

摂食方法および運動のタイミングが成長期ラットの 体脂肪と血清脂質に及ぼす影響（第2報）

— 給餌時刻および給餌回数との関係 —

笠原 利英

キーワード：摂食方法，運動，成長期ラット，体脂肪，血清脂質

はじめに

現在，肥満は，心臓病，脳卒中，糖尿病などの生活習慣病のリスク要因とされている。肥満は体脂肪の過剰な蓄積であり，摂取エネルギーと消費エネルギーの不適切なバランスによってもたらされる。さらに，体脂肪の蓄積は，食事の量（摂食量）と質（栄養素バランス）だけでなく，食事の取り方，タイミングによっても大きく影響を受けることが指摘されている。また，体脂肪の蓄積は，運動によりエネルギーを消費することによって減少させることができるが，食事と運動のタイミングが重要であるともいわれている。

筆者らは，前報¹⁾において，種々の摂食方法および摂食と運動のタイミングが，体脂肪量および血清脂質濃度にどのような影響をもたらすかを明らかにする目的で，成長期ラットを用いた実験を行い，次のような結果を得た。

自由摂食（ad libitum）実験において，暗期の始めあるいは終わりに自走回転運動を負荷することによって，ラットの体脂肪蓄積および血清中性脂肪濃度が有意に低下すること，また摂食時間制限（meal-feeding）実験において，摂食の直前あるいは直後に運動を負荷することによって，体脂肪蓄積は有意に減少することが示された。特にいずれの実験においても，摂食直後の運動負荷がより効果が大きいことが分かった。

そこで，今回は，給餌時刻を暗期の始め（朝食）あるいは終わり（夕食）に1回だけ給餌した場合と朝夕の2回に分けて給餌した場合において，自走回転運動負荷が体脂肪蓄積および血清中性脂肪濃度に及ぼす影響を2回の実験で調べた。

実験方法

1. 実験動物および飼育方法・飼料

すべての実験に5週齢のWistar系雄ラット（日本クレア（株））を用い，ステンレス製金網5連ケージで飼育した。飼育室は，温度 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $55\pm 5\%$ に設定し，また，明暗周期を昼夜逆転の12時間周期（実験1：暗期7:00～19:00，明期19:00～7:00ま

たは実験2：暗期 8:00～20:00，明期 20:00～8:00）とした。飼料は，予備飼育期間および実験期間を通じて，市販固形飼料（飼育繁殖用 CE-2，日本クレア（株））を用いて飼育した。飼料の栄養成分含量は，粗たんぱく質 25.2%，粗脂肪 4.6%，炭水化物 50.7%，粗繊維 4.4%であり，その他各種ミネラル，ビタミンを必要量含んでいる（日本クレア（株）分析値）。

2. 摂食方法と運動方法

本実験では，摂食方法と運動のタイミングを異にする2回の実験が行われた。ラットへの運動負荷は，前報¹⁾と同様に，ラット回転式運動量測定装置 KN-79（（株）夏目製作所，回転直径 30cm，写真 1）を用いて自走回転運動させた。回転ケージを用いた自走運動はトレッドミルによる強制運動と比較して，その運動強度の制御の困難さが予想されるものの，被検動物に与えるストレスが少ないため運動適応の実験モデルとして用いられている²⁾。なお，自走回転運動中の給水は行わなかった。

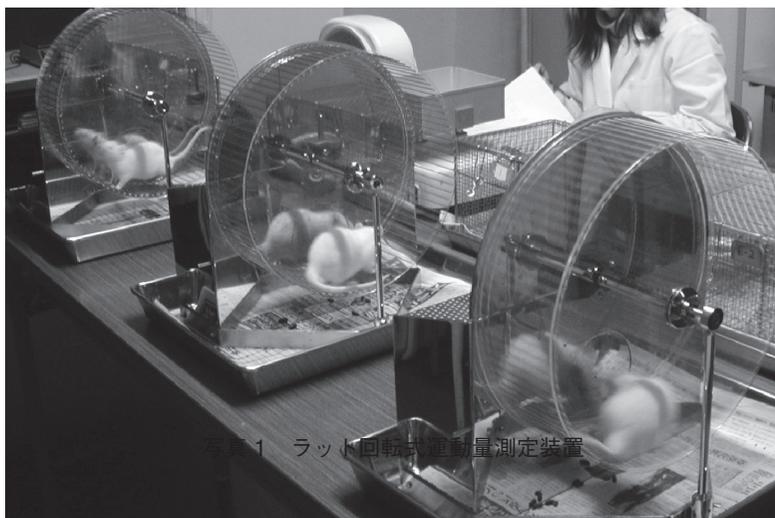


写真 1 ラット回転式運動量測定装置

(1) 実験 1：給餌回数との関係

ラットを 9 日間，給餌時間を 8:00～12:30 の 4 時間半に制限した meal-feeding に馴化させるべく予備飼育した後，1 群 4 匹ずつ 5 群に分け，1 群は 0 日用（C0 群）として直ちに屠殺した。残り 4 群は次のように給餌回数を異にし，また運動負荷の有無を異にする群に分け，引き続き同じ飼料を 17 日間給与した。すなわち，給餌時間を 8:00～12:30 の 1 回とし何も運動させない 1 回食非運動群（C 群）と給餌後に 2 時間（12:30～14:30）の運動をさせた 1 回食運動群（C-E 群）および給餌時間を 8:00～10:30 と

