

背景と目的

健康ブームによって食品に対する期待が先行する中、「何を」「どのくらい」「どのように」食べれば「何故」良いのか、科学的な根拠解明は立ち遅れている。健康が多因子の影響をうけることや、個々の食物成分がそれぞれ異なる遺伝子発現に影響を与えるためと考えられる。食品は恒常的、恒久的に食べ続けるものなので、もしマイナスの面があるならばそれを極力排除することが必要であり、その本質を解析することが重要である。従来報告は、動物に対して単一成分を過剰投与したものが多く、ヒトの日常の食生活へは応用し難い。我々は、伝統的な日本の食品を用い、どのような食品の組み合わせが食後高血糖に効果があるかおよびその科学的根拠を解明する必要がある。

メタボリック・シンドローム(MS)対策として 2008 年 4 月より、肥満、耐糖能異常、高脂血症、高血圧の複合リスクに焦点を当て、特定健診・特定保健指導制度が開始された。リスクの重積は長い時間経過と共に徐々に進むので、日々の食習慣を見直し、いかに早期から予防するかが鍵になる。MS 対策の一つとして、糖尿病対策が急務とされている。近年、食後高血糖は空腹時血糖値よりも大血管症への危険率が高いことが、多くの疫学研究より明らかになり、世界的にも食後血糖管理が注目され、2007 年に国際糖尿病連合 (IDF) と欧州糖尿病学会 (EASD) は合同で、「食後高血糖は有害であり対処すべき」という勧告がされている。

Jenkins らによって提唱されたグリセミックインデックス (GI) の概念でみると、米飯は白パンやパスタに比べて GI 値が高いことが知られている。しかし、日本ではこの概念による食事療法が普及していない。その理由として、日本食の主食である米飯をパスタに置き換えることが困難であること、多くの食品を組み合わせる日本食は食品ごとに評価する GI の概念は適用しにくいことが考えられる。GI を実際の食生活に適応させるには、食事全体を評価する必要がある。そこで、(1) 主食 (米飯 200g) に組み合わせる副菜の探索、(2) 主食である米飯を低 GI 化させる工夫について、効果のある食材を探索するための予備試験、さらに、血糖が抑制された食品の組み合わせについて本試験を行い、負荷後の血糖やインスリンの変動を評価する。

ヒト試験方法の確立

主食 (米飯 200g) に組み合わせる副菜の探索

自己血糖測定器にて、経時的 (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 360 分後) に血糖値を測定し、食後高血糖を抑制する副菜を探索する。これまでに予備試験で粘性食は効果があることを探索してきた。

・主食と粘性のある単品の副菜

包装米飯 200g + ①納豆 vs 大豆 ②長芋 vs じゃがいも ③オクラ vs ブロッコリー

・主食と粘性のある組み合わせの副菜

包装米飯 200g+④納豆、長芋、オクラ vs 大豆、じゃがいも、ブロッコリー

我々は、健常者及び耐糖能異常者を対象とし血糖値やインスリンを測定し、日本食による食後高血糖抑制効果を報告した(Taniguchi A, Yamanaka-Okumura H et al. Asia Pac J Clin Nutr 2008;17:663-668 (図 1,2))。食後高血糖を評価する方法が Asia Pac J Clin Nutr に認められ確立されたことを確認した上で、同様の方法により、助成対象となる以下の検討を行った。

主食である米飯を低 GI 化させる工夫

麦は低 GI として知られているが、10 割麦は食感が非常に悪く、日常生活には受け入れられない。麦の配合割合(米飯(米 10 割)、2 割麦(米 8 割、麦 2 割)、3 割麦(米 7 割、麦 3 割)、5 割麦(米 5 割、麦 5 割)、麦飯(麦 10 割))を変化させ、どのくらいで血糖抑制やインスリン節約効果があるかを検討する。また、低 GI であることだけでなく、食欲や満腹など、食事としての質に対する評価をするために、グレリンや視覚的評価法(VAS)を併せて測定し、現実的に提案する割合を考察した。

被験者について、健常者は徳島大学内の栄養学科の職員及び学生とする。糖尿病、耐糖能異常者は徳島大学内の事務職員から募集を行うので、理解や協力を得易く、クロスオーバー試験でのコンプライアンスが良く、試験前は食事や運動等の生活習慣を含めて一律に整え、効果の得られにくい一般食品を用いた常用量の微細な食品負荷試験についても結果が得られるように配慮している。

