

健常大学生における朝の豆腐・納豆食が 昼の米飯摂取後の食後血糖に及ぼす影響 ——大豆製品のセカンドミール血糖上昇抑制効果 (2) ——

末田 香里*¹⁾ 酒井 映子*¹⁾ 宇野 智子*¹⁾ 佐藤 祐造*²⁾

【目的】前回「ふだんの朝食」に納豆、豆乳を摂取した時、昼食時の米飯摂取後の血糖上昇抑制効果が認められた。今回、朝食時に米飯と一緒に大豆製品（豆腐400gまたは納豆90g）を、炭水化物量を一定にして摂取することにより、同日の昼食時に血糖上昇抑制効果（セカンドミールエフェクト）がみられるか否かを検討した。

【方法】

被験者：健常な本学学生9名（男子学生4名、女子学生5名）を被験者とした。年齢は21～22歳、体格指数は 21.9 ± 3.4 (Mean \pm SD) であった。

プロトコル：朝食を9時30分、昼食を14時30分に摂取し、経時的に血糖値を測定した。血糖値の測定は、自己血糖測定器グルテスト Neo スーパー（三和科学研究所）を用いて被験者自身が測定した。食事の形態：朝食が異なる3つの食形態とした。朝食に基準食はご飯150g、豆腐食は豆腐400g（＋ご飯105g）、納豆食は納豆90g（＋ご飯108g）を摂取した。それぞれ炭水化物が50gとなるようにご飯の量を調節した。昼食ではいずれもご飯150gを摂取した。3つの食形態は、アトランダムにCrossover実験とした。その際、食事は10分以内に完了し、飲料はお茶200mlのみを摂取した。

使用食品：ご飯（サトウ食品／サトウの大盛りご飯）、豆腐（昭和食品工業／木綿豆腐）、納豆（ミツカン／におわなっとう）、お茶（サントリーフーズ／伊右衛門）を使用した。

統計処理：データはMean \pm SDで表した。2群間の比較はpaired t-testを用い、有意水準は5%以下とした。

【結果】

1. 基準食（朝：ご飯、昼：ご飯）朝食と昼食の血糖上昇曲線を比較したところ、米飯摂取後の血糖値に差はなかった。朝食AUC (271mg/dl \cdot 2hr) と昼食AUC (275mg/dl \cdot 2hr) を比較すると、差はみられなかった。

2. 豆腐食（朝：豆腐＋ご飯、昼：ご飯）基準食の血糖上昇曲線と比較したところ、豆腐食の朝食30分、45分で血糖値が低くなったが、昼食の血糖値に差はなかった。豆腐食の朝食AUC (174mg/dl \cdot 2hr) と昼食AUC (256mg/dl \cdot 2hr) を、基準食のそれぞれと比較すると、豆腐食の朝食AUCは低く、昼食のAUCは差がなかった。

3. 納豆食（朝：納豆＋ご飯、昼：ご飯）基準食と比較すると、納豆食の朝食15分、30分で血糖値が低くなったが、昼食の血糖値に差はなかった。納豆食の朝食AUC (214mg/dl \cdot 2hr) と昼食AUC (236mg/dl \cdot 2hr) を基準食と比較すると、朝食AUC及び昼食AUCは共に差はなかった。

【結語】朝食に豆腐を米飯と一緒に摂取すると、朝食時の米飯による血糖上昇が抑えられた。朝食に豆腐・納豆を摂取しても昼食時の米飯による血糖上昇抑制効果はなかった。セカンドミール効果はなかった。

キーワード：食後高血糖、耐糖能、セカンドミール効果、豆腐、納豆、食物繊維

* 1) 愛知学院大学心身科学部健康栄養学科

* 2) 愛知学院大学心身科学部健康科学科

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: suedata@dpc.agu.ac.jp

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¹⁾。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²⁾によりグリセミックインデックス (GI) が提唱された。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の GI が報告がされている³⁾。