17:00～19:00の2回に分け何も運動させない2回食非運動群(TM群)と1回目の給餌後に2時間(10:30～12:30)の運動をさせた2回食運動群(TM-E群)とした(図1)。実験期間中、運動を実施した期間は実験期間の後半14日間である。

実験期間中、C群とC-E群は4時間半の給餌時間内で自由に摂食させたが、TM群とTM-E群はC群の毎日の摂食量に対するpair-feedingとして給餌した。すなわち、1回目の給餌でC群の摂食量の半分に相当する量を給餌し、2回目の給餌でC群の摂食量と同じになるように給餌量を調整した。水は自由摂取とし、体重測定は、毎日、最初の給餌前に行った。



図1 実験1スケジュール

(2) 実験2：給餌時刻および給餌回数との関係

ラットを9日間、摂食時間を8:30～12:00の3時間半に制限したmeal-feedingに馴化させるべく予備飼育した後、1群4匹ずつ、次のように給餌時刻および給餌回数を異にし、また運動負荷の有無を異にする6群に分け、引き続き同じ飼料を21日間給与した。すなわち、給餌時間を8:30～12:00の1回とし何も運動させない朝食非運動群(B群)と給餌後に1時間半(12:00～13:30)の運動をさせる朝食後運動群(B-E群)、給餌時間を16:30～19:30の1回とし何も運動させない夕食非運動群(D群)と給餌前に1時間半(15:00～16:30)の運動をさせる夕食前運動群(D-E群)および給餌時間を8:30～10:00と18:00～19:30の2回に分け何も運動させない2回食非運動群(T群)と2回の給餌の間に1時間半(13:30～15:00)の運動をさせる2回食運動群(T-E群)とした(図2)。実験期間中、運動を実施した期間は実験期間の後半14日間である。

実験期間中、B群とB-E群は3時間半の給餌時間内で自由に摂食させたが、D群とD-E群、およびT群とT-E群はB群の毎日の摂食量に対するpair-feedingとして給餌した。ここで、T群およびT-E群は1回目の給餌でB群の摂食量の半分に相当する量を給餌し、2回目の給餌でB群の摂食量と同じになるように給餌量を調整した。水は自由摂取とし、体重測定は、毎日14:00(B群、B-E群、D群、D-E群)あるいは16:00(T群、T-E群)に行った。

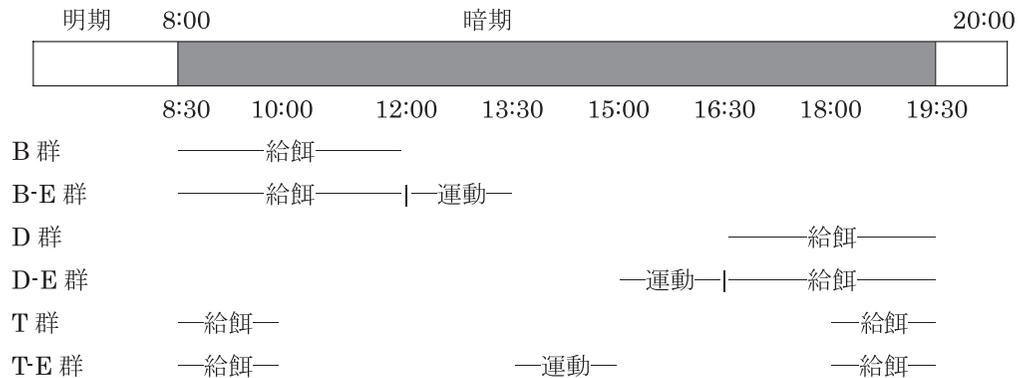


図2 実験2 スケジュール

3. 動物の解剖

すべての実験において、飼育期間終了後、ラットを1夜絶食した後、ネムブタール麻酔下で開腹、下大静脈より採血した後に、肝臓、腎臓、脾臓、精巣および脂肪組織（腎周囲、精巣周囲）を摘出し、重量を測定した。採血した血液は直ちに遠心分離（3000回転×15分間）を行い、血清を分離し、分析まで-80°Cで凍結保存した。

4. 血清脂質の分析方法

血清脂質（中性脂肪，総コレステロール，HDL-コレステロール）および血清グルコースの測定は、市販の試薬キット（和光純薬工業（株））を用いて、すべて酵素法で行った。

5. 統計処理の方法

実験データはすべて平均値±標準偏差で表し、統計解析には、「エクセル統計2002」（（株）社会情報サービス）を用い、一元配置分散分析により行い、Fisherの最小有意差法（LSD）で群間の有意差を判定した。

実験結果

1. 実験1：給餌回数との関係

(1) 体重増加量および摂食量

実験期間におけるラットの体重変化および体重増加量を群毎の平均値として図3および図4に示した。体重増加量は、C群、C-E群およびTM群、TM-E群それぞれ96.3±7.8g、75.8±3.3gおよび84.5±5.4g、92.0±5.0gであり、1回食運動群（C-E群）が最も小さかった（C群に対して $p < 0.001$ ，TM-E群に対して $p < 0.01$ ）が、2回食非運動群（TM群）も小さい傾向にあった（C群に対して $p < 0.05$ ）。また、実験期間における1日平均

