

食事が血糖値に及ぼす影響

－米飯食とパン食の差－

Effect of Meals on Blood Glucose Level : Difference between Rice and Bread

内田 あや, 大橋 美佳, 中村 美保, 松田 秀人
Aya UCHIDA, Mika OHASHI, Miho NAKAMURA, Hideto MATSUDA

米飯食は伝統的な日本型食生活の中心であり、日本食は肥満や糖尿病食として推奨されている。米飯食が血糖コントロールの面から良い食品であるかをパン食と比較検討した。被験者は19～20歳の健康な女性35名で、被験食品（約350kcal）を10分間で摂取させた。空腹時、食後30分、60分、90分、120分の計5回指先より採血し血糖測定器で測定した。その結果、空腹時血糖値は全員110mg / dL未満で耐糖能異常者はいなかった。食後60分、90分、120分の米飯食の血糖値がパン食より有意に高かった。また、体脂肪率30%以上の被験者ではパン食と米飯食間での有意差はなく、30%未満では食後60分、90分、120分の米飯食の血糖値がパン食より有意に高かった。米飯食で比較すると体脂肪30%未満が30%以上に比べて食後30分値が有意に高かったが、パン食では有意差はなかった。体脂肪率30%以上の人には内臓脂肪によるインスリン抵抗性が惹起しているのではないかと考えられる。

Rice is a staple Japanese traditional food, and Japanese foods are recommended to prevent obesity and diabetes. To clarify whether or not rice is a good food from the aspect of controlling the blood glucose level, rice was compared with bread. The subjects were 35 healthy females aged 19 - 20. They consumed a test food (about 350kcal) for 10 minutes. Blood samples were collected from their finger tips five times in total, ; while fasting, and 30, 60, 90, and 120 minutes after the meal. Samples were measured by a blood glucose meter. The results showed less than 110mg/dL of the blood glucose level while fasting in all subjects, indicating no abnormal glucose tolerance. The blood glucose levels at 60, 90 and 120 minutes after rice meals were significantly higher than those after bread meals. No significant difference between bread and rice was found in the subjects with body fat percentage of 30% or higher. Blood glucose levels at 60, 90, and 120 minutes after rice meals were significantly higher in subjects with less than 30% fat. Only subjects who ate a rice meal being compared, the subjects with less than 30% fat showed significantly higher levels at 30 minutes after a meal in contrast to the subjects with 30% or higher fat, but no such significant difference was found with bread. It was speculated that insulin resistance might be induced by the visceral fat in subjects with body fat percentage of 30% or higher.

キーワード：血糖, 血糖測定器, 米飯食, パン食, 耐糖能異常

Blood glucose, Blood glucose meter, Rice, Bread, Abnormal glucose tolerance

表1 被験食品の栄養成分表示

| 被験食品 | 数量 | エネルギー (kcal) | たんぱく質 (g) | 炭水化物 (g) | 脂質 (g) |
|----------------------------------|-----------|-----------------|--------------|-------------|-----------|
| 「おにぎり」 (日高昆布、ジャパンフレッシュ) | 2個 あたり | 352 | 7.2 | 75.6 | 2.4 |
| 「レーズンフレッシュバターロール」 (フジパン、7個入り) | 3個 あたり | 354 | 8.7 | 59.4 | 9 |

I. 緒言

我が国では「ごはん」は永らく伝統的な主食として受け継がれてきた。しかし日本の経済的な豊かさが増すとともに食生活が大きく変化した。米の食事エネルギーに占める割合が昭和35年では48.3%であったのに対し平成15年には23.3%と減少した。畜産物の食事に占める割合は昭和23年では3.7%であるのに対し平成15年では15.4%へと増加した。国内で自給可能な米の消費量は減少した一方で、飼料や原料となる穀物の大部分を輸入に頼っている畜産物や油脂の消費量は増加したため、食糧自給率の低下が顕著に見られている¹⁾。平成18年食糧需給表によると食糧自給率がカロリーベースで39%、生産額ベースでは68%であり下降の一途を辿っており、米については前年度に比べて消費量が0.4kg減少(61.4kg→61.0kg)している²⁾。エネルギーや脂質の過剰摂取は、肥満やメタボリックシンドロームの原因に加えて耐糖能異常・2型糖尿病の原因となるため、米飯食を主食とした日本型食生活が推奨されている¹⁾。

