

食品の違いによる食後血糖への影響

藤田昌子^{*1}，長屋聡美^{*2}

家政学部家政学科管理栄養士専攻^{*1} 平野総合病院栄養部^{*2}

(2002年9月12日受理)

The Effects of Different Foods on Postprandial Glycemia

Department of Nutrition and Food Science, Faculty of Home Economics,
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu City, Japan (〒501 - 2592)^{*1},
Department of Nutrition, Hirano General Hospital, 176 Kurono, Gifu City, Japan (〒501 - 1192)^{*2}

FUJITA Masako^{*1} and NAGAYA Satomi^{*2}

(Received September 12, 2002)

緒言

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、末期には失明したり、透析療法が必要になることもある。さらに、脳卒中、虚血性心疾患などの心血管疾患の発症・進展を促進する。これらの合併症は患者のQOLを著しく低下させるため、発症予防、早期発見、合併症の予防が重要である。しかしながら、わが国の糖尿病有病者数は、平成9年の国民栄養調査に伴って実施された糖尿病実態調査によると、およそ690万人、予備群を含めると1370万人と推測されている。「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1080万人が有病者となり得る。これは食習慣の変化、運動量の減少といった環境因子の変化に影響を受けていると考えられる。食事への関心が高まりつつあるものの、調理作業の簡略化や欧米化の傾向があり、特に朝食にその傾向が顕著である。我々は軽視されがちなこの朝食に着目し、動物性食品から植物性食品へ

の食材の転換、さらに食物繊維含有率の高い食品の選択から献立を作成し、このことが生活習慣病の罹患リスクを下げる可能性について血糖上昇及びインスリン反応の違いから検討を行った¹⁾。前報¹⁾では試験食摂取開始より30分後における検討であったため、本報告はさらに測定時間を長くして経時的血糖変動及びインスリン反応を調査し、食後血糖への影響を調べた。更には調査対象者の中における糖尿病予備群に対して食生活を是正させることで一次予防に貢献できるかを検討することを目的とした。

対象と方法

前報¹⁾では健常女性4名を対象とし、食物繊維含量を一定にした和食、洋食と、更に食物繊維(食物繊維素材「おなかのせんい(明治製菓製):プアガム80%以上含有)を添加した洋食(以下繊維添加食と記す)の3種の食事を試験食として、摂取開始より30分経過後の血糖値とインスリン分泌量について比較、検討した。しかし、さらなる経時的変化と被験者の属性が血糖に及ぼす影響について

の検討が必要であると考えた。

そこで本報告は被験者の身体状況にも着目し、糖負荷試験と同様、経時的に食前、食後30分、60分、90分、120分、180分、240分の血糖値（以下BSと記す）及び血漿インスリン値（以下IRIと記す）を比較し、食事の違いによる食後血糖への影響を検討した。

また、それぞれの食事のグリセミック・インデックス（以下GIと記す）を算出した。GIは、ブドウ糖（糖質50g相当）を摂取し、摂取開始から2時間までの血糖曲線下面積を基準にして、炭水化物より食物繊維を除いたもの（以下糖質と記す）50gを含む食品を摂取した場合の血糖曲線下面積を除いたものの比率を示す血糖上昇係数である。この概念をもとに日本人の食生活の基本は米飯であることより、糖質50gを含む米飯を摂取した場合の血糖曲線下面積を基準にした種々の食品及び食品の組み合わせのGI値研究が進められている²⁾。それによると、米飯のGIを100とした場合、パンのGIは92であると報告されている。この値をもとに、今回試験に用いた米飯及び食パンの摂取量と五訂日本食品標準成分表から糖質量を換算してGI値を算出した。本来GIは食物繊維を含めない糖質50gを含む食品による血糖曲線下面積の比率であるが、食物繊維による血糖上昇への影響を比較するために食物繊維を除いた糖質50g相当を含む場合と、食物繊維を含めた炭水化物50g相当を含む場合をそれぞれ数値化し、食事における血糖上昇の違い及び食物繊維による血糖上昇抑制効果につき検討した。

