

牛乳ならびに乳製品のグリセミックインデックスに関する研究

国立健康・栄養研究所 臨床栄養管理研究室 杉 山 みち子
同 研修生 日本赤十字社熊本健康管理センター 若 木 陽 子
日本赤十字社熊本健康管理センター 小 山 和 作
塩 山 更 生
中 本 典 子

1 はじめに

食品摂取に伴う血糖上昇は食品に含まれる糖質量に、ほぼ正比例するものと考えられてきた。しかし、糖質の量だけではなく、加工・調理法、さらには、栄養の質的評価 (nutritional quality) によって異なることが明らかにされている^{1, 2, 3, 4)}。

当研究は、日本人が主食として摂取している米飯を基準にして、Jenkins⁵⁾らの方法に基づいて、一般的な食品の摂取時の血糖上昇に伴う血糖曲線下面積を比較し、糖化指数 (glycemic index, GI) を求め、糖尿病患者の食事教育を効果的なものにする事を目的として実施した。

先行研究では、米飯はグルコースと高い相関を示し、米飯を食品の系統的なGI評価の基準食として用いることは可能であると判断された⁶⁾。また、米飯を基準として日本人が日常的に摂取している米ならびに米加工品など30品目について、血糖曲線下面積の比較、検討を行った^{6, 7, 8)}。その結果、米飯と牛乳を一緒に摂取するとGI値が低くなることが明かになった。

そこで、本研究では、米飯を基準とした牛乳・乳製品、米飯と牛乳・乳製品の組み合わせ食、その他食品と牛乳・乳製品の組み合わせ食などのGIを評価・検討した。

2 研究方法

被験者は、熊本市内N社K健康管理センターに勤務する健常な日常生活を送る男性7名 (年齢45.4±14.5歳、BMI 23.2±2.3)、女性33名 (年齢36.5±9.2歳、BMI 21.3±2.2) の計40名である。過去1年間の健康診断において、血糖値やヘモグロビンA1cから耐糖能異常を指摘された者はいなかった。実験開始前にヘルシンキ宣言に則った倫理委員会規定に基づくインフォームドコンセントを行い了承を得た者達である。

検査は、Woleverら⁹⁾の方法に基づいて行った。血糖曲線下面積の観察は検査食品一種類あたり10人について実施した。繰り返し観察する場合には前回の検査から少なくとも1日以上経過した時点で実施した。女性においては生理期間中は観察しないことを条件とした。検査日の前夜9時以後は絶食とし、検査日の午前7時から9時の空腹時に基準食ならびに検査食を摂取させた。

血糖値は、自己血糖測定器（グルテストエース、三和化学研究所（株））を用い被験者自身が、空腹時・負荷後15、30、45、60、90、120分後の計7回の測定を実施した（図1）。基準食は、栄養成分表示が行われている同一ロットの米飯（サトウのごはん、佐藤食品（株）、100g当り糖質含量34g）を用いた。糖質50gを含む米飯147gを被験者に少なくとも2回摂取させて、血糖曲線下面積の平均値を算出した。ただし、2回の血糖曲線下面積の差が25%を超える場合は、3回摂取させその差が25%以内になった2つの血糖曲線下面積の平均値を、その個人のGI算出のための基準値とした。しかし、3回摂取させても血糖曲線下面積の差が25%以内でない者は、分析対象から除外した。

一方、検査食品は、米の加工調理品ならびに米飯同様に主食として用いられる食品を9品目選んで比較、検討を行った。基準食、検査食の栄養成分表示、使用量、提供方法を表1に示した。GI値は、被験者10名のそれぞれについて、検査食品摂取により得られる結果より、血糖曲線下面積をもとめて、基準食に対するGI値を算出した。さらに、被験者10名の平均値と標準偏差（SD）を求め、2SDより外れたGI値は除外し、再度平均値を求めて、各検査食のGI値とした。

なお、データの分析は統計パッケージSPSSを用い、相関係数の検定はピアソンの相関係数を、また、検査食品の血糖値の経時的変化の基準食に対する有意差の検定は、反復測定一分散分析を用いて行った。

