

米飯の食後血糖に及ぼす牛乳・納豆の摂食時刻

末田 香里*¹⁾ 伊藤 みゆき*¹⁾ 酒井 映子*¹⁾ 宇野 智子*¹⁾ 佐藤 祐造*²⁾

【目的】 米飯と同時摂取時に血糖上昇抑制効果があった牛乳ならびに納豆を、米飯摂食の15分前と15分後に摂取した時の効果を検討した。

【方法】 被検者は21-22歳の健康な男女学生で、2週連続で行なった。牛乳食と納豆食の2つのグループに分け、さらに2つのグループをそれぞれ2群に分けた。即ち牛乳食では牛乳200mlを米飯摂取前に飲む15分前牛乳群（A群：10名）、米飯摂取後に飲む15分後牛乳群（B群：11名）に分けた。納豆食では納豆90gを用い、牛乳食と同様、納豆90gを米飯前に食べる15分前納豆群（C群：8名）と米飯後に食べる15分後納豆群（D群：6名）に分けた。1週目は米飯（基準食）（炭水化物50g）、2週目は牛乳・納豆と米飯（炭水化物が50gになるように米飯量を調整）を摂取した。血糖、インスリン値および遊離脂肪酸を測定した。測定値の各時点での比較はpaired t-testで検定し、有意水準は5%以下とした。

【結果】

1. 牛乳食の血糖・インスリン反応：15分前牛乳群（A群）においては、基準食と比較して、血糖値は米飯摂食時、摂食後30分、45分、60分において低値であり、血糖の上昇曲線下面積（GAUC）は低値であった（ $P<0.05$ ）。基準食と比較して、A群インスリン値は米飯摂食直時（0分）で高く、食後60分で低かった、そしてA群インスリンの上昇曲線下面積（IAUC）は低値を示した。15分後牛乳群（B群）の血糖値およびGAUCは、基準食と比較して、差はなかった。B群インスリン値は、米飯摂食後60分で高値であったが、B群IAUCは基準食IAUCと差がなかった。

2. 納豆食の血糖・インスリン反応：15分前納豆群（C群）も15分後納豆群（D群）も、基準食と比較して、共にGAUCは低値であった（ $P<0.05$ ）。インスリン値は、C群の米飯摂食時0分でのみ基準値よりも高かった（ $P<0.05$ ）。C群IAUC・D群IAUCは、共に基準食IAUCと差はなかった。

3. 遊離脂肪酸はAB/CD群において、それぞれの基準食と差はなかった。

【結語】 牛乳を米飯摂食前15分に摂取すると食後の血糖上昇抑制効果があった。納豆摂取は米飯摂取15分前でも15分後でも血糖上昇を抑制した。この食後血糖上昇の抑制には、牛乳ではインスリンが関与する可能性があり、一方納豆ではインスリン分泌が関与しないことが示された。

キーワード：postprandial blood glucose; insulin; rice; milk; soybean products; glycemic index (GI)
blood glucose; glucose tolerance test; diurnal variation; morning; afternoon

はじめに

Jenkins や Foster-Powell等^{1,2)}は血糖コントロールのためにグリセミック・インデックス (GI) という概念を提唱した。糖質量が同じでも食後の血糖上昇が異なること、糖質の量だけでなく食品に含まれる糖質の

種類や構造、また食品を加工・調理する方法、食品の組み合わせなどによって、糖質の消化・吸収の効率は異なり、食後血糖上昇曲線に差異が見られることを明らかにした。欧米ではコーンフレークではなくオールブラン、パンよりもパスタという風に、高GI食品を低GI食品に置き換えるのが一般的な低GI食である。

* 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

日本においては白米が主食であり、米飯と他の食品を組み合わせることで低GIにしようとする試みがSugiyama等³⁾によってなされた。日本のGIは炭水化物50gを含む包装米飯を基準食としている。

Gannon 等 (1986年)⁴⁾は、2型糖尿病患者において、牛乳は強力なインスリン分泌作用があることを報告した。健康人においても牛乳が血糖上昇を緩和する作用をもつこと⁵⁻⁷⁾、牛乳中成分としてはホエイが強力な血糖上昇抑制作用があることが報告されている^{8,9)}。Akhavan¹⁰⁾らは食事前にホエイを摂取しておくことと食物摂取を抑制し、食後の血糖・インスリンの上昇を抑制すると報告している。

前報告において大豆製品の血糖上昇抑制効果を報告し¹¹⁾、抑制機序については大豆中の蛋白質、脂肪および食物繊維が関与していると推察した。食物繊維、特に水溶性食物繊維の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^{12,13)}。これまで難消化性食物繊維は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、腸内で発酵することにより、短鎖脂肪酸を産生し、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^{14,15)}。

今回は食べ方について検討した。米飯と同時に摂取することにより食後血糖の上昇が抑制された牛乳・納豆を用いて、米飯を食べる15分前、15分後に摂取した時に、食後血糖上昇が抑制されるか否かを検討した。血糖値並びにインスリン・遊離脂肪酸を測定し、血糖上昇抑制の作用機序についても検討した。

