

## 健常大学生における豆乳・納豆のセカンドミール血糖上昇抑制効果

末田 香里\*      伊藤 みゆき\*      酒井 映子\*

【目的】米飯と同時摂取すると血糖上昇を抑制する効果があった豆乳・納豆を、朝食に摂取した場合、昼食（セカンドミール）後の血糖反応に影響を及ぼすか否かを検討した。

【方法】被検者は年齢は21-22歳の男女で、計29名で、2群に分け、豆乳群（ $n=14$ ）および納豆群（ $n=15$ 名）とした。1回目は「ふだんの朝食」を摂取し、翌週は、「ふだんの朝食+豆乳400g」/「ふだんの朝食+納豆90g」を摂取した。両日、午後1時半より昼食として基準食（サトウのご飯150g；糖質50g）とお茶（伊右衛門：サントリー京都福寿園）200mlを摂取し、食後血糖を測定した。血糖値の測定は自己血糖測定器グルテストエース（三和科学研究所）を用いて、昼食前、昼食摂取後15、30、45、60、90、120分後の計7回測定した。その値より血糖上昇曲線下面積（GAUC）を算出した。統計処理は「ふだんの朝食」と「プラス納豆」/「プラス豆乳」時の昼食後の血糖値およびGAUCを、paired t-testで検定した。有意水準は5%以下とした。

【結果】1）朝食プラス豆乳400ml：朝食に豆乳400mlの有無の昼食後の血糖反応を比較すると、昼食後30分の血糖値が朝食に豆乳摂取した時に低値であった（ $p<0.05$ ）。昼食時のGAUCは朝食時の豆乳摂取の有無で差はなかった。2）朝食プラス納豆90g：朝食に納豆90g摂取した場合としなかった場合の、昼食後の血糖反応を比較すると、朝食に納豆を摂取した時の昼食後15分（ $p<0.01$ ）、30分（ $p<0.05$ ）、45分（ $p<0.01$ ）の血糖値が低かった。昼食時のGAUCは納豆摂取の有無で差はなかった（ $p=0.077$ ）が、納豆摂取時のGAUC方が小さくなる傾向であった。

【結語】朝食に納豆、豆乳を摂取した時、昼食時の初期の血糖上昇を抑える効果が認められた。不溶性の食物繊維が関与する可能性が示唆された。

キーワード：食後高血糖、耐糖能、セカンドミール効果、納豆、豆乳、食物繊維

### I. はじめに

食後高血糖は2型糖尿病に先んじて生じ、糖尿病では食後高血糖がごく一般的にみられる。また、食後高血糖は、空腹時血糖よりも、心臓血管病と高い相関があると報告されている<sup>1)</sup>。食後高血糖を抑制することが糖尿病、心臓血管病の予防に重要である。

食後の血糖上昇は、糖質の量のみでなくその質によっても左右される。食物中の糖質の「質」を比較するために、Jenkinsら<sup>2)</sup>により考案された指標がGIである。これは、ある種類の食物を摂取した後の血糖上昇曲線下面積（Area Under the Curve: AUC）を同量のブドウ

糖摂取時に得られるAUCと比較した割合である。通常の食事として利用しやすくするために、欧米では基準食として白パンを用い、日本では米飯を基準食として食品の組み合わせなどの報告がされている<sup>3)</sup>。

前報「女子大学生における米飯の食後血糖上昇に及ぼす大豆製品の血糖上昇抑制効果」において<sup>4)</sup>、どの大豆製品をどの程度摂取すれば血糖上昇を抑制できるのか、さらにその機序について検討した。その結果、食後の血糖上昇抑制効果が認められた豆乳400ml食と豆腐400g食はたんぱく質・脂質含有量が多く、おから150g食は不溶性食物繊維含有量が他の検査食より多かった。以上より食後の血糖上昇を抑制させるには

\*愛知学院大学心身科学部健康栄養学科  
(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: sueda@dpc.agu.ac.jp

大豆製品中に含まれる一定量の脂質・たんぱく質, または不溶性食物繊維の存在が有効であると推測された。

ファーストミールで血糖値, インスリン濃度の上昇を抑制すると, 次の食事を摂取したのちの反応も改善することが多く報告<sup>5-7)</sup>されており, このような現象はセカンドミールエフェクトと呼ばれている。これまでに, 朝食時に消化吸収が穏やかな炭水化物を摂取することにより, 昼食時でも耐糖能が改善されることが明らかにされている<sup>5,6)</sup>。そこで, 食物繊維含有量が多く, 米飯とよく食べる大豆製品をもちいて, ファーストミール(朝食)時に「ふだんの朝食」と朝食+豆乳あるいは納豆を負荷した時のセカンドミール(昼食)時での血糖上昇抑制効果を比較検討した。