慢性疾患のリスク軽減、健康的な体重を維持するために、朝食内容が重要性である、と報告されている⁴⁾。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これ等反応も改善することが報告⁵⁻⁷⁾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^{5,6)}。

前回、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、セカンドミール効果を検討した⁸⁾。

1) 朝食は統一せず各自の「ふだんの朝食」とした。1 回目は対照実験として「ふだんの朝食」、2) 2 回目は各自の「ふだんの朝食」+豆乳、あるいは+納豆を負荷し、昼食摂取後の血糖上昇に及ぼす効果を検討した。朝食は各自の自由裁量とし、昼食には基準食(米飯150g:炭水化物50g)を摂取した。結果、対照実験の「ふだんの朝食」と比較して、朝食に「ふだんの朝食+豆乳/納豆」を摂取した日のセカンドミール(昼

食)の血糖上昇は、摂食後30分前後の血糖上昇は抑制された。

今回は朝食を厳密に統一し(炭水化物50gに調整)、朝食時の大豆製品の有無が、朝食後さらに、基準食の昼食摂取後の、食後血糖に及ぼす影響を検討した。大豆製品として、豆腐・納豆を用いた、豆腐400g食は顕著に食後血糖上昇を抑制し、GIが低い食事である、一方納豆90gは豆腐400gほど食後血糖上昇を抑制しないが、豆腐より水溶性食物繊維、不溶性食物繊維を多く含むので、これらの食品を選んだ。さらに基準食を朝食時および昼食時に摂取したので、健常人が基準食を摂取した時の朝食時と昼食時の食後血糖上昇を比較した。

II. 方法

1. 被験者

被験者は健常な本学学生9名(男子学生4名、女子学生5名)を被験者とした。年齢は21~22歳、体格指数は 21.9 ± 3.4 (Mean \pm SD)であった。被験者は、検査前10時間以上の絶食を保持し、検査前日に過激な運動、夜更かし、暴飲暴食を避けることを条件とした。

2. 実験実施日程

2012年6月12日、7月10日、7月17日の3日間、午前9時30分に開始し、16時30分に終了した。

3. 食事の形態

朝食が異なる3つの食事形態とした(表1)。朝食に、基準食は米飯150g、豆腐食は豆腐400g(+米飯105g)、納豆食は納豆90g(+米飯108g)を摂取し、それぞれ炭水化物が50gとなるように米飯の量を調節した。昼食はいずれも米飯150gを摂取した。その際、食事は10分以内に完了し、飲料はお茶200mlのみを摂取可能とした。3種類の朝食は、アトランダムに Crossover

表1 食事形態と血糖測定プロトコール

食事形態	朝食									昼食（セカンドミール）							
基準食事	基準食（米飯150g）									基準食（米飯150g）							
豆腐食事	豆腐食（豆腐400g＋米飯105g）																
納豆食事	納豆食（納豆90g＋米飯108g）																
時刻	9：00									14：00							
米飯摂取後（分）	0	15	30	45	60	90	120	180	240	0	15	30	45	60	90	120	
血糖測定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

表 2 朝食、昼食の栄養組成

		カロリー (kcal)	炭水化物 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	食物繊維(g) 水溶性 不溶性	
朝食							
基準食	米飯 (150g)	221	50	3.2	0	0	0
豆腐食	豆腐 (400g) + 米飯 (105g)	470	50	33.0	15.2	0.4	1.2
納豆食	納豆 (90g) + 米飯 (108g)	324	50	16.8	8.2	2.1	4.0
昼食 (セカンドミール)	基準食：米飯 (150g)	221	50	3.2	0	0	0

実験とした。朝食、昼食の栄養素量を表 2 に示す。

5 % 以下とした。

4. 使用食品

米飯 (サトウ食品／サトウの大盛りご飯)、豆腐 (昭和食品工業／木綿豆腐)、納豆 (ミツカン／におわなっとう)、お茶 (サントリーフーズ／伊右衛門) を使用した。

