

食後高血糖を抑制する食酢の効果 —食酢および食酢飲料の種類、摂取方法からみて—

遠藤 美智子^{*1}・松岡 孝^{*2}・中西 裕美子^{*1}

The efficacy of vinegar in suppressing postprandial hyperglycemia
～ Studies on the difference between vinegar and vinegar-drinks and the
difference in the way of ingestion～

Michiko ENDO, Takashi MATSUOKA and Yumiko NAKANISHI

The ingestion of vinegar was examined in connection to the suppression of postprandial elevation of blood glucose in 13 healthy 21-year-old college women. Subjects ate vinegar-rice or drank vinegar while eating rice, and the postprandial incremental area under the blood glucose response curve (IAUC) was compared. The difference of effect was also examined in three kinds of vinegar (rice-vinegar, apple-vinegar, and tomato-vinegar). IAUC of rice-vinegar and apple-vinegar degraded significantly (about 30%) compared with only rice. IAUC of tomato-vinegar also degraded compared with only rice, but it was not significant. IAUC of apple-vinegar seasoned rice was almost the same as drinking vinegar with rice, but the manner of postprandial blood glucose curve was different. It is assumed that vinegar's suppressive effect on postprandial hyperglycemia depends on the ingredients in commercially available vinegar-drinks.

Subjects were divided into 2 groups based on their postprandial blood sugar :a group of "high-blood glucose elevation" (postprandial blood glucose > 140mg/dl) and a group of "low-blood glucose elevation" (postprandial blood glucose ≤ 140mg/dl), and vinegar's suppressive effect was investigated. Vinegar significantly suppressed postprandial elevation of blood glucose in the "high-blood glucose elevation group", but not most in the "low-blood glucose elevation group". These findings suggest that vinegar is a of useful means of suppressing postprandial hyperglycemia.

Key words : postprandial hyperglycemia, vinegar, suppression of hyperglycemia

緒 言

平成19年国民健康・栄養調査によると、

糖尿病が強く疑われる人は約890万人、可能性を否定できない「予備群」は約1,320万人、合わせて約2,210万人である。糖尿

キーワード：食後高血糖，食酢，血糖上昇抑制

※1 本学人間生活学部食品栄養学科

※2 倉敷中央病院糖尿病内科

病が強く疑われる人は10年前の平成9年と比べ約1.3倍に増えており、さらに増加ペースは加速している¹⁾。

空腹時血糖に関しては、日本糖尿病学会では空腹時血糖値が126mg/dL以上で「糖尿病型」、110mg/dL以上126mg/dL未満であると「境界型」とされる²⁾。一方、米国糖尿病学会は空腹時血糖値が100mg/dL以上126mg/dL未満の場合を「前糖尿病 (pre-diabetes)」として、糖尿病を発症する危険性が高いと判定し、発症を予防するための保健指導が必要と定めている³⁾。

日本糖尿病学会も2008年に、メタボ健診などで空腹時血糖値が100~109mg/dLの場合は、「正常高値」と判定し、適切な保健指導をはじめるのが望ましいとした⁴⁾。

JPHC スタディ (国立がん研究センター) では、糖尿病発症のリスクは空腹時血糖値が100mg/dLあたりから上昇していることが示された⁵⁾。

糖尿病発症へ向けての75gブドウ糖負荷試験 (oral glucose tolerance test : OGTT) 時の血糖値の推移に関する分析結果を伊藤らが報告している⁶⁾。それによると空腹時血糖値は糖尿病発症14年前から対象群に比べて明らかに高値を示すものの、発症1年前においても110mg/dL未満であった。しかし、2時間血糖値はいずれの時点でも発症群で有意に高値であり、経過とともに次第に上昇し、発症10年前には耐糖能異常 (impaired glucose tolerance : IGT) 領域となり、その後経過とともにさらに上昇していたことが示されている。このことは、境界型が約10年続いたあとに糖尿病を発症することを示している。