## II. 方 法

### 1. 被験者

臨床栄養学実験の受講生43名を被験者とした(年齢は21-22歳)。被験者を2群に分け, 豆乳群と納豆群とし, 2週連続で実験した。2回の実験日のうちいずれか一方を欠席したものを除くと, 豆乳群14名(男性1名, 女性13名), 納豆群15名(男性5名, 女性10名)が実験を遂行した。この計29名の被験者のデータを用いた。

### 2. 実験計画(表1)

実験は2回, 1回目は被験者各自が「ふだんの朝食」を摂り, 2回目は朝食時に「ふだんの朝食」プラス豆乳/納豆と一緒に食べた。被験者は午前の授業を受け, 午後の臨床栄養学実験に臨んだ。連続2回の臨床栄養学実験で, 被験者は昼食として基準食(サトウのご飯150g; 糖質50g)を摂取し, 基準食摂食前から摂食後

120分までの血糖を測定した。

1) 朝食は, 1回目は対照実験として, 被験者には「ふだんの朝食」を食べるように指示し, 被験者の自由とした。2回目の朝食は, 「ふだんの朝食」に豆乳をプラスしたもの(豆乳群)/納豆をプラスしたもの(納豆群)を食べた。なお被験者は2週目の実験前日に大学で用意した豆乳2パック(200ml/パック)/納豆2パック(45g/パック)を持ち帰った。

2) 第1・2回実験ともに, 午後1時半より基準食を摂取した。基準食の摂食は10分以内に完了し, 飲み物200mlはお茶(伊右衛門: サントリー京都福寿園)とした。

3) 血糖値の測定, 血糖上昇曲線下面積(GAUC)の算出: 血糖値の測定は自己血糖測定器グルテストエース(三和科学研究所)を用いて, 摂食前, 基準食および検査食摂食後15, 30, 45, 60, 90, 120分後の計7回測定し<sup>3)</sup>, その血糖値を用いて血糖上昇曲線下面積(GAUC)を算出した。

### 3. 基準食, 豆乳・納豆

基準食は, 米飯150g(サトウのごはん新潟県産コシヒカリ大盛り: サトウ食品)の同一ロットを用いた。大豆食品は豆乳400ml(有機豆乳, (株)東京めいらく), 納豆90g(におわなっとう, 株式会社ミツカン)を用いた。表2に用いた食品の栄養素量を示す。

表2 試料の栄養素含有量

単位 g	蛋白質	脂質	炭水化物	食物繊維	
				水溶性	不溶性
豆乳400ml	20.0	12.0	8.0	0.8	0.0
納豆90g	7.4	4.5	5.4	1.0	2.0
昼食					
基準食	3.0	0.6	50.0	0	0

表1 実験プロトコール

	食事時刻・内容		血糖測定時刻							
	8:30前	13:30								
	朝食	昼食	13:30 食前	15分	30分	45分	60分	90分	120分	15:30
1回目(対照実験)										
豆乳群	朝食*	基準食	●	●	●	●	●	●		●
納豆群	朝食&	基準食								
2回目(負荷実験)										
豆乳群	朝食*+豆乳400ml	基準食	●	●	●	●	●	●		●
納豆群	朝食&+納豆90g	基準食								

朝食\*, 朝食&: 被験者各自の自由とし, 対照実験と負荷実験の朝食は「同じものを」と指示した。

#### 4. 計算方法および統計処理：

データは平均値±標準偏差で表した。豆乳群/納豆群の群内比較は paired t-test を用いた。有意水準は 5 % 以下とした。

被験者は口頭ならびに文書で実験計画についての説明を受け、被験者になることに同意しかつ同意書を提出した。本実験は愛知学院大学心身科学部の「ヒトを対象とする研究に関する委員会」の承諾（受付番号 1103）を得て行なった。

### Ⅲ. 結 果

#### 1. 朝食に有機豆乳400mlをプラスしたときの昼食時の血糖反応（図1，図3）

対照として「ふだんの朝食」をし、昼食に基準食を摂食した後の血糖値は、昼食後30分および45分にピークを示し、その後緩やかに低下した（図1）。「ふだんの朝食」に豆乳400mlをプラスした日の昼食後の血糖は45分、60分がピークであった。「ふだんの朝食」と比較して、+豆乳400mlを摂取した日の昼食後30分の血糖値が低かった（ $p<0.05$ ）。

