

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
東京大学大学院 医学系研究科 天野 由紀

要 約

昨年度開発した、牛乳・乳製品を活用したGlycemic Index (GI) 教育用教材を取り入れた3か月間の教育プログラムを作成した。また、その効果を明らかにするために、2年間の継続研究として、糖尿病境界域者ならびに2型糖尿病患者を対象とした3か月間のランダム化比較試験を行った。本論では、その中間解析を行った結果を報告した。

教育プログラムに参加した対象者のHbA_{1c}、体重、総コレステロール、LDLコレステロール、食事関連QOLは、教育プログラム参加後に有意に改善した。したがって、開発した本教育プログラムの有効性が示された。また、教育後のGI群における食事は、全員が低GI食の定義を満たしており、主食のGIの低減効果があるとされる牛乳・乳製品の摂取量も有意に増加した。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、低GI食の実践に有効であったといえる。さらに食事関連QOLは、GI群においてのみ改善した。しかしながら、教育前後のHbA_{1c}平均値を見ると、従来指導群と比較してGI群のほうが大きく低下していたものの、対象者数が少なかったために変化量の差は有意ではなかった。牛乳・乳製品を活用した低GI食教育の有効性を明らかにするため、来年度も引き続き対象者数を拡大させて検討する。

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

背 景

食品の食後血糖上昇能を示すグリセミック・インデックス (Glycemic Index、以下GI) は、Jenkinsらによって1981年に提唱され¹⁾、1991年には測定手法が国際的に統一され²⁾、これまで急速に推進されてきた。1995年には、GI国際表が豪州シドニー大学グループによって作成され、2002年にはその改訂版が作成されている^{3,4)}。さらに、1998年にはFAO/WHOがGIを炭水化物の重要な代謝指標であるとして、低GI食品の摂取を推奨している⁵⁾。欧米における14報のランダム化比較試験のメタアナリシスによると、低GI食を一定期間以上摂取することにより、糖尿病のアウトカム指標であるHbA_{1c}が平均7.3%減少した⁶⁾。

一方、日本で近年発表された科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン⁷⁾では、「食事療法は、すべての糖尿病患者において治療の基本であり、出発点である」としている。しかしながら、実際

の指導においては、「日本では食品交換表を頻用するが、十分な理解を得られないことも多い」とある。同時に、同じエネルギーを有する食品でも、GIの低い食品では、血糖上昇を抑制する効果を有していることにも触れているものの、日本では栄養教育にGIを取り入れた、中～長期介入試験は行われていないこともあり、低GI食はガイドラインで推奨されるほどのエビデンスには至らない。日本で栄養教育に低GI食を導入するには、低GI食の実践によって血糖コントロールが改善し、長期間維持できることを証明する必要がある。欧米を中心に効果が検証されてきた低GI食を日本の栄養教育に取り入れるには、米飯を主食とした日本の食習慣を考慮した教育プログラムが必要である。杉山らは、これまでに米飯を基準とした低GI食についての基礎的研究を行い、牛乳・乳製品や酢などを、米飯と同時摂取することによるGI低減効果を報告している^{8, 12)}。さらに、平成15年度委託研究では、日本人において食事のGIに関する断面調査を実施した^{13, 14)}。その結果、BMIによって調整した空腹時血糖およびインスリンと、食事のGIとの間に有意な関連が観察された。したがって、食事のGIは食事評価指標として有用であると考えられた。また、食事のGIに占める個々の食品の割合は、主食（米類、パン類、麺類、朝食シリアル）だけで76%を占め、食事のGIには主食の種類が最も大きく影響していた。しかし、米類よりもパンや麺類の摂取量が多い低GI食は高脂肪摂取と関連したことから、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、食後血糖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、冠動脈疾患のリスクとなりうる。三大栄養素のバランスという点では、主食を米飯に据えることが好ましいと考えられた。つまり、牛乳・乳製品など、米飯のGIを低減する効果のある食品を上手く活用した低GI食の実践が不可欠と考えられた。

これらの結果および先行研究から得られた知見を基にして、昨年度はGI教育法を検討した。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」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。しかしながら、牛乳・乳製品を活用した低GI食の臨床的效果を実証するためには、教材を用いた教育プログラムを開発し、ランダム化比較試験が国内において実施され、生化学的指標への影響を検討する必要がある。

そこで、牛乳・乳製品を活用した低GI教育手法を開発し、その効果を明らかにするために、低GI食は、従来の量の制限を中心とした食事と比較して血糖コントロールが改善することを仮説とし、糖尿病境界域者ならびに2型糖尿病患者を対象として3か月間のランダム化比較試験によってこれを検証する。介入は2年間の継続試験とし、本年度は、教材の完成、教育プログラムおよび研究デザインの決定、介入試験の実施に取り組んだ。ここでは、その過程および介入試験において2004年12月までに介入を終えた対象者について、中間解析の結果を報告することとした。