インスリンの作用障害（以下インスリン抵抗性と記す）の指標として homeostasis model assessment による抵抗性の指標（以下HOMA-Rと略す）を用いた。HOMA-Rは空腹時BS (mg/dl) と空腹時IRI ($\mu\text{U}/\text{ml}$) の積を405で除することで算出できる³⁾。

表1 被験者の年齢・身長・体重・BMI・体脂肪率及び家族歴

	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m^2)	体脂肪率 (%)	家族歴*
A	33	157	52	21.1	27.3	-
B	28	155	54	22.5	30.5	-
C	26	155	50	20.8	27.7	+
D	25	164	82	30.5	34.6	+
mean	28.0	157.8	59.5	23.7	30.0	
S.D.	3.6	4.3	15.1	4.6	3.4	

* 家族歴 (-) は二親等に糖尿病を有せず、(+) は二親等に糖尿病を有する。

結果及び考察

1. 被験者の属性

被験者は25歳から33歳の健康女性4名で、身長 157.8 ± 4.3 cm、体重 59.5 ± 15.1 kg、BMI $23.7 \pm 4.6 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、インピーダンス法による体脂肪率は $30.0 \pm 3.4\%$ であった¹⁾。尚、被験者のうち、C、Dは二親等に2型糖尿病の家族歴をもっていた（表1）。更に被験者Dは身長164cm、体重82kgで、BMI $30.5 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、体脂肪率34.6%であり、肥満を呈していた。

2. 血糖値の経時的評価

それぞれの食事を摂取した場合の経時的BSを図1に示す。通常75gブドウ糖負荷試験の場合、投与後30分を最高点として低下する。和食を摂取した場合はその曲線に類似しているが、摂取後240分の時点で上昇したのは、BSが下がり、血糖上昇ホルモンの作用を受けている可能性が考えられる。洋食の場合は摂取より60分後、90分後、120分後がほぼ同等の値であり、BSの低下が緩徐になっていた。繊維添加食においては、摂取より60分後までは和食の場合とほぼ同程度のBSを示したが、90分後に再度上昇し、最も高値であろうと予測される摂取30分後よりも有意な

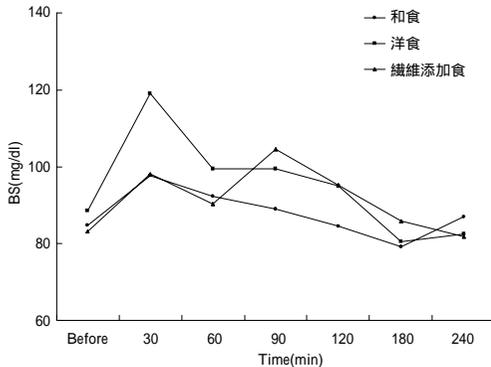


図1 それぞれの食事をした場合のBS

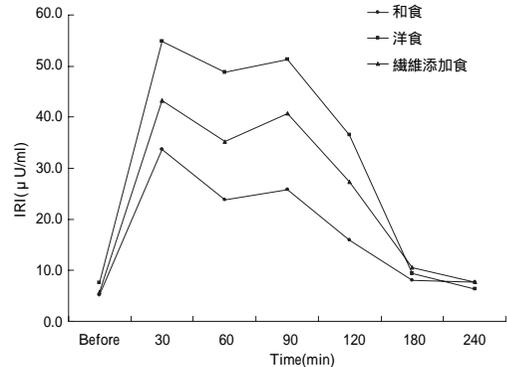


図2 それぞれの食事をした場合のIRI

差はないものの高値を示す傾向にあった。その後は和食以外のいずれの食事の場合も経時的に低下した。

それぞれの食事をした場合の経時的BSの変化を比較すると、洋食の場合は和食の場合に比べ、上昇度合が高く、和食レベルまで低下するのに180分を要した。また繊維添加食の場合、摂取後60分までは、洋食の場合ほどの血糖上昇はみられないものの、摂取後90分、180分において、洋食の場合よりも高くなる傾向にあった。これは食物繊維の吸着作用による吸収遅延がおり、本来ならば血糖値が低下する段階にある摂取後90分に、遅れて上昇し、洋食の場合に比して血糖値が高くなったのではないかと考えられる。

