

牛乳・乳製品を活用した グリセミック・インデックス教育の有効性の検討

神奈川県立保健福祉大学 栄養学科 杉山 みち子
神奈川県立保健福祉大学 特別研究員 天野 由紀

要 約

牛乳・乳製品を活用したGlycemic index（以下GI）教育用教材を取り入れた3か月間の栄養教育プログラムを作成し、血糖コントロールへの有効性を明らかにするために、2型糖尿病および境界型を対象とした3か月間のランダム化比較試験を行った。

教育後のGI教育群における食事は、食事のGIが有意に低下し、GIが高い主食を牛乳・乳製品など、食後血糖上昇を抑制する効果のある食品と組合わせた割合に増加傾向が見られた。また、牛乳・乳製品の摂取量については、発酵乳・乳酸菌飲料（ヨーグルト等）の摂取量が、GI教育群において有意に増加した。つまり、開発した教材を取り入れた3か月間の教育プログラムは、牛乳・乳製品を活用した低GI食の実践に有効であったといえる。さらに、血糖コントロール指標であるHbA_{1c}は、通常教育群と比較して、GI教育群において有意に改善した。

したがって、牛乳・乳製品を活用したGI教育は、血糖コントロールの改善に有効であることが示された。

Key Words：グリセミック・インデックス、糖尿病、血糖値、栄養教育、教材

1. 背 景

近年、食品の食後血糖上昇の度合いに基づいた評価指標であるGlycemic index（以下GI）、あるいはGlycemic load（以下GL）と、糖代謝や脂質代謝との関連を評価した研究が盛んに行われるようになってきた。しかしながら、GIと糖尿病などの慢性疾患との関連についての研究は欧米が中心であり、ほとんどがじゃがいもおよび小麦を主な糖質性食品として摂取する欧米型食生活に基づいた検証である(1-3)。

本研究者らは、日本人を対象とした観察研究を行い、食事のGIが低い者は、高い者に比べてHDLコレステロールが高く、中性脂肪、インスリンが低いことを報告した(4)。また、食事のGIには主食の種類が最も大きく影響し、食事のGIが低い群は米類の摂取量が低く、脂肪摂取量が高く、炭水化物摂取量が低いことを明らかにした。したがって、欧米の先行研究と同様に主食を低GI食品に変えるのみでは、食後の血糖上昇を抑える効果は期待できるものの、脂質を過剰摂取する恐れがある

という点で、循環器疾患のリスクとなりうることが考えられた。

以上の点を踏まえると、食習慣や食文化が欧米とは異なるわが国において、GIを栄養教育で活用するには、日本人に適用できるGI教育法を検討する必要がある。日本人の食事の特徴として、諸外国に比べて炭水化物からのエネルギー摂取割合が高いこと、主食が米飯であることが挙げられる。炭水化物は食後の血糖上昇に最も関連する栄養素であるため、炭水化物の摂り方を、食後の血糖上昇を抑制できるように変容することは、血糖コントロールの改善に有効と考えられる。一方、主食である米飯は、パスタ、麺類、精製度の低いパン類など、小麦製品と比較してGIが高い食品である。近年米の消費量は減少しているものの、農林水産省の調査によると、家庭での炊飯を毎日行っているという回答が9割以上と極めて高率であった(5)。また、国民健康・栄養調査結果から1日あたりの穀類摂取量の内訳を見ると、米類の摂取量が小麦類よりも3倍以上多かった(6)。つまり、日本人の米に対する嗜好は、他の穀類と比較して強いと考えられる。さらに、主食の種類によって副食のバランスが異なることも一つの特徴であり、飽和脂肪酸あるいは油脂類の過剰摂取を抑制するという観点からは、主食を米飯に据えることが好ましいと言える。