教材と教育プログラムの作成および評価方法

1. 教材と教育プログラムの作成

平成15年度委託研究によって開発した、牛乳・乳製品を活用したGI教育用教材を、研究参加者の意見をもとに修正した。具体的には、文字数の削減、低GI食レシピの追加などである。修正した教材の項目および項目ごとの目標を表1に示した。完成した教材は製本し、低GI食の有効性を検証するための試験に用いた。

表1 教育の内容

項目(教材の目次)	目標
1. 血糖値はどのようにときに高くなるの？	食後の血糖上昇には炭水化物の量と質が関係することがわかる
2. グリセミック インデックス(GI)とは？ 参考:低GI食の効果	GIは血糖上昇反応に基づいた炭水化物の質の指標であることがわかる
3. たんぱく質、脂質、炭水化物のバランス -1日に必要な主食の量は？-	最低限摂るべき炭水化物量(ご飯の量)がわかる
4. 主食のGIと栄養バランス	どのような主食が高GI/低GIかがわかる 米飯は比較的栄養バランスが取りやすく、麺類は栄養バランスに注意が必要であることがわかる
5. 主食の食べ方	高GI食品は低GIになる食品(牛乳・乳製品など)と組み合わせること、麺類は栄養バランス、全体量に注意が必要であることがわかる
6. おかずの選び方	GIと全体的なバランスを考慮して食品を選択できる
7. 果物・デザート・間食の選び方	GIと共に脂肪やエネルギーを考慮して食品選択できる
8. 食品のGI詳細	食品分類(主食、菓子類など)ごとに、大まかなGIの高低がわかる
9. ご飯とおかずの食べ合わせについて	どのような食品を組み合わせると米飯のGIが抑えられるかがわかる
10. 実践に向けて目標を立てましょう	自分の食事の内容を把握し、低GI食になっているか確認でき、さらに改善するための目標が立てられる
11. 達成度を評価してみましょう	自分の採血・身体計測結果、食事内容の目標値および変化を把握できる(表に自己記入)
実践 1: 低GI食へのアレンジの仕方	牛乳・乳製品を活用など、食事を低GIにアレンジする方法が具体的にわかる
参考: 低GI食の献立例	低GIになるように、家庭で調理を工夫できる
実践 2: コンビニ・惣菜売り場で選ぶときは	低GIになるように、商品を選択できる
12. 食事記録表	自分の食事内容を把握できる

次に、完成した教材を用いて、栄養状態の評価・判定、個別栄養指導計画の作成、モニタリング、評価の総合的なマネジメント・サイクルに基づいた、個別カウンセリングとグループ・カウンセリングを組み合わせた3か月間の教育プログラムを作成した。教育方法は、日本糖尿病学会の勧告内容⁷⁾を基準とし、これに低GI食教育を組み合わせた。さらに、低GI食の効果を検証するために、エネルギー摂取量と3大栄養素の比率に重点を置いた教育を実施する従来指導群(対照群)を設置し、ランダム化比較試験のデザインを決定した(図1)。

2. ランダム化比較試験の実施

本研究では、血糖コントロールに対する食事の変化のみの効果を評価するため、必要対象者数が多くなることが予想された。このため、参加者のリクルートおよび最終解析を含めて、2年間の継続研究を想定して研究計画を作成した。

2-1. 対象者

対象者は糖尿病境界域者ならびに2型糖尿病患者とし、以下の条件を満たすものとした； 空腹時血糖あるいはグリコヘモグロビン（以下HbA_{1c}）高値者（空腹時血糖：110mg/dl以上かつ140mg/dl以下、あるいはHbA_{1c}：5.8%以上かつ7.9%以下）、 未治療、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、降圧剤はこの限りではない。また、以下の除外基準を設けた； 合併症（網膜症、腎症、神経障害）があるもの、 心疾患および脳血管疾患の既往歴があるもの、 妊娠中のもの、 現在継続的な栄養教育を受けているもの。中止基準は、対象者が継続を拒否した場合、血糖降下剤の投与が開始された場合とした。

参加募集は、横須賀市内広報誌ならびに神奈川県立保健福祉大学を通じて横須賀市のボランティア団体（社会福祉法人 横須賀市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立市民活動サポートセンター）の協力を得て行った。参加希望者に対しては、申込書による一次スクリーニングを行った上で、研究説明書、問診票、食事記録用紙を送付した。対象者は朝食を抜いた状態で来場し、インフォームドコンセントの後に採血を行った。採血は、神奈川県立保健福祉大学内において、医師の管理下で臨床検査技師が行った。

採血結果および問診票によって対象者を確定した後、性別、HbA_{1c}（耐糖能異常、糖尿病域）による層別化無作為割付を行った。

また、対象者全員の教育前におけるHbA_{1c}の標準偏差を用いて、2群の平均値を比較するために必要な各群の対象者数を算出した。栄養教育による介入研究を行ったGilbertsonらの先行研究からeffect sizeを0.6とし¹⁵⁾、パワー80%、 $\alpha=0.05$ と想定し、脱落率5%を上乗せして算出したところ、必要対象者数は1群47名（合計94名）であった。したがって、本研究参加者のリクルートは来年度まで継続し、94名を目標に行うこととした。