従って、糖尿病発症を予防するには空腹時血糖高値あるいは境界型の時期に食事療法を含めた生活習慣に介入する必要がある。

また、DECODE Study⁷⁾ や Funagata Study⁸⁾では、空腹時血糖値が正常域でも、

75g OGTT 2時間値が140~199mg/dLのIGTでは心血管障害の発症や進展が認められ、OGTT 2時間値の増加に伴って総死亡率は高くなることが示され、食後血糖管理が重要とされるようになった。

ところで、近年では持続血糖モニター法 (Continuous Glucose Monitoring System : CGMS) による24時間の血糖モニタリングデータが蓄積されるようになり、健常者の血糖値は70~140mg/dLという非常に狭い範囲を推移し、24時間平均血糖値は101.0±16.5mg/dLであると報告されている⁹⁾。また、健常者の1日の血糖値は食事の内容や量に関係なく、140mg/dL以下のレベルに制御されており、140mg/dLを超えることは少ないともいわれている^{10~13)}。

空腹時血糖値も重要だが、合併症を予防するためには食後高血糖を抑制することがより重要である。

食後の糖処理速度に関与する要因としては、胃排出速度、糖質の消化速度と消化・吸収率、インスリン初期分泌、肝臓におけるブドウ糖の取り込み・排出速度、ブドウ糖の末梢での利用速度などがある。

最も血糖を上昇させる栄養素は炭水化物 (糖質) であるが、糖質の量だけでなく質によっても食後の血糖反応にかなり差がみられることもわかっている。同量の炭水化物を含む食品でも血糖が上がりやすいものとそうでないものがあることに注目し指数化したものに glycemic index (GI) があるが¹⁴⁾、GI値は組み合わせる食品、調理法による変化、個人差などで変動するとも言われている¹⁵⁾。

GI値を下げる食品の1つとして食酢が挙げられる。日本人を対象とした食酢の食後血糖上昇抑制効果に関する研究は、著者らの報告も含めいくつか報告されている^{16~18)}。

近年では、調味料としての食酢だけでなく多種類の食酢飲料が市販されており、健康飲料としても広く利用されている。そこで、食酢および食酢飲料の食後血糖値への影響を検討した。

対象および方法

耐糖能異常を含め健診で異常を指摘されていない21歳の女子大学生13名を対象に実施した。

被験者へは、2日前よりアルコール類、清涼飲料等を禁じ、過激な運動は控えるよう指示した。検査前日の午後9時以降は水以外絶食とし、空腹のまま病院に集合してもらい、午前9時より75gOGTTを実施し、負荷後の静脈血漿ブドウ糖値とインスリン値を経時的に測定した。

次に、炭水化物単独摂取した場合と、炭水化物に食酢を組み合わせた場合の食後血糖値推移をみた。検査食のうち基準食である米飯は、日本 Glycemic Index 研究会で採用されている「サトウのご飯（新潟県産こしひかり）147g」（以下、米飯）とし、食酢はいずれもミツカン製を使用した。

まず、純米酢、純りんご酢、純トマト酢、それぞれの食酢20mlを米飯に混ぜて摂取した（以下、酢飯）。次に、純りんご酢、蜂蜜・砂糖入りのりんご酢（以下、りんご酢S）、蜂蜜・人工甘味料入りのりんご酢（以下、りんご酢D）それぞれ20mlを水で5倍希釈し米飯と一緒に飲んだ。米飯の摂食時間は約10～15分間とした。

被験者は75gOGTTと同様の注意事項を厳守し、検査当日の午前9時に一室に集合し、糖尿病療養指導士の指示の下に実施した。血糖測定は三和化学株式会社製の簡易型自己血糖測定器（グルテストエースR）を使用し、空腹時と摂取後15分、30分、45分、60分、90分、120分の血糖値を測定し、血糖値推移を検討した。また、血糖上昇

曲線下面積（Incremental Area Under the blood glucose response Curve : IAUC）を算出し比較した。各検査は3日から1週間以上の間隔を空けて実施した。なお、使用した自己血糖測定器の再現性は、低・中・高濃度の3種類の血液を用いて各30回測定した場合の変動係数（C.V.）は2.4%、2.8%、1.9%であり、当自己血糖測定器とグルコース自動分析装置（㈱アークレイ ファクトリー製、GA-1150）で測定した血糖値との相関係数は $r = 0.983$ （ $n = 101$ ）であった¹⁹⁾。

