

健常女子大学生における米飯の食後血糖に及ぼす 食物繊維, 酢, 油, 大豆製品, 牛乳・乳製品の影響

末田 香里*¹⁾ 奥田 みゆき*¹⁾ 山田 真紀子*²⁾

米飯(糖質50g)を基準食として, 副食を同時摂取して, 副食の食後血糖上昇抑制効果を検討した。被験者は女子学生6名(22歳)で, 耐糖能異常がないことを条件とした。副食として食物繊維, 酢, 油脂, 大豆製品, 乳製品を日常にもちいる量を用いた。空腹時と検査食(米飯+副食)の摂取後2時間まで経時的に, 自己血糖測定器を用いて, 被験者自身が測定した。得られた血糖値より血糖曲線下面積(AUC: Area Under the Curve)を算出し, 基準食AUCを100として検査食の血糖AUC%を算出した。その結果, 1) 米飯+食物繊維・米飯+酢製品・米飯+バターのAUCは, 基準食のAUCと差はなかった。2) 大豆製品のうち, 米飯+豆腐200gは, 基準食と比較して, AUC%は 54 ± 24 と有意に低下した。豆腐100gと比較して豆腐200gでは増量効果が認められた。3) 乳製品では米飯+普通牛乳200ml, 米飯+スライスチーズ36gのAUC%はそれぞれ 74 ± 14 , 68 ± 30 と小さかった。4) 米飯+スライスチーズ36g+豆腐100gを組み合わせたAUC%は 62 ± 28 と低下が認められた。しかしチーズと豆腐の相乗効果はなかった。以上, 脂肪とたんぱく質を多く含む豆腐200gや, 普通牛乳とチーズを米飯と摂取すると, 血糖上昇が抑制された。このことから, AUC%を低下させるには検査食中にある一定量の脂肪およびタンパク質の存在が必要であると推察された。

キーワード: postprandial glucose, glycaemic index, rice, milk, soy bean, butter, diabetes

はじめに

糖尿病の予防や治療の目標は, 適正体重を維持することと, 血糖値を正常範囲に維持することである。現在わが国の糖尿病の食事療法「適正なエネルギー量で栄養バランスの取れた食事」が原則であり, 「糖尿病食事療法のための食品交換表」をもちいた食事指導がなされ, 適正体重を維持することに主眼がおかれている。

一方 Jenkins や Powell 等は血糖コントロールのためにグリミック・インデックス (GI)^{1,2)} という概念を提唱した。GI はブドウ糖50gを摂取し, その時点から2時間までの血糖上昇下面積を100として, 糖含有食品(糖質50g)を摂取後の血糖上昇下面積を比べ, 数値化した指標である。従来は, 食品に含まれる糖質の量に比例して, 血糖値は上がるものと考えられてきたが, 同じ糖質でも食後の血糖上昇が異なることを見出

した。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, 血糖曲線に差異が見られる。欧米ではコーンフレークではなくオールブランを, パンよりもパスタを, 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。

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 等によってなされた³⁾。糖質50gと一定にした米飯+組み合わせ食品が考案され, 米飯のGIを100として, 米飯+組み合わせ食品のGIが報告されている。

本研究では米飯を一定量にして, 副食としてどんな食品を摂取すれば, 食後血糖上昇を抑制できるかの視点より検討した。サトウのご飯(糖質50g)+食後血

* 1) 愛知学院大学心身科学部健康栄養学科

* 2) 医療法人誠厚会 名古屋駅前診療所保健医療センター

(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

表1 基本食および検査食品の栄養素量

	エネルギー kcal	蛋白質 g	脂質 g	炭水化物 g	食物繊維 g
基準食					
米飯(サトウのご飯147g)	222	3.1	0.6	50.0	0.2
検査食					
米飯(サトウのご飯147g) +	222	3.1	0.6	50.0	0.2
食物繊維					
イーザーファイバー(小林製薬) 5.4g	6.6	0.0	0.0	0.4	4.8
酢					
酢(ミツカン) 15ml	4	0.0	0.0	1.0	0
すし酢(ミツカン) 15ml	26	0.0	0.0	6.6	0
すし酢(ミツカン) 30ml	52	0.0	0.0	13.2	0
油脂					
バター(雪印乳業) 10g	73	0.1	8.1	0.0	0
大豆製品					
調整豆乳(マルサン) 200ml	108	7.4	4.8	9.0	0.6
大豆水煮(フジッコ) 50g	77	7.3	3.7	2.4	3.6
豆腐(サンディリー) 100g	72	6.6	4.2	1.6	0.4
豆腐(サンディリー) 200g	144	13.2	8.4	3.2	0.8
乳製品					
無糖ヨーグルト(明治屋) 120g	74	4.1	3.6	6.4	0
低脂肪乳(森永製菓) 200ml	92	6.7	3.0	9.6	0
スライスチーズ(雪印乳業) 36g	118	7.6	9.6	0.6	0
スライスチーズ(雪印乳業) 72g	236	15.2	19.2	1.2	0
普通牛乳(メグミルク) 200ml	133	6.5	7.6	9.8	0
普通牛乳(メグミルク) 400ml	266	13.0	15.2	19.2	0
大豆製品と乳製品					
スライスチーズ 36g + 豆腐 100g	262	20.8	18.0	3.8	0.4

