九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

砂糖不使用食品摂取に対する血糖および血清インスリンの応答

齊藤, 篤司
九州大学健康科学センター

https://doi.org/10.15017/722

出版情報：健康科学. 23, pp.25-29, 2001-03-01. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

健　康　科　学
Vol. 23, 2001年3月

—原　著—

砂糖不使用食品摂取に対する血糖および血清インスリンの応答

斉　藤　篤　司

Postprandial Plasma Glucose and Serum Insulin Responses to Sugar-free Biscuit

Saito ATSUSHI

Abstract

The belief that meals containing primarily sugars result in higher blood glucose concentrations than meals containing equivalent amounts of starches persists in the general public. Yet, relationships between meal composition and resulting blood glucose changes is not so simple. After meals, blood glucose and serum insulin levels in normal and diabetic subjects vary markedly and depend on many factors, including the source of carbohydrate, its method of preparation, and the composition of the total meal. In order to investigate these relationships further, effects of the consumption of either a sugar-free biscuit or an equivalent amount of glucose were investigated using postprandial plasma glucose and serum insulin responses. Each carbohydrate load contained 75 gm. of glucose. Seven healthy males participated in this study after an overnight fast. Mean age, height, body weight, body mass index of the subjects were 25.0±1.3 years, 177.0±3.3 cm, 73.5±4.6 kg, 23.4±1.1, respectively. There were significant differences between plasma glucose responses for each of the oral carbohydrate loads. The total area under the plasma glucose curve was greater after glucose ingestion than after eating the sugar-free biscuit. There were no significant differences, however, among the serum IRI responses or among the areas under the serum IRI curves between the oral carbohydrate loads. These findings indicate that the sugar-free biscuit may be a low-glycemic response food, but not a low insulin response food. Confirming previous research, the classification of a carbohydrate as a simple sugar or complex carbohydrate does not predict its post-ingestion effects on blood glucose or serum insulin levels.

Key words : plasma glucose, serum IRI, sugar-free biscuit, glucose

(Journal of Health Science, Kyushu University, 23:25−29, 2001)

緒　　言

グルコースやスークロースは高い血糖や血清インスリン応答を示すことから，これらの過剰な摂取は肥満や耐糖能低下とこれに伴うインスリン抵抗性等を引き起こす可能性がある。しかし，日常摂取される糖質食品の場合，糖質の種類や調理法，食事に対する割合など血糖や血清インスリン応答に及ぼす因子は多い。これに対し，Jenkins[1) 2)]やWolever[3) 4) 5)]は多くの天然あるいは市販されている糖質食品摂取後の血糖応答をglycemic index(GI)で表し，食事中に含まれる糖質食品のGIから食事に対する血糖応答を予測可能にした。また，Crapoら[6)]は50gのグルコースを含むグルコース，スークロース，スターチをそれぞれ単独ある

いは蛋白質や脂肪を加えた混合食として摂取させ，その後の血糖および血清インスリン値の動態について比較している。その結果，グルコースは単独，混合食共にスターチに比べ，高い血糖およびインスリン応答を示したことを報告している。

このような背景から一般に単糖類や二糖類よりも，多糖類であるでんぷんとしての糖質の方が血糖やインスリン応答が小さいとされ，砂糖の使用を制限して調理を行ったり，砂糖不使用の食品が市販されている。しかし，Wahlquvist らは[7]分子鎖長の異なるスターチの水溶液を摂取させた結果，グルコース分子鎖の長さは血糖やインスリンの応答に影響しないことを示した。したがって，でんぷんを含む糖質食品の場合，砂糖の有無に関わらず高い血糖やインスリン応答を示す可能性がある。

そこで本研究では市販の砂糖を使用していない糖質食品に対する血糖及び血清インスリン応答を検討することを目的とした。

方　　法

1．被検者

被検者は本研究の主旨および危険性に関する説明を受けた上で，協力を承諾した健常成人男性7名（年齢：25.0±1.3 歳，身長：177.0±3.3cm，体重：73.5±4.6kg，BMI：23.4±1.1）とした。

被検者の空腹時血糖値（93.7±1.9mg/dl）はすべて正常であった。また，グルコース 75g 経口摂取の結果，摂取後2時間の血糖値も 89.9±4.9mg/dl と正常値を示した。

