

# ラットの自発運動量と、高脂肪食、血中脂質との関係

Relationship between voluntary movement, high-fat diet, and blood lipid in rats

黒木由希子 青木貴子

Yukiko KUROKI Takako AOKI

## Abstract

We studied blood lipid in 60-week old rats. The 10-week old rats were divided into 4 groups: sedentary + control diet (SC), sedentary + high-fat diet (SF), exercise + control diet (EC), and exercise + high-fat diet (EF). Rats in exercise group ran on wheel voluntarily during 50 weeks. Voluntary movement was not differ between EC and EF. Body weight of the rats at 58-week old was higher in sedentary group than in exercise group. In exercise group, it was higher in EF (579g) than in EC (475g). Serum LDL-cholesterol was also higher in EF (57.7mg/dl) than in EC(35.3). Serum LDL-cholesterol in EF did not differ between that in SC (59.9) or SF (57.9). Serum triglyceride in EF was also higher (72.8mg/dl) than in EC (34.6) and rather higher than in SC (52.4) or SF (63.7). Serum HDL-cholesterol was 26mg/dl in SC, 24 in SF, 23 in EC, and 22 in EF. From these result, we conclude that rat voluntary movement does not counteract long-term high-fat diet for serum lipid.

Keywords: 血清コレステロール、中性脂肪、運動、高脂肪食

## 序

この論文は、ラットでは自発運動は高脂肪食の害を打ち消すのが困難であることを述べるものである。

高脂肪食は生活習慣病の危険因子のひとつとされている。生活習慣病と呼ばれる疾患群は、食事・運動・睡眠・嗜好品が重要な危険因子となる疾患群である。そのため、生活習慣病の予防には食事や運動量を適切にすることが必要だといわれている。しかし、習慣というものは意識して変えないと変わらないし、変えようとしても抵抗の強いものの中にはある。食習慣もそのひとつで、長年かけて培われた食べ物の好みは、それが悪いと指摘されてもなかなか変えるのが難しい。つまり、脂っこいものが好きな人は、さっぱりしたものばかりでは食べた気がしない、というような現象が起こる。

もし、高脂肪食を食べ続けても運動量を増やしたときは生活習慣病の危険率が高くないのなら、無理に食事を変えなくても新たに運動を始めればよいことになる。これを確かめるために実験した。

これまでの研究で、高脂肪食では運動量・食餌量に差がなくても体重が増えやすいことがわかった<sup>1)2)</sup>。一方、食餌組成にかかわらず、運動できる環境にいることが、体重増加を抑制することもわかった<sup>3)</sup>。今回の実験では血中脂質濃度を測定した。

## 方法

8 週齢のウィスター系雄ラットを購入し、1 回転 1m の回転車輪がついた運動ケージ (シナノ製 SN-451) に 2 匹ずつ入れて 1

週間予備飼育した。その後、無作為に普通食群・高脂肪食群に分け、さらに各群を、運動ケージに入れる群 (運動群)と、一般網ケージ (岡崎産業製)に入れる群 (非運動群)との 2 群に分けた。

普通食はクレア製 CE-2 の粉末飼料を用いた。高脂肪食は普通食にラードを混ぜたものを基本とし、同じエネルギー量を摂取したときの蛋白質・ビタミン・ミネラルの含量がほぼ同じになるように調整した。高脂肪食の組成を表 1 に示す。脂肪のエネルギー比率は普通食で 12% であり、高脂肪食で 41% になるようラードを加えた (表 2)。

表 1 高脂肪食組成

CE-2 クレア製粉末	100g
ラード 雪印製	27
ミルクカゼイン	25
ミネラル混合 クレア製	4.6
ビタミン混合 日本農産工業製 AIN-93VX	0.8
重酒石酸コリン	0.31

表 2 飼料のエネルギー比率 (%)