徳島大学は附属病院を併設しており、医師監督の下試験を安全に行える体制が整っている。

方法

1. 麦配合割合を決定するための予備試験

健常若年女性(n=4)にて、麦の配合割合による血糖値の上昇について検討を行うため、75gOGTT、米飯、麦 2 割、麦 3 割、麦 5 割、麦飯について、経時的に採血を行い、血糖及びインスリンを測定した。その結果、麦 2 割では、健常者において血糖値及びインスリンの有意な抑制効果はみられなかったため、本試験においては、健常若年男性(n=12)にて、75gOGTT、米飯、麦 3 割、麦 5 割、麦飯で検討を行った(図 3)。

2. 麦配合割合の効果を検討するための本試験

大麦の食後高血糖抑制効果を評価するための Study1 と日常生活に利用可能な摂取量における食後高血糖抑制効果の検討をする Study2 の、2通りの比較方法にて試験を行った。全ての試験の糖質量は 75gに統一した。米飯はさとうのごはん(佐藤食品工業株式会社)を、大麦は「押麦」(株式会社はくばく)を使用した。米飯は同一ロット

のものを用い、押麦は重量の2倍の水に90分間浸水させ、炊飯、放冷し、冷凍保存したものを試験前日から解凍して試験食に用いた。調理時間を統一させるために試験食の加熱時間を規定し、試験食摂取10分前に電子レンジで加熱した。

グルコース以外の試験食は体積を統一するために飲水量で調節した。摂取時間20分以内、1口あたりの咀嚼回数は約25回程度で摂取するよう指示した。また、試験食と水を交互に摂取するよう指示した。

試験負荷は1週間間隔を空けての無作為クロスオーバー方式にて行った。試験前日は欠食、飲酒、激しい運動を禁止し、20時に指定の夕食を摂取した後、水以外の摂取を禁止とした。試験当日は午前8時から安静状態を保った後、試験食摂取後30,45,60,90,120分後の血糖値、血清インスリン、遊離脂肪酸を測定した。なお、試験が終了するまで絶飲食、座位安静とした。

血糖値と血清インスリン濃度については、0分から各採血時間までと、各時間帯での濃度曲線下面積(AUC)を計算して求めた。なお、基準となる0分の血糖値より下回る部分の面積は、AUCとして算出しないこととした。

同時に視覚評価法(VAS)を用いて被験者の主観的な満腹度を評価した。評価用紙は10cmの線分とその両端に相対する2語(満腹と空腹)が記されている。被験者は各時間での感覚に該当する位置に印をつけ、そこまでの距離を測定し、VAS評価点とした。

統計処理

値は平均値±標準誤差として示した。Study1は1元配置分散分析後、Fisher PLSD法による多重比較にて解析した。Study2は米飯と3割麦飯、米飯と5割麦飯をそれぞれ Paired t-testにて解析した。危険率 $p < 0.05$ を統計的に有意とした。

結果

1. Study1: 大麦の食後高血糖抑制効果の評価(図4.5)

血糖値及び血清インスリン濃度において、グルコースおよび米飯は麦飯に比し低下がみられた。また、デスアシルグレリン濃度は、グルコース及び米飯は、麦飯に比べて有意に低値を示した。満腹度は、麦飯はグルコースに比べて有意に高値を示し、食後240分たっても満腹度が持続した。

2. Study2: 日常生活に利用可能な摂取量における食後高血糖抑制効果の検討(図6.7)

血糖値は、食後45分に、5割麦飯は米飯に比べ有意に低値を示したが、3割麦飯は米飯と有意な差はみられなかった。血清インスリン濃度は、3割麦及び5割麦において、米飯に比し、有意に低値を示した。デスアシルグレリンは、食後30分および180分に

において、5割麦飯は米飯に比し有意に高値を示した。また、満腹度は食後240分に、3割麦飯および5割麦飯において米飯に比し高値を示し、満腹度が持続することが示された。