5. 血糖値の測定

血糖値の測定は、自己血糖測定器グルテスト Neo スーパー (三和科学研究所) を用いて被験者自身が測定した。朝食を 9 時、昼食を 14 時に摂取し、米飯摂取前 (0 分)、摂取後 (15, 30, 45, 60, 90, 120 分後) の 7 回血糖値を測定した。さらに、朝食の米飯摂取後 180 分と 240 分に血糖を測定し、計 16 回測定した。その血糖値を用いて、米飯摂取後の血糖上昇曲線下面積 (GAUC) を算出した。

6. 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。豆腐群／納豆群の群内比較は paired t-test を用いた。有意水準は

7. 倫理委員会の承認

被験者は口頭並びに文章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。また、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」の承認 (受付番号 1201) を得て行った。

III. 結 果

1. 基準食事の食後血糖反応

図 1 に朝食に基準食を摂取し、引き続き昼食に基準食の摂取した時の血糖変化を示す。朝食の基準食 (米飯) 摂取後、血糖値は上昇し、食後 30, 45, 60 分でピークを示し、その後緩やかに低下した。朝食摂取後 5 時間 (昼食摂取前) の血糖値 ($88 \pm 9 \text{ mg/dl}$) は、朝食摂取前の空腹時血糖値 ($86 \pm 12 \text{ mg/dl}$) とほぼ同じ値となった。(昼食時に基準食 (米飯) 摂取後、血糖値は上昇し、食後 45 分でピークを示し、その後緩やかに低下した)

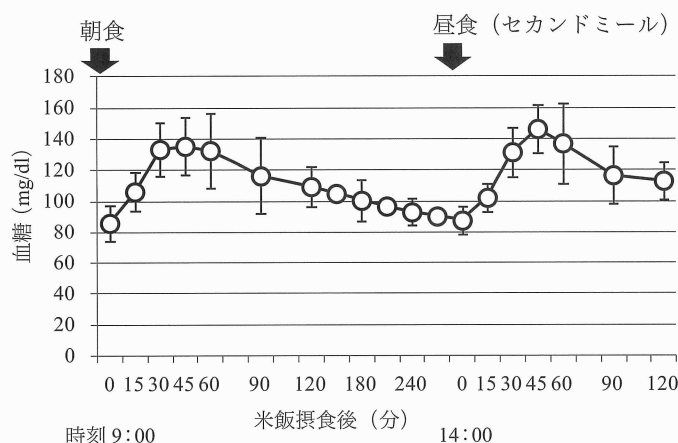


図 1 基準食事の朝食・昼食後の血糖反応

朝食に基準食、昼食に基準食を摂取した時の血糖値を平均 ± SD (n=9) で示す。

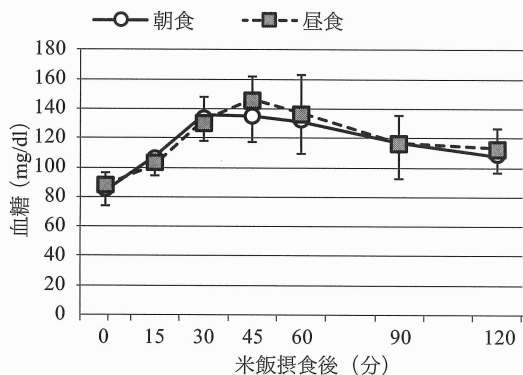


図2 基準食を摂取した時の朝食／昼食後の血糖反応の比較

図1の朝食／昼食後2時間の食後血糖反応を同一軸上にプロットした, 平均±SD (n=9) で示した.

図2に基準食の朝食と昼食の血糖上昇曲線を比較した. 上述のごとく, 昼食摂取前の血糖値 ($88 \pm 9 \text{ mg/dl}$) は, 朝食摂取前の空腹時血糖値 ($86 \pm 12 \text{ mg/dl}$) とほぼ同じ値となった. 朝食に基準食を摂取した場合と昼食に基準食を摂取した時の血糖値の上昇はほぼ同じで, 米飯摂取後の血糖値に差はなかった.