の摂食量は、それぞれ $16.3 \pm 1.04\text{g}$, $14.5 \pm 0.72\text{g}$, $16.3 \pm 0.03\text{g}$, $16.2 \pm 0.08\text{g}$ であり、TM 群および TM-E 群の pair-feeding は上手くいっていた。しかし、1 回食運動群 (C-E 群) の摂食量が少ないことが認められた (C 群に対して $p < 0.001$, TM 群および TM-E 群に対して $p < 0.01$)。この結果は、前報¹⁾で示された、摂食時間制限 (meal-feeding) の実験において、制限給餌後の運動負荷によって摂食量が減少することと同様の傾向であった。

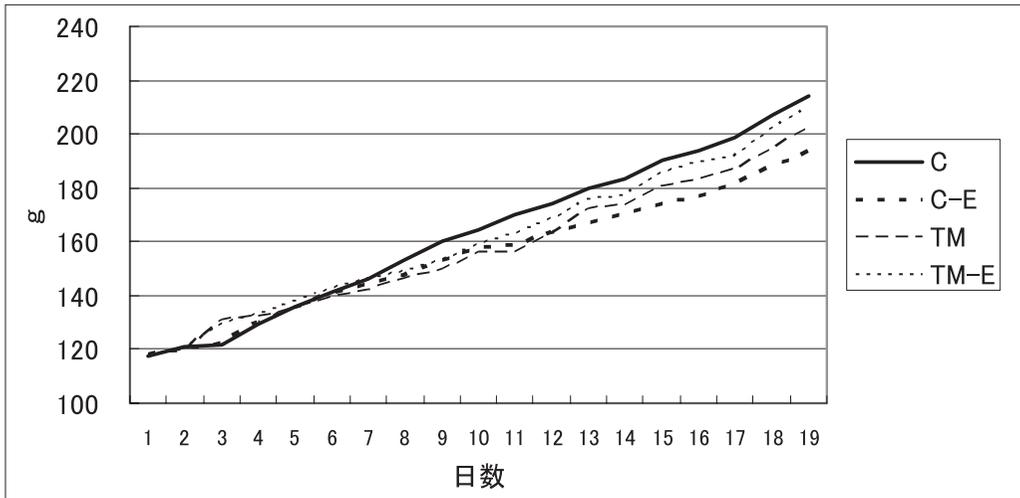
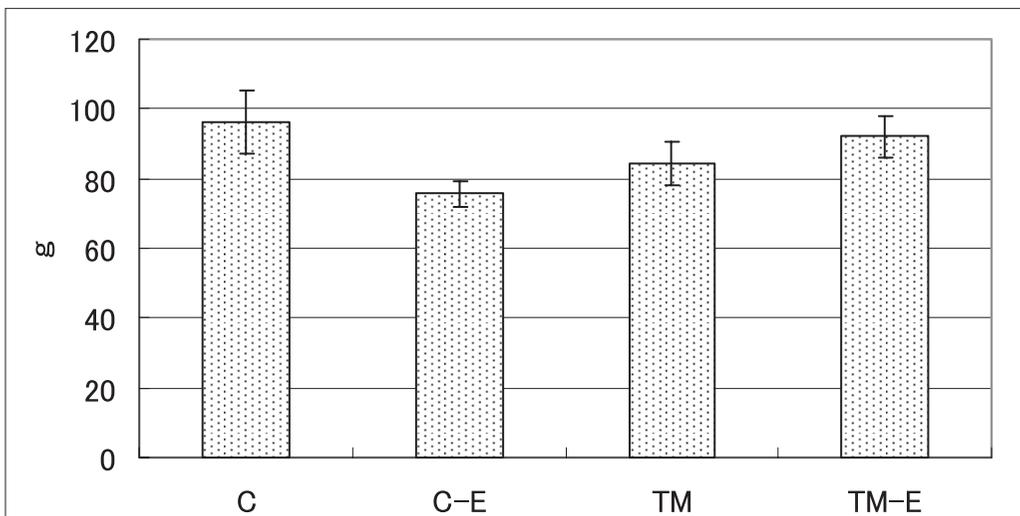


図3 体重変化 (実験1)



有意差 *** : $p < 0.001$, C : C-E, ** : $p < 0.01$, C-E : TM-E,
* : $p < 0.05$, C : TM

図4 体重増加量 (実験1)

この実験における2時間の運動量（回転数）は、1日当たりで、C-E群が平均で980±328回転、TM-E群が1113±397回転であり、統計的には群間に差はなかったが、動物個々で見た場合は、746～1546回転（C-E群）、486～1586回転（TM-E群）と2～3倍の開きがあった。

(2) 臓器重量および脂肪組織重量

解剖時の体重100gあたりの各臓器重量および脂肪組織重量を表1および図5に示した。腎周囲脂肪重量は成長に伴って明らかに増加している（C0群0.00gに対してC群0.80g、TM群1.07g）が、運動負荷を加えることによって、有意に（ $p < 0.001$ ）その増加が抑制されることが示された（C-E群0.35g、TM-E群0.55g）。また、給餌回数を2回にすることによって、腎周囲脂肪重量は有意に（ $p < 0.01$ ）増加した（C群0.80gに対してTM群1.07g）。

一方、精巣周囲脂肪重量についても同様に成長とともに増加している（C0群0.24gに対してC群0.59g、TM群0.62g）が、ラットに運動負荷を行った場合、C-E群0.51g、TM-E群が0.55gとその増加はC-E群で抑制される傾向にあった（ $p < 0.05$ ）が、TM-E群ではTM群に対して有意な差はなかった（表1、図5）。