杉山らは、食品のGIの測定において、米飯を基準食とすることの妥当性を検証した(7)。さらに、主食である米飯の摂取量を保ちつつ、血糖コントロールを改善する手法として、米飯と食品の組合せによるGIの違いを116通り試験し、報告した(8)。一覧表を見ると、牛乳・乳製品、酢などとの組合せによって、米飯単独と比較して3割程度低いGI値が出ている。牛乳・乳製品、酢は、海外でも高GI食品との同時摂取による食後高血糖の抑制が報告されている(9-14)。つまり、主食に米飯を摂取しても、食品の組合せを考慮することによって、低GI食が実践できると考えられる。そこで、これらの知見を基に、牛乳・乳製品を活用したGIを用いた栄養教育を実施するために、本研究者らは平成15年度より以下の研究を行ってきた(15, 16)。すなわち、①牛乳・乳製品を活用した低GI教育手法の開発(教材の作成)、②開発した教材の有用性の検討、③教材を用いた栄養教育プログラムの開発、④有効性を検証するためのランダム化比較試験の開始である。開発した教材「ご飯食を基本にした低GI食のすすめ—食後の血糖上昇を抑えよう—」の有用性の検討では、教材を用いたGI教育により、牛乳・乳製品の摂取量は増加し、対象者の食事は低GI食に変化し、コンプライアンスも良好であった(15)。そこで、牛乳・乳製品を活用したGIを用いた栄養教育を受けた対象者が、教育内容を実践できるかという有用性、および血糖コントロールへの有効性を明らかにすることを目的とし、3か月間のランダム化比較試験によってこれを検証した。2004年12月までに介入を終えた対象者15名の中間解析の結果、教育後のGI教育群における食事は、全員が低GI食の定義を満たしており、牛乳・乳製品の摂取量も有意に増加した(16)。つまり、開発した教材を取り入れた3か月間の教育プログラムの有用性が示唆された。今年度は対象者数を増大して検出力を高め、牛乳・乳製品を活用したGIを用いた栄養教育が、牛乳・乳製品の摂取量および血糖コントロールに及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 方法

2.1. 対象者

対象者は、神奈川県横須賀市のボランティア団体（横須賀社会福祉協議会ボランティアセンター、YMCAよこすかコミュニティサポート）、横須賀市（広報よこすか平成16年7・12月号）、横須賀市内保健所、横須賀市老人クラブ連合会を通じてチラシ、ポスター等により募集した。

対象者の適格条件は2型糖尿病および境界型とし、以下の条件を満たすものとした。①空腹時血糖あるいはHbA_{1c}高値者（空腹時血糖、110mg/dl以上かつ140mg/dl未満あるいはHbA_{1c}、5.8%以上かつ8.0%未満）、②非薬物療法下とした。なお、本研究における薬物療法下とは、血糖降下剤服用者であり、高脂血症用剤、降圧剤服用者はこの限りではない。また、以下の除外基準を設けた。①合併症（網膜症、腎症、神経障害）がある者、②心疾患および脳血管疾患の既往歴がある者、③妊娠中の者、④医療施設等で現在継続的な栄養教育を受けている者とした。

2.2. 研究デザイン

地域在住の2型糖尿病および境界型を対象とした3か月間のランダム化比較試験を実施し、GIを用いた栄養教育の有効性を検討した。申込者に対して予め研究説明書、問診票、食事記録用紙を送付し、ベースライン時に問診票、食事記録用紙の記入内容を確認し、回収した。また、血液検査、身体計測、食事関連QOL質問紙記入、日本糖尿病学会による糖尿病診療ガイドラインに基づく栄養教育（集団）を行った。

問診票、血液検査結果から対象者を確定した後、性別および血糖値を層別因子としたブロックサイズ4の置換ブロック法により、通常のエネルギー等の制限を行う通常教育群、あるいは通常教育にGIを用いた栄養教育を組合わせたGI教育群に無作為割付を行った。その後、両群共に4回にわたる管理栄養士による個人栄養教育（2週間目、1か月目、2か月目、3か月目）、2回の血液検査・身体計測・食事関連QOL質問紙記入（2か月目、3か月目）を行った。通常教育群に割付けられた対象者には、希望に応じて介入終了後にGI教育（集団）を行った。すべての検査および栄養教育は、神奈川県立保健福祉大学（神奈川県横須賀市）で実施した。

本研究の有効性の判定はHbA_{1c}の改善とした(17)。2群の変化量を比較するために必要な対象者数は、教育前におけるHbA_{1c}の標準偏差0.7を用い、栄養教育による介入研究を行ったGilbertsonらの先行研究(18)から両群の差を0.6、パワー80%、 $\alpha=0.05$ と想定すると、1群23名（合計46名）であった。

2.3. 栄養教育

2.3.1. 栄養教育プログラム

栄養教育プログラムは、栄養状態の評価・判定、計画の作成、モニタリング、評価によって構成され、対象者全員に共通で行われる初回集団栄養教育と、エネルギー等の制限を行う「通常教育」、あるいは通常教育とGIの教育を組合わせた「GI教育」のいずれかを行う個人栄養教育が、2群に同じ頻度、同じ時間で提供された(16)。両群ともに、集団栄養教育から2週間目、1、2、3か月目に、

各群の基本方針に基づいた、管理栄養士による個人栄養教育を受けた。また、両群において個人の身体状況、生活習慣に合わせた目標設定を毎回行った。

2.3.2. 教育内容および教材の作成

1) 集団栄養教育

① 目標設定および教育内容

集団栄養教育は、GI教育群と通常教育群の全ての対象者に共通して初回に1回行い、日本糖尿病学会による糖尿病診療ガイドラインに基づく量的な内容（通常教育に該当）を、パンフレットおよびフードモデルを用いて教育した(17)。本研究では、個人別に普通体重の範囲（BMIが18.5以上25未満）、エネルギー摂取量の目安を提示した上で、過体重者および20歳時からの体重増加が大きい対象者には、まずは摂取エネルギー量を1日あたり250-500kcal減らすことを教育した。減量目標は3か月間で5～10%程度の体重減少とした。

