

砂糖の摂取タイミングと運動による  
血中リポタンパクトリグリセリド濃  
度の調節機構に関する研究

筑波大学 鈴木正成

**Effects of timing of sucrose feed and  
exercise on plasma triacylglycerol level**

by

Masashige Suzuki

*Institute of Health and Sport Science,*

*University of Tsukuba*

**ABSTRACT**

Young male rats were alternately meal-fed on a basal diet and a 35% sucrose diet for 7 weeks. The sucrose diet was fed at 0800–0900 hours (experiment 1) or at 2000–2100 hours (experiment 2), and the basal diet was fed at 2000–2100 hours (experiment 1) or at 0800–0900 hours (experiment 2). In both experiments, animals were divided into sedentary group and exercise group. Rats of exercise group were allowed to run voluntarily in revolving wheels between 2100–0800 hours. After 7 weeks of feeding, plasma triacylglycerol level was significantly lower in exercised rats as compared with sedentary rats regardless of the timing of the sucrose meal. Hepatic-intestinal triacylglycerol production rate was also significantly lower in exercise group than in sedentary group. However, lipoprotein lipase activity of several tissues was not significantly different between the groups. These results seem to suggest that voluntary running exercise may be effective in lowering the hyperlipemic effect of sucrose by decreasing triacylglycerol production.

## I. 目 的

砂糖は、甘味料として食生活に豊さを演出しているが、高脂血症や過インスリン反応を引き起こすことなどの理由で、砂糖の摂取を抑制するのが良いとの声が強い。

砂糖は、デンプンに比べて消化吸収速度が速い特徴を持つので、グリコーゲンの蓄積・回復、血糖値の維持・回復など、運動前・中・後などの栄養処方にも有用な糖質であり、スポーツと重要なかわりを持っている。

したがって、砂糖の血中脂質を上昇させる作用を抑制するには、砂糖をどのようにするのが良いのかを明らかにすることは、一般人のみならず、スポーツ選手にとっても重要である。

著者らはすでに、ラットを人間の食生活のリズムに近い1日2食制のもとに、休息期と活動期の生活リズムを加えた条件下で飼育し、1日当たり等量の砂糖を摂取しても、摂取後に活動が続くタイミングでの砂糖摂取は（朝食時砂糖摂取）、摂取後に休息するタイミングでの砂糖摂取（夕食時砂糖摂取）に比べて、砂糖の血中トリグリセリド（TG）濃度を低く抑えることを明らかにした<sup>1)</sup>。

本研究では、著者らの上記研究をさらに進めて、砂糖を同じタイミングで摂取しても、生活条件に活動（運動）があるかないかによって、砂糖の血中脂質を上昇させる作用に差が生ずるか否かを検討した。

## II. 方 法

5週齢のSD系雄ラットを非運動群と運動群に分け、07～19時を明期とする人工照明下で飼育した。

非運動群は普通ケージで、また、運動群は回転カゴ付ケージで飼育された。

飼料として、基本食（粉末CE-7、日本クレ

ア）と砂糖食（基本食に砂糖を35%添加したもの）を用いた。

08～09時（夕食に相当）と20～21時（朝食に相当）の各1時間、1日2回のmeal-feedingでラットを飼育した。

飲水は24時間自由とした。

運動群は21時～08時の間、回転カゴで自発ランニング運動を許されたが、08～20時の間は運動を規制された。

実験Ⅰでは、非運動群と運動群のいずれにも、20～21時に基本食を、また08～09時に砂糖食をそれぞれ給餌する方式で、7週間飼育した。

実験Ⅱでは、実験Ⅰと逆に、両群に20～21時に砂糖食を、また、08～09時に基本食を給餌して、7週間飼育した。

いずれの実験においても、摂食量、体重、運動群の運動量を毎日測定した。

いずれの実験においても実験最終日に、各群のラットの一部を20, 24, 04, 08, 12, および16時にそれぞれ4～5匹ずつ屠殺し、血しょう中の総コレステロール（Chol）とTG、そして心筋のリポプロテインリパーゼ（LPL）活性を測定した。

さらに、各群の残りのラット4～5匹ずつを用いて、13時と0:30時の2時点で、尾静脈より採血後、Triton WR-1339を600mg/kg尾静脈より注射し、3時間後に屠殺採血し、血しょうTG濃度を測定して、肝臓-小腸の超低比重リポプロテイン-TG（VLDL-TG）の放出速度を測定した。

## III. 結 果

### 1) 体重:

実験Ⅰにおいて、7週間の体重増加量は、非運動群に比べて運動群で有意に低かった（非運動群  $242.8 \pm 4.1g$  (mean  $\pm$  SE), 運動群  $219.2 \pm 3.9g$ ;  $p < 0.001$ ).