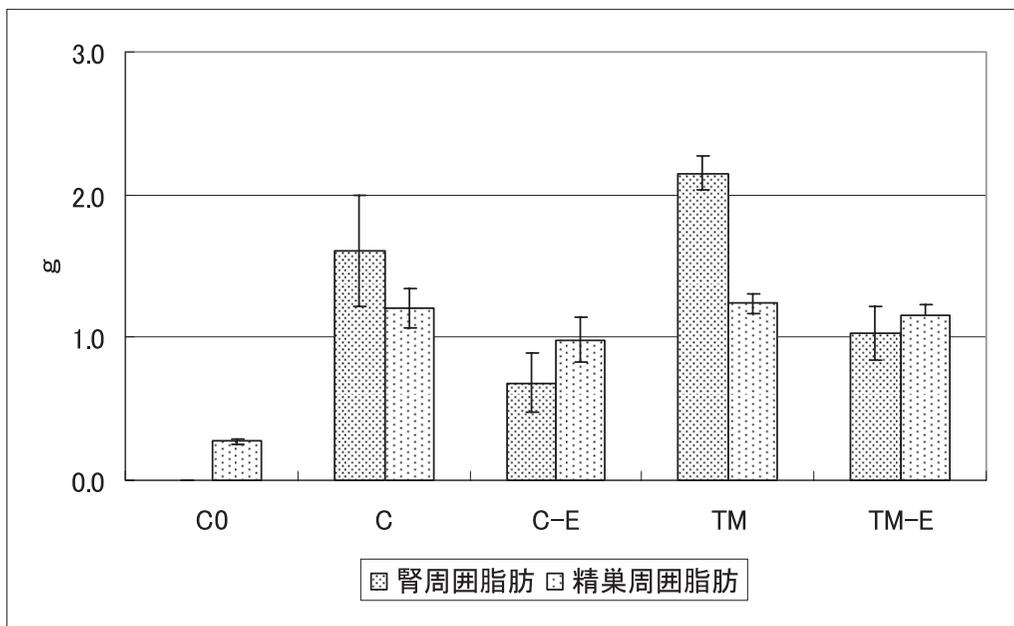
また、その他の臓器については、肝臓および精巣において、1回食運動群（C-E群）で低下する傾向にあった（肝臓：TM-E群に対して $p < 0.05$ 、精巣：C群に対して $p < 0.01$ ）

表1 体重100gあたりの各臓器・脂肪組織重量（実験1）

群	終体重	肝臓	腎臓	脾臓	精巣	腎周囲脂肪	精巣周囲脂肪
C0	110.8 ± 2.1	3.77 ± 0.30	1.02 ± 0.08	0.28 ± 0.02	1.44 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.24 ± 0.02
C	214.0 ± 11.8	3.75 ± 0.23	0.80 ± 0.05	0.25 ± 0.04	1.25 ± 0.05	0.80 ± 0.13	0.59 ± 0.03
有意差					A	A,B,C	A
C-E	193.8 ± 5.4	3.43 ± 0.10	0.85 ± 0.04	0.24 ± 0.01	1.40 ± 0.08	0.35 ± 0.09	0.51 ± 0.06
有意差		A			A	A,D	A,a
TM	202.3 ± 6.7	3.80 ± 0.15	0.81 ± 0.05	0.24 ± 0.03	1.33 ± 0.05	1.07 ± 0.07	0.62 ± 0.04
有意差		A				B,D,E	a
TM-E	209.8 ± 3.9	3.76 ± 0.21	0.82 ± 0.04	0.26 ± 0.03	1.33 ± 0.05	0.49 ± 0.08	0.55 ± 0.04
有意差						C,E	

数値：平均値±標準偏差（g）

有意差：同じアルファベット間に有意差がある（大文字 $p < 0.01$ 、小文字 $p < 0.05$ ）（C0群は除外）



有意差：表 1 参照

図 5 体重 100g あたりの脂肪組織重量 (実験 1)

以外は有意な差は見られなかった (表 1)。

(3) 血清中性脂肪濃度

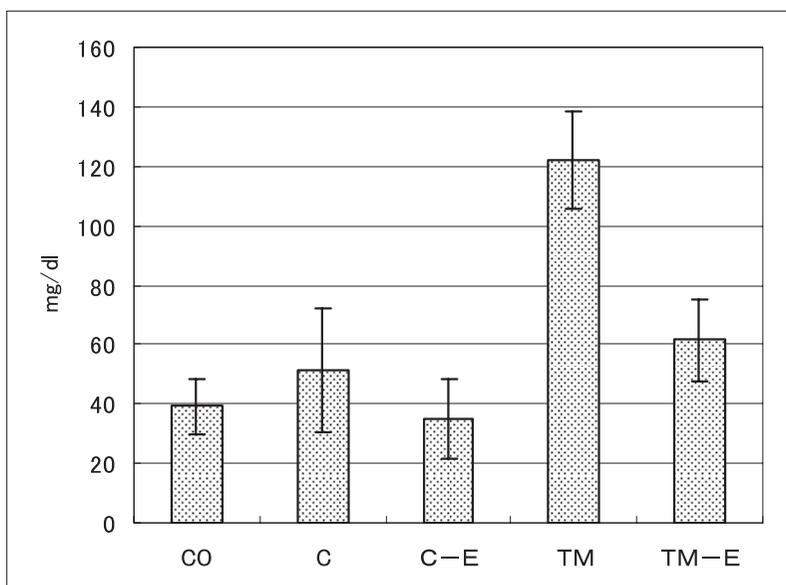
血清中性脂肪濃度および血清グルコース濃度を図 6 および図 7 に示した。血清中性脂肪濃度については、給餌を 2 回食にすることによって (TM 群) 他の 3 群に対して有意に ($p < 0.001$) 高い値を示した。また運動を負荷した場合、1 回食 (C-E 群) では C 群に対して有意差がないが低下の傾向にあったが、2 回食 (TM-E 群) では TM 群に対して有意な ($p < 0.001$) 低下が認められた (図 6)。