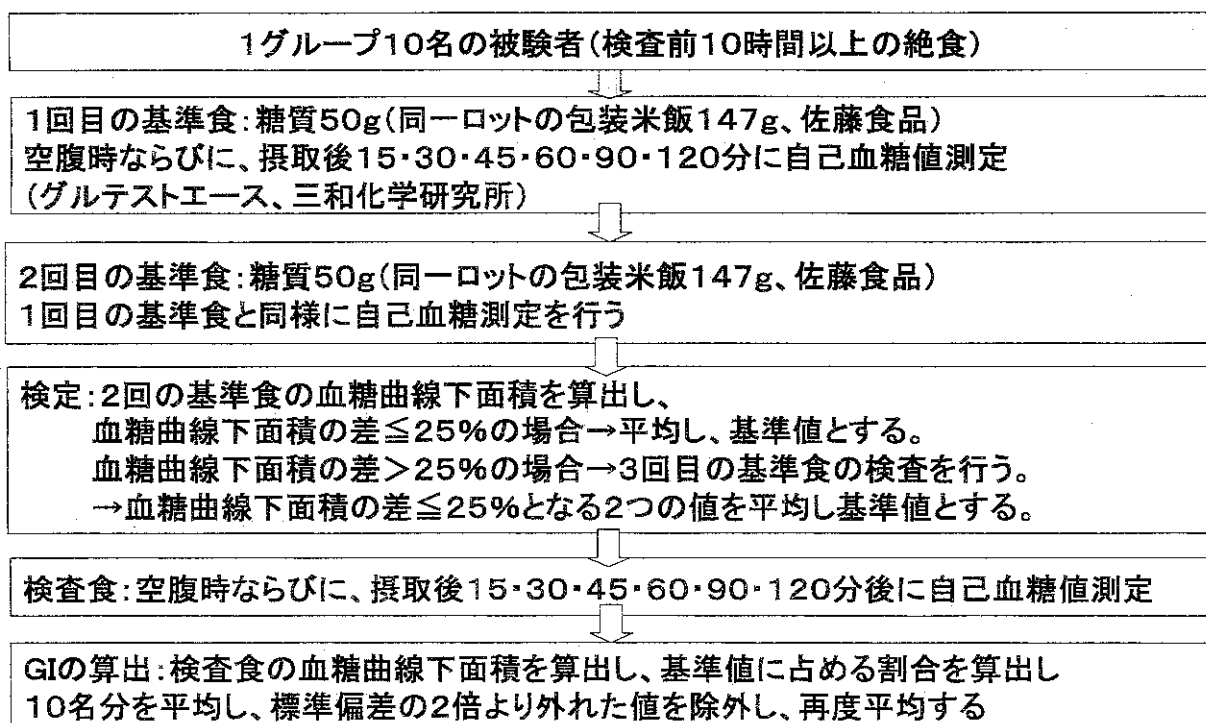


図1 検査食品のGI算出方法

表1 使用食品の栄養成分表示・使用量・提供方法

食品名	食品・形態	製造元	商品名	栄養成分表示(100gあたり)					使用量	使用食品中栄養成分(総計)					提供方法等 語句詳細:
				糖質 (g)	熱量 (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	ナトリウム (mg)		糖質 (g)	熱量 (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	ナトリウム (mg)	
米飯(基準食)	包装米飯(白飯) ふりかけ(ゆかり)	佐藤食品 三島食品	サトウのごはん 赤しそふりかけ	34.0 20.0	151 100	2.3 10.0	0.6 0.0	3 21000	147 1	50.2 223.0	223.0	3.5 0.9	0.9 214.4	214.4	温める=電子レンジを使用 ゆかりをふりかけた米飯を温め、 おにぎりにし、摂取する
米飯と牛乳200cc	包装米飯(白飯) ふりかけ(ゆかり) 牛乳	佐藤食品 三島食品 雪印	サトウのごはん 赤しそふりかけ	34.0 20.0 4.9	151 100 69	2.3 10.0 3.3	0.6 0.0 4.0	3 21000 51.5	118 1 200	50.0 317.2	317.2	9.4 8.7	8.7 316.5	316.5	ゆかりをふりかけた米飯を温め、おにぎりにし、 牛乳と共に、あるいは米飯摂取直前、直後に 摂取する
米飯と牛乳100cc	包装米飯(白飯) 牛乳	佐藤食品 県酪連	サトウのごはん らくのう牛乳	34.0 4.7	151 69	2.3 3.4	0.6 4.0	3 41	133 100	49.9 269.8	269.8	6.5 4.8	4.8 45.0	45.0	温めた米飯と、同時に牛乳を摂取する
低脂肪乳と米飯	包装米飯(白飯) 加工乳	佐藤食品 県酪連	サトウのごはん 酪農低脂肪乳	34.0 5.7	151 49	2.3 3.8	0.6 1.0	3 60	119 170	50.2 263.0	263.0	9.2 2.4	2.4 105.6	105.6	温めた米飯と、同時に牛乳を摂取する
米飯とヨーグルト	包装米飯(白飯) 無糖ヨーグルト	佐藤食品 明治乳業	サトウのごはん ブルガリア	34.0 5.3	151 62	2.3 3.4	0.6 3.0	3 51	132 100	50.2 261.3	261.3	6.4 3.8	3.8 55.0	55.0	温めた米飯と共に、又は米飯摂取前に酢の物 摂取する
カレーライス	包装米飯(白飯) レトルトカレー	佐藤食品 ハウス食品	サトウのごはん ククレカレー	34.0 16.6	151 193	2.3 6.1	0.6 11.4	3 920	124 100	50.1 278.1	278.1	5.8 6.2	6.2 441.8	441.8	温めた米飯に、温めたレトルトカレーをかけて 摂取する。