基準食を朝食に摂取した時の血糖 AUC ($271 \pm 85 \text{ mg/dl} \cdot 2\text{hr}$) と基準食を昼食に摂取した時の昼食 AUC ($275 \pm 94 \text{ mg/dl} \cdot 2\text{hr}$) に差はなかった (図4).

以上, 同量の糖質に反応する血糖上昇反応は, 朝食時と昼食時と差はなかった.

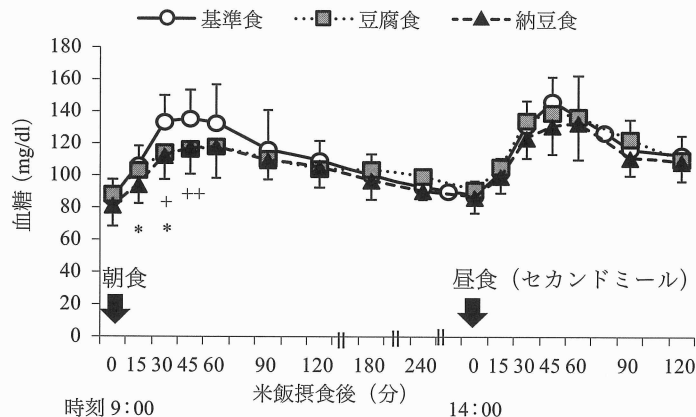


図3 基準食事, 豆腐食事および納豆食事の朝食・昼食後の血糖反応

基準食は「平均+SD」, 納豆食は「平均-SD」, 豆腐食は平均 (n=10) で示す. * $P < 0.05$ (納豆食), + $P < 0.05$ /++ $P < 0.01$ (豆腐食) で経過時間ごとの基準食との有意差を示す (paired t-test).

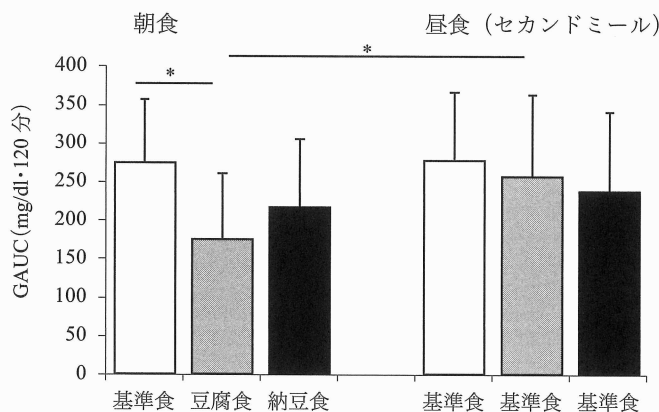


図4 基準食事, 豆腐食事および納豆食事時の朝食・昼食の血糖上昇曲線下面積 (AUC)

□は基準食事, ■は豆腐食事, ■は納豆食を示す. 朝食, 昼食別に血糖上昇曲線下面積 (GAUC) を平均+SD (n=10) で示した. * $P < 0.05$ は有意差を示す (paired t-test).

2. 朝食に豆腐食、昼食に基準食を摂取した時の血糖反応

朝食に豆腐食を摂取した時の血糖値は、朝食で60分、昼食で45分にピークを示した。昼食前の14時（0分）の血糖値（ $91 \pm 8.0 \text{ mg/dl}$ ）は、朝食前の9時（0分）の血糖値（ $89 \pm 6.1 \text{ mg/dl}$ ）とほぼ同じ値まで下がった。昼食に基準食摂取後の血糖値は米飯摂取後45分でピーク値を示し、それ以降低下した。

朝食に豆腐食を摂取した時の血糖値は、基準食を摂取した時の血糖値と比較して、30分（ $p < 0.01$ ）、45分（ $p < 0.05$ ）で低値であった。セカンドミールの血糖値は、朝食に基準食摂取の場合と、豆腐食事の時と差はなかった。