糖上昇を抑制する食品として消化吸収を緩慢にする食物繊維, 胃から排泄を抑制する酢, バター, および低GI食であると報告されている大豆製品, 乳製品⁴⁾を副食として同時摂取し, 米飯による血糖上昇を抑制するか否かを検討した。また豆腐(大豆製品), 牛乳やチーズ(乳製品)を倍量にすると抑制効果がより大であるのか, また豆腐とチーズを組み合わせた場合相乗効果がえられるか, を検討した。

最近話題になっている食後高血糖は, 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⁵⁾。また, 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。食後高血糖を予防することは重要であり, 1日の血糖変動が出来るだけ緩慢になるよう, 米飯の食後血糖上昇を抑制する副食の取り方を検討する。

方 法

1) 基準食・検査食

基準食は米飯(包装米飯サトウのごはん: サトウ食品, 147g, 糖質50g), 栄養成分表示がある同一ロットを用いた。

検査食は米飯(サトウのごはん147g, 糖質50g) +

検査食品とし, 検査食品として, 食後の血糖上昇を抑制すると報告されている食品³⁾を選んだ(表1)。

2) 実験計画

健常な女子大学生6名を被験者とした, 年齢は21-22歳, 体格指数(BMI)は $20.1 \pm 2.4 \text{ kg/m}^2$ であった。被験者は実験前日に過激な運動・夜更かし・暴飲暴食を避ける, 実験前日の夕食後から10時間以上の絶食を遵守した。実験当日午前10時台に開始し, 基準食あるいは検査食の摂取は10分以内に完了し, 飲み物250mlは水またはお茶とした。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, 摂食前, 摂食後15, 30, 45, 60, 90, 120分後の計7回測定した。

本実験は「名古屋女子大学の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。

3) 計算方法および統計処理

血糖上昇曲線下面積(血糖AUC: Area Under the Curve): 被験者ごとに, 検査食ごとに摂食前~120分までの血糖上昇下面積(以下AUCと記す)を算出した⁶⁾。基準食は少なくとも2回摂取して, AUCの平均値を算出した。ただし2回のAUCの差がC.V.>25%の場合は, 3回摂取させてC.V.≤25%になった2つのAUCの平均値をその個人の基準食AUCとした。検査

食は1回おこなった。

血糖上昇曲線下面積比（血糖 AUC%）：グリセミック・インデックス（GI）は糖質を主体とする食品に使用される言葉なので、血糖 AUC%⁷⁾として示した。基準食の血糖 AUC を100とし、検査食の AUC%は、以下のように算出した。

$$\text{検査食の AUC \%} = \frac{\text{検査食の AUC}}{\text{基準食の AUC}} \times 100$$

分析には、統計ソフト SPSS (12.0J for Windows) を用いた。各時点での基準食と検査食の血糖値の比較、血糖上昇下面積 (AUC) の比較は paired t-test を行ない、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。図表の値は平均±標準偏差で示した。

結 果

1. 血糖上昇反応

1) 食物繊維，酢，バター+米飯摂取後

イージーファイバー（食物繊維）：米飯のみの基準食と検査食（米飯+食物繊維）とも食後血糖値は30分にピークを示し、検査食では食後60分まで高い傾向にあった。いずれの時点においても基準食に対して有意差は認められなかった（図1）。

酢：酢の3つの検査食（米飯+酢15ml，米飯+すし酢15ml，米飯+すし酢30ml）とも、食後30分後に血糖値のピークを示した。米飯+すし酢30mlにおいては食後15分後に、基準食に対して、有意な高値を示した。

