

食物の咀嚼が食後血糖値に与える影響

芳野 憲司・松原 朋美・田埜 京香

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第63号抜刷）

食物の咀嚼が食後血糖値に与える影響

Effect of chewing on postprandial blood glucose

芳野 憲司^{1)†}・松原 朋美²⁾・田埜 京香²⁾

要旨

我々は、でんぷんが主な炭水化物成分である米飯とブドウ糖入りゼラチンゼリー（以下ブドウ糖ゼリー）を用い、健常者を対象に咀嚼の有無が食後血糖値上昇に与える影響についての研究を行うとともに、咀嚼が炭水化物の種類の違いによる食後血糖値の上昇に与える影響についての研究も行った。ブドウ糖ゼリーと米飯摂取後間での食後血糖値の上昇作用の比較では、咀嚼の有無に関わらず、食後15分の血糖値は米飯の摂取後に比べブドウ糖ゼリーの摂取後の方が有意に高かった。一方で咀嚼の有無に関わらず、食後120分の血糖値はブドウ糖ゼリーの摂取後に比べ米飯の摂取後の方が有意に高かった。また、血糖上昇曲線下面積（Incremental Area Under the Curve: IAUC）は両者の間で有意な差は認められなかった。咀嚼の有無間での食後血糖上昇作用の比較では、ブドウ糖入りゼリーと米飯の両方で、全ての測定時間における血糖値に有意な差は認められず、IAUCにも有意な差は認められなかった。以上の結果から、米飯に比べてブドウ糖の方が血糖上昇は速く、血糖値の上昇後の血糖降下はブドウ糖の方が速いものの食後血糖値の上昇の持続程度に影響しないことと、食後の血糖値の上昇に咀嚼が影響しないことが示された。また、咀嚼による食後血糖値の上昇に、摂取する炭水化物の種類が影響しないことが示された。

キーワード：咀嚼、食後血糖値

はじめに

咀嚼とは、日常生活の中で、食物を嚥下に適した性状にするために、食物を噛み砕き、唾液と混和するプロセスである。咀嚼は、顎を丈夫にし、唾液の分泌を促す。唾液には、でんぷん消化酵素である α -アミラーゼや、リゾチームやラクトフェリンなどの抗菌作用を持つ物質が含まれており、食物の消化、う歯や歯周病を予防する効果がある。

これまでの咀嚼と食後血糖値の関係を示した研究として、健常者を対象に、とうもろこし、米飯、じゃが

いも、りんごを咀嚼せずに摂取した場合に比べ、咀嚼して摂取した場合のほうが食後血糖値の上昇の程度が大きかったことがReadらによって報告されている¹⁾。ところが鈴木らの研究報告では、健常者においてはハンバーグとライスからなる試験食を1口10秒間咀嚼して摂取した場合に比べ30秒間咀嚼して摂取した場合の方が食後血糖値の上昇を抑制されるとされており²⁾、咀嚼の食後血糖値に与える影響についての一定の結論が得られておらず、さらなる研究を要すると考えた。そこで本研究では、健常者を対象として咀嚼の有無が食後血糖値の上昇に与える影響についての研究をすることにした。また、摂取する炭水化物の種類の違いが

†：著者責任者

¹⁾ 美作大学生活科学部食物学科

²⁾ 美作大学生活科学部食物学科学生

咀嚼による食後血糖値に与える影響を調べた研究はこれまでに行われていない。唾液には α -アミラーゼが含まれており、でんぷんの消化が行われる。米飯の咀嚼に伴う唾液の分泌量は咀嚼時間に比例し、in vivoでの消化試験においてオリゴ糖の生成量は咀嚼回数の影響を受けることが示されていることから³⁾、咀嚼による食後血糖値の上昇作用はでんぷんよりもブドウ糖のほうが大きいものになると予想される。そこで、この摂取する炭水化物の種類の違いが咀嚼による食後血糖値の上昇に与える影響についての研究も行った。

方 法

1. 対象者

ヘルシンキ宣言に基づき、事前に研究目的、研究の危険性、倫理的配慮について書面でのインフォームドコンセントを行い、本人の自由意志による研究への参加の同意を得た美作大学生活科学部食物学科の学生12名を対象に行った。なお、本研究は、美作大学・美作短期大学部研究倫理審査委員会において承認を得ている。