基準食の朝食 AUC（ $271 \pm 85 \text{ mg/dl} \cdot 2 \text{ hr}$ ）に比べ、豆腐食の朝食 AUC（ $174 \pm 89 \text{ mg/dl} \cdot 2 \text{ hr}$ ）は小さくなった（ $P < 0.05$ ）が、一方セカンドミール（昼食に基準食を摂取した時）の豆腐食時昼食 AUC（ $256 \pm 104 \text{ mg/dl} \cdot 2 \text{ hr}$ ）と基準食時の昼食 AUC に差はなかった（図2）。なお、豆腐食時の朝食 AUC は、豆腐食時の昼食 AUC より低値であった（ $P < 0.05$ ）。

3. 朝食に納豆食、昼食に基準食を摂取した時の血糖反応

納豆食の血糖値は、朝食、昼食、ともに食後60分でピークを示した。朝食では納豆を同時に摂取した時、昼食に比べて血糖値の上昇が緩やかだった（図1）。納豆食の血糖値は、基準食と比較して、15分、30分で低下した（ $p < 0.05$ ）。昼食前の14時（0分）の血糖値（ $87 \pm 10 \text{ mg/dl}$ ）は、朝食前の9時（0分）の血糖値（ $82 \pm 13 \text{ mg/dl}$ ）とほぼ同じ値まで下がり、納豆食の昼食後の血糖値の値は、基準食のそれと差はなかった。

豆腐食の朝食と昼食を比較すると、血糖値は、差はなかった。また、納豆食の朝食 AUC（ $214 \pm 93 \text{ mg/dl} \cdot 2 \text{ hr}$ ）も、昼食 AUC（ $236 \pm 107 \text{ mg/dl} \cdot 2 \text{ hr}$ ）に比べて、差はなかった（図4）。

納豆の朝食 AUC／昼食 AUC は、基準食の朝食／昼食 AUC と比較して、共に差はなかった（図4）。セカンドミール（昼食に基準食を摂取した時）に対する朝食の納豆食は血糖を下げる効果はなかった。

豆腐食時と納豆食時の食後血糖の比較

豆腐食と納豆食の血糖値を比較すると、朝食時でも、セカンドミールの昼食時にも血糖上昇曲線に差はなかった（図3）。豆腐食 AUC と納豆食 AUC を比較すると、朝食時・セカンドミールの昼食時、ともに差はなかった（図4）。

IV. 考 察

1. 今回のセカンドミール効果

食物繊維が多く含まれており、日常的な米飯のおかずに用いられる大豆製品の食後血糖上昇抑制効果について検討した。大豆製品として豆腐、納豆を取り上げ、朝食時に米飯と一緒に摂取することにより、昼食時に米飯基準食を食べたとき、昼食後の食後血糖上昇抑制効果（セカンドミールエフェクト）がみられるか否かを検討した。

1）朝食に豆腐食を摂取した時、基準食と比較して、朝食時米飯摂取後30分、45分の血糖値が低く血糖上昇が抑制された。昼食後の血糖値は、朝の豆腐食／基準食を摂取した時と差はなかった。

2）朝食に納豆食を摂取した時、基準食と比較して、朝食時米飯摂取後15分、30分の血糖値が低くなった。昼食後の血糖値は、朝の豆腐食／基準食を摂取した時と差はなかった。以上、朝食時の納豆・豆腐摂取は、昼食時の血糖上昇を抑制するセカンドミール効果はなかった。

3）納豆と豆腐を比較した、豆腐食と納豆食の朝食時血糖 AUC、およびセカンドミールの昼食時血糖 AUC に差はなかった。豆腐を1回に400g、これ以上を個人が1回の食事で摂ることはまずない。また納豆も90gは2パックに相当し、通常朝食に食べる量の2倍量である。

2. 前実験では、納豆・豆乳を付加した時、セカンドミール効果を認めた

被験者が食べるいつもの朝食に、納豆（90g）・豆乳（400ml）を付加したとき、納豆・豆乳ともに、昼食後の初期に食後血糖上昇を抑制した⁸⁾。ただし、今回は朝食を「ふだんの朝食」とし、被験者の自由としたので、朝食は被験者ごとに異なり、朝食の量も質も検討していない。

