第１８回日本 Glycemic Index 研究会

Japanese Association for the Study of Glycemic Index

（JASGI）　　略称：日本GI研究会

記　録

目　次

巻頭言　　代表幹事 佐々木 敬・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

一般演題

(18−1)　糖アルコールを使用した野菜ガレットの食後血糖上昇抑制効果（パート3）・・・・・・・2
　髙田 紗恵子（藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科）

(18−2)　低糖質パンの摂取がセカンドミール摂取後の血糖値に及ぼす影響・・・・・・・・・・・4
　金澤 ひかる（城西大学 薬学部薬学科 医薬品安全性学講座）

(18−3)　入院患者の雑穀米摂取が血糖値に及ぼす影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・6
　冨永 晴郎（公益財団法人佐々木研究所附属杏雲堂病院）

(18−4)　アルギン酸含有麺（うどん）の食後血糖値上昇抑制作用とそのメカニズムの検討・・・・8
　小池 麻里子（シマダヤ株式会社 研究開発部）

(18−5)　チョコレートのGI値について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
　澤崎 理子（株式会社 明治 研究本部 乳酸菌研究所 健康科学研究部 機能評価2G）

教育講演

(18−6)　低ＧＩ食品の採用機序と活かし方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
　金本 郁男（城西大学 薬学部 医薬品安全性学 教授）

特別講演【共催：大正製薬株式会社】

(18−7)　サルコペニアの予防も見据えた糖尿病治療・・・・・・・・・・・・・・・・20
　−食事療法を含めた集学的な治療を目指して−
　福井 道明（京都府立医科大学大学院医学研究科 内分泌・代謝内科学 教授）

日本Glycemic Index研究会会則・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22

Glycemic Index (GI)という概念については、これまでに医学的に多くの重要な側面が認識され、糖尿病をはじめとした代謝異常を持つ患者さんへの栄養指導や治療においてGI値は応用されて来ています。糖尿病患者における炭水化物制限食と低GI食の比較、それらの有効性と安全性など、新たな栄養領域の非常に現在のホットな話題においても注目されている考え方と言えるでしょう。さらに近年では、国民の健康志向の高まりを反映して日常的に摂取する食品、菓子類も含めた食品において、肥満の助長や高血糖の悪化の予防のためにもGI値の考え方が応用されてきています。いくつかの食品には低GI食品などの標識が記載されることにもなっています。そのような中で、本研究会は日本におけるGI研究の唯一無二の中心的な研究会として発足し、すでに第１８回を数えるまでになりました。

今回の研究会における一般演題でも医療者をはじめとして、患者さんや一般の方も興味を持つことができる研究内容が目立ちます。本研究会としても、今まで以上にGI値が種々の食品に表示され、一般の認識が深まることでより良い食事指導と健康を目指すことができるよう願うところですので、このような演題は有り難い限りです。特別講演では、食事療法にたいへん造詣の深くていらっしゃいます京都府立医科大学の福井道明教授にお話を伺うことになりました。糖尿病の食事療法の概念は、まさに大きく転換しようとしています。食事療法のエビデンスとチャレンジをしっかりと御教示いただけることと思います。今回の研究会も皆さんの温かい支援と熱い議論を、どうぞよろしくお願いいたします。

2019年7月

代表幹事　佐々木　敬

(18-1)

糖アルコールを使用した野菜ガレットの食後血糖上昇抑制効果(パート3)

髙田 紗恵子(藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)
岡田 卓也(株式会社 H+B ライフサイエンス)
三田村 理恵子(藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)

【目的】

難消化性糖質を含む食品では、Glycemic Index(GI)が低くインスリンの分泌も低下し、生活習慣病の予防にも有用であると考えられる。その難消化性糖質のひとつである糖アルコールは、甘味料として我が国で用いられている。マルチトールは、砂糖の 80%程度の甘味度を有し、キシリトールやエリスリトールのような冷涼感はなく、糖アルコールの中でも砂糖に似ているため、食品業界や糖尿病の臨床現場などにおいて、広く使用されている。我々はこれまでに、マルチトールを使用した和菓子と洋菓子の、食後血糖値上昇抑制効果を報告している。これらの先行研究では、糖質 50g を含む包装米飯を摂取した際の血糖応答を基準として、2 種類の菓子(マルチトールを使用した菓子と砂糖を使用した菓子)を比較しており、基準食の糖質 50g と合わせるために、それぞれの菓子類の摂取量はおよそ 2.5 食分となり、通常より倍以上多い量を摂取した調査であった。そこで本研究では、マルチトールを甘味料として配合した野菜のガレットを用いて、1 食分の摂取量で食後血糖値の変動を観察し、先行研究より少ない量のマルチトールでも、血糖値変動に影響を及ぼすのかどうか、調査を行った。また血糖値測定では、採血による負担がない持続血糖モニター機器を用いて実施した。

【方法】

本研究の参加にあたり、参加希望者へ本研究の目的、方法、参加する際の確認事項、個人情報の保護、成果の公表、任意の参加と途中での同意撤回が可能であること、調査に協力しないことで不利益が生じないことなどについて、書面と口頭で説明をした後、同意書を配布した。本人の自由意思による文書同意が得られた、健常な若年女性 8 名を被験者とした。なお、日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコールに基づき、Body Mass Index(BMI)は 30.0kg/m^2 以下、過去 1 年間の検査で耐糖能異常がないこと、降圧剤など薬剤の服用がないことを条件とした。本研究で用いた野菜のガレットは、野菜パウダー(じゃがいも)、バター、アーモンドプードル、小麦粉、おからパウダーなどを原材料とし、1 個当たりのエネルギーは 263kcal、栄養価はタンパク質 4g、脂質 19g、糖質 23g とした。甘味料としてマルチトールもしくは砂糖を 8g 配合した(以下マルチトール入り野菜のガレット、砂糖入り野菜のガレットとする)。試験は日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコールを参考にして実施し、試験デザインは、無作為化単盲検クロスオーバー試験とした。野菜のガレットは 1 日 1 個の摂取として、マルチトール入りと砂糖入りの試験日の間にウォッシュアウト期間は設けなかった。測定は、持続血糖モニター機器(Free Style リブレ:アボットジャパン株式会社)を用いて行った。Free Style リブレはリーダーとセンサーから構成されており、使い捨てアプリケーターを用いて上腕後方

にセンサーを装着し、装着 60 分後より最長 14 日間連続で、間質液のグルコース濃度を測定できる。野菜のガレット摂取前にセンサーをリーダーでスキャンして、間質液のグルコース濃度を測定し、その値が 70mg/dl 以上 110mg/dl 以内(1 回目)であれば測定可能とし、間食として水 150ml とともに摂取させた。野菜のガレットは 10 分以内に摂取することを条件とし、摂取後は測定終了まで絶飲食、静かな立ち仕事や座位にて過ごすように依頼した。摂取開始時から 30 分(2 回目)、60 分(3 回目)、90 分(4 回目)、120 分(5 回目)で間質液のグルコース濃度をスキャンして記録させた。

【結果】

被験者の身体的特徴は、年齢 21±0.5 歳、BMI19.6±1.1kg/m^2、空腹時血糖値 94.3±9.6mg/dl であった。各個人の空腹時血糖値は、すべての試験日において 126mg/dl 未満であり、糖尿病の基準に該当する者はいなかったため、被験者 8 名を解析対象とした。ガレット摂取後の血糖値は、砂糖入り野菜のガレットでは食後 30 分値でピークに達し、食後 90 分値までほとんど変化が見られず高いままであった。一方、マルチトール入り野菜のガレットは、食後 60 分値で血糖値のピークに達し、砂糖入り野菜のガレットの血糖値変化とは異なった。特に摂取後 30 分における血糖上昇値は、砂糖入り野菜のガレットと比較して、マルチトール入り野菜のガレットで有意に低かった。また、摂取後 90 分における血糖上昇値も、砂糖入り野菜のガレットと比較してマルチトール入り野菜のガレットで低値になる傾向が認められた。さらに、マルチトール入り野菜のガレットは、砂糖入り野菜のガレットよりも、血糖値上昇曲線下面積が有意に小さかった。これらの結果は、マルチトール入り野菜のガレットでは、砂糖入りと比較して小腸から吸収されるグルコースの量が少なかったことを示している。砂糖は経口摂取後、消化酵素による分解を受けてグルコースを遊離するが、マルチトールは、消化酵素による分解を受けることなく大腸へ到達し、腸内細菌によって発酵を受けて代謝される。砂糖入りの野菜ガレットでは、小腸より吸収されたグルコースが多く、血糖値の上昇が大きくなったと考えられる。一方で、マルチトール入り野菜のガレットでは、砂糖に比べてグルコースの吸収が少なくなるため、血糖値の上昇を穏やかにすることができ、血糖値の変動が小さかったと思われる。野菜のガレットで使用している糖質はマルチトールの他、小麦粉や野菜のパウダーなどにも含まれており、マルチトールの使用量は 8g である。砂糖入り野菜のガレットは 8g のマルチトールを同量の砂糖に置き換えただけであるため、観察された食後の血糖値変動には、マルチトールが関与していると考えられる。

