

## 食事の摂取順序による血糖値への影響 (第2報)

～食物繊維が血糖値に及ぼす影響について～

古 賀 克 彦

Influence to a blood glucose level of order of the meal.

The effect of dietary fiber on blood glucose level.

Katsuhiko KOGA

### 1 はじめに

糖尿病は血糖値が病的に高い状態のことであり、WHOでは「インスリンの作用や分泌の絶対的あるいは相対的欠乏による高血糖と炭水化物・脂質・たんぱく質代謝障害に特徴づけられる疾患」と定義されている。直接的な症状としては高血糖に基づく口渴、多飲、多尿や体重減少、易疲労感などがあり、またインスリンの分泌や作用が不足することにより高浸透圧高血糖症候群や糖尿病ケトアシドーシスなどを引き起こす。この高血糖状態が長期間続くと腎症、網膜症、神経障害などの慢性合併症を発症する。糖尿病性腎症は新規腎透析導入の原因の4割を超え、また糖尿病性網膜症は後天的失明原因の大きな原因になるなど、糖尿病による慢性合併症は社会的問題になっている。この慢性合併症は高血糖のためアルデヒド基を有する血液中のグルコース濃度が上昇し、反応性の高いアルデヒド基が血管内皮のたんぱく質と結合・変性を起こし体中の毛細血管がダメージを受けることにより起こると考えられている。

糖尿病の発症・進展やその合併症を予防するためには、血糖コントロールが重要となる。血糖値は変動幅を小さくし空腹平常時の血糖値に近づけることが望ましく、糖尿病発症初期から良好な血糖コントロールを実施できれば、糖尿病合併症発症を防ぐことが可能である。2型糖尿病治療では血糖値を適切な値にコントロールするために食事療法や運動療法、薬物療法を組み合わせる治療を

行うが、この中でも食事療法は基本となる治療法である。糖尿病患者を対象とした食事療法は食事の内容や質を見直しエネルギー摂取量を適切な値にしたり、炭水化物、たんぱく質、脂質など栄養バランスの偏りを直す事により行うが、これまで長年続けてきた食習慣を変更することは難しく食事療法の継続は難しい。

しかし近年、糖尿病の食事療法として食事内容は変更せず最初に野菜等食物繊維を多く含む料理を食べ、その後に白飯など炭水化物の多い料理を食すことにより行う食事療法、いわゆる「食べ順ダイエット」が注目されている。食物繊維を多く含む食品を先に食べることにより、消化管通過時間が延長され、急激な血糖値上昇抑制やインスリン分泌量減少などの作用が期待され、その効果によって良好な血糖値コントロールが期待される。この食べ順ダイエットの効果は、最初に食物繊維を多く含む食品を摂取することにより消化管通過時間が延長し、緩やかにグルコースが吸収されるためにより起こると推測されている。

食物繊維とは「人の消化酵素によって消化されない、食物に含まれている難消化性成分の総称」と定義されており、水への可溶性の有無から水溶性食物繊維と不溶性食物繊維に分類される。水溶性食物繊維にはアルギン酸ナトリウム、アガロース、イヌリン、カラギーナン、グルコマンナン、難消化性デキストリン、フコイダン、ペクチン、 $\beta$ グルカン、ポリデキストロースなどがあり、食

物として摂取した場合の働きとして食べ物に粘性を与え消化管通過時間を長くしたり、コレステロール等を吸着し体外に排出したり、大腸内で大腸菌により発酵・分解され腸内環境改善効果がある。不溶性食物繊維にはキチン、キトサン、セルロース、ヘミセルロース、リグニンなどがあり、食物として摂取した場合消化管内で水分を吸収し膨張し、腸を刺激することにより蠕動運動を活発にし、便通改善効果がある。

そこで今回、食べ順ダイエットと食物繊維の種類の関係を調べるため、健常女子大生4名を対象に、白飯の前に水溶性食物繊維として難消化性デキストリンを摂取した場合の血糖値変化および、不溶性食物繊維としてセルロースを食事前に摂取した場合の血糖値の変化について調査を行ったので以下に報告する。

## 2 実験方法

健常な女子大生4名(19~20歳)を調査対象とし、①食事前に摂取する難消化性デキストリン量の違いが血糖値へ及ぼす影響、②食事前に難消化性デキストリンとセルロースを摂取した場合の血糖値へ及ぼす影響について調査を行った。なお対象者には事前に研究内容について説明を行い、同意を得て実施した。