	普通食	高脂肪食
炭水化物	59	30
脂質	12	41
蛋白質	29	29

摂食量は毎月 1 週間、給餌量から残食量を差し引いて求めた。

ラットの自発運動量と、高脂肪食、血中脂質との関係

運動量は回転ケージに付属しているカウンターを読み取った。餌、水の交換、運動量の読み取りは、2、3日に1回行なった。体重は毎週1回測定した。これらの計測と体重測定は午前8時40分ごろ行なった。午前8時から午後8時までを明期、残りを暗期とした。HEPA フィルターを通した空気を送気するユニット(日東エアテック製 BECSEA-S 100V)内で飼育した。ユニット内の温度は24.6(22.5-26.0)、湿度は64(56-76)%だった。約60週齢のとき、ラットをペンタバルビタールナトリウム30~125mg/kg体重の量の腹腔内注射で麻酔し、腹部大静脈から採血した。採血針は3.14%クエン酸ナトリウムで湿らせておいた。血液をガラス管に入れ、室温で約30分静置した後、3000rpm10分遠心して血清を分離した。血清の分析は岐阜健康管理センターに依頼した。LDLコレステロールの値は

$$[\text{LDLコレステロール}] = [\text{総コレステロール}] - [\text{HDLコレステロール}] - [\text{中性脂肪}] / 5$$

でもとめた。

結果

運動量は初期には多かったが、2ヶ月もすると減ってしまうものが多かった(図1)。血清脂質との関連を見る場合は、10-29週齢(前期)と30-58週齢(後期)とに分けることにした。食餌による群別を図2に示す。前期運動量は普通食群13.8±11.5、高脂肪食群17.9±10.8で、後期運動量は、普通食群17.6±22.4、高脂肪食群16.9±27.1km/週(それぞれ平均±SD)だった。

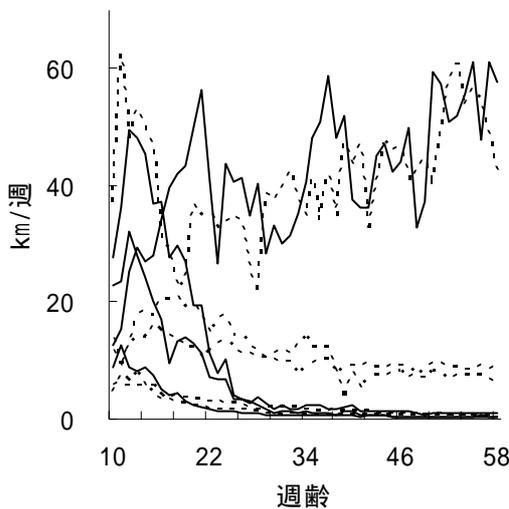


図1 運動量の変化  
破線：普通食群  
実線：高脂肪食群

58週齢での体重は、運動群に比較して、非運動群のほうが多かった。運動群でも高脂肪食群は普通食群より多かった。非運

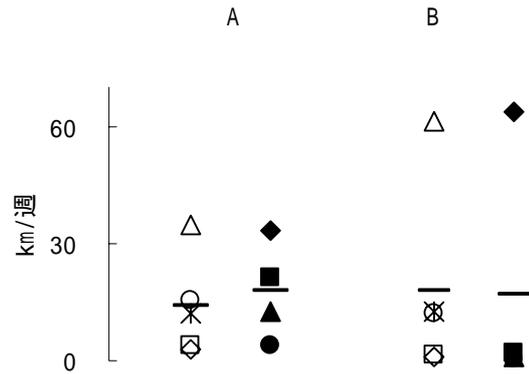


図2 運動量の分布  
A：前期、B：後期  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群  
横棒は各群の平均値