方 法

1. 被験者

臨床栄養学実験の健康な受講学生を被験者とした(年齢は21-22歳)。承諾の得られた被験者を牛乳食群(午前の実験)と、納豆食群(午後の実験)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の、インスリン抵抗性の疑いのある学生を除くと、牛乳食群21名(女性21名)、納豆食群14名(男性3名、女性11名)が実験を遂行した。

2. 実験計画

基準食・検査食の血糖値を米飯摂取後2時間まで測定した、同時に採血を行い、インスリン遊離脂肪酸濃度を測定した。1週目は基準食、2週目に検査食(牛

乳食か納豆食のいずれか)とした。それぞれの検査食はさらに2群に分けた、牛乳食:米飯摂取15分前牛乳摂取群(A群)、15分後牛乳摂取群(B群)、納豆食:米飯摂取15分前納豆摂取群(C群)、15分後納豆摂取群(D群)とした。

被験者は検査前10時間以上の絶食とし、検査前日は過激な運動・夜更かし・暴飲暴食・多量の飲酒を避けることを遵守した。当日、牛乳群は午前10時に、納豆群は14時に米飯摂取とした。米飯の摂取は10分以内に完了し、基準食・納豆食の飲み物はお茶200mlとした。所要時間は約2時間半であった。

3. 基準食・検査食

基準食と検査食の栄養成分を表1に示す。基準食は、米飯150g(炭水化物50g)とした。検査食品の牛乳食は普通牛乳200ml+米飯、納豆食は納豆90g+米飯+お茶200ml、米飯摂取前15分および15分後に摂取した。牛乳・納豆食は炭水化物が50gになるように米飯量を調節した。

米飯は「包装米飯サトウのごはん」(サトウ食品)、栄養成分表示がある同一ロットを使用した。牛乳は「農場便り(普通牛乳)」(小岩井乳業)、納豆は「におわなっとう」(ミツカン)、お茶は「伊右衛門」(京都福寿園)を用いた。

表1. 基準食・検査食の栄養素含有量

	単位	エネルギー kcal	蛋白質 g	脂質 g	炭水化物 g	食物繊維 g	水溶性	不溶性
基準食								
米飯	150g	217	3.0	0.6	50.0	0	0	0
検査食								
牛乳食								
牛乳	200ml	137	6.8	7.8	9.9	0	0	0
米飯	120g	174	2.4	0.5	40.0	0	0	0
計		311	9.2	8.3	50.0	0	0	0
納豆食								
納豆	90g	186	14.4	8.2	12.4	2.0	4.0	0
米飯	108g	138	2.4	0	37.6	0	0	0
計		314	16.8	8.2	50.0	2.0	4.0	0

4. 血糖、インスリンおよび遊離脂肪酸の測定

血糖は、米飯摂取15分前(-15)、米飯摂取直前0、摂取後15、30、45、60、90、120分後の計7(8)回測定した。血糖値の測定は自己血糖測定器グルテストNeo エース(三和化学研究所)を用いて、被験者各自が測定した。同時に採血を行いインスリン・遊離脂肪酸を測定した。採血は米飯摂取15分前(-15)、摂取前0、摂取後30、45、60、120分後の計5(6)回とした。

インスリンの測定はインスリン化学発光免疫学測定法（アボット・ジャパン(株)）、脂肪酸の測定は酵素法（和光純薬(株)）を用いた。

5. 血糖およびインスリンの上昇曲線下面積（AUC）の算出

血糖ならびにホルモンの上昇曲線下面積（AUC；Area Under the Curve）は、不等辺四角形の原理で、算出した。血糖上昇曲線下面積（GAUC；Glucose Area Under the Curve）は米飯摂食前15分～米飯摂食後120分までの135分間のGAUCを算出した。基準食・米飯摂食後15分では、米飯摂食前15分（-15）は測定しなかったため、米飯摂食時（0）分の値を挿入して計算した。インスリン上昇曲線下面積（IAUC；Insulin Area Under the Curve）は米飯摂食前15分（-15）～米飯摂食後60分の75分間および、米飯摂食前15分（-15）～120分までの135分間のIAUCを算出した。

6. 統計分析：図には平均±SDで示した。摂食後各時点での基準食と検査食の血糖・ホルモ濃度の比較はpaired t-testを行なった。P<0.05を有意差ありとした。

今回の実験は愛知学院大学心身科学部「ヒトを対象とする研究に関する委員会」の承諾を得て行なった（受付番号1205）。両実験の参加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。

結 果

牛乳摂取時刻が、食後血糖に及ぼす効果

1. 牛乳食の血糖

図1のAに示すように、米飯摂取15分前に牛乳を摂取した15分前牛乳群（A群）の血糖値は、基準食と比較して、牛乳食の米飯摂取前、摂食後30分、45分、60分で低値であった。米飯摂取15分後に牛乳を摂取した15分後牛乳群（B群）の牛乳食の血糖値は、基準食と比較して、いずれの測定時にも差はなかった（図1-B）。

