

果糖は健康に良いのか悪いのか？

鄭 継華*1・森 朝美*1・樹山 敦子*1・加藤 秀夫*1

緒 言

果糖の摂取量において、ここ20～30年の肥満者と生活習慣病の罹患率増加との関連について注目されている¹⁻²⁾。単糖類の果糖は腸管からの吸収速度が遅いにも関わらず、肝臓での代謝速度が速いと考えられている³⁻⁸⁾。これまで果糖の摂りすぎは中性脂肪の合成・分泌を促進させ、肥満や高脂血症などの原因になると信じられている。また、高果糖食を摂取した実験動物のラットにおいても果糖はインスリンの反応を阻害し、尿酸レベルの上昇をさせ、高コレステロール血症、高血圧など、メタボリックシンドロームの出現を高めている。果糖の摂りすぎはもちろん健康によくないが、一方、果糖はブドウ糖と違って、血糖値を安定させ、体に負担をかけないと考えられている。また適切な摂取量の果糖は脂肪の利用を高め肝臓グリコーゲンの分解を抑制して、運動の持久力を高めることも知られている⁹⁾。水分補充と共にスポーツドリンクや、サプリメント、甘味料などにも使われている。現在では果糖に関する適切な摂取量について、ほとんど明確なデータが少ない。本研究の目的は果糖をどの程度摂取すれば体に害を与えず、健康に役立つことができるかについて、実験動物のラットを用いて、同じ単糖類であるブドウ糖を対象に、比較検討した。

方 法

1. 実験条件

8週齢のWistar系雌ラットを用い、照明条件が図1のように、10:00～22:00に暗期となる12時間明暗サイクルに設定し、この暗期の10:00～16:00に市販の標準粉食（オリエンタル酵母飼育MF）を与え、自由飲水させ、一週間予備飼育した。

実験食の三大栄養素のエネルギー比は図2に示したように、65%の糖質食で果糖、または、ブドウ糖それぞれは総エネルギーの10%のように調整した。他にビタミン・ミネラル・食物繊維がバランスよく混合した。交互にラット回転式運動量測定装置（KN-78-R）（図1）に入れ替え、24時間の自発的な活動量を毎日摂食前の10時（暗期）直前に記録した。このような飼育・食餌条件下で5週間飼育し、摂食3時間後の13:00に解剖処理を行った。血液と肝臓及び筋肉（腓腹筋とヒラメ筋）は採取後、分析に用いるまで-80℃で凍結保存した。

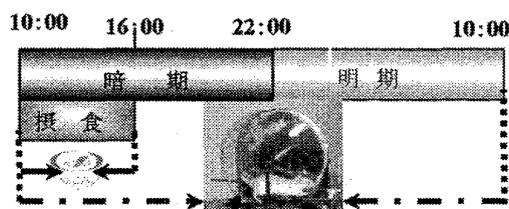


図1. 照明条件（12時間明暗サイクル）と摂食時刻

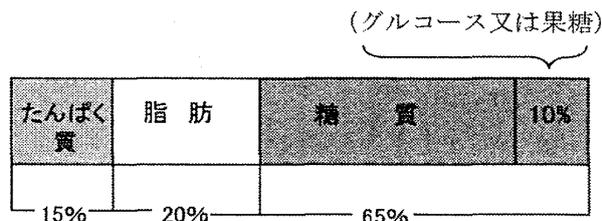


図2. 実験食の三大栄養素のエネルギー比

2. 結果

1) ブドウ糖食と果糖食をラットに5週間一定の摂食時間に給食させた。体重の経時の変化は図3のように果糖食群でもブドウ糖食群でも日を迫うごとに増加したが、糖質の違いによる大きな差がなかった。体重と直接関係しているエネルギー収支を検討するために、摂取量と自発性運動量(回転数)を調べた。まず、図4が示したようにブドウ糖食に比べ果糖食群の摂取量はわずかに多く、一方、自発的な運動量は図5のように果糖食群が少ない傾向を示した。結果的には、果糖食によってわずかな摂取量の増加と運動量の低下があったが、予想に反して体重増加にはあまり影響しなかった。果糖食による下痢もなかったため、むしろ果糖摂取によってエネルギー消費が促進されたと考えられる。