2．実験手順

被検者は実験前日できるだけ運動を避け，夜 10 時までに食事を終了した。また，以降は水以外の摂取を禁じた。当日は歩行を避け，朝9時までに実験室に来室し，その後 30 分間の座位安静を保持した。摂取前の採血を行った後，グルコース 75g の水溶液 300ml と蒸留水 200ml，およびグルコース 75g に相当する糖質を含む砂糖不使用ビスケット 141.2g をグルコース摂取との重量差分の蒸留水 384ml とともに摂取した。摂取終了後から，15，30，45，60，90，120 分に採血を行った。実験中は座位安静とし，飲食，喫煙は禁止した。グルコースの調製および飲用に用いた水はすべて蒸留水とした。グルコース水溶液および飲用した水は室温（23.1±0.3℃）で摂取された。各摂取実験は1週間以上の間隔をおいて行われた。

3．砂糖不使用ビスケット

砂糖不使用ビスケット（以下ビスケット）は小麦全粒粉を原材料とし，マルチトールおよびラクチトールを甘味料として使用した市販品で，砂糖および乳糖などの糖類不使用のものであった。摂取した 141.2g 中の主な成分は総エネルギー635kcal，糖質 75g，脂質 39.1g，タンパク質 9.6g，ナトリウム 624mg，食物繊維 11.5g であった。

4．測定項目

肘静脈から血液を採取し，2 ml をフッ化ナトリウム入りのチューブに分注し，血漿グルコース（以下血糖，酵素電極法）の測定に供した。また，2 ml を血清インスリン（以下 IRI；immunoreactive insulin，IRMA 法）の測定に供した。得られた血糖および IRI 曲線から，曲線下の面積を算出した。

5．統計処理

摂取に伴う両実験間の血糖および IRI の変化には繰り返しのある一要因分散分析（ANOVA）を用い，時間要因に有意差が認められた場合には Fisher の PLSD 法を用いて多重比較検定を行った。両実験間の血糖および IRI 曲線面積は Wilcoxon-t test を用いて比較検討した。いずれの検定も5％以下を有意とした。結果はすべて平均値±標準誤差で示した。

結　　果

1．血糖値

糖質摂取後の血糖値の変化を図1に示した。摂取前の血糖値はビスケット，グルコース摂取前でそれぞれ 92.4±3.1，95.0±2.5mg/dl と両実験間に差はなかった。分散分析の結果，両糖質摂取とも摂取後の血糖値に有意な変化が認められ，有意な交互作用が認められたことから，摂取後の血糖値の変化に違いがあることが示された。ビスケット摂取では摂取後 15 分と 30 分に摂取前値に対し有意な増加を示し，45 分には摂取前値まで低下した。これに対し，グルコース摂取では摂取後 15 分，30 分，45 分に有意な高値を示した。また，ビスケット摂取のピーク値は摂取前値の 113％であったのに対し，グルコース摂取では 145.3％と血糖値の上昇率に差が認められた。その結果，両糖質摂取に伴う血糖曲線面積もビスケット摂取，グルコース摂

取でそれぞれ 11027.1±494.6, 12851.8±551.8mg/dl・120min とグルコース摂取の方が有意な高値を示した（図2）。

2．血清インスリン値

糖質摂取後の血清 IRI の変化を図3に示した。摂取前の IRI はビスケット，グルコース摂取前でそれぞれ 5.3±0.9, 5.9±1.1 μU/ml と両摂取間に差は認められなかった。分散分析の結果，摂取後の IRI の変化は両糖質摂取間に有意な差を認めず，交互作用も認められなかったことから摂取後の変化に差がないことが示された。両糖質摂取とも摂取後 15 分から有意な高値を示し，ビスケット摂取では摂取後 120 分まで，グルコース摂取では摂取後 90 分値まで有意な高値を示した。その結果，両糖質摂取に伴う IRI 曲線面積もビスケット摂取，グルコース摂取でそれぞれ 3064.6±366.2, 3922.5±396.0 μU/ml・120min と両摂取間に有意な差は認めるには至らなかった（図4）。