実験Ⅱでも同様であった（非運動群  $257.8 \pm$

5.1 g, 運動群 241.1±5.5 g;  $P < 0.05$ ).

2) 摂食量:

実験 I において, 7 週間の 1 匹当り総摂食量は, 砂糖食では, 非運動群よりも運動群で多く (非運動群 645±12 g, 運動群 780±13 g), 基本食では非運動群の方が多かった (非運動群 437±9 g, 運動群 377±11 g).

砂糖それ自体の摂食量は, 非運動群 (226±4 g) よりも運動群 (273±5 g) で有意に多かった ( $P < 0.05$ ).

実験 II における 7 週間の総摂食量は, 砂糖食では, 非運動群 (626±9 g) と運動群 (612±10 g) はほぼ同じで, 基本食では, 非運動群 (408±10 g) よりも運動群 (469±8 g) の方が多かった.

砂糖それ自体の摂食量は, 非運動群 (219±3 g) と運動群 (214±4 g) はほぼ同じであった.

3) 自発ランニング運動量 (運動群):

実験 I と II のいずれにおいても, 1 日当りの走行距離は 2—7 km であり, 9 週齢時に最も運動量が大きかった.

運動の日内リズムは, 著者らの先きの報告と同様に<sup>2,3)</sup>, 20—21 時食後の数時間と, 08—09 時食前の数時間に高いピークを示した.

4) 血しょう総 Chol 濃度 (図 1):

実験 I では, 非運動群に比べて運動群では活動期に低く, 休息期には逆に高い傾向にあった.

実験 II においても, 運動群は活動期に低値を示した.

5) 血しょう TG 濃度 (図 1):

実験 II の 16 時を除き, いずれの実験においても各測定時点ならびに 6 時点の総平均値でも, 非運動群よりも運動群は著しい低値を示した.

実験 II の総平均値は運動群で有意に低かった ( $P < 0.05$ ).

6) 心筋 LPL 活性 (図 2):

実験 I と II において, 非運動群よりも運動群で

高い傾向にあった.

7) 肝臓—小腸の VLDL-TG

放出速度 (表 1):

実験 I と II のいずれにおいても, 13 時と 0:30 時からの 3 時間に測定された VLDL-TG 放出速度は, 非運動群よりも運動群で顕著に低かった. とくに実験 I の 0:30—3:30 時と実験 II の 13—16 時では, 運動群が有意に低かった ( $P < 0.05$ ).

IV. 考 察

血中 TG 濃度は, 基本的に次のような機構で調節されている.

1) 食餌性脂肪がカイロミクロン—TG として血中に出現する.

2) 肝臓と小腸での VLDL-TG の合成とその血中への放出速度.

3) 体組織毛細血管内壁に局在する LPL による, 血中 TG の加水分解とそれにつづく末梢組織による取り込み速度.

本研究において, 夕食時 (実験 I) ないし朝食時 (実験 II) のいずれのタイミングで砂糖が摂取されても, 活動期に自発ランニング運動を許された運動群は, この期間に運動を規制された非運動群に比べて, ほぼ 24 時間にわたって, 血しょう TG 濃度が顕著に低かった.

この現象を説明するために, 血中 TG の体組織による除去能力を推定する手段として, 心筋の LPL 活性を測定した. しかし, 非運動群に比べて, 運動群でやや高い活性が認められたものの, 運動群が示した著しく低い血しょう TG 濃度の主たる原因を, 血中 TG の末梢組織による取り込み速度に求める程, 顕著ではなかった.