② 教材

初回集団栄養教育については、適正体重および三大栄養素（たんぱく質、脂質、炭水化物）の摂取量などに関するパンフレットを作成した。内容は、個人の適正体重、エネルギー摂取量のめやす、エネルギー摂取量の減らし方、主食、主菜、副菜の目安量などとした。また、減量目標および行動目標を記入する目標記入用紙も作成した。

2) 通常教育

通常教育群には、初回集団栄養教育における内容を、個人栄養教育においても継続した。特に、間食、脂質摂取量などの減少を通じた総エネルギー摂取量の低下に焦点を当て、改善度合いに応じて毎回目標を設定した。教材は初回集団栄養教育時に配布したものを継続して用いた。

3) GI教育

① 目標設定および教育内容

本研究においては、低GI食品を米飯基準のGIが70以下の食品、高GI食品を米飯基準のGIが85以上の食品と設定した上で、「1日の糖質摂取量のうち、45%以上を低GI食品から摂取すること」をGI教育の目標とした。設定根拠は既に報告済みであるが(15, 16)、これらの数値は本研究者らが行った食事のGIを算出した観察研究(4)のデータに基づいて設定した。

また、食事のGIの最大の決定要因は主食であった(4)。したがって、上記の目標を達成するための行動目標に、本教育プログラムでは特に主食の摂り方に焦点を当て、GIが85以上の高GI食品（米飯、食パンなど）を主食とする場合には、牛乳・乳製品（茶碗1杯のご飯に対し、牛乳であれば100～200ml、ヨーグルトであれば100g程度）や酢（茶碗1杯のご飯に対し、15ml程度）など、食後の血糖上昇を抑制する効果のある食品を同時に摂取することを最優先の目標として教育した。あるいは、主食にGI（米飯基準）が70以下の低GI食品（玄米、ライ麦パン、麺類など）を選択することを説明した。間食についても一回の食事と捉え、乳製品などの低GI食品を摂取するように教育した。

教育プログラムにおいては、個人教育の1回目にGIの概念および主食の食べ方、牛乳・乳製品の

取り入れ方を中心に説明し、2回目以降は個人の習慣や実践状況に合わせて食事のGI低下に焦点を当てた教育を行った。

② 教材

GI教育においては、本研究者らが作成した教材「ご飯食を基本にした低GI食のすすめ—食後の血糖上昇を抑えよう—」を用いた(15, 16)。本教材は、エビデンスに基づいたGIに関する知識および、牛乳・乳製品を取り入れた献立例、レシピなども掲載することで、具体的な実践方法も提供できるように作成した。教材の有用性については既に検討しており、作成過程の詳細と共に過去に報告した(15, 16)。

2.4. アウトカムの評価方法

血液検査および身体計測は、ベースライン、2か月目、3か月目に行った。対象者は、当日の朝食を抜いた状態で来場し、採血は医師の立会いの元で、熟練した臨床検査技師によって行われた。採取した血液は冷蔵保存し、(株)保健科学研究所(神奈川県横浜市)に搬送して血液分析を行った。身長は、1 mm単位、体重は100g単位、体脂肪率は0.1%単位で測定した。体重および体脂肪率はベースライン、2、3か月目に測定し、身長はベースラインに測定した。BMIは体重(kg)/身長(m)²によって算出した。

生活習慣(運動習慣、喫煙習慣、飲酒習慣)、既往歴、現病歴、月経の有無は、ベースライン時に問診票によって把握した。

食事記録法を用いた食事調査は、ベースライン、1、2、3か月目に行った。対象者は3日間(平日2日、休日1日)の食事を所定の用紙に自己記入し、面接時に管理栄養士が対象者と共に記入内容をチェックし、あいまいな表記などを明確にした。栄養素等摂取量の算出には、五訂日本食品標準成分表に準拠した栄養計算ソフト(エクセル栄養君Ver3.0、建帛社)を用いて行った。食事のGI計算方法は、本研究者らが過去に報告した手法を用いた(4)。GI一覧表はグルコース基準で作成したため、米飯基準の食事のGIは、算出した値に1.2を乗じた(7)。牛乳・乳製品の分類は、国民栄養調査における小分類(98食品群、小分類番号71~75)によって分類した。