2-2. 栄養教育手法（図1）

3か月間の教育プログラムの流れを研究デザインと共に図1に示した。初回集団栄養教育は、採血、身体計測と同日に行った。ここでは、対象者全員に共通した内容、すなわち個人の適正体重、エネルギー摂取量の適正化、栄養バランスに関して説明し、必要に応じて減量目標を設定した。集団栄養教育後、対象者を空腹時血糖値、性別によって層別化し、無作為に2種類の栄養教育群に割付け、集団教育から2週間後に個人栄養教育を行った。GI教育を行う群（以下GI群）には、開発した教材を用いたGI教育（3大栄養素の適正化＋低GI食）を行った。個人教育の1回目には、GIの概念および主食の食べ方を中心に説明し、2回目以降は個人の習慣や実践状況に合わせて低GI食教育を行った。従来指導群には、集団栄養教育に引き続き、量の制限を中心とした栄養教育（日本糖尿病学会の「糖尿病診療ガイドライン」に掲載されている食事療法を基準とした栄養教育）を行った。各群ともに、個人栄養教育は集団栄養教育から1、2、3か月後に行い、各群の基本方針に基づいた教育および個人に合わせた目標設定を行った。毎回回収する食事記録から算出した栄養素等摂取

図1 教育の流れ



量は、コメントを添えて次回栄養教育の2週間前に対象者に送付し、予約確認および次回までの食事内容の記録を促した。なお、運動、喫煙など、食事以外の生活習慣については参加期間中に意識して変更することのないように指示した。

2-3. 評価指標および分析方法

教育プログラムの有効性の判定は、HbA_{1c}の改善とした。また、HbA_{1c}の改善が教育によるものが判定するために、以下の指標を評価した；エネルギー摂取量、3大栄養素の比率、食事のGI、総糖質摂取量に占める低GI食品による糖質摂取量の割合（低GI食品による糖質摂取量 / 総糖質摂取量）、米飯と組み合わせることでGI低減効果が見られる食品（牛乳・乳製品、酢、納豆など、以下組み合わせ食品と略す）の摂取量、高GI主食と組み合わせ食品を同時に摂取した割合（高GI主食を組み合わせ食品と同時に摂取した回数 / 高GI主食を摂取した回数）。なお、食事のGIは、天野らの手法によって算出した¹³⁾。低GI食および低GI食品の定義は、昨年度報告したとおり、メタアナリシスの結果および天野らの断面研究に基づいて設定した。すなわち、低GI食品とは、米飯基準のGI値が70以下の食品とし、低GI食の定義は、「1日の糖質摂取量のうち、45%以上を低GI食品（GI 70）から摂っていること」とした¹⁴⁾。

栄養評価指標としては、体重、BMI、体脂肪率、空腹時血糖（以下FPG）、フルクトサミン、インスリン（以下IRI）、インスリン抵抗性の指標としてHOMA-R、中性脂肪、総コレステロール（以下TC）、HDLコレステロール（以下HDL-c）、LDLコレステロール（以下LDL-c）を測定した。BMIは体重（kg）÷身長（m）²によって算出し、HOMA-Rは、空腹時血糖（mg/dl）×空腹時インスリン（μU/ml）÷405によって算出した。さらに、食事療法に対する心理的指標として、佐藤らが開発した糖尿病用食事関連QOL尺度を使用した¹⁶⁾。この尺度は糖尿病患者の食事に関連したQOLを測定するために開発され、信頼性および妥当性が検討されている。運動習慣、喫煙習慣、既往歴、家族歴、治療内容、職業などは、問診票によって把握した。各指標の評価は、生化学・血液学検査、身体計測、食事関連QOL質問票記入をベースラインおよび2、3か月後に実施し（全3回）、3日間の食事記録（平日2日、休日1日）はベースラインおよび1か月ごとに全4回収した。

2群間における各指標の比較には、正確確率に基づくWilcoxonの順位和検定、Fisherの直接確率検定を用いた。群内における各指標の介入前後の変化にはwilcoxonの符号付順位和検定、教育前後の変化量の群間比較には、wilcoxonの順位和検定を行った。結果は平均値±SDで示した。統計的有意水準は5%とした。分析には統計パッケージSAS Windows版（Ver. 8.02）を用いた。