また、血清グルコース濃度、血清総コレステロール濃度および血清 HDL- コレステロール濃度については、血清グルコース濃度において、運動負荷による C-E 群で低い傾向にあった (TM-E 群に対して $p < 0.01$, TM 群に対して $p < 0.05$) (図 7) が、血清総コレステロールおよび HDL- コレステロールにおいては、群間による差はなかった。

2. 実験 2：給餌時刻および給餌回数との関係

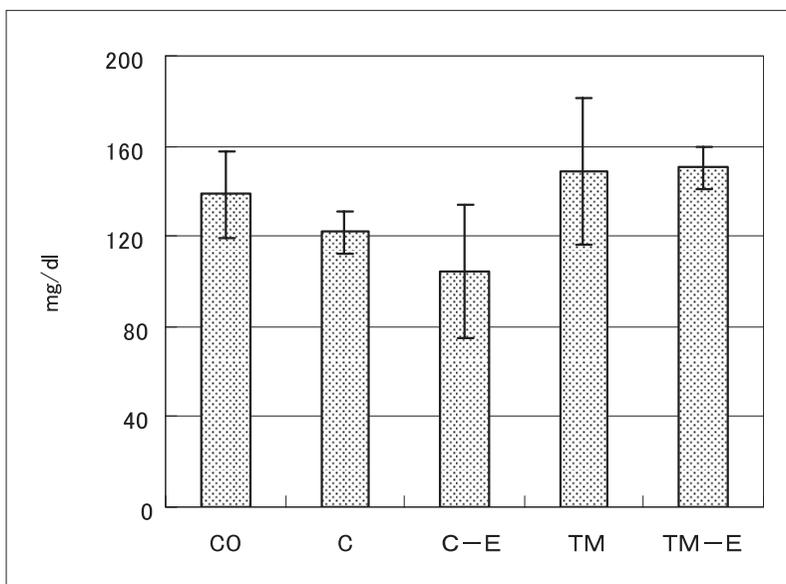
(1) 体重増加量および摂食量

実験期間におけるラットの体重変化および体重増加量を図 8 および図 9 に示した。体重増加量は、朝食非運動群 (B 群) $61.5 \pm 8.9g$, 朝食後運動群 (B-E 群) $60.5 \pm 4.7g$, 夕食非運動群 (D 群) $58.5 \pm 3.8g$, 夕食前運動群 (D-E 群) $57.0 \pm 4.1g$ および 2 回食非



有意差 : $p < 0.01$, CO : TM, C : TM, C-E : TM, TM : TM-E
 $p < 0.05$, CE : TM-E

図6 血清中性脂肪濃度 (実験1)



有意差 : $p < 0.01$, C-E : TM-E $p < 0.05$, C-E : TM

図7 血清グルコース濃度 (実験1)

運動群 (T 群) $56.3 \pm 3.0\text{g}$, 2 回食運動群 (T-E 群) $52.8 \pm 4.9\text{g}$ であり, いずれも有意差は認められなかったが, B 群および B-E 群に対して, 他の 4 群が小さい傾向にあった (図 9).

また, 実験期間における 1 日平均の摂食量は, それぞれ $14.4 \pm 0.71\text{g}$, $13.7 \pm 0.57\text{g}$, 14.4 ± 0.05 , $14.3 \pm 0.16\text{g}$, 14.5 ± 0.04 および $14.5 \pm 0.07\text{g}$ と, B-E 群を除いてほとんど同じであり, D 群, D-E 群および T 群, T-E 群の pair-feeding は上手くいっていた. 朝食後運動群 (B-E 群) の摂食量が朝食非運動群に対して少ない傾向が認められ ($p < 0.05$), 制限給餌後に運動負荷した場合に, 摂食量が減少する傾向は, 前報 1) および本報の実験 1 の結果と同様であった.

この実験における 1.5 時間の運動量 (回転数) は, 1 日当たりで, B-E 群が平均で 481 ± 158 回転, D-E 群が 1054 ± 275 回転, T-E 群が 954 ± 629 回転であり, 統計的には群間に有意な差がなかったが, ばらつきが大きく, B-E 群は 300 ~ 714 回転, D-E 群は 797 ~ 1511 回転, T-E 群では 328 ~ 1999 回転と約 2 ~ 6 倍の開きがあった.