これに対して, 活動期と休息期の 2 つの時期に測定された, 肝臓と小腸による血中への VLDL-TG 放出速度は, 明かに非運動群よりも運動群で低かった.

この事実は, 運動群で血しょう TG 濃度が低

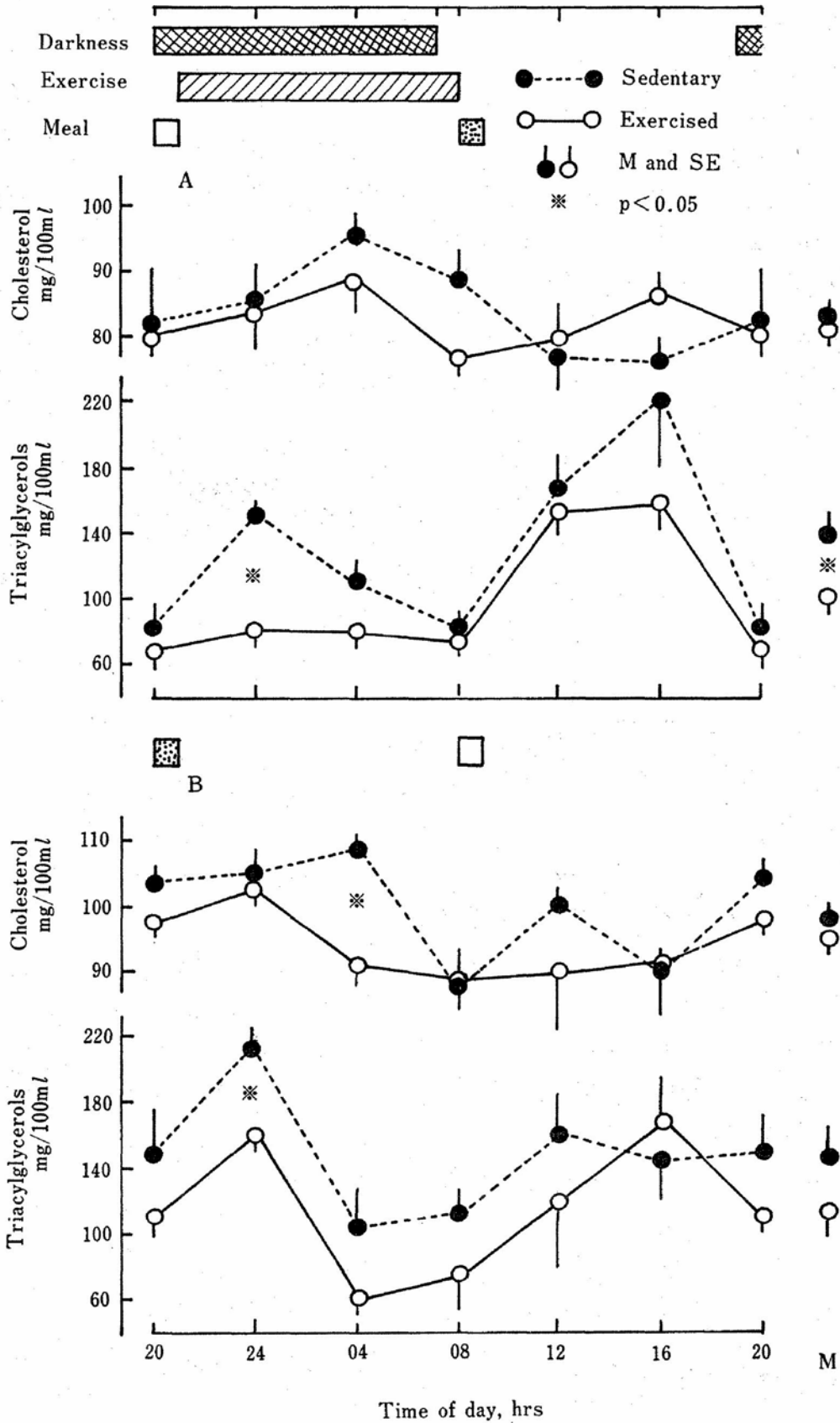


図1 砂糖の摂取タイミングと運動が血しょうコレステロールとTG濃度に及ぼす影響

(A: 実験 I, B: 実験 II)