2. 試験食

本研究では、炭水化物の種類が咀嚼による食後血糖上昇にどのように影響するかを評価するために、含有する主な炭水化物の種類が異なる2種類の食品としてブドウ糖入りのゼラチンゼリー（以下、ブドウ糖ゼリー）とでんぷんが主な炭水化物成分である米飯を試験食として用いた。ゼラチンにはクックゼラチン（森永製菓株式会社）を用い、ゼリーのゼラチンは2%濃度とした。米飯にはサトウのごはん（サトウ食品株式会社）を用いた。1回の摂取量は炭水化物50gに相当する量とし、米飯の1回の摂取量は食品成分表示を基に計算し150gとした。

3. 研究デザイン

同一対象者にブドウ糖ゼリーまたは米飯を、咀嚼ありまたはなしで異なる日に摂取してもらい、食前、食後15分、30分、60分、120分の血糖値の測定を行った。

対象者には測定当日に朝食を欠食してもらい、午前9:00から研究を開始した。各本試験は、ブラインド試験が不可能でありオープン試験で実施した。

4. 血糖値の測定

血糖値は自己で指先を針で穿刺して得られた血液をグルテストセンサー（三和化学研究所株式会社）に回集し、グルテストアプリ（三和化学研究所株式会社）で測定した。穿刺前後にはアルコール綿による消毒を行った。

5. 食品の摂取方法

食品の摂取方法は1口量をスプーン1杯とし、咀嚼ありの場合の咀嚼時間は15秒、咀嚼無の場合は丸飲みすることで統一した。

6. 血糖上昇曲線下面積（Incremental Area Under the Curve: IAUC）の算出

IAUCは以下の式で算出した。ただし、ベースラインとなる食前血糖値を下回る部分の面積はゼロとして計算した。

$$\text{IAUC} = \text{食後15分血糖値} \times 15/2 + (\text{食後15分血糖値} + \text{食後30分血糖値}) \times 15/2 + (\text{食後30分血糖値} + \text{食後60分血糖値}) \times 30/2 + (\text{食後60分血糖値} + \text{食後120分血糖値}) \times 60/2$$

7. Glycemic Index (GI) の計算

ブドウ糖ゼリーのIAUCをGI 100とし、以下の式で、米飯のGIを算出した。

$$\text{GI} = \text{米飯のIAUC} / \text{ブドウ糖ゼリーのIAUC} \times 100$$

8. 統計解析

統計解析はSPSS statistics 22（日本IBM株式会社）で行った。表1および表2における多重比較の検定は、Tukey法で行った。

9. 利益相反

本研究において報告すべき利益相反はない。

表 1. 炭水化物50 g分のブドウ糖ゼリーおよび米飯を咀嚼の有りもしくは咀嚼の無しで摂取した後の血糖値の変動

食品	咀嚼	血糖値 (mg/dl)				
		食前	食後15分	食後30分	食後60分	食後120分
ブドウ糖ゼリー	無し	79.3±3.9	135.5±21.1 ^{ab}	150.0±37.0	120.7±30.3	72.0±13.8 ^{ef}
ブドウ糖ゼリー	有り	75.5±4.2	141.2±23.2 ^{cd}	136.6±27.5	110.3±15.5	67.7±11.0 ^{gh}
米飯	無し	78.1±7.5	105.6±12.7 ^{bc}	122.8±19.6	120.6±22.3	107.4±22.8 ^{fg}
米飯	有り	76.8±6.5	101.5±16.3 ^{cd}	126.5±20.3	118.8±26.1	93.3±16.2 ^{gh}

・データは平均値±標準偏差を示す。
 ・a~hは同じアルファベット間で有意差があることを示す (p<0.05)。

表 2. 炭水化物50 g分のブドウ糖ゼリーおよび米飯を咀嚼の有りもしくは咀嚼の無しで摂取した場合のIAUC

食品	咀嚼	IAUC
ブドウ糖ゼリー	無し	4296.3±1504.8
ブドウ糖ゼリー	有り	3110.6±1235.8
米飯	無し	4218.1±1813.8
米飯	有り	3592.5±1324.0

・データは平均値±標準偏差を示す。

結 果

1. 食品の違いによる血糖上昇への影響

ブドウ糖ゼリーの咀嚼無しでの摂取前後の血糖値は、食前79.3±3.9 mg/dl、食後15分135.5±21.1 mg/dl、食後30分150.0±37.0 mg/dl、食後60分120.7±30.3 mg/dl、食後120分72.0±13.8 mg/dl、ブドウ糖ゼリーの咀嚼ありでの摂取では、食前75.5±4.2 mg/dl、食後15分141.2±23.2 mg/dl、食後30分136.6±27.5 mg/dl、食後60分110.3±15.5 mg/dl、食後120分67.7±11.0 mg/dl、米飯の咀嚼無しでの摂取では、食前78.1±7.5 mg/dl、食後15分105.6±12.7 mg/dl、食後30分122.8±19.6 mg/dl、食後60分120.6±22.3 mg/dl、食後120分107.4±22.8 mg/dl、米飯の咀嚼有りでの摂取では、食前76.8±6.5 mg/dl、食後15分101.5±16.3 mg/dl、食後30分126.5±20.3 mg/dl、食後60分118.8±26.1 mg/dl、食後120分93.3±16.2 mg/dlであった。