バター（油脂）：米飯+バターは、60分後にピークを示し、血糖曲線はなだらかであった。バター+米飯の検査食の血糖値は、食後のいずれの時点でも米飯のみの基準食と差はなかった。

2) 大豆製品+米飯摂取後

調整豆乳・大豆水煮：米飯+調整豆乳は45分後にピークを示したが、食後30分から60分までは比較的高い血糖値のまま維持し、食後90分に低下した。米飯+大豆水煮は、基準食と同じように血糖値は30分後にピークを示した（図2）。

豆腐：米飯+豆腐100gでは30分後にピークを示した。基準食に対して、血糖曲線に差はなかった。一方米飯+豆腐200gの検査食では、血糖曲線は15分で最高値になり、60分後で最低値を示した。米飯+豆腐200gの検査食では、基準食と米飯+豆腐100gの検査食に対して、食後15分後は高く、30、45、60分後の血糖値は低かった（基準食；* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ 米

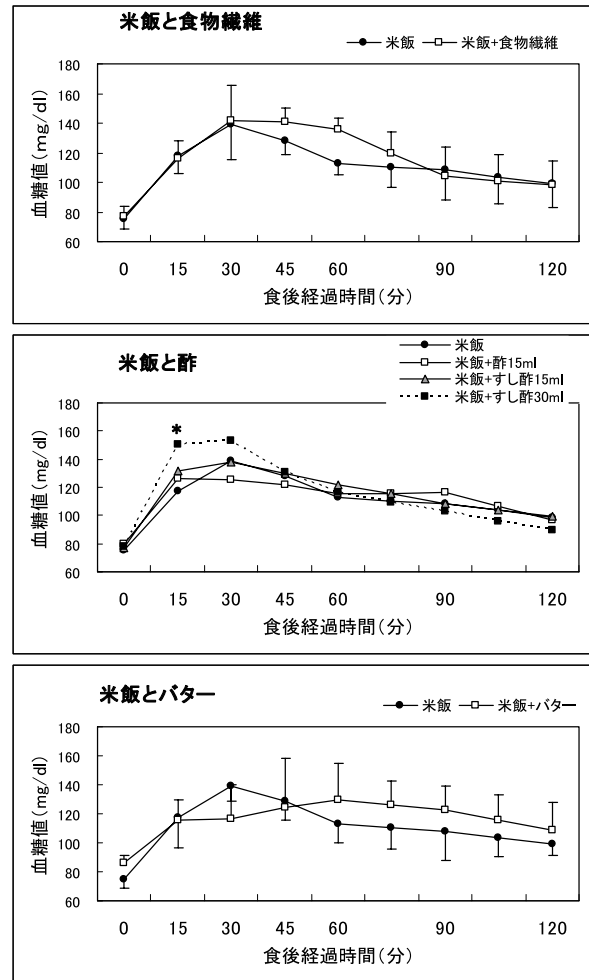


図1 食物繊維，酢，バター+米飯摂取後の血糖反応
経過時間ごとに paired t-test で比較した。中段：米飯+すし酢30ml vs. 基準食（米飯）；* $p < 0.05$

飯+豆腐100g；+ $p < 0.05$ ，+++ $p < 0.001$)

3) 牛乳・乳製品+米飯摂取後

低脂肪乳・ヨーグルト：検査食の米飯+低脂肪乳，米飯+ヨーグルトは、基準食と同じように30分後にピークを示した（図3）。基準食に対して、米飯+低脂肪乳の30分後の血糖値は高かった（ $p < 0.05$ ）。

チーズ：米飯+チーズ36gのみ15分後にピークを示し、60分後に最低値を示した。米飯のみの基準食と比較して、米飯+チーズ36gでは45分、60分後の血糖値は低かった（ $p < 0.01$ ）。米飯+チーズ72gでは30分、60分後の血糖値が低かった（ $p < 0.05$ ）。

牛乳：米飯+牛乳200mlは食後30分に最高値血糖だった、食後60分後で最低になり、この時点の血糖値は基準食に比較して低かった（ $p < 0.05$ ）。米飯+牛乳400mlも30分で血糖値のピークを示した。