チーズ入りカレーライス	包装米飯(白飯) プロセスチーズ レトルトカレー	佐藤食品 森永乳業 ハウス食品	サトウのごはん とろけるスライス ククレカレー	34.0 0.2 19.5	151 57 211	2.3 3.8 5.5	0.6 4.5 12.3	3 133 880	119 36 100	50.1 504.7	504.7	15.8 22.0	22.0 1149.6	1149.6	米飯にチーズをのせ、レトルトカレーをかけて温 め、摂取する。
パン (国際法の標準食 の白パンの組成)	小麦粉 砂糖(上白糖) 塩 イースト 水分	日清食品		69 99.2 0 13.7	340 384 0 89	12 0 0 12.6	1.8 0 0 0.4	0 2 39000 16	70.3 1.5 0.85 1.06 42.2	0.0 0.0	0.0	0.6 160.0	160.0 10.8	10.8	全成分の材料を混ぜた後、 焼く前の生地を測定し、 1人分の重量ごとに分け、焼き上げる。 焼きあがったパンを、水分と共に摂取する。
チーズとパン パン (国際法の標準食 の白パンの組成)	プロセスチーズ 小麦粉 砂糖(上白糖) 塩 イースト 水分	明治乳業 日清食品	十勝6Pチーズ	0.3 69 99.2 0 13.7	80 340 384 0 89	5.4 12 0 0 12.6	6.4 1.8 0 0 0.4	241 0 2 39000 16	50 69.4 1.5 0.85 1.06 42.2	50.1 402.7	402.7	19.3 14.1	14.1 813.7	813.7	全成分の材料を混ぜた後、 焼く前の生地を測定し、 1人分の重量ごとに分け、焼き上げる。 焼きあがったパンをチーズ、水分と共に摂取する
ラクトアイスA	ラクトアイス	明治乳業	スーパーカップバニラ	21.2	219	3.1	13.6	52	236	50.0	516.8	7.3	32.1	122.7	
ラクトアイスB	ラクトアイス	明治乳業	アイスで元気!	18.3	133	4.9	4.5	50	274	50.1	364.4	13.4	12.3	137.0	
米飯とラクトアイスA	包装米飯(白飯) ラクトアイス	佐藤食品 明治乳業	サトウのごはん スーパーカップバニラ	34.0 21.2	151 219	2.3 3.1	0.6 13.6	3 52	72 120	49.9 371.5	371.5	5.4 16.8	16.8 64.6	64.6	米飯を摂取後アイスクリームを食す
炭酸飲料	炭酸飲料	コカコーラ(株)	コカコーラ	10.0					500	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
炭酸飲料とラクトアイスA	ラクトアイス 炭酸飲料	明治乳業 コカコーラ(株)	スーパーカップバニラ コカコーラ	21.2 10.0	219	3.1	13.6	52	120 245	49.9 262.8	262.8	3.7 16.3	16.3 62.4	62.4	炭酸飲料にアイスを加え、摂取する。