一般に、肥満や糖尿病の治療食の主食には米飯が良いとされている。米は粒食なので精粉された小麦粉で作られているパンよりも、消化・吸収が緩やかで血糖値の上昇や下降が緩やかであり食後高血糖を起こしにくいと言われている³⁾。しかし本当に米飯は、血糖コントロールが良く肥満や糖尿病食の主食として適する食物なのだろうか。それを裏付けるヒトにおける研究データは少なく、機序・機構は明らかにされていない。

また、ヒトにおいて食品の三大栄養素の組成や、構成単糖の相違とでんぷん構造の違い(アミロース、アミロペクチン含量割合の違い)などが血糖応答に影響を及ぼし、特に食後の血糖や血漿インスリン濃度に影響を及ぼしているという報告がある^{4~6)}。そこでわれわれは、栄養素の組成とでんぷん構造の異なるパン食と米飯食に着目し食後血糖値の推移を試験研究するこ

とにした。

II. 対象と方法

1. 被験者

名古屋文理大学短期大学部2年生(19~20歳)の女性35名を被験者とした。被験者の中には糖尿病患者はいなかった。健康者で身体的な異常は認められなかった。身体測定を行い身長、体重、体脂肪率、腹囲を測定した。体脂肪の測定には、TANITA BODY FAT ANALYZER TBF-305を用いた。身長と体重よりBMIを算出した。

2. 被験食品(表1)

米飯食として市販の「おにぎり」(日高昆布、ジャパンフレッシュ)2個を、パン食として「レーズンフレッシュバターロール」(フジパン、7個入り)を3個摂取させた。

3. 実施方法(図1)

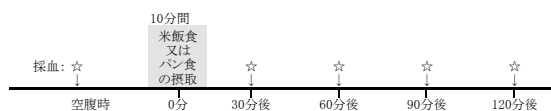


図1 プロトコル

被験者を無作為的に2群に分け、1群は米飯食、他はパン食を試験食品とした。一週間後に、交差試験を実施した。

①空腹時血糖値の測定

被験者は実施当日の朝食後絶食し、当日の午後1時に指先より自己採血して血糖測定器(メディセーフミニGR102)で測定し、それを空腹時血糖値とした。

②被験食品の摂取

表2 被験者の身体状況 (平均値±標準偏差)

| | 身長 (c m) | 体重 (k g) | B M I (k g / m ²) | 体脂肪率 (%) | 腹囲 (c m) |
|------------------|-----------|----------|-------------------------------|----------|----------|
| 全体 (n=35) | 156.9±5.9 | 51.4±6.8 | 20.9±2.5 | 25.9±4.6 | 69.5±6.1 |
| 体脂肪率30%未満 (n=26) | 157.4±6.3 | 49.1±5.9 | 19.8±1.6 | 23.7±2.9 | 67.7±4.8 |
| 体脂肪率30%以上 (n=9) | 155.7±4.6 | 58.3±4.5 | 24.1±1.6 | 32.2±1.5 | 74.2±6.9 |

摂取時間を一定にするために米飯、パンともに10分間で摂取させた。試験実施中は水分（ノンカロリー又は水）の摂取は自由とした。

③食後血糖値の測定

食後30分、60分、90分、120分に同様の方法で採血し血糖値測定を行った。

また、試験実施中は快適な空調を保ち、被験者は椅子に腰掛けて心身ともに安静にするよう努めた。

④血糖上昇下面積 (AUC) の算出

血糖値と時間で囲まれた面積を血糖上昇下面積 (AUC) とし台形公式で算出した。

⑤検定

得られたデータを Stat View5.0 (SAS) の統計ソフトで、Wilcoxon の符号付順位検定と Mann-Whitney の U 検定により検定した。

Ⅲ. 結果

1. 身体測定 (表2)