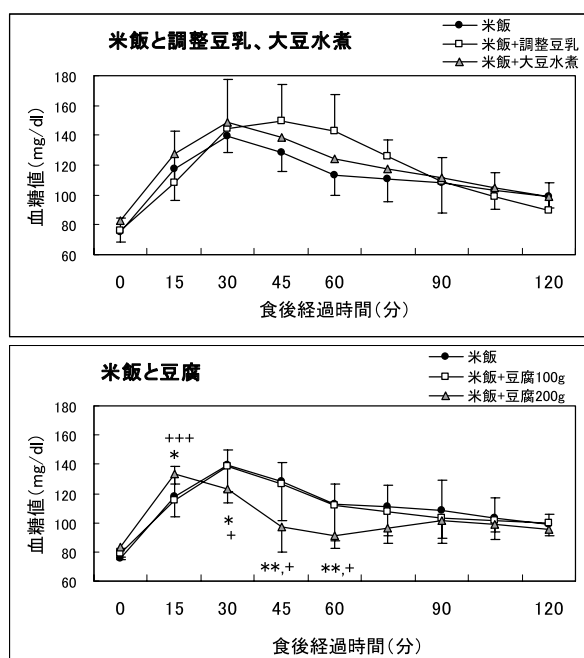


図2 大豆製品+米飯摂取後の血糖反応

経過時間ごとに paired t-test で比較した。下段：米飯+豆腐 200 g vs. 米飯；*p<0.05, **p<0.01, 米飯+豆腐 200 g vs. 米飯+豆腐 100 g；+p<0.05, +++p<0.001

4) 豆腐+チーズ+米飯摂取後

米飯+豆腐 100 g + チーズ 36 g の血糖曲線は食後 15 分後の時点でピークを示した (図 4)。食後 30, 45, 60 分の血糖値は基本食 (米飯) よりも低かった (p<0.05)。上述したように基本食の血糖値と比較して、米飯+チーズの食後 45, 60 分の血糖値は低かった (p<0.01)。

2. 血糖上昇曲線下面積比 (血糖 AUC%)

食物繊維, 酢, バター+米飯: 米飯+食物繊維の検査食の血糖 AUC% は 109 であった (表 2)。米飯+酢 15 ml, 米飯+すし酢 15 ml および米飯+すし酢 30 ml の検査食の血糖 AUC% はそれぞれ 95, 108, 105 であり, いずれも基準食と差はなかった。また米飯+バターの血糖 AUC% は 90 であった。以上, 食物繊維, 酢, バターを副食として摂取した場合, 米飯の血糖上昇を抑制する効果はなかった。

大豆製品+米飯: 米飯+調整豆乳, 米飯+大豆水煮, 米飯+豆腐 100 g の検査食の AUC% はそれぞれ 125, 101, 87 で, いずれも基準食に対して, 差はなかった。米飯+豆腐 200 g の血糖 AUC% は低く, また米飯+豆腐 100 g と比較しても AUC% は小さく (p<0.05), 豆腐の増量効果が認められた。