血糖上昇曲線下面積（GAUC）も、基準食GAUCと比較して、A群牛乳食GAUCは低値であった。B群では、基準食と牛乳食のGAUCに差がなかった。

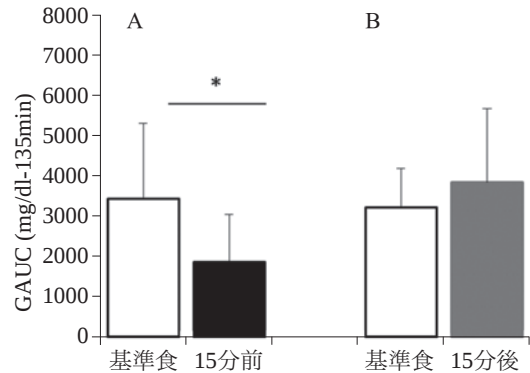


図2 牛乳食後の血糖上昇曲線下面積（GAUC）

AにA群、BにB群の基準食ならびに牛乳食のGAUC（135分）をMean±SDで示した、paired t-testで検定した（*：p<0.05）。

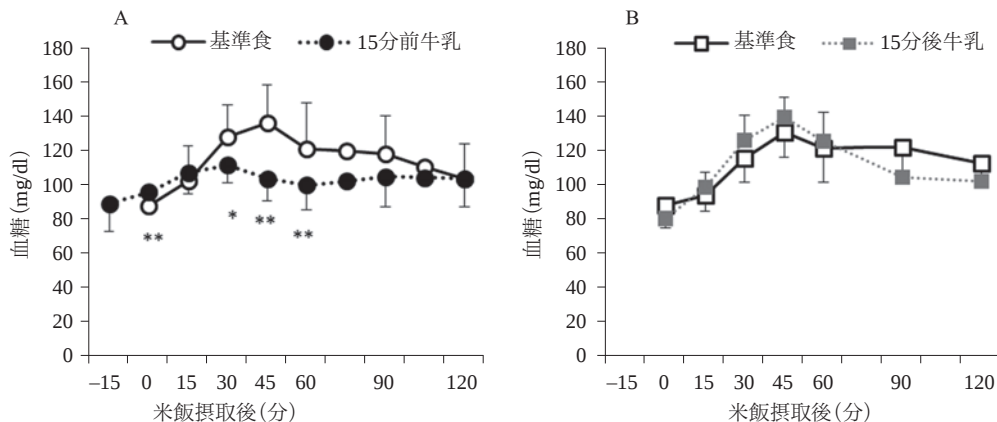


図1 牛乳食後の血糖値の変動

Aに米飯摂食15分前牛乳群（A群：n=10）、Bに15分後牛乳群（B群：n=11）の結果を示す。基準食ならびに牛乳食の血糖値をMean±SDで示し、血糖値をpaired t-testで検定した（*：p<0.05，**：p<0.01）。

牛乳は15分前に摂取すると食後血糖上昇を抑制する効果があったが、米飯摂取15分後に牛乳を飲んでも、効果はなかった (図2)。

2. 牛乳食のインスリン

基準食のインスリン値と比較して、A群の牛乳食インスリン値は米飯摂取時(0分)で高値、60分で低値(図3-A)、B群の牛乳食インスリン値は米飯摂取後60分で高値であった(図3-B)。

米飯摂取より60分間のインスリン上昇曲線下面積(IAUC: 75分)は、A群では牛乳食と基準食に差がなく(図4-A)、B群の基準食IAUC(75分)と比較して、牛乳食IAUC(75分)は大きかった(図4-B)。米飯摂取