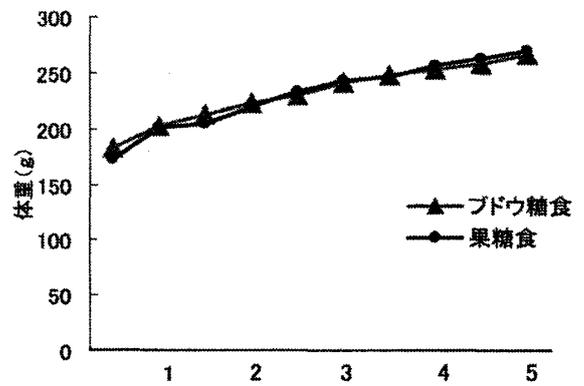


図3. 糖質の違いによる体重の経時の変化

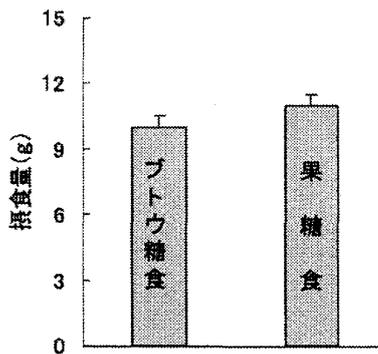


図4. 糖質の違いによる摂食量への変化

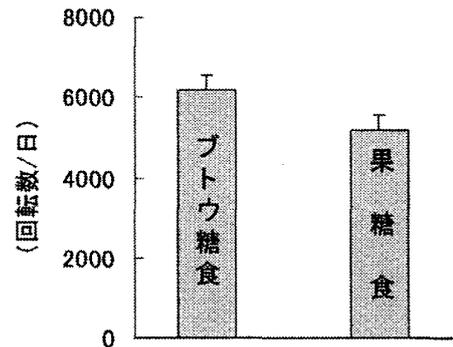


図5. 糖質の違いによる運動量への影響

2) 摂食後の血糖とインスリンを調べた。血糖(図6)も血中インスリン(図7)も、糖質の違いに関係なく、いずれも、摂食後の血中レベルとしては正常範囲内であった。果糖はブドウ糖に比べ、代謝速度が速いため、余剰カロリーとなり、その分が中性脂肪として、血

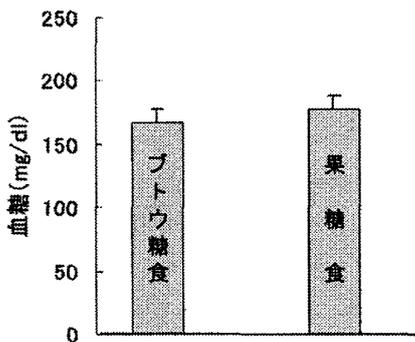


図6. 糖質の違いによる血糖への影響

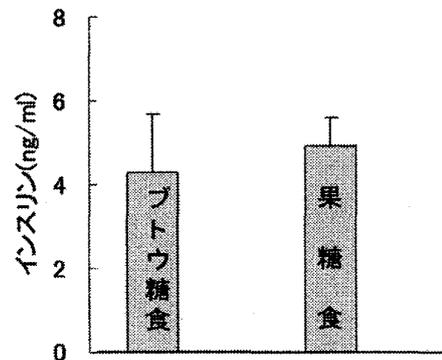


図7. 糖質の違いによるインスリンへの影響

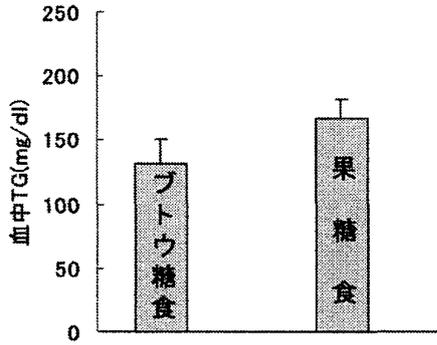


図8. 糖質の違いによる血中TGへの影響

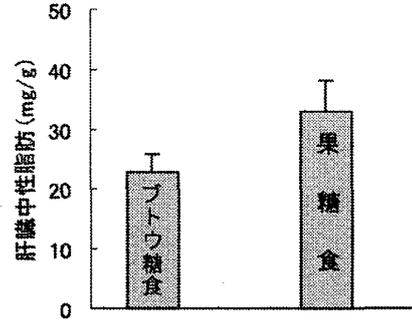


図9. 糖質の違いによる肝臓TGへの影響

中に放出されると考えられる。今回は果糖摂取による血中中性脂肪への影響について検討したが、図8のようにブドウ糖食より、果糖食の方が血中中性脂肪は少し高い傾向を示した。これまで果糖のエネルギー比が50~60%に相当する摂取量では高脂血症が著しく認められたが、今回のように果糖量はエネルギー比の10%であると血中中性脂肪も高くなく、ブドウ糖食群との差もなかった。