前実験と本実験の食後血糖抑制効果の有無の理由の詳細はわからない。今回は朝食を自由摂取としたので、朝食時の他の栄養素、また量も大いに関与していると考えられる。セカンドミール効果は、同じあるいは低GI食の間でも、さまざまであることが報告されている⁷⁾。酢酸を含むGI 64のパン食がセカンドミールのglucose toleranceが認められなかったが、乳酸を含むオオムギパンGI 74は効果があった。

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⁹⁾。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いる^{10, 11)}。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. 豆腐・納豆の同時摂取時（ファーストミール）の血糖上昇抑制効果

朝食時：豆腐400g、納豆90gを米飯とともに同時摂取時には、米飯単独の基準食と比較して、食後血糖抑制効果があった。豆腐400gのほうが納豆90gより強い抑制効果があった。以前朝食時の大豆製品の血糖上昇抑制効果を報告した¹²⁾が、今回もその結果を再現した。

4. 朝／昼に摂取した基準食の食後血糖の比較

基準食事の朝食と昼食の血糖上昇曲線を比較したところ、米飯摂取後の血糖値に差はなかった。正常者は、同じ量の炭水化物を摂取すると、朝食（10時間以上の絶食）時に摂取しても、昼食時（朝食から5時間後）に摂取しても、ほぼ血糖上昇曲線に差はなかった。Monnier等¹³⁾は、耐糖能が異なるヒトでの血糖値の日内変動において、HbA_{1c} 6.5%を超える頃から食後血糖値は上昇を示し、空腹時血糖値は正常でも食後高血糖が生じている可能性があるとして報告している。同論文では、最初に食後血糖値が急激に上昇を示すのは朝食後であり、血糖コントロールの悪化に伴い、昼食後、夕食後と順に食後高血糖を呈し、最終的に空腹時の血糖値に影響を及ぼすことが示されている。

V. まとめ

1. 基準食事（朝：基準食、昼：基準食）

朝食と昼食の血糖上昇曲線を比較したところ、米飯摂取後の血糖値に差はなかった。朝食 AUC (271mg/dl・2hr) と昼食 AUC (275mg/dl・2hr) を比較すると、差はなかった。

2. 豆腐食事（朝：豆腐食、昼：基準食）

基準食の血糖上昇曲線と比較したところ、豆腐食の

朝食30分、45分で血糖値が低くなったが、昼食の血糖値に差はなかった。豆腐食の朝食 AUC (174mg/dl・2hr) と昼食 AUC (256mg/dl・2hr) を、基準食のそれぞれと比較すると、豆腐食の朝食 AUC は低く、昼食の AUC は差がなかった。

3. 納豆食（朝：納豆食、昼：基準食）

基準食と比較すると、納豆食の朝食15分、30分で血糖値が低くなったが、昼食の血糖値に差はなかった。納豆食の朝食 AUC (214mg/dl・2hr) と昼食 AUC (236mg/dl・2hr) を、基準食のそれぞれと比較すると、朝食 AUC 及び昼食 AUC は共に差はなかった。

4. 基準食に対する、朝食時と昼食時の反応

正常者では、基準食（米飯：炭水化物50g）を、朝食（10時間以上の絶食）時に摂取しても、昼食時（朝食から5時間後）に摂取しても、食後血糖に差はなかった。朝食 AUC (271mg/dl・2hr) と昼食 AUC (275mg/dl・2hr) を比較しても、差はみられなかった。

結語：朝食に豆腐・納豆を摂取しても昼食時の米飯による血糖上昇抑制効果はなかった、セカンドミール効果はなかった。

付 記

本研究は平成24年度科学研究費補助金（基盤研究 (C) 一般22500778）により実施した。

本実験は平成24年度卒業論文研究臨床ゼミ生、青島明日香、石川実季、岩屋亮、柏木伸崇、久野隆介、千賀弓華、戸河里英靖、中西健史、原口めぐみ、宮下愛未によって行われた。

