

論文題名：

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

ランニングタイトル：

低 Glycemic Index 食の摂取順序で血糖値が変わる

著者名：

金本郁男^{*1}，井上 裕^{*1}，守内 匡^{*2}，山田佳枝^{*3}，居村久子^{*3}，佐藤眞治^{*4}

所属機関および所在地：

^{*1} 城西大学薬学部医薬品安全性学講座（〒350-0295 埼玉県坂戸市けやき台 1-1）

^{*2} 公立学校共済組合北陸中央病院薬剤科（〒932-8503 富山県小矢部市野寺 1-2-3）

^{*3} 公立学校共済組合北陸中央病院栄養管理科（〒932-8503 富山県小矢部市野寺 1-2-3）

^{*4} 新潟薬科大学応用生命科学部食品機能科学・食品分析科学研究室（〒956-8603 新潟県新潟市秋葉区東島 265-1）

Key words：

①血糖上昇指数 ②食事療法 ③野菜サラダ ④食後血糖値

※ ③野菜サラダ および④食後血糖値は、Key words 一覧表に掲載されていないものです。

連絡先：

金本郁男（〒350-0295 埼玉県坂戸市けやき台 1-1 城西大学薬学部医薬品安全性学講座）

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の血糖値とインスリン値のプロファイルがどのように変化するのかを確認するため、10名の健常成人において試験を行った。その結果、米飯摂取後に野菜サラダを摂取した場合と比較して、米飯摂取前に野菜サラダを摂取した場合には、食後20、30、45分での血糖上昇値（ ΔC ）は有意に低下し（ $p < 0.01$ ）、最高血糖値（ 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分までの血糖値上昇曲線下面積は、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の血糖上昇を抑制するために有効であることが示された。

Abstract

The Effect of Differences in Intake Sequence of Low Glycemic Index Foods on Plasma Glucose Profile

Ikuo Kanamoto^{*1}, Yutaka Inoue^{*1}, Tadashi Moriuchi^{*2}, Yoshie Yamada^{*3},

Hisako Imura^{*3} and Shinji Sato^{*4}

^{*1}Laboratory of Drug Safety Management, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Josai
University

^{*2}Department of Pharmacy Service, Hokuriku Central Hospital of Japan Mutual Aid
Association of Public School Teachers

^{*3}Administration Office of Nutrition, Hokuriku Central Hospital of Japan Mutual Aid
Association of Public School Teachers

^{*4}Department of Functional and Analytical Food Sciences, Niigata University of
Pharmacy and Applied Life Sciences

Results of tests in 10 healthy adults to determine how postprandial glucose and serum insulin profiles vary after the vegetable salad intake sequence of cabbage, olive oil, and vinegar was changed with rice showed that ingesting salad before rice significantly decreased incremental plasma glucose (ΔC) 20, 30, and 45 minutes postprandially ($p < 0.01$). The time until maximum plasma glucose (ΔC_{max}) was reached was delayed 40 minutes ($p < 0.01$), compared to when salad was ingested after rice. ΔC_{max} decreased by a mean 21% and the incremental area under the curve from 0 to 120 minutes postprandially decreased by a mean 39%. Serum insulin varied parallel with plasma glucose, suggesting that postprandial insulin secretion is controlled. Ingesting salad before rice effectively suppresses postprandial plasma glucose.

緒言

食品を摂取した後の血糖値の上昇度を示す Glycemic Index (以下G I と略す) 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G I 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G I 食の摂取が有用であることが報告されている³⁾。しかし、低G I 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いまだ得られていない。その理由の一つとして、低G I 食の最適な摂取タイミングに関する研究が少なく、低G I 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G I 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G I 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

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

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。被験者が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（以下血糖値と略す）、残り 2mL を血清インスリン濃度（以下インスリン値と略す）測定用の検体とした。血糖値は酵素法で、インスリン値は化学発光免疫測定（CLIA）法で測定した。なお、食前 10 分の採血による値を摂食開始後 0 分の値（0 分値）とした。

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 0 分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。摂食開始後 120 分までの濃度推移の最高値を ΔC_{\max} 、 ΔC_{\max} への到達時間を T_{\max} とし、上昇曲線下面積（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 (Statistical Package for Social Science) を用い、米飯摂取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。米飯摂取後に野菜サラダを摂取した場合（以下米飯後野菜サラダと略す）と米飯摂取前に野菜サラダを摂取した場合（以下米飯前野菜サラダと略す）の食後血糖値の推移を **Fig.1** に示す。

Fig.1

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パラレルであった。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

