

# 運動の機会は肥満防止に必須だ

Opportunity of physical activity is needed for inhibiting obesity

青木貴子 黒木由希子

Takako AOKI Yukiko KUROKI

## Abstract

We studied the effects of physical activity or high-fat diet to body weight of rats. Twelve 9week-old rats were divided into 4 groups: 4 rats took control diet and voluntarily ran on wheel. Another 4 took high-fat diet and ran freely. Another 2rats were sedentary and were fed on control diet, and the other 2rats were sedentary and took high-fat diet. We took care of them until they became 60 weeks old (14 months old). All rats in sedentary groups got more weight than any rat in “active” groups though some rats in “active” groups scarcely ran on wheels. The nature of diet had no effects on body weight. Sedentary rats ate more than rats in “active” groups. We assume that no-opportunity for physical activity is stressful for animals and results in over-eating.

Keywords: 運動量、体重、食事量、physical activity, body weight, food intake

## 序

私たちはラットを運動ケージに入れて高脂肪食の影響を研究してきた。これまでに、高脂肪食でも運動量には統計的な差はないこと<sup>1,2)</sup>、ヒラメ筋重量・線維数にも差はないこと<sup>1)</sup>、摂取エネルギー量にも有意差はないこと<sup>1,2)</sup>、血糖値も差がないこと<sup>3)</sup>、高脂肪食のほうが運動量と摂取エネルギー量の相関がよいこと<sup>2)</sup>、摂取エネルギー量が少なくても体重が増えやすいこと<sup>2)</sup>がわかった。また、60週齢を過ぎると体調が急変することがあり、100週齢近くになると腫瘍が出現しやすいこと、運動量の多いラットでは足底に潰瘍ができやすいこともわかった<sup>3)</sup>。

以上のことをふまえて、今回は約60週齢までの飼育でラットの体重を観察した。今までは全てのラットを運動ケージに入れて、運動量の多少で差を見てきたが、今回は運動したくてもできない一般網ケージでの飼育も行ない、違いを観察した。飼育条件の関係で多くのラットの同時飼育ができず、部分的な結果であるが、ここに報告する。

表1 高脂肪食組成

	100g
CE-2 クレア製粉末	
ロード 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

## 方法

8週齢のウィスター系雄ラット12匹を購入し、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4匹(運動群)と、一般網ケージに入れる2匹(非運動群)との2群に分けた。普通食はクリア製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

表2 飼料のエネルギー比率

	普通食	高脂肪食
重量(g, 飼料100g中)		
炭水化物	50.3	32.6
脂質	4.4	20.0
蛋白質	25.4	32.1
エネルギー量(kcal, 飼料100g中)		
炭水化物	201.2	130.4
脂質	39.6	180.0
蛋白質	101.6	128.4
合計	342.4	438.8
エネルギー比率(%)		
炭水化物	59	30
脂質	12	41
蛋白質	29	29

調整した。高脂肪食の組成を表1に示す。

飼料 100g あたりのエネルギー組成をみると、脂肪のエネルギー比率は普通食で12%、高脂肪食で41%だった(表2)。

飼育ケージ内でラットは、摂食、飲水が自由にできる。ケージの平面略図を図1に示す。運動群のラットは、好きな時に回転車輪に入って自由に車輪を回すことができる。非運動群ラットは車輪が着いていないケージ内で飼育したので、運動群のように走ることはできない。非運動群を飼育した一般ケージの内側の大きさは、幅250mm 奥行き370mm 高さ150mmで、この中に直径110mm 高さ60mmの給餌器をおいた。給餌器は固定してないのでラットが押せば動かせる。一方、運動群のラットがいるケージの内側は、幅130mm 奥行き385mm 高さ140mmで、ここに同じ型の給餌器をおいた。ここから回転籠へ自由に行き来できる。回転籠の内側は、直径355mm 幅90mmである。どちらの群も、ケージの内側にはかまぼこ板をくりつけて、かじることができるようにした。途中、3匹の運動群ラットのケージを夏目製作所製の物に取り替えた。居室の大きさは、幅115mm 奥行き320mm 高さ125mmで、回転籠は直径310mm 幅90mmである。シナノ製作所のものに比べて居室はやや狭くて、暗く、回転籠は明るくて、やや小さい。

