女子学生における牛乳の脂肪量による 食後高血糖抑制効果の検討

坂口 名菜¹⁾, 山下 義昭¹⁾, 森 政博²⁾
逸見 幾代²⁾

¹⁾ 千里金蘭大学生生活科学部食物栄養学科

²⁾ 松山東雲短期大学生生活科学科

Effect of Milk Fat on Controlling a High Blood Sugar Level after Eating in Female University Students

Nana Sakaguchi¹, Yoshiaki Yamashita¹, Masahiro Mori² and Ikuyo Henmi²

¹Department of Clinical Nutrition, Senri Kinran University

²Department of Food and Nutrition, Faculty of Life Science, Matsuyama Shinonome College

It is well known that milk and dairy products have an effect of controlling the rise of blood sugar level after eating, but the effective ingredients have not previously been analyzed. We compared and analyzed the blood sugar reaction after eating a diet with milk containing different amounts of milk fat. The results show that, by combining rice with milk, the reduction of blood sugar level tended to be more rapid. The insulin response was significantly high with all types of milk. The glycemic index (GI) was significantly decreased in combination with low-fat milk, mixed milk, and high-fat milk, but there was no significant effect in combination with no-fat milk. Although there was a small effect on the fall of GI with no-fat milk, suggesting the participation of an ingredient other than milk fat, it seems that the presence of fat in milk increased the relaxation action of the milk on the blood sugar rise.

Jpn. J. Nutr. Diet., 67 (1) 9~13 (2009)

Key words: milk fat, blood sugar level, glycemic index, insulin value, young woman

緒 言

わが国の糖尿病有病者数は、平成18年国民健康・栄養調査¹⁾によると、糖尿病が強く疑われる人と糖尿病の可能性を否定できない人の総人数は約1,870万人と推測され、平成14年に実施された糖尿病実態調査の1,620万人より約250万人(15.4%)増加している。「健康日本21」によると、このまま生活習慣が改善されない場合、2010年には1,080万人が有病者となり得るという。糖尿病はひとたび発症すると治癒することではなく、放置すると網膜症・腎症・神経障害などの合併症を引き起こし、末期には失明や、透析療法が必要となる。合併症の発症と進展を防ぐためには、食事療法で血糖値を正常範囲にコントロールすることが重要で、空腹時のみならず、食後の過度の血糖値上昇を避ける必要がある。食事療法において、近年注目されているのがGIである。GI(Glycemic Index; グライセミック・インデックス)は血糖指数と呼

ばれ、欧米ではすでにGIを基に血糖値を上げにくい食品を選択し、食事内容の工夫がなされており、日本でも治療食に用いるなどGIを応用する動きがみられる^{2~4)}。また、杉山ら⁵⁾は米飯を基準として様々な食品と組み合わせ、GIを求め、日本の食品における食後の血糖上昇反応を栄養教育に取り入れる試みを実施しており、これらの教育手法は疾患の予防などに有用な手法であると結論づけている。

先行研究では牛乳が食後の血糖上昇を緩和する作用を持つことが知られている^{6~9)}が、牛乳中のどの成分が有効であるかは十分解明されていない。

そこで、本研究では牛乳の脂肪量に焦点を絞り、米飯を基準として脂肪量の異なる牛乳を摂取したときの食後血糖反応をヒト試験において調べ、若干の知見が得られたので報告する。

キーワード: 牛乳, 食後血糖値, 血糖指数, 血中インスリン値, 若年女性

(連絡先: 坂口名菜 〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5-25-1 千里金蘭大学生生活科学部食物栄養学科

電話 06-6872-7946 FAX 06-6872-7872 E-mail n-sakaguchi@kinran.ac.jp)

試 験 方 法

試験は、平成18年4-9月の間に行った。被験者は、いずれも疾患を認めない健康な女子学生7名であり、試験の内容、目的および安全性について十分説明し、自由意志による同意を文書で得た者を分析の対象とした。本試験はヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則を遵守し、千里金蘭大学生生活科学部食物栄養学科倫理審査委員会の承諾を得て実施した。試験期間中の食生活や日常生活および健康管理に留意させた。また試験前日の夕食は、精白米ご飯（サトウのごはん〔新潟コシヒカリ100%、産地番号JPCA〕）とレトルトカレーを午後8-10時の間に摂り、その後湯茶以外の飲食を禁止した。約12時間の絶飲・絶食後、午前9時に空腹時の血糖値を自己血糖測定器（「フリースタイルキッセイセンサー」キッセイ薬品工業）を用いて測定した。同時に、血中インスリン値についても株式会社ファルコバイオシステムズに依頼し測定した。測定法は Immumoradiometric Assay¹⁰⁾ である。