B M I の全体の平均値±標準偏差は20.9±2.5 (最高

27.5, 最低16.8) kg / m²で、以下同様に、体脂肪率は25.9±4.6 (最高35.0, 最低17.0) %, 腹囲は69.5±6.1 (最高88, 最低60) cmであった。被験者を肥満の定義により体脂肪率30%で区分すると、体脂肪率30%未満の被験者 (以下体脂肪率30%未満と略す。) は26名であり、体脂肪30%以上の被験者 (以下体脂肪率30%以上と略す。) は9名であった (表2)。体脂肪率30%未満と以上を比較すると腹囲に6.5 c mの差が見られ30%以上で有意に大きかった (P=0.0155)。

2. 耐糖能異常者の有無

空腹時の血糖値は全員110mg/dL 未満であり糖尿病の診断基準に抵触しなかった。

3. 米飯食とパン食摂取後の血糖値の推移 (図2, 表3)

検定の結果、食後60分 (p=0.0032), 90分 (p=0.0109), 120分 (p=0.0024) で米飯食の血糖値がパン食より有意に高かった。AUC も米飯食が有意に (p=0.0104) 大きかった。

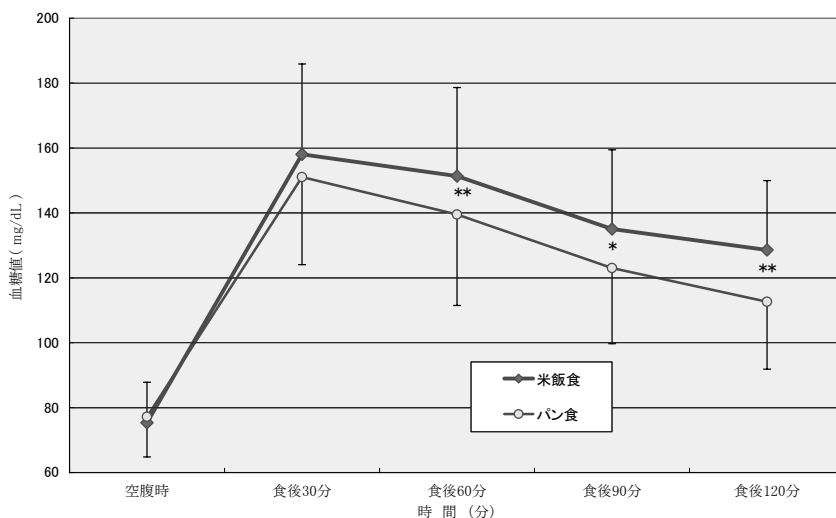


図2 米飯食とパン食摂取後の血糖値の推移 (全体)

表3 血糖上昇下面積 (AUC) (mg × min/ d L)

| | 体脂肪率 | | |
|-----|--------------------|-------------------------|--------------------|
| | 全体 | 30% 未満 | 30% 以上 |
| 米飯食 | 16380 ^a | 16905 ^{b, **c} | 15360 ^b |
| パン食 | 15270 ^a | 15345 ^{**c} | 14985 |

^{a~c} 同文字間で有意差あり * : p<0.05, ** : p<0.01

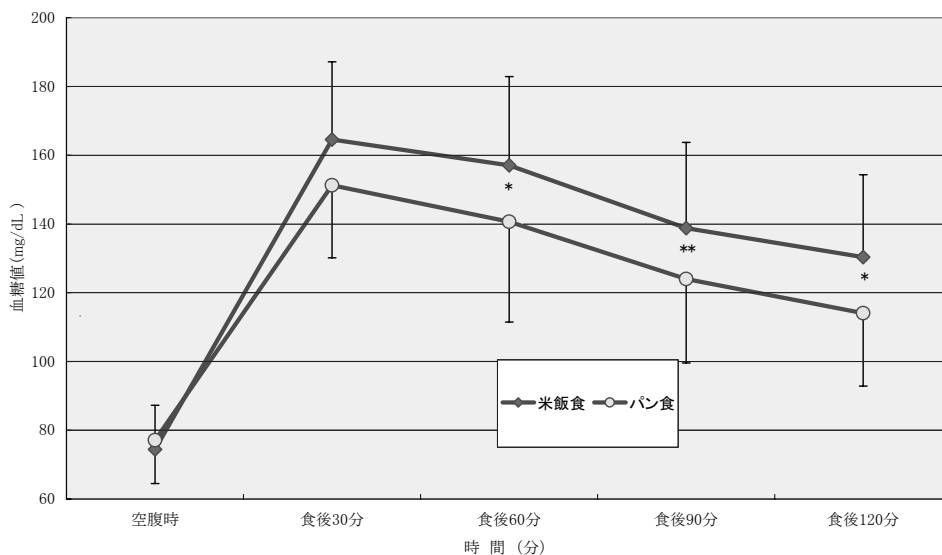


図3 米飯食とパン食摂取後の血糖値の推移 (体脂肪率30% 未満)