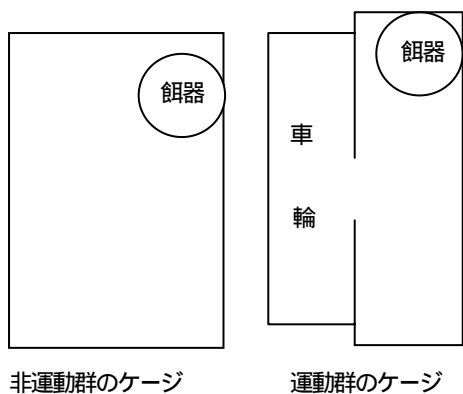


図1 飼育ケージの平面略図

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。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週齢まで観察した。

## 結果

飼育期間中のラットの健康状態は、おおむね良好だった。しか

し運動量の多かった3匹のラットでは、5月齢から後肢の足底部が腫れたり、出血したりし出した。それまで使っていたシナノ製作所の運動ケージでは、ラットが走る回転籠の円周部分が細いステンレス線の網になっている。そのため、足底部への当たりがきつすぎるのかもしれないと考えて、回転籠の円周部分が直径2mmのステンレス棒でできている夏目製作所のケージに6月齢で変えてみた。それでも足底部の変化は改善しなかった。それで9月齢で円周部分の内側に綿ネルまたはポリエステルフリースをとじ付けてみた。3匹中2匹はそれで足底部の変化は改善していった。残り1匹はそれでも改善せず、出血が続いて腫れも大きくなるばかりで、運動量は落ちたままもどらなかった。このままでは、先回足底部が腫瘍化して貧血を起こしたラットと同じ運命をたどる、と考えて、このラットは45週齢(10月齢)で処分した。このラットは高脂肪食群の中の1匹だった。布を取り付けて足底部の変化が改善した2匹は、普通食群の1匹と高脂肪食群の1匹だった。布はラットにすぐぼろぼろにされたが、おおむね半分以上のステンレス棒が露出したところに新しい布をとじ付けた。約60週齢(14月齢)までこれを続けた。非運動群のうちの1匹も61週齢時に右足底に潰瘍ができていた。このラットは12匹のうちで最も体重が多かったラットである。

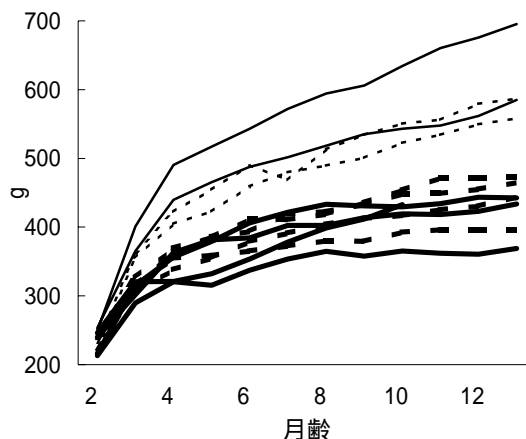


図2 体重の変化

..... 非運動群普通食  
 \_\_\_\_\_ 非運動群高脂肪食  
 ..... 運動群普通食  
 \_\_\_\_\_ 運動群高脂肪食

体重の増加は運動群より非運動群のほうが著しかった。図2に12匹の体重変化を示す。予備飼育が終わって実験に入った9週齢(2月齢)では、運動群と非運動群の体重分布は重なっていた。しかし、2週後の11週齢では既に分布に重なりがなくなり、4匹の非運動群ラット全てが、運動群のどのラットよりも重かった。13月齢の体重平均は表3のとおりで、非運動群は運動群より100g以上重かった。体重増加量を見てみると、3月齢では

## 運動の機会は肥満防止に必須だ

非運動群が 132.3g/月、運動群は 80.6g/月の増加で、13 月齢では、非運動群 14.6g/月、運動群 5.3g/月だった。11 月齢以降、運動群の

表 3 13 月齢平均体重

	普通食	高脂肪食
非運動群	572.4(n=2)	640.2(n=2)
運動群	444.2(n=4)	415.1(n=3)

表 4 摂取エネルギー1 日平均値 (kcal/日)