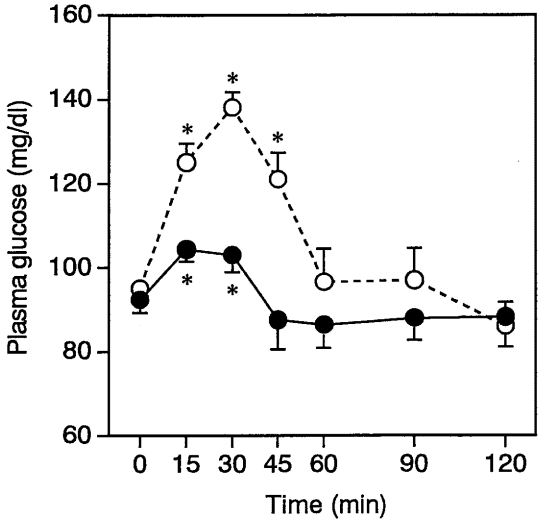

Fig. 1 Plasma glucose responses after the ingestion of glucose (○) and sugar-free biscuit (●). Values are mean±SE. * p< .05 v baseline,

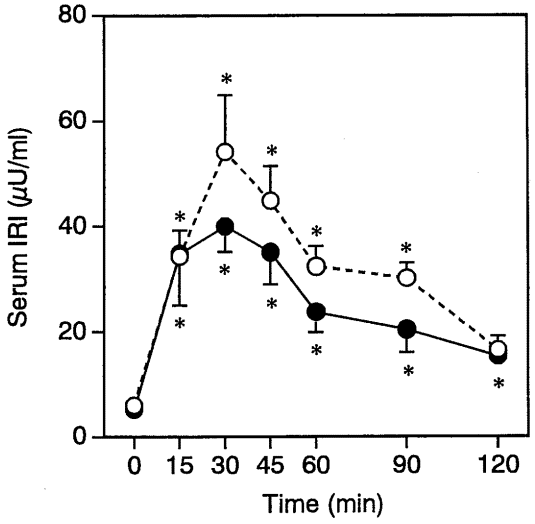

Fig. 3 Serum IRI responses after the ingestion of glucose (○) and sugar-free biscuit (●). Values are mean±SE. * p< .05 v baseline,

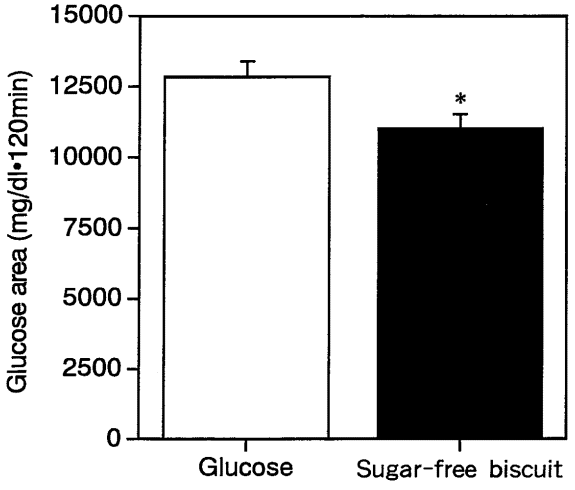

Fig. 2 Areas under the plasma glucose response curves after the ingestion of glucose and sugar-free biscuit. Values are mean± SE. * p< .05

Fig. 4 Areas under the serum IRI response curves after the ingestion of glucose and sugar-free biscuit. Values are mean± SE.

考　　察

グルコースやスークロースは高い血糖や血清インスリン応答を示すことから，これらの過剰な摂取は肥満や耐糖能低下とこれに伴うインスリン抵抗性等を引き起こす可能性がある。Crapo らは[6] 50g のグルコースを含むグルコース，スークロース，スターチをそれぞれ単独あるいは蛋白質や脂肪を加えた混合食として摂取させ，その後の血糖および血清インスリン値の動態について比較している。その結果，グルコースは単独，混合食共にスターチに比し高い血糖およびインスリン応答を示したことから，でんぷんの分子量の大きさとこれに伴う消化吸収の違いが，影響していると推察している。このような背景から一般に単糖類や二糖類よりも，多糖類であるでんぷんとしての糖質の方が血糖やインスリン応答が小さいとされている。その結果，本研究で使用されたビスケットのような砂糖不使用の糖質食品も市販されている。