栄養量については、米飯はサトウ食品、食酢はミツカンの成分値、その他の食品については五訂日本食品標準成分表より算出した。

健常者の1日の血糖値は食事の内容や量に関係なく、140mg/dl以下のレベルに制御されており、140mg/dlを超えることは少ないともいわれていることから、米飯摂取後の血糖値が140mg/dl以下のものを「血糖値の上昇しにくい群（低上昇群）」、140mg/dlを超えるものを「血糖値の上昇しやすい群（高上昇群）」に分け検討した。

研究計画についてはノートルダム清心女子大学研究倫理委員会に申請し承認を得た後、被験者には本研究の主旨を十分に説明し、文書による同意を得た。

なお、統計処理はSPSS for Windows（Ver.15.0）を用い、米飯単独と食酢の組合せによる2群間の比較はt検定を用いて、 $p < 0.05$ を有意と判定した。

結果

1. 血糖反応からみた被験者のプロフィール

被験者のプロフィールを表1に示す。低上昇群は8名、高上昇群は5名であった。両群とも消化器症状を訴えているものや消化性潰瘍の既往を有するものはみられなかった。年齢、BMI（body mass

表1 被験者のプロフィール

	Total (n=13)	低上昇群 (n=8)	高上昇群 (n=5)
年齢(歳)	21.1±0.5	21.1±0.3	21.0±0.6
BMI(kg/m ²)	20.2±1.7	20.2±1.5	20.1±2.0
HbA1c(JDS値)(%)	5.0±0.2	5.0±0.2	5.1±0.1
空腹時血糖値(mg/dl)	89.6±7.4	91.0±8.4	87.4±4.6
HOMA-R	1.2±0.4	1.4±0.4	0.9±0.4
HOMA-β	68.3±13.9	72.2±12.4	62.7±14.1
Insulinogenic Index	1.5±0.8	1.9±0.8*	0.9±0.2*

mean±S.D. 2群間の有意差 (t-test) **p*<0.05

index : BMI)、ヘモグロビン A1c (JDS 値 : 以下、HbA1c)、空腹時血糖値は両群において差はなかったが、インスリン抵抗性の指標 (HOMA-R)、インスリン分泌の指標 (HOMA-β)、インスリン分泌指数 (insulinogenic index) については、高上昇群で低い傾向がみられた。

2. 食酢摂取後の血糖上昇曲線下面積

米飯単独の場合、被験者全員の平均 IAUC は5,114であった。米飯に各食酢

20ml を混ぜ酢飯にして摂取した場合の IAUC は、純米酢が3,644、純りんご酢が3,656、純トマト酢が3,827であり、米飯単独の IAUC を100%とした場合、それぞれ71.3%、71.5%、74.8%であった。また、米飯単独の IAUC に対し、純米酢と純りんご酢は有意に低値を示し、純トマト酢は有意ではないが低値を示した (図1)。

3. 食酢飲料摂取後の血糖上昇曲線下面積と血糖値推移

りんご酢飲料20ml を水で5倍希釈し、米飯と一緒に飲んだ場合の IAUC は、純りんご酢が3,651、りんご酢 S が5,189、りんご酢 D が4,386であり、米飯単独の IAUC を100%とした場合、それぞれ71.4%、101.1%、85.8%であった。純りんご酢は、米飯と混ぜて酢飯にしてもそのまま飲んでも米飯単独より有意に食後の血糖値を低下させた (図1)。