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; **27**: 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) Timlin MT, Pereira MA. Breakfast frequency and quality in the etiology of adult obesity and chronic diseases. *Nutr Rev* 2007; **65**: 268-81.
- 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**: 1339–1346.
- 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 EM, 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) 末田香里, 伊藤みゆき, 酒井映子. 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. 愛知学院大学論叢心身科学部紀要2012; **8**: 53–58.
- 9) Malkki A. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. *Cereal Foods World*. 2001; **46**: 196–9.
- 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.
- 12) 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.
- 13) Monnier L, Colette C, Dunseath GJ, et al: The loss of postprandial glycemic control precedes stepwise deterioration of fasting with worsening diabetes. *Diabetes Care* 2007; **30**: 263–269.

最終版平成25年8月30日受理

Effect of White Rice with Tofu/Natto on Postprandial Glucose Response at a Subsequent Standardized Lunch on Second-meal Glycemic Response in Healthy Students

Kaori SUEDA, Eiko SAKAI, Tomoko UNO and Yuzo SATO

Objective: Soy bean products have been demonstrated to induce a low and prolonged blood glucose response at breakfast. The objective was to investigate the effects of soy bean products on postprandial glucose response at a subsequent standardized lunch, ed. Second meal effect.

Subjects: A total nine healthy students of 4 males and 5 females, aged between 21 and 25 years with body mass indices (BMIs) $21.9 \pm 3.4 \text{ kg/m}^2$ (Mean \pm SD), participated in this study.

Design: Subjects were served breakfast meals at 9:00. Three different breakfast meals were administered during the intervention: a total 50g carbohydrate of 1) white rice 150g alone, 2) white rice with tofu 400g, and 3) white rice with natto 90g, in random order in a crossover design. A standardized lunch (white rice 150g: 50g carbohydrate) was provided at 5 hrs later after breakfast. The plasma glucose response was evaluated during postprandial phase, 420 min after the breakfast. The plasma glucose area above the baseline (Area under the Curve: AUC) following a glucose meal was calculated. Comparisons between diets were analyzed based on paired t-test.

Results: 1) standard meal (breakfast: white rice, lunch: white rice): There are no difference of post prandial blood glucose curve between after breakfast and after lunch. Compared with glucose AUC, no difference were seen between breakfast AUCs ($271 \pm 85 \text{ mg/dl/2hr}$) and lunch AUCs ($275 \pm 94 \text{ mg/dl/2hr}$). 2) tofu meal (breakfast: white rice with tofu, lunch: white rice): After a subsequent breakfast, compared with the standard meal, the breakfast with tofu had significantly lowered blood glucose at 30 min ($P < 0.05$) and 45 min ($P < 0.01$). There were significant differences in the AUC values between standard breakfast and tofu breakfast (tofu AUCs: $174 \pm 89 \text{ mg/dl/2hr}$) ($P < 0.05$). After a standardized lunch, there were no differences in blood glucose curve and glucose AUCs between standard meal and tofu meal (tofu AUCs: $256 \pm 106 \text{ mg/dl/2hr}$). 3) natto meals (breakfast: white rice with natto, lunch: white rice): After a subsequent breakfast, compared with the standard meal, the breakfast with natto had significantly lowered blood glucose at 15 min ($P < 0.05$) and 30 min ($P < 0.05$). There were no difference of the blood AUC, between standard meal and natto meal ($214 \pm 93 \text{ mg/dl} \cdot 2\text{hr}$). After a standardized lunch, there were no differences in blood glucose curve between standard meal and natto meal (natto AUCs: $236 \pm 107 \text{ mg/dl/2hr}$).

Conclusions: As breakfast, white rice with tofu, may improve the glycemic response in the first meal. White rice with tofu/natto may not improve the glycemic response after lunch, they are no glycemic tolerance effects on second meal.

Keywords: glucose tolerance; post prandial glucose, second meal effect; soybean products; natto; tofu