食前、食後15分、食後30分、食後60分、食後120分のブドウ糖ゼリーと米飯間の血糖値の比較検定を行った結果、食後15分の血糖値は、咀嚼の有り無しに関わらず、米飯の摂取後に比べブドウ糖ゼリーの摂取後の

表 3. 炭水化物50 g分のブドウ糖ゼリーのGIを100とした場合の米飯のGI

咀嚼	GI
無し	109.1±60.7
有り	135.1±81.7

・データは平均値±標準偏差を示す。

方が有意に高かった。一方で、食後120分の血糖値は、咀嚼の有り無しに関わらず、ブドウ糖ゼリーの摂取後に比べ米飯の摂取後の方が有意に高かった。食前、食後30分および60分の血糖値においては、摂取した食品間で有意な差は認められなかった (表 1)。

次に、食後 2 時間までの全体的な血糖上昇度を評価するためにIAUCを求めた。ブドウ糖ゼリーの咀嚼無しでの摂取では4296.3±1504.8、ブドウ糖ゼリーの咀嚼ありでの摂取では3110.6±1235.8、米飯の咀嚼無しでの摂取では4218.1±1813.8、米飯の咀嚼有りでの摂取では3592.5±1324.0であった。その結果、咀嚼の有り無しに関わらず摂取した食品間でIAUCに有意な差は認められなかった (表 2)。また、米飯のGIは咀嚼無しでの摂取では135.1±81.7 (ブドウ糖ゼリーの咀嚼無しでの摂取と100して)、咀嚼有りでの摂取では109.1±60.7 (ブドウ糖ゼリーの咀嚼有りでの摂取を100して)と100を超えていた (表 3)。

2. 咀嚼の有無による血糖上昇への影響

食前、咀嚼の有無間で食後15分、食後30分、食後60分、食後120分の血糖値の比較検定を行った結果、ブドウ糖入りゼリーと米飯の摂取後のどちらにおいて

も、全ての測定時間において両者間に血糖値に有意な差は認められなかった。(表1)

また、IAUCについても両方の食品において咀嚼有りと無しによる摂取間で有意な差は認められなかった。(表2)

考 察

本研究において、ブドウ糖ゼリーと米飯摂取後間での食後血糖値の上昇の比較では、食後15分の血糖値は咀嚼の有無に関わらず、米飯摂取後に比べブドウ糖ゼリー摂取後の方が有意に高く、食後血糖値の上昇はブドウ糖ゼリー摂取後の方が速かった。また、食後120分の血糖値は、咀嚼の有無に関わらず、米飯摂取後に比べブドウ糖ゼリー摂取後の方が有意に低く、血糖上昇後の血糖降下もブドウ糖ゼリー摂取後のほうが速かった。ところが、IAUCは両者の間で有意な差は認められず、食後の血糖値の上昇の持続程度は同等であった。食品の血糖値の上昇への影響の大きさを表す指数として、基準となる食品のIAUCを100%とした場合に、試験食品のIAUCが何%になるかを示すGlycemic Index (GI) があるが、GIの発案者であるJenkinsらの7名の健常者を対象とした報告でのブドウ糖50 gを基準とした場合の米飯のGIは72±9 (平均値±標準偏差)、1995年に発表された国際GI表おいての米飯のGIは88で、他の研究においても100未満であることが報告されている^{4,6)}。しかしながら、本研究においては、米飯のGIは咀嚼の有無に関わらず100を超えており異なる結果が得られた。同様の結果は、中島らの研究においても報告されている⁷⁾。この研究との共通点として、通常の炊飯調理の米飯でなく、同じ会社で製造された無菌化包装米飯を使用していることが挙げられ、この違いが影響をもたらしていることが考えられる。不破らの研究で、硬飯よりも米飯の方が消化性は高く、GI値も高い傾向があることが示されており、無菌化包装米飯のGI値が100を超えた一因として、炊飯の際の加水量の違いが考えられる⁵⁾。他には、ブドウ糖ゼリーの作製に用いたゼラチンがブドウ糖の本来のGIを低下させることで、米飯のGIが高め