2-4. 倫理的配慮

本研究計画は、神奈川県立保健福祉大学研究倫理審査委員会によって審査され、承認を得た（判定結果通知番号16-015）。

結 果

本研究は対象者数95名を目標とした2年間の継続的な研究であるが、本論では2004年12月までの結果を中間報告として解析した。

1. 対象者の特性

対象者15名のうち、従来指導群の男性1名が仕事の都合で1か月目に脱落した(脱落率6.7%)。3か月間の教育プログラムを終了した対象者14名(男性6名、女性8名)の特性を表2に示した。対象者の平均年齢は 63 ± 7 歳で、生活習慣としては、飲酒量 2.7 ± 5.6 合/週、運動時間 284 ± 209 分/週、喫煙者は4名であり、GI群と従来指導群の間に有意差は見られなかった。また、平均HbA_{1c}は $6.4 \pm 0.7\%$ 、平均BMIが 24.1 ± 2.9 kg/m²であった。栄養素等摂取量の平均値は、エネルギー 1798 ± 379 kcal、たんぱく質のエネルギー割合(以下E%) $15.0 \pm 2.8\%$ 、脂質E% 26.2 ± 4.3 、炭水化物E% $58.8 \pm 4.7\%$ であった。GI群と従来指導群における教育前の各指標の平均値は、中性脂肪(GI群 84 ± 41 mg/dl vs. 従来指導群 226 ± 134 mg/dl, $P=0.011$)を除き、両群で有意差が見られなかった。

2. 教育前後の比較

2-1. 対象者全員における指標の変化

対象者14名の教育前後における各指標を表3に示した(ここでは、2群に共通する項目について述べ、食事のGIおよび組み合わせ食品などの評価は、次項の群内・群間比較において示した)。栄養素等摂取量については、食塩を除いて全体では有意な変化が見られなかった。身体計測値では、体重が有意に減少し(62.3 ± 14.0 kg vs. 61.5 ± 13.6 kg, $P=0.037$)、体脂肪率は有意に増加した($28.5 \pm 7.1\%$ vs. 29.5 ± 7.4 , $P=0.011$)。血液生化学検査値については、HbA_{1c}($6.4 \pm 0.7\%$ vs. 6.1 ± 0.6 , $P<0.01$)、TC(207 ± 42 mg/dl vs. 195 ± 40 mg/dl, $P=0.014$)、LDL-c(128 ± 37 mg/dl vs. 116 ± 38 mg/dl, $P=0.021$)が有意に低下し、食事関連QOLでは、食事療法の負担(66.7 ± 18.0 vs. 78.8 ± 13.0 , $P=0.015$)、食事療法からの受益感(57.1 ± 24.9 vs. 75.0 ± 9.8 , $P=0.047$)、心の健康(71.0 ± 14.0 vs. 78.1 ± 17.3 , $P=0.047$)の項目において、有意な改善が見られた。

表3 教育前後における各指標の比較*

	教育前	教育後	P値 [†]
栄養素等摂取量			
エネルギー(kcal)	1798 ± 379	1827 ± 414	0.542
たんぱく質(E%)	15.0 ± 2.8	15.8 ± 3.1	0.463
脂質(E%)	26.2 ± 4.3	25.2 ± 4.2	0.715
炭水化物(E%)	58.8 ± 4.7	59.0 ± 5.9	0.855
食物繊維(g)	17 ± 5	21 ± 8	0.058
食塩(g)	8 ± 2	10 ± 2	0.013
身体計測値			
体重(kg)	62.3 ± 14.0	61.5 ± 13.6	0.037
体脂肪率(%)	28.5 ± 7.1	29.5 ± 7.4	0.011
BMI(kg/m ²)	24.1 ± 2.9	23.9 ± 2.8	0.104
血液生化学検査値			
空腹時血糖(mg/dl)	132 ± 15	126 ± 18	0.094
HbA _{1c} (%)	6.4 ± 0.7	6.1 ± 0.6	0.002
フルクトサミン(μmol/L)	315 ± 36	309 ± 41	0.318
IRI(μU/ml)	7.5 ± 4.8	7.1 ± 4.8	0.552
HOMA-R	2.5 ± 1.6	2.3 ± 1.6	0.331
総コレステロール(mg/dl)	207 ± 42	195 ± 40	0.014
LDLコレステロール(mg/dl)	128 ± 37	116 ± 38	0.021
HDLコレステロール(mg/dl)	60 ± 15	61 ± 16	0.365
中性脂肪(mg/dl)	155 ± 120	147 ± 112	0.594
食事関連QOL			
食事全般の主観的満足感	73.2 ± 15.8	79.5 ± 14.2	0.058
食事療法の負担	66.7 ± 18.0	78.8 ± 13.0	0.015
食事療法からの受益感	66.4 ± 27.2	72.5 ± 20.7	0.173
全般的食事感	57.1 ± 24.9	75.0 ± 9.8	0.047
社会的機能の制限	82.1 ± 12.7	85.7 ± 18.9	0.531
活力	73.6 ± 13.9	80.7 ± 12.1	0.051
心の健康	71.0 ± 14.0	78.1 ± 17.3	0.047

*平均±SD、[†]wilcoxonの符号付順位和検定 (n=14)