3 結 果

1 被験者の属性

被験者のうち、BMIが26以上の肥満者は男性7名中1名(14.1%)であり、女性33名中1名(3.0%)であった。糖尿病の家族歴がある者は40名中、一親等では17名、二親等では12名であった(表2)。常用医薬品利用者は11名であった。絶食時間は最低でも食後10時間以上は経過していた。

2 GI値の評価

A 米飯と牛乳

先行研究では、糖質50gに相当する米飯(118g)と普通牛乳(200ml)とを同時に摂取した場合には、基準食よりも比較的GI値(GI=69)は低下し、米飯摂取の前後に普通牛乳を摂取した場合にはGI値(摂取前:GI=67、摂取後:GI=68)が、基準食よりも有意に低くなることが観察された(図2)。当研究では、糖質50gに相当する米飯(133g)と半分量の普通牛乳100ml(GI=59)ならびに米飯(119g)と低脂肪乳(170ml)のGI値(GI=84)は基準食に比べて低くなり、倍量の普通牛乳を摂取した場合との差異は観察されなかった(図3)。また、低脂肪乳と摂取した場合には、基準食に比べて有意にGI値(GI=84)は低値を示したが、普通牛乳を摂取した場合に比べると、比較的高値を示した(図3)。

B 米飯とヨーグルト

米飯とヨーグルトについては、先行研究でGI評価を行ったが、再度、当報告書に記載する。糖質50gに相当する米飯(132g)の前後に無糖ヨーグルト(100g)を摂取した場合には、GI値は72(米飯前摂取)、71(米飯後摂取)といずれも基準食に比べて有意に低下した(図4)。

C チーズ入のカレーライス、パン

先行研究で観察した米飯とレトルトのカレーライス(GI=82)にチーズ36gを混ぜたチーズ入のカ

表2 分析対象者の属性

質問項目			男性(人)	女性(人)	全体(人)
人数			7	33	40
糖尿病の家族歴あり			1	19	20
	内訳	一親等	1	16	17
	(複数回答)	二親等	1	11	12
内服薬あり			2	9	11
	内訳	漢方薬	1	3	4
		ホルモン剤	1	2	3
		ビタミン剤	—	2	2
		降圧剤	—	1	1
		カルシウム剤	—	1	1