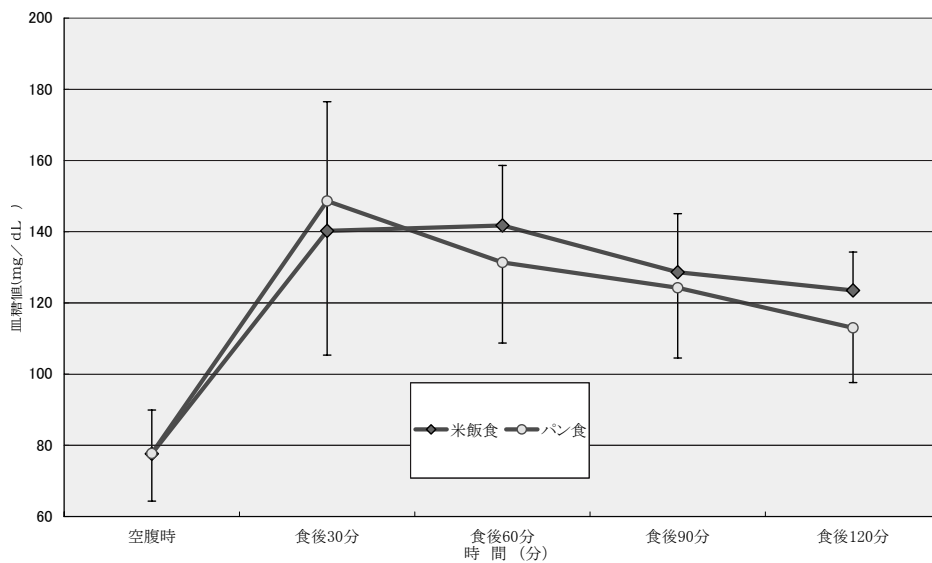


図4 米飯食とパン食摂取後の血糖値の推移 (体脂肪率30% 以上)

4. 血糖値の推移に及ぼす体脂肪率の影響

体脂肪率で分類すると、体脂肪率30%以上ではパン食と米飯食の血糖値推移に有意差はみられなかった。血糖値のピークはパン食では食後30分値の149±43mg/dL（平均値±標準偏差）米飯食では食後60分値の142±17mg/dLであり、摂取食品によってピーク時間に違いがみられた。

体脂肪率30%未満では米飯食がパン食より常に値

が高く食後60分、90分、120分で有意であった。血糖値のピークはパン食、米飯食ともに食後30分であり、それぞれ151±27mg/dL、165±23mg/dLであった（図3、図4、表3）。

摂取食品で分類すると、米飯食では、体脂肪30%未満が30%以上に比べて食後30分値が有意に高かった。血糖値のピークは体脂肪率30%未満では食後30分値の165±23mg/dLで、体脂肪率30%以上では食後60分