HbA_{1c}:グリコヘモグロビン、IRI:インスリン

2-2. 各群内における指標の変化および2群間の比較

2-2-1. 食事評価指標

教育前後における食事評価指標の結果を表4に示した。GI群においては、教育前のエネルギー摂取量が1923 ± 449kcal、たんぱく質E%が16.2 ± 2.8%、脂質E%が24.8 ± 2.0%、炭水化物E%が59.0 ± 3.1%であり、これらの指標については教育後に有意な変化は見られなかった。GIに関する指標では、食事のGI (75.7 ± 6.6 vs. 64.8 ± 6.3, p=0.016) が有意に低下し、低GI食品による糖質摂取量 (95.6 ± 40.4g vs. 149.4 ± 49.1g, p=0.016)、低GI食品による糖質摂取割合 (38.6 ± 15.1% vs. 60.3 ± 9.7%, p=0.016) が有意に増加した。また、組み合わせ食品の摂取量も牛乳・乳製品 (86.0 ± 69.5 g vs. 213.8 ± 183.9g, p=0.031)、酢 (1.8 ± 1.7 g vs. 25.0 ± 24.4g, p=0.047) が有意に増加した。

従来指導群においては、教育前のエネルギー摂取量が1672 ± 269kcal、たんぱく質E%が13.8 ± 2.3%、脂質E%が27.6 ± 5.6%、炭水化物E%が58.6 ± 6.2%であり、これらの指標については教育後に有意な変化は見られなかった。GIに関する指標では、低GI食品による糖質摂取量 (71.4 ± 24.3 g vs. 92.1 ± 28.7g, p=0.016) が有意に増加していたものの、他の指標では有意な変化が見られなかった。

教育前後の変化量を2群間で比較したところ、従来指導群と比較して、GI群の食事のGIが有意に低下し (P=0.040)、低GI食品による糖質摂取量、牛乳・乳製品摂取量 (P=0.048) が有意に増加して

いた (P<0.05)。

表4 教育前後における食事評価指導の比較*

	GI群(n=7)			P値 [†]	従来指導群(n=7)			群間比較 P値 [‡]
	教育前	教育後			教育前	教育後	P値 [†]	
栄養素等摂取量								
エネルギー(kcal)	1923 ± 449	1907 ± 455	0.938	1672 ± 269	1746 ± 386	0.375	0.456	
たんぱく質(E%)	16.2 ± 2.8	16.5 ± 1.8	0.938	13.8 ± 2.3	15.2 ± 4.0	0.375	0.620	
脂質(E%)	24.8 ± 2.0	26.1 ± 3.1	0.469	27.6 ± 5.6	24.3 ± 5.2	0.297	0.165	
炭水化物(E%)	59.0 ± 3.1	57.4 ± 3.6	0.578	58.6 ± 6.2	60.5 ± 7.6	0.469	0.209	
食物繊維(g)	19 ± 5	24 ± 8	0.078	16 ± 5	18 ± 7	0.578	0.383	
食塩(g)	8 ± 2	11 ± 3	0.031	8 ± 3	9 ± 2	0.156	0.805	
GIに関する指標								
食事のGI	157 ± 45	134 ± 35	0.219	125 ± 24	131 ± 36	0.469	0.165	
食事のGI	75.7 ± 6.6	64.8 ± 6.3	0.016	76.3 ± 7.0	73.0 ± 8.4	0.156	0.004	
低GI食品による糖質摂取量(g)	95.6 ± 40.4	149.4 ± 49.1	0.016	71.4 ± 24.3	92.1 ± 28.7	0.016	0.040	
低GI食品による糖質摂取割合(%)	38.6 ± 15.1	60.3 ± 9.7	0.016	36.0 ± 9.7	43.1 ± 12.1	0.078	0.058	
組み合わせ食品[¶]								
牛乳・乳製品(g)	86.0 ± 69.5	213.8 ± 183.9	0.031	103.6 ± 82.1	104.3 ± 85.7	0.906	0.048	
納豆(g)	23.5 ± 26.3	22.4 ± 24.6	1.000	17.3 ± 12.6	13.1 ± 9.4	0.469	0.599	
酢(g)	1.8 ± 1.7	25.0 ± 24.4	0.047	3.4 ± 4.6	5.3 ± 6.6	1.000	0.103	
高GI主食との同時摂取割合(%) [§]	38.9 ± 20.8	62.7 ± 39.8	0.438	44.0 ± 29.3	42.9 ± 23.5	1.000	0.618	

*平均±SD、[†]wilcoxonの符号付順位和検定、[‡]教育前後の変化量を比較(wilcoxonの順位和検定)、[¶]高GIの主食と同時摂取することでGIが下がる食品、[§]組み合わせ食品と高GI主食を同時に摂取した回数/高GI主食を摂取した回数

