

低 Glycemic Index 食の摂取順序の違いが食後血糖プロファイルに及ぼす影響 城西大学薬学部 金本郁男

要約: 野菜サラダ(キャベツ、オリーブ油、酢)と米飯の摂取順序を変えた時に食後血糖値と血清インスリン値のプロファイルがどのように変化するかを確認するため、10名の健常成人において試験を行った。その結果、米飯後に野菜サラダを摂取した場合と比較して、米飯前に野菜サラダを摂取した場合には、食後20、30、45分での上昇血糖値(ΔC)は有意に低下し($p < 0.01$)、最高血中濃度(ΔC_{max})に到達する時間は約40分遅延した($p < 0.01$)。 ΔC_{max} は平均21%低下し、食後0~120分までの上昇血中濃度曲線下面積は、平均39%低下した。血清インスリン値は血糖値と平行に推移し、食後のインスリン分泌が節約できる可能性が示唆された。以上より、野菜サラダは米飯よりも先に摂取するほうが食後血糖の上昇を抑制するために有効であることが示された。

緒言

食品を摂取した後の血糖値の上昇度を示すグライセミック・インデックス(GI)の概念がJenkinsら¹⁾によって提唱されてから数多くの研究がなされ、糖尿病患者の血糖管理に低GI食が役立つという確かなエビデンスが得られるようになった²⁾。我が国においても大規模な栄養アンケート調査が行われ、良好な血糖コントロール、血中脂質改善のために低GI食の摂取が有用であることが報告されている³⁾。しかし、一般的に低GI食は、糖尿病治療薬の α -グルコシダーゼ阻害薬に匹敵するほどの効果を有するという高い評価までは得られていない。その理由の一つとして、低GI食の最適な摂取タイミングに関する研究が少なく、低GI食の効果が十分に生かされた条件で評価されていないことが挙げられる。

代表的な低GI食の一つである野菜サラダは、食事の最初に摂取することが食後血糖値の上昇を抑制するために効果的であると一般的に考えられているが、その根拠を示す研究はない。そこで今回著者らは、低GI食の最適な摂取タイミングに関する基礎的データを得ることを目的に、野菜サラダを食事の最初に摂取することが後から摂取するよりも有用かどうかについて検討した。

対象と方法

1. 被験者

被験者は、北陸中央病院に勤務する20~40歳代の健常人10名(男性2名、女性8名)であり、過去1年以内の検査において耐糖能に異常がなく、いかなる薬物治療をも受けていなかった(Table1)。

Table1 Subject characteristics

	Total(n=10)	Male(n=2)	Female(n=8)
Age	35.0 ± 6.2	27.0 ± 4.2	37.0 ± 4.9
Hight	160.5 ± 7.6	170.0 ± 4.2	158.1 ± 6.2
Weight	51.9 ± 10.3	68.5 ± 12.0	47.8 ± 4.2
BMI(kg/m ²)	20.0 ± 2.5	23.6 ± 3.0	19.1 ± 1.4
Mean±SD			

試験に先立ち、病院内の倫理委員会の承認を得た後に、すべての被験者に対して本試験の趣旨と試験内容および安全性について説明し、同意を得た。

2. 食品

1回の試験には、同一ロットの包装米飯（サトウのごはん、佐藤食品工業株式会社）200g、生キャベツ 60g、オリーブ油（株式会社J-オイルミルズ）10g、酢（穀物酢、株式会社ミツカン）10gを用いた。各食品の栄養成分の構成とエネルギーを **Table2** に示す。オリーブ油と酢および適量の塩を加え、よく攪拌したものをドレッシングとし、これを千切りキャベツと混ぜ合わせたものを野菜サラダとした。

Table2 Nutrient component and amount of the test foods

Name of food	Weight (g)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrate (g)	Energy (kcal)
White rice	200	4.2	0.8	69.4	301.6
Cabbage	60	0.8	0.1	3.1	13.8
Olive oil	10	0.0	10.0	0.0	92.1
Vinegar	10	0.0	0.0	0.2	25.0
Total	280	5.0	10.9	72.7	432.5

3. 試験プロトコール

同一の被験者で米飯摂取後に野菜サラダを摂取した場合と米飯摂取前に野菜サラダを摂取した場合の2通りの試験を7日以上の間隔を置いて行った。被験者の生理期間中は試験を行わなかった。被験者には、前日の21時以降、試験日の朝まで水分以外の食物摂取を禁じた。米飯（または野菜サラダ）の摂取を開始した時間を0分とし、10分後に野菜サラダ（または米飯）を摂取した。検査食を摂取する時間には制限を設けず、2回の試験とも各人のペースで検査食を摂取させた。食前10分、摂食開始後20、30、45、60、90、120分の合計7回、尺側正中静脈または橈側静脈より4mlずつ採血し、そのうちの2mlを血漿ブドウ糖濃度、残り2mlを血清インスリン濃度測定用の検体とした。血漿ブドウ糖濃度（血糖値）は酵素法で、血清インスリン濃度（インスリン値）は化学