【結論】

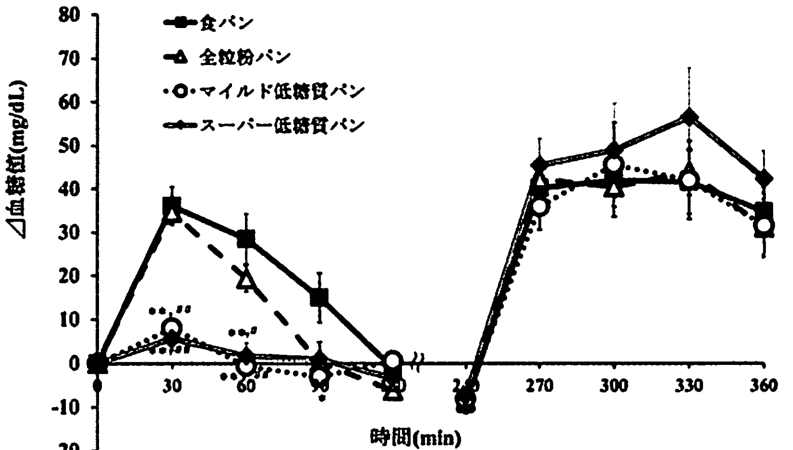
マルチトールを配合した野菜のガレットを用いて、食後の血糖値変化を測定した結果、砂糖の代替としてマルチトールを配合した場合、食後の血糖値上昇を穏やかにすることが示された。これまでに報告したマルチトールを使用した菓子類およそ 2.5 食分摂取した際の、食後血糖値上昇の抑制効果と同様の結果であり、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用は、1 食分の菓子でも確認された。食後の高血糖を改善することは、糖尿病や肥満などの生活習慣病の発症を減少させると報告されているため、マルチトールを配合した菓子は、生活習慣病の一次予防に役立つ可能性があると思われる。

(18-2)

低糖質パンの摂取がセカンドミール摂取後の血糖値に及ぼす影響

金澤 ひかる(城西大学 薬学部薬学科 医薬品安全性学講座)
中塚 康雄(アンリエット)
中西 由季子(人間総合科学大学 人間科学部ヘルスフードサイエンス学科)
佐々木 一 (神奈川工科大学 応用バイオ科学部栄養生命科学科)
村田 勇、井上 裕、金本 郁男 (城西大学 薬学部薬学科 医薬品安全性学講座)

【目的】
我々は、低糖質パンを朝食として摂取した時に昼食後の血糖値がどのような影響を受ける(セカンドミール効果がある)のかを明らかにすること、消化速度を *invitro* で推定することを目的として本研究を行った。
【方法】
(試験 1)朝食に低糖質パンを摂取することによりセカンドミール効果があるのか明らかにするために健常な成人 11 名(男性 2 名、女性 9 名)を対象者として試験を行った。本試験の内容を説明し、同意を得た上で試験を行った。なお本試験は城西大学人を対象とする医学系研究倫理審査委員会の承認を得たものである。試験食として食パン(糖質 38.6g) (本仕込、フジパン)、およびアンリエットで製造した全粒粉パン(糖質 36.0g)、マイルド低糖質パン(糖質 8.5g)、スーパー低糖質パン(糖質 3.4g)を朝食に用いた。摂取エネルギー量は全て 210kcal に統一した。昼食には米飯(サトウのごはんコシヒカリ、佐藤食品工業)、およびカレー(銀座カリー中辛、明治)を用いた。試験は、1)9 時に食パンを摂取し 13 時にカレーライスを摂取、2)9 時に全粒粉パンを摂取し 13 時にカレーライスを摂取、3)9 時にマイルド低糖質パンを摂取し 13 時にカレーライスを摂取、4)9 時にスーパ低糖質パンを摂取し 13 時にカレーライスを摂取の 4 通りを行った。摂取する水は朝食、昼食ともに 200ml までとした。採血は、朝食摂取直前(0 分),朝食摂取後 30,60,90,120 分、昼食摂取直前(0 分),30,60,90,120 分に行い、血糖値を測定した。
(試験 2)食パン、全粒粉パン、マイルド低糖質パン、スーパー低糖質パンの Glucose Releasing Rate(GR)測定を行った。
【結果】
ファーストミールではスーパー低糖質パン、マイルド低糖質パンは食パンに比べて血糖上昇抑制効果が見られたがセカンドミール効果は認められなかった。化学的消化速度を測定した結果、特にスーパー低糖質パンにおいてはセカンドミールでの血糖が上昇した(図 1)。スーパー低糖質パンは GR 値が最も大きな値となった(表 1)。



Date are shown as mean ± SEM (respectively n=11)

図1　朝食および昼食摂取後の△ 血糖値の推移

*: p <0.05 vs. plane bread, **: p <0.01 vs. plane bread, # : p <0.05 vs. whole grain bread
: p <0.01 vs. whole grain bread

表1　各種パンの化学的消化速度(GR)

試料	グルコース濃度 (mg/mL) 20分	グルコース濃度 (mg/mL) 16時間	GR値
食パン	0.31 ± 0.018	0.40 ± 0.012	77.69 ± 6.02
全粒粉パン	0.21 ± 0.031	0.36 ± 0.012	59.98 ± 9.60**
マイルド低糖質パン	0.03 ± 0.001	0.05 ± 0.001	52.09 ± 5.66**
スーパー低糖質パン	0.06 ± 0.003	0.08 ± 0.001	84.48 ± 3.11##♭♭

Values are shown as mean ± SEM (respectively n=6)
**: p <0.01 vs. plane bread, ##: p <0.01 vs. whole grain bread ♭♭: p <0.01 vs. mild low-carbohydrate bread

【考察】

マイルド低糖質パン、スーパー低糖質パンにおいてセカンドミール効果が認められなかったのは、朝食に摂取する糖質量が低いことにより食事誘発性熱産生が起こらないことが要因の一つと考えられる。また、先行研究の結果ではファーストミールのスーパー低糖質パン、マイルド低糖質パンでは FFA 濃度の変動幅が小さかったが 180 分値の FFA 濃度は食パン、全粒粉パンに比べても高くなっており、特にスーパー低糖質パンにおいては朝食摂取直前の遊離脂肪酸値よりも高い値となっていた。これよりセカンドミールでは FFA 濃度が食パン以上に上昇したことによりセカンドミール効果が得られないばかりか他の群と比較してスーパー低糖質パンの血糖値が高くなったのではないかと考えられる。スーパー低糖質パンは GR 値も最高値になったことから消化速度が早いパンである事が判明した。

以上より、ファーストミールで糖質量が著しく低い食事を摂るとセカンドミールでは血糖値が上昇しやすくなることが判明した。また、マイルド低糖質パンはセカンドミール効果は得られなかったがファーストミールでは食パン、全粒粉パンと比べて血糖値の上昇が抑えられ、GR 値は最小値となり腹持ちが良いことからその有用性が示唆された。

(18-3)

入院患者の雑穀米摂取が血糖値に及ぼす影響

冨永 晴郎(公益財団法人佐々木研究所附属杏雲堂病院)
惠口 佑果、浅見 裕貴、大谷 道輝、菱木 三佳乃(公益財団法人佐々木研究所附属杏雲堂病院)

【目的】杏雲堂病院(以下当院と略す)は明治 15 年(1882 年)に設立された長い歴史を持つ病院である。病床 198 床で一般病棟、緩和ケア病棟、地域包括ケア病棟を有すケアミックス型病院であり、「医学の進歩に寄与し、医業をもって社会に貢献する」という理念のもとに、地域に根差した医療を提供している。当院の栄養管理科は外部委託ではなく、全て職員により献立から調理まで一貫して院内で行われている。そのため、入院患者食は手作りにこだわり、患者のニーズに応じた多彩なメニューおよび　　食形態を提供し、多くの患者から評価されている。当院の入院患者食の特徴の 1 つとして、従来から栄養面を考慮して主食のひとつとして、五穀飯(きび、あわ、ひえ、ごま、こめ)を提供している。五穀飯は患者の希望により、白飯への変更も可能となっている。