牛乳・乳製品+米飯: 基準食に対して, 米飯+牛乳

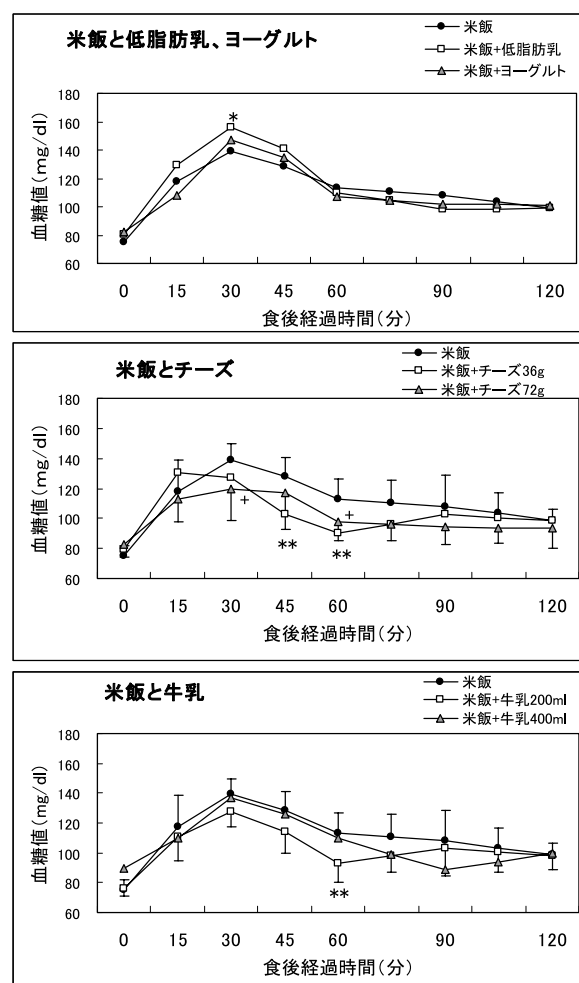


図3 乳製品+米飯摂取後の血糖反応

経過時間ごとに paired t-test で比較した。上段：米飯+低脂肪乳 vs. 米飯；*p<0.05, 中段：米飯+チーズ 36 g vs. 米飯；**p<0.01, 米飯+チーズ 72 g vs. 米飯；+p<0.05, 下段：米飯+牛乳 200 ml vs. 米飯；*p<0.05

(200, 400 ml いずれも), 米飯+チーズ (36, 72 g いずれも) の検査食の AUC% は小さかった。一方, 米飯+チーズ 36 g と米飯+チーズ 72 g の血糖 AUC% の間に差はなかった, また牛乳 200 ml と 400 ml の血糖 AUC の間にも差はなかった。

豆腐+チーズ+米飯摂取: 米飯+チーズ+豆腐の検査食 AUC% は 62 であり, 基準食と比較して, 低値を示した (p<0.05)。米飯+チーズ+豆腐の検査食 AUC と, 米飯+チーズの AUC および米飯+豆腐の AUC の間に差はなかった (図 5)。

表2 検査食の血糖曲線下面積比（血糖 AUC%）

	血糖AUC %			Pa	Pb	Pc
	Mean ±SD	Min-Max				
基準食						
米飯(サトウのご飯147g)		100				
検査食						
米飯(サトウのご飯147g) +						
食物繊維						
イージーファイバー(小林製薬) 5.4g		109 ± 22	81-135			
酢						
酢(ミツカン) 15ml		95 ± 26	65-127			
すし酢(ミツカン) 15ml		108 ± 21	67-129			
すし酢(ミツカン) 30ml		105 ± 34	43-140			
油脂						
バター(雪印乳業) 10g		90 ± 55	44-191			
大豆製品						
調整豆乳(マルサン) 200ml		125 ± 43	76-185			
大豆水煮(フジッコ) 50g		101 ± 32	71-160			
豆腐(サンディリー) 100g		87 ± 43	50-170			
豆腐(サンディリー) 200g		54 ± 24	29-99	**		#
乳製品						
無糖ヨーグルト(明治屋) 120g		81 ± 21	60-120			n.s.
低脂肪乳(森永製菓) 200ml		94 ± 36	65-148			
スライスチーズ(雪印乳業) 36g		68 ± 30	39-110	*] n.s.
スライスチーズ(雪印乳業) 72g		52 ± 13	29-70	**		
普通牛乳(メグミルク) 200ml		74 ± 14	49-88	**] n.s.
普通牛乳(メグミルク) 400ml		57 ± 38	33-118	*		
大豆製品と乳製品] n.s.
スライスチーズ36g+豆腐 100g		62 ± 28	28-107	*		

Pa : 血糖AUCの比較、基準食(米飯の血糖AUC)と検査食血糖AUCの paired t-test : *p<0.05, **p

Pb : 食品の量による血糖AUCの比較、米飯+豆腐100gの血糖AUCと米飯+豆腐200gの血糖AUCの paired t-test : #p<0.05

Pc : 米飯+スライスチーズ36g+豆腐100gの血糖AUCと米飯+チーズ、米飯+豆腐の血糖AUCの比較

n. s. = 差がない

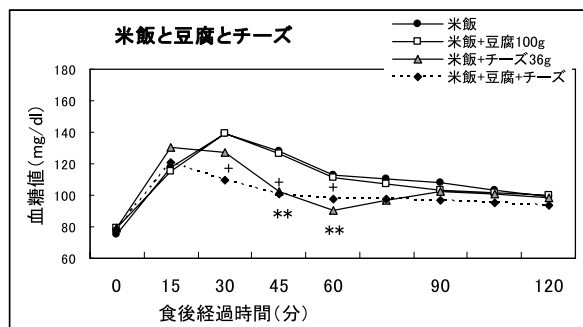


図4 豆腐+チーズ+米飯摂取後の血糖反応

経過時間ごとに paired t-test で比較した。米飯+豆腐+チーズ vs. 米飯 ; +p<0.05, 米飯+チーズ36g vs. 米飯 ; **p<0.01