発光免疫測定 (CLIA) 法で測定した。

4. データの解析

試験食摂取後の経時的な血糖値およびインスリン値から食前値を差し引いた値をそれぞれ Δ 血糖値、 Δ インスリン値とした。食事開始後 120 分までの濃度推移の最高値を ΔC_{max} 、 ΔC_{min} への到達時間を T_{max} とし、上昇濃度曲線下面積 (Incremental area under the curve : IAUC) は、台形公式により算出し、血糖値およびインスリン値の動態パラメーターとした。

統計解析には統計ソフト SPSS を用い、米飯後野菜サラダ摂取と米飯前野菜サラダ摂取それぞれの場合における食後血糖値およびインスリン値の時間的推移と各動態パラメーターの違いについてデータに対応のある Wilcoxon 検定を行い、危険率 5%未満を有意差ありとした。

結果

1. 血糖値およびインスリン値の時間的推移

米飯および野菜サラダの摂取時間には制限を設けなかったが、それぞれの摂取時間はすべての被験者で 5 分未満であった。米飯後に野菜サラダを摂取した場合と米飯前に野菜サラダを摂取した場合の食後血糖値の推移を Fig.1 に示す。

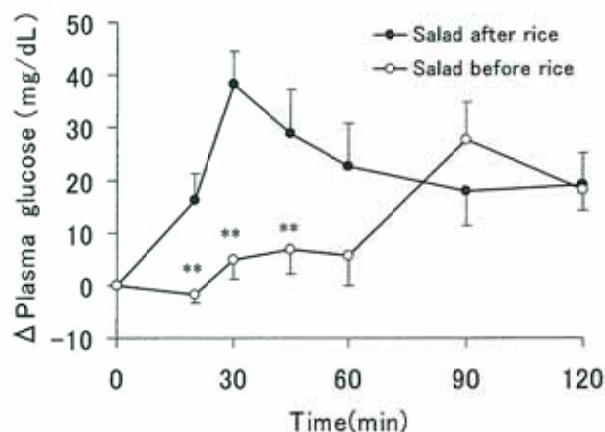


Fig.1 Incremental plasma glucose responses in 10 healthy subjects. Values are mean \pm SEM. **:p<0.01 vs salad after rice(Wilcoxon signed rank test for paired data)

米飯後野菜サラダでは、食後速やかに血糖が上昇し 30 分でピークに達し、その後下降した。これに対し、米飯前野菜サラダでは、食後 60 分までの血糖の上昇はわずかで、食前血糖値からの上昇分は平均 10mg/dL 未満であった。食後 20、30、45 分の血糖値は米飯後野菜サラダに比較し、米飯前野菜サラダでは有意に低値を示した (p<0.01)。米飯前野菜サラダ摂取後の血糖値は 90 分でピークに達し、食後 120 分にかけて下降し、米飯後野菜サラダ摂取時とほぼ同じ血糖値となった。

食後インスリン値の経時的推移は、両者のケースともに血糖値推移とほぼ平行であった。米飯前野菜サラダのインスリン値は、食後 20、30、45 分において米飯後野菜サラダの場合より有意に低値を示し ($p<0.05$)、食後 120 分で最高値を示した (Fig.2)。

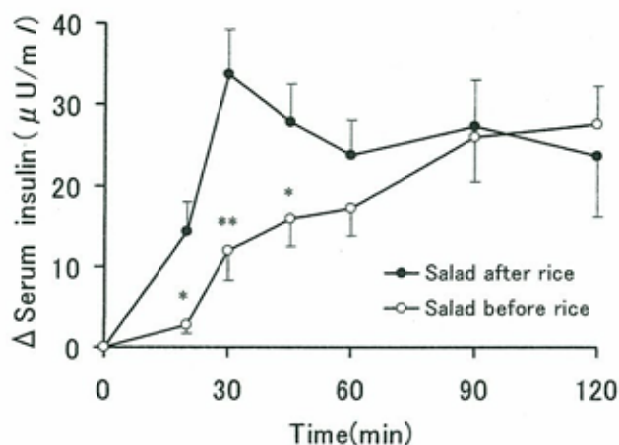


Fig.2 Incremental serum insulin responses in 10 healthy subjects. Values are mean±SEM. *:p<0.05 vs salad after rice **:p<0.01 vs salad after rice(Wilcoxon signed rank test for paired data)