(2) 臓器重量および脂肪組織重量

解剖時の体重 100g あたりの各臓器重量および脂肪組織重量を表 2 および図 10 に示した. 腎周囲脂肪重量については, 朝食非運動群 (B 群) 0.63g, 朝食後運動群 (B-E 群) 0.31g,

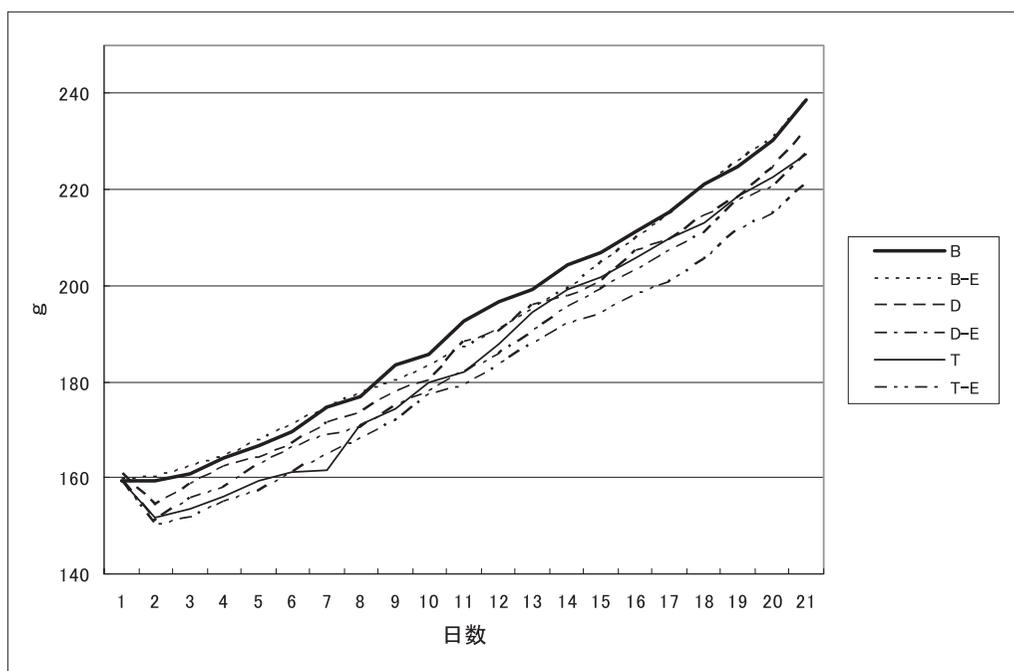
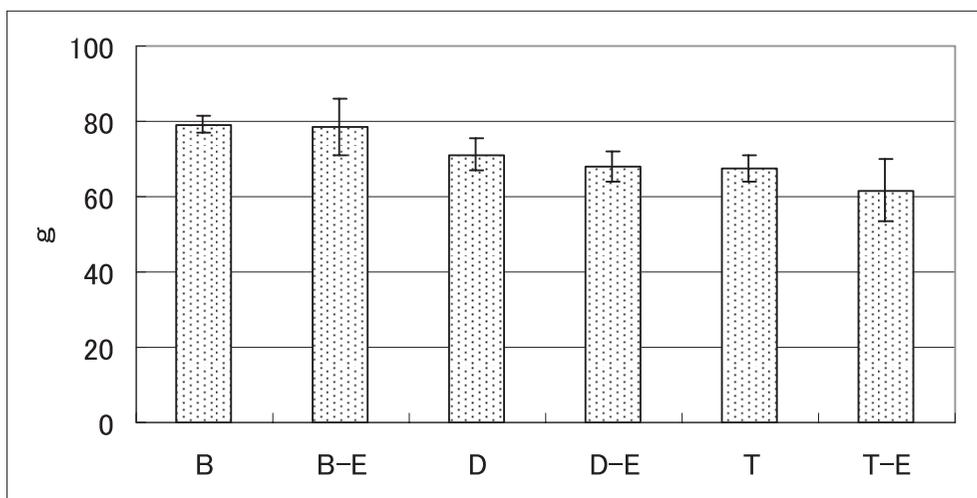


図 8 体重変化 (実験 2)



有意差：なし

図9 体重増加量 (実験2)

夕食非運動群 (D 群) 0.77g, 夕食前運動群 (D-E 群) 0.50g であり, 2 回食では, 非運動群 (T 群) 0.90g, 運動群 (T-E 群) 0.88g であった. 非運動群において, 朝食給餌の場合に対して, 夕食給餌および 2 回食給餌では統計的に有意な差は認められなかったが, 大きい傾向にあった. また, 運動負荷をした場合には, 朝食後運動群 (B-E 群) の場合のみ, 有意差が認められ (B 群に対して $p < 0.05$), 夕食前運動群 (D-E 群) の場合には有意差がないが, 低下傾向が認められ, 2 回食運動群 (T-E 群) では差がなかった. 一方, 精巣周囲脂肪重量については, ほとんど群間で有意な差が認められなかった (表 2, 図 10).

また, その他の臓器については, 肝臓, 腎臓において, 各群間に有意な差が見られるものがあつたが, 特に一定の傾向はみられなかった (表 2).

(3) 血清中性脂肪濃度

血清中性脂肪濃度および血清グルコース濃度を図 11 および図 12 に示した. 血清中性脂肪濃度については, D 群および T-E 群で有意に高い傾向にあり ($p < 0.01$), また, 運動負荷によって低下したものは, D-E 群 (D 群に対して $p < 0.01$) であり, 逆に T-E 群では増加した (T 群に対して $p < 0.05$).

また, 血清グルコース濃度については, 夕食群 (D 群および D-E 群) で高い傾向にあつた (図 11) が, 運動負荷による変化には一定の傾向が見られなかった. 一方, 血清コレステロールにおいては, 群間に有意な差は見られなかった.