朝食、朝食に豆乳400ml プラスした時の昼食時の血糖上昇曲線下面積（Area under the curves；以後 AUC と略）は朝食時の豆乳400ml 有無の間に差はなかった（paired t-test,  $P=0.836$ ）。

#### 2. 朝食に納豆90gをプラスしたときの昼食時の血糖反応（図2，図3）

朝食+納豆90g 有無の時の昼食後の血糖反応を図2に示す。「ふだんの朝食」を食べた日の昼食（基準食）摂取後の血糖は、この被検者群では食後45分にピークを示し、その後緩やかに低下した。納豆90g プラスの朝食を摂食した日の昼食の血糖値は、朝食に納豆なしの血糖値と比較して、15分（ $p<0.001$ ）、30分（ $p<0.05$ ）、45分（ $p<0.05$ ）で血糖値が低く、血糖上昇が抑制された（図2）。

朝食、朝食に納豆90g 負荷した時の昼食時の血糖上昇曲線下面積（AUC）を比較すると、納豆90g 有無の間に差はなかった（paired t-test； $P=0.077$ ）が、低くなる傾向にあった。

### Ⅳ. 考 察

#### 1. セカンドミールの効果

前回糖質を 50g と一定にして、米飯のみの場合と比

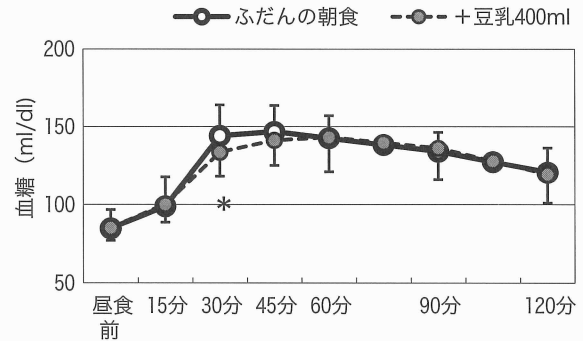


図1 朝食に豆乳摂食時のセカンドミールの血糖反応

「ふだんの朝食」および「ふだんの朝食+豆乳 400ml」を摂取したときの、セカンドミール（昼食：基準食）摂食後の血糖値を平均±SD（ $n=14$ ）を示す。\*「ふだんの朝食」と有意差あり， $P<0.05$ （paired t-test）。

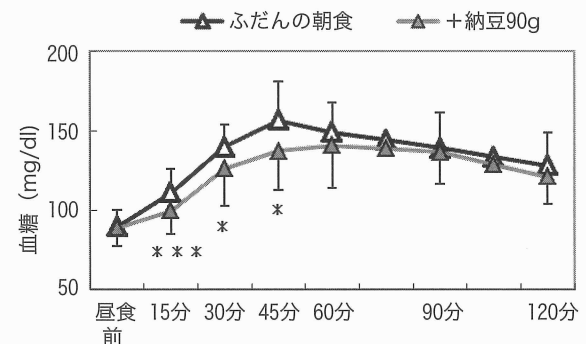


図2 朝食に納豆摂食時のセカンドミールの血糖反応

「ふだんの朝食」および「ふだんの朝食+納豆 200g」を摂取したときの、セカンドミール（昼食：基準食）摂食後の血糖値を平均±SD（ $n=15$ ）を示す。「ふだんの朝食」と有意差あり；\* $P<0.05$ ，\*\*\* $P<0.001$ （paired t-test）。

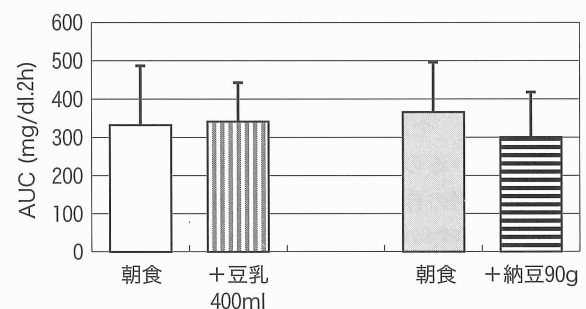


図3 朝食に豆乳・納豆摂食時のセカンドミールの血糖上昇曲線下面積（AUC）

「ふだんの朝食」および「ふだんの朝食+豆乳400ml/納豆90g」を摂取したときの、セカンドミール摂食後の AUC を平均±SD で示す。

較して、米飯と豆乳、納豆を同時に摂取すると、食後血糖上昇を抑制した<sup>4)</sup>。今回は同時ではなく、朝食時に摂取した大豆製品が昼食（セカンドミール）時にも血糖上昇抑制効果があるかを検討した。朝食は統一せず、1) 1回は対照として各自の「ふだんの朝食」とし、2) 2回目は各自の「ふだんの朝食」に豆乳、あるいは納豆を負荷したときの、セカンドミール（昼食：米飯、糖質として50g）後の血糖上昇に及ぼす効果を検討した。