米飯に純りんご酢を組み合わせた場合の IAUC は、酢飯で3,656、飲むと3,651であり、いずれも米飯単独より30%程度低値となっ

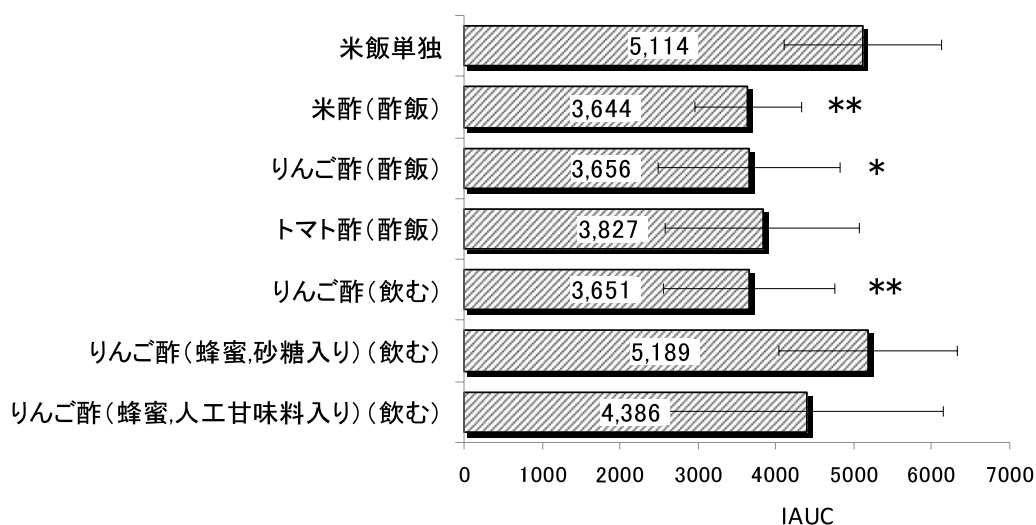


図1 食酢および食酢飲料が米飯摂取後の血糖値に及ぼす影響

米飯単独と各項目2群間の有意差 (paired t-test) **p*<0.05, ***p*<0.01

た。

しかし、両者の血糖値推移は異なっており、飲んだ場合は食後15分、30分の血糖値を急激に低下させ、食後すぐに上昇抑制効果が現れた（図2）。

4. 血糖反応の違いによる食酢および食酢飲料への影響

高上昇群では、米飯に純米酢を混ぜ酢飯

にして摂取すると、食後30分、45分、60分、120分で有意に血糖値は低下した。低上昇群では同様に純米酢を酢飯にして摂取しても食後の血糖値の上昇にほとんど変化がみられなかった（図3）。低上昇群では食酢の食後血糖上昇抑制効果は弱く、食後の血糖値が140mg/dlを超える高上昇群に食酢が有効であった。