より120分間のIAUC(135分)は、基準食と比較して、A群では牛乳食は低値であり、B群では基準食と牛乳食の両者に差はなかった。

3. 牛乳食の遊離脂肪酸

A群およびB群の遊離脂肪酸は、牛乳および米飯摂取後に緩やかに減少した。またA群・B群の遊離脂肪酸値は、基準食と牛乳食との間に差はなかった(図5)。

納豆摂取時刻が、米飯摂取の血糖上昇抑制に及ぼす効果

1. 納豆食の血糖

図6-Cに示すように、C群の納豆食の血糖値は、基準食と比較して、米飯摂取後15分、30分、45分、60

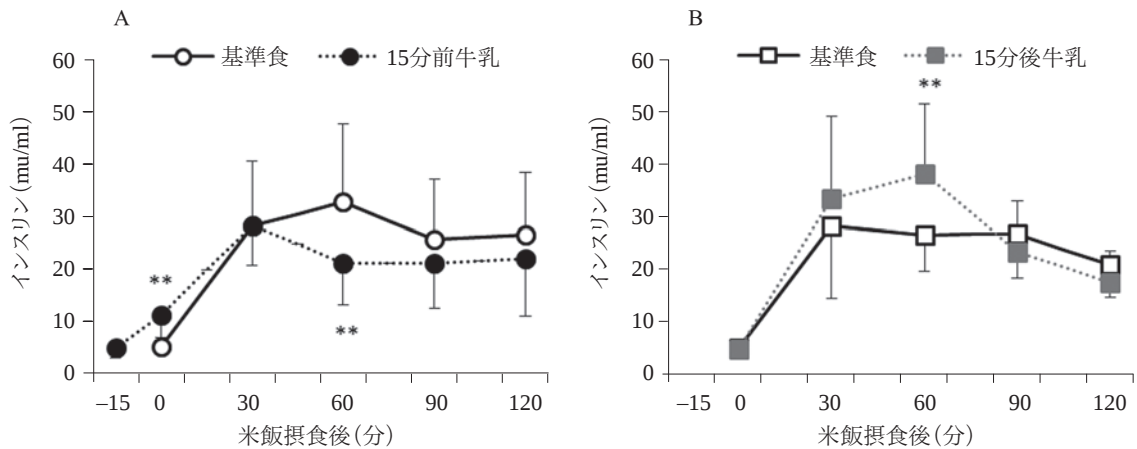


図3 牛乳摂取時の血中インスリン値の変動

AにA群(n=10)、BにB群(n=11)の基準食ならびに牛乳食のインスリン値をMean±SDで示した、paired t-testで検定した(**: p<0.01)。

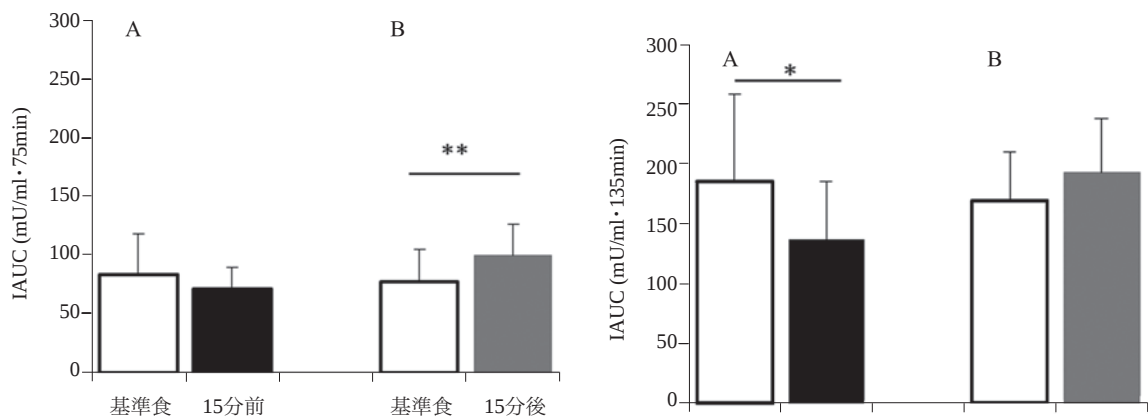


図4 牛乳食後のインスリン上昇曲線下面積(IAUC)

左側にIAUC(75分)、右側にIAUC(135分)を示した。AにA群(n=10)、BにB群(n=11)のIAUCをMean±SDで示した、paired t-testで検定した(*: p<0.05, **: p<0.01)。