2-2-2. 身体計測値、血液性化学検査値

教育前後における身体計測値、血液性化学検査値の結果を表5に示した。GI群においては、教育前のBMIが25.0 ± 3.7 (kg/m²)、HbA_{1c}が6.4 ± 0.8%、IRIが8.1 ± 6.3 μU/ml、TCが194 ± 16mg/dl、中性脂肪が84 ± 41mg/dlであった。HbA_{1c}の平均値は、教育後に低下したものの(5.9 ± 0.6%)、教育前との差は有意ではなかった。従来指導群においては、教育前のBMIが23.3 ± 1.7 (kg/m²)、HbA_{1c}が6.3 ± 0.6%、IRIが7.0 ± 3.0 μU/ml、TCが220 ± 57mg/dl、中性脂肪が226 ± 134mg/dlであった。HbA_{1c}の平均値は、教育後に低下したものの(6.2 ± 0.6%)、教育前との差は有意ではなかった。また、教育前後の変化量を2群間で比較したところ、有意な差は見られなかった。

表5 教育前後における身体計測値、血液生化学検査値の比較*

	GI群(n=7)			P値 [†]	従来指導群(n=7)			群間比較 P値 [‡]
	教育前	教育後			教育前	教育後	P値 [†]	
身体計測値								
体重(kg)	67.8 ± 17.9	66.9 ± 17.5	0.219	56.8 ± 5.7	56.0 ± 5.0	0.172	0.902	
体脂肪率(%)	26.6 ± 6.3	27.5 ± 7.0	0.109	30.3 ± 7.9	31.4 ± 7.8	0.078	0.620	
BMI(kg/m ²)	25.0 ± 3.7	24.6 ± 3.6	0.219	23.3 ± 1.7	23.1 ± 1.6	0.438	0.561	
血液生化学検査値								
空腹時血糖(mg/dl)	128 ± 13	124 ± 15	0.375	136 ± 18	127 ± 22	0.219	0.403	
HbA _{1c} (%)	6.4 ± 0.8	5.9 ± 0.6	0.063	6.3 ± 0.6	6.2 ± 0.6	0.063	0.153	
フルクトサミン(μmol/L)	312 ± 38	305 ± 44	0.578	318 ± 37	313 ± 41	0.578	0.927	
IRI(μU/ml)	8.1 ± 6.3	7.6 ± 6.5	0.922	7.0 ± 3.0	6.5 ± 2.9	0.391	0.779	
HOMA-R	2.6 ± 2.0	2.4 ± 2.1	0.813	2.4 ± 1.2	2.1 ± 1.1	0.219	0.971	
総コレステロール(mg/dl)	194 ± 16	189 ± 22	0.422	220 ± 57	201 ± 53	0.031	0.118	
LDLコレステロール(mg/dl)	122 ± 19	114 ± 21	0.156	133 ± 50	117 ± 51	0.188	0.927	
HDLコレステロール(mg/dl)	61 ± 17	63 ± 19	0.219	58 ± 14	59 ± 13	0.797	0.687	
中性脂肪(mg/dl)	84 ± 41	92 ± 71	0.844	226 ± 134	203 ± 123	0.578	0.209	

*平均±SD、[†]wilcoxonの符号付順位和検定、[‡]教育前後の変化量を比較(wilcoxonの順位和検定)
HbA_{1c}:グリコヘモグロビン、IRI:インスリン

2-2-3 . 食事関連QOL

教育前後における糖尿病用食事関連QOL尺度の結果を表6に示した。この尺度は、得点が100に近いほど、各項目におけるQOLが高いことを示す。GI群においては、食事全般の主観的満足感(72.3±8.7 vs. 84.8±8.7、P=0.031)、食事療法からの受益感(67.9±22.5 vs. 82.1±16.8、P=0.016)が有意に改善した。従来指導群においては、いずれの項目も有意な改善はみられなかった。また、教育前後の変化量を2群間で比較したところ、有意な差は見られなかった。

表6 教育前後に糖尿病用食事関連QOL尺度の比較*

	GI群(n=7)		P値 [†]	従来指導群(n=7)		P値 [†]	群間比較P値 [‡]
	教育前	教育後		教育前	教育後		
食事全般の主観的満足感	72.3 ± 8.7	84.8 ± 8.7	0.031	74.1 ± 21.5	74.1 ± 17.1	0.594	0.233
食事療法の負担	74.6 ± 11.3	83.0 ± 12.7	0.141	58.9 ± 20.8	74.6 ± 12.8	0.094	0.555
食事療法からの受益感	67.9 ± 22.5	82.1 ± 16.8	0.016	65.0 ± 33.0	62.9 ± 20.8	0.875	0.138
全般的食事感	60.7 ± 24.4	75.0 ± 0.0	0.500	53.6 ± 26.7	75.0 ± 14.4	0.188	0.796
社会的機能の制限	75.0 ± 12.5	85.7 ± 15.2	0.375	89.3 ± 8.6	85.7 ± 23.3	1.000	0.399
活力	70.7 ± 17.2	80.7 ± 12.7	0.156	76.4 ± 10.3	80.7 ± 12.4	0.250	0.332
心の健康	71.4 ± 8.0	79.5 ± 15.2	0.250	70.5 ± 19.0	76.8 ± 20.3	0.313	1.000