今回の試験食の米飯及び食パンのGI値を糖質含有量と杉山ら²⁾の報告による米飯及び食パンのGIから換算すると、和食で摂取した米飯のGI値は125、洋食で摂取した食パンのGI値は65、繊維添加食で摂取した食パンのGI値は69であった。主食のみでのGI値の比較では米飯の100より、食パンの92の方が血糖上昇を抑制する結果であった²⁾が、本研究における和食、洋食、繊維添加食のGI算出値は米飯および食パンを単独で摂取したときの値ではなく、他の食品も含んだものである。食物繊維を除いて算出したGI値は、

和食を摂取した場合のGI値を100とすると、洋食のGI値は164、繊維添加食のGI値は195であり、和食は洋食や繊維添加食よりも血糖上昇抑制効果があった。また、食物繊維を含んでのGI値でも和食のGI値の100に対し、洋食のGI値が166、繊維添加食のGI値が151で、食物繊維を除いた算出結果と同様に和食を摂取した場合の方が洋食の場合に比べ5%以下の危険率で血糖上昇が抑制されており、洋食に食物繊維を添加することで血糖上昇を抑える傾向がみられた。これは先に述べた、米飯より食パンの方が血糖上昇を抑制するという単品のみを摂取した場合の理論とは異なる結果となった。従って摂取料理に使われている食材のGIは、食材単品のみで判断するのではなく、食品の組み合わせを考慮する必要がある。

さらに食物繊維含量はGI値への影響が大きいことが明らかになったことから、洋食でも食物繊維を含有する食品を添加することで血糖抑制効果があることが明らかになった。

食物繊維の添加のように食品の組み合わせにより血糖抑制効果が期待できることを示唆したが、若木ら⁴⁾が米飯と味噌汁を組み合わせた場合のGIは米飯の100に対し、74であったと報告しているように、組み合わせ効果は米飯と味噌でも示されている。これは味噌中

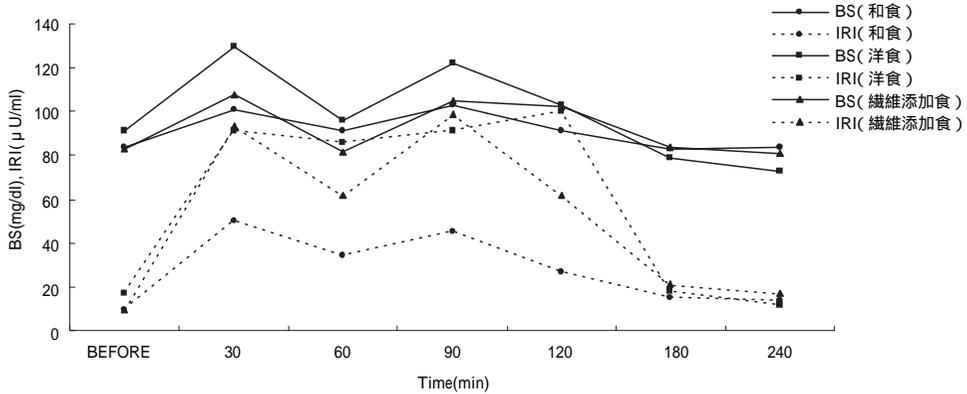


図3 被験者 D における BS 及び IRI

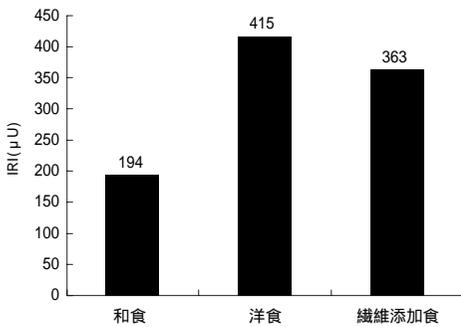


図4 被験者 D における ΣIRI

のトリプシンインヒビターによりたんぱく質分解が阻害され、糖質の吸収遅延がおこるためではないかと考えられる。

今回のように食パンのGI値は低かったものの、洋食献立でのGI値が高くなったのは、単糖類及び二単糖を多く含む果物やジャムといった炭水化物食品を洋食と組み合わせて摂取した場合、これらの食品は比較的ブドウ糖の吸収が早いために、食パンのGI値は低いものの血糖上昇を助長してしまったからではないかと考えられる。