本研究の結果，血糖の応答は砂糖不使用のビスケットの方が小さく，血糖曲線面積も有意な低値を示した。これはビスケットに含まれる脂肪やタンパク質，食物繊維などが消化や吸収に影響している可能性がある。しかし，IRI の応答は両糖質摂取間に差は認められなかった。このことはビスケットに含まれる糖質であるでんぷんに対しても同様のインスリン分泌応答が生じたことを示唆している。甘味料として添加されたマルチトールやラクチトールも若干の血糖やインスリン応答を示す。しかし，グルコースと同量摂取させた研究[8) 9)]においてもその応答は小さく，本研究ビスケットに甘味料として添加されたレベルではその影響は小さいと思われる。Wahlqvist らは[7] 健常者に monosacaharide としてグルコース，pentasaccharide として Caloreen（グルコース 4 ～15 分子（平均 5 分子）からなる），polysaccharide としてスターチの水溶液を摂取させた結果，グルコース分子鎖の長さは血糖やインスリンの応答に影響しないことを示した。また，Brand ら[10]はコーン，ライス，ポテトをそのまま茹でたものと，コーンフレークとコーンチップ，インスタントライスとライスバブル，インスタントポテトとポテトチップのように調理されたものとを *in vitro* での消化時間と *in vivo* での Glycemic index(GI) で比較した。その結果，消化率の高い，あらかじめ加工された食品は素材そのものよりも高い GI を示したことを報告し，でんぷんの消化しやすさが血糖応答に影響することを示した。

したがって，本研究で摂取されたビスケットのような加工されたでんぷんの場合，含有する他の栄養素との関わりから，消化吸収に多少の影響はあるものの，インスリン分泌には影響が少なく，結果として高いインスリン分泌刺激をもたらすことが示唆された。また，高い血糖応答を示す糖質食品は高いインスリン応答をもたらすことから GI は糖質摂取をコントロールする際の有効な指標とされている[11]。しかし，本研究ではグルコース溶液とビスケット摂取との間に血糖応答の差は認められたが，IRI 応答に差が認められなかったことから，食品によっては血糖応答の大きさが必ずしもインスリン分泌応答の大きさと関わらない可能性が示唆された。

ま と め

グルコース 75g を含む水溶液とこれに相当する糖質を含む砂糖不使用ビスケットに対する血糖および血清インスリン値の応答について検討した。被検者は耐糖能正常な成人男性 7 名であった。結果を以下に要約する。

1．一要因分散分析の結果，両糖質摂取とも摂取後の血糖値に有意な変化が認められ，有意な交互作用が認められたことから，摂取後の血糖値の変化に違いがあることが示された。血糖曲線面積もグルコース摂取の方が有意な高値を示した。

2．一要因分散分析の結果，両糖質摂取後の血清インスリン応答に有意な差は認められなかった。血清インスリン曲線面積も両糖質間に有意な差は認められなかった。

以上の結果，砂糖の使用，不使用に関わらずビスケットのような調理されたでんぷんを含む糖質食品はグルコースと同様のインスリン応答を示す食品である可能性が示唆された。

参 考 文 献

1）Jenkins DJA, Wolever TMS, 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: 362-366.

2）Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL (1988): Starchy foods and glycemic index.

Diabetes Care, 11 (2): 149–159.

3) Wolever TMS, Jenkins DJA (1986): The use of glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. Am J Clin Nutr, 43: 167–172.

4) Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG (1991): The glycemic index: methodology and clinical implications. Am J Clin Nutr, 54: 846–854.

5) Wolever TMS, Katzman-Relle L, Jenkins AL, Vuksan V, Josse RG, Jenkins DJA (1994): Glycemic index of 102 complex carbohydrate foods in patients with diabetes. Nutrition Research, 14 (5): 651–669.

6) Crapo PA, Reaven G, Olefsky J (1976): Plasma glucose and insulin responses to orally administered simple and complex carbohydrates. Diabetes, 25 (9): 741–747.

7) Wahlqvist ML, Wilmshurst EG, Richardson EN (1978): The effect of chain length on glucose absorption and the related metabolic response. Am J Clin Nutr, 31: 1998–2001.

8) Natah SS, Hussien KR, Tuominen JA, Koivist VA (1997): Metabolic response to lactitol and xylitol in healthy men. Am J Clin Nutr, 65: 947–950.

9) Secchi A, Pontiroli AE, Cammelli L, Bizzi A, Cini M, Pozza G (1986): Effects of oral administration of maltitol on plasma glucose, plasma sorbitol, and serum insulin levels in man. Klinische Wochenschrift, 64 (6): 265–269.

10) Brand JC, Nicholson PL, Thorburn AW, Truswell AS (1985): Food processing and the glycemic index. Am J Clin Nutr, 42: 1192–1196.

11) Bantle JP, Laine DC, Castle GW, Thomas JW, Hoogwerf BJ, Goetz FC (1983): Postprandial glucose and insulin responses to meals containing different carbohydrates in normal and diabetic subjects. N Engl J Med, 309: 7–12.