考 察

主食の米飯を一定量(糖50g)にして日常の食事と組み合わせて摂取できる食品の血糖上昇抑制効果について検討した。今回は従来効果があると報告されている食物繊維，酢，バター，大豆製品，乳製品⁶⁾と豆腐+チーズの複数食+米飯について検討した。イージーファイバー(食物繊維)，すし酢・酢，バターは日常摂

取する量では米飯の血糖上昇抑制作用はなかった，豆腐200gと牛乳(200ml, 400ml)・チーズ(36g, 72g)は日常摂取する量で米飯摂取による血糖上昇を抑制する効果があった。

食物繊維(DF)：水溶性の食物繊維はその粘性による物理的な作用によって，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^{8,15)}。今回米飯の基準食に食物繊維としてイージーファイバーをプラスした検査食では，基準食と比較して，血糖上昇抑制効果は認められなかった。使用したイージーファイバーはレタス2個分の食物繊維(DF)に相当する水溶性食物繊維で，水溶液はさらさらだった。今回の検査食(米食+イージーファイバー4.8g)が基準食と比較して，血糖上昇抑制効果がなかったのは食品中の食物繊維の種類，粘性ならびに量的なことが関連していると推察された。食物繊維については次の食事の血糖値を下げる second meal effects^{9,10)}が報告されており，今後検討の余地がある。

酢：すし酢15, 30ml，醸造酢15mlを米飯に振りかけて食した場合，血糖上昇抑制効果は観察されなかった。Sugiyamaら³⁾は米飯のGI100に対して，すし飯の

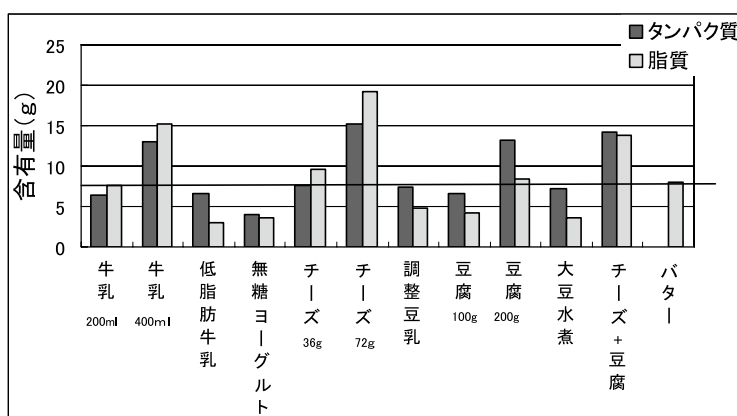


図5 検査食品のタンパク質・脂質含有量

GI は 67 ± 14 であるが、一方きゅうりのピクルス（酢の物、酢15ml）＋米飯のGIは米飯と差なかったと報告している。Brighend等¹¹⁾は、酢そのまま（AcOH）と酢を中和して摂取した場合（AcNa）の胃からの排泄遅延効果に差なかったことより、酸の効果だと報告している。一方、Liljebergら¹²⁾は酢の胃よりの排泄遅延効果であると主張しており、酢酸の作用メカニズムについては更なる検討が必要である。

バター：胃からの排泄を抑制することが報告されているバターは10gでは効果がなかった。Sugiyamaら³⁾も米飯（糖質50g）に10gのバターライスは 96 ± 48 で米飯のみのGIと差がないことを報告している。一方Gregら¹⁴⁾は糖質50gとバター50gの摂取で血糖AUC%が低下し、遊離脂肪酸の胃からの排泄を遅延させると報告している。多量摂取すれば、血糖上昇抑制作用があると推察されるが、しかしながら日本人が米飯にのせて食べられるのは10gが限度であろう。

大豆製品：大豆製品のGI値を下げる理由として、精製されていないこと（難消化性）、高アミロースであること（アミロースが多いことで消化吸収率を低下させる）、食物繊維が多く含まれる（腸での粘性を増しデンプンの消化吸収を遅延させる）ということが挙げられる^{8,13)}。Sugiyamaら³⁾は黄な粉、納豆、味噌を米飯と食べることによりGIが低くなったことを報告している。今回とりあげた調整豆乳、大豆水煮、豆腐100gを米飯と摂取しても米飯による血糖上昇を抑制する効果はなかった。米飯＋豆腐100gでは有意差は認められなかったものの、6人中5人の血糖値が低下した。そこで豆腐を2倍量負荷したところ、米飯＋豆腐200gを摂取したときは血糖AUC%は 60 ± 27 となり、血糖上昇抑制効果が認められた。豆腐の中に含まれている