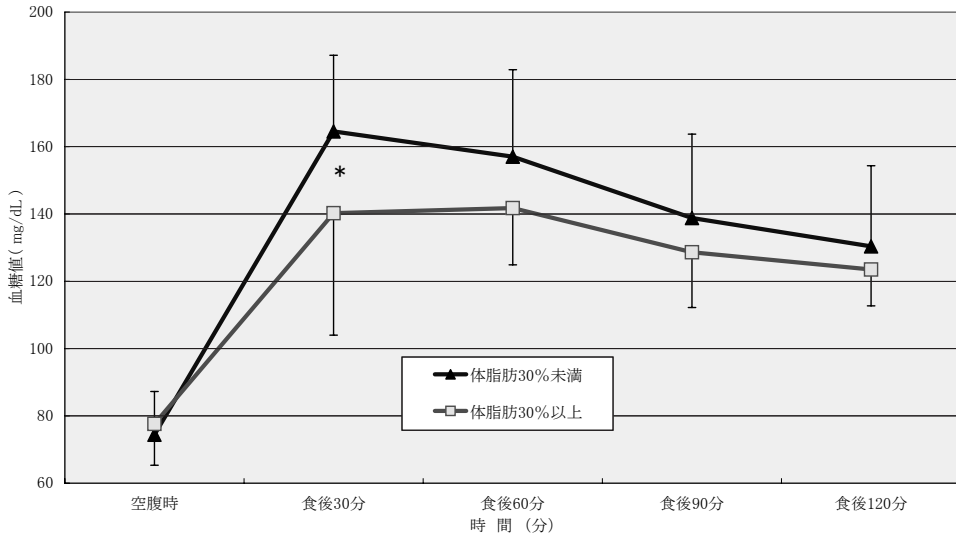


図5 米飯食摂取後の血糖値の推移（体脂肪率で比較）

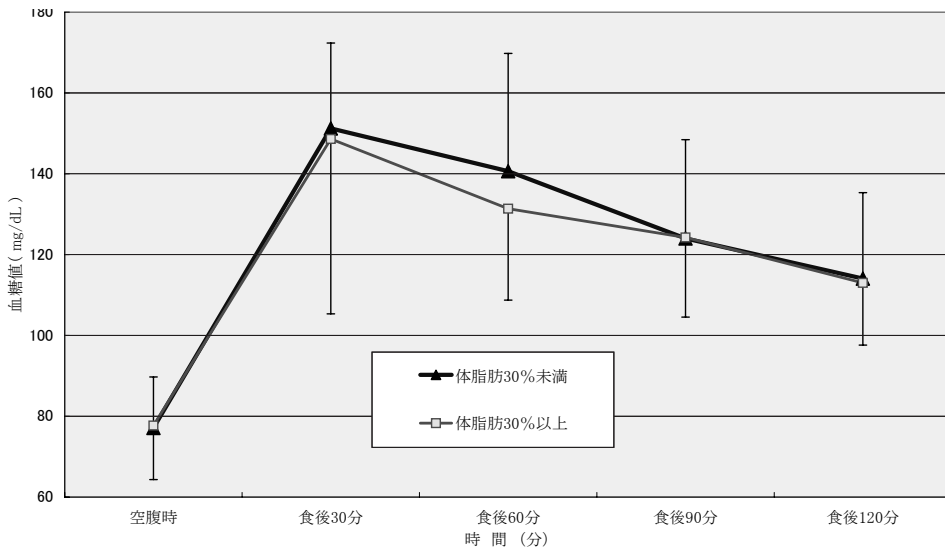


図6 パン食摂取後の血糖値の推移（体脂肪率で比較）

値の $142 \pm 17 \text{mg/dL}$ であり、体脂肪率によってピーク時間に違いがみられた。米飯食で体脂肪率30%未満のAUCの方が30%以上より有意に大きかった ($p=0.0247$)。パン食では有意差はみられなかった。(図5, 図6, 表3)。

IV 考察

1. 米飯食とパン食が血糖値に及ぼす影響

図2に示すように米飯食はパン食よりも食後30分、60分の値が有意に高くAUCも有意に大きかった(表3)が、これは炭水化物量の違いがその最も有力な要因だと思われる。表1に示したが、米飯食の方がパン食よりも炭水化物含量が多い。でんぷんやショ糖は消化吸収されて速やかに血糖になる。しかしたんぱく質や脂質は消化吸収されてからいくつかの代謝経路を経た後に血糖に変換されるので速やかに血糖値が上昇しないと考えられる。今回の実験では被験者は同じエネルギー量のパン食と米飯食を摂取した。そのため粒食と粉食という形状の違いより炭水化物含量の違いが強く影響し、エネルギーあたりに炭水化物をより多く含む米飯食の食後血糖値がパン食よりも高くなったのではないかと考えられる。

2. 体脂肪率の違いが血糖値に及ぼす影響

日本人ではBMI25~30という軽度の肥満であっても耐糖能異常・2型糖尿病の発症危険度は標準値の人の2倍になると言われている。内臓脂肪細胞は、種々のサイトカイン(アディポサイトカイン)やホルモン様物質を産生・分泌する。その中のある種のサイトカインの産生分泌が増加または低下することにより、インスリン感受性は低下し耐糖能障害が引き起こされ血糖値が上昇するとされている⁷⁾。