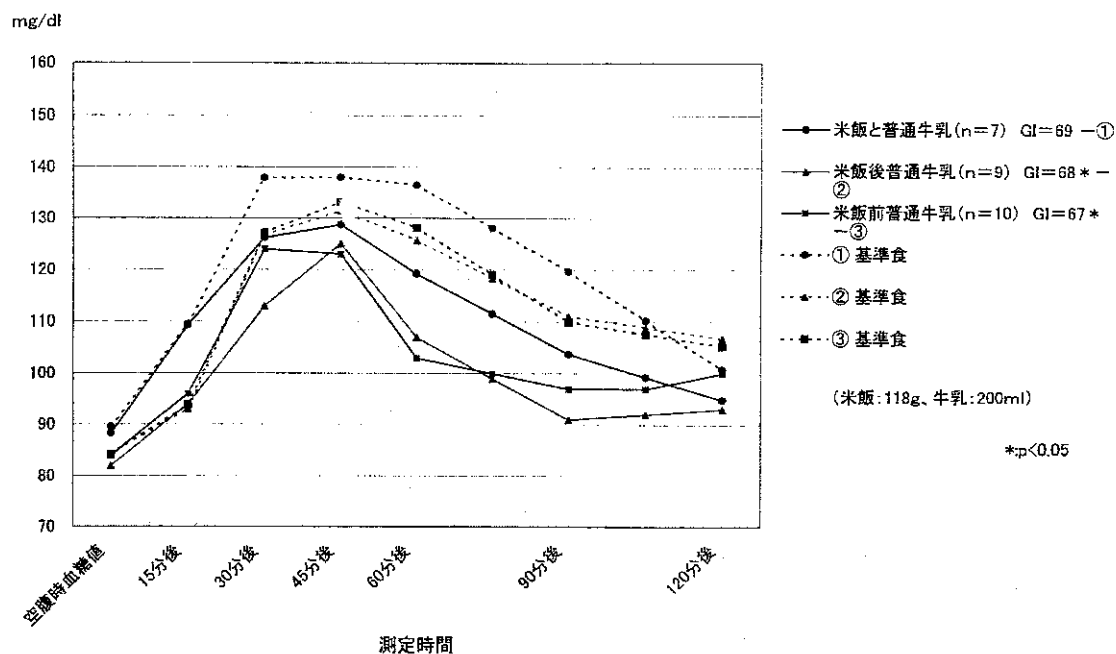


図2 米飯と牛乳を摂取した場合の血糖曲線

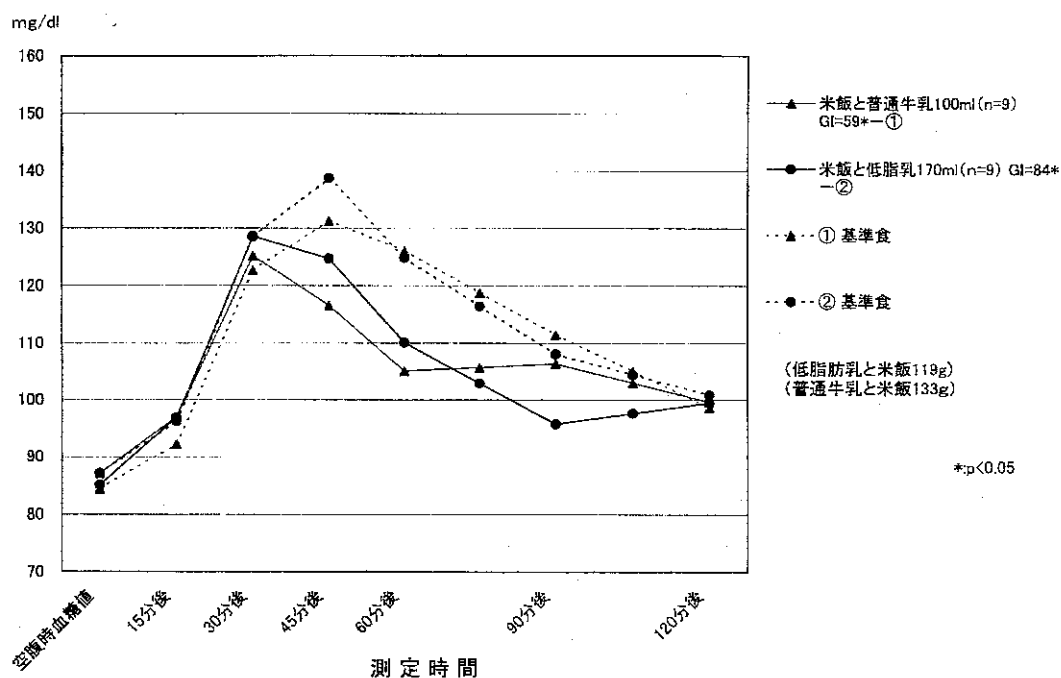


図3 米飯と牛乳を摂取した場合の血糖曲線

レーライスのGIは67と低値を示した。また、先行研究で作成したJenkinsらの基準食である白パン (GI=92) とチーズ (50g) を摂取した場合のGI値は71と低値を示したが、両者に有意差は認められなかった (表3)。

D アイスクリーム (単品)

糖質50gに相当するラクトアイスA (100g中脂質13.6g、たんぱく質3.1g、使用量236g) のGI値は45、ラクトアイスB (100g中脂質4.5g、たんぱく質4.9g、使用量274g) のGI値は40であり、基準食の米飯に