□ 基本食      [Dotted box] 砂糖食

表1 砂糖の摂取タイミングと運動が肝臓—小腸のTG放出速度に及ぼす影響

Exp.	Meal		Group	TG secretion rate	
	08—09 h	20—21 h		0 : 30—3 : 30 h	13—16 h
I	Sucrose diet	Basal diet	Sedentary	mg/hr/rat	
			Exercised	56.8±4.6	46.0± 1.3
II	Basal diet	Sucrose diet	Sedentary	41.7±2.0	38.0±11.6
			Exercised	p<0.05	NS
II	Basal diet	Sucrose diet	Sedentary	67.7±6.6	77.6±2.0
			Exercised	60.2±5.3	64.6±3.8
				NS	p<0.05

Mean±SE of 4—5 rats.

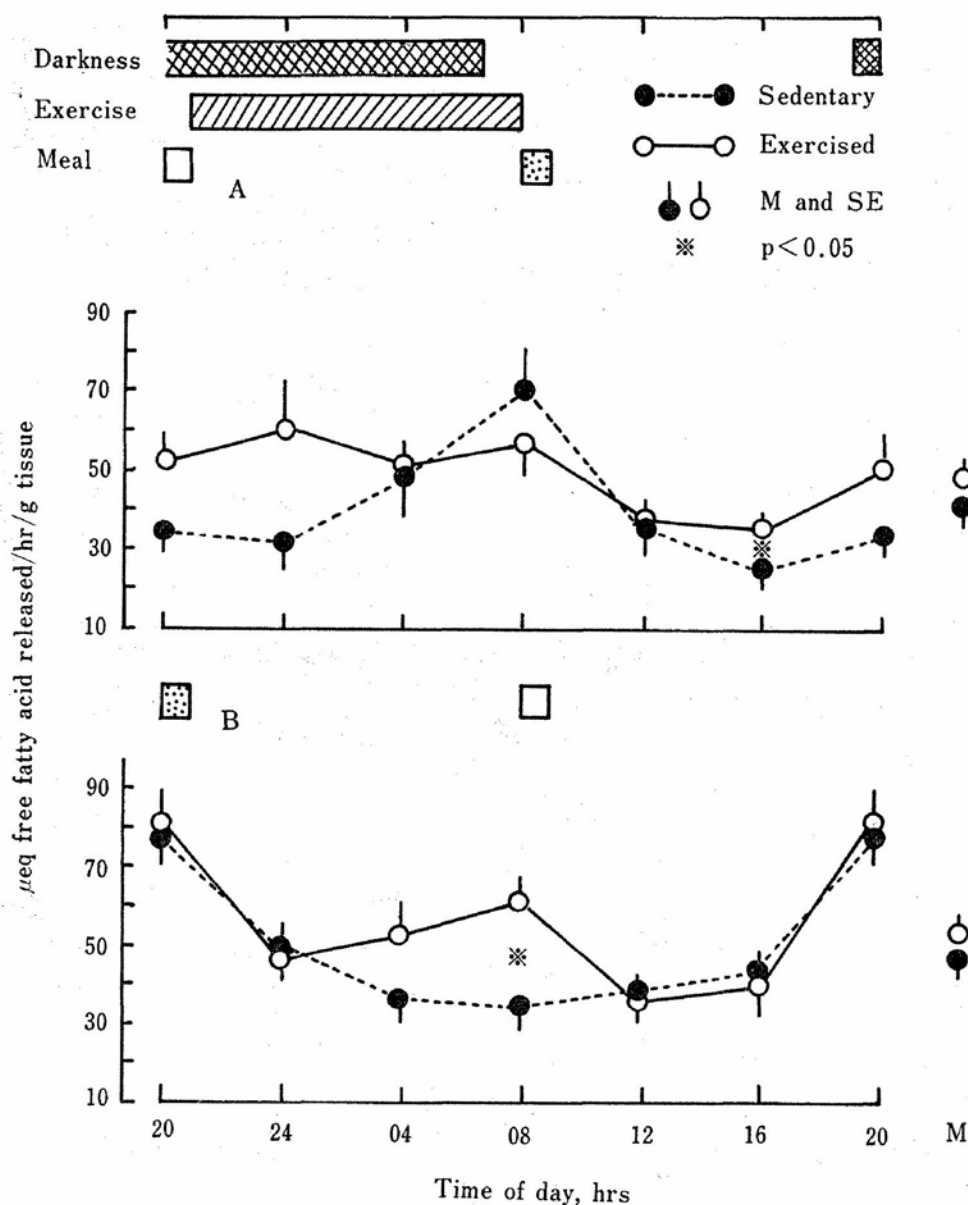


図2 砂糖の摂取タイミングと運動が心筋 LPL 活性に及ぼす影響 (A : 実験 I, B : 実験 II)

□ 基本食      □ 砂糖食

いのは、主として肝臓—小腸の VLDL-TG 放出速度によることを明確に示している。

砂糖の摂取量は、非運動群に比べて運動群で同等か（実験Ⅱ）もしくは著しく多かった（実験Ⅰ）。

このことは、スポーツ選手の場合、一般人と同等ないしそれ以上の砂糖をとっても、砂糖の血中 TG 上昇作用を低く維持出来ることを示唆している。

血しょう TG 濃度の日内リズムと、砂糖の摂取タイミングの関係からみると、非運動群と運動群のいずれにおいても、砂糖食摂取後の血しょう TG 濃度の上昇度は、実験Ⅱの運動群の場合を除いて、基本食摂取後よりも著しく大きかった。

このことは、砂糖摂取後の高 TG 血症が活動期に発生すると、休息期に発生することが、医学的意義にどのような差をもたらすのか、という疑問との関係で注目されなければならない。

先の著者らの報告ですでに明らかにされているように<sup>1)</sup>、砂糖の摂取タイミングのちがいが持つ栄養効果のちがいを考慮することが重要であることを、本研究結果も指摘しているといえる。

また、スポーツ選手にとって、砂糖は、運動によって失われた肝臓や筋肉のグリコーゲンを蓄積回復させるための糖質源として重要である。砂糖の摂取タイミングの問題は、高脂血症との関係にとどまらず、競技時などの体組織のグリコーゲン蓄積度との関連でも検討することが重要である。