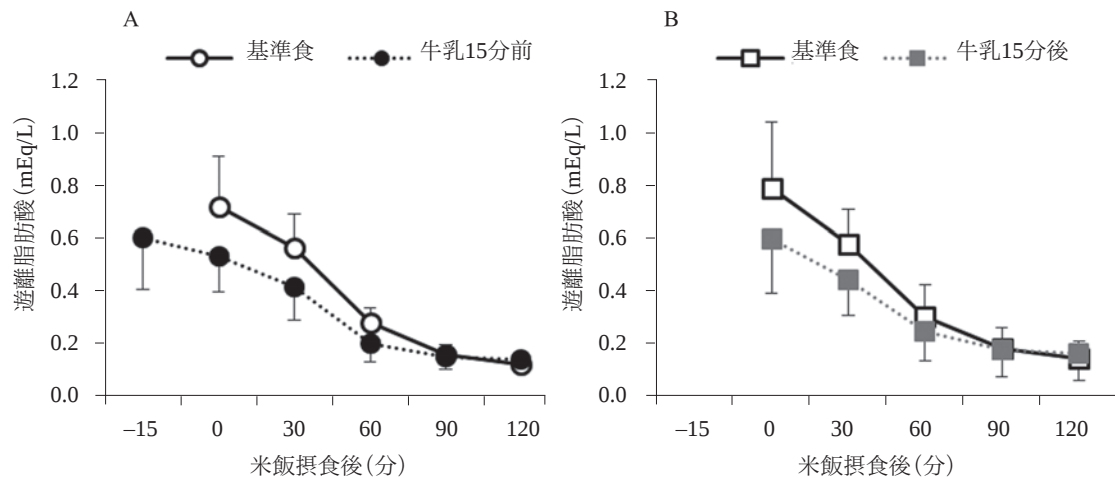


図5 牛乳食後の血中遊離脂肪酸濃度の変動

A に A 群 (n=10)、B に B 群 (n=11) の基準食ならびに牛乳食の遊離脂肪酸値を Mean±SD で示した。

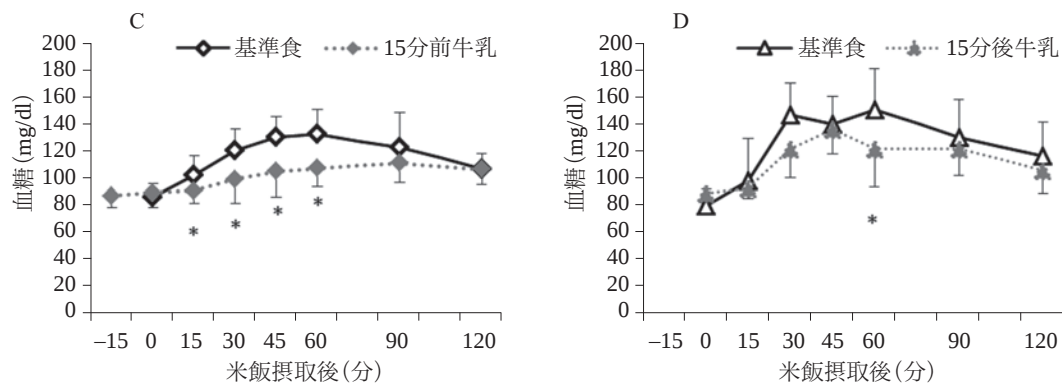


図6 納豆食後の血糖値の変動

C に米飯摂取15分前納豆群 (C 群: n=8)、D に15分後納豆群 (D 群: n=6) を示す。それぞれの基準食ならびに納豆食の血糖値を Mean±SD で示し、paired t-test で検定した (*: $p < 0.05$)。

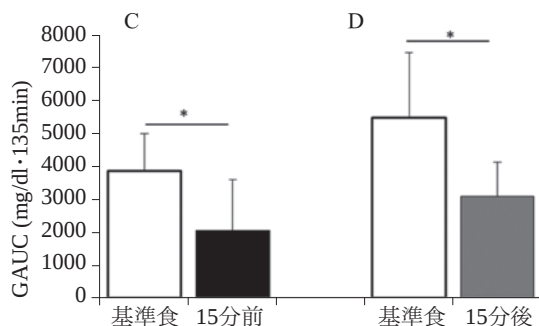


図7 納豆食後の血糖上昇曲線下面積 (GAUC)

C に C 群、D に D 群の基準食ならびに納豆食の GAUC (135分) を Mean±SD で示した、paired t-test で検定した (*: $p < 0.05$)。

分で低値であった。D 群の納豆食の血糖値は、基準食と比較して、米飯摂取60分で低値であった (図6-D)。

図7に血糖上昇曲線下面積 (GAUC135分間) を示す。C 群、D 群において、基準食 GAUC と比較して、納豆食 GAUC はともに低値であった。米飯摂取の15分前、15分後いずれに納豆を摂取しても血糖上昇抑制効果はあった。

2. 納豆食のインスリン

図8-C に示すように、C 群の納豆食のインスリン値は、基準食インスリン値と比較して、米飯摂取時 (0分) に高値であったが、その後採血したいずれの時点にも差はなかった。D 群では、納豆食のインスリン値は、いずれの時点においても、基準食インスリン値と差は

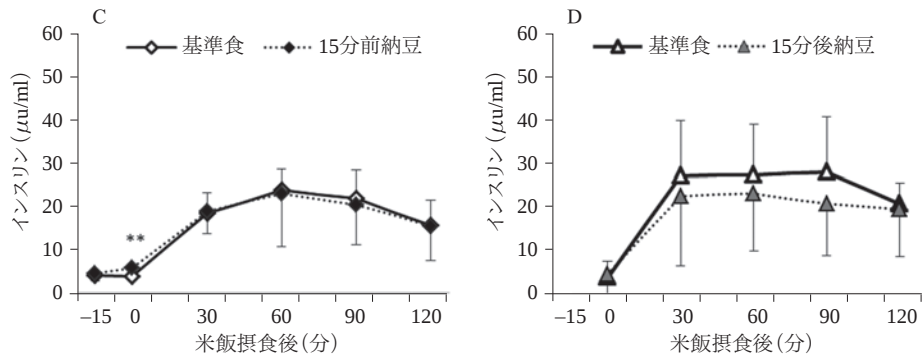


図8 納豆食後の血中インスリン濃度の変動

CにC群(n=8)、DにD群(n=6)の基準食ならびに牛乳食のインスリン値をMean±SDで示した、paired t-testで検定した (**: p<0.01).