大豆製品には食物繊維が多く含まれており、食物繊維の食後血糖上昇抑制効果について検討した。食物繊維では水溶性食物繊維のほうが、血糖上昇抑制効果があると報告されている<sup>2)</sup>。今回豆乳と納豆を摂取しなかった日と比較して、朝食に豆乳と納豆を摂取した日のセカンドミールの血糖上昇は、摂食後30分前後の初期の血糖上昇は抑制された。

## 2. 納豆食と豆乳食の比較

豆乳群では、「ふだんの朝食」（対照実験）と比較して、朝食時に「ふだんの朝食＋豆乳400ml」を摂取した時、セカンドミール（昼食：基準食）後30分での血糖値は低かった。朝食に納豆を90g 負荷した日のセカンドミール後の血糖値は、納豆を摂取しなかった日と比較して、昼食後15分、30分、45分で低かった。セカンドミール（昼食）後2時間の血糖AUCは、朝食の豆乳400mlの有無でもまた朝食の納豆90gの有無の日でも差はなかった（図3）が、セカンドミールに及ぼす血糖上昇抑制効果は、朝食時の納豆のほうが、朝食時の豆乳より抑制効果が大きい傾向にあった。

これは両食品に含まれる食物繊維の作用によるのではないかと推論された。不溶性食物繊維の粘性・発酵が関与していたのかもしれない。表2に示すように、納豆90gには、豆乳400mlと比較して、食物繊維が3g（水溶性1.0g、不溶性2.0g）と多く含まれていることが関係しているのかもしれない。食物繊維の食後血糖上昇抑制作用の作用機構として、食物繊維の持つ粘性による胃内容物の排出を遅延させる効果や拡散の阻害による腸管からの吸収遅延などが考えられている<sup>8)</sup>。この血糖上昇の抑制効果は水溶性食物繊維の方が効果があり、水溶性食物繊維の粘性が関与していると報告されている<sup>9)</sup>。これまで難消化性食物繊維は水溶性食物と比較し粘性がないため、食後の血糖値やインスリンの反応にほとんど影響を与えないと考えられてきたが、水溶性食物繊維のみならず不溶性食物繊維も、腸内で発酵することにより、単鎖脂肪酸を産生し、優先

的に脂肪酸酸化を誘導するため遊離脂肪酸の産生が抑制され、インスリン抵抗性を改善することが示唆されており<sup>10,11)</sup>。食物繊維は整腸作用のみならず、食後の栄養素代謝を介してセカンドミールエフェクトを示すと考えられる。

## 3. 今後の検討

本実験の問題点としては、2回の朝食を厳密には同一に調整しなかったことがある。1回目（対照）の朝食は各被検者の自由とし、2回目の朝食も、1)「1回目と同じものを食べてください」と指示し、2)納豆90g/豆乳400mlを前日に持ち帰らせた以外は、各被検者の自由とし、朝食の量も定量しなかった。この様な条件下で、「＋豆乳」の朝食では、昼食後の食後30分で血糖上昇が抑制され、「＋納豆」の朝食では食後の食後15分、30分、45分の血糖上昇が抑制された。今後は、朝食も厳格に糖質50gになるような納豆食、豆乳食を摂取した時のセカンドミールの血糖上昇抑制効果を検討するのが望ましい。

## 4. 臨床栄養学実験の一環として

糖尿病患者、およびその予備群が多い現在、将来糖尿病患者の栄養指導をおこなう管理栄養士として、血糖自己測定器で血糖値測定する経験をすること、単に測定するのみならず、その結果をまとめ考察する学習の機会と考え、臨床栄養学実験の一環として行った。午後の授業だったので、食物繊維のセカンドミール効果を観察することとした。学外実習・就職活動等で欠席する学生が多かったのは残念だった。最後までやった学生は血糖値が変動するのを実体験して、興味をもったようである。

## V まとめ

1) 朝食プラス豆乳400ml 摂取：朝食に豆乳400mlの有無の昼食後の血糖反応を比較すると、朝食に豆乳摂取した時に昼食後30分の血糖値が低値であった。昼食時のGAUCは朝食時の豆乳摂取の有無で差はなかった。2) 朝食プラス納豆90g：朝食に納豆90g摂取した場合としなかった場合の、昼食後の血糖反応を比較すると、朝食に納豆を摂取した時の昼食後15分、30分、45分の血糖値が低かった。昼食時のGAUCは納豆摂取の有無で差はなかった（ $p=0.077$ ）が、納豆摂取時のGAUCの方が小さくなる傾向であった。