これらの食事評価指標(栄養素等摂取量、GIに関連する指標、牛乳・乳製品摂取量)は、3日間の値の平均値を解析に使用した。算出した項目は、牛乳・乳製品摂取量(g)、エネルギー摂取量(kcal)、たんぱく質のエネルギー割合(以下E%)、脂質E%、炭水化物E%、食物繊維摂取量(g/1000kcal)、コレステロール摂取量(mg)、食塩摂取量(g)、食事のGI(グルコース基準および米飯基準)、低GI食品による糖質摂取割合(低GI食品による糖質摂取量/総糖質摂取量)、高GI食品を主食として食べた場合に血糖上昇を抑制する効果のある食品(牛乳・乳製品など)と組合わせた割合(組合わせた食事回数/高GI食品を主食として摂取した回数)であった。

また、栄養教育による介入が健康関連QOLに及ぼす影響を評価するために、ベースライン、2か月目、3か月目に、質問紙調査を行った。本研究では、佐藤らの糖尿病用食事関連QOLを使用した

(19)。本尺度の得点は下位尺度ごとに算出し、得点（0～100）が高いほどQOLが高いことを示す。

2.5. 統計解析

結果は平均±SDによって示し、統計的有意水準は5%とした。全ての解析には、統計パッケージSAS Windows版（Ver 9.1）を用いた。ベースラインの群間比較には、t検定、 χ^2 検定またはFisherの直接確率検定を用いた。アウトカムの変化は、GI教育群および通常教育群のそれぞれにおける介入から3か月目の変化量を、対応のないt検定によって評価した。

2.6. 倫理的配慮

本研究は、研究実施施設である神奈川県立保健福祉大学倫理審査委員会の承諾と管理のもとに推進した（判定結果通知番号16-015）。インフォームドコンセントにおいては、研究説明書を事前に送付した上で、開始日に口頭による内容の確認を行い、全員から直筆による同意書を回収した上で介入を開始した。

3. 結果

3.1. 対象者

3.1.1. 対象者の選定、割付および追跡状況

参加申し込み者のうち、血液検査等の結果、対象者の基準を満たしていたのは40名であった。40名のうち、19名がGI教育群、21名が通常教育群に割付けられ、1名（通常教育群）が仕事の都合で1か月目の時点で脱落し、残りの39名（男性17名、女性22名）が3か月間の介入を終了した（脱落率2.5%）。終了した39名全員が、全ての栄養教育（全5回）および採血・身体計測（全3回）に参加した。また、4回の食事記録、3回の食事関連QOL質問紙を全て提出した。

3.1.2. ベースラインにおけるGI教育群と通常教育群の特性比較

プログラムを終了したGI教育群と通常教育群の特性（平均±SD）を表1に示した。対象者の平均年齢は64.6±6.9歳、平均HbA_{1c}は6.4±0.7%、平均BMIは24.5±3.2（kg/m²）であった。年齢、HbA_{1c}、空腹時血糖、BMI、運動時間、アルコール摂取量、喫煙習慣、常用薬、月経の有無は、いずれもGI教育群と通常教育群の間に有意差は見られなかった。

3.2. GI教育群および通常教育群におけるアウトカムの変化

3.2.1. HbA_{1c}の変化

GI教育群と通常教育群におけるHbA_{1c}の変化を図1に示した。GI教育群におけるHbA_{1c}の減少量は0.5%、通常教育群の減少量は0.2%であり、通常教育群と比較してGI教育群においてHbA_{1c}が有意に改善した。

3.2.2. 糖代謝指標、脂質代謝指標、身体計測値の変化

表1. 対象者の特性

		全体 (n=40)	GI教育群 (n=19)	通常教育群 (n=21)	P value*
性別(人)	男性	18 (45.0)	8 (42.1)	10 (47.6)	0.726
	女性	22 (55.0)	11 (57.9)	11 (52.4)	
年齢(歳)		64.6±6.9	64.9±6.3	64.3±7.5	0.766
HbA _{1c} (%)		6.4±0.7	6.5±0.8	6.4±0.6	0.496
空腹時血糖(mg/dl)		134±17	131±14	135±20	0.466
BMI (kg/m ²)		24.5±3.2	24.7±4.1	24.4±2.2	0.732
運動時間(分/週)		224±226	295±250	160±186	0.057
アルコール摂取量(合/週)		2.5±4.6	1.7±2.3	3.2±5.9	0.279
喫煙習慣(人)	あり	4 (10.0)	2 (10.5)	2 (9.5)	1.000
	なし	29 (72.5)	14 (73.7)	15 (71.4)	
	やめた	7 (17.5)	3 (15.8)	4 (19.0)	
常用薬(人)	あり	23 (57.5)	9 (47.4)	14 (66.7)	0.292
月経(人)	あり	1 (2.5)	0 (0)	1 (4.8)	1.000