図5に示すように米飯の食後血糖値のピークは体脂肪率30%未満では食後30分であるのに対し、体脂肪率30%以上では食後60分であった。経口糖負荷試験(OGTT)において2型糖尿病患者では糖負荷後の血糖上昇ピーク時間の遅延が認められるが、それが2型糖尿病患者の典型的な血糖値推移の特徴⁸⁾である。これはインスリンの分泌遅延またはインスリン抵抗性により起こっていると考えられる。OGTT用のグルコース水溶液は摂取後に消化の過程を経ることなく吸収され血糖になるが米飯やパン等の食品では消化吸収速度が律速段階となり食品ごとに差異が生じる可能性も否定できないため、OGTTの血糖値推移との単純

な比較はできないと考えられる。しかし米飯食後の血糖値推移では体脂肪率30%以上と未満で差が認められた。メタボリックシンドロームは内臓脂肪の異常蓄積によって起こり、内臓脂肪と腹囲は相関性があると言われている。腹囲は体脂肪率30%以上が30%未満より有意に大きかったが、メタボリックシンドロームの診断基準である腹囲90cm以上には至らなくとも内臓脂肪を多く持つ者と少なく持つ者では糖代謝にかなりの差異が生じる可能性が考えられる。内臓脂肪由来のアディポサイトカインによりインスリン抵抗性が惹起されると、肝臓や筋肉への糖の取り込みの割合が減少し、取り込まれてグリコーゲンに合成されなかったグルコースが全身の血液中に溢れ食後高血糖になりやすいと考えられている。体脂肪率30%以上はインスリン抵抗性が惹起している可能性があると考えられる。

また、摂取食品が食品成分表において同じエネルギー量であっても消化吸収された後に同じ体重増加効果があるかどうかは疑問であり、米飯とパンにおいて消化・吸収・代謝の段階で何らかの差が生じる要因が存在するのではないかと考えられる。今後これらを検証するために、実験動物を用い両食品を摂取させて体重変化量を測定することを考えている。

3. 摂取食品の違いが血糖値に及ぼす影響

図3, 図4に示すように、体脂肪率30%未満では米飯食がパン食より常に高い値を示したにもかかわらず体脂肪率30%以上ではパン食と米飯食の値に有意差はなかった。肥満者(BMI26.4以上)は普通の者に比較し咀嚼能力が低いと言われている⁹⁾。また、米飯をよく咀嚼して食べたときと咀嚼をしないで飲み込んだときの食後血糖値を検証した研究によると、噛まずに飲み込んだときはよく噛んだときより食後血糖値は食後15分から食後150分まで常に低く食後45分から105分はそれが有意であった¹⁰⁾。米飯は粒なので咀嚼により破碎され唾液や唾液に接触する表面積が増大するが、パンは小麦を製粉した後加工されているため元来消化液との接触表面積が大きく、咀嚼の程度が及ぼす影響が少ないのではないかと考えられる。消化液との接触面積の大小は米飯とパンを水中に浸漬し静置すると米飯よりパンの吸水膨潤が著しいことから推察される。仮に体脂肪率30%以上の咀嚼能力が30%未満より低いというデータを得ることができれば、食後血糖値において米飯食では有意差が生じパン食では有意差

がないことの裏付けになると思われるので、今後咀嚼能力の測定も行い検討したい。

α化させた米粉と小麦粉をそれぞれのマウスに経口ゾンデを使い強制経口投与した後の血糖値推移を比較した研究によると、類似の血糖値推移を示し有意差はなかった¹¹⁾。米粉と小麦粉の栄養素を比較すると、米粉（上新粉）は100gあたりエネルギー362kcal、たんぱく質6.2g、脂質0.9g、炭水化物78.5gで小麦粉は100gあたりエネルギー368kcal、たんぱく質8.0g、脂質1.7g、炭水化物75.9gであり¹²⁾、おにぎりと同程度の炭水化物含量の差は見られない。上記¹¹⁾の実験では、米粉と小麦粉はともに製粉された状態であり、かつ三大栄養素の組成に著しい差異は見られない上、ゾンデで投与しており咀嚼はされていないため食後血糖値に有意差がなかったのではないかと考えられる。