そこで今回、五穀飯が血糖コントロールに寄与しているのかを評価するため、血糖値を 1 日 4 回測定している当院の糖尿病入院患者 1 名を抽出し、五穀飯摂取後の血糖値を観察した。

【方法】対象:当院内科入院の 60 代男性、15 年来の 2 型糖尿病で 3 年前よりインスリン治療を開始している患者を選択した。2019 年 3 月に HbA1c8%台に上昇し、本人の希望により血糖コントロールおよび合併症精査の目的で入院となった。身長 172 ㎝、体重 84.5kg(標準体重 65.1kg)、BMI28.6kg/m^{2}である。入院期間は 13 日間であり、その間に血糖コントロールは改善し、ビグアナイド薬、SGLT-2 阻害薬の追加によりインスリン投与量が減量となった。

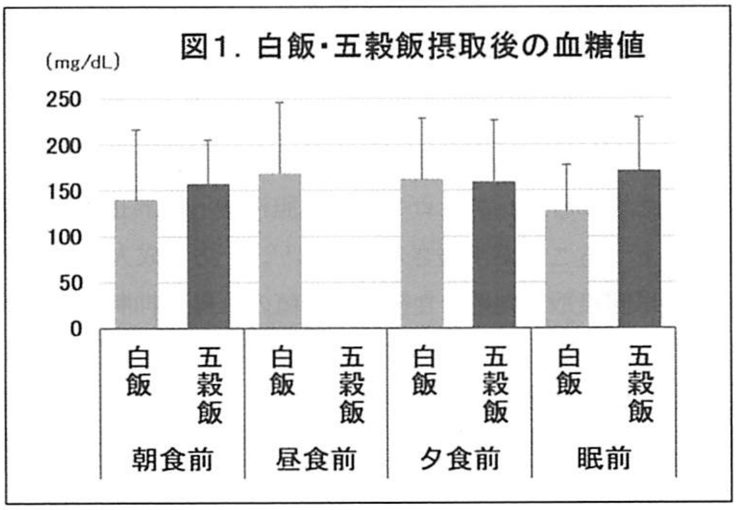
入院中は糖尿病用のエネルギーコントロール食(1 日 1800kcal、糖質 260g(糖質エネルギー比 58%)、塩分 6g 未満)を提供した。五穀飯および白飯の食材と栄養成分を表 1 に示す。測定項目は毎食前の血糖値と五穀飯の摂取状況とし、測定した血糖値と五穀飯あるいは白飯摂取との関連を調査した。調査期間は 13 日間の入院期間とした。

【結果】入院期間 13 日の 32 食中 12 食で五穀飯、20 食で白飯を喫食した。図 1 に示すように白飯と五穀飯摂取後の次の食前に測定した血糖値に有意な差は認められなかった。

【考察】血糖値に有意な差が認められなかった原因として、主食以外の食材の影響およびインスリン治療や経口薬の影響が考えられた。また、精白された雑穀の使用やコスト・食味等を考慮した雑穀の使用量も影響していることが考えられる。ただ次の食前ではなく食後の血糖値の推移を比較すれば差が認められた可能性がある。今後は、日本 GI 研究会のプロトコルに沿って五穀飯の GI 評価を行い、入院患者の血糖コントロールに寄与できる分量などを検討する予定である。

表1．白飯と五穀飯の栄養成分

		白飯 200g	五穀飯 200g
使用食材	精白米 (g)	83.0	79.0
	きび精白粒 (g)	—	1.1
	あわ精白粒 (g)	—	1.1
	ひえ精白粒 (g)	—	1.1
	いりごま白 (g)	—	1.1
栄養成分	エネルギー (kcal)	295	315
	蛋白質 (g)	5.1	5.6
	脂質 (g)	0.7	1.3
	炭水化物 (g)	64.0	66.9
	食物繊維 (g)	0.4	0.6



(18-4)

アルギン酸含有麺（うどん）の食後血糖値上昇抑制作用とそのメカニズムの検討

小池 麻里子（シマダヤ株式会社 研究開発部）
関 稜浩、白神 和代（シマダヤ株式会社 研究開発部）
井戸田 陽子（高崎健康福祉大学 薬学部）
荻原 琢男（高崎健康福祉大学大学院 薬学研究科薬学専攻）

[目的]糖尿病患者は、心筋梗塞、脳梗塞などに加えて、網膜症、腎症および神経障害などの重篤な合併症を発症する可能性があるが、初期の主観的症状は軽微であるため、悪化した後に初めてその疾患に気づくことも多い。そのため、糖尿病は予防対策が極めて重要であり、食後の血糖値上昇（グルコーススパイク）を抑制する多くの機能性食品が市販されている。褐色海藻由来の多糖類であるアルギン酸ナトリウム(Na-Alg)は、食品添加物や医薬品の添加物として、また血中コレステロールを低下させる健康食品としても利用されている。さらに、胃粘膜を保護する効果を有することから医薬品としても使われている。しかし、ナトリウム塩の過剰摂取は、高血圧を引き起こす危険因子のひとつである。したがって、アルギン酸のカルシウム塩(Ca-Alg)が Na-Alg と同等あるいはそれ以上の薬理効果を有するならば、高血圧予防の観点から Na-Alg よりも安全性の高い食品や医薬品添加物になりえるものと考えられる。これまでにラットにおいて、Ca-Alg が血中コレステロールを低下させる効果を有することが報告されており、そのメカニズムとして、Ca-Alg が消化管において胆汁酸を吸着してその再吸収を抑制することにより、肝臓におけるコレステロールから胆汁酸への異化が促進され、結果的に血中のコレステロールが低下することが示唆されている[1)]。一方、成人男性を対象として、Ca-Alg と共にカレーライスを単回摂取した際、食後の血糖値の上昇が抑制される傾向がみられたという報告もある[2)]。そこで本研究では、日本人の主食の一つであるうどんに Ca-Alg を含有させ、健常成人に摂食してもらい、食後の血糖値を測定することで Ca-Alg の血糖値上昇の抑制効果および摂食したデンプン量に対する Ca-Alg の最適添加量を検討した。さらに、そのメカニズムについて検討した。[3,4)]

[方法]本研究は、介入、侵襲を伴う前向き研究として、ランダム化二重盲検 3 群 3 期クロスオーバー法、単回摂食試験とした。被験者は、健康な 20 歳以上の男女ボランティア 15 名とした。各被験者に、前日規定の夕食を 21 時までに摂食してもらい、試験当日の朝食は摂らずに高崎健康福祉大学附属クリニックに来院してもらった。BMI が均等になるように被験者を予め 3 群に分け、3 種のいずれかの試験麺（コントロール麺、Ca-Alg 5%含有麺、Ca-Alg 8%含有麺）をかけうどんの状態で提供し、5 分間で摂食してもらった。各種の血液検査のために、摂食前、摂食後 30 分および 120 分に上腕静脈からの採血を行った。また、摂食前、摂食後 15、30、45、60、 90 および 120 分（合計 7 ポイント）において指先穿刺による採血を行い、簡易血糖測定器（フリースタイルリブレリーダー、FS プレシジョン血糖測定電極）を用いて血糖値を測定した。試験は 7 日から 14 日の間隔を設け、3 回、同一施設内で同時刻に行った。なお、うどん摂食後、被験者に、麺の「こし」、「太さ」および「好ましさ」を 5 段階で評価してもらう試

食アンケートを実施した。

一方、Ca-Alg とマルトースを含む溶液に α-グルコシダーゼを添加し、37℃で 30 分間インキュベートした後、100℃で 3 分間加熱して反応を停止させ、グルコース測定キットを用いて生成したグルコース濃度を測定することにより、Ca-Alg の α-グルコシダーゼに対する阻害作用を検討した。

[結果]Ca-Alg を含まないコントロール麺を摂食したときの血糖値は、摂食後 41 分に最高値を示し、その ΔC_{max} は 50 mg/dL で、ΔAUC は 3365 mg・min/dL であった。Ca-Alg 5%および 8%含有麺を摂食したときの ΔC_{max} は、コントロール麺摂食時と比較し有意な低下が認められ、その ΔC_{max} は Ca-Alg 5%含有麺で 45 mg/dL（変動率−11%）、Ca-Alg 8%含有麺で 43 mg/dL（変動率−15%）であった。さらに Ca-Alg 5%および 8%含有麺を摂食したときにおける摂食後 120 分までの ΔAUC はコントロール麺摂食時と比較し有意な低下が認められ、Ca-Alg 5%含有麺で 2847 mg・min/dL（変動率−15%）、Ca-Alg8%含有麺で 2650 mg・min/dL（変動率−21%）であった。なお、Ca-Alg 5%および 8 %含有麺を摂食したときの最高血糖値到達時間 T_{max} は、コントロール麺摂食時と比較し有意な差は認められなかった。また、摂食後の試食アンケートでは、 3 種の麺の評価に有意差は認められなかった。