血糖を下げる因子の含有量が関連しているのではと推察された。以上より調整豆乳、大豆水煮も摂食量を増やせば血糖上昇を抑制する効果が期待される。

牛乳・乳製品：今回の実験で、血糖AUC%が低下したのは、牛乳（200ml, 400ml）、チーズ（36g, 72g）であった。チーズ36gと72gの間、また牛乳200mlと400mlの間には有意差が認められなかった。ほとんどの食品においてはGIとインスリン・インデックス（II：calculated insulinaemic index）が一致する、即ちGIが低下するとIIも低下する、よってGIからインシュリン反応は予測可能である¹³⁾。しかしミルクは例外で低GI食品であるが、インスリンの分泌を促進し^{15,16)}、牛乳摂取後のインスリン上昇反応は牛乳のGIからは予測不能なほど大きいことが報告されている。そのメカニズムとして牛乳中のアミノ酸がインスリンの分泌を促進し、その結果血糖値が低下すると説明される。今回は血中インスリン濃度を測定していないので、インスリン分泌促進がどの程度作用しているかはわからない。糖尿病患者においてはインスリン過剰反応、インスリン抵抗性が危惧されるが、インスリン分泌が遅延する食後高血糖患者においてはスルホニル尿素薬と同じ効果を持つ可能性も考えられる。今後は血糖上昇反応にくわえて、同時にインスリン測定も検討する必要がある。

豆腐とチーズと米飯：チーズと豆腐の組み合わせは、基準食に比較して低値を示した（ $p < 0.05$ ）。米飯＋チーズの検査食AUC%は68、米飯＋チーズ＋豆腐の検査食AUC%は62であり、今回AUC%が低下したのはチーズの影響が大きいと考えられた。一方、米飯＋豆腐のみ、米飯＋チーズのみと、今回の米飯＋豆腐＋チーズの検査食品のAUC%を比較したところ、差

は認められなかった。このことから、豆腐とチーズによる相乗効果はないと推察された。

検査食品中のタンパク質・脂質含有量：今回の実験で、AUC%が低下したのは、牛乳(200 ml, 400 ml)、チーズ(36 g, 72 g)、豆腐(200 g)であった。これ等検査食の栄養成分を見直したところ、たんぱく質と脂質の両方の値が高かった(図5)。牛乳200 mlと同量のたんぱく質を含有している低脂肪牛乳、調整豆乳、豆腐100 g、大豆水煮ではAUC%が低くならなかったことより、AUC%の低下にはたんぱく質量のみが影響するという訳ではなさそうだ。脂質に関しては、バター単独で血糖上昇を抑制する効果はなかった。以上のことを考慮すると、AUC%の低下には、ある一定量の脂質及びたんぱく質の存在が必要であり、その一定量を超えるとAUC%が低下するのではないかと考えられた。どのような機構が存在するのかわからない。消化管での脂質と蛋白質質量が多くなると、インクレチン・ホルモン(グルコース-依存性インスリン放出ポリペプチドやグルカゴン様ペプチド-1)の分泌が増大すること^{17,18)}を報告している。これ等ホルモンがインスリン反応を増加させ、その結果血中グルコースのクリアランスを速め、血糖の上昇を抑えた可能性もある。

食後高血糖の抑制が、糖尿病の治療、特に合併症の予防に重要であり、食事療法にGIの概念を導入することの必要性が明らかになった^{4,5)}。エネルギー、栄養バランスも考えて、食後高血糖上昇を低くするような副食を摂取していくことも重要である。