考察

高GI食品に低GI食品を配合し、食後の血糖値およびインスリン反応を評価した研究では、大麦の含有量が多くなるほど食後高血糖を抑制することが示されている。しかし、日本人の主食は米であり、米飯を基準とした評価が必要である。これまでに麦飯は米飯と比べて食後の血糖上昇およびインスリン反応が穏やかであることが報告されており、本研究においても同様の結果が得られた。主食である米に低GI食品である大麦を配合した研究では、米と大麦を1:1の割合で配合した5割麦飯で米飯と比較して食後高血糖およびインスリン上昇抑制効果が報告されている¹⁾。しかし、5割麦飯は嗜好性の点から、日常的に取り入れるのは困難である。そこで、Study2では、日常的に摂取可能な大麦の配合割合を検討するため、健常者に米飯、3割麦飯、5割麦飯を摂取させ血糖値および血清インスリン濃度とおもに有意に低値を示し、これまでの報告と一致した。さらに3割麦飯では米飯と比較して食後高血糖を抑制する傾向がみられ、血清インスリン濃度では食後60分で有意に低値を示した。また、血糖値およびインスリンのAUCは大麦の配合割合に応じて値が減少する傾向がみられた。大麦に含まれる水溶性食物繊維は主にアラビノキシラン、ガラクトマンナンおよびβ-グルカンである。これら大麦中の水溶性食物繊維は水に溶けてゾル化し、物質の拡散を阻害することが報告されている¹⁾。麦飯は、大麦由来の食物繊維が胃内で膨潤およびゾル化することで、胃内滞留時間を延長し、食物の胃から小腸への移行を遅延させ、さらにグルコースの拡散を阻害することで、小腸粘膜上皮での消化吸収を遅延させたと考えられる。また、穀物中でも特に大麦に含まれるβ-グルカンは、食事中の含有量に依存して食後の血糖上昇およびインスリン反応を抑制することが報告されている²⁾。以上のことから、今回の結果もβ-グルカンをはじめとする種々の水溶性食物繊維の含有量が多くなることで、より大きな食後高血糖抑制効果が得られたと考えられる。

まとめ

以上のことから、日常に摂取可能な3割麦飯においても、食後のインスリンを節約し、満腹度を維持することが示された。麦飯は食物繊維も米飯に比較し、多く含まれているので、日常の生活にも取り入れることが有用である可能性が示された。

本検討は、若年の健常者で行われているため変動の幅が小さいこと、また、効果を正確に把握するため、主食、主菜、副菜という献立の形態ではなく、主食単品の形態をとったので、食卓を想定するためには、主食、主菜、副菜のそろった形態にして、さらなる検討が望まれる。

参考

- 1 中村カホル, 池上幸江、滝田聖親、印南敏 (1996) 大麦の食後高血糖上昇抑制機序に関する研究. 東邦医学会誌 43:157-66
- 2 Tappy L, Gugolz E, Wursch P (1996) Effects of breakfast cereals containing various amounts of beta-glucan fibers on plasmagluucose and insulin responses in NIDDM subjects. Diabetes Care 19: 831-4