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

米飯後野菜サラダよりも米飯前野菜サラダのほうが 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

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の血糖値とインスリン値のプロファイルに有意な差異が生ずることが明らかとなった。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マスコミ紙やTV、インターネット上など様々なメディアに散見されるが、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ときのほうが、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 G I 食とし、野菜サラダ（もしくは米飯）摂取開始から米飯（もしくは野菜サラダ）摂取開始までに 10 分間のタイムラグを設けて試験を行った。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 G I 食の牛乳は、インクレチン (GIP および GLP-1) の分泌を介したインスリン分泌の増大が関与して食後の血糖上昇を抑制すると考えられるが、このよ

うな作用機序を持つ低G I 食の場合、健常人では食後の血糖上昇を抑制できてもインスリン分泌能に障害のある患者では期待通りに血糖値の上昇を抑制できない可能性がある^{13,14,15)}。この点において、本研究で使用した野菜サラダは、米飯前に摂取した場合インスリンの 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G I 食を使った食事指導を行う際には患者個々の血糖やインスリンの反応を見た上で適切な指導を行う必要があろう。

今後は男性被験者数を増やして今回と同じ条件下の試験を行ったり、耐糖能異常がある被験者での試験を行ったり、さらに、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する予定である。

本研究は、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を示した。

謝辞

本研究の趣旨を理解し協力していただいた北陸中央病院看護部職員の皆様に深謝する。

本研究は、「やずや食と健康研究所」の研究助成を得て行われた。

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 glyceimic,
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) Hoyt G, Hickey MS, Cordain L(2005) Dissociation of the glycaemic and
insulinaemic responses to whole and skimmed milk. Br J Nutr 93:175-177

14) 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

15) Milton JE, Sananthanan CS, Patterson M, Ghatei MA, Bloom SR, Frost GS(2007)
Glucagon-like peptide-1 (7-36) amide response to low versus high glycaemic index
preloads in overweight subjects with and without type II diabetes mellitus. Eur J Clin
Nutr 61:1364-1372

Figure Captions

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)

Fig.2 Incremental serum insulin responses in 10 healthy subjects.

Values are mean \pm SEM. *:p<0.05 vs salad after rice **:p<0.01 vs salad after rice(Wilcoxon signed rank test for paired data)