表中の数値は平均±SDあるいは人数(%)

*t検定(連続変数)、 χ^2 検定またはFisherの直接確率検定(カテゴリー変数)

HbA_{1c}; グリコヘモグロビン、BMI; Body Mass Index

GI教育群と通常教育群におけるベースライン時の空腹時血糖、総コレステロール、LDLコレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪、体重、体脂肪率、BMIには、いずれも2群間で有意差がみられなかった。2群間で教育前後の変化量を比較すると(図1)、いずれの項目も両群で減少傾向が見られたが、変化量の群間差に統計学的有意差はみられなかった。

3.2.3. 牛乳・乳製品摂取量の変化

GI教育群と通常教育群における、教育前後の牛乳・乳製品摂取量を表2に示した。教育前における牛乳、チーズ、発酵乳・乳酸菌飲料、その他の乳製品の各摂取量に、両群間で有意差は見られなかった。GI教育群における摂取量の変化を観察すると、牛乳、チーズ、発酵乳・乳酸菌飲料の平均値に増加傾向がみられた。GI教育群におけるこれらの変化量を通常教育群と比較した結果、発酵乳・乳酸菌飲料のGI教育群における教育前の摂取量は39±50g、教育後の摂取量は73±70gであり、通常教育群における教育前の摂取量は34±76g、教育後の摂取量は30±69gであり、通常教育群と比較して、GI教育群において摂取量が有意に増加した。

3.2.4. 食事評価指標の変化

GI教育群と通常教育群におけるベースライン時のエネルギー、たんぱく質E%、脂質E%、炭水化物E%、食物繊維摂取量、コレステロール摂取量、食塩摂取量には、いずれも2群間で有意差がみられなかった。米飯基準の食事のGIは、GI教育群で82±6、通常教育群で84±6であった。2群間で教育前後の変化量を比較すると(表3)、両群においてエネルギー摂取量、脂質E%、コレステロール摂取量に減少傾向がみられ、食物繊維摂取量に増加傾向がみられたが、変化量に両群で有意差はみられなかった。食事のGIは、通常教育群と比較してGI教育群で有意に減少した。さらに、低GI食品による糖質摂取割合の増加量は、教育前と比較してGI教育群で10.5%、通常教育群で1.9%であり、