GIの算定は Wolever ら²⁾ の方法に基づき行った。基準食として、ご飯 147 g（サトウのごはん：糖質 50 g 相当量）とお茶 200 ml を約13分で摂取し、摂取開始時から15, 30, 45, 60, 90, 120分後の血糖およびインスリン値を測定した。1週間後に、同じく基準食を用いて同様に試験を行い、それぞれの血糖変動曲線から血糖曲線下面積（AUC: area under the curve）を算出した。このようにして AUC の変動係数が25%以内になるまで試験を行い（最大4回）、25%以内になった値を平均して基準値とした^{2, 5, 16)}。

次に基準値が確定した被験者に対し、お茶のかわりに無脂肪牛乳（トップバリュー無脂肪牛乳：乳脂肪分0.2%）、低脂肪牛乳（北海道で製造された低脂肪牛乳：乳脂肪分1.0%）、混合牛乳（無脂肪牛乳と高脂肪牛乳を1：1に混合したもの：乳脂肪分2.3%）、高脂肪牛乳（しっかり濃厚4.4：乳脂肪分4.4%）のいずれか 200 ml と糖質を 50 g 相当量にするために、ご飯の分量をそれぞれ、115 g, 118 g, 117 g, 116 g として、基準食と同じ方法で摂取させ、それぞれ変動係数が25%以内になるま

で試験を行った（最大4回）。このようにして基準食の AUC を100として各試験食の AUC の割合を求め、個人の GI とした。さらに被験者7名分を平均して、標準偏差の2倍（ $\pm 2SD$ ）より外れた値を除外し、再度平均値を算出してその食品の GI とした^{2, 5, 16)}。試験食の栄養素量は表1に示すとおりである。

結果は平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。群間の有意差検定は対応のある分散分析後、Student-Newman-Keuls test（SNK 検定）を用いて多重比較を行った。統計学的有意水準は5%とした。

試 験 結 果

1. ご飯と牛乳を組み合わせたときの血糖反応、インスリン反応

ご飯と牛乳を組み合わせたときの血糖反応およびインスリン反応を図1、図2に示した。

血糖変動曲線をみると、空腹時血糖値は98-106 mg/dl の間にあり、食事間の差はみられなかった。このような条件下で基準食と比べると、無脂肪牛乳、低脂肪牛乳、混合牛乳では90分、高脂肪牛乳では15, 30, 90分でそれぞれ有意な低値を示した。また、高脂肪牛乳は、無脂肪牛乳と比し30分で、低脂肪牛乳、混合牛乳と比し15分で有意な低値を示しており、脂肪量の違いによって血糖値の経時的変動に差がみられた。

また、その時のインスリン反応をみると、インスリン値は基準食と比べて全ての牛乳において30, 45分, 60分域で有意な高値を示した。

2. ご飯と牛乳を組み合わせたときの GI

ご飯と牛乳を組み合わせたときの GI を図3に示した。

GI は基準食と各牛乳を比較すると無脂肪牛乳では有意な差はみられなかったが、低脂肪牛乳、混合牛乳、高脂肪牛乳では有意な低下を示した。

考 察

ご飯と牛乳を摂取したときの血糖反応について検討した結果、基準食に対して無脂肪牛乳、低脂肪牛乳、混合

表1 試験食の栄養素量

	エネルギー (kcal)	糖 質 (g)	たんぱく質 (g)	脂 質 (g)	食物繊維 (g)
基礎食 ごはん					
+ お茶〈コントロール〉	217	50	3.0	0.6	0.9
+ 無脂肪牛乳	248	50	9.5	0.7	0.9
+ 低脂肪牛乳	263	50	9.1	2.6	0.9
+ 混合牛乳	288	50	9.3	5.3	0.9
+ 高脂肪牛乳	327	50	8.9	9.8	0.9