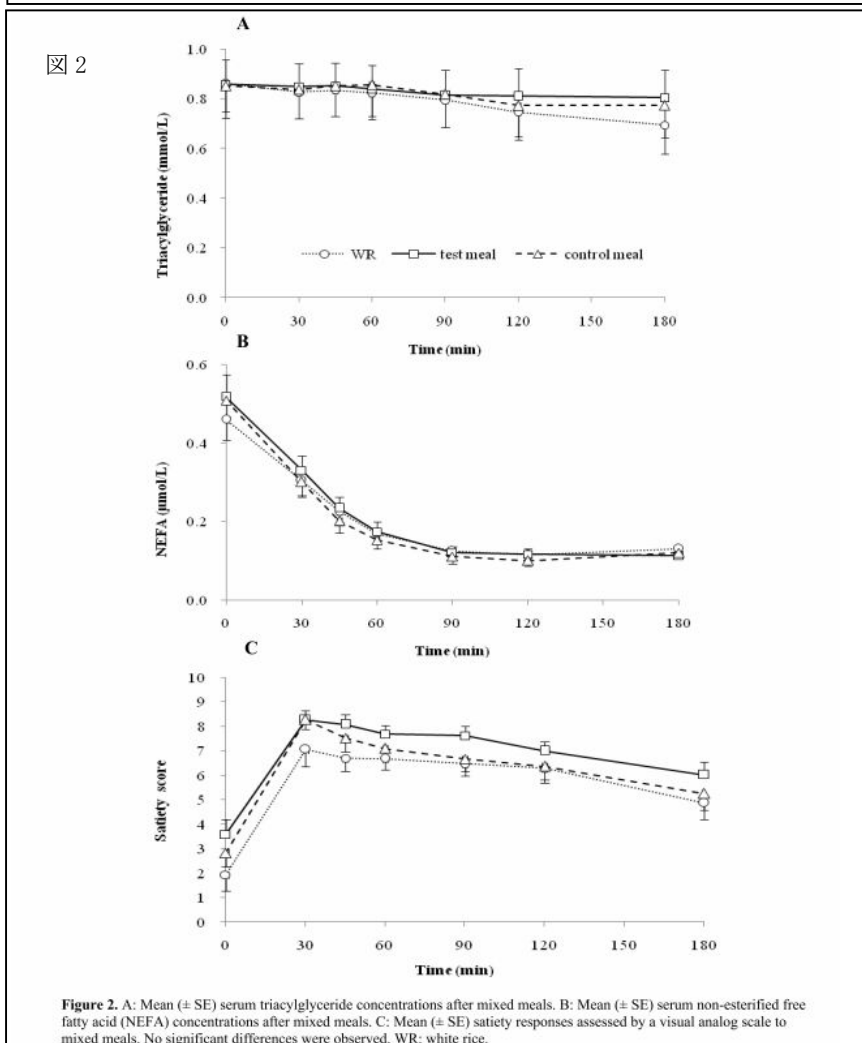
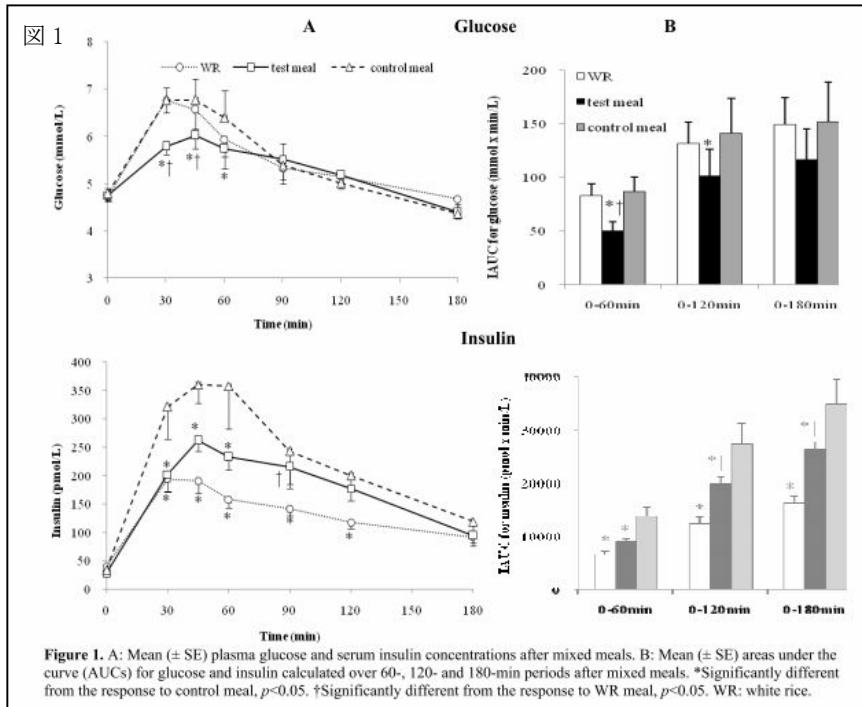