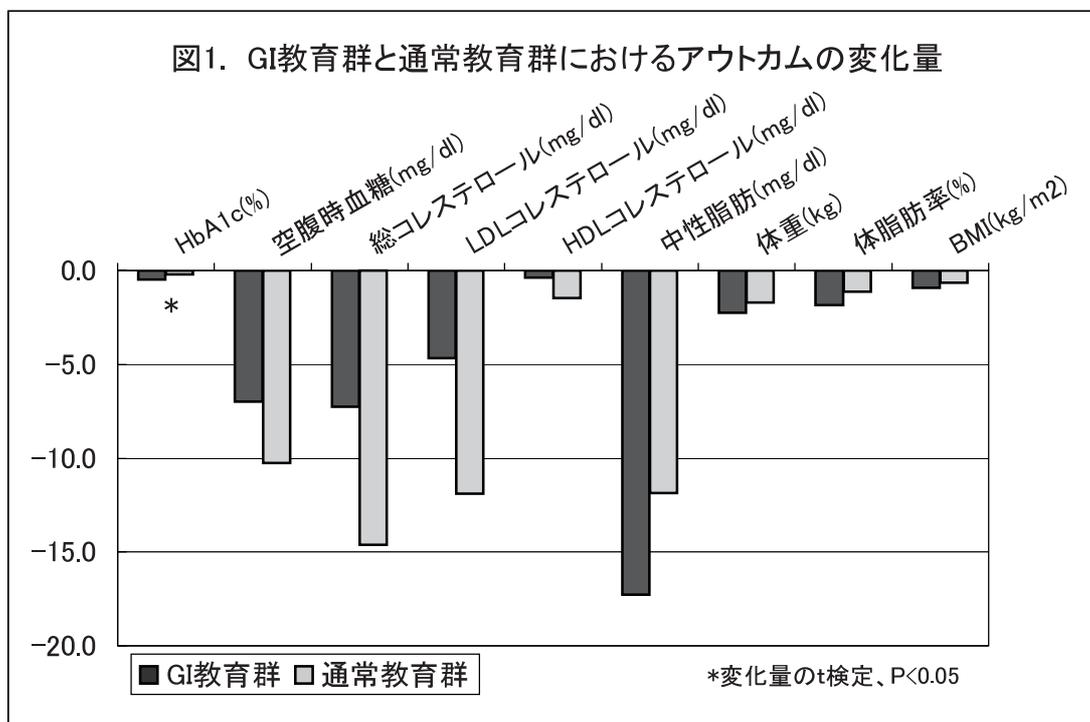


表2. GI教育群と通常教育群における教育前後の牛乳・乳製品の摂取量

	GI教育群 (n=17)*		通常教育群 (n=21)		P値†
	教育前	教育後	教育前	教育後	
牛乳 (g)	91 ± 70	98 ± 83	88 ± 92	86 ± 104	0.717
チーズ	6 ± 11	7 ± 11	3 ± 5	6 ± 12	0.437
発酵乳・乳酸菌飲料 (g)	39 ± 50	73 ± 70	34 ± 76	30 ± 69	0.006
その他の乳製品 (g)	12 ± 19	4 ± 12	2 ± 6	4 ± 11	0.095

平均±SD、*飽和脂肪酸摂取量減少のために、牛乳の摂取量を減少させた2名を除く

†変化量(3か月目の値-ベースライン値)のt検定

高GI主食を牛乳・乳製品と組合わせて摂取した割合の増加量は、教育前と比較してGI教育群で20.0%、通常教育群で1.0%であり、いずれも通常教育群と比較してGI教育群で増加傾向がみられた。低GI食品による糖質摂取割合の3か月目の値は、GI教育群で50.0±14.2%、通常教育群で35.1±12.6%であった。

3.2.5. 食事関連QOLの変化

GI教育群と通常教育群におけるベースライン時の食事療法特異的QOL、全般的食事感、派生する生活機能制限に含まれる項目は、いずれも有意差が見られなかった。2群間で教育前後の変化量を比較すると、「食事療法の負担」、「食事療法からの受益感」、「全般的食事感」、派生する生活機能制限の項目に含まれる「活力」の平均値が両群で増加傾向が見られたが、変化量に統計学的有意差はみられなかった。

表3. GI教育群と通常教育群における食事評価指標の変化量

	GI教育群 (n=19)	通常教育群 (n=21)	P value*
栄養素等摂取量			
エネルギー (kcal)	-115 ± 258	-191 ± 286	0.386
たんぱく質 (E%)	-0.1 ± 3.1	1.1 ± 2.5	0.187
脂質 (E%)	-1.6 ± 6.7	-2.0 ± 3.8	0.818
炭水化物 (E%)	1.7 ± 7.7	0.9 ± 3.7	0.697
食物繊維総量 (g/1000 kcal)	4.2 ± 7.2	1.0 ± 4.4	0.102
コレステロール (mg)	-88 ± 160	-59 ± 142	0.553
食塩 (g)	-0.4 ± 2.0	0.4 ± 2.0	0.260
食事のGI [†]			
低GI食品による糖質摂取割合 (%)	10.5 ± 18.1	1.9 ± 14.3	0.107
高GI主食を牛乳・乳製品等と 組合わせた割合 (%) [‡]	20.0 ± 31.3	1.0 ± 27.9	0.052

平均±SD、*変化量(3か月目の値-ベースライン値)のt検定

[†]グルコース基準

[‡]高GI食品を主食として食べた場合に血糖上昇を抑制する効果のある食品と組合わせた割合
(組合わせた食事回数/高GI食品を主食として摂取した回数)

E%: エネルギー割合

4. 考 察

牛乳・乳製品を用いたGI教育手法を開発し、3か月間の栄養教育によるランダム化比較試験を行い、血糖コントロールへの有効性を検証した。その結果、エネルギー等の制限のみを行った通常教育群と比較して、GI教育群においてHbA_{1c}の改善が有意に大きいことが示された。

4.1. HbA_{1c}への影響

これまでに報告されたGIに関するランダム化比較試験のメタアナリシスによると、低GI食群と対照群におけるHbA_{1c}減少量の差は、0.43% (1)、0.27% (2)、0.45% (3)という値が報告されている。本研究における対照群(通常教育群)は、食品交換表は用いなかったものの、日本糖尿病学会が示すガイドラインに沿った、エネルギー制限などに関する教育を行った。しかしながら、両群共に個人の栄養状態に関するベースラインデータおよび生活習慣から、対象者と相談しながら個別に目標を設定し、改善度合いと実行度合いを見ながら目標を随時再設定していくという、個別の目標達成型の栄養教育であった。結果として対照群においても糖代謝指標が改善したことから、先行研究よりも両群の差が小さかったと考えられる。しかしながら、改善が見られた対照群と比較しても、GI教育群の方がHbA_{1c}がさらに大きく改善したことは、糖尿病の予防および治療の現場で栄養教育を実施している管理栄養士にとって、栄養教育にGIを取り入れる根拠を提示するものとする。