表2 体重 100g あたりの各臓器・脂肪組織重量 (実験 2)

群	終 体 重	肝 臓	腎 臓	脾 臓	精 巢	腎周囲脂肪	精巣周囲脂肪
B	212.9 ± 7.2	3.51 ± 0.22	0.80 ± 0.03	0.26 ± 0.01	1.37 ± 0.09	0.63 ± 0.09	0.61 ± 0.05
有意差			a			a	
B-E	211.0 ± 4.1	3.36 ± 0.06	0.81 ± 0.01	0.25 ± 0.01	1.39 ± 0.07	0.31 ± 0.17	0.61 ± 0.07
有意差		a,b				A,,B,C,a	
D	210.3 ± 1.7	3.59 ± 0.13	0.81 ± 0.02	0.26 ± 0.03	1.35 ± 0.09	0.77 ± 0.12	0.70 ± 0.07
有意差		a,c	b			A	A
D-E	208.8 ± 12.1	3.58 ± 0.07	0.87 ± 0.04	0.25 ± 0.01	1.26 ± 0.23	0.50 ± 0.22	0.66 ± 0.08
有意差		b,d	a,b			b,c	
T	209.8 ± 10.3	3.34 ± 0.10	0.82 ± 0.04	0.25 ± 0.02	1.43 ± 0.08	0.90 ± 0.18	0.69 ± 0.07
有意差		c,d				B,b	
T-E	196.5 ± 4.4	3.46 ± 0.04	0.85 ± 0.04	0.23 ± 0.01	1.45 ± 0.07	0.88 ± 0.21	0.57 ± 0.09
有意差						C,c	A

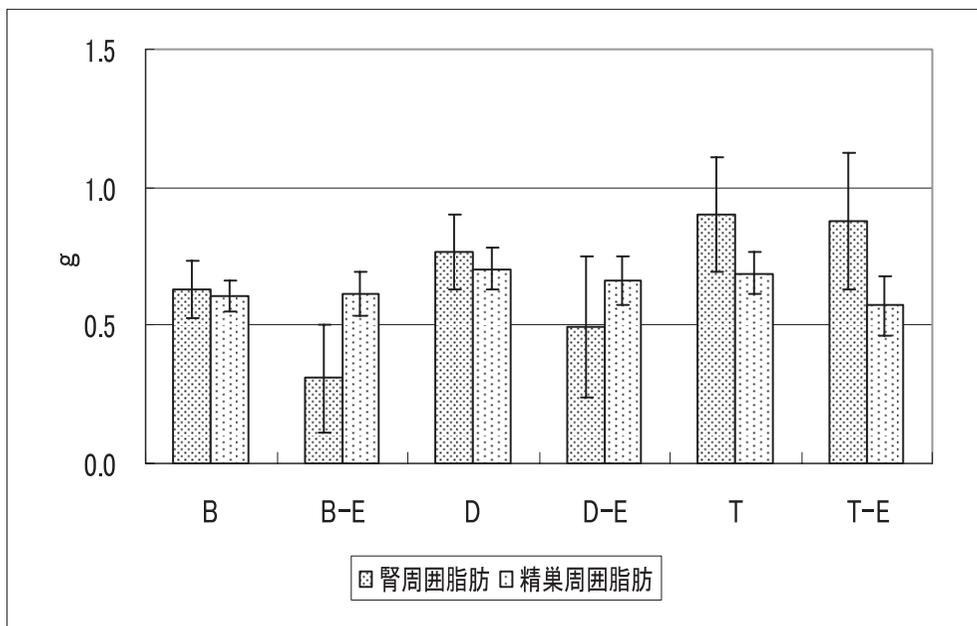
数値：平均値±標準偏差 (g)

有意差：同じアルファベット間に有意差がある (大文字 p < 0.01, 小文字 p < 0.05)

考察

本実験の目的は、前報¹⁾の制限時間給餌 (meal-feeding) の給餌時間が7.5時間と長く、厳密には meal-feeding になっていなかったため、給餌時間をより短くして、実験1では4.5時間、実験2では3～3.5時間に制限して給餌したラットにおいて、自走回転運動負荷による体脂肪蓄積への影響を見ること (暗期の始めの給餌:朝食と暗期の終わりの給餌:夕食) および給餌を朝夕の2回に分けた場合の体脂肪蓄積の変化を見ることであった。

その結果、朝食後に運動負荷をした場合には、前報¹⁾および今回の実験1において明らかのように、運動負荷によって、体重増加量、摂食量および腎周囲脂肪重量は有意に低下していた。実験2においては、体重増加量に有意差は見られなかったが、摂食量および腎周囲脂肪重量には同様に有意な低下が認められた。また、運動負荷によって血清中性脂肪濃度の低下も認められた。血清グルコース濃度 (血糖値) の変化も血清中性脂肪濃度と同様の傾向を示し、運動負荷によって低下する傾向にあった。