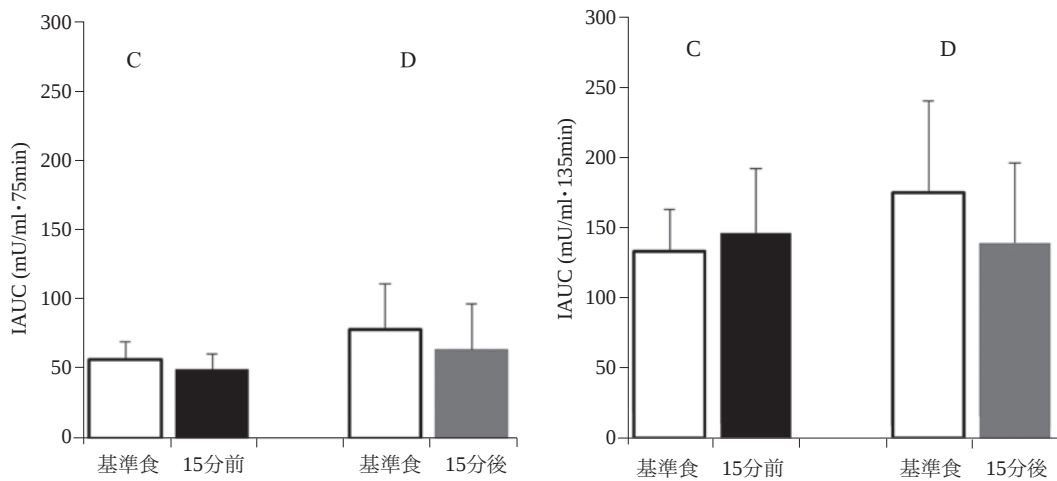


図9 納豆食後の血中インスリン上昇曲線下面積 (IAUC)

左側にIAUC(75分)、右側にIAU(135分)を示した、CにC群(n=8)、DにD群(n=6)のIAUCをMean±SDで示した、paired t-testで検定した (*: p<0.05).

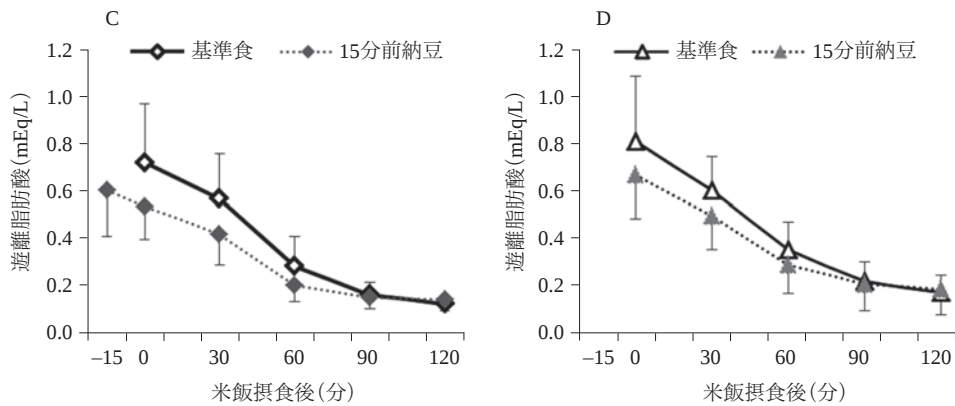


図10 納豆食後の血中遊離脂肪酸濃度の変動

CにC群(n=8)、DにD群(n=6)の基準食ならびに牛乳食の遊離脂肪酸値をMean±SDで示した。

なかった (図8-D)。

図9に示すように、C群およびD群の75分間および130分間の納豆食IAUCは、基準食IAUCと差はなかった。

3. 納豆食の遊離脂肪酸

C群およびD群の基準食、納豆食の遊離脂肪酸は、米飯摂取後に緩やかに減少した。またC群およびD群の納豆食の遊離脂肪酸値は、基準食の遊離脂肪酸値と差はなかった。(図10)

考 察

米飯摂食後の血糖上昇を抑制する牛乳と納豆の食べ方を検討した。食事の際、サラダを先に食べてからご飯をたべるようにと栄養指導されている。本当にそうなのか、インスリンが関与すると報告されている牛乳と、納豆を食品として選び、米飯摂取前15分、摂取後15分に2食品を摂取した際の食後血糖に及ぼす効果を検討した。

牛乳に関して

牛乳では、米飯摂取15分前に飲むと血糖上昇抑制効果があり、一方米飯摂取15分後の牛乳は効果がなかった(図1, 2)。その際のインスリン動態をみると、15分前に牛乳を摂取すると0分で有意に上昇した。また基準食IAUCと比較してA群牛乳食IAUC(75分)では差はなく、A群牛乳食IAUC(135分)では小さかった(図4)。一方B群牛乳食IAUC(75分)は高く、B群牛乳食IAUC(135分)は基準食IAUCと差はなかった。今回の結果は牛乳を15分前に摂取すると、食後血糖上昇を抑制し、インスリン分泌量の低下をもたらした。