血糖測定はニプロ(株)が発売している自己検査用グルコースキット・ニプロ TRUEpico および自己検査用グルコースキット・ニプロ TRUE センサーを、採血用穿刺器具はテルモ(株)のメディセーフファインタッチ MS-GN02を用いて実施した。血糖値を測定する際は採血を行う指をアルコール綿で消毒し、採血用穿刺器具を用いて穿刺し穿刺部を軽く押し血液を採取した。採取した血液はセンサーの血液吸引部を血液に軽く触れさせ吸引させ血糖値測定を実施した。

### 2-1. 難消化性デキストリン量の違いによる血糖値の影響について

被験者は測定当日朝9時までに朝食を摂取し3時間以上絶食し、午後0時より採血を行い空腹時の血糖値を測定し食事を摂取した。試験に用いた

表1 白飯の栄養価(200gあたり)

| 栄養価 | エネルギー<br>(kcal) | たん白質<br>(g) | 脂質<br>(g) | 炭水化物<br>(g) | 食塩相当量<br>(g) |
|-----|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------|
| 白飯  | 290             | 4.2         | 0.8       | 65.6        | 0            |

白飯は炊飯や配膳によるばらつきを防ぐため包装米飯(co-op 国産素材おいしいご飯:山形県産はえぬき)200gを用いた。白飯の栄養価を表1に示す。水溶性食物繊維として難消化性デキストリン(難消化性デキストリン(水溶性食物繊維)400g(微顆粒品)、ヘルシーカンパニー社)を用いた。食事摂取の順番は①白飯200gのみ、②難消化性デキストリン5gを摂取した後白飯200g摂取、③難消化性デキストリン10gを摂取した後白飯200gを摂取の3パターンについて調査を実施した。食事の時間は15分とし、食事30分後、食事1時間後、食事2時間後の血糖値を測定した。対象者は試験を行っている間は室内で着席した状態で過ごし、飲水や飲食は禁止した。

### 2-2. 食物繊維の種類と血糖値の関係について

被験者は測定当日朝9時までに朝食を摂取し3時間以上絶食し、午後0時より採血を行い空腹時の血糖値を測定し食事を摂取した。試験に用いた白飯は包装米飯(co-op 国産素材おいしいご飯:山形県産はえぬき)200g、水溶性食物繊維として難消化性デキストリン(難消化性デキストリン(水溶性食物繊維)400g(微顆粒品)、ヘルシーカンパニー社)、不溶性食物繊維としてセルロース(国産セルロース(不溶性食物繊維)400g、ヘルシーカンパニー社)を用いた。食事摂取の順番は①白飯200gのみ、②難消化性デキストリン5gを摂取した後白飯200g摂取、③セルロース5gを摂取したのち白飯200gを摂取の3パターンについて調査を実施した。食事の時間は15分とし、食事30分後、食事1時間後、食事2時間後の血糖値を測定した。対象者は試験を行っている間は室内で着席した状態で過ごし、飲水や飲食は禁止した。

### 3 結果・考察

#### 3-1. 水溶性食物繊維を摂取した場合の血糖値への影響

水溶性食物繊維として難消化性デキストリンを5gおよび10g摂取した後、白飯200gを摂取した場合の血糖値の変化をグラフ1および表2に示す。

水溶性食物繊維の難消化性デキストリン5gを先に摂取した場合の血糖値は、白飯のみの場合に比べ食事30分後は17.0mg/dl、食後1時間後は5.8mg/dl、食後2時間後は4.7mg/dl低い値を示した。難消化性デキストリン10gを先に摂取した場合の血糖値は、白飯のみの場合に比べ食事30分後は18.7mg/dl、食後1時間後は15.2mg/dl高い値を示し、食後2時間後は7.2mg/dl低い値を示した。

水溶性食物繊維である難消化性デキストリン5gを白飯200gより先に摂取した場合の血糖値は、すべての時間帯において白飯のみ摂取した場合の血糖値より低い値を示した。これは水溶性食物繊維が持つ消化管通過時間遅延効果が表れたためだと思われる。次に難消化性デキストリン10gを先に摂取し白飯を摂取した場合の血糖値は、食事30分後と食事1時間後で白飯のみを摂取した場合より高い値を示した。この原因として食物繊維を過