また、純米酢と同様、純りんご酢、純ト

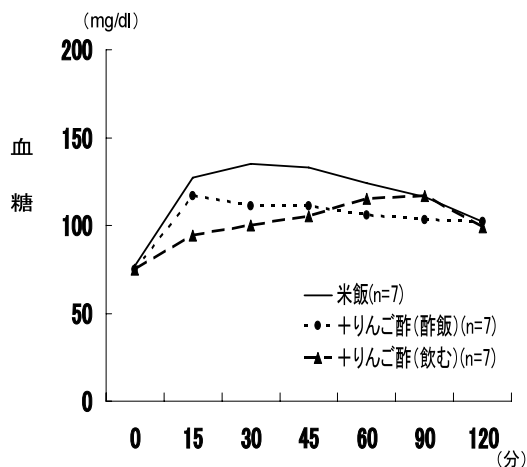


図2 りんご酢の食後血糖値推移

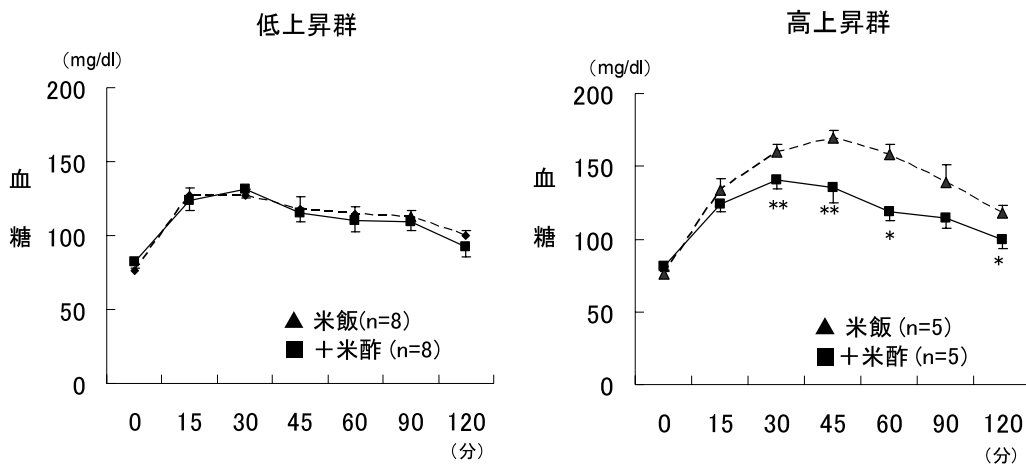


図3 米酢を酢飯にして摂取した場合の血糖上昇抑制効果

米飯摂取後の血糖値が 140mg/dl 以下の低上昇群と、140mg/dl を超える高上昇群とに分けて検討すると、低上昇群では食酢の血糖上昇抑制効果は弱く、高上昇群では有意に血糖値は低下した。2群間の有意差 (paired t-test) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

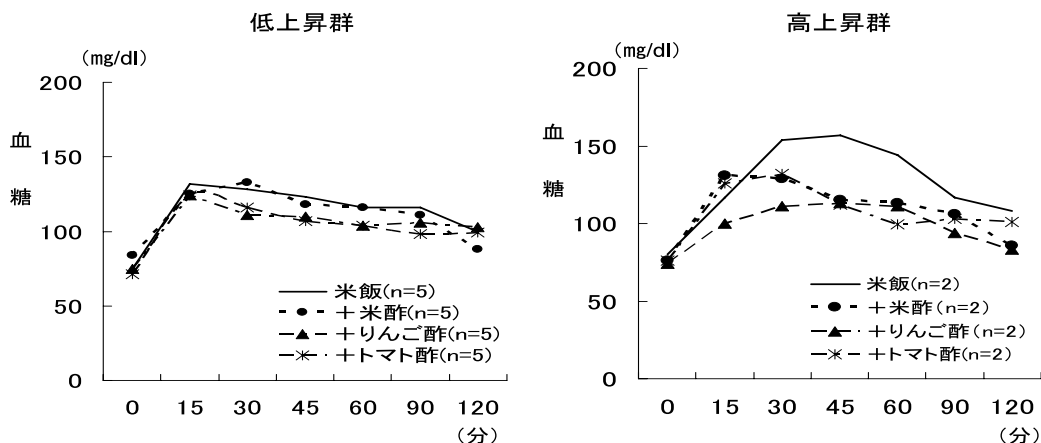


図4 食酢を酢飯にして摂取した場合の食後血糖値推移

純米酢と同様、純りんご酢、純トマト酢についても、低上昇群では食酢の効果は弱かったが、高上昇群では血糖上昇抑制効果がみられた。

マト酢についても、低上昇群では食酢の効果は弱かったが、被験者が少なく有意差がみられなかったものの高上昇群においては血糖上昇抑制効果がみられ、特に純りんご酢による抑制効果が顕著であった(図4)。

考察

米飯単独のIAUCに対し、純米酢、純りんご酢、純トマト酢、それぞれの食酢20mlを米飯に混ぜ酢飯にして摂取した場合のIAUCは、純米酢、純りんご酢では約30%有意に低く、純トマト酢では有意差はみられなかったものの約25%低下傾向を示した。

食酢の食後血糖上昇抑制効果の要因としては、食酢の主成分である酢酸が関与しており、胃内滞留時間の延長による消化・吸収の遅延などが考えられている^{20,21)}。また、酢酸によるAMPキナーゼの活性化も示唆されている²²⁾。

各食酢20mlの酢酸の含有量は、純米酢が900mg、純りんご酢が1000mg、純トマト酢が840mgとされ、概ね酢酸の含有量に比例した効果がみられた。

食酢飲料については、純りんご酢の

IAUCのみ有意に低値を示し、りんご酢Sでは全く変化がなく、りんご酢Dでは15%程度の低下がみられた。りんご酢Sに血糖上昇抑制効果が全くみられなかったのは、酢酸含有量が100mgと少ない上に、GI値の高い蜂蜜や砂糖が原材料に含まれているためであろう。