*平均±SD、[†]wilcoxonの符号付順位和検定、[‡]教育前後の変化量を比較(wilcoxonの順位和検定)

考 察

本研究では、牛乳・乳製品を活用した低GI教育手法を開発し、その効果を明らかにするために、完成した教材を用いて、栄養状態の評価・判定、個別栄養指導計画の作成、モニタリング、評価の総合的なマネジメント・サイクルに基づいた、個別カウンセリングとグループ・カウンセリングを組み合わせた3か月間の教育プログラムを作成した。また、低GI食は、従来の量の制限を中心とした食事と比較して血糖コントロールが改善することを仮説とし、糖尿病境界域者ならびに2型糖尿病患者を対象とした3か月間のランダム化比較試験によってこれを検討した。

1 . 教育プログラムの有効性の検討

教育プログラムの有効性を、全対象者における介入前後の各指標を比較することによって検討した。栄養素等摂取量については、個人によって目標が異なったことから、集団として一律に増加、あるいは減少という方向性なかったために、全体としては有意差が見られなかった。しかしながら、HbA_{1c}が有意に改善したことから、当教育プログラムは有効であったと言える(P<0.01)。さらに、体重、TC、LDL-cが有意に低下した(P<0.05)。体脂肪率に関しては有意に増加したが、これは本プログラムが食事の改善による有効性の評価を検証することが目的であったため、対象者に運動量を変化させないように指示したためと考えられる。

食事関連QOL尺度については、食事療法の負担、食事療法からの受益感、心の健康の項目におい

て改善が見られた ($P < 0.05$)。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⁷⁾。糖尿病治療の指針においては、代謝障害が中等度以下の場合、まずは適切な食事療法と運動療法を行うことが推奨されている⁷⁾。食事療法におけるQOLは、実践状況に大きく反映すると考えられる。また、たとえ一時的に代謝指標が改善したとしても、食事療法におけるQOLが低ければ、継続性に乏しいことが予測される。本教育プログラムでは、参加後に対象者の食事関連QOL尺度に改善が見られたことから、代謝指標の改善のみならず、QOLにも好影響を及ぼしたといえる。

以上の結果から、栄養状態の評価・判定、個別栄養指導計画の作成、モニタリング、評価の総合的なマネジメント・サイクルに基づいた、個別カウンセリングとグループ・カウンセリングを組み合わせた3か月間の教育プログラムは、血糖コントロールの改善において有効であったと言える。

2. 低GI食教育の有効性

2群間における栄養教育内容の差は、GIに関する教育のみであり、エネルギー摂取量や栄養バランスに関しては、個人の身体状況、生活習慣を考慮して個人ごとに目標を設定した。低GI食教育を受けたことによって、実際に低GI食が実践できたかどうかは、食事のGI、低GI食品による糖質摂取量および割合、組み合わせ食品の摂取状況などによって評価した。介入前の食事のGIは、GI群では75.7、従来教育群では76.3であったのに対し、教育後の食事のGIは、GI群が64.8、従来指導群が73.0であり、GI群のみ食事のGIが有意に低下し、変化量の群間差も有意であった ($P < 0.01$)。また、本研究では先行研究の結果を基に、低GI食の定義を、「1日の糖質摂取量のうち、45%以上を低GI食品 (GI 70) から摂っていること」とした¹⁴⁾。これに基づいて結果を評価すると、教育後のGI群における低GI食品による糖質摂取割合の平均値は60.3%であり、全員が45%以上という定義を満たしていた。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、低GI食の実践に有効であったといえる。さらに、高GI主食と組み合わせることによって、GIの低減効果があるとされる牛乳・乳製品の摂取量は、GI群においてのみ有意に増加し、変化量も従来指導群と比較して有意に大きかった ($P < 0.05$)。したがって、牛乳・乳製品の摂取量の増大に関しても、本教育プログラムは有効であったと考えられる。

教育前後のHbA_{1c}平均値を見ると、従来指導群と比較してGI群のほうが大きく低下していたものの、変化量は、従来指導群と比較して有意ではなかった。その他の身体計測値、糖代謝指標、脂質代謝指標については、初期値が高い者は改善度合いが大きかったものの、個人差が大きく、教育後の改善は有意ではなかった。

Millerらによる14報のランダム化比較試験のメタアナリシスによると、低GI食を一定期間以上摂取することにより、糖尿病のアウトカム指標であるHbA_{1c}が平均0.33ユニット減少した⁶⁾。また、Oppermanらによる16報のランダム化比較試験のメタアナリシスによると、HbA_{1c}が平均0.27ユニット低下した¹⁷⁾。本研究のGI群における教育後のHbA_{1c}減少量は0.47ユニット、対照群における減少量

は0.16ユニットであり、両群の差が0.31ユニットであった。GI群と従来指導群におけるHbA_{1c}の変化量に統計的な有意差を検出するためには、設定した目標値まで対象者数を拡大する必要がある。