注) 栄養素量：科学技術庁資源調査会編 五訂 日本食品標準成分表（政府刊行物：大蔵省（現財務省）印刷局発行）に準拠したデータベースを使用して求めた。

図1 ご飯+牛乳の血糖反応

終夜絶食した健康な女子学生7名を対象に、基準食としてご飯147g + お茶200ml、試験食としてご飯+脂肪量の異なる牛乳200ml（4種）をそれぞれ糖質50g相当分摂取させるクロス実験を行った。採血は空腹時、摂取後15分、30分、45分、60分、90分、および120分に行い血糖値を測定した。測定結果は平均値±標準偏差で示し、有意差検定は対応のある分散分析後、Student-Newman-Keuls test (SNK 検定) を用いて多重比較を行った。有意水準 $p < 0.05$ で有意差ありと判定した。

*: 基準食と比べて有意差あり ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$)

+: 高脂肪牛乳と比べて有意差あり ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$)

牛乳では90分、高脂肪牛乳では15、30、90分でそれぞれ有意な低値を示し、脂肪量の違いによって血糖値の経時的変動に差がみられた。また、GIは無脂肪牛乳以外の牛乳で基準食に対し有意な低値を示した。GIで脂肪の有無によって有意差が生じたことは、乳脂肪が糖質の吸収に関与しているという先の報告^{8,9)}と一致する。

インスリン反応においては、ご飯と牛乳を摂取したとき、基準食と比べて全ての牛乳において30、45分、60分域で有意な高値を示した。この結果ならびに、牛乳はGIの低下を招くがインスリン分泌量は増すという報告¹¹⁾か

ら、血糖値およびGIが低下したのは牛乳に含まれる何らかの成分がインスリン分泌を促進させたことも大きな要因であると示唆される。先に、いくつかのアミノ酸がインスリン分泌を促進することが報告されており^{12~14)}、Nilsson ら¹⁵⁾はミルクたんぱく質にインスリン分泌特性があることを証明している。本研究においても牛乳中のたんぱく質がインスリン分泌を促したのかもしれない。

無脂肪牛乳以外の試験食については、本研究で定めた脂肪量の範囲ではGIの用量依存的低下は認められなかった。また、ご飯と無脂肪牛乳を組み合わせで摂取した場合

図2 ご飯+牛乳のインスリン反応

終夜絶食した健康な女子学生7名を対象に、基準食としてご飯147g+お茶200ml、試験食としてご飯+脂肪量の異なる牛乳200ml(4種)をそれぞれ糖質50g相当分摂取させるクロス実験を行った。採血は空腹時、摂取後15分、30分、45分、60分、90分、および120分に行い血糖値と同時にインスリン値を測定した。測定結果は平均値±標準偏差で示し、有意差検定は対応のある分散分析後、Student-Newman-Keuls test (SNK 検定)を用いて多重比較を行った。有意水準 $p<0.05$ で有意差ありと判定した。

: 基準食と比べて有意差あり ($p<0.05$)

においても血糖値は90分値で有意な低値を示し、GIも基準食に対して低下傾向がみられた。牛乳中に含まれる脂肪やたんぱく質が、同時に摂取した糖質の吸収を遅延させGIを低下させるという報告^{8,9)}や、食品に含まれる物質の構造や種類、組み合わせによっても糖質の消化吸収の効率が異なり血糖曲線にも差異がみられるという報告⁸⁾がある。前に述べたようにインスリン分泌にはミルクたんぱく質の関与が示唆されている¹⁵⁾。これらのことから、牛乳によるGI改善効果には牛乳中に含まれる脂肪以外の成分も影響し、脂肪量が1%から4.4%の範囲内の差では血糖反応に顕著な相違を示さなかったと考えられる。今回

の試験食の栄養素量は脂肪量のほか、たんぱく質量、エネルギー量にも違いがあった(表1)。今後、血糖上昇緩和作用に関与する牛乳中の有効成分について特定するために、基準食と脂肪の負荷量による検討を加える必要がある。