食後30分の血糖は食酢の摂取量が多いほど抑制効果が大きいこと²³⁾、また、健常者を対象に行なった食酢の食後血糖上昇抑制効果は10mlでも認められるが、20mlの方がより効果的であったこと¹⁸⁾などから食酢の量が多いほど効果が大きいことが示されている。

次に、純りんご酢を米飯に混ぜて酢飯にした場合と、水で5倍希釈し米飯と一緒にそのまま飲んだ場合のIAUCはほぼ同じであり、米飯単独の場合と比べどちらも30%程度低下した。しかし、両者の食後血糖値推移には明らかな相違がみられた。飲んだ場合は食後15分、30分の血糖値を低下させたものの、食後60分では酢飯より高値となった。食酢をそのまま飲むと、腸までの到達時間が早まり抑制効果が食後の早い時間に現れたのかもしれない。

著者らが行った予備実験において、食酢を摂取するタイミングは食事摂取前、食事と一緒に、食後のいずれが最も効果的かを検討したところ、食酢の効果は米飯摂取前が最も強く、米飯摂取後では弱かった。

食酢の作用特性に関する興味深い報告がある。87gの高炭水化物食(白いベーグル、バター、オレンジジュース)を摂取する2分前に食酢(20gのりんご酢、40gの水、小さじ1杯のサッカリン)を飲むと食後30分、60分の血糖上昇が抑えられ、特にインスリン抵抗性の高い人に効果があり、食酢はアカルボースと類似の生理的効果を備えている可能性がある²⁴⁾。そのほか、Caco-2培養細胞を用いた実験結果から酢酸は小腸上皮粘膜細胞微絨毛の二糖分解酵素活性を低下させることも示されている²⁵⁾。これらのことから、食酢は食事と一緒に、できれば食前に摂取する方がより効果的と考えられる。

食酢の食後血糖上昇抑制効果についてはいくつか報告があるが、ほとんどが被験者全員の平均血糖値で示されている^{16, 17)}。本研究でも同様に食酢による効果がみられたが、炭水化物に食酢を組み合わせても食後血糖値が抑制された者と、全く変化がみられなかった者が存在した。本研究は、簡易型自己血糖測定器で測定したデータではあるが、米飯摂取後の血糖値が140mg/dl以下の低上昇群と140mg/dlを超える高上昇群とに分けて検討を加えた。その結果、低上昇群では食酢の効果は弱く、食後の血糖値が140mg/dlを超える高上昇群に食酢が有効であることがわかった。また、低上昇群において、過度の血糖低下がみられなかったことから、食酢による低血糖の危険性はないものと思われる。

Insulinogenic Index 0.4未満はインスリン初期反応の低下であり、糖尿病へ以降する危険率が高いといわれている。また、日

本人は欧米人と比べてインスリン分泌能が低いことは多くの研究から明らかである。被験者全員、基準値の範囲内ではあったが、高上昇群では低上昇群に比べ有意に低値を示した(表1)。インスリン初期分泌が低下すると急激な血糖上昇により食後高血糖に繋がる。

薬物療法では、速効型インスリン分泌促進薬や α グルコシダーゼ阻害薬が食後高血糖の改善を目的として使用されているが、食事療法においても食後の血糖上昇を抑制することは重要である。糖尿病の食事療法では、摂取エネルギーを適正量にとどめ、栄養素のバランスをとり規則正しく摂取することが原則であるが、これに加えて食後高血糖を抑制するような食事の摂り方も考慮すべきである。

本研究において高上昇群に食酢の効果がみられたが、日本人を対象とした糖尿病患者への食事療法において、どの程度の効果があるのかは今後の検討課題である。今後は、さらに検討を重ねていきたいと考えている。近年、食酢の様々な機能性が明らかにされつつあるが、未だ未発見の生理的作用が多いといわれており、今後の研究の進歩が期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり、検査に協力していただいた被験者の皆様に感謝します。

文 献

- 1) 平成19年国民健康・栄養調査, 厚生労働省. <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/12/h1225-5.html>
- 2) 日本糖尿病学会糖尿病治療ガイド編集委員会(2010) 診断のための検査, 糖尿病治療ガイド2010, 日本糖尿病学会編, 文光堂, 東京, p18-19
- 3) American Diabetes Association.

