

一定のカロリーを摂取する場合、 砂糖は脂肪やでんぷんよりも肥満を誘導し易い

坂井 恵子, 笠野 実可子, 有川 育世

要 旨

ダイエットをする場合、糖質制限あるいは脂質制限が一般に行われるが、体重増加に寄与する詳細については不明な点が多い。本研究では、ラットをストレス負荷で、カロリー量を一定にしたコントロール食、脂質過剰食、砂糖過剰食などの実験食で10週間飼育した時の体重変化及び血液と肝臓の脂質動態について比較検討を行った。

餌は各群とも同量を毎日ラットに投与した結果、糖質より得られるカロリーの61.5%（コントロールは15.4%）を砂糖に置き換えた砂糖群の体重増加が他の食餌群に比べて高いことが認められた。特に、コレステロールを同時摂取すると他の群に比べて有意に体重増加が認められた。一方、脂質群は総カロリーの39.8%を脂質で、つまりコントロール群の2.8倍に増加し、代わりに糖質は砂糖を含まないでんぷんのみで総カロリーの10%、たんぱく質は総カロリーの51%であったが、体重変動はコントロール群のn-6系とn-3系脂肪酸群とよく似ていた。ストレス負荷では、砂糖群だけはストレスがない場合と同様に体重が著しく増加したが、他の各群は減少傾向を示した。体重が1g増加するのに消費した餌の摂取量を比較すると、砂糖群は他の群に比べて少ない餌量で効率よく体重が増加したのが明らかとなった。ストレス状況下では、体重増加に必要な餌の分量が砂糖群以外で通常より増加したのが認められた。

ラットの肝臓の総コレステロール量は、砂糖群と脂質群及びコントロール群ともにコレステロール添加で著しく増加したが、各群間に差は認められなかった。ストレス負荷の肝臓では各群ともに増加した。また、肝臓のトリアシルグリセロール(TG)もコレステロール添加によって各群ともに著しく増加が認められた。脂質群と砂糖群はともにn-3系のコントロール群と同じ傾向であった。一方、血漿中の総コレステロール量はコレステロール添加により各群ともに有意に増加したが群間に差はみられず、さらに、ストレス負荷の影響も認められなかった。一方、HDL-コレステロールは砂糖群がコントロール群と脂質群に比べて高い傾向であった。また、コレステロール添加により各群ともに有意なHDL-コレステロールの低下が認められた。

以上の結果より、砂糖食はでんぷん食よりも肥満を誘導しやすい傾向が明らかとなった。一方、脂肪食はカロリー制限下では肥満にならないのが認められた。また、砂糖群や脂質群のような極端に偏った食餌でありながら、カロリー摂取量の制限下では血漿の脂質や糖などの生化学的数値への影響は少ないが、コレステロール含有の場合は肝臓に影響が出ることが明らかとなり、ヒトでも同様な傾向があることが示唆された。

キーワード：肥満，砂糖摂取，脂質摂取，ストレス

緒 言

現代の日本では、食生活の欧米化傾向が主流となりほぼ40年を経て、肥満が食の問題となり、医療においてもメタボリックシンドロームなどの疾病の要因として問題になっている。平成20年度では、肥満者(BMI25以上)の割合が男性の40代や50代で多かった¹⁾。一方では、るい瘦者(BMI18.5以下)の割合が女性で10.8%であり、特に20代や30代で目立っ

ている。20代女性は、適正な体重でありながら約半数がさらに体重を減少させたい、そして低体重でありながら、もっと痩せたい願望が12.6%存在している。このような痩せ願望者の要望に応えるかのように、アトキンスダイエットに端を発した低糖質で、その代わりに脂質とたんぱく質からエネルギー源を供給し体重減少を試みる食事方法が行われている。しかし、この食事療法は栄養バランスが非常に偏っており、長期的に実践した場合の安全性については不明な点が多い。本研究では、摂取カロリーを一定にし、さ

らにストレス状況下で、砂糖あるいは脂質の過剰摂取がラットの体重および血液や肝臓の脂質の変動に及ぼす影響について検討を行った。

方 法

動物実験：Sprague-Dawley系雌ラット（SLC，静岡）の4週令を無作為に各食餌群（各群3～5匹）に分け、実験飼料（Table. 1）で10週間飼育した。“非ストレス”ラットは木片チップ入りのプラスチックケージ，“ストレス”ラットは総金網のケージで全期間の飼育を行い、週に1回体重を測定した。尚、食餌は各群とも同量を毎日投与し、残量を翌日測定して、摂取量の記録を行った。