本研究では、事前にサンプルサイズ設計した対象者数が46名であったのに対し、実際に介入を終了した対象者は39名であり、ほぼ設計通りの対象者数であったが、介入後のHbA_{1c}の両群の差は、サンプルサイズ設計を行った際に用いた値よりも小さかったため、検出力80%を保てていなかった。

検出力が低下すると第2種の過誤が上昇するが、それにもかかわらず、通常教育群と比較してGI教育群のHbA_{1c}が有意に改善したため、本研究におけるGI教育は有効であったといえる。

4.2. 糖代謝、脂質代謝、身体計測値への影響

低GI食により、他の食事療法よりも空腹時血糖が改善するというエビデンスは得られておらず(3)、本研究においては両群で改善に有意差がみられなかった。脂質代謝指標については、総コレステロール、LDLコレステロールは通常教育群で減少量が大きい傾向がみられ、中性脂肪はGI教育群で大きい傾向が見られた。先行研究における低GI食による脂質代謝指標の改善は、高GI食と比較して、低GI食後の食後高血糖抑制によるインスリン分泌の節約が、脂質生成の抑制と関連していると考えられている(20)。低GI食が脂質代謝に及ぼす影響を検討したメタアナリシスによると、低GI食による総コレステロールの減少量は、対照群における減少量との差が0.33mmol/lであり、有意に低下することが確認されたが、LDLコレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪には対照群と比較して有意な改善が見られなかった(2)。本研究においては、脂質代謝指標の改善に両群間で有意差がみられなかったため、低GI食が脂質代謝指標に及ぼす影響については結論付けられなかった。

身体計測値については、体重、体脂肪率、BMIが両群でいずれも有意に減少したが、減少量としては通常教育群の方が大きい傾向がみられた。それにも関わらず同程度の体重減少が見られたことから、低GI食はエネルギー減少量を上回る体重減少をもたらす可能性がある。今後、GIと体重減少の関係については更なる研究が必要である。

4.3. 教育内容へのアドヒアランスと牛乳・乳製品摂取量の変化

3か月間の介入によって、GI教育群と通常教育群ともに、栄養素等摂取量のうち、エネルギー摂取量、脂質E%、コレステロール摂取量に減少傾向がみられ、食物繊維摂取量に増加傾向がみられた。従って、エネルギーなどの量的教育に対するアドヒアランスは、両群において良好であったと考えられる。

一方、本研究では、低GI食品による糖質摂取割合が45%以上であることをGI教育の目標としたが、介入後のGI教育群における低GI食品による糖質摂取割合は50.0%であり、この目標を達成した。両群間で教育前後の変化量を比較すると、栄養素等摂取量の経時的変化にはいずれも有意差が見られなかったが、通常教育群と比較してGI教育群において牛乳・乳製品の摂取量は有意に増加し、食事のGIは有意に低下した。また、低GI食品による糖質摂取割合、高GI食品を主食として食べた場合に血糖上昇を抑制する効果のある食品と食べ合わせた割合についても、GI教育群において増加傾向がみられた。したがって、GI教育群におけるGI教育へのアドヒアランスは良好であったと言える。

杉山らによる116通りの食品と米飯を組み合わせた場合のGI表では、米飯を単独で摂取した場合と比較すると、牛乳200ccを同時に摂取した場合には、GIがおおよそ3割低下した(8)。牛乳・乳製品はほとんどが低GIであるが、インスリン分泌を刺激するため(21)、糖質性食品と同時に摂取すると食

後の代謝を緩和する。2型糖尿病を対象とした試験では、高GI食と牛乳に含まれるホエイ蛋白を同時に摂取することによって、食後のインスリン反応が上昇し、血糖値が速やかに低下した(9)。また、乳製品としてヨーグルトとピクルスを高GI食品と同時に摂取した場合には、インスリンを上昇させずに血糖上昇が抑えられることも報告されている(10)。これは、有機酸の存在によるものと考えられている。つまり、同じ乳製品でも発酵によって有機酸を含有しているヨーグルトや、乳製品以外にピクルスをさらに加えることによって、血糖上昇だけではなく、インスリン上昇を抑制する効果があると考えられる。つまり、乳製品は、ご飯を主食とする日本型食生活を維持しながら低GI食を実践するために重要な食品といえる。本研究においては、GI教育群において、ヨーグルト等の発酵乳・乳酸菌飲料の摂取量が、通常教育群と比較して有意に増加した。このことは、GI教育群における血糖コントロールの改善に寄与している可能性が考えられる。