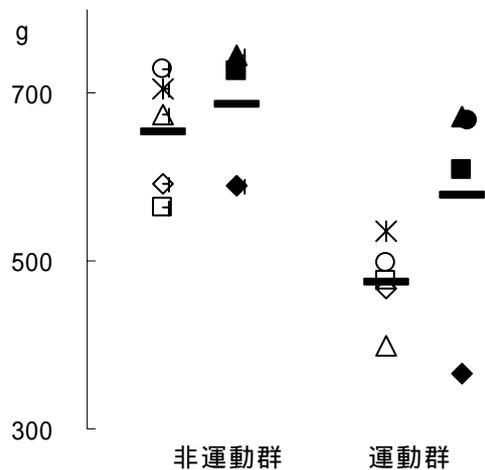


図3 58週齢体重  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群  
横棒は各群の平均値

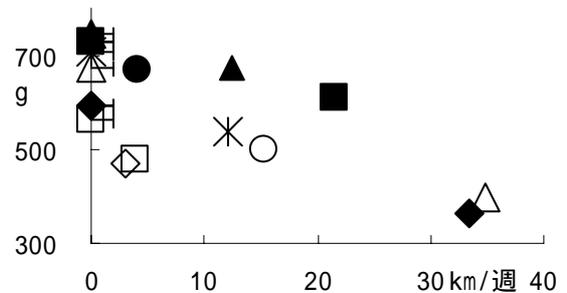


図4 前期運動量と58週齢体重  
ひげつき：非運動群、ひげなし：運動群  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群

ラットの自発運動量と、高脂肪食、血中脂質との関係

動・普通食群  $653 \pm 64$ 、非運動・高脂肪食群  $687 \pm 69$ 、運動・普通食群  $475 \pm 45$ 、運動・高脂肪食群  $579 \pm 126g$  だった(図3)。前期運動量による体重の違いを図4に示す。高脂肪食群では、運動量がずば抜けて多かったもの(、前期33km/週、後期64km/週)以外は体重が非運動群と変わらなかった。高脂肪食群の1匹( )は前期の運動量が21km/週、後期の運動量が2km/週で、体重は609gだった。

LDLコレステロール値は運動・普通食群だけほかの群より低かった。平均値 $\pm$ SDは、非運動・普通食群  $59.9 \pm 11.9$ 、非運動・高脂肪食群  $57.9 \pm 17.2$ 、運動・普通食群  $35.3 \pm 9.9$ 、運動・高脂肪食群  $57.5 \pm 18.0mg/dl$  だった(図5)。体重と正の相関が見られ、前期運動量とは弱い負の相関があった(図6,7)。図7Aに見られるように、運動群の中では高脂肪食群の分布線は普通食群の分布線の上にあった。図のように非運動群の運動量を0と見積も