られた可能性もある。これらのことを示唆する研究報告はないので、今後の研究によって明らかにしていきたい。

咀嚼が食後の血糖値の上昇に与える影響については、ブドウ糖ゼリーと米飯摂取後のどちらにおいても、咀嚼有りと無しによる摂取間で全ての測定時刻での食後血糖値に有意な差は認められなかった。また、IAUCについても同様であり、炭水化物の種類を問わず咀嚼による食後血糖値への影響はみられなかった。でんぷんは、唾液や唾液中の α -アミラーゼによる管腔内消化で1,4-グリコシド結合が断片的に切断され、デキストリンやマルトトリオースやマルトース等に消化されるが、炭水化物の最小単位であるブドウ糖まではほとんど分解されない。そして、小腸で膜消化酵素であるグルコアミラーゼやマルターゼの作用によってブドウ糖にまで分解される。通常 α -アミラーゼは胃酸によって失活するが、マルトース・マルトトリオース・でんぷんの存在によりpH 3の状態でも活性の低下が著しく遅延するという報告⁸⁾、摂取したでんぷんの約40%が胃内で消化されるという報告があり⁹⁾、 α -アミラーゼによるでんぷんの消化時間は短くはないと思われるが、その消化の程度の違いだけでは、その後の小腸でのブドウ糖の吸収速度に大きく影響しなかった可能性が考えられる。また、鈴木らの研究において、健常者にハンバーグとライスからなる試験食を1口10秒間咀嚼して摂取させた場合に比べ30秒間咀嚼して摂取させた場合の方が食後血糖値およびIAUCが有意に低値を示したが、一方で2型糖尿病患者および予備群を対象とした場合、30秒間咀嚼して摂取した場合の方が食後血糖値は有意に高値であり、耐糖能異常の有無によって食後の血糖値上昇パターンが異なることが示されている²⁾。このことから耐糖能異常を示す糖尿病患者においては、咀嚼によりでんぷんの消化が進むことで小腸からのブドウ糖の吸収および血糖値の上昇が速くなり、健常者においては咀嚼による食後血糖値の上昇作用が正常な耐糖能によって相殺された可能性が示唆され、我々の研究においても同様のことが起きたのではないかと考えられる。また、咀嚼により頭相の

段階でのインスリン分泌が促進されるが血糖値には影響しないことが報告されており、本研究において血糖値への影響が出なかった一因とも考えられる¹⁰⁾。

我々は、咀嚼が食後血糖値に与える影響について研究を行った。その結果、米飯に比べてブドウ糖の方が血糖上昇は速く、血糖値の上昇後の降下はブドウ糖の方が速いもののIAUCで表される食後の血糖値の上昇の持続程度に影響しないことと、食後の血糖値の上昇に咀嚼が影響しないことが示された。また、咀嚼による血糖値の上昇に摂取する炭水化物の種類が影響しないことが示された。

引用文献

- 1) Read NW, et al. Swallowing food without chewing; a simple way to reduce postprandial glycaemia. *Br J Nutr.* 55, 43-47, 1986.
- 2) Suzuki H, et al. Effects of thorough mastication on postprandial plasma glucose concentrations in nonobese Japanese subjects. *Metabolism.* 54, 1593-1599, 2005.
- 3) Yanagisawa Y, et al. Effects of physical properties of various types of cooked rice on postprandial plasma glucose and insulin responses in healthy and diabetic subjects. *J. Japan Diab Soc.* 37, 731-738, 1994
- 4) Jenkins DA, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr.* 34, 362-366, 1981.
- 5) Fuwa M, et al. Effect of κ -Carrageenan supplementation of cooked rice on blood sugar Levels. *日本食品工学会誌.* 61, 497-507, 2014.
- 6) Foster-Powell K, et al. International tables of glycemic index. *Am J Clin Nutr.* 62, 871S-893S, 1995.
- 7) Nakajima H. Effect of indigestible dextrin on changes in postprandial blood glucose. *大阪青山大学紀要.* 1, 1-8, 2008.
- 8) Rosenblum JL, et al. Starch and glucose oligosaccharides protect salivary-type amylase activity at acid pH. *Am J Physiol.* 254, G775-G780, 1988.
- 9) Beazell JM. A reexamination of the role of the stomach in the digestion of carbohydrate and protein. *Am J Physiol.* 132, 42-50, 1941.
- 10) Teff KL, et al. Oral sensory stimulation in men: effects on insulin, C-peptide, and catecholamines. *Am J Physiol.* 1993, 265, 1223-1230, 1993.