文 献

- 1) Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH et al: Glycemic index of foods. A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981; **34** (3): 362-6.
- 2) FosterPowell K and Miller JB: International tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr* 1995; **62** (4): 871S-90S.
- 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**: 743-752.
- 4) Gabriele Riccardi, Angela A Rivellese and Rosalba Giacco: Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr* 2008; **87** (suppl): 269S-74S.
- 5) 国際糖尿病連合会 (IDF) : 食後血糖値の管理に関するガイドライン (2007) http://www.idf.org/webdata/docs/Japanese_GMPG_Final_280308.pdf.
- 6) 杉山みちこ : グリセミックインデックスとは、栄養緑書—これでいいのか日本の栄養問題 (細谷憲政監修)、日本医療企画、71-85、2004.
- 7) Riccardei G, Rivellese AA and Giacco R: Role of glycemic index and glycemic load in the healthy state, in prediabetes, and in diabetes. *Am J Clin Nutr* 2008; **87** (suppl): 269s-74s.
- 8) Blackburn NA, Redfern JS, Jarjis H, Holgate AM, Hanning I, Scarpello JHB, Johnson IT and Read NW: The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin Sci* 1984; **66**: 329-336.
- 9) Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Griffiths C, Krzeminska K, Lawrie JA, Bennett CM, Geoff DV, Sarson DL and Bloom SR: Slow release dietary carbohydrate improves second meal tolerance. *Am J Clin Nutr* 1982; **35**: 1339-1346.
- 10) Grandfeldt Y, Wu X and Bjorck I: Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal. *Eur J Clin Nutr* 2006; **60**: 104-112.
- 11) Brighenti F, Castellani G, Benini L, Casiraghi MC, Leopardi E, Crovetti R and Testolin G: Effect of neutralized and native vinegar on blood glucose and acetate responses to a mixed meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995; **49** (4): 242-7.
- 12) Liljeberg H and Bjorck I: Delayed gastric emptying rate may explain improved glycemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. *Eur J Clin Nutr* 1998; **52** (5): 368-71.
- 13) Blair RM, Henley WC and Tabor A: Soy foods have low glycemic and insulin response indices in normal weight subjects. *Nutr J* 2006; **5**: 35-44.
- 14) Greg Collier BSC 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**: 941-944.
- 15) Elmstahl HL and Bjorck I: Milk as a supplement to mixed meals may elevate postprandial insulinaemia. *Eur J Clin Nutr* 2001; **55**: 994-999.
- 16) Ostman EM, Elmstahl HGML and Bjorck IME: Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. *Am J Clin Nutr* 2001; **74**: 96-100.
- 17) Elliot RM, Morgan LM, Tredger JA, Deacom S, Wright J and Marks V: Glucagon-like peptide-1 (7-36) amide and glucose-dependent insulinotropic polypeptide secretion in response to nutrient ingestion in man: acute post-prandial and 24-h secretion patterns. *J Endocrinol* 1993; **138**: 159-166.
- 18) Hermann C, Goke R, Richter G, Fehmann H-C, Arnold R and Goke B: Glucagon-like peptide-1 and glucose-dependent insulin-releasing polypeptide plasma levels in response to nutrients. *Digestion* 2002; **56**: 117-126.

最終版平成21年1月6日受理

Effect of Side Dish on Postprandial Change in Blood Glucose in Healthy Female Students —Dietary Fiber, Vinegar, Butter, Soybean Products and Dairy Products—

Kaori SUEDA, Miyuki OKUDA, Makiko YAMADA

Abstract

Aim: To examine the effect of low GI (glycaemic index) side dish on postprandial blood glucose level.

Methods: The effect of low GI side dish taken with rice on postprandial blood glucose level was examined in comparison with the baseline meal of rice only. The side dish examined on six healthy female students of age 21–22 years and BMI of $20.1 \pm 2.4 \text{ kg/m}^2$ were fiber (4.8 g), vinegar (15 ml vinegar, 15, 30 ml sushi vinegar), 10 g butter, soybean products (120 g soybean juice, 100, 200 g soybean curd, 50 g boiled bean) and dairy products (200 ml low-fat milk, 120 g yoghurt without sugar, 200, 400 ml milk, 36, 72 g cheese). The subjects were served white rice of 50 g carbohydrate with or without side dish. The plasma glucose response was determined over the subsequent 2 hours after the meal. The plasma glucose area above the base line (glucose AUC) was determined and as a percentage of AUC for rice only.

Results: In comparison with the rice-only meal (100% glucose AUC), 1) added food fiber, vinegar and butter did not show any significant difference in postprandial glucose level, but 2) 200 g soybean curd showed lower glucose AUC of $54 \pm 24\%$. 3) Among dairy products milk (200, 400 ml) and cheese (36, 72 g) decreased glucose AUC respectively to 74 ± 14 , $57 \pm 38\%$ and 68 ± 30 , $52 \pm 13\%$. 4) The mixed side dish of cheese+soy bean curd also showed significant low AUC of $62 \pm 28\%$.

Discussion: Because of result 2) 3) above, a certain level of protein and fat is considered to be needed to suppress the postprandial glucose level to a standardized oral glucose load.

Keywords: postprandial glucose, glycaemic index, rice, vinegar, milk, soybean, diabetes