		普通食	高脂肪食
前期	非運動群	70.2	72.8
	運動群	64.2	63.0
後期	非運動群	66.4	71.5
	運動群	64.1	60.4

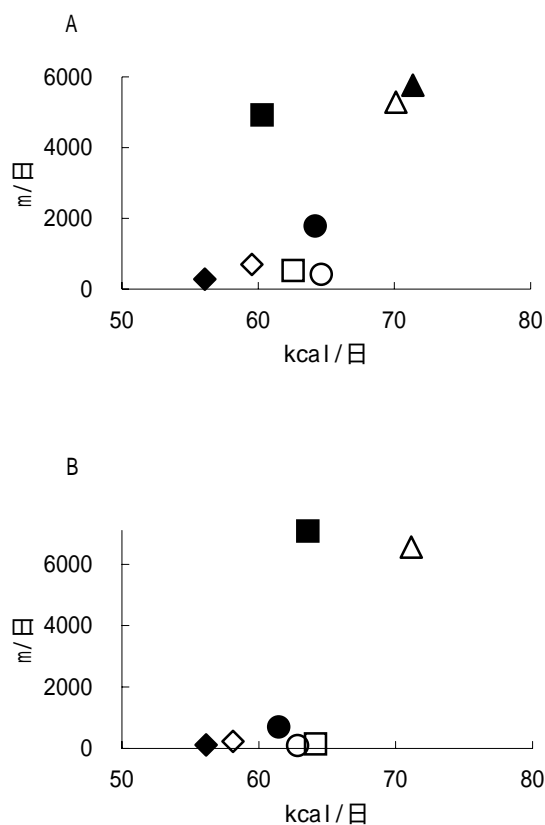


図 3 摂取エネルギーと運動量

白抜き：普通食、 つぶし：高脂肪食

A：2-7 月齢

B：8-13 月齢

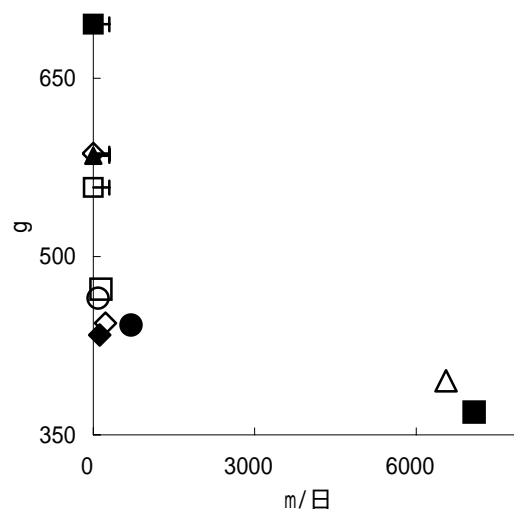


図 4 後期運動量と 13 月齢体重

非運動群普通食 白抜きひげ付

非運動群高脂肪食 つぶしひげ付

運動群普通食 白抜きひげなし

運動群高脂肪食 つぶしひげなし

体重増加は 10g/月未満だったのに対し、非運動群では最後まで 10g/月を下回らなかった。図 2 からわかるように、非運動群でも運動群でも、「高脂肪食だから体重が多い」とはいえなかった。

摂食量から摂取エネルギー量を計算した。飼育期間を前期(2-7 月齢)と後期(8-13 月齢)とに分けて平均した 1 日量を表 4 に示す。前期も後期も、最も多かったのは高脂肪食非運動群で、普通食非運動群、普通食運動群、高脂肪食運動群の順に続いた。

運動群の摂取エネルギー量と運動量との相関は弱いながらもあるようだったが、普通食のものだけ見ると相関はなかった(図 3)。

8-13 月齢の運動量と 13 月齢の体重との関係(図 4)を運動群だけで見ると、運動量が 6000m 以上/日の 2 匹に比べ運動量が 1000m 未満/日の 5 匹は体重が多かった。しかし、1000m/日未満の 5 匹だけを取り上げれば、運動量が多いほど体重が少ないわけではなかった。運動量が少なかった 4 匹の後期運動量は平均すると、90・117・143・224m/日だった。この 4 匹の体重分布は非運動群 4 匹(図 4 の縦軸上に表示)のラットの体重分布とまったく重ならず、非運動群より軽かった(図 2 も参照)。