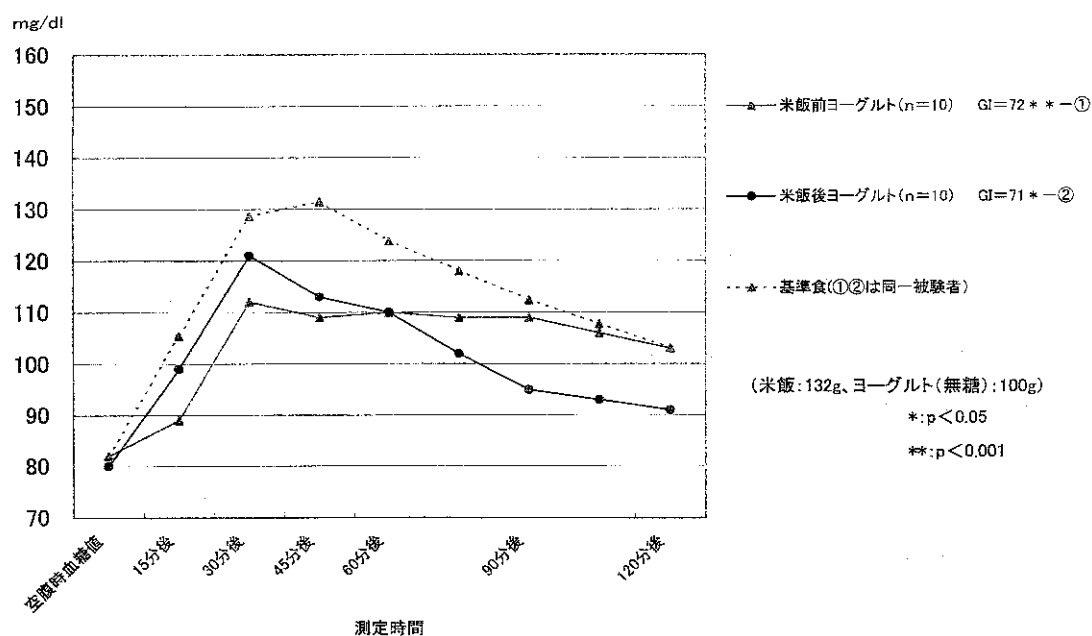


図4 米飯とヨーグルトを摂取した場合の血糖曲線

表3 検査食品（組み合わせ食）のGI

	n	平均	SD
* 米飯と普通牛乳200ml	7	69	19
** 米飯後普通牛乳200ml	9	68	27
** 米飯前普通牛乳200ml	10	67	19
米飯と普通牛乳100ml	9	59	28
米飯と低脂肪乳170ml	9	84	35
** 米飯前ヨーグルト100g	10	72	28
** 米飯後ヨーグルト100g	10	71	24
** カレーライス	10	82	33
** カレーライスとチーズ36g	10	67	34
* パン	10	92	38
白パンとチーズ50g	10	71	11
ラクトアイス(A)236g 注1)	9	45	30
ラクトアイス(B)274g 注2)	10	40	24
ラクトアイス(A)120gと米飯72g	9	64	29
炭酸飲料500ml	10	50	24
ラクトアイス(A)120gと炭酸飲料245ml	10	44	15

注1) ラクトアイス(A):タンパク質3.1g、脂質13.6g/100g当たり

注2) ラクトアイス(B):タンパク質4.9g、脂質4.5g/100g当たり

* 米飯ならびに米加工品のグリセミックインデックスに関する研究 6)

** 米飯と酢、大豆、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に関する研究 7)

比べて有意に低い値が観察された（図5）。また、糖質50gに相当して米飯（72g）摂取後にラクトアイスA（120g）を摂取した場合のGI値は64であり、基準食よりも有意に低値を示した。

なお、糖質50gに相当する炭酸飲料（500g）のGI値は50であり、糖質50gに相当するラクトアイスA（120g）を加えた炭酸飲料（245g）のGI値は44であり、基準食に比べて有意差が観察された（表3、図5）。