3) 果糖の一部はグルコースに変換されるが、むしろ、肝臓でのトリグリセロール合成を促進することが考えられるので、肝臓の中性脂肪を調べた。図9が示したように先ほどの血中中性脂肪の結果と同じように、ブドウ糖食群に比べ果糖食群の方が高く有意な差もなく正常範囲であった。このことから、果糖食による肝臓中性脂肪の増加は大きくなく、正常範囲内であった。次に、肝臓グリコーゲン(図10)はブドウ糖食群に比べ、果糖食群が有意に増加した。このことから、果糖の摂取によって、グリコーゲンの合成又はグリコーゲンの分解抑制のいずれによって肝グリコーゲンが増加したと考えられる。これまで肝臓グリコーゲンは、砂糖の摂取によっても類似の結果が得られている。

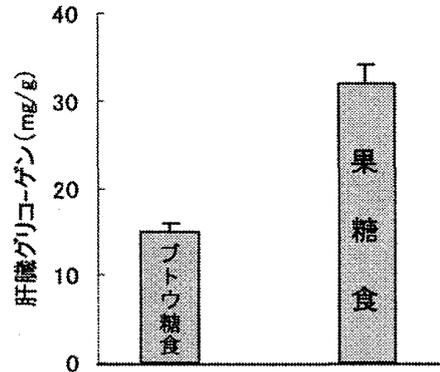


図10. 糖質の違いによる肝臓グリコーゲンへの影響

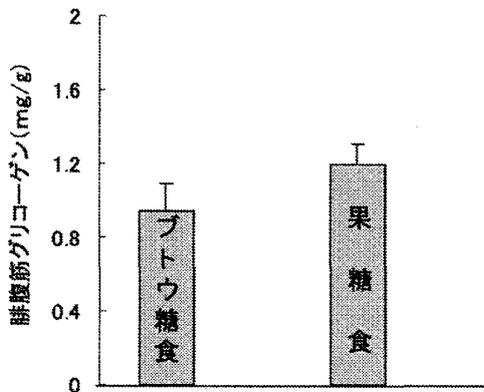


図11. 糖質の違いによる腓腹筋グリコーゲンへの影響

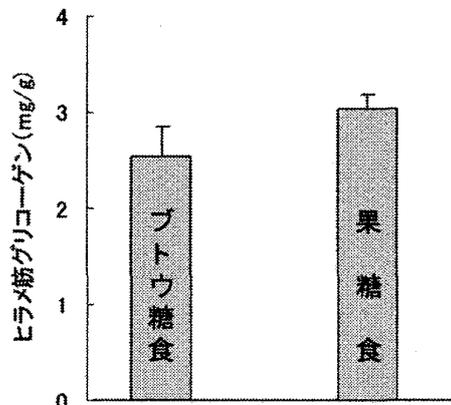


図12. 糖質の違いによるヒラメ筋グリコーゲンへの影響

4) 白筋である腓腹筋と赤筋であるヒラメ筋のグリコーゲンを調べた。図11と図12が示したようにブドウ糖食群より果糖食群の方がやや多く有意な差はなかった。

考 察

本研究は実験動物のラットに同じ単糖類である果糖または、ブドウ糖を摂取エネルギー比の10%に相当する量の実験食を与え、摂食と活動のエネルギー収支による体重調節と生体への影響を検討した。食物摂取による代謝亢進つまり食事誘発性熱産生において¹⁰⁾ 果糖はこの食事誘発性産熱を高めるために¹¹⁾ ブドウ糖食群に比べ、摂取量が多く、運動量が少なくても、体重増加が認められなかったと考えられる。Schwarzらの実験も同じの結果が得られている。摂食後の血糖と血中インスリンは果糖食群とブドウ糖群に差がなく、正常範囲内であった。むしろ果糖が血糖の安定維持ならびに適度な体重維持に有用であると考えられる。血中中性脂肪はブドウ糖食群より果糖食群の方が高い傾向を示したが、これまで果糖の過剰摂取つまり、50~60%では高脂血症が著しく認められたが、今回のように果糖量は摂取エネルギー比の10%であるとブドウ糖と同じレベルであった。

果糖はブドウ糖と違ってインスリンによって肝臓での中性脂肪の合成能を高めると考えられる。今回と同じように果糖食群はブドウ糖食群より肝臓中性脂肪が高くなっているが正常範囲内であった。肝臓グリコーゲンはブドウ糖食群に比べて、果糖食群は約2倍に有意に増加した。肝臓中性脂肪及び肝臓グリコーゲンのいずれも、ブドウ糖食群よりも果糖食群のほうが多い傾向を示していることで、果糖は肝臓での代謝速度が速いため、エネルギー利用と蓄積されやすいと考えられる。今までの結果と同じく果糖は筋肉グリコーゲンを高めることが認められた。従って、果糖は筋肉グリコーゲンの回復を促進する可能性があると考えられる。

今回の研究成果から、果糖の取りすぎを避けつまり適切な量を取ると肥満や高脂血症などのリスクを減少させ、また、肝臓機能を高め、筋肉グリコーゲンを増大する栄養機能を明らかにした。今後は、果糖の摂取量を見直し健康の維持だけではなく、特に生活習慣病に対する予防と治療にも応用できる「果糖と健康」を追究することは新しい臨床栄養学の方向性を与えるものである。

要 約

本研究では果糖について、摂取量と活動とのエネルギー収支による体重調節と生体への影響を検討した。果糖摂取は食事誘発性産熱の増大と血糖上昇の抑制およびインスリン分泌の低下などによって、体重増加や肥満の防止が認められた。一方、果糖の摂取は肝臓グリコーゲンおよび筋肉グリコーゲンの合成を高めることを明らかにした。従って、果糖は肝臓機能を高め、筋肉グリコーゲンを増大する栄養機能があると考えられる。今回の研究結果から、健康維持と生活習慣病予防には、果糖の摂取量を見直すことの大切さを浮き彫りにした。

文 献

- 1) Bray GA, Nielsen SJ, Popkin BM. Consumption of high-fructose com syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr.* 79: 537-543. 2004;
- 2) Elliott SS, Keim NL, Stern JS, Teff K, Have PJ. Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome. *Am J Clin Nutr.* 76: 911-922: 2002;

- 3) ヴォート生化学 (東京化学同人、2003)
- 4) ハーパー・生化学 (丸善株、1979)
- 5) 検査値を読む 臨床雑誌 内科 第61巻・第6号、(1988)
- 6) 曲直部壽夫、他：高カロリー輸液の実際。(ヘルス出版、1981)
- 7) 平田幸正：果糖は糖尿病にメリットがあるか CLINICIAN (1992)
- 8) 若野原 高インスリン血症とトリグリセリド代謝、日本醫事新報 107-108 (2003)
- 9) 山田 茂、福永 哲夫：生化学、生理学からみた骨格筋に対するトレーニング効果、東京、(ナ
ップ1988)
- 10) 奥 恒行、柴田 克己：健康・栄養科学シリーズ 基礎栄養学
- 11) Tommo Vasankari 果糖と健康 (トウルク2002)

Abstract

Is the fructose good or bad for the health?

Jihua ZHENG^{*1}, Asami MORI^{*1}, Atuko KIYAMA^{*1}, Hideo KATO^{*1}

This study investigated the influence on the weight control and the mechanism in energy balance of food intake and the activity. by fructose intake. The fructose intake, promoted the increase of diet induced thermogenesis and the control of the blood sugar rise, and the decrease in the insulin secretion. as a result a weight increase and obesity was prevented. On the other hand, the intake of the fructose increased the synthesis of hepatic glycogen and muscular glycogen. We thought the fructose improve the liver function, and provide the nourishment function to increase a muscular glycogen. Therefore it is important to reconsider the intake of the fructose for the health maintenance and the lifestyle-related diseases prevention.

^{*1} Graduate School of Synthetic science Prefectural Hiroshima University