α-グルコシダーゼ活性は、系内に存在する Ca-Alg の濃度に依存して阻害された。

[結論]Ca-Alg 含有麺を摂食したときは、コントロール麺を摂食したときと比較し、Ca-Alg の添加量に依存して ΔC_{max} の有意な低下が認められたことから、Ca-Alg は、血糖値の上昇抑制効果を有するものと考えられた。また、摂食後 120 分までの ΔAUC も Ca-Alg 添加量に依存して有意な低下が認められたことから、Ca-Alg は、糖の総吸収量を低下させる効果も有することが示唆された。また、このメカニズムのひとつは、Ca-Alg の α-グルコシダーゼ活性に対する阻害作用であることが示唆された。一方、Ca-Alg 含有麺摂食後 120 分で、コントロール麺と比較し、有意に血中 Ca 濃度が上昇したことから、麺中の Ca-Alg は、体内で Ca を遊離し、その Ca は体内に取り込まれることが示唆され、Ca-Alg を含む食材を食習慣に取り入れることは、骨粗しょう症の予防にも有用である可能性が示唆された。

アルギン酸は様々な薬理効果を有するが、そのいくつかは Na 塩よりも Ca 塩のほうが優れていることが示されている。Ca-Alg を含む食材を食習慣に取り入れることは、潜在的な高血圧の予防にもつながる可能性があり、今後のさらなる検討が期待される。

1) Idota Y, Kogure Y, Kato T, Ogawa M, Kobayashi S, Kakinuma C, Yano K, Arakawa H, Miyajima C, Kasahara F and Ogihara T, *Biol. Pharm. Bull.*, 39, 62–67 (2016).
2) Sawabe A, Fukuda Y, Ueno M, Kawachi Y, Takeda R, Komemushi S., *Dietary research,* 33, 41-46 (2013).
3) Idota Y, Kato T, Shiragami K, Koike M, Yokoyama A, Takahashi H, Yano K, Ogihara T, *Biol. Pharm. Bull.*, 41, 1362-1366 (2018).
4) Kato T, Idota Y, Shiragami K, Koike M, Nishibori F, Tomokane M, Seki T, Itabashi K, Hakoda K, Takahashi H, Yano K, Kobayashi K, Obara N, Ogihara T, *Biol. Pharm. Bull.,* 41, 1367-1371 (2018).

(18-5)

チョコレートのGI値について

澤崎 理子(株式会社 明治 研究本部 乳酸菌研究所 健康科学研究部 機能評価2G)
夏目 みどり(株式会社 明治 研究本部 乳酸菌研究所 健康科学研究部 機能評価2G)

[目的]

市販のチョコレート[ミルクチョコレート、高カカオチョコレート A(カカオ分 72%のチョコレート)、高カカオチョコレートB(カカオ分 86%のチョコレート)]の GI 値を測定することを目的とした。

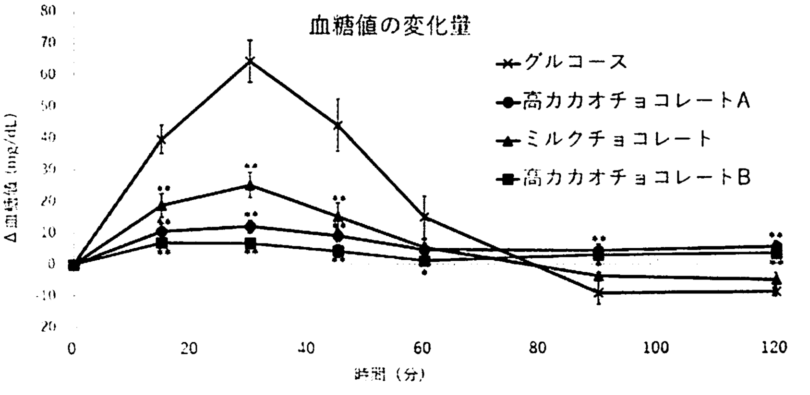
[方法]

本研究はシドニー大学の倫理委員会(Human Research Ethics Committee)の承認を受けて実施した。健康な成人男女 10 名(男性:4 名、女性:6 名、年齢:29.1±8.1 歳、BMI:22.0±2.4 kg/m^2)を対象とし、GI 測定の国際標準法(ISO26642:2010)に従い、シドニー大学にて実施した。基準食品および試験食品の摂取量は糖質 25 g を含有するように設定した(基準食品:グルコース 25 g を含む水、試験食品:ミルクチョコレート 47.9 g、高カカオチョコレートA 71.4 g、高カカオチョコレートB 103.3 g)。基準食品を用いた試験は 3 回、各チョコレートを用いた試験は 1 回実施し、各被験者は計 6 回の試験を実施した。

被験者は一晩絶食後、-5 分と 0 分に指先穿刺により、絶食時の血液サンプルを 2 回採取した。その後、基準食品または試験食品を 250 mL の水とともに 12 分以内に摂取した。摂取開始から経時的に 15、30、45、60、90、120 分後に採血を行い、計 8 回分の血液サンプルを採取した。遠心分離により血漿を得て、ヘキソキナーゼ法により血糖値の測定を行った。血糖値の変化量から IAUC を算出し、各試験食品の GI 値を算出した。統計解析は各ポイントでの血糖値の変化量に対して、Dunnett 法による多重比較を行った。

［結果］

基準食品および各試験食品の摂取による血糖値の変化量を図 1 に示した。各試験食品の GI 値は、ミルクチョコレート:39±3、高カカオチョコレート A:29±4、高カカオチョコレート B:18±2 といずれも低 GI 食品であった。



Mean±SE **P<0.001, *P<0.05 vs.グルコース

図1 血糖値の変化量

［結論］

ミルクチョコレート、高カカオチョコレート A、高カカオチョコレート B はいずれも低 GI 食品であり、血糖値の急激な上昇は起こらず、間食に適していると考えらえた。チョコレートが低 GI 食品であった要因として、チョコレートに含まれる食物繊維や脂質が胃からの排出や小腸での吸収を遅延させていること、また、脂質・タンパク質・カカオポリフェノールがインクレチン等の分泌に関与している可能性が考えられた。

（18－6）

低GI食品の作用機序と活かし方

第18回日本Glycemic Index研究会　教育講演

2019.07.07　城西大学薬学部　金本郁男

本日のお話

1. 食後血糖をコントロールするには
2. 糖尿病治療薬の作用機序と用法
3. 低GI食品の作用機序
4. 野菜サラダの効果的な食べ方　量と質
5. 血糖値に影響を及ぼす薬
6. 飲料の活かし方
7. 野菜ジュースと野菜サラダの違い

高血糖を改善するには・・・

1に運動
2に食事　量と質
3，4が無くて
5に薬

糖質の摂取割合が50～55％の場合に最も死亡リスクが低い

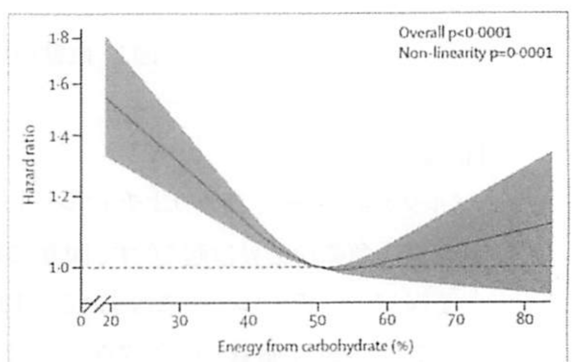


Figure 1: U-shaped association between percentage of energy from carbohydrate and all-cause mortality in the ARIC cohort

Lancet Public Health. 2018 Sep;3(9):e419-e428. doi: 10.1016/S2468-2667(18)30135-X. Epub 2018 Aug 17.