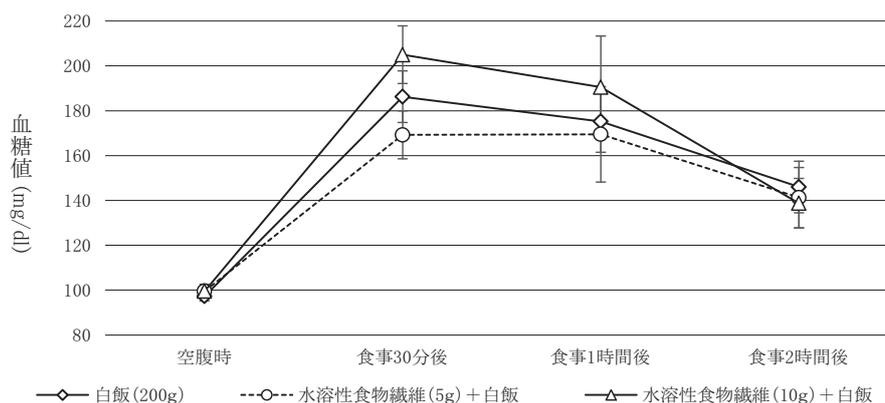
剰に摂取したため消化管を強く刺激し、その結果消化管通過速度が速まり早く吸収されたためだと推測された。難消化性デキストリンなど水溶性食物繊維の過剰摂取は大腸内の浸透圧を上昇させ下痢等の症状を示す場合もあり、血糖値上昇抑制効果を期待して水溶性食物繊維を摂取する場合、一度に過剰摂取する事を控え、高血糖予防の為に1食あたりの摂取目安量を示す必要があると考えられた。

#### 3-2. 食物繊維の種類と血糖値の関係について

水溶性食物繊維として難消化性デキストリンと、不溶性食物繊維としてセルロースをそれぞれ5gずつ摂取し白飯200gを摂取した場合の血糖値の変化をグラフ2および表3に示す。

水溶性食物繊維の難消化性デキストリン5gを先に摂取した場合の血糖値は、白飯のみの場合に比べ食事30分後は17.0mg/dl、食後1時間後は5.8mg/dl、食後2時間後は4.7mg/dl低い値を示した。食後最も高い値を示した食事30分後では白飯のみと比較すると血糖値は17.0mg/dl低く、水溶性食物繊維の血糖上昇抑制効果が示唆された。

不溶性食物繊維としてセルロース5gを先に摂取した場合の血糖値は、白飯のみの場合に比べ食

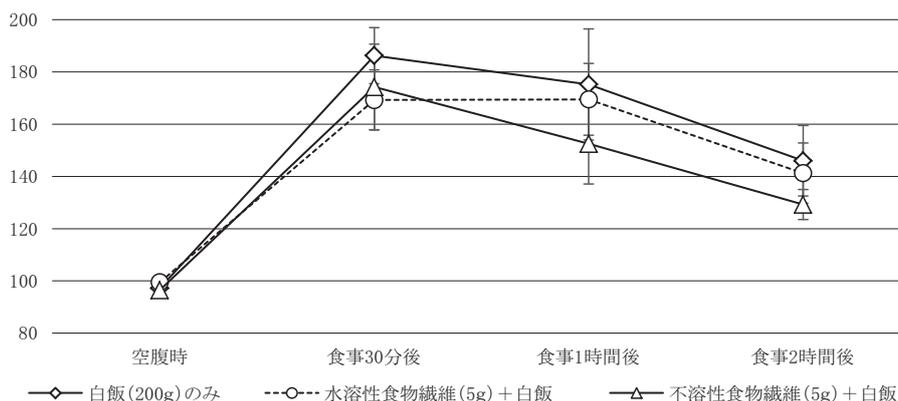


グラフ1 難消化性デキストリン量による血糖値の影響

表2 難消化性デキストリン量の違いによる血糖値の影響について

|                    | 空腹時         | 食事30分後        | 食事1時間後        | 食事2時間後        |
|--------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 白飯 (200g)          | 97.3 (±3.1) | 186.3 (±10.7) | 175.3 (±21.3) | 146.0 (±13.5) |
| 水溶性食物繊維 (5g) + 白飯  | 99.5 (±2.1) | 169.3 (±11.5) | 169.5 (±13.7) | 141.3 (±11.5) |
| 水溶性食物繊維 (10g) + 白飯 | 99.5 (±1.7) | 205 (±12.8)   | 190.5 (±22.8) | 138.8 (±11.1) |

(±血糖値 mg/dl ( ) 内は標準誤差)



グラフ 2 食物繊維の種類と血糖値の関係について

表 3 食物繊維の種類と血糖値の関係について

|                | 空腹時         | 食事30分後        | 食事1時間後        | 食事2時間後        |
|----------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 白飯(200g)       | 97.3 (±3.1) | 186.3 (±10.7) | 175.3 (±21.3) | 146.0 (±13.5) |
| 水溶性食物繊維(5g)+白飯 | 99.5 (±2.1) | 169.3 (±11.5) | 169.5 (±13.7) | 141.3 (±11.5) |
| 不溶性食物繊維(5g)+白飯 | 96.5 (±2.6) | 174.3 (±16.4) | 152.5 (±15.4) | 129.3 (±5.7)  |