Akhavan¹⁰⁾らは食事30分前にホエイを摂取しておくと、ホエイの摂取量依存性に、食後の血糖・インスリンの上昇を抑制すると報告している。また、GAUC/IAUCの比を出して、ホエイ量依存的にこの比率が小さくなること、それより、インスリン依存性とインスリン非依存性の血糖上昇抑制作用を類推している。インスリン非依存性の血糖上昇抑制作用作用機序は不明であるが、消化管を空にするタンパク質の効果だと推論している。消化管を空にする緩やかな変化でも食後血糖およびインスリンの増加量、タイミングに影響し^{16, 17)}、タンパク質を炭水化物¹⁸⁾とともにあるいは単独¹⁹⁾で摂取することにより、その変化が緩和される。Akhavan¹⁰⁾らはタンパク質を先に負荷しておくことに

よって胃の空腹が緩和され、血糖値が低下したのだろう。その後ゆっくり胃が空になることによって、ホエイや他のタンパク質がコレシストキニンやインクレチンを分泌促進したと推論している。

一方、牛乳は食後血糖上昇を抑制するがインスリン分泌量は増すと報告⁵⁻⁷⁾されており、牛乳によるインクレチン分泌の可能性も指摘されている。牛乳摂取後30分後に血中インスリン値がピークになるとの報告があり、今回米飯摂取後15分のインスリン値を測定していないので、インスリン値がその時点で高くなった可能性は否定できない。

納豆に関して

納豆90gは、ご飯を食べる15分前・後にいずれに摂取しても、米飯摂取後の血糖上昇を抑制した。また納豆摂取によりインスリン分泌は亢進しなかった。納豆摂取時のインスリンの反応は、米飯15分前に納豆摂取した時では、米飯摂食時0分でのみ、基準値よりも高かったが、インスリンAUCは基準食と差がなかった。

前報において¹¹⁾、食後の血糖上昇を抑制するには、大豆製品中に含まれる一定量の脂質・タンパク質、または不溶性食物繊維の存在が有効であると推測した。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遅延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¹²⁾。この血糖上昇の抑制効果は水溶性食物繊維の方が効果的であり、水溶性食物繊維の粘性が関与していると報告¹³⁾されている。水溶性食物繊維、不溶性食物繊維の作用機序に関しては今後の検討が必要である。

納豆食と牛乳の比較

牛乳の場合、米飯摂取15分前に牛乳を飲むとインスリンが分泌され、血糖上昇が抑制され、その結果インスリン分泌も抑制された。この抑制効果にはインスリンの分泌が関与している可能性がある。米飯摂取15分後に牛乳を飲んでも血糖上昇を抑制する効果はなかった。

一方納豆摂取は米飯摂取15分前にも、15分後にも血糖上昇抑制効果が認められた。この抑制効果にはインスリンの分泌は関与していないと推察された。含まれている食物繊維が、小腸での吸収を抑制的に作用していると推察される。朝食の食品が、昼食の血糖上昇に影響を与えるセカンドミール効果¹⁵⁾もみられるので、食物繊維では食後の長い時間帯でも効果があるだろうと推察される。

今回の検討では、牛乳は10時に摂取し、一方納豆は14時に摂取した。血糖上昇反応やインスリン反応が日内リズムの影響を受けている可能性があり²⁰⁾、今後の検討課題である。

まとめ

牛乳・納豆を米飯摂取の15分前、15分後に取ったとき、米飯の食後血糖上昇抑制効果について検討した。その結果1) 牛乳は米飯摂取15分前に摂取することにより食後の血糖上昇は抑制され、インスリン分泌も抑制された。米飯摂取後15分に牛乳を摂取しても、食後血糖上昇抑制効果はなかった。2) 納豆は米飯15分前でも、15分後に摂取しても、食後の血糖上昇は抑制された。納豆食では食後インスリン分泌には関与しないと推定された。3) 牛乳食および納豆食の遊離脂肪酸レベルは、基準食の遊離脂肪酸濃度と差はなかった。