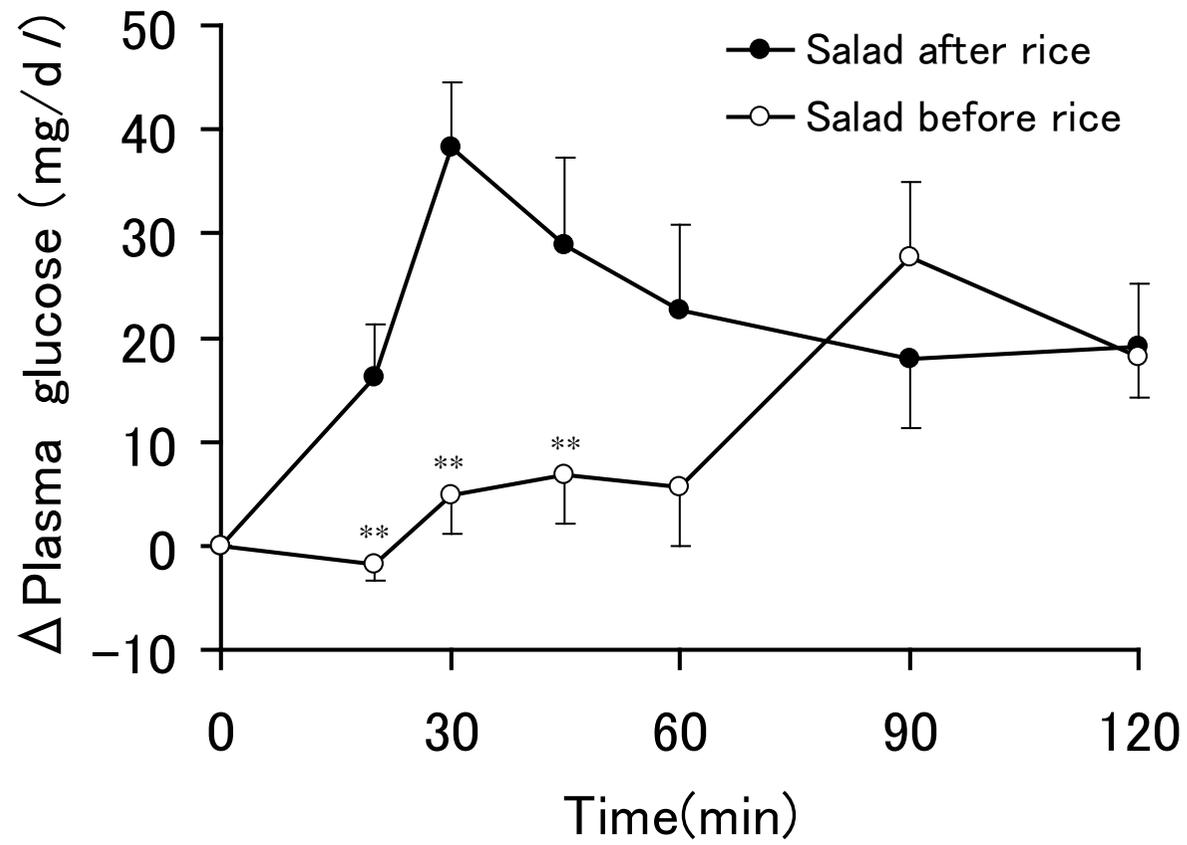


Fig.1

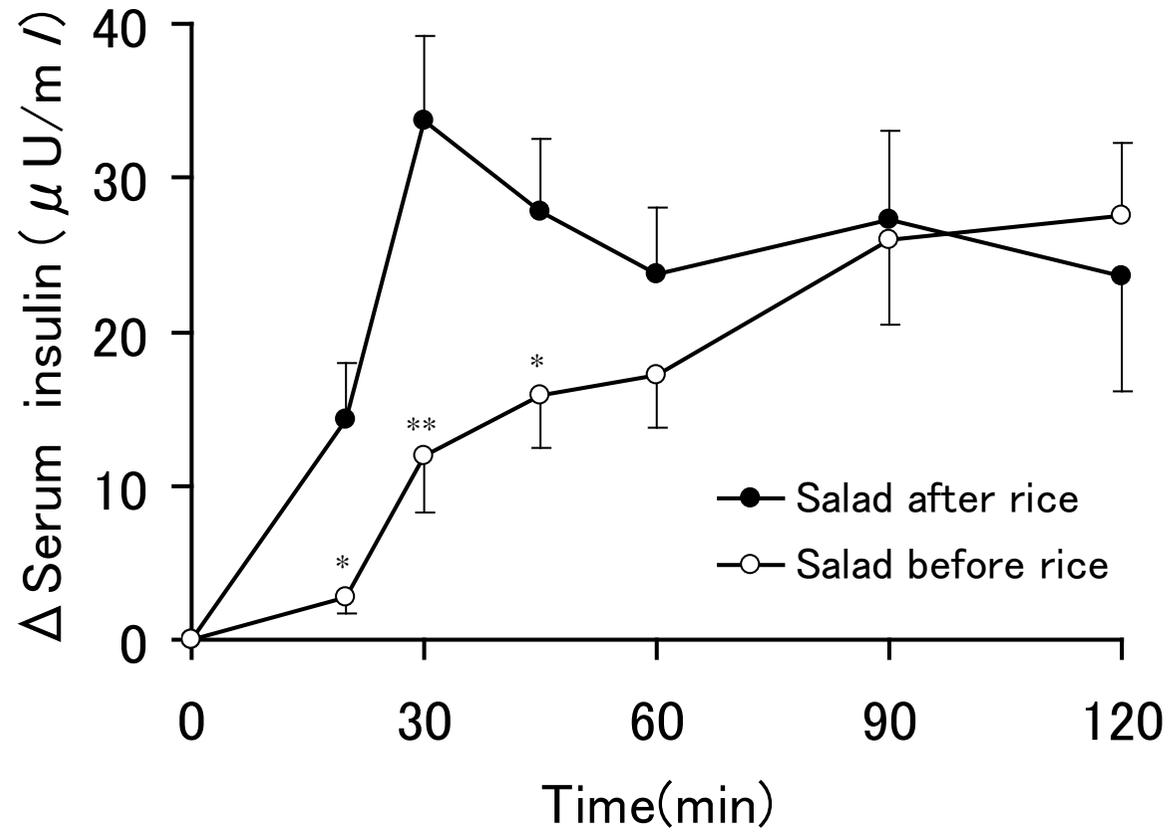


Fig.2

Table1 Subject characteristics

	Total(n=10)	Male(n=2)	Female(n=8)
Age (years)	35.0 ± 6.2	27.0 ± 4.2	37.0 ± 4.9
Hight (cm)	160.5 ± 7.6	170.0 ± 4.2	158.1 ± 6.2
Weight (kg)	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
Fasting glucose (mg/dl)			
Salad after rice	83.7 ± 1.9	84.0 ± 12.7	83.6 ± 10.0
Salad before rice	85.7 ± 5.6	86.0 ± 4.2	85.6 ± 6.2
Fasting insulin (μU/ml)			
Salad after rice	5.2 ± 1.9	6.5 ± 1.3	4.8 ± 1.9
Salad before rice	4.7 ± 2.0	6.7 ± 2.5	4.2 ± 1.6

Mean±SD

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

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, ** : $p < 0.01$

Table4 Kinetic parameters of serum insulin

	ΔC_{\max} (μ U/ml)	T_{\max} (min)	IAUC (μ U•min/ml)
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, * : $p < 0.05$