食品のGI値と糖質含有量

	食品	GI値	糖質含有量(g)（100g中）
高GI食	精白米	73	36.8
	食パン	71	44.4
	ジャガイモ	78	16.3
	カボチャ	75	8.1
低GI食	大豆	18	11.1
	トマト	30	3.7
	キャベツ	10	3.4
	リンゴ	38	13.1
	イチゴ	40	7.1
	牛乳	27	5.2

GR(Glucose Releasing Rate)により消化速度を推測

GR測定は食品の消化速度を表し、食品それぞれの固有な値である。
体内での消化（物理的消化、酵素的消化）の双方を再現した*in vitro*試験

グルコース濃度測定（G_{t_1}/G_{t_2}）

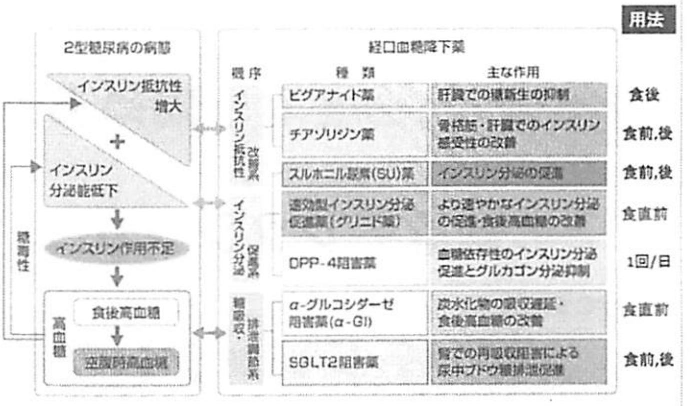
$$\text{GR値} = \frac{\text{試験液(20分)のグルコース濃度}}{\text{試験液(16時間)のグルコース濃度}} \times 100$$

生活・環境因子と2型糖尿病との関連

エビデンスレベル	予防的	促進的
確実	肥満者の自発的体重減少、運動	過体重、肥満、腹部肥満、運動不足、妊娠糖尿病
高い可能性	非でんぷん性多糖類（食物繊維）	飽和脂肪酸、子宮内発育遅滞
可能性あり	低グライセミック・インデックス食品、完全な母乳栄養	総脂質、トランス型脂肪酸
不十分	ビタミンE、クロム、マグネシウム、軽度の飲酒	過度の飲酒

佐々木 敏. 「わかりやすいEBNと栄養疫学」より

糖尿病治療薬と作用機序



糖尿病治療ガイド2018-2019

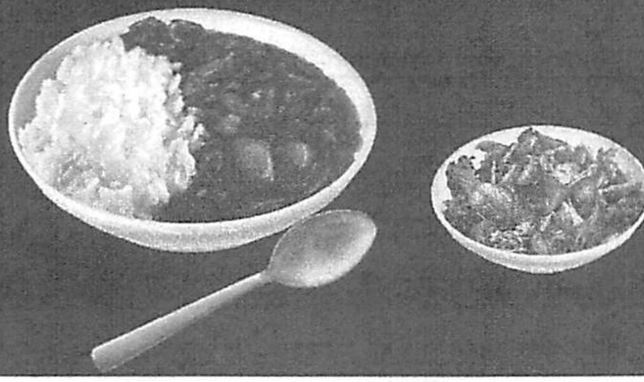
低ＧＩ食品の作用機序

機　序	食品・因子
胃排出速度の遅延	脂肪、食物繊維、有機酸
腸管における消化吸収の遅延	食物繊維、加工・調理（低精製度） 多糖類の構造（アミロース，レジスタント・スターチ） 消化酵素阻害物質
インスリン分泌の刺激	糖、脂肪、蛋白質

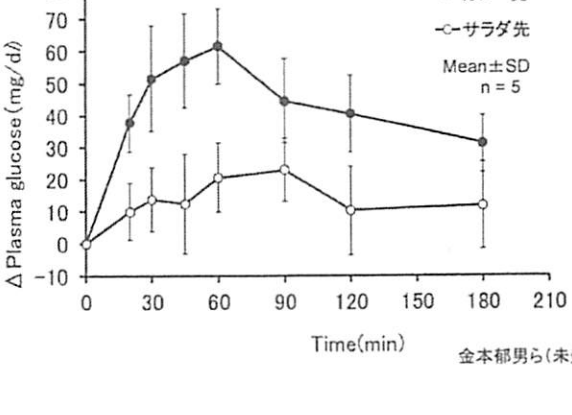
低ＧＩ食をより有効に活かすために必要な情報

医薬品	低GI食
適応症	・誰が（耐糖能異常の有無）
薬効	・どのような低GI食を（作用機序）
用法	・どのタイミングで（摂取する順序）
用量	・どれくらいの量を（摂取量）
剤形	・どのようにして（形態）

カレーが先かサラダが先か



食べる順番を工夫すると食後血糖値に大きな差



金本郁男ら（未発表データ）

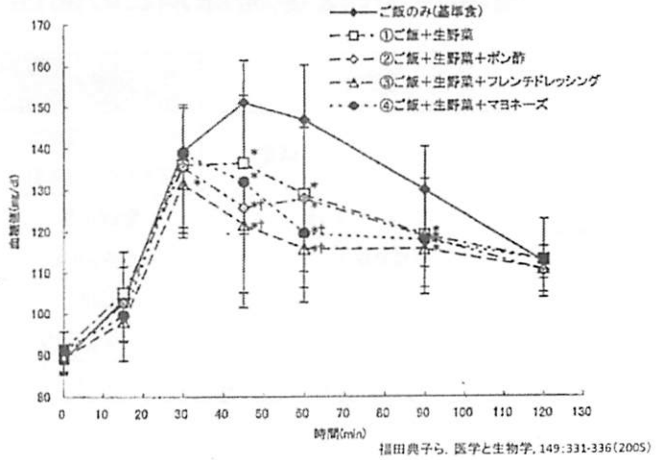
野菜は60g程度でも効果あり

その鍵はドレッシング！

おすすめは・・・

フレンチドレッシング
（オリーブオイル＋食酢＋塩）

ドレッシングによる血糖上昇抑制効果

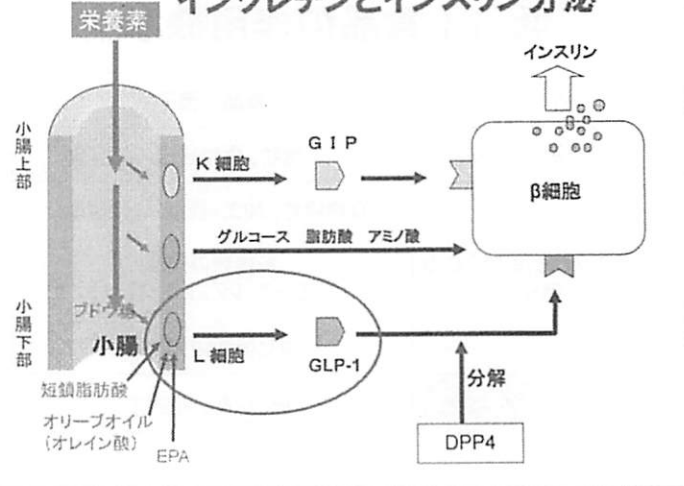


福田典子ら. 医学と生物学, 149:331-336(2005)

野菜サラダ+ツナの主な作用機序

機　序	食品・因子
胃排出速度の遅延	脂肪、食物繊維、酢
腸管における消化吸収の遅延	食物繊維、加工・調理（低精製度） 多糖類の構造 （アミロース、レジスタント・スターチ） 消化酵素阻害物質
インスリン分泌の刺激	糖、脂肪、蛋白質

インクレチンとインスリン分泌



血糖値に影響を及ぼす薬剤の分類

機　序	血糖上昇	血糖低下
胃内排出速度に影響	甲状腺ホルモン 胃運動促進剤	
食物の消化吸収に影響	膵消化酵素製剤	α-グルコシダーゼ阻害薬
インスリン分泌に影響	サイアザイド系利尿剤 βブロッカー フェニトイン 免疫抑制剤	SU剤、抗不整脈薬 アスピリン、ACE阻害薬 プロベネシド、ワーファリン ST合剤、MAO阻害薬 GLP-1受容体作動薬 DPP-4阻害薬 フルオロキノロン系抗菌剤
インスリン作用に影響	ステロイド 経口避妊薬 HIVプロテアーゼ阻害剤	アスピリン サリチル酸剤 フィブラート系薬剤
肝臓での糖代謝に影響	グルカゴン カテコーラミン	テトラサイクリン ミコナゾール
腎でのブドウ糖再吸収阻害		SGLT2阻害薬