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。

引用文献

- 1) Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH et al.: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* **24**: 362–366, 1981.
- 2) Foster-Powell K, Brand MJ: Internal tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr* **62**: 871–893, 1995.
- 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* **57**: 743–52, 2003.
- 4) Gannon MC, Nuttall FQ, Krezowski PA et al.: The serum insulin and plasma glucoses to milk and fruit products in type 2 (Non-insulin-dependent) diabetic patients. *Diabetologia* **29**: 784–91, 1986.
- 5) Liljeberg EH, and Björck I: Milk as a supplement to mixed meals may elevate postprandial insulinaemia. *Eur J Clin Nutr* **55**: 994–999, 2001.
- 6) Calbert JA, Holst JJ: Gastric emptying, gastric secretion and enterogastrone response after administration of milk protein or their peptide hydrolysates in humans. *Eur J Nutr* **43**: 127–39, 2004.
- 7) Nilsson M, Stenberg M, Frid AH et al.: Glycemia and insulinemia in healthy subjects after lactose-equivalent meals of milk and other food proteins: the role of plasma amino acids and incretins. *Am J Clin Nutr* **80**: 1246–53, 2004.
- 8) Frid AH, Nilsson M, Holst JJ, Björck IM: Effect of whey on blood glucose and insulin responses to composite breakfast and lunch meals in type2 diabetic subjects. *Am J Clin Nutr* **82**: 69–75, 2005.
- 9) Nilsson M, Holst JJ, Björck IM: Metabolic effects of amino acid mixtures and whey protein in healthy subjects: studies using glucose equivalent drinks. *Am J Clin Nutr* **85**: 996–1004, 2007.
- 10) Akhavan T, Luhovy B, Brown PH et al.: Effect of premeal consumption of whey protein and its hydrolysate on food intake and postmeal glycemia and insulin responses in young adults. *Am J Clin Nutr* **91**: 966–75, 2010.
- 11) 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上昇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4 (1), 25–31, 2012.
- 12) Malkki A: Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. *Cereal Foods World* **46**: 196–9, 2001.
- 13) Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Taylor RH: Dietary fiber, carbohydrate metabolism and diabetes. *Molec Aspects Med* **9**: 97–112, 1987.
- 14) Wolever TM, Brighenti F, Royall D et al.: Effect of rectal infusion of short chain fatty acids in human subjects. *Am J Gastroenterol* **84**: 1027–33, 1989.
- 15) 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* **83** (4): 817–22, 2006.
- 16) Horowitz M, Edelbrake MA, Wishart JM, Straathof JW: Relationship between oral glucose tolerance and gastric emptying in normal healthy subjects. *Diabetologia* **36**: 852–62, 1993.
- 17) Rayner CK, Samson M, Jones KL, Horowitz M. Relationships upper gastrointestinal motor and sensory function with glycemic control. *Diabetes Care* **24**: 371–81, 2001.
- 18) Karamanlis A, Chaikomin R, Doran S, et al.: Effects of protein on glycemic and incretin responses and gastric emptying oral glucose in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* **86**: 1364–8, 2007.
- 19) Hall WL, Millward DJ, Long SJ, Morgan LM: Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Br J Nutr* **89**: 239–48, 2003.
- 20) Goldberg RJ, Ye C, Sermer M, Connelly PW, Hanley AJ, Zimman B, Petnakaran R. Circadian variation in the response to the glucose challenge test in pregnancy: implications for screening for gestational diabetes mellitus. *Diabetes Care* **35**(7), 1578–84, 2012

最終版平成24年12月30日受理

Effect of Pre/Post Rice Consumption of Milk and Fermented Soybean on Postmeal Glycemia and Insulin Responses in Healthy Students

Kaori SUEDA, Miyuki ITO, Eiko SAKAI, Tomoko UNO, and Yuzo SATO,

Abstract

Objective: The objective was to describe the effect of milk or fermented soybean when consumed before /after rice on concentrations of blood glucose and insulin in healthy students.

Subjects: Thirty five students completed the requirement and were included in the study results. Subjects were divided into two groups. One group (female 21) consumed 200ml milk before/after a rice meal at 10 a.m., the other group (male 3, female 11) consumed fermented soybean (90g) before/after a rice meal at 2 p.m..

Design: Two studies were conducted. White rice (carbohydrate 50g) and 200ml tea was provided in experiment 1, and 200ml milk + white rice / 90g fermented soybean + white rice +200ml tea (total carbohydrate 50g) were provided in experiment 2. At 15min before/after consumption, the subjects were fed white rice. Blood glucose and insulin and free fatty acid (FFA) were measured at baseline and at intervals in both experiments.

Blood plasma glucose, insulin concentrations and area under the curves for glucose (GAUC) and insulin (IAUC) were measured. Comparisons between diets were analyzed based on paired t-test.

Results:

- 1) Milk consumption meal before a rice significantly lowered blood glucose at 30, 45 and 60 min after eating rice ($P<0.05$), and significantly lowered the GAUC values ($P<0.05$), compared with the consumption of white rice only. Milk consumption after a rice had no effects on reducing postmeal blood glucose.
- 2) The fermented soybeans before/after a rice meal significantly lowered the GAUC values ($P<0.05$), compared with the consumption of white rice only. There was no difference between rice IAUC and corresponding fermented soybean IAUC.
- 3) There is no difference in FFA between rice consumption and corresponding milk/ fermented soybean consumption.

Conclusions: Milk consumption before a rice meal only, and not after, reduced postmeal blood glucose, and insulin. Fermented soybean both before and after a rice meal reduces postmeal blood glucose, but had no effects on insulin secretion.

Keywords: postprandial blood glucose; insulin; rice; milk; soybean products; glycemic index (GI)