後期の摂取エネルギー量と 13 月齢の体重との間には弱い正の相関があるようだったが、運動量が多かった 2 匹(と)にはこれはあてはまらなかった(図 5)。

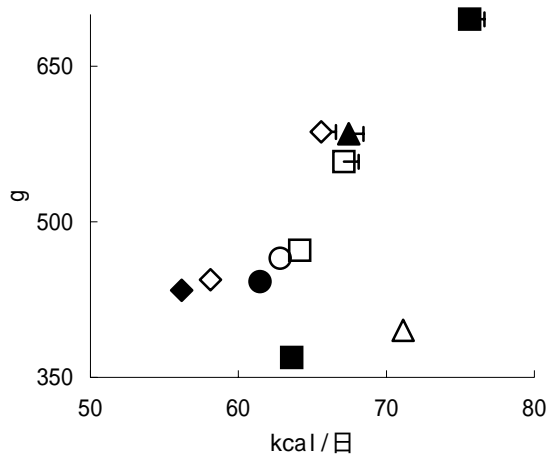


図5 後期摂取エネルギーと13月齢体重

非運動群普通食 白抜きひげ付  
 非運動群高脂肪食 つぶしひげ付  
 運動群普通食 白抜きひげなし  
 運動群高脂肪食 つぶしひげなし

## 考察

この研究では、運動のできないケージに暮らすラットは体重増加が著しいことがわかった。若齢ラットの食餌組成を普通食と高脂肪食との2種類にして約1年観察したが、食餌がどちらであるかにかかわらず、非運動群のラット4匹は、運動群つまり運動することが可能なケージで暮らした7匹のラットのどれよりも体重が多くなった(図2)。これは果たして運動量の違いによるといえるのだろうか。

私たちは運動量そのものが体重を決めているのではないと考えた。この実験では「自由に車輪回転運動(走運動)ができる群」を運動群と呼んだ。つまり運動群のラットは運動したいと思えば運動できるが、運動したくないなら運動せずにもすむわけである。だから運動群でありながら運動しないラットもいた。最も運動量の少なかったラットは8-13月齢では90m/日しか動いていなかった。ラットの体長を人間のそれの約1/10と考えると、ラットの90mは人では900mになる。日常活動をしている人であれば1日に900m歩くか走ることは運動したうちに入らないのではないか。6人の女子大学生の歩幅を測定したところ、1歩55-79cm平均68cmだった。1歩を70cmとすると、900mは1286歩になる。2002年国民栄養調査<sup>4)</sup>によると、1日の平均歩数は成人男性7753歩、成人女性7140歩だった。年齢別にみて最も歩数の少なかった70歳以上に限っても、男性4787歩、女性4328歩だった。つまり1286歩/日はとても少ない運動量である。こんなにわずかな運動量であるのに、このラットの体重は非運動群で最も軽かったラットの85%に満たなかった。

わずかな運動が過体重を防いだというよりは、運動したくてもできない拘束感または束縛感がストレスとなり、過体重を招いたのではないかと推測した。非運動群のケージは運動群のケージの居室に比べれば床面積は約2倍、高さも1割弱高い(図1)。それでもラットが走り回れるだけのスペースはない。人にしたら4畳ほどの広さということになる。しかもラットが成長してもケージは大きにならない。一方、運動群の飼育ケージは、人にすれば、居室こそ2畳くらいしかないが、その隣にはランニングマシンがついていて自由に使えるようなものである。退屈だと感じた時、走る気になれば走ることができる。運動は、食事、飲水、睡眠、排泄と同じように、私たち動物にとっては生理的に必要なもので、それを束縛されると大きなストレスとなるのではないだろうか。ストレスは食欲を抑制することがよく知られている<sup>5)</sup>が、食べることが快感をもたらすことから、食事がストレス解消の方法として用いられることもある。運動できないストレスを、「食べること」で埋め合わせるように摂食量が増えて、その結果体重が増えていったのではないか。摂食量は非運動群のほうが運動群より多かった(表4)。

とはいえ、運動が体重にまったく影響しないわけではない。運動量が6000m以上/日だった2匹のラット(と)は、非運動群のラットと同じくらい食べた(図5)が、体重はずっと少なかったし、運動量の少なかった運動群ラットの体重と比べても少なかった(図4)。ただ、この運動量は人にすると60km/日になり、長距離選手並みの人しかこれだけの運動はこなせないのではないかと考えると、あまり実用性は高くない。中程度の運動量のラットがいるとわかりやすいのだが、ラットの運動嗜好性が極端に別れてしまうことがこの研究の弱いところだといえるだろう。

もともとの興味の対象であった高脂肪食については、目立った影響は見られなかった。食餌の脂肪含量を変えても、摂取エネルギー量・運動量・体重に大きな差は見られなかった。前回の調査<sup>2)</sup>では、高脂肪食のほうが食べない割に太りやすいという結果が得られていた。今回は例数が少ないので、研究を重ねて再度検討したい。

## 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 2004年「ラットにおける長期高脂肪食、運動と、血糖値の関係」*岐女短紀要* 53:115-119
- 4) 「国民栄養の現状 平成14年厚生労働省国民栄養調査結果」健康栄養情報研究会、第一出版
- 5) 粟生修司 1999年「食欲の生理・生化学」からだの科学 207:28-34 (提出期日 平成16年11月26日)