実験飼料：コントロール群はトウモロコシでんぷん49en%，砂糖10en%とし、砂糖群（Sugar）はそれぞれ28.7en%，30.4en%，脂質群（Fat）はそれぞれ20.6en%，0en%とで行った。脂質はコントロール群と砂糖群では20.5en%，脂質群では38.8en%であり、コレステロール添加群のコントロール群と砂糖群は16en%，脂質群は34.2%で行った。その他の成分は各群すべて同じにして調製したのち、-20℃に保存し1週間以内に消費した。餌は各群とも同量を毎日投与し、残量を記録した。水は自由に与えた。飼育は室温25℃，12時間明暗周期の条件下で行った。

尚、本報の動物実験は鹿児島純心女子大学動物実験指針に従って行われた。

生化学的測定：ラットは実験終了後、ネブタールで麻酔後、心臓採血、肝臓の摘出を行い測定するまで-80℃にて保存した。測定はWAKOの測定キットで会社のプロトコルに従って行った。

結 果

体重変動：体重は1週間に一回測定した。飼料は毎日各群とも同量を投与し翌日残量を測定して摂取量を算出した。ストレスがない場合、砂糖群（Sugar）はコントロール群より体重が約10%以上増加した（Fig. 1）。ストレス負荷では各群ともに体重増加が抑制されたが砂糖群は他に比べてやはり高い傾向であった。より強いストレス状態の場合、砂糖群だけはコレステロール添加で他の群より約50%も増加したのが観察された（data not shown）。対照的に、脂質群（Fat）ではコントロール群と同じ傾向であった。

Table.1 The Experimental diet of rats (g/100g)

Nutrient	Cont (n-6)	Fat (n-6)	Fat+cho (n-6)	Cont (n-3)	Cont+cho (n-3)	Sugar (n-3)	Sugar+cho (n-3)
Corn starch	48.3	20.3	24.8	48.3	52.8	28.3	32.8
Sucrose	10.0	0	0	10	10	30	30
Casein	20.0	40.0	40.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Cellulose	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25
Mineral mix	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cholesterol	0	0	2	0	2	0	2
Corn oil (n-6)	9	17	15	0	0	0	0
Egoma (n-3)	0	0	0	9	7	9	7

次に、体重1g増加するのに消費した餌の摂取量をみると、コレステロール添加及びストレス負荷に拘わらず、砂糖群が最も少なく、脂質群はコントロール群と同じ傾向であった（Fig. 2）。つまり、砂糖群は少ない餌で効率よく体重増加を誘導することが示された。また、ストレス負荷の場合、砂糖群以外では体重増加に必要な摂取量が有意に増加するのが認められた。一方、砂糖群はストレス負荷の影響を受けないで、効率よく体重増加に繋がるのが示された。

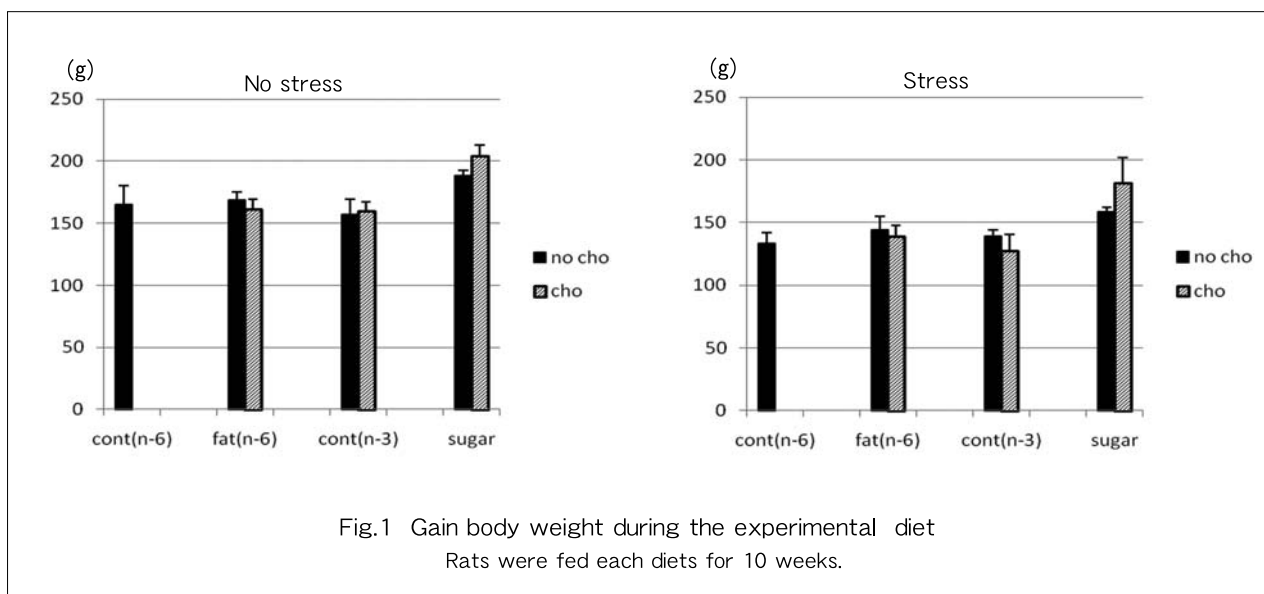
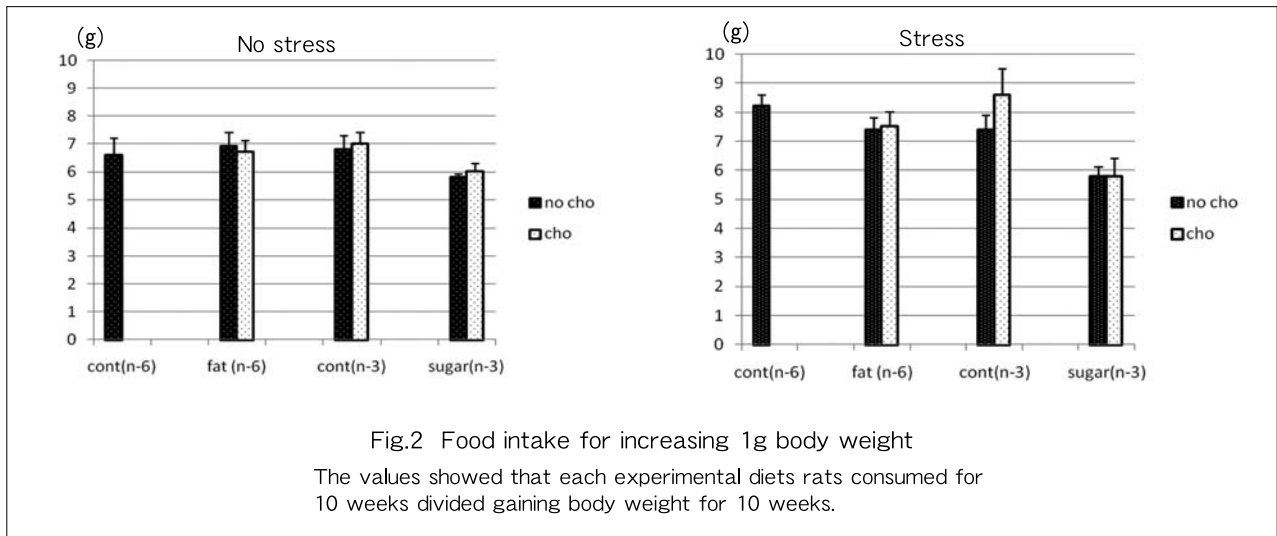
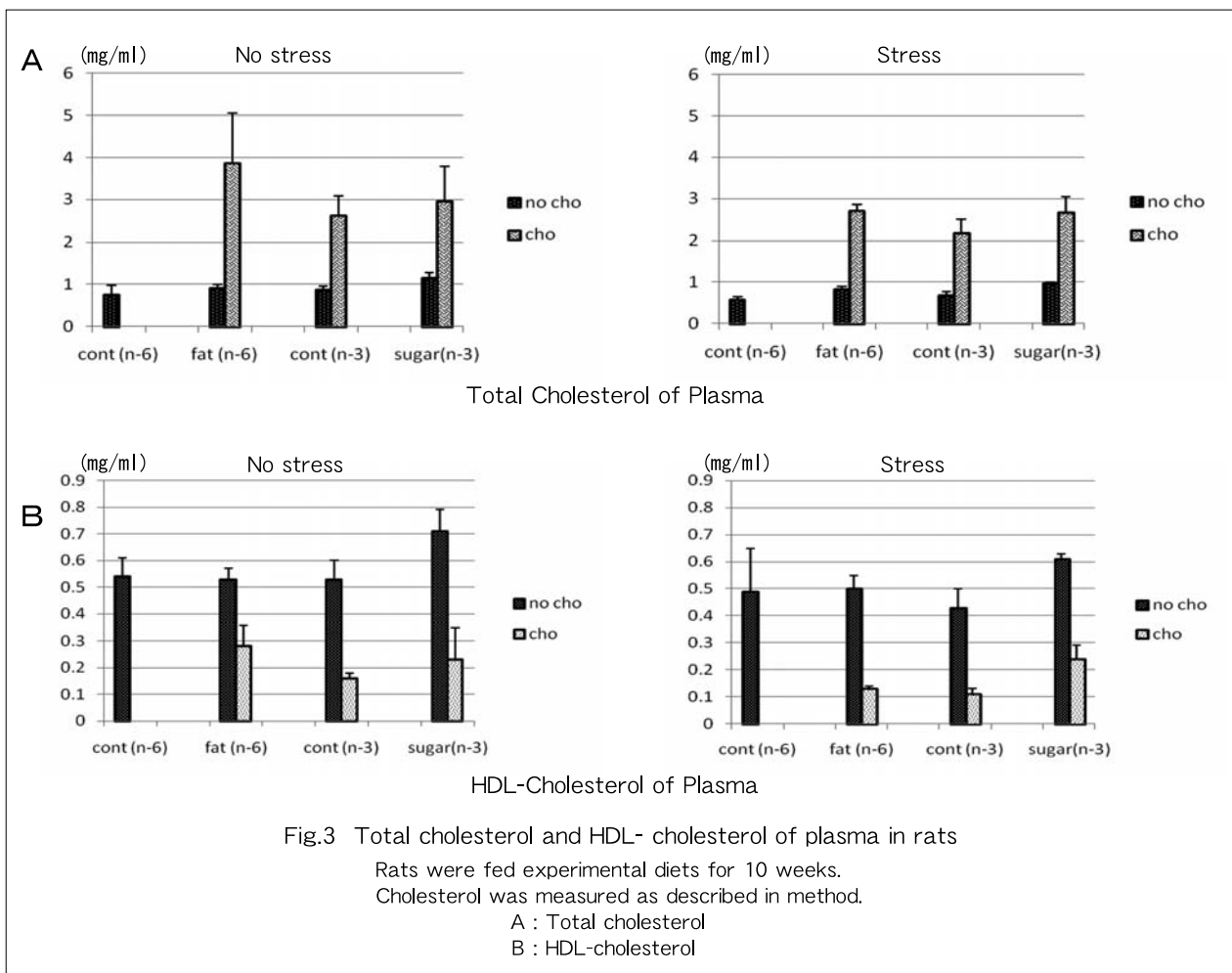


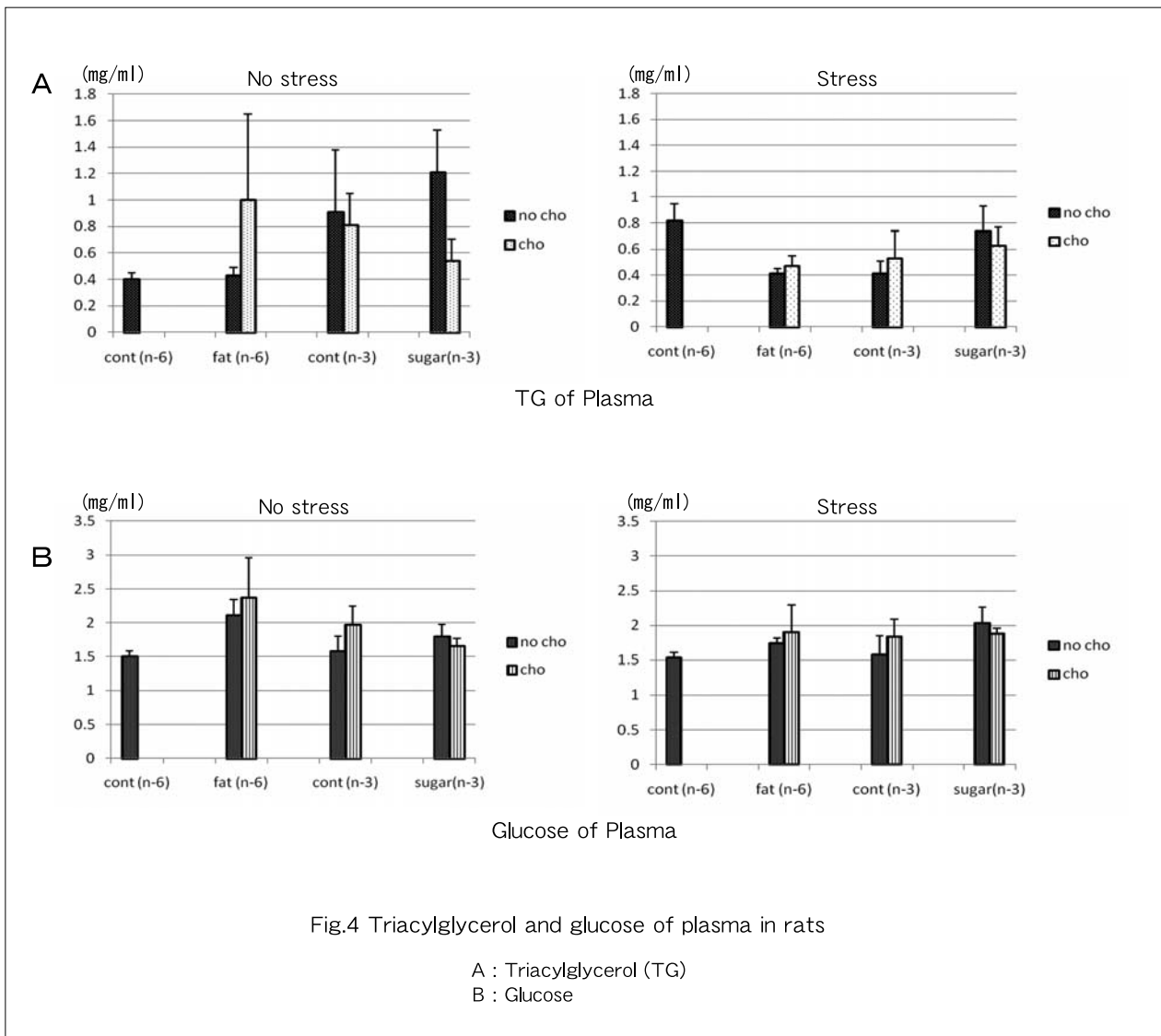
Fig.1 Gain body weight during the experimental diet
Rats were fed each diets for 10 weeks.



血漿の脂質と糖：総コレステロール量はコレステロール添加により有意に増加したが、各群間に差は認められなかった (Fig. 3-A)。また、ストレス負荷の影響もみられなかった。HDL-コレステロール量はコレステロール添加により有意に減少したが、ストレス負荷により各群ともに減少したが、砂糖群

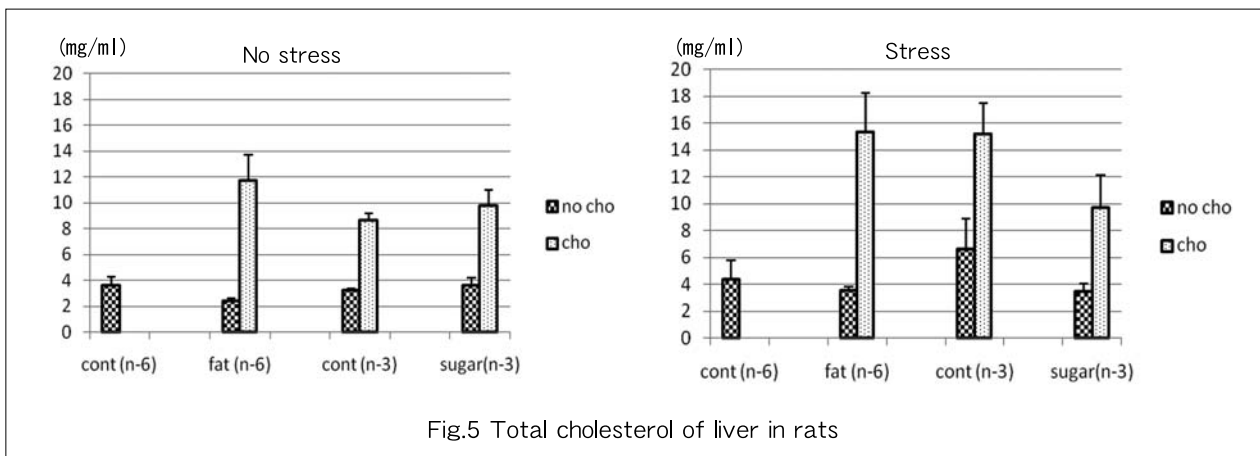
はその中でも高いレベルを維持しているのがみられた。TG量は各群ともストレス負荷により減少したが、各群間に差は認められなかった (Fig. 4-A)。グルコース量はストレス負荷やコレステロール添加に影響されなかった。また、各群間に差は認められなかった (Fig. 4-B)。





肝臓の脂質：総コレステロール量は砂糖群及び脂質群ともにコレステロール添加により有意な上昇を示した (Fig. 5)。ストレス負荷によりコレステロール添加の脂質群と n-3 系コントロール群では増加がみられたが、砂糖群はストレス負荷の影響は受けな

った (Fig. 5)。肝臓中の TG も、コレステロール添加により各群とも増加した (Fig. 6)。ストレス負荷では、コレステロール添加の n-3 系コントロール群、脂質群及び砂糖群の増加が顕著であったが、群間に差は認められなかった。



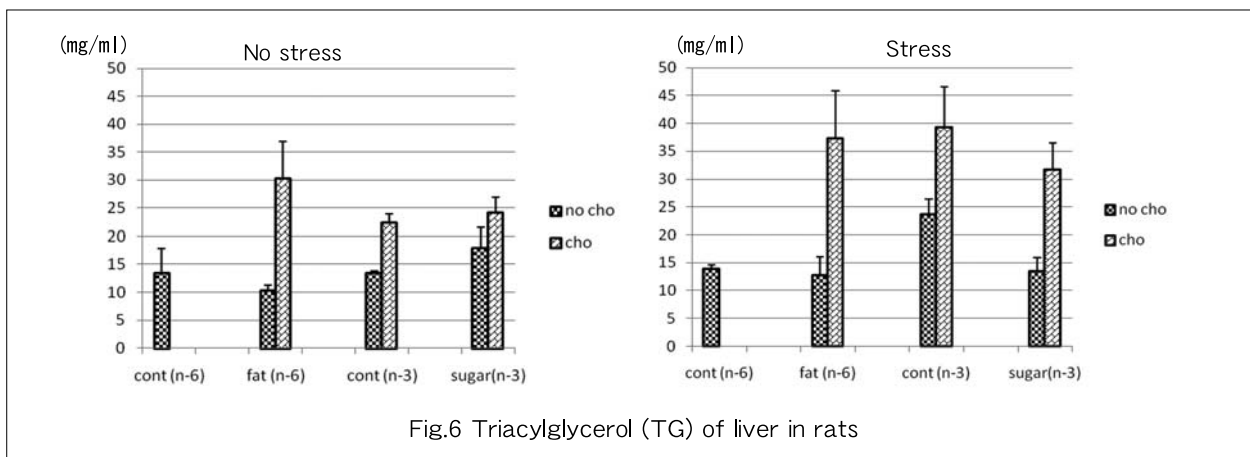


Fig.6 Triacylglycerol (TG) of liver in rats

考 察

カロリー制限の場合、でんぷんの代わりに砂糖あるいは脂質の過剰摂取をした場合の体重変動と肝臓や血液に及ぼす影響について検討を行ったところ、砂糖群での体重増加が脂質群に比べて顕著であるのが認められた。これは、でんぷんの方が砂糖に比べてエネルギー源として砂糖より先に消費されるためであること、余分な糖がグリコーゲンへ変換する量が少ないことなどが考えられる。一方、砂糖はエネルギー源として消費されるより脂肪酸に変換しやすい傾向が示唆されたが、メカニズムの詳細は今後の検討課題である。また、n-3系脂肪酸はn-6系脂肪酸より体脂肪が付きにくいとする報告もあるが²⁻³⁾、本研究では、体重変動におけるn-6やn-3系脂肪酸の効果の違いは明らかではなかった。本実験食で使用したn-3系脂肪酸油の α -リノレン酸のEPAへの変換率の低さが魚油に比べて体重増加抑制効果が低かったと考えられる。一方、脂質群のように脂質を通常の約2倍量摂取しても、カロリーを制限すると体重は増加しないことが明らかとなった。その時、血液中や肝臓のTG量や総コレステロール量はコントロール群と同様の傾向を示し、特に増加がみられなかったのは意外であった。しかしながら、肝臓はコレステロール添加により各群ともに脂肪肝を呈した。ヒトで糖質摂取を極端に制限し脂質とたんぱく質中心のダイエットを2週間から1年続けたときの血液中のデータはほぼ正常範囲の値を示した報告がある⁴⁻⁷⁾。さらに、ヒトで低糖質食を女性で26年間、男性で20年間にわたって死亡率の追跡調査を行ったところ、動物性食品主体の食事群は心臓疾患や癌での死亡率が菜食主義群より高い確率であった⁸⁾。本研究結果より血液中は正常でも肝臓はあきらかに影響を受けている可能性はうかがえる。そこで、コレステロール含有食品、特に動物性食品の過剰摂取を長期間にわたって続けることには注意する必要があることが

示唆された。

謝 辞

本研究にあたりご協力をいただいた寺師美里さん、川内泰葉さん、石神聖香さん、志和屋文子さん、海老原綾子氏へ厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平成20年度国民健康・栄養調査結果 厚生労働省：3-10
- 2) Okuyama H., Sakai K. : Effects of dietary oils with extreme omega3/omega6 ratios-selective incorporation and differential catabolism. World Rev.Nutr.Diet. 1991, 66 : 195 - 204
- 3) 所澤千香子, 佐野佳代, 笠岡宜代: 魚油によるマウスの体脂肪蓄積抑制効果に対する脂肪摂取量の影響. 栄養学雑誌, 2008, 66 : 181-188
- 4) Borden G., Sargrad K., Homko C., et al.: Effect of a low-carbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes. Ann Intern Med, 2005, 142 : 403-411
- 5) Shai I., Schwarzfuchs D., Henkin Y. et al.: Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet. N.Engl J.Med, 2008, 359:229-241
- 6) Westman EC., Yancy WS., Edman JS., et al.: Effect of 6-month adherence to a very low carbohydrate diet program. Am J Med, 2002, 113:30-36
- 7) 大櫛陽一, 春木康夫, 宗田哲男, 銅治英雄, 他.: 超低糖質食評価研究から見てきた食事指導の問題点, 脂質栄養学, 2010, 19 : 53 - 58
- 8) Fung T., Dam R., Hankinson S., Stampfer M.: Willett W., Hu F.: Low-Carbohydrate Diets and all-cause and cause-specific Mortality. ANN Intern Med. 2010, 153:337-339

Sugar Induced Obesity more than Fat and Starch under the same Calorie Intake in Rats

Keiko Sakai, Mikako Kasano, Ikuyo Arikawa

Department of Nutrition, Faculty of Nursing and Nutrition,
Kagoshima Immaculate Heart University

Key words : obesity, sugar intake, fat intake, stress

Abstract

We investigated the effect of low-carbohydrate diets and high-sugar diets on body weight and biological value of blood and liver in rats. Especially, we compared the three different experimental diets: control diet with n-6 or n-3 fatty acids, low-carbohydrate diet with high fat and high protein, high-sugar diet instead of starch under the same calorie intakes. Furthermore, each diet group had with or without cholesterol. The result showed that the high-sugar diet increased body weight much heavier than other groups. The low-carbohydrate diet showed the body weight as same as control group under the limited calorie intakes. The high-sugar diet needed the lowest food to increase 1g of body weight than the low-carbohydrate diet and control diet. In addition, the high-sugar diet was not affected by stress on food intake compared with low-carbohydrate diet. That was extremely different from low-carbohydrate diet and control diet which required more food to increase 1g body weight under the stress.

The biological values of blood were not changed among each group. However, the diets which including cholesterol increased total cholesterol in liver and blood, and increased triacylglycerol in liver. In contrast, HDL-cholesterol were decreased with cholesterol diets.

The conclusion of this study is that excessive sugar intakes showed inducing obesity more than low-carbohydrate diet. In addition, this study suggests that excessive sugar or fat intakes from animal source should be cautious to prevent liver damage.