4.4. 食事関連QOLへの影響

本研究においては、食事関連QOLの変化量に両群で有意差が無く、「食事療法の負担」、「食事療法からの受益感」、「全般的食事感」、「活力」が両群で改善傾向がみられた。糖尿病治療の目標は、糖尿病に特徴的な合併症の発症、増悪を防ぎ、健康者と同様な日常生活の質(QOL)を保ち、健康者と変わらない寿命を全うすることである(17)。本研究における通常教育群は、量の制限が基本であったものの、個人の生活習慣に合わせて対象者と相談しながら実現可能な目標を設定した。GI教育群においては、通常教育群に教育した基本事項に加えてGIの教育を行った。栄養教育の頻度、時間は両群で一定であり、同一の担当者が行ったにもかかわらず、質的な指標を加えたことによるQOLの低下は見られず、両群共にQOLは上昇傾向がみられた。すなわち、本研究におけるGI教育は、糖尿病治療の大目標に含まれるQOLを悪化させずに血糖コントロールを改善させることが示された。

5. 結 論

食後の血糖上昇を抑えることを目的とした牛乳・乳製品を活用したGIを用いた栄養教育を、通常の栄養教育と組み合わせることにより、通常教育と比較して血糖コントロールが有意に改善した。さらに、牛乳・乳製品を活用したGIを用いた栄養教育へのアドヒアランスは良好であった。したがって、GIを用いた栄養教育は、比較的軽度の2型糖尿病および境界型における血糖コントロールの改善に有効であり、栄養教育としての有用性が示された。

1. Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S. Low-Glycemic Index Diets in the Management of Diabetes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Care* 2003; 26: 2261-2267.
2. Opperman AM, Venter CS, Oosthuizen W, Thompson RL, Vorster HH. Meta-analysis of the health effects of using the glycaemic index in meal-planning. *Br J Nutr* 2004; 92: 367-81.

3. Kelly S, Frost G, Whittaker V, Summerbell C. Low glycaemic index diets for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2004: CD004467.
4. Amano Y, Kawakubo K, Lee JS, Tang AC, Sugiyama M, Mori K. Correlation between dietary glycaemic index and cardiovascular disease risk factors among Japanese women. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 1472-8.
5. 食糧庁計画流通部計画課. 平成14年度第2回食糧モニター定期調査結果.
<http://www.syokuryo.maff.go.jp/archives/monita/moni1421.pdf> (2006.1.30 アクセス)
6. 健康・栄養情報研究会. 国民栄養の現状 厚生労働省国民栄養調査結果 平成14年. 東京: 第一出版, 2004.
7. Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y, Koyama W. Glycaemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 743-52.
8. 杉山みち子、若木陽子、中本典子ら. ご飯食とGlycaemic indexに関する研究. *日本健康・栄養システム学会誌* 2003; 3: 1-15.
9. Frid AH, Nilsson M, Holst JJ, Bjorck IME. Effect of whey on blood glucose and insulin responses to composite breakfast and lunch meals in type 2 diabetic subjects. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 69-75.
10. Ostman EM, Liljeberg Elmstahl HGM, Bjorck IME. Inconsistency between glycaemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 96-100.
11. Brighenti F, Castellani G, Benini L, et al. Effect of neutralized and native vinegar on blood glucose and acetate responses to a mixed meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49: 242-7.
12. Leeman M, Ostman E, Bjorck I. Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 2005.
13. Liljeberg H, Bjorck I. Delayed gastric emptying rate may explain improved glycaemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 368-71.
14. Ostman E, Granfeldt Y, Persson L, Bjorck I. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59: 983.
15. 杉山みち子、天野由紀. 牛乳・乳製品を活用したグリセミック・インデックス (GI) 教育法に関する研究. 牛乳・乳製品健康づくり委員会、社団法人日本酪農乳業協会、平成15年度牛乳栄養学術研究会委託研究報告書 2004: 99-109.
16. 杉山みち子、天野由紀. 牛乳・乳製品を活用したグリセミック・インデックス教育の有効性の検

討. 牛乳・乳製品健康づくり委員会、社団法人日本酪農乳業協会、平成16年度牛乳栄養学術研究会委託研究報告書 2005: 176-188.

17. 日本糖尿病学会編集. 科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン. 東京: 南江堂, 2004.
18. Gilbertson HR, Brand-Miller JC, Thorburn AW, Evans S, Chondros P, Werther GA. The Effect of Flexible Low Glycemic Index Dietary Advice Versus Measured Carbohydrate Exchange Diets on Glycemic Control in Children With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* 2001; 24: 1137-1143.
19. Sato E, Suzukamo Y, Miyashita M, Kazuma K. Development of a diabetes diet-related quality-of-life scale. *Diabetes Care* 2004; 27: 1271-5.
20. Ludwig DS. The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002; 287: 2414-23.
21. Gannon MC, Nuttall FQ, Krezowski PA, Billington CJ, Parker S. The serum insulin and plasma glucose responses to milk and fruit products in type 2 (non-insulin-dependent) diabetic patients. *Diabetologia* 1986; 29: 784-91.