この洋食摂取による血糖値の上昇は食物繊維を同時に摂取することで抑制が可能であったが、和食の血糖値抑制効果には及ばないことが示唆された。

3. 経時的インスリン分泌量による評価

それぞれの食事を摂取した場合の経時的IRIを図2に示す。それぞれの食事を摂取した場合のIRI曲線はどれも類似しており、試験食摂取開始より30分経過後を最高点とし、一旦60分経過後に低下しているものの、90分後に再度上昇する傾向にあった。ブドウ糖のみを摂取した場合のインスリン分泌の経時変化は食後30分を最高に徐々に減少していくが、今回は食事として食品を組み合わせる複数の食品を摂っていることと、消化に時間がかかる脂質が含まれているために90分後に追加分泌があったのではないかと考えられる。食事の違いによりIRI曲線を比較すると、有意差はないものの、食後120分までは和食の場合が最も分泌量を抑え、洋食の場合が最も多く、食物繊維添加によりインスリン分泌を抑制する傾向にあるという結果が得られた。

IRIの総分泌量(ΣIRI)においては和食の場合よりも洋食の場合の方が多い傾向にあり、食物繊維を添加することにより5%以下の危険率で有意に分泌を抑えた。これは前報¹⁾による食後30分の場合と同様の結果であった。

4. 糖尿病予備群と思われる被験者の評価

被験者DのHOMA-Rは 2.6 ± 0.9 で、基準の1.0を上回っているため、インスリン抵抗性が増大していることが判明した。更に二親等に糖尿病を有し、BMI 30.5 kg/m^2 であり、肥満を呈しているため、糖尿病予備群であると判断できた。

そこで被験者Dにおいてそれぞれの食事をした場合のBS及びIRIを比較した。BSにおいては洋食を摂った場合、和食より高いものの(図3)、75gブドウ糖負荷試験における糖尿病診断基準である空腹時BSが 110 mg/dl 未満かつ投与後120分BSが 140 mg/dl 未満という正常域であった。繊維添加食の場合は和食の場合とほぼ同等の結果であった。

IRIは、洋食の場合の方が和食の場合に比べ食後30分、60分、90分、120分において分泌量が多く、180分以降はほぼ同量であった。また繊維添加食においては、食後60分の時点で分泌量が減り、90分で追加分泌があった。その後分泌量は減少したが、和食の場合の分泌量には及ばなかった。和食の場合のインスリン総分泌量を基準にすると、洋食の場合には和食の場合の約2.1倍、繊維添加食の場合でさえ約1.9倍の分泌量が認められた。従って、被験者Dにおいて洋食を摂取する場合、食物繊維を添加しても、血糖値を正常域に抑えるためには和食の約2倍のインスリン量を必要とするが、それでも和食の効果には及ばなかったという結果が得られた。

被験者Dのような糖尿病予備群における発症に向けての血糖値の推移によると10年にわたって緩徐な上昇後、短期で急激に上昇して糖尿病を発症する⁵⁾。したがって食事量及び運動量の適正化、生活改善などの指導の介入のための時間的余裕は十分にあることから、糖尿病予備群において、発症させないために、糖尿病を意識し指導することは重要で

ある。そこで今回得られた結果より、米飯と味噌汁や食物繊維を添加するなどの継続的にインスリン分泌を抑え、食後の急激な血糖上昇を抑えるような食品及び組み合わせを選び、インスリン分泌及び血糖値への影響が少ない和食を摂ることは糖尿病予備群においても、予防のために必要であり、有用であると考えられた。