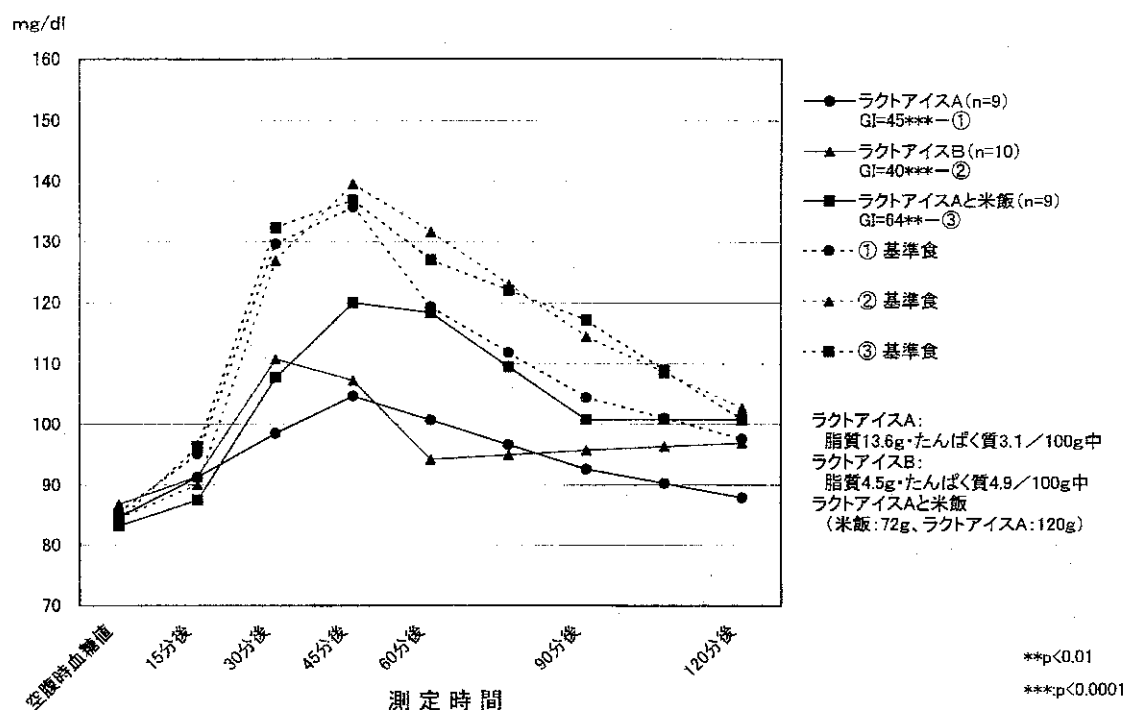


図5 米飯と乳製品の血糖曲線

4 考察

GI食は、インスリン非依存型糖尿病患者のヘモグロビンA1cを改善に有効であることがランダム化比較対症研究でも検証されてきている¹⁰⁾。この場合、欧米における白パンを基準とした食品のGI一覧表では、牛乳・乳製品のGI値は、牛乳44、ヨーグルト52、アイスクリーム69、カスタード59、スキムミルク46と低GI食品に区分されている¹¹⁾。

そこで、米飯を主食とした日本型食生活において、糖尿病予防・治療の観点から低GI食と見なされている牛乳・乳製品をどのように有効利用していくかは検討する必要がある。著者らの先行研究ならびに当研究成果から、米飯と牛乳あるいはヨーグルトを一緒に、あるいは米飯の摂取前後に摂取した場合には、いずれもGI値は同様に低くなっていた⁷⁾。また、欧米でもコーンフレークのGI値は、高GI値の食品グループに分類されているが、コーンフレークを牛乳と一緒に摂取した場合には、低GI値が観察され、このことは、著者らの先行研究からも確認された事項であった⁸⁾。さらに、当研究からパンやカレーライスにチーズを加えた場合にもGI値は低値を示した。それゆえ、主食と牛乳・乳製品を一緒に、あるいは主食の前後に摂取したり、あるいは、主食と加工・調理することによって、低GI食が提供できることが明らかになった。