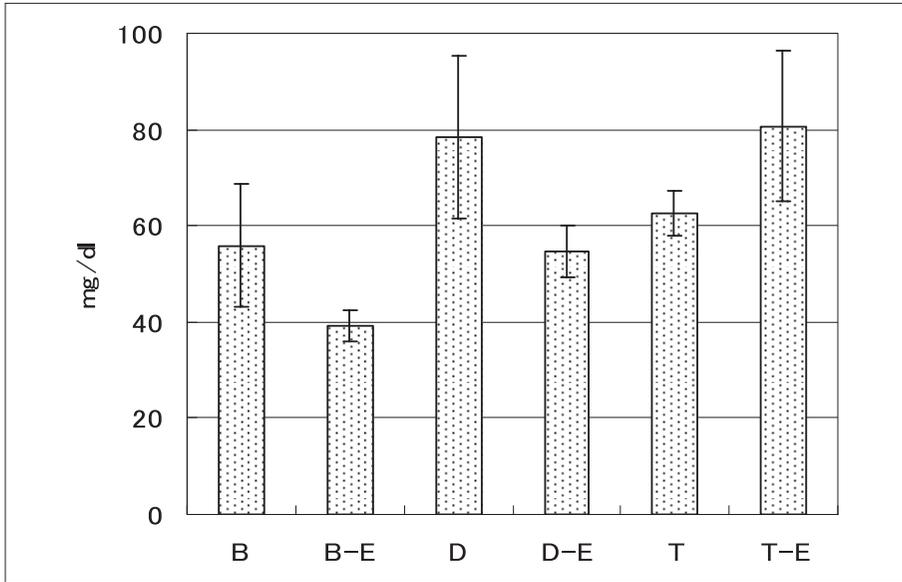


有意差：表2参照

図10 体重100gあたりの脂肪組織重量（実験2）

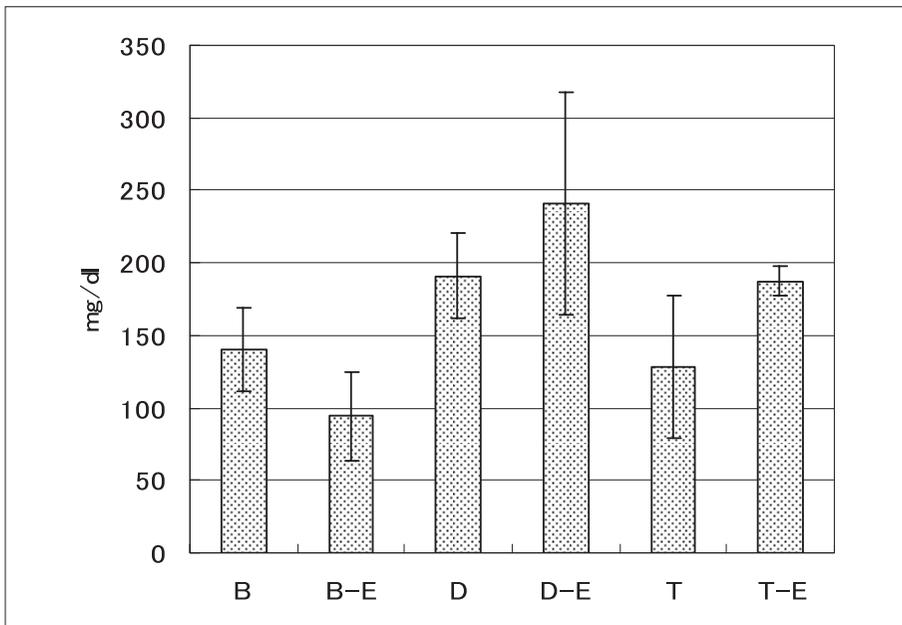
一方、夕食を想定した給餌の場合（実験2）、非運動群において、給餌量を朝食に合わせた pair-feeding することによって、体重増加量および摂食量は朝食と同じであったが、有意差はないが、若干腎周囲脂肪重量が増加する傾向が見られた。同様に血清中性脂肪濃度および血糖値が高い傾向も認められた。それに対して、運動を負荷することによって、体重増加量および摂食量には変化がないが、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度は低下したが、血糖値には変化がなかった。摂食量が同じにも係わらず、朝食1回の給餌と比べて、夕食1回の給餌の値が高い傾向にあることは興味深いことである。このことは人との類似において、朝食より夕食を過多にした方が肥満になりやすいことと同義であろう。

朝食あるいは夕食の1回食に対して、同量の餌料を朝夕の2回に分けて給餌した場合については、どのような傾向が見られるであろうか。実験1および2は同様の実験であるが、2回の給餌時間（実験1：朝食1.5時間、夕食2時間、実験2：朝食1.5時間、夕食1.5時間）および運動負荷の時刻・時間（実験1：朝食給餌直後2時間、実験2：2回食の間1.5時間）を異にするものであるが、給餌回数を2回に分けることによって、朝食1回の給餌の場合に比較して、有意差の有無はあるが、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度と血糖値も高値を示す傾向にあった。それに対して、運動負荷をすることによって、実験1では、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度が有意に低下し、血糖値には変化がなかった。一方、実験2においては、腎周囲脂肪重量および血糖値には変化がなく、



有意差 $p < 0.01$, B : T-E, B-E : D, B-E : T, B-E : T-E,
 D : D-E, D-E : T-E
 $p < 0.05$, B : D, T : T-E

図 11 血清中性脂肪濃度 (実験 2)



有意差 $p < 0.01$, B : D-E, B-E : D, B-E : D-E, B-E : T-E, D-E : T

図 12 血清グルコース濃度 (実験 2)

血清中性脂肪濃度は増加の傾向に合った。この実験1と実験2における運動負荷の影響の差違は、摂食と運動のタイミングによるものかは更に検討が必要である。

一方、実験2において、夕食1回の給餌の場合と比較すると、2回食給餌は腎周囲脂肪重量が同じ位の値を示し、血清中性脂肪濃度および血糖値は低い傾向にある。これは夕食1回の給餌のそれらが朝食1回の場合に比較して高いことによる。