試験食

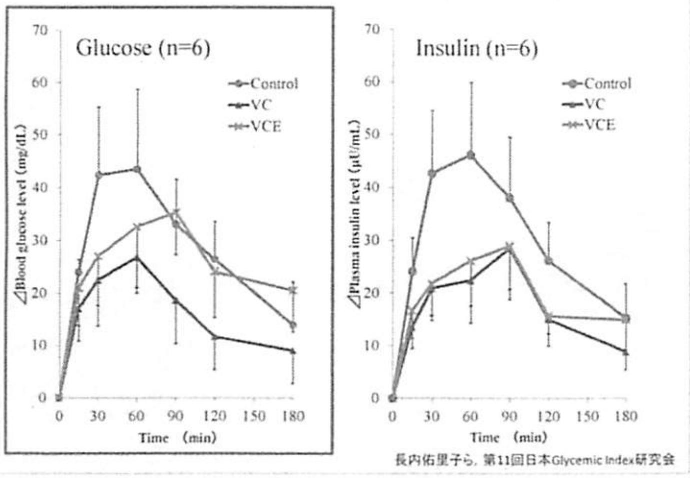
低GI食品

Control：カレーライス(C)　キャベツ60g＋酢10g＋オリーブ油10g
VC：野菜サラダ(V)+カレーライス(C)
VCE：野菜サラダ(V)+カレーライス(C)+エクセラーゼ配合錠 1錠(E)

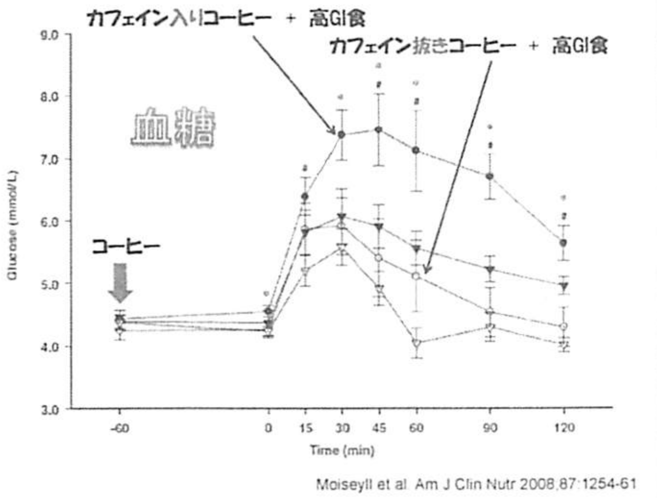
Nutrient component and amount of the test foods

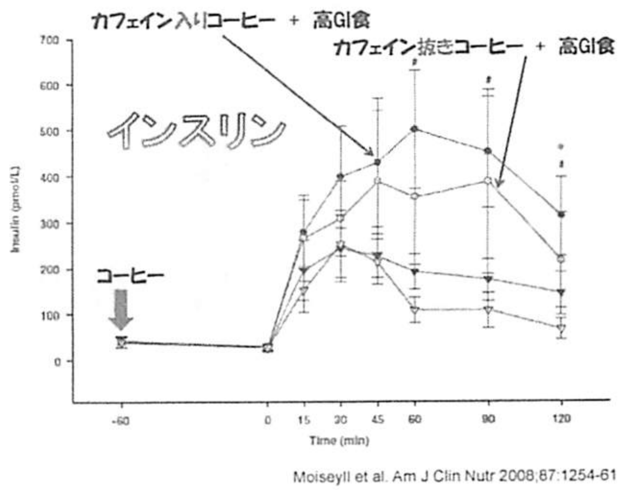
	Control	VC and VCE
Energy (kcal)	563.9	654.1
Carbohydrate (g)	86.9	86.9
Fat (g)	17.8	27.9
Protein (g)	12.5	13.0
Dietary fiber (g)	—	1.1