2. 動態パラメーター

血糖値の動態パラメーターを **Table3** に示す。

Table3 Kinetic parameters of plasma glucose

	ΔC_{max} (mg/dl)	T_{max} (min)	IAUC (mg · min/dl)
Salad after rice	41.9±22.6	43.5±28.7	2534.9±1996.8
Salad before rice	33.0±18.4	87.0±29.8 **	1544.3±1235.5

Mean±SEM; n = 10. **: p < 0.01

米飯後に野菜サラダを摂取するよりも米飯前に野菜サラダを摂取するほうが ΔC_{max} は平均 21%低下、 T_{max} は平均 44 分延長 ($p<0.01$)、IAUC は平均 39%低下した。インスリン値についても同様の傾向が見られ、米飯前に野菜サラダを摂取したほうが米飯後の場合よりも ΔC_{max} は平均 21%低下、 T_{max} は平均 42 分延長 ($p<0.05$)、IAUC は平均 27%低下した (**Table4**)。

Table4 Kinetic parameters of serum insulin

	ΔC_{\max} (mg/dl)	T_{\max} (min)	IAUC (mg · min/dl)
Salad after rice	44.6±20.3	52.5±34.1	2763.2±1401.4
Salad before rice	35.3±13.2	94.5±33.2 *	2008.1±1005.0

Mean±SEM; n = 10. *: p < 0.05

考察

本研究により、GI 値の高い米飯と低 GI 食の野菜サラダの摂取順序を変えることによって食後血糖値とインスリン値のプロファイルに明らかな差異が生ずることが明らかになった。米飯よりも野菜サラダを先に摂取するほうが食後血糖の上昇を抑制するとともに血糖レベルに呼応して分泌されるインスリンの量を節約できる可能性が示された。

昨今、糖尿病あるいは糖尿病予備軍の患者に対して野菜サラダを食事の最初に摂取するように勧める情報がTVや紙面、インターネット上など様々なメディアで散見されるが、野菜サラダを構成する食品の血糖上昇抑制に関する作用機序と野菜サラダを先に摂取する根拠となるデータを示したものは皆無である。

Sugiyama らは、米飯のみを摂取したときよりも酢の物を組み合わせて摂取したほうが、明らかに食後血糖値を低く抑えるが、酢の物を米飯前に摂取した場合と米飯と一緒に摂取した場合とでは差がないことを報告している⁴⁾。食後高血糖を改善する α -グルコシダーゼ阻害薬のアカルボースについては、食前30分、食事開始時および食事開始後15分それぞれの投与で比較した場合、食事開始時に投与するのが最も効果的であることをRosak らは報告している⁵⁾。それならば、 α -グルコシダーゼ阻害作用を主作用とする低GI食は食事の最初に摂取するのが最も効果的であろうと推測される。低GIの食品にはそれぞれの作用機序があり、その機序に応じた最適な摂取タイミングが存在するはずであり、それを踏まえた上で食事指導することが低GI食の効果をこれまで以上に発揮できるようにするために必要である。今回の研究で試験食とした野菜サラダはキャベツ、オリーブ油、酢から構成され、それぞれに食後血糖上昇抑制作用を有することが知られている。すなわち、野菜に含まれる食物繊維は、ブドウ糖の吸収遅延や細胞レベルでのインスリン感受性増加を促す等の作用により食後血糖値の上昇抑制やインスリンの節約作用を発揮し、高血糖を改善することが報告されている⁶⁾。酢には胃排泄速度を低下させる⁷⁾以外に、disaccharidase 抑制効果に基づく二糖類の消化遅延を引き起こす作用⁸⁾が合わさって食後血糖上昇を抑制すると考えられている。脂質は、一般的に消化管ホルモンや迷走神経を介して胃の平滑筋運動に影響し、胃排泄速度を低下させ

る作用を持っている⁹⁾が、オリーブ油は、それ以外にインクレチンのGLP-1の分泌を促す作用を有し¹⁰⁾、食中投与よりも食前30分の投与のほうが明らかに食後血糖上昇の抑制には効果的であると報告されている¹¹⁾。また、食後血糖上昇抑制作用は、食物繊維や酢を単独で米飯と組み合わせた場合に比較して、食物繊維と酢および脂質の3者を同時に組み合わせた方がより効果的であることを福田らは報告している¹²⁾。そこで、本研究ではキャベツ、オリーブ油および酢を組み合わせた野菜サラダを低GI食とし、米飯摂取との時間を10分おくことが連続して摂取するよりも効果的ではないかと考えて試験を行った。

