total body skeletal muscle percentage (S–H) group, and the High height–High total body skeletal muscle percentage (H–H) group. The total body skeletal muscle percentage of the S–S group was significantly lower than that of the other two groups. However, no significant difference was observed in the body mass index between the three groups. At 30 min after rice intake, a significantly higher postprandial elevation of blood glucose level was observed in the S–S group compared with that of the other two groups; this was significantly reduced by vegetable juice intake 30 min before rice intake in all the three groups, and no significant differences were observed in the postprandial elevation of blood glucose level between the three groups resulting from vegetable juice intake before rice intake. Regarding lifestyle, those in the S–S group tended to have low physical activity levels, skip breakfast, have fluctuating mealtimes, and overeat; however, no significant differences were observed between the three groups. On the contrary, significant positive correlations were observed between breakfast intake and total body skeletal muscle percentage.

**Keyword** younger woman, somatotype, postprandial elevation of blood glucose level, lifestyle