図3

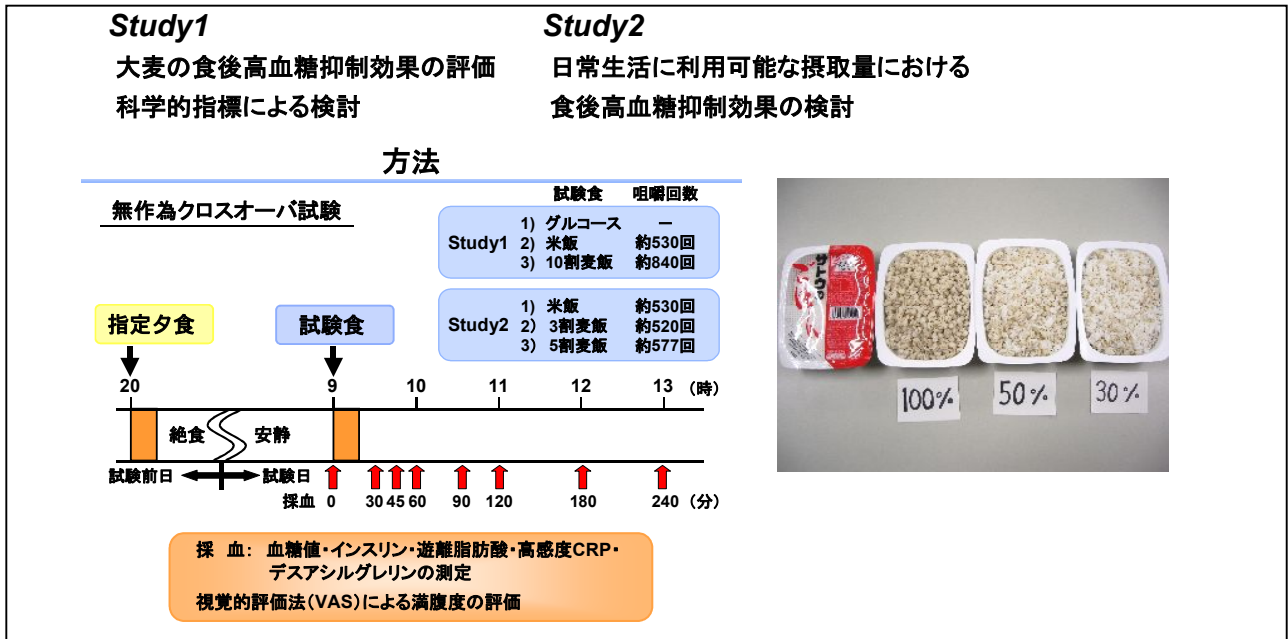


図4

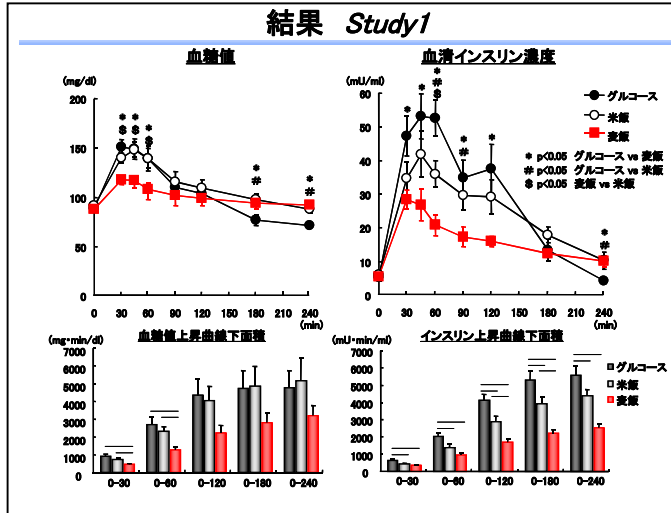


図5

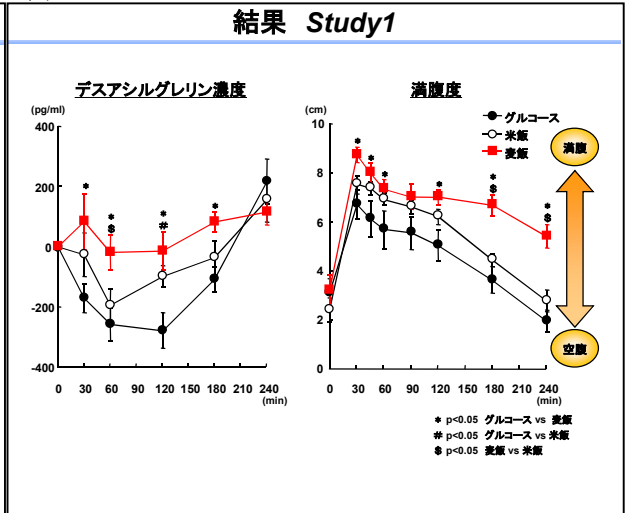


図6

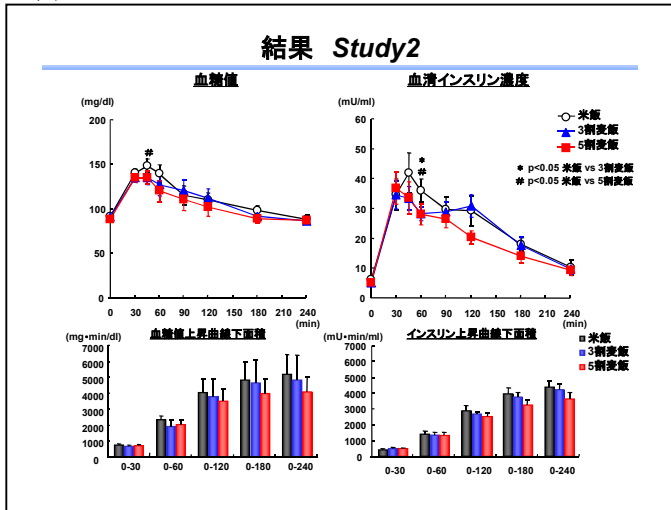


図7