一方、HbA_{1c}は過去1～2か月間の平均血糖値を反映する指標で、血糖コントロール状態の指標となる⁷⁾。このため、日本糖尿病学会では、血糖コントロールの指標ではHbA_{1c}を重視し、主要な判定はこれによって行うことを推奨している。本プログラムは3か月間であるため、HbA_{1c}が十分に改善するには、プログラムが短期間であった可能性が考えられた。このため、血糖コントロールを評価する指標としてフルクトサミンも測定した。HbA_{1c}が過去1～2か月の平均血糖値を反映するのに対し、フルクトサミンはより近い過去1～2週間の血糖コントロール状態の把握に有用である¹⁸⁾。したがって、HbA_{1c}よりも本プログラムの効果が反映されやすいと考えられたが、HbA_{1c}が全体では有意に低下したにもかかわらず、フルクトサミンについては有意な改善が見られなかった。前述のメタアナリシスにおいてはフルクトサミンの有意な改善も報告されているため⁶⁾、今後、対象者数を拡大した際に再び検討する必要がある。

また、初期値が高い者は検査値が下がりやすいと考えられるが、本研究では、日本糖尿病学会が示す4段階の評価のうち、優から可(すなわちHbA_{1c}5.8～7.9%)に血糖コントロール状況が当てはまるものを対象とした。このため、改善する割合が、絶対量としては少ない傾向にあったと考えられた。いずれにしても、平成16年12月までにプログラムを終了した対象者が14名であったため、必要数まで対象者を拡大させて、有効性をさらに検討する必要がある。

食事関連QOLに関しては、GI群においてのみ食事全般の主観的満足感、食事療法からの受益感が有意に改善したのに対し(P<0.05)、従来指導群においては、いずれの項目も有意な改善はみられなかった。変化量については両群で有意差がなかったものの、摂取量よりも糖質の質に重点をおいた低GI食教育のほうが、食事関連QOLの改善に有効である可能性が示唆された。

結 論

昨年度開発した教材を用いた教育プログラムによって、対象者の血糖コントロール、脂質代謝、食事関連QOLが改善した。また、低GI食群においては、全員が低GI食を実践でき、牛乳・乳製品の摂取量が増加した。来年度は必要数まで対象者を拡大し、血糖コントロールにおける牛乳・乳製品を活用した低GI食教育の有効性を明らかにする必要がある。

参考文献

- 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, 362-6.

- 2) Wolever TM, Jenkins DJ, Jenkins AL, Josse RG (1991) : The glycemic index: methodology and clinical implications. Am J Clin Nutr 54, 846-54.
- 3) Foster-Powell K, Miller JB (1995) : International tables of glycemic index. Am J Clin Nutr 62, 871S-890S.
- 4) Foster-Powell K, Holt SHA, Miller JCB (2002) : International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Am J Clin Nutr 76, 5-56.
- 5) FAO/WHO Expert consultation (1998) : Carbohydrates in human nutrition Geneva: Food and Agriculture Organization, World Health Organization. FAO Food and Nutrition 66.
- 6) 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. 26 (8) : 2261-7, 2003
- 7) 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、南江堂、2004.
- 8) Sugiyama M., Tang AC, Wakaki Y, Koyama W: Glycemic index of single and mixed meal food among common Japanese foods with rice as a reference food. Eur J Clin Nutr 57, 743-752, 2003.
- 9) 杉山みち子、若木陽子、中本典子、小山和作他21名 : ごはん食とGlycemic Indexに関する研究、日本健康・栄養システム学会 3 (1) , 1-15 , 2003.
- 10) 若木陽子、杉山みち子、中本典子、小山和作、安部真佐子、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、日本健康科学会雑誌17: 133-142, 2001.
- 11) 若木陽子、中本典子、塩山更正、小山和作、杉山みち子、栄養教育システムのグリセミック・インデックスの導入について、日本健康・栄養システム学会誌、1 : 166 - 177,2001.
- 12) 杉山みち子、安部真佐子、若木陽子、中本典子、小山和作、米飯のグリセミック・インデックス、日本健康科学会雑誌 16, 175-186, 2000.
- 13) Y Amano, K Kawakubo, JS Lee, AC Tang, M Sugiyama, K Mori (2004) , Correlation between dietary glycemic index and cardiovascular disease risk factors among Japanese women, Eur. J. Clin. Nutr. 58. 11. 1472-1478.
- 14) 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、P99-109、平成16年 7 月 .
- 15) 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 24 (7) :1137-43, 2001.
- 16) Sato E. Suzukamo Y. Miyashita M. Kazuma K. (2004) , Development of a diabetes diet-related quality-of-life scale, Diabetes Care. 27 (6) : 1271-5.

- 17) 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 92 (3) : 367-81, 2004.
- 18) 株式会社三菱化学ビーシーエル、検査項目解説（ホームページ）：
<http://www.mbcl.co.jp/compendium/top.asp>