(血糖値 mg/dl ( ) 内は標準誤差)

事30分後は12.0mg/dl、食後1時間後は22.8mg/dl、食後2時間後は16.7mg/dl低い値を示した。セルロースの血糖上昇抑制効果は血糖値が食後最も高い値を示した食事30分後では水溶性食物繊維を摂取した場合と比べ血糖上昇抑制効果は低いが、食後1時間後、食後2時間後では強い血糖値上昇抑制効果が見られた。

一般的には血糖値上昇抑制効果を示すのは水溶性食物繊維で、不溶性食物繊維は血糖値上昇抑制効果を持たないとされている。しかし今回の実験ではピーク時の血糖上昇抑制効果こそ水溶性食物繊維が高かったが、食後1時間後と食後2時間後の血糖値上昇抑制効果は不溶性食物繊維が高い結果となった。水溶性食物繊維は消化管内で水分を吸収し、その結果胃内容物が粘性を示すことにより消化管通過時間が長くなり血糖値上昇抑制効果を示すと考えられている。不溶性食物繊維はこのような働きはないといわれておりこのような結果になる機序は不明だが、不溶性食物繊維にも消化管通過時間延長や、インクレチン関連物質の分泌促進作用などの効果により血糖値上昇抑制効果が見られることが示唆された。

#### 4 結 語

今回、食物繊維の種類や摂取量が血糖値にどのような影響を及ぼすか調査を行った。その結果、一定量の水溶性食物繊維を摂取した場合は血糖値上昇抑制効果が見られたが、多量の水溶性食物繊維を摂取した場合逆に血糖上昇効果が見られた。また、従来血糖値上昇抑制効果があるとされていた水溶性食物繊維だけではなく、機序は不明だが不溶性食物繊維にも血糖値上昇抑制効果が見られた。

日本糖尿病学会が治療の指針として作成している「科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン2013」では摂取エネルギー量と三大栄養素の配分、食塩摂取、食物繊維については説明があり、食物繊維については「食物繊維は糖尿病状態の改善に有効であり、炭水化物摂取量とは無関係に20g 日以上の摂取を促す。」と記載されているが、食物繊維の種類や摂取上限に関する記載はない。また、糖尿病患者に栄養指導を行う際に用いる「糖尿病食事療法のための食品交換表 第7版」では「食物繊維には食後の血糖上昇を抑えたり便通を改善させる効果があり、さらに水溶性食物繊維には血中コレステロールの上昇を防ぐ作用もあるなど、健康を保つうえで重要な働きがあります。糖尿病

の治療と動脈硬化の予防、健康保持のために毎日の食事で食物繊維を（20～25g）取るように努めましょう。」との記載があり、水溶性食物繊維の効能・効果や食物繊維摂取量について書き記してあるが、不溶性食物繊維の働きや水溶性食物繊維を過剰に摂取した場合の弊害に関する記載はない。

糖尿病食事療法の目的は血糖値の望ましい値まで低下させ、また血糖値の日内変動を小さくし合併症を予防することであり、適切な摂取エネルギーや三大栄養素のバランスが取れた食事を続けることは糖尿病食事療法の基本である。この従来の食事療法に合わせ、外食などでも実施しやすい「食べ順ダイエット」として適切な量や種類の食物繊維を摂取することにより食事療法のコンプライアンスも向上し、良好な血糖コントロールも可能になると考えられる。しかしながら食物繊維が血糖値に及ぼす影響は不明な点も多いため、今後も食物繊維の種類や量がどのように影響を及ぼすのか、また、他の栄養素や食品が血糖値にどのような影響を及ぼすか調査していきたい。

## 5 参考文献

- ・玉川和子（2015）『臨床調理 第6版』、医歯薬出版(株)
- ・日本糖尿病学会編・著（2014）『糖尿病食事療法のための食品交換表 第7版』、(株)文光堂
- ・佐藤和人（2014）『エッセンシャル臨床栄養学 第7版』、医歯薬出版(株)
- ・日本糖尿病学会編・著（2013）『科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン』、(株)南江堂
- ・医療情報科学研究所（2010）『病気が見える vol. 3 第2版』、(株)メディックメディア
- ・科学技術省資源調査会編（2010）『日本食品標準成分表2010』、大蔵省印刷局
- ・今井佐恵子（2010）「糖尿病患者における食品の摂取順序による食後血糖上昇抑制効果」、『糖尿病』53（2）、p112～115
- ・青江誠一郎（2008）『食物繊維基礎と応用』、第一出版(株)
- ・文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会、編『日本食品標準成分表2015年版（七訂）』、全国官報販売協同組合