

博士（栄養学）学位論文要旨

グリセミック・インデックス(GI)測定における
血糖自己測定と近赤外分光法を用いた非侵襲
血糖測定との比較検討

Comparative Study on Self-Monitoring of Blood Glucose
(SMBG) and Non-Invasive Blood Glucose Sensor Using
Short-Wavelength Near-Infrared Spectroscopy in
Glycemic Index (GI) Determination

2016年

指導教員 三浦 理代 教授

1302001

百瀬 晶子

MOMOSE, Akiko

女子栄養大学

食後高血糖は糖尿病発症前より観察され、糖尿病の発症や治療の増悪、循環器疾患発症等のリスクファクターであることが報告されている。食後高血糖の是正は糖尿病の予防・治療に重要である。食品の食後血糖上昇の程度を表す指標として Glycemic Index (GI)があり、疫学調査や介入試験により GI の低い食品の摂取が食後血糖上昇の抑制や、糖尿病予防、糖尿病患者の血糖コントロールに繋がる可能性が示唆されている。一方で、我が国の GI の概念による食後血糖管理の導入は未だ途上であり、その背景として米飯を主食とする日本型食生活に適合した検証が不十分であることが挙げられる。また、血糖自己測定(SMBG)は、糖尿病患者の血糖コントロールや、GI 測定において重要な手段であるが、採血を伴うため、測定者にとってより安全で負担の伴わない方法が求められる。これらの背景から、本研究では、伝統的な日本食の低 GI 化を目指し、高 GI 食品である主食の米飯と組合せて GI を抑えるような副菜の探索を目的とし、GI 測定により副菜のスクリーニングを行うと共に、副菜中の食品成分と GI との関連について検討するため、食後血糖変動に影響を及ぼすことが示唆される食品成分の分析を試みた。また、採血を必要とする SMBG と採血を伴わない近赤外分光法による非侵襲血糖測定とを同時に行い、これらの測定方法の相関について検討した。

【 1 】第 1 章では、米飯と副菜の組み合わせによる食後血糖変動について、副菜としての摂取重量を設定した植物性食品を用いた GI 測定により評価した。第 1 節では植物性食品として、こまつな(ゆで)、キャベツ(ゆで)、トマト(生)、だいず(水煮)、ながいも(生)について検討した。5 種類全ての米飯と植物性食品の組み合わせにおいて、基準食の米飯よりも食後血糖上昇が低下し、米飯単独で摂取するより、米飯に副菜を組み合わせることで食後血糖上昇が抑制できることが示唆された。また、

特にながいも(生)において、基準食に比べ食後血糖上昇が低下し、平均GI値(74.6%)や食後2時間における血糖曲線下面積および最高血糖値で有意な低下が認められ、ながいもの特長的な成分である粘性物質の作用によると考えられた。第2節ではGI低下に粘性物質が関与する可能性に注目し、納豆について検討を試みたが、納豆では基準食と比較して食後血糖上昇に有意な低下は認められなかった。また、粘性食品の加熱操作による食後血糖値への影響を検討するため、加熱したながいもと納豆のGI測定を行い、何れも加熱によってGI値は上昇した。これらの結果から、米飯と副菜を組み合わせることで食後血糖上昇を抑制する可能性が示唆され、粘性食品については特にGI低下が認められるものがあるが、一方で加熱操作により加熱前のような効果が認められないことが明らかとなった。

【2】第2章では、第1章で副菜として用いた植物性食品中の成分とGIとの関連について検討するため、GIに影響を及ぼすことが示唆される食品成分の分析を試みた。総ポリフェノール量および食物繊維量とGI値とで相関は認められなかったため、それ以外の成分の作用によるものと考えられた。最もGIが低下したながいも(生)の食後血糖上昇抑制作用について、ながいも特有の粘性物質によるものであることが考えられた。また、供試試料の糖質構成を分析し、他の供試試料に比べてながいもではデンプン含量が多く(512.0mg/dw/g)、更にデンプンの質(アミロース、アミロペクチン含量やRSなど)について分析を重ねることで、ながいもの血糖上昇抑制の機序が明らかとなることが期待された。また、加熱操作の有無による粘性食品の粘度を測定し、ながいもと納豆では粘性物質の構造や性状が異なり、加熱によりその性質が変化することが示唆された。

【 3 】第 3 章では、近赤外分光法を用いた非侵襲血糖測定法の検討を行った。測定は、第 1 章の GI 測定と同様のタイミングで行い、手の平の小指球部の近赤外拡散反射スペクトル(700~1,050 nm, 測定間隔: 2nm, 積算回数: 50 回, 測定時間: 25 秒)を測定した。第 1 節では、解析手法として PLS 回帰分析を適用し、作成した個人の検量モデルから血糖値の推定を試みた。推定した血糖値を評価し、グルコース関連の信号として捉えていると考えられ(920nm および 988nm における $VIP \geq 1$, 回帰係数 > 0)、血糖測定器の臨床的精度を評価する分析指標の CEG(Clark error grid)の A,B zone にプロットされ、推定精度が良いと考えられる検量モデルが存在する一方で、血糖推定値と SMBG の血糖実測値の変動傾向は類似しても推定精度が良くない場合があり、外乱の影響を制御しきれていないことが推察された。第 2 節では、各対象者の各負荷試験毎に血糖変動に連動する波長を選択し、空腹時からの血糖変化量と吸光度変化量を用いた単回帰分析により血糖値を推定した。血糖推定値から算出した IAUC、平均 GI 値は、血糖実測値からの算出値を良く再現した。第 2 節で用いた解析手法は、これまでの近赤外短波長領域における検討ではなされていない新規性のある知見である。また、単回帰分析により個人の検量モデルを測定日ごとに構築することで、近赤外分光法による非侵襲血糖測定も実現可能であることが示唆された。今後、検量モデル構築時に用いる血糖実測値の最小サンプル数や、測定時間を延長した検討により、糖尿病患者や GI 測定における血糖変動の連続モニタリング、侵襲を要する血糖測定回数の低減への応用が期待される。また、本章で得た知見は、糖尿病患者の血糖コントロールや GI 測定対象者の採血を伴う侵襲的な血糖測定に替わる、非侵襲的な測定技術として実用化が期待され、測定者の負担軽減に貢献でき得るものである。