消化酵素製剤は低GI食の効果を減じる



コーヒーは糖尿病を予防すると言われているが、摂取タイミングによっては、食後血糖値を上昇させる





ドリンク剤を飲んでから食事をした場合の血糖値は、どうなると思いますか？

考えるヒント・・・

カフェインの事前摂取は食後血糖値を上昇させる

体にとって良いドリンク剤の序列はどれでしょうか？

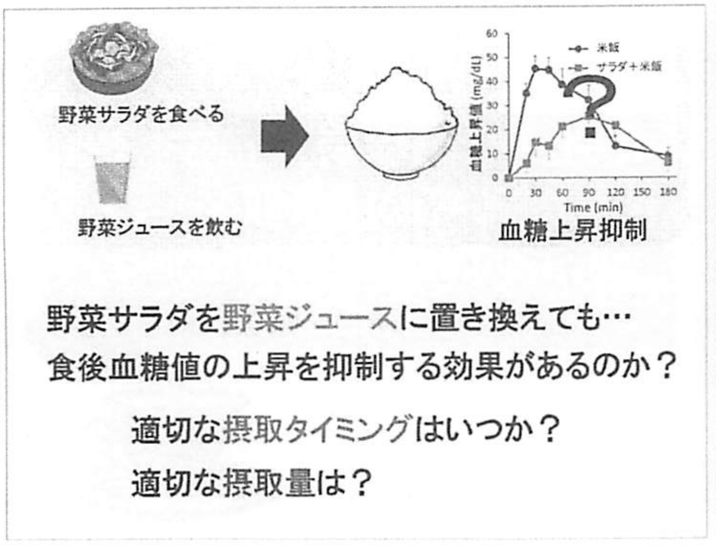
良い → 悪い

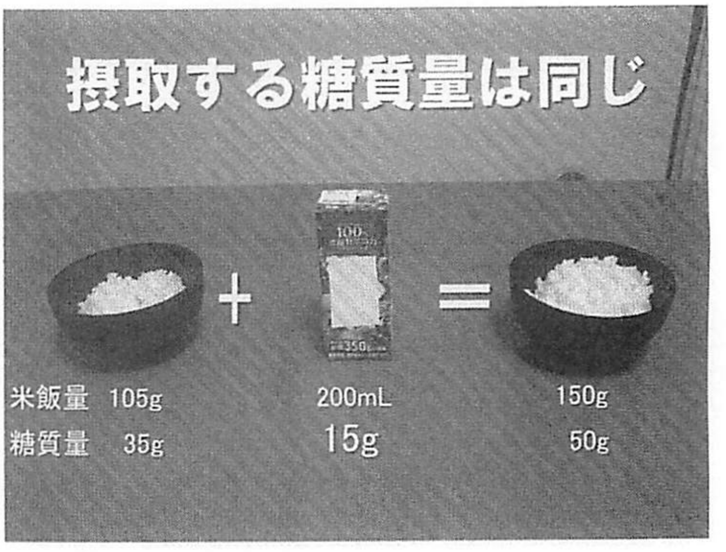
1 ドリンクA ＞ ドリンクB ＞ ドリンクC

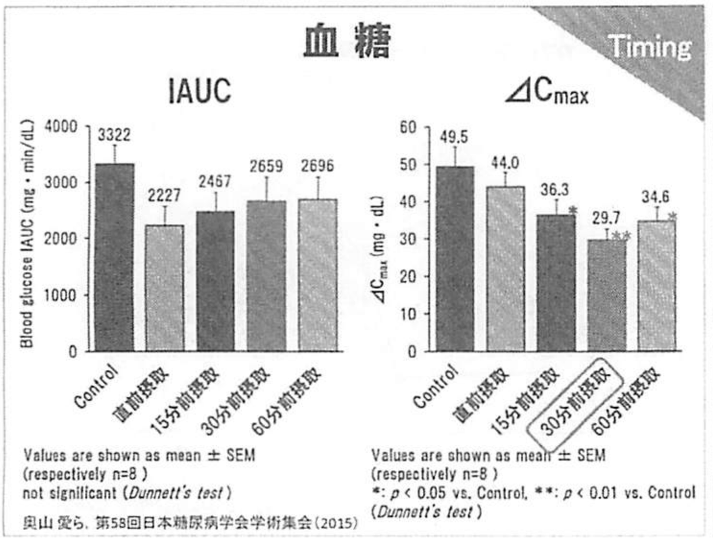
2 ドリンクB ＞ ドリンクC ＞ ドリンクA

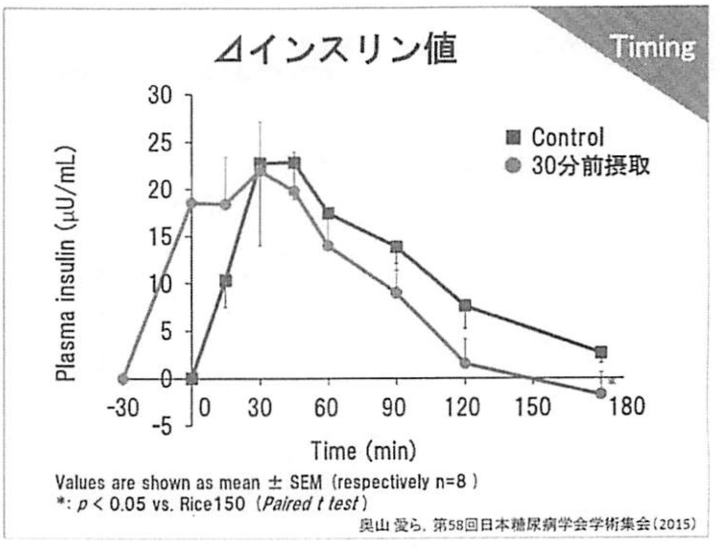
3 ドリンクC ＞ ドリンクA ＞ ドリンクB

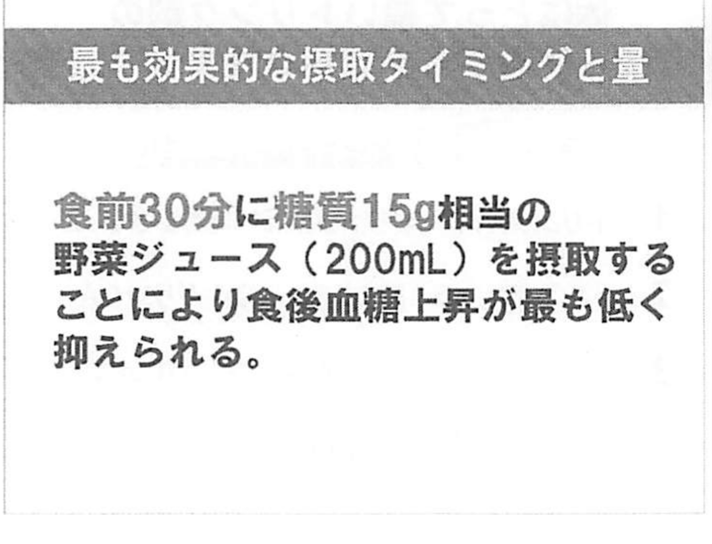
ドリンクA：カフェイン+ ショ糖
ドリンクB：カフェイン+ 甘味料
ドリンクC：（Nonカフェ）ショ糖

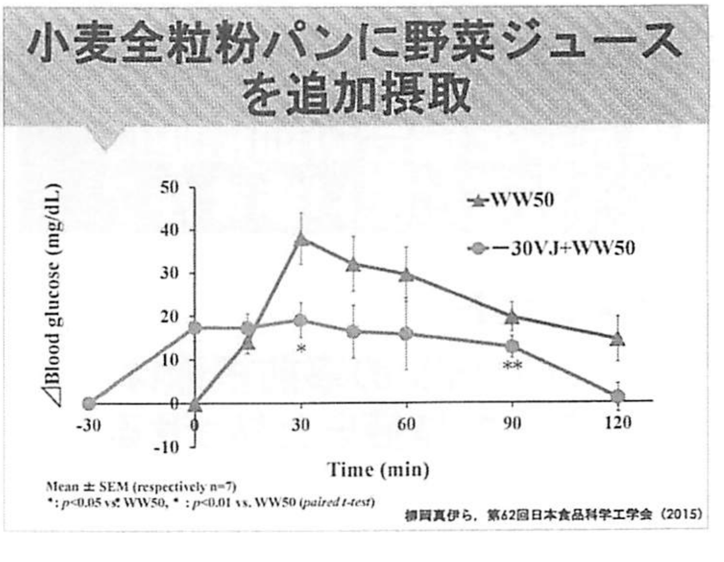

野菜サラダを食べる
野菜ジュースを飲む
米飯
サラダ＋米飯
Time (min)
血糖上昇抑制
野菜サラダを野菜ジュースに置き換えても…
食後血糖値の上昇を抑制する効果があるのか？
適切な摂取タイミングはいつか？
適切な摂取量は？


摂取する糖質量は同じ
米飯量 105g
糖質量 35g
200mL
15g
150g
50g


血 糖
Timing
IAUC
⊿Cmax
Blood glucose IAUC (mg・min/dL)
3322
2227
2467
2659
2696
49.5
44.0
36.3
29.7
34.6
Control
直前摂取
15分前摂取
30分前摂取
60分前摂取
Values are shown as mean ± SEM
(respectively n=8)
not significant (Dunnett's test)
Values are shown as mean ± SEM
(respectively n=8)
*: p < 0.05 vs. Control, **: p < 0.01 vs. Control
(Dunnett's test)
奥山 愛ら, 第58回日本糖尿病学会学術集会(2015)


⊿インスリン値
Timing
Control
30分前摂取
Plasma insulin (μU/mL)
Time (min)
Values are shown as mean ± SEM (respectively n=8)
*: p < 0.05 vs. Rice150 (Paired t test)
奥山 愛ら, 第58回日本糖尿病学会学術集会(2015)


最も効果的な摂取タイミングと量
食前30分に糖質15g相当の
野菜ジュース（200mL）を摂取する
ことにより食後血糖上昇が最も低く
抑えられる。


小麦全粒粉パンに野菜ジュース
を追加摂取
WW50
−30VJ+WW50
⊿Blood glucose (mg/dL)
Time (min)
Mean ± SEM (respectively n=7)
柳岡真伊ら, 第62回日本食品科学工学会 (2015)

血糖調節ホルモンへの影響

◇対象：健常な成人男性3名
年齢（歳）：22.7 ± 0.9
BMI (kg/m^2)：20.9 ± 1.7

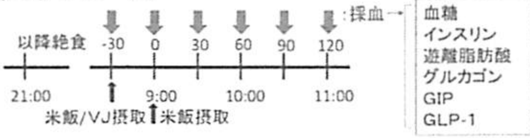
◇試験群

Rice群 ▶ 米飯44g + 水 200mL

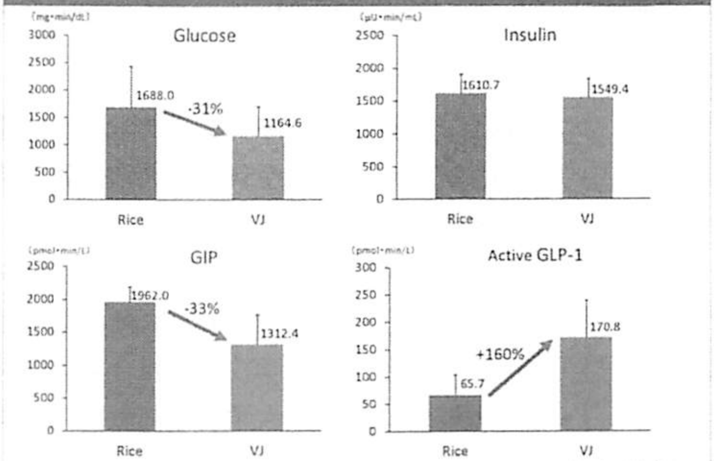
VJ群 ▶ 野菜ジュース200mL

30分 ▶ 米飯106g摂取

◇試験スケジュール



Incremental Area Under the Curve (n=3)



金本郁男ら、第59回日本糖尿病学会学術集会（2016）

野菜ジュースの作用機序は・・・

- 野菜ジュースに含まれる糖類の食前摂取によりインスリン分泌が促進され、米飯摂取後0～60分まで高レベルで推移した。このことが、米飯摂取後の血糖上昇抑制に大きく関与する。
- 糖質の吸収過程にも野菜ジュースが抑制的に作用したと推察された。

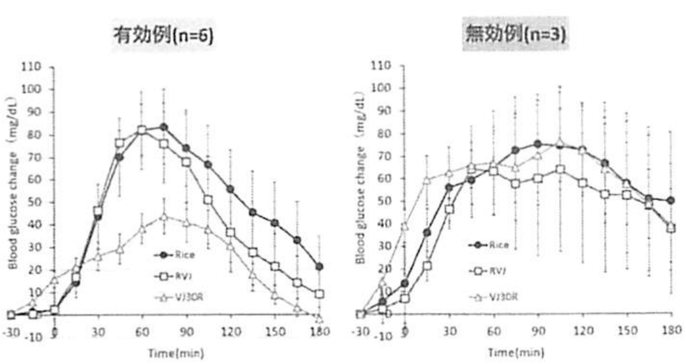
GR(食パン)＝86.1
GR(食パン+VJ)＝67.1

- 野菜ジュースの摂取によりGLP-1の分泌が促進されることが明らかとなった。このことは、高血糖状態を速やかに改善するための要因になる。

野菜ジュースの作用機序

機　序	食品・因子
胃排出速度の遅延	脂肪、食物繊維、酢
腸管における消化吸収の遅延	食物繊維、加工・調理（低精製度） 多糖類の構造 （アミロース、レジスタント・スターチ） 消化酵素阻害物質
インスリン分泌の刺激	糖、脂肪、蛋白質