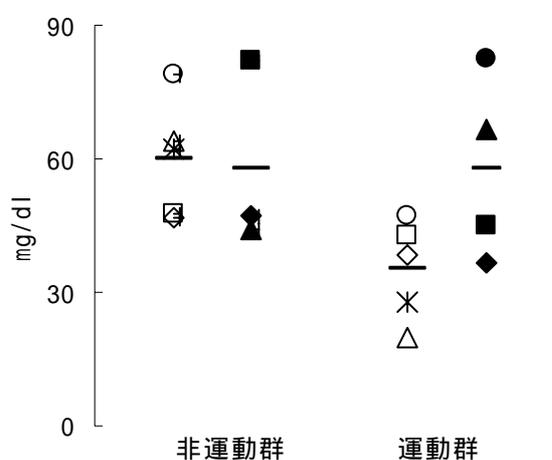


図5 LDLコレステロール

白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群  
横棒は各群の平均値

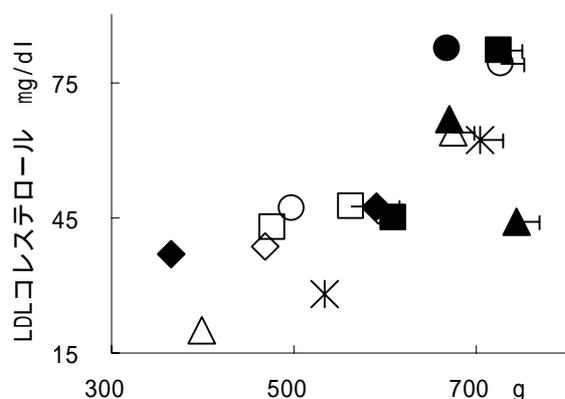


図6 58週齢体重とLDLコレステロール

ひげつき：非運動群、ひげなし：運動群  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群

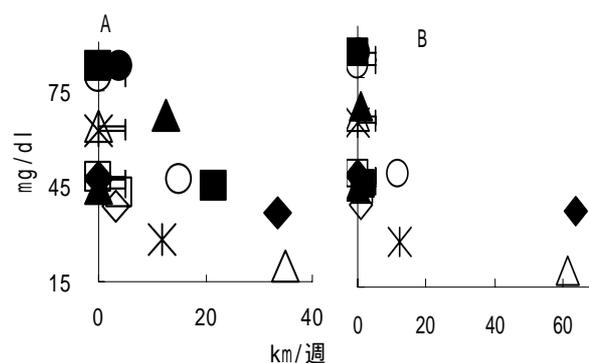


図7 運動量とLDLコレステロール

A：前期運動量、B：後期運動量

ひげつき：非運動群、ひげなし：運動群  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群

ってみれば、高脂肪食群内での運動量とLDLコレステロールとの相関はほとんどない。後期運動量はLDLコレステロール値との相関はみられなかった(図7B)。

HDLコレステロール値は、LDLコレステロール値とは違った傾向だった。一番高かったのが非運動・普通食群( $26.0 \pm 1.3mg/dl$ )で、ついで非運動・高脂肪食群( $24.0 \pm 1.4$ )、運動・普通食群( $22.6 \pm 2.2$ )、運動・高脂肪食群( $22.0 \pm 1.2$ )の順だが、差は小さかった(図8)。体重、運動量との相関も見られなかった。

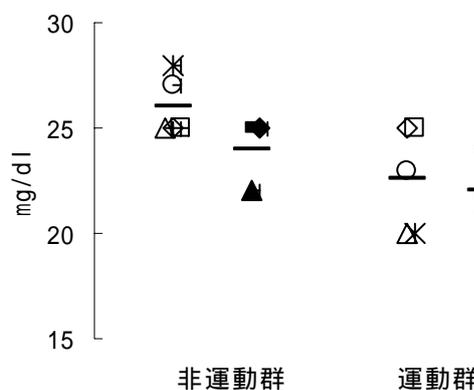


図8 HDLコレステロール

白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群  
横棒は各群の平均値

血清中性脂肪の濃度が一番低かったのは運動・普通食群( $34.6 \pm 11.9mg/dl$ )で、最も高かったのが運動・高脂肪食群( $72.8 \pm 38.4$ )だった。非運動群でも高脂肪食群のほうがやや高かった(普通食群  $52.4 \pm 11.6$ 、高脂肪食群  $63.7 \pm 8.2$ )。58週齢での体重と正の相関があった(図9)。運動量との相関はなかった。

## ラットの自発運動量と、高脂肪食、血中脂質との関係

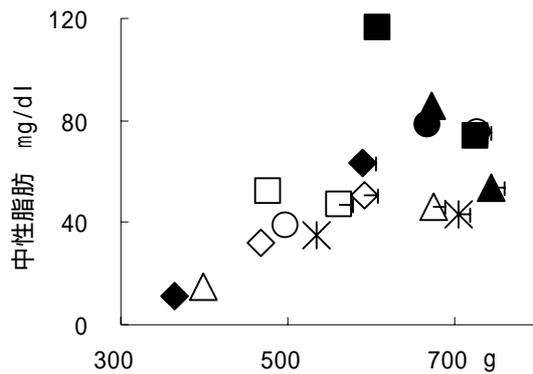


図9 58週齢体重と中性脂肪

ひげつき：非運動群、ひげなし：運動群  
白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群

血糖値は非運動群のほうが運動群より高かった。食餌による差はなかった(図10、非運動・普通食群  $179 \pm 27$ mg/dl、非運動・高脂肪食群  $191 \pm 40$ 、運動・普通食群  $144 \pm 11$ 、運動・高脂肪食群  $151 \pm 16$ )。