- <http://www.diabetes.org/>
- 4) 糖尿病・糖代謝異常に関する診断基準検討委員会報告(2008). 糖尿病51(3): 281-283.
 - 5) Noda M, Kato M, Takahashi Y, Matsushita Y, Mizoue T, Inoue M, Tsugane S, Kadowaki T (2010) Fasting plasma glucose and 5-year incidence of diabetes in the JPHC diabetes study - suggestion for the threshold for impaired fasting glucose among Japanese. *Endocrine Journal* 57 (7) : 629-637.
 - 6) 伊藤千賀子ほか (1985) 2型糖尿病の成因. 糖尿病28 : 1329-1331.
 - 7) The DECODE study group (1999) Glucose tolerance and mortality. comparison of WHO and American Diabetes Association diagnostic criteria. *Lancet* 354 : 617-621.
 - 8) Tominaga M, Eguchi H, Manaka H, Igarashi K, Kato T, Sekikawa A (1999) Impaired glucose tolerance is a risk factor for cardiovascular disease, but not impaired fasting glucose. The Funagata Diabetes Study. *Diabetes Care* 22 : 920-924
 - 9) 田嶋尚子 (2010) 食後高血糖のコントロール基準 - IDF ガイドラインをめぐって -. 糖尿病最新の治療2010-2012, 南江堂, 東京, p12-18
 - 10) Polonsky KS, Given BD, Van Cauter E (1988) Twenty-four-hour profiles and pulsatile patterns of insulin secretion in normal and obese subjects. *J. Clin. Invest* 81 : 442-448
 - 11) American Diabetes Association (2001) Postprandial Blood Glucose. *Diabetes Care* 24 : 775-778
 - 12) 石澤将, 西村理明, 田嶋尚子 (2007) 食後高血糖の病態と臨床的意義. *Mebio* 24 (6) : 7-15
 - 13) 河盛隆造 (2007) 食後高血糖の概念と評価法, その是正法. *Mebio* 24 (6) : 20-25
 - 14) 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. *The American Journal of Clinical Nutrition* 34 : 362-366
 - 15) 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 (2000) 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 : 175-186
 - 16) 若木陽子, 杉山みち子, 中本典子, 小山和作, 安部眞佐子, 細谷憲政 (2001) 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 : 133-142
 - 17) 稲毛寛子, 佐藤由美, 榊原章二, 佐久間美幸, 木村修一 (2006) 健全な女性における食酢の食後血糖上昇抑制効果. *日本臨床栄養学会雑誌* 27 (3) : 321-325
 - 18) 遠藤美智子, 松岡孝 (2011) 食酢の食後血糖上昇抑制効果. 糖尿病54 (3) : 192-199
 - 19) 株式会社三和化学研究所. グルテストセンサー. <http://med.sk-net.com/diagnostics/detail/20006>
 - 20) Ebihara K, Miyada T, Mochizuki S (1989) Comparative effects of various organic acids on glucose-flattening activity in rats fed a glucose solution. *Nutrition Reports International* 40 : 1041-1046

- 21) Liljeberg H , Bjorck I (1998) Delayed gastric emptying rate may explain improved glycemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. *European Journal of Clinical Nutrition* 52 : 368-371
- 22) 榎原章二, 岸幹也, 加賀孝之 (2007) 酢酸の AMP キナーゼ活性化による糖・脂質代謝改善. *バイオサイエンスとインダストリー* 65 (7) : 357-359
- 23) Ostman E, Granfeldt Y, Persson L, Bjorck I (2005) Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 59 : 983-988
- 24) Carol SJ, Cindy MK, Amanda JB (2004) Vinegar improves insulin sensitivity to a high-carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes. *Diabetes Care* 27 : 281-282
- 25) 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. *Journal of Nutrition* 130 : 507-513