その結果、野菜サラダを先に摂取することで食後45分までの血糖値は明らかに低く保たれ($p < 0.01$)、インスリンの分泌も抑えられることが分かった。低GI食の中にはホエイ・プロテインのように血糖値の上昇を抑制してもその効果がインクレチンのGIP分泌を介したインスリン分泌の増大によるものがある¹³⁾。この場合、インスリン分泌が正常に行われない耐糖能異常者では、食後高血糖は期待されたようには改善されない可能性がある。この点において、本研究で使用した野菜サラダでは、米飯前に摂取することによってインスリンのIAUCが平均27%低下し、インスリン分泌が節約される傾向が認められたため、耐糖能異常がある患者に対しても有効性が期待できると推測する。ただし、食後血糖値は個人間のばらつきが大きく、今回の試験では10名中3名において血糖およびインスリンのIAUCが米飯前の野菜サラダ摂取時のほうが米飯後の野菜サラダ摂取時よりも増大していたことを考え合わせると、臨床の場で低GI食を使った食事指導を行う際には患者個々に血糖コントロールを注意深くモニターしていくことを忘れてはならない。

今後は米飯との組み合わせだけでなく、より現実的な食事内容に近い食品との組み合わせにおいても野菜サラダを先に摂取する有効性が認められるかどうかを検証するとともに、野菜サラダを構成するキャベツ、オリーブ油および酢それぞれの血糖上昇抑制に対する寄与率を評価したり、高GI食との最適な摂取間隔についてさらに詳しく検討したりする必要がある。

本研究により、前菜として野菜サラダを摂取することが食後血糖値を良好にコントロールするための理にかなった方法であることを明らかにし、生活習慣病の予防や治療のための食事指導を行う際の根拠となりうることを示すことができた。

謝辞

本研究は、著者が北陸中央病院在任中に行ったものであり、研究の趣旨を理解し協力してくれた北陸中央病院護部職員の皆様に深謝します。

本研究は、「やずや食と健康研究所」の研究助成を受けて行った。

文献

- 1) Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV(1981) Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34:362-366
- 2) Jenkins DJ, Kendall CW, McKeown-Eyssen G, Josse RG, Silverberg J, Booth GL, Vidgen E, Josse AR, Nguyen TH, Corrigan S, Banach MS, Ares S, Mitchell S, Emam A, Augustin LS, Parker TL, Leiter LA(2008) Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes: a randomized trial. *JAMA* 300:2742-2753
- 3) Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Okubo H, Hosoi Y, Horiguchi H, Oguma E, Kayama F(2006) Dietary glycemic index and load in relation to metabolic risk factors in Japanese female farmers with traditional dietary habits. *Am J Clin Nutr* 83:1161-1169
- 4) Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y, Koyama W(2003) 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
- 5) Rosak C, Nitzsche G, Konig P, Hofmann U(1995) The effect of the timing and the administration of acarbose on postprandial hyperglycaemia. *Diabet Med* 12:979-984
- 6) Tabatabai A, Li S(2000) Dietary fiber and type 2 diabetes. *Clin Excell Nurse Pract* 4:272-276
- 7) Liljeberg H and Bjorck I(1998) Delayed gastric emptying rate may explain improved glycaemic in health subjects to a starchy meal with added vinegar. *Eur J Clin Nutr* 52: 368-371
- 8) Ogawa N, Satsu H, Watanabe H, Fukaya M, Tsukamoto Y, Miyamoto Y, Shimizu M(2000) Acetic acid suppresses the increase in disaccharidase activity that occurs during culture of caco-2 cells. *J Nutr* 130:507-513
- 9) 原博(1997) 脂質の消化管機能調節作用. *日本油化学会誌* 46:1237-1246
- 10) Thomsen C, Storm H, Holst JJ, Hermansen K(2003) Differential unsaturated and monounsaturated fats on postprandial lipemia and glucagons like peptide 1 responses in patients with type 2 diabetes *Am J Clin Nutr* 77:605-611
- 11) Gentilcore D, Chaikomin R, Jones KL, Russo A, Feinle-Bisset C, Wishart JM, Rayner CK, Horowitz M(2006) Effects of fat on gastric emptying of and the glycemic, insulin, and incretin responses to a carbohydrate meal in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 91:2062-2067
- 12) 福田典子、村田薫、森政博、広井祐三、安里龍、逸見幾代、花岡優(2005) 野菜の血糖指数 (G I) 改善効果と糖尿病食への応用. *医学と生物学* 149:331-336
- 13) Frid AH, Nilsson M, Holst JJ, Bjorck IM(2005) Effect of whey on blood glucose and insulin responses to composite breakfast and lunch meals in type 2 diabetic subjects. *Am J Clin Nutr*. 82:69-75