一方、小麦中のでんぷんはアミロペクチン約72%とアミロース約28%、米中のでんぷんはアミロペクチン約80%とアミロース約20%からなっている¹⁴⁾。高アミロペクチン含有食品より高アミロース含有食品摂取後に血糖値やインスリン値が低い値を示すという研究⁵⁾や、高アミロース米をヒトが摂取した場合通常の米に比べて食後血糖値が穏やかになるという研究があり、高アミロース米は食物繊維と類似の機能性を持つレジスタントスターチを多く含むためだと考えられている⁶⁾。米と小麦が含有するでんぷんのアミロペクチンとアミロースの含有割合の違いもいくらか血糖値変化に影響を及ぼしていることが考えられる。

健康な女子19名に糖入りガムを15分咀嚼させた後に糖負荷試験を行った結果、コントロール群に比べて糖入りガムを咀嚼した場合に血糖値と血漿インスリンが迅速に上昇し下降も速かったという研究がある¹³⁾。米の方が小麦よりも分岐構造を多く持つアミロペクチンを多く含むためテクスチャーが異なる。米飯食とパン食の栄養成分の違いによって差異が生じるだけではなく、粒食と粉食の違いやテクスチャーの違いなどの性状・物性の違いが咀嚼になんらかの影響を与え血糖値に影響を及ぼしていることも推測される。今後、血糖値だけでなく血漿インスリン濃度の測定も行いこの検討をしたいと考えている。

引用文献

1) 日本人の自給率について考える http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyuu/files/jikyuu_kojo.pdf より2007年10月17日検索。

- 2) 食料需給表（平成18年度版）概要平成18年度食料需給表のポイント <http://www.kanbou.maff.go.jp/www/fbs/dat-fy18/H18point.pdf> より2007年10月17日検索。
- 3) 芳本信子, 食べ物じてん, 初版, 学建書院, 30-31 (2005).
- 4) Suzuki H, Fukushima M, Okamoto S, Takahashi O, Shimbo T, Kurose T, Yamada Y, Inagaki N, Seino Y, Fukui T, Effects of thorough mastication on postprandial plasma glucose concentrations in nonobese Japanese subjects. *Metabolism*, **54-12**, 1593-1599 (2005).
- 5) Behall K M, Scholfield D J, Food amylose content Affects Postprandial Glucose and Insulin Responses. *CEREAL CHEMISTRY*, **82-6**, 654-659 (2005).
- 6) 柳原哲司, 中森朋子, 加藤淳, 難消化性成分からみた北海道米の機能性解析 <http://www.cryo.affrc.go.jp/seika/new/h14/148-151.pdf> より2007年10月17日検索
- 7) 宮崎 慈, 肥満症治療ガイドラインの概要, 栄養学雑誌, **65-1**, 1-10 (2007).
- 8) 篠原力雄, 太田光熙, 松葉和久, 臨床検査知識, 初版, 廣川書店, 4-9 (2002).
- 9) 松田秀人, 女子学生の咀嚼力と肥満の関連性, 栄養学雑誌, **54-2**, 79-85 (1996).
- 10) Read W, Welch I M, Austen C J, Barnish C, Bartlett C E, Baxter A J, Brown G, Compton M E, Hume K E, Storie I, Worlding J, Swallowing food without chewing; a simple way to reduce postprandial glycaemia, *British Journal of Nutrition*, **55**, 43-47 (1986).
- 11) 矢沢一良, 日本の伝統食品—ヘルスフードとしての米—, *食品と容器*, **46-6**, 308-311 (2005).
- 12) 食品成分研究調査会編, 五訂増補日本食品成分表, 第2版, 医歯薬出版株式会社, 16-27 (2006).
- 13) 松田秀人, 橋本和佳, 百合草誠, 高田和夫, 咀嚼のインスリン分泌に及ぼす影響 (第3報) *日本咀嚼学会雑誌*, **16-2**, 48-54 (2006).
- 14) 山守誠, 小麦澱粉における低および高アミロース変異とその特性, *農業技術*, **56-8**, 363-367 (2001).