## V. 要 約

ラットを非運動群と運動群に分け、1日2食制下に、基本食と35%砂糖食を交互に与えて、7週間飼育した。実験Ⅰでは夕食時に砂糖食を、また

実験Ⅱでは朝食時に砂糖食を給餌した。

その結果、いずれの実験においても、血しょう TG 濃度は、ほぼ24時間にわたり、非運動群よりも運動群で顕著に低かった。

その理由は、末梢組織の LPL 作用による血中 TG の分解・取り込み速度の差よりも、むしろ肝臓と小腸から血中への VLDL-TG 放出速度が、運動群で抑制されているためであることが明らかにされた。

以上のことから、砂糖の血中 TG 濃度を上昇させる作用を抑えるのに、運動が有効であることが確認された。さらに、砂糖と血中 TG 濃度の関係において、激しい運動をするスポーツ選手の場合、一般人よりも砂糖に対する許容度が大きいことが考えられる。

（本研究の一部は、第12回国際栄養学会（サンディエゴ）で発表された<sup>4)</sup>。）

## 文 献

- 1) Suzuki, M., Satoh, Y., Hashiba, N.; Effect of different timing of sucrose meal-feeding on plasma lipids in rats under controlled diurnal activity-rest rhythm. Federation Proceedings, **39**, 290 (1980)
- 2) 鈴木正成, 橋場直彦, 菅野住子; ラットの自発ランニング運動の日内リズムに及ぼす摂食様式の影響. 筑波大学体育科学系紀要, **4**, 155—169 (1981)
- 3) 鈴木正成; 小動物を用いる栄養実験 (第2章), 細谷, 五島, 印南編, pp 29—60 (1980)
- 4) Suzuki, M., Satoh, Y., Hashiba, N., Kajuu, T.; Effects of timing of sucrose intake and exercise on lipoprotein triglyceride metabolism in rats. XII International Congress of Nutrition, (1981), San Diego, Abstract, p. 99