以上より朝食に納豆、豆乳を摂取した時、昼食時の

初期の血糖上昇を抑える効果が認められた。不溶性の食物繊維が関与する可能性が示唆された。

## 付 記

本研究は平成23年度科学研究費補助金費の補助を受けて実施した。

## 引用文献

- 1) Greg Collier BS and Kerin O' Dea. The effect of coingestion of fat on the glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to carbohydrate and protein. *Am J Clin Nutr* 1983; **37**: 941-4.
- 2) Jenkins DJA, Wolever TMS, Leeds AR, Gassull MA, Haisman P, Dilawari J, Goff DV, Metz GL, Alberti KGM. Dietary fibers, fiber analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. *Br Med J*; 1978; 1392-4.
- 3) Sugiyama M, Tang AC, Wakai Y and Koyama W. Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* 2003; **57**: 743-52.
- 4) 末田香里, 奥田みゆき. 女子大学生における米飯の食後血糖に及ぼす大豆製品の血糖上昇抑制効果. 愛知学院大学心身科学研究所紀要心身科学2012; **4**: 25-31.
- 5) Jenkins, DJ, Wolever T M, Taylor RH et al: A slow release dietary carbohydrate improves second meal tolerance. *Am J Clin Nutr* 1982; **35**: 1339-46.
- 6) Liljeberg HG, Akerberg AK, Bjorck LM. Effect of the glycemic index and content of indigestible carbohydrates of cereal-based breakfast meals on glucose tolerance at lunch in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 1999; **69**: 647-55.
- 7) Ostman E M, Liljeberg Elmstahl HG, Bjorck IM. Barley bread containing lactic acid improves glucose tolerance at a subsequent meal in healthy men and women. *J Nutr* 2002; **132**: 1173-75.
- 8) Malkki A. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. *Cereal Foods World* 2001; **46**: 196-9.
- 9) Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Taylor RH. Dietary fiber, carbohydrate metabolism and diabetes. *Molec Aspects Med* 1987; **9**: 97-112.
- 10) Wolever TM, Brighenti F, Royall D et al. Effect of rectal infusion of short chain fatty acids in human subjects. *Am J Gastroenterol* 1989; **84**: 1027-33.
- 11) Brighenti F, Benini L, Del Rio D, Casiraghi C, Pellegrini N, Scazzina F, Jenkins DJ, Vantini I: Colonic fermentation of indigestible carbohydrates contributes to the second-meal effect. *Am J Clin Nutr* 2006; **83** (4): 817-22.

最終版平成24年8月8日受理

## Effect of Breakfast with Soy Milk / Fermented Soybeans on Second-Meal Glycemic Response in Healthy Students

Kaori SUEDA, Miyuki ITO, Eiko SAKAI

### Absrract

**Objective:** Whether a breakfast with soybean products (soy milk / fermented soybeans) had an effect on glucose tolerance at subsequent white rice lunch meal.

**Subjects:** Twenty nine students completed the requirement and were included in the study results. Subjects were divided into two groups. One group (male 1, female 13) has consumed the breakfast with soy milk (400ml), the other group (male 5, female 10) the breakfast with soybean products (90g).

**Intervention:** Two different breakfast meals were administered during the intervention: A) ordinary breakfast, B) ordinary breakfast with cooked soybean juice(400ml) / fermented soybeans (90g). A standardized lunch (white rice 50g carbohydrate) was provided at approximately 5 hrs later after breakfast. Blood plasma glucose concentrations and area under the curves (AUC) for glucose were measured in response to the mid-day lunch. Comparisons between diets were analyzed based on paired t-test.

**Results:** 1) The breakfast with soy milk had significantly lowered blood glucose at 30 min after a subsequent lunch, compared with the ordinary breakfast only ( $P<0.05$ ). There were no significant difference in the AUC values between the ordinary breakfast without / with soy milk ( $P=0.836$ ). 2) The breakfast with fermented soybeans had significantly lowered blood glucose at 15 min ( $P<0.001$ ), 30 min ( $P<0.05$ ), 45 min ( $P<0.05$ ) after a subsequent lunch, compared with the breakfast only. The breakfast with fermented soybeans had tendency to lower the AUC values ( $P=0.077$ ).

**Conclusions:** The breakfast with soy milk / fermented soybeans may improve the glycemic response in the second meal. The insoluble fiber in the breakfast meal may improve the glycemic response in the second meal.

**Keywords:** glucose tolerance; postprandial blood glucose ; second-meal effect; dietary fiber; soy milk ;  
fermented soybeans ;