5. 食物繊維による評価

今回使用した水溶性食物繊維は粘度の高い溶液をつくり、胃から小腸への食物の移行を緩やかにする⁶⁾。また、拡散阻害作用、吸水・膨潤作用、吸着作用などがあり、摂取した食物は胃で消化され、緩やかに移行し、吸着され、吸収速度が緩慢となる結果、食後の急激な血糖の上昇を防ぐ。血中のブドウ糖を体内で利用するためにはインスリンを必要とするが、血糖の上昇が緩やかであれば、インスリンを無理なく作用させることになる⁷⁾。

和食、洋食の食物繊維含有量はほぼ同量であるため、食物繊維の血糖上昇及びインスリン分泌量への効果は比較しがたいが、洋食と繊維添加食を比較してみると、食物繊維を添加することで、インスリン分泌量を抑え、かつ血糖上昇を抑制する傾向にあると前報¹⁾においても報告した。

糖尿病というのはインスリンが不足した状態であるか、作用不足に陥っている状態で、糖代謝が円滑に行われないうために起こる。従って、食物繊維を充分にとり急激な血糖の上昇を抑えることは、糖尿病の予防にもつながると考えられる。

要約

健常女性4名を対象に、それぞれ食物繊維含量を一定に調整した和食、洋食そして食物繊維を添加した洋食を朝食としてブドウ糖の

変りに摂取してもらい、糖負荷試験と同様に経時的に血糖値と血漿インスリン値を測定し、検討した。

糖質50gを含む米飯を100としたグリセミック・インデックス(GI)は米飯より食パンの方が、血糖上昇率は低いものの、食品を単独で摂取することはないため、食品の組み合わせによる血糖抑制効果を考慮しなければならない。そこで、食物繊維を加味した和食の場合の血糖曲線下面積を基準にしたGI値で比較してみると和食が最も血糖抑制効果があり、次いで繊維添加食、洋食の順となり、単独で摂取した場合とは異なる結果となった。

洋食と繊維添加食を比較してみると、食物繊維を添加することで、経時的にインスリン分泌量を抑え、かつ血糖上昇を抑制する傾向にあった。つまり、摂取した食物は食物繊維の作用により、食後の急激な血糖の上昇を防ぐことができると考えられる。

肥満を呈し、家族歴を持つ糖尿病予備群であると判明した被験者においても、和食の場合が最も経時的にインスリン分泌を抑制し、血糖上昇も抑えられる傾向にあった。このように正常者のみならず、糖尿病予備群においても継続的にインスリン分泌を抑え、食後の急激な血糖上昇を抑える食品及びその組み合わせを選択することは糖尿病予防に有用であると考えられた。

したがって、長らく米飯を主食としてきた日本人にとっては、経時的にみても洋食の組み合わせを選択するより和食の組み合わせを選択した方が血糖上昇及びインスリン分泌の両面より適していると考えられた。更に、食物繊維の摂取量を増やすことにより、血糖値の上昇が緩やかになり、インスリンを無理なく作用させることができ、家族歴を持ち、肥満、インスリン抵抗性の増大を呈するなど予

備群においても糖尿病の予防に効果が期待できるものであることが示唆された。

参考文献

- 1) 藤田昌子, 長屋聡美, 石黒源之: 日常の食事管理における和食・洋食の血糖・インスリン分泌に対する影響 食物繊維の有用性, 岐阜県医師会医学雑誌, 第10巻, 1997年, pp225 - 230
- 2) 杉山みち子, 安部眞佐子, 若木陽子: 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, 第16号, 2000年, pp175 - 185
- 3) 相澤徹: 糖尿病臨床入門 resident general physician のために (診断と治療社, 東京), 2000年, pp24
- 4) 若木陽子, 杉山みち子, 中本典子: 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, 第17号, 2001年, pp133 - 142
- 5) 伊藤千賀子: 糖尿病の一次予防疫学研究によるアプローチ (診断と治療社, 東京), 2001年, pp15 - 27
- 6) 印南敏: 食物繊維 (第一出版, 東京), 1995年, pp30 - 31
- 7) 小池五郎: 食事で食物繊維をとる (女子栄養大学出版部, 東京), 1993年, pp98 - 110