糖尿病患者における有効性の検討



金本郁男ら、第62回日本糖尿病学会学術集会（2019）

Glycemic Index研究の今後

- 低GI食の作用機序を解明
- 作用機序を生かす摂取タイミング
- 最適な摂取量の検討
- 耐糖能異常のある人での効果検証
- 糖尿病患者への食事指導に活かす
- 治療薬との併用効果を検証

金本郁男（かなもと　いくお）

【学歴・職歴】

1980年3月　富山医科薬科大学薬学部修士課程修了
1980年4月　富山医科薬科大学付属病院薬剤部　薬剤師
1988年9月　同　薬剤師主任
1992年4月　公立学校共済組合北陸中央病院　薬剤部長
1992年9月　　薬学博士号取得（富山医科薬科大学薬学部）
2005年4月　公立学校共済組合北陸中央病院　医療技術部長
2008年10月　城西大学薬学部教授（医薬品安全性学講座）（～現在）
2016年10月　　城西大学地域連携センター所長（2018年3月まで）

【主な研究テーマ】

「緩和医療における鎮痛補助薬の直腸内投与剤形の検討」
「メタボリックシンドローム発症予防のための低 Glycemic Index 食の摂取方法」

【著書】

「マンガでわかる ゆるい低糖質ダイエット」（池田書店）
「低糖質ダイエット食べあわせルールブック」（永岡書店）
「朝食のとり方で病気にならない太らない」（文化出版）　他

（18-7）特別講演

サルコペニアの予防も見据えた糖尿病治療 -食事療法を含めた集学的な治療を目指して-

京都府立医科大学大学院医学研究科　内分泌・代謝内科学　福井道明

日本糖尿病学会が推奨する食品交換表にもとづく最適な食事療法とは、適正なエネルギー量で、栄養バランスがよく、規則正しい食事を実践し、糖尿病合併症の発症または進展の抑制をはかれる食事です。炭水化物の摂取比率は 50-60%が適切としています。食後の高血糖、血糖スパイクが血管障害、臓器障害のリスクになるということを考えると食習慣の指導も非常に重要だと思われます。よく噛んでゆっくり食べる、野菜を先に摂取する、グライセミックインデックスの低い食物を摂取することなども推奨されます。また夜遅い時刻に食べると肥満や高血糖を来すので、分割食にすることも推奨します。食事は朝型にすることが肥満抑制、血糖値の改善、筋肉を増やすなどメリットが大きいと思われます。

高齢糖尿病患者に対しては、筋肉量、特に大腿四頭筋を維持することが、転倒防止、ADLを維持するために重要と考えます。そのために十分なたんぱく質の摂取が重要です。ロイシンの多いホワイトミート（鶏肉、魚）を積極的に摂取していただくことが重要です。腎機能を悪化させないように植物性のたんぱく質や魚などを中心に摂取してもらうことも重要です。脂質としては中鎖脂肪酸を摂取し、またレジスタンス運動を行うことが筋力アップにつながります。

SGLT2 阻害薬は尿糖の排泄を増やすことにより血糖値を低下させますが、その際内臓脂肪が減少することによりインスリン抵抗性が改善し、血糖のみならず、血圧、脂質、尿酸値も改善し、心血管イベントを抑制するというエビデンスがあります。SGLT2 阻害薬にて体重、特に内臓脂肪が減少することは有益ですが筋肉量も少し減ります。ただし筋力は増やすということも一部で報告されており、サルコペニアに対する影響に関してはさらなるデータの集積が必要と思われます。

福井　道明　(ふくい　みちあき)　　昭和 39 年生まれ

平成 2 年	京都府立医科大学卒業
平成 10 年	京都府立医科大学大学院卒業
平成 10 年	綾部市立病院　内科医長
平成 12 年	大阪鉄道病院　内科医長
平成 16 年	京都府立医科大学大学院医学研究科　内分泌機能制御学　助手
平成 21 年	京都府立医科大学大学院医学研究科　内分泌・代謝内科学　講師、医局長
平成 26 年	京都府立医科大学大学院医学研究科　内分泌・代謝内科学　准教授
平成 27 年 8 月	京都府立医科大学大学院医学研究科　内分泌・代謝内科学　教授 京都府立医科大学附属病院栄養管理部部長、地域医療連携室室長(兼任) 現在に至る
(平成 22 年	米国マサチューセッツ大学医学部　客員教授(兼任))

日本内科学会	認定内科医、総合内科専門医、指導医
日本糖尿病学会	専門医、指導医、評議員
日本内分泌学会	専門医、指導医、評議員
日本病態栄養学会	専門医、評議員
日本機能性食品医用学会	理事
日本抗加齢医学会	評議員
日本 Men's Health 医学会	評議員
日本糖尿病療養指導士認定機構	理事

研究:性ホルモンの代謝に及ぼす影響について

臨床:糖尿病患者約 500 名: 糖尿病患者における男性ホルモン・家庭血圧に関する研究、
食事療法の普及(食品交換表)

2016 年	低炭水化物食と腎機能	Br J Nutr	
2016 年	低炭水化物食と体脂肪	Obes Rev	他 10 件
2017 年	遅い時刻の夕食に対する分割食の効果	DRCP	
2017 年	酸性尿と糖尿病発症、酸性尿を規定する因子	DRCP, JCBN	他 12 件
2018 年	家庭血圧が腎症進展のリスク因子になる	Hypertens Res	
2018 年	異所性脂肪が糖尿病発症の強いリスク因子になる	Int J Obesity	他 23 件

平成 16 年度(第 16 回)　京都府立医科大学関係病院等協議会　医学研究奨励賞　受賞

平成 21 年度　(第 1 回)　抗加齢研究奨励賞　受賞

Current Diabetes Review: Editorial Board　from 2004

日本 **Glycemic Index** 研究会　会則

（名称）

第１条　本会は日本 Glycemic Index 研究会（略称：日本ＧＩ研究会）と称し、英文では Japanese Association for the Study of Glycemic Index (JASGI) を用いる

（目的）

第２条　本会はわが国において入手可能な食材、食品、食事について、Glycemic Index の観点からの研究の推進をはかり、その成果を広く啓蒙することにより、わが国における国民の健康増進に寄与することを目的とする

（事業）

第３条　本会は前条の目的を達成するために次の事業を行う

（１）学術集会等の開催

（２）その他、当研究会の目的を達成するために必要な事業

（会員）

第４条　本会の会員は次の通りとする

（１）正会員　本会の目的に賛同し、研究集会に参加し、規定の参加費を納入した個人

（２）その他、本会が認めた者

（役員）

第５条　本会には次の役員をおく。

幹事　５名以上１０名以内〔うち代表幹事１名、名誉幹事（若干名）、事務局長１名含む〕

監事　２名

（役員の選出）

第６条　幹事〔うち代表幹事１名、名誉幹事(若干名)、事務局長 1 名を含む〕は、幹事会が正会員の中から推薦する

２　幹事は互選で代表幹事、事務局長を定める

３　監事は代表幹事が正会員の中から推薦する

（役員の任期）

第７条　役員の任期は２年とし、再任を妨げない

（事務局）

第８条　事務局に若干名の事務局員をおく

（会計）

第９条　本会の運営は参加費その他の収入をもって充てる

２　本会の会計および事業年度は毎年４月１日にはじまり、翌年３月３１日に終わる

（会則）

第１０条　本会則を変更するときは、幹事会の議を経て承認を得るものとする

（事務局）

第１１条　本会の事務局は当分の間、東京慈恵会医科大学附属病院栄養部に置く

（付則）

１．本会則は平成１４年７月２０日より施行する

２．本会の会費は次の通りとする

研究会における参加費をもって会費とする

改定　平成 17 年 7 月 17 日

〃　平成 24 年 4 月 1 日

〃　平成 25 年 7 月 7 日

第 18 回日本 Glycemic Index 研究会

記録集

2019 年 7 月 7 日 発行

編　者　日本 Glycemic Index 研究会
発行者　佐々木 敬

事務局　東京慈恵会医科大学附属病院　栄養部
105-8471　東京都港区西新橋 3-19-18
Tel. 03-3433-1111(内)5350　Fax. 03-5400-1389