以上、本研究によって血糖上昇緩和作用に関与する牛乳中の有効成分については特定できなかったが、牛乳中の脂肪の存在が、牛乳の食後高血糖抑制効果を高めている可能性が示された。

本研究を行うにあたり、共同研究者として快く協力していただきました臨床栄養学研究室の皆様深く感謝申し上げます。

図3 ご飯+牛乳のGI

終夜絶食した健康な女子学生7名を対象に、基準食としてご飯147g + お茶200ml、試験食としてご飯+脂肪量の異なる牛乳200ml（4種）をそれぞれ糖質50g相当分摂取させるクロス実験を行った。採血は空腹時、摂取後15分、30分、45分、60分、90分、および120分に行い血糖値を測定した。基準食のAUCを100として各試験食の割合を求め、個人のGIとし、さらに7名の平均値を算出してその食品のGIとした。測定結果は平均値±標準偏差で示し、有意差検定は対応のある分散分析後、Student-Newman-Keuls test (SNK 検定) を用いて多重比較を行った。有意水準 $p < 0.05$ で有意差ありと判定した。

*: 基準食と比べて有意差あり ($p < 0.05$)

文 献

- 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室：平成18年国民健康・栄養調査結果の概要，pp. 29-30 (2008) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室，東京
- Wolever, T.M.S., Jenkins, D.J.A., Jenkins, A.L. and Josse, R.G.: The glycemic index: methodology and clinical implications, *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 846-854 (1991)
- Jenkins, D.J.A. and Jenkins, A.L.: The glycemic index, fiber, and the dietary treatment of hypertriglyceridemia and diabetes, *J. Am. Coll. Nutr.*, **6**, 11-17 (1987)
- 鮎谷佳和, 関本 博, 松本正幸, 納藤真生, 松本幹生, 石川紀子, 奥谷幸彦, 楠崎 章：老年者糖尿病治療への Glycemic Index の応用—加齢および食品の影響—, 日本老年医学会雑誌, **27**, 57-62 (1990)
- Sugiyama, M., Tang, A.C., Wakaki, 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**, 743-752 (2003)
- Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S., Taylor, R.H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J.M., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L. and Goff, D.V.: Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362-366 (1981)
- 杉山みち子：グリセミック・インデックスの考え方と活用の意義, 食生活, **95**, 88-94 (2001)
- 若木陽子, 杉山みち子・他：米飯と酢, 牛乳, 乳製品の組み合わせ食のグリセミック・インデックス, *Health Sci.*, **17**, 133-142 (2001)
- Ostman, E.M. and Liljeberg, E.H.: Bjorck II Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products, *Am. J. Clin. Nutr.*, **74**, 96-100 (2001)
- 松井香都代, 三島千穂, 森本珠代, 金尾啓右, 伏見尚子：インシュリン・リアビーズII (IRMA) キットによる血中インシュリン測定の基礎的臨床的検討, 日本核医学技術学会機関誌, **11**, 54-60 (1991)
- Liljeberg, E.H. and Bjorck, I.: Milk as a supplement to mixed meals may elevate postprandial insulinaemia, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **55**, 994-999 (2001)
- van Loon, L.J., Kruijschoop, M., Menheere, P.P., Wagenmakers, A.J., Saris, W.H. and Keizer, H.A.: Amino Acid Ingestion Strongly Enhances Insulin Secretion in Patients With Long-Term Type 2 Diabetes, *Diabetes Care*, **26**, 625-630 (2003)
- van Loon, L.J., Saris, W.H., Verhagen, H. and Wagenmakers, A.J.: Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate, *Am. J. Clin. Nutr.*, **72**, 96-105 (2000)
- Calbet, J.A. and MacLean, D.A.: Plasma glucagon and insulin responses depend on the rate of appearance of amino acids after ingestion of different protein solutions in humans, *J. Nutr.*, **132**, 2174-2182 (2002)
- Nilsson, M., Stenberg, M., Frid, A., Holst, J. and Bjorck, I.: 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**, 1246-1253 (2004)
- 杉山みち子, 天野由紀, 若木陽子, 鄭 珠：日本の食品における食後の血糖上昇反応, *Foods Food Ingredients J. Jpn.*, **211**, 526-535 (2006)

(受付：平成19年1月26日，受理：平成20年8月23日)