一方・先行研究での米飯にバターを加えたバター・ライスのGI値は96であり⁷⁾、基準食との差異は観察されなかった。また、糖質50gに相当して米飯118gに対して普通牛乳量200ml (たんぱく質9.4g、脂肪8.7g)⁶⁾、米飯133gに対して普通牛乳量100ml (たんぱく質6.5g、脂肪4.8g) のGI値に差異がみられず、牛乳の量による影響は殆ど観察されなかった。しかし、低脂肪牛乳を用いてたんぱく質と脂肪の比率が糖質50gに対して9.4:8.7から9.2:2.4に変化させると、GI値は増大する傾向が観察された。

しかし、たんぱく質と脂肪の比率の少なからず異なるラクトアイスのGI値には差異は観察されなかった。GI値は、タンパク質、脂質の量が増大すると低下すると言われているが¹²⁾、著者らの一連の研究成果からは、脂肪よりもたんぱく質量あるいは、たんぱく質と脂肪の比率に影響されるのではないかと考えられた。これは、タンパク質、脂質の量が増大するとGI値は低下する⁶⁾ことが主な原因と考えられる。

さらに、清涼飲料水にラクトアイスを加えるかどうかで、GI値には差異は観察されないが、清涼飲料水摂取による摂取直前の血糖曲線の増大は抑制される傾向が観察された。

当研究成果から、米飯を主食にした日本型食生活に牛乳・乳製品を積極的に取り入れて、主食との加工・調理や食べ方、さらに間食の菓子や嗜好飲料に牛乳・乳製品を選択していくことは、食後血糖上昇を抑制する観点から有効であると考えられた。次年度からは健診受診者において潜在型糖尿病と診断された人々に対して、牛乳・乳製品を積極的に食生活に活用する予防教育を実施し、その有効性を検証する必要がある。

文 献

- 1) Brighenti F, Castellani G, Benini L, Casiraghi MC, Leopardi E, Crovetto R, Testolin G: Effect of neutralized and native vinegar on blood glucose and acetate responses to a mixed meal in healthy subjects, *Eur. J. clin. Nutrition*, 49: 242~247, (1995).
- 2) Javi AE, Karlstrom BE, Granfeld YE, Bjorck IME, Vessby BOH: The influence of food structure on postprandial metabolism in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus, *Am J Clin Nutr*, 61:837~842, (1995).
- 3) 柳沢幸江、若林孝雄、佐藤ミヨ子、山懸文夫、伴野祥一、河津捷二：健常者および糖尿病患者における調理法の異なる米飯のglycemic indexとインスリン分泌反応、*糖尿病*、37：731~738, (1994)
- 4) Miller JB: Importance of glycemic index in diabetes, *Am J Clin Nutr*, 59:747S~752S, (1994).
- 5) Jenkins DIA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV : Glycemic index of foods, a physiological basis for carbohydrate exchange, *Am J Clin Nutr*, 34:362~366, (1981).
- 6) 杉山みち子、安部眞佐子、若木陽子、中本典子、小山和作、細谷憲政：米飯ならびに米加工品のグリセミック・インデックスに関する研究、*Health Sciences* 16 (2) : 175~186 (2000)
- 7) 若木陽子、杉山みち子、安部眞佐子、中本典子、小山和作、細谷憲政：米飯と酢、大豆、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 Sciences* 17 (3) : 133~142, 2001.
- 8) Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG: The glycemic index-methodology and clinical implications, *Am J Clin Nutr*, 54: 846~854, (1991).

- 9) Miller JB, Wolever TMS, ColaGluri S, Powell KF: The Glucose Revolution, 239 ~254, Marlowe & Company, New York, (1998).
- 10) Jenkins DJA, Wolever TMS, Buckley Getal: Low Glycemic Index Starchy Foods in the Diabetic Diet. Am J Crin Nutr. 1988; 43: 248-254. II Maurice ES, James AO, Moshe S: Modern Nutrition in Health and Disease Eighth Edition. Lea & Febiger, A-135, 1994
- 12) Simpson RW et al. "Macronutrients have Different Metabolic Effects in Nondiabetics and Diabetics", Am J Clin Nutr 1985; 42: 449-453.