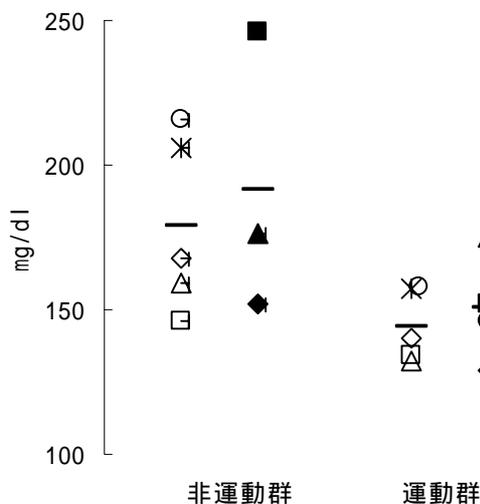


図10 血糖値

白抜き：普通食群、つぶし：高脂肪食群  
横棒は各群の平均値

## 考察

今回の研究では、ラットの体重と血清 LDL コレステロール値に関しては、高脂肪食が運動ケージの効果を打ち消してしまうことがわかった。

高脂肪食群の 58 週齢平均体重は非運動群より運動群のほうが約 100g 少ないが、これは運動力がずば抜けて多かった 1 匹の体重 365.5g が、全ラットのうちの最低で、平均値を引き下げて

いたからで、この 1 匹を除いた平均値は 650g となり、非運動群と差がなくなってしまった。前期に 21km/週、後期に 2km/週動いていたラットの体重が、それより少ない運動量(前期 3~4km/週、後期 0.9~1.6km/週)の普通食群ラットの体重より多かったことから判断すると、運動が体重を抑制する効果より、高脂肪食が体重を増加させる効果のほうが大きいとみなせる。それでも運動量がもっとも多かったラットは、高脂肪食を摂っていないから体重が最も少なかったのだから、運動量が増えれば高脂肪食の効果を打ち消すことができるとも考えられる。それに必要な運動量がどのくらいか、見積もることは難しい。というのは後期に運動量が 10km/週を越すラットは、高脂肪食群では 1 匹だけだったからだ。

LDL コレステロールは体内の各細胞へコレステロールを運搬する役目を持つ。コレステロールは細胞膜の成分のひとつなので、不足すると細胞の構造が弱くなり、体力レベルが落ちることになる。一方、LDL コレステロールが血中に過剰に存在すると、余分があちこちの小血管にへばりついて動脈硬化を促進する元になる。これが「悪玉コレステロール」と呼ばれるゆえんである。今回の実験では、血清の LDL コレステロール値は体重と正相関を示した。だから、体重同様、高脂肪食群では運動ケージにいても非運動群と差がなかった。体重と違って、運動量がずば抜けて多かったラットでも LDL コレステロール値は飛び離れた値にならなかった。前期運動量が多いほど約 60 週齢での LDL コレステロール値は低い傾向があったが、似た運動量のものを比べると、高脂肪食のほうが普通食より LDL コレステロール値は高かった。しかし後期運動量ではこれらは当てはまらなかった。高脂肪食を摂るのなら、若いうちに運動しておいたほうがよいということかもしれない。

生活習慣病に結びつく高脂血症では、LDL コレステロールと飲んで血清の中性脂肪が多すぎるのも問題となる。血清中性脂肪濃度はラットでは体重と正の相関があった。運動・高脂肪食群のラットを見ると、中性脂肪の分布は大きくばらついていて、全ラットのうちでもっとも高濃度だったラットも、もっとも低濃度だったラットもこの群だった。運動との関連は見られなかったから、運動にしろ食事にしろ、コントロールして体重を増やし過ぎないようにすれば、中性脂肪が増えるのは予防できるのかもしれない。

血清 HDL コレステロール値は運動群のほうが非運動群よりわずかに低かった。万歩計で測定すると、ヒトでは運動量が多いほど HDL コレステロール値が高いといわれているので、今回のラットの結果はこれとは一致しない。

以上をまとめると、高脂血症で問題となる LDL コレステロールと中性脂肪を増やさないためには、体重を増やし過ぎないようにする必要がある。そのためには高脂肪食は大変不利で、おそらくかなりの運動を心がけないと、普通食並みにはならない

ラットの自発運動量と、高脂肪食、血中脂質との関係

だろう。

**文献**

- 1) 長谷川園子、青木貴子 1996 年「高脂肪食で運動量が減少するか」*岐女短紀要* 45:55-60
- 2) 青木貴子、黒木由希子 2003 年「長期高脂肪食は食欲・日常運動量に影響するか」*岐女短紀要* 52:115-119
- 3) 青木貴子、黒木由希子 2005 年「運動の機会は肥満防止に必須だ」*岐女短紀要* 54:101-104

(提出期日 平成 17 年 11 月 28 日)