

# 果糖摂取が血中の中性脂肪値に及ぼす影響について

小川恒夫\*, 木本早紀, 穂積李沙

南九州大学 管理栄養学科 生理学研究室  
〒880-0032 宮崎市霧島5丁目1-2

## Effects of fructose intake on plasma triglyceride levels

Tsuneo Ogawa\*, Saki Kimoto, Risa Hozumi

Laboratory of Physiology,  
Department of Nutrition Management,  
Minami Kyushu University,  
5-1-2 Kirishima, Miyazaki 880-0032, Japan

Fluctuation of serum triglyceride levels have often been experienced when blood tests are repeated under only one condition of fasting after 9:00 PM the night before. The following three experiments were conducted on the assumption that the fluctuation of plasma triglyceride level is related to the fructose consumption on the previous day. (1) For ten female university students aged 21 to 22, morning serum triglyceride levels were measured five times on the different day under only one condition of fasting after 9:00 PM the night before (2) For another ten female university students aged 19 to 20, ordinary meal or fructose loaded meal were taken at the interval of two weeks or more, and serum triglyceride levels on the next morning were measured. (3) Glucose, fructose and sucrose content of carbonated drinks and ice pops were measured. The results are as follows: (1) Five measurements of serum triglyceride revealed that five in ten subjects exceeded the upper limits of 150 mg/dl at least once. Of the five measurements, maximum data to minimum data ratio are higher than 2.5 in these five subjects. (2) Serum triglyceride levels on the next morning of fructose loaded meal intake were significantly higher than those on the next morning of ordinary meal intake. (3) Fructose contents in 100 ml of Mitsuya Cider, Yogurina, Garigarikun Soda were 5.13g, 2.85g and 3.15g, respectively. From the results above, it is found that triglyceride levels often fluctuate from measurement to measurement, and fructose intake may be related to the increase in triglyceride levels. Because carbonated drinks or ice pops contain a lot of fructose, it is not uncommon to ingest large amount of fructose in our daily life. It is concluded that plasma triglyceride levels might be evaluated more accurately if the meal contents in the previous day is considered.

**Key words:** fructose, triglyceride

## 緒言

血中の中性脂肪値はメタボリック症候群の診断基準の項目にもなっており、中性脂肪が高いと脳梗塞、心筋梗塞などの疾患に罹患しやすいことが知られている<sup>1,2)</sup>。一般内科や健康診断などで行われるほとんどの採血では中性脂肪が測定されている。中性脂肪値は食事の影響を受けやすいため、前日の夜9時以降は絶食にして、翌朝空腹状態で採血されることがほとんどである。しかし同じ被験者を一定期間の間隔をあけてくり返し採血すると、前日夜9時以降絶食という条件を満たしているにもかかわらず、値が大きく変動すること

を経験する。

果糖(フルクトース)はブドウ糖と同じ単糖類であるが、他の糖類と異なり強い甘さを持ち、果物や清涼飲料水などに多く含まれる。ブドウ糖は小腸から吸収された後、血液の中に入り、全身の細胞に運ばれエネルギーとして利用され、余った分が中性脂肪となって貯蓄される。一方果糖は、ほとんどが小腸上皮細胞および肝細胞で代謝されるため直接的には血糖値を上げない<sup>3)</sup>。しかし一度に大量に摂取するとエネルギーとして使われなかった余分な果糖は肝臓などで中性脂肪に変換されるため、果糖を過剰に摂取すると脂質異常症、肥満、脂肪肝、インスリン抵抗性の悪化などを引き起こすと言われている<sup>4-7)</sup>。したがって血液検査前日の果糖摂取量が変わると血中の中性脂肪値が変動する可能性が考

\*連絡著者:E-mail: togawa@nankyudai.ac.jp

えられる。

今回我々はまず女子学生に対して中性脂肪値をくり返し測定するとどの程度中性脂肪の値が変動するかを調べた。次に血液検査前日の果糖の摂取量の変化が翌朝の中性脂肪値に及ぼす影響を検討した。最後に市販の炭酸飲料やアイス菓子里に含まれている果糖量を測定し、日常生活でどの程度果糖を摂取しているかを考察した。

## 方法

### 1. 対象および同意

**実験1**は同意を得られた女子学生10名を対象とした。**実験2**は生理学の学生実験でおこなった採血で異常値を認められた女子学生に対して研究の説明を行い、同意を得られた10名を対象とした。本研究はヘルシンキ宣言の精神に則り南九州大学倫理委員会の承認を経て実施した。

### 2. 実験方法

#### 1) 実験1. 空腹時の血糖値と中性脂肪値

21歳～22歳の女子学生10名に対し前日夜9時以降に絶食という条件のみで朝9時に指先より採血し血糖、中性脂肪を測定した。その後2週間ごとに同様の採血を4回くり返し、朝空腹時の血糖値と中性脂肪を計5回測定した。

#### 2) 実験2. 通常食および負荷食摂取後の血糖値と中性脂肪値

19歳～20歳の女子学生58名に対し生理学の学生実験で中性脂肪値を測定した。前日夜9時以降絶食とし翌朝空腹で中性脂肪値を測定したところ、中性脂肪値が160 mg/dl以上の学生は58名中18名であった。この18名に対して研究の説明を行い同意が得られた10名について、生活習慣および食習慣に対するアンケート調査および体格測定・血圧検査を行ったあと、以下の2回の実験を行った。アンケート調査の質問項目を表1に示す。

1回目の実験では採血前日の朝食、昼食は自由に摂取し、夕食に「ほっともつ」の「から揚げ弁当」を夜7時から夜9時までのあいだに摂取(基準食)し、翌朝空腹の状態ですぐに血糖および中性脂肪を測定した。2回目の実験は2週間以上経過した後に行った。採血前日の朝食にバナナ1本とオレンジジュース200ml、昼食にバナナ1本、夕食にバナナ2本とオレンジジュース200mlを追加した。ただ基準食に比べ摂取カロリーが増えてしまうため、昼食時にはご飯やパンなどの主食を抜き、夕食時の「から揚げ弁当」のご飯もなしとした(負荷食)。朝食と昼食の内容は決めなかったが、基準食と負荷食で同じものを摂取することとした。負荷食摂取後、翌朝空腹の状態ですぐに血糖および中性脂肪を測定した。いずれの実験も夜9時以降翌朝採血するまでは水またはお茶以外は摂取を控えた。2回の実験の食事内容および両食事の摂取カロリーの差を表2に示した<sup>8,9)</sup>。

表1. 食習慣、生活習慣についての質問項目と点数化

項目	1点	2点	3点	4点
1) 1週間の外食回数	ほぼなし	1, 2回	3, 4回	5回以上
2) 1週間のインスタント食品摂取回数	食べない	1, 2回	3, 4回	5回以上
3) 清涼飲料水をよく飲むか	飲まない	よく飲む		
4) 1週間の運動回数	ほぼなし	1, 2回	3, 4回	5回以上
5) 肉類の摂取回数	週1回以下	週2, 3回	週4, 5回	ほぼ毎日
6) 魚介類の摂取回数	週1回以下	週2, 3回	週4, 5回	ほぼ毎日
7) 緑黄色野菜の摂取回数	週3回以下	週4, 5回	1日1食	1日2食以上
8) 果物の摂取回数	週1回以下	週2, 3回	週4, 5回	ほぼ毎日

表2. 採血前日の食事内容と熱量

	基準食	負荷食	負荷食-基準食 熱量(Kcal)
	内容	内容	
朝食	内容は自由	内容は自由	
		バナナ(中程度)1本	+77
		オレンジジュース 200ml	+94
昼食	内容は自由 (主食有り)	内容は自由 (ご飯, パンなどの主食なし)	-272
		バナナ(中程度)1本	+77
夕食	から揚げ4個 ご飯	から揚げ4個 (ご飯, パンなどの主食なし)	-272
		バナナ(中程度)2本	+154
		オレンジジュース 200ml	+94
合計			-48

### 3) 実験3. 炭酸飲料およびアイス菓子中のブドウ糖・果糖・シヨ糖含量

炭酸飲料(三ツ矢サイダー)乳酸飲料(ヨーグリーナ)および氷菓(ガリガリ君ソーダ味)に含まれる、ブドウ糖、果糖、シヨ糖の量を測定キット(Fキット, シヨ糖/D-グルコース/果糖 Roche/R-Biopharm社)で測定した。

### 3. 血液の測定方法

血糖は指先を穿刺し指先から出た血液1滴を血糖自己測定器(ニプロフリースタイルメータフリーダムとニプロFS血糖センサーライト)を使用して測定した。中性脂肪については穿刺した指先より得られた血液10滴分を「かんたんチューブ(栄研)」の血液吸収パット部分に吸収させ、「かんたん遠心機E-10(栄研)」で3分間遠心した。遠心後、血清部分を10 $\mu$ lとり、富士ドライケム臨床化学分析装置(FDC3500)および富士ドライケムスライド(TG-PIII)を用いて測定した。

### 4. 統計処理

基準食の翌日と負荷食の翌日の血液検査値の平均値の差の検定は、student t検定で行った。採血結果、体格、血圧アンケート結果の各項目相互間の相関をSpearmanの相関係数を用いて解析した。統計解析にはエクセル統計(ver.7.0)およびエクセル多変量解析(ver.7.0) (いずれも(株)エスミ)を使用した。P<0.05を有意差ありとした。

## 結果

**実験1.** 空腹時の血糖および中性脂肪を1人につき5回測定したが、血糖値は10名ともすべて正常範囲であった。空腹時の中性脂肪値は10名のうち5名が、正常上限の150mg/dlを1回以上超えていた(表3)。この5名に対して、5回の採血のうちの最大値と最小値の比(最大値/最小値)を計算したところ、全員が2.5以上となった。

表3. 5回くり返し測定した空腹時の中性脂肪(10名)

1回以上中性脂肪値が150mg/dlをこえた者(5名)

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	最大値/最小値
A	101	75(m)	354(M)	113	79	4.72
B	147	48(m)	169	180(M)	64	3.75
C	172(M)	68(m)	90	94	110	2.53
D	101	64(m)	120	121	167(M)	2.61
E	56(m)	57	66	72	166(M)	2.96

5回とも中性脂肪値が150 mg/dl未満であった者(5名)

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	最大値/最小値
F	91	39(m)	60	55	148(M)	3.79
G	61	45(m)	66	77	93(M)	2.07
H	85(M)	56	56	40(m)	55	2.13
I	74(M)	42	62	41(m)	67	1.8
J	45	43(m)	53	57(M)	49	1.33

M:測定した5回のうちの最大値, m:測定した5回のうちの最小値

中性脂肪が5回とも正常範囲であった残りの5名について最大値と最小値の比を計算したところ1.33から3.79となった。

**実験2.** 10名の被験者について基準食または負荷食を摂取した翌朝に空腹時に指先より採血した。血糖の平均値は基準食摂取の翌朝(基準食翌朝)と負荷食摂取の翌朝(負荷食翌朝)で有意差は認めなかったが、中性脂肪は負荷食翌朝では基準食翌朝に比べて有意に増加した(図1)。次にこの10名について2回の中性脂肪値の比(負荷食翌朝/基準食翌朝)を計算したところ、5名はこの比が1.5以上となった(この5名をTG増加群とした)。残りの5名(TG非増加群)のうち4名は2回の中性脂肪値の比が0.95~1.05となり負荷食摂取により中性脂肪値に変化は見られなかった(図2)。1名は、負荷食摂取では基準食摂取に比べて中性脂肪値が202mg/dlから136mg/dlへと低下した。

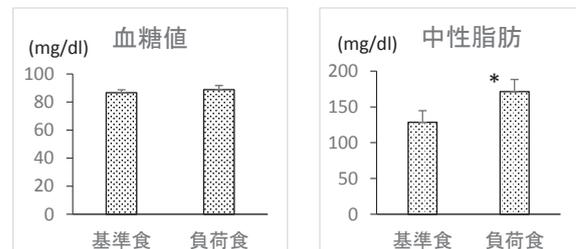


図1. 基準食および負荷食を摂取した翌朝の空腹時血糖および中性脂肪。

\*p<0.05, 基準食vs.負荷食. n=10.

TG増加群と非増加群とでアンケート調査、BMI、体脂肪率、血圧、血糖値について差があるかどうかを見たところ、アンケート調査の「緑黄色野菜の摂取」の項目において、TG増加群では非増加群に比べて緑黄色野菜の摂取が有意に少ない(p=0.0023)という結果となったが、それ以外のアンケートの項目については差が見られなかった(表4)。BMI、体脂肪率、血圧、血糖値につ

表4. アンケート項目の点数の平均±標準誤差

	TG非増加群 (n=5)	TG増加群 (n=5)
1) 1週間の外食回数	1.8 ± 0.2	1.4 ± 0.2
2) 1週間のインスタント食品摂取回数	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2
3) 清涼飲料水をよく飲むか	1.4 ± 0.2	1.2 ± 0.2
4) 1週間の運動回数	1.6 ± 0.4	1.6 ± 0.4
5) 肉類の摂取回数	3.0 ± 0.4	3.4 ± 0.4
6) 魚介類の摂取回数	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4
7) 緑黄色野菜の摂取回数	3.4 ± 0.2	2.0 ± 0.3 ** (p=0.0023)
8) 果物の摂取回数	2.4 ± 0.6	2.4 ± 0.5

TG: 中性脂肪, \*\*<0.01: TG非増加群とTG増加群の比較.

いてはTG増加群と非増加群で差は見られなかった(表5).

表5. 体格測定, 血圧および空腹時血糖値

	TG非増加群 (n=5)	TG増加群 (n=5)
BMI	21.2 ± 0.9	20.8 ± 1.1
体脂肪率(%)	27.8 ± 1.8	25.7 ± 1.9
収縮期血圧(mmHg)	103 ± 3.0	103 ± 5.3
拡張期血圧(mmHg)	69 ± 1.6	66 ± 6.0
空腹時血糖値(mg/dl)	89 ± 3.0	87 ± 2.0

BMI: body mass index, TG: 中性脂肪

**実験3.** 炭酸飲料, 乳酸飲料, 氷菓(常温で溶解したもの)に含まれるブドウ糖, 果糖, ショ糖の含有量を測定した. それぞれ検体を2本ずつ準備して測定したが, 2本の結果の差はいずれも5%以下であった. 2本の検体の平均値を表6に示す.

表6. 炭酸飲料・乳酸飲料・氷菓の糖類含有量(g/100ml)

	ブドウ糖	果糖	ショ糖	合計
炭酸飲料	3.82	5.13	0.36	9.31
乳酸飲料	0.5	2.85	2.46	5.81
氷菓	4.56	3.15	7.92	15.63

それぞれ2本の検体の平均値を示す.

## 考察

血中の中性脂肪は, 食事として摂取され小腸から吸収されたものと, 肝細胞においてアセチルCoAから合成されたものとに由来する(図3). 一方, 血中を循環している中性脂肪は, 脂肪組織や骨格筋の毛細血管内にあるリポたんぱく質リパーゼ(LPL)によって脂肪酸とグリセロールに分解される. 脂肪細胞に取り込まれた脂肪酸は中性脂肪に再合成されエネルギー源として蓄積されるが, 骨格筋細胞に取り込まれた脂肪酸はエネルギーとして燃焼される. したがって, 血中の中性脂肪値は上記の吸収, 合成により血中に流入する速度, LPLで分解され血中から除去される速度の合計で決まると考えられる.

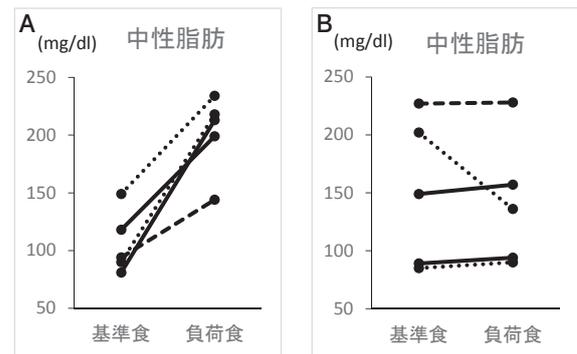


図2. 基準食および負荷食を摂取した翌朝の空腹時の中性脂肪.

A: 基準食に比べて負荷食が増加した群 (n=5)

B: 基準食に比べて負荷食が増加しなかった群 (n=5)

**【小腸からの吸収】** 消化管内の中性脂肪は, リパーゼによって脂肪酸とモノアシルグリセロールに分解され腸管上皮細胞に吸収され, 細胞内の小胞体で中性脂肪に再合成される<sup>10)</sup>. 小胞体内の中性脂肪はアポB48などのアポたんぱく質と融合しカイロミクロンとなり細胞外へ分泌されリンパ管から血中へと運ばれる. 食後大量の脂肪が消化管内に流入して来るような状況では腸管上皮細胞に吸収された脂肪は腸管上皮細胞内の脂肪滴に一時的に蓄え, 空腹状態になって徐々にカイロミクロンとして血中に放出する事により, 血中の中性脂肪値の急激な変化を抑制している<sup>11)</sup>. カイロミクロンの合成にはアポB48が必要であるが, アポB48の合成はインスリンによって抑制されることが知られている. 食後, 大量に中性脂肪が腸管で吸収される様な状況では血糖値も上昇しインスリンの血中濃度も増加する. すると, 増加したインスリンがアポB48の合成を抑制し, 中性脂肪がカイロミクロンとして血中に放出されるのを抑制する<sup>12)</sup>. また果糖は腸管上皮細胞でのインスリンの感受性を低下させ, アポB48の合成を増加させて血中の中性脂肪を増やす働きがある<sup>12)</sup>.

**【肝臓での合成】** 中性脂肪は肝臓でも合成され、VLDLとなって血中を循環する。肝細胞に取り込まれたブドウ糖は解糖系でアセチルCoAにまで分解される(図4)。

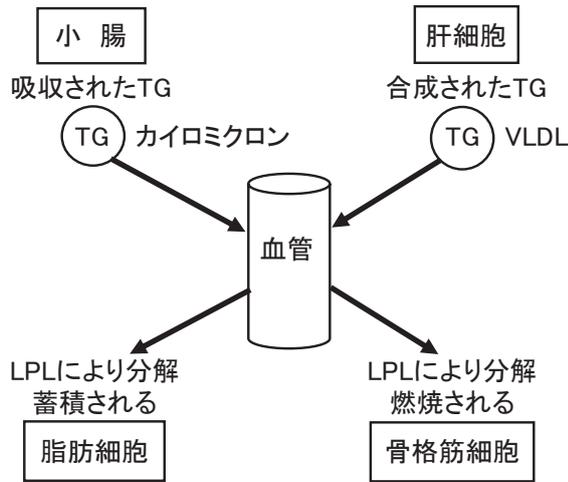


図3. 中性脂肪の吸収, 合成, 分解  
TG: 中性脂肪, VLDL: 超低密度リポタンパク質,  
LPL: リポタンパク質リパーゼ

そのあと、TCA回路でエネルギー産生へと反応が進むが、エネルギー充足状態ではクエン酸シンターゼなどTCA回路に關与する複数の酵素の働きが阻害されるため、TCA回路には一定量の基質しか入らない。そこで、TCA回路に入れなかったアセチルCoAは脂肪酸、中性脂肪の合成へと反応が進むことになるが、この反応に働く酵素活性が食後に増加している事が報告されている<sup>13)</sup>。ブドウ糖が肝細胞内に入ると解糖系の酵素によって代謝されるが、ホスホフルクトキナーゼはATPやクエン酸により活性が阻害されるため、エネルギー充足状態では反応速度が低下し解糖系の律速酵素として働いている(図4)。一方、果糖はフルクトキナーゼおよびアルドラーゼによってグリセルアルデヒド3リン酸にまで代謝されて解糖系へ合流するが、解糖系の律速酵素であるホスホフルクトキナーゼが關与する反応を経由しないため急速に解糖系を進みアセチルCoAまで代

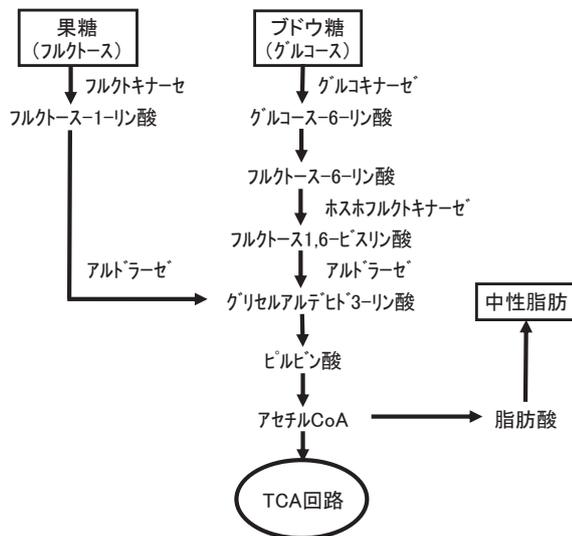


図4. ブドウ糖(グルコース)および果糖(フルクトース)の主要な代謝経路

謝される。したがって、エネルギー充足状態と同じく余ったアセチルCoAは脂肪酸、中性脂肪の合成へと反応が進むことになる。酢酸ナトリウムのトレーサー(1-<sup>13</sup>C)を使った実験では健康人に対し糖質の20%を果糖にした食事を9日間摂取すると、コントロール食に比べ肝臓での脂肪合成が有意に増加した<sup>14)</sup>。健康人に4日間30%の果糖を摂取した後、<sup>13</sup>Cでラベルした果糖を投与した実験では、低果糖食を4日間摂取した場合に比べ<sup>13</sup>Cでラベルされたパルミチン酸が2.9倍増えていた<sup>15)</sup>。

**【脂肪組織, 骨格筋の毛細血管での分解】** 毛細血管に存在するLPLにより中性脂肪が分解されて生成した脂肪酸は、脂肪組織では中性脂肪として蓄積され、筋肉ではエネルギー源として消費される。すなわち、LPL活性が高くなると血中の中性脂肪の分解が進むことになる。筋肉を生検してLPL活性を測定した研究では肥満者のLPL活性は非肥満者の2.9倍となっていた。また、高炭水化物食を摂取した後のLPL活性は非肥満者では2.2倍に増加していたが、肥満者では高炭水化物食を摂取しても変化しなかった<sup>16)</sup>。LPL活性はインスリンによって刺激されることも分かっている<sup>17,18)</sup>。果糖を多く含む飼料を投与したラットの脂肪組織のLPL活性はコーンスターチを多く含む飼料を投与したラットに比べて有意に低下したとの報告があり、果糖は中性脂肪の分解を抑えることにより血中の中性脂肪値を増加させる働きもあると考えられる<sup>19)</sup>。

このように中性脂肪値は腸管上皮細胞や肝細胞での合成速度および脂肪組織や筋肉での分解速度によって決まることになるが、これらの反応に關与する酵素活性が様々な条件で変動するために血中の中性脂肪値が測定するたびに変動したのではないかと考えられる。

実験2では負荷食翌朝の中性脂肪値の平均値が基準食翌朝に比べて有意に増加していた。バナナ(中程度)1本の可食部90gには5.6g、オレンジジュース200ml中には4.8gの果糖が含まれている<sup>20,21)</sup>。負荷食では前日にバナナ4本、オレンジジュース2本を摂取しているので、バナナおよびオレンジジュースから摂取される果糖は32gとなり、32gの果糖摂取が負荷食では基準食に比べて増えることになる。前日に摂取した熱量は、負荷食では基準食に比べて約50Kcal少なくなっているにもかかわらず、負荷食翌朝の中性脂肪値が基準食翌朝に比べて有意に多くなっていることから、前日に摂取した果糖が中性脂肪値に影響を与えている可能性が高いと考えられた。図3の説明でも述べた様に、中性脂肪の吸収・合成・分解のすべての過程において、果糖は血中の中性脂肪を増加する方向に働いている。一方、ブドウ糖の細胞への取り込みや細胞からの放出はインスリン・グルカゴンなどのホルモンにより厳格に制御されているため、果糖摂取によるブドウ糖の血中濃度には変化は見られなかったものと考えられる。

今回の研究で果糖を負荷した食事をする基準食に比べ翌朝の血中の中性脂肪が増加した被験者と増加しなかった被験者がいた。そこで両グループで日常生活について違いがあるかどうか調べてみた。TG増加群ではTG非増加群に比べて野菜摂取が有意に少ないとの結

果が得られたが、アンケート結果、体格、血圧、血糖には違いが見られなかった。上述した様に果糖には中性脂肪値を増加させるような働きが複数見られるが、その働きには様々な酵素が関与している。おそらくこれらの酵素活性の違いにより、果糖負荷での中性脂肪値の増え方に個人差が生じたのではないかと考えられる。

糖化反応は糖質とタンパク質・脂質が酵素の働きなしに結合する化学反応であり、反応により生成された物質は終末糖化産物(AGEs)とよばれている。なかでもブドウ糖や果糖の中間代謝産物であるグリセルアルデヒドは活性酸素を産生する作用が強いため細胞障害作用が強く、糖尿病合併症、心血管病、非アルコール性脂肪肝炎、がん、不妊症、アルツハイマー病などの多様な疾患の発症、進展に関与している<sup>22,23</sup>。糖化反応が起こるためには環状構造をとっている単糖が開環構造に変化する必要がある。果糖はブドウ糖に比べて開環構造をとりやすいため糖化反応が10倍も起こりやすいとされている<sup>24</sup>。果糖摂取が多いと冠動脈疾患、脳血管障害、糖尿病、慢性腎臓病、非アルコール性脂肪肝炎が多いとの報告が見られている<sup>25-29</sup>。

実験2では生理学実験で中性脂肪値が160mg/dl以上となった学生に参加してもらったが、基準食摂取の翌朝の中性脂肪値が10名中8名で正常であった。生理学実験から本研究まで2ヶ月ほどの期間があったため、中性脂肪が高いという結果を見て各自が自発的に食事療法、運動療法を行っていた可能性がある。

実験3では、日常摂取する炭酸飲料、乳酸飲料や氷菓にどの程度の果糖が含まれているかを調べてみた。それぞれの炭水化物含有量は、100mlあたりそれぞれ11.0g、6.1g、16.5gとホームページで公開されているが、我々の実験結果では、シヨ糖、ブドウ糖、果糖を合計した量が、それぞれ9.3g、5.8g、15.6gとなった。したがって、これらの飲料に含まれている炭水化物の大部分が単糖類および二糖類で占められていることになる。果糖の量は炭酸飲料では100ml中5.13g含まれており、500mlのペットボトル1本を摂取すると約26g摂取することになる。乳酸飲料と氷菓にはシヨ糖が多く含まれているが、シヨ糖は腸管内でブドウ糖と果糖に分解されて吸収されるため、シヨ糖も果糖の供給源となる。果物にも果糖が多く含まれており、果糖の含有量はバナナ1本で5.6g、リンゴ1個で14.6gとなっていることから、1日30g程度の果糖を摂取することは日常的に簡単に起こりえるものと思われる。今回行った実験では負荷食と基準食との1日の果糖摂取量の差は32gとなっており、この差だけで翌朝の中性脂肪値に変化を来すことが分かった。

コココーラ、ペプシコーラ、ジンジャエールなどの炭酸飲料の栄養成分表を見ると最初に記載されているのが「果糖ぶどう糖液糖」である。栄養成分表の記載は含有量の多い順に記載することになっている。「果糖ぶどう糖液糖」は糖のうちの果糖の割合が50%以上90%未満のものと定義されている<sup>30</sup>。これとよく似たものに、「ぶどう糖果糖液糖」という記載もあるが、こちらは糖のうちの果糖の割合が50%未満のものとされている。したがって市販の炭酸飲料の多くは、含まれる糖質の

うち果糖が半分以上を占めていることになる。果糖は冷やすと甘みが増すので、冷やして飲む飲料には果糖が多く含まれていると考えられる。

検診などではほとんどの場合、前日の夜9時以降は絶食という条件のみで採血しており、前日の食事内容について制限を加えることはない。しかし今回の研究で中性脂肪値は測定毎に大きく変動すること、変動の原因として前日の果糖摂取が関係している可能性があることが分かった。血液検査する際に前日の食事内容を考慮すると血中の中性脂肪値がより正確に判定できるのではないかと考えられた。

## まとめ

前日夜9時以降絶食という条件のみで血中の中性脂肪を複数回くりかえし測定すると値が変動する事を経験する。中性脂肪値の変動が採血前日の果糖摂取量に関連しているのではと考え下記の3つの実験を行った。(1)21歳～22歳の女子学生10名に対し、前日夜9時以降絶食という条件のみで朝の中性脂肪値を5回繰り返し測定した。(2)19歳～20歳の女子学生10名に対し通常食および果糖負荷食を2週間以上の間隔をあけて摂取し、翌朝の中性脂肪値を測定し食事による変化を検討した。(3)炭酸飲料、乳酸飲料および氷菓に含まれるブドウ糖、果糖、シヨ糖の含有量を測定した。実験結果は以下の通りとなった。(1)5回繰り返し測定した空腹時の中性脂肪値は、10名のうち5名が、正常上限の150 mg/dlを1回以上超えていた。5回の採血結果の最大値と最小値の比は5名とも2.5以上であった。(2)果糖負荷食摂取の翌朝の中性脂肪値は、通常食摂取翌朝の値よりも有意に上昇していた。(3)100ml中の果糖の含有量を測定した結果、炭酸飲料では5.13g、乳酸飲料では2.85g、氷菓では3.15gであった。以上の結果より、中性脂肪値は測定するたびに変動することが多く、中性脂肪値が上昇する原因の1つに果糖摂取が関係している可能性が考えられた。また炭酸飲料、乳酸飲料や氷菓には果糖が多く含まれており、通常的生活でも容易に果糖を大量摂取する可能性がある。血液検査する際に前日の食事内容を考慮すると血中の中性脂肪値がより正確に判定できるのではないかと考えられた。

## 謝辞

この研究は南九州大学学園研究奨励費によって行われたものである。

## 参考文献

- 1) Boullart, A. C., de Graaf, J. and Stalenhoef, A. F. (2012) Serum triglycerides and risk of cardiovascular disease. *Biochimica et Biophysica Acta* 1821: 867-875
- 2) Miller, M., Stone, N. J., Ballantyne, C., Bittner, V., Criqui, M. H., Ginsberg, H. N., ... Pennathur, S. (2011)

- Triglycerides and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 123: 2292-2333
- 3) Evans, R. A., Frese, M., Romero, J., Cunningham, J. H. and Mills, K. E. (2017) Chronic fructose substitution for glucose or sucrose in food or beverages has little effect on fasting blood glucose, insulin, or triglycerides: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 106: 519-529
  - 4) Welsh, J. A., Sharma, A., Abramson, J. L., Vaccarino, V., Gillespie, C. and Vos, M. B. (2010) Caloric sweetener consumption and dyslipidemia among US adults. *Journal of American Medical Association* 303: 1490-1497
  - 5) Stanhope, K. L., Schwarz, J. M., Keim, N. L., Griffen, S. C., Bremer, A. A., Graham, J. L., ... Havel, P. J. (2009) Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans. *Journal of Clinical Investigation* 119: 1322-1334
  - 6) Vos, M. B. and Lavine, J. E. (2013) Dietary fructose in nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology* 57: 2525-2531
  - 7) Taskinen, M. R., Packard, C. J. and Borén, J. (2019) Dietary fructose and the metabolic syndrome. *Nutrients* 11: DOI: 10.3390/nu11091987
  - 8) 株式会社プレナス(2020)「ほっともっと」の栄養成分情報 <[https://www.hottomotto.com/menu\\_list/info/45#!tab/eiyo](https://www.hottomotto.com/menu_list/info/45#!tab/eiyo)>, 2020年10月21日参照
  - 9) 文部科学省(2017) 科学技術・学術審議会資料調査分科会報告日本食品成分表 7訂(本表編), 医師薬出版, 東京
  - 10) 石崎泰樹 監訳(2015) イラストレイテッド生化学, 原著 6 版「食事由来脂質の代謝」pp.227-236. 丸善出版, 東京
  - 11) Dash, S., Xiao, C., Morgantini, C. and Lewis, G. F. (2015) New insights into the regulation of chylomicron production. *Annual Review of Nutrition* 35: 265-294
  - 12) Pavlic, M., Xiao, C., Szeto, L., Patterson, B. W. and Lewis, G. F. (2010) Insulin acutely inhibits intestinal lipoprotein secretion in humans in part by suppressing plasma free fatty acids. *Diabetes* 59: 580-587
  - 13) Shimano, H., Yahagi, N., Amemiya-Kudo, M., Hasty, A. H., Osuga, J., Tamura, Y., ... Yamada N. (1999) Sterol regulatory element-binding protein-1 as a key transcription factor for nutritional induction of lipogenic enzyme genes. *Journal of Biological Chemistry* 274: 35832-35839
  - 14) Schwarz, J. M., Noworolski, S. M., Wen, M. J., Dyachenko, A., Prior, J. L., Weinberg, M. E., ... Mulligan, K. (2015) Effect of a high-fructose weight-maintaining diet on lipogenesis and liver fat. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 100: 2434-2442
  - 15) Egli, L., Lecoultré, V., Theytaz, F., Campos, V., Hodson, L., Schneiter, P., ... Tappy, L. (2013) Exercise prevents fructose-induced hypertriglyceridemia in healthy young subjects. *Diabetes* 62: 2259-2265
  - 16) Ong, J. M. and Kern, P. A. (1989) Effect of feeding and obesity on lipoprotein lipase activity, immunoreactive protein, and messenger RNA levels in human adipose tissue. *Journal of Clinical Investigation* 84: 305-311
  - 17) Raynolds, M. V., Awald, P. D., Gordon, D. F., Gutierrez-Hartmann, A., Rule, D. C., Wood, W. M. and Eckel, R. H. (1990) Lipoprotein lipase gene expression in rat adipocytes is regulated by isoproterenol and insulin through different mechanisms. *Molecular Endocrinology* 4: 1416-1422
  - 18) Semenkovich, C. F., Wims, M., Noe, L., Etienne, J. and Chan, L. (1989) Insulin regulation of lipoprotein lipase activity in 3T3-L1 adipocytes is mediated at posttranscriptional and posttranslational levels. *Journal of Biological Chemistry* 264: 9030-9038
  - 19) Rodrigues, A. H., Moreira, C. C., Mario, É. G., de Souza Cordeiro, L. M., Avelar, G. F., Botion, L. M. and Chaves, V. E. (2016) Differential modulation of cytosolic lipases activities in liver and adipose tissue by high-carbohydrate diets. *Endocrine* 53: 423-432
  - 20) The Australian Food Composition Database <<http://www.foodstandards.gov.au/science/monitoringnutrients/afcd/Pages/default.aspx>>, accessed on 21 October 2020
  - 21) 山本茂・谷口裕美・猿倉薫子・曹篠・曾愛迪・竹市仁美 (2009) おやつと飲料類の単糖・二糖類含有量. *日本栄養士会雑誌*52: 22-25
  - 22) 竹内正義(2012) 生活習慣病の発症・進展における Toxic AGEs (TAGE)-RAGE系の関与: -新たな治療戦略-. *金沢医科大学雑誌*37: 141-161
  - 23) Gugliucci, A. (2017) Formation of fructose-mediated advanced glycation end products and their roles in metabolic and inflammatory diseases. *Advances in Nutrition* 8: 54-62
  - 24) Suárez, G., Rajaram, R., Oronsky, A. L. and Gawinowicz, M. A. (1989) Nonenzymatic glycation of bovine serum albumin by fructose (fructation). Comparison with the Maillard reaction initiated by glucose. *Journal of Biological Chemistry* 264: 3674-3679
  - 25) Fung, T. T., Malik, V., Rexrode, K. M., Manson, J. E., Willett, W. C. and Hu, F. B. (2009) Sweetened beverage consumption and risk of coronary heart disease in women. *American Journal of Clinical Nutrition* 89: 1037-1042
  - 26) Bernstein, A. M., de Koning, L., Flint, A. J., Rexrode, K. M., Walter, C. and Willett, W. C. (2012) Soda consumption and the risk of stroke in men and women. *American Journal of Clinical Nutrition* 95: 1190-1199
  - 27) Romaguera, D., Norat, T., Wark, P. A., Vergnaud, A. C., Schulze, M. B., van Woudenberg, G. J. and Wareham, N. J. (2013) Consumption of sweet beverages and type 2 diabetes incidence in European adults: results from EPIC-InterAct. *Diabetologia* 56: 1520-1530
  - 28) Jensen, T., Abdelmalek, M. F., Sullivan, S., Nadeau,

- K. J., Green, M., Roncal, C., ... Johnson, R. J. (2018) Fructose and sugar: A major mediator of non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology* 68: 1063-1075
- 29) Saldana, T. M., Basso, O., Darden, R. and Sandler, D. P. (2007) Carbonated beverages and chronic kidney disease. *Epidemiology* 18: 501-506
- 30) 農林水産省(1980) 異性化液糖及び砂糖混合異性化液糖の日本農林規格. 農林水産省告示第208号 <[http://www.maff.go.jp/j/kokuji\\_tuti/kokuji/k0000986.html](http://www.maff.go.jp/j/kokuji_tuti/kokuji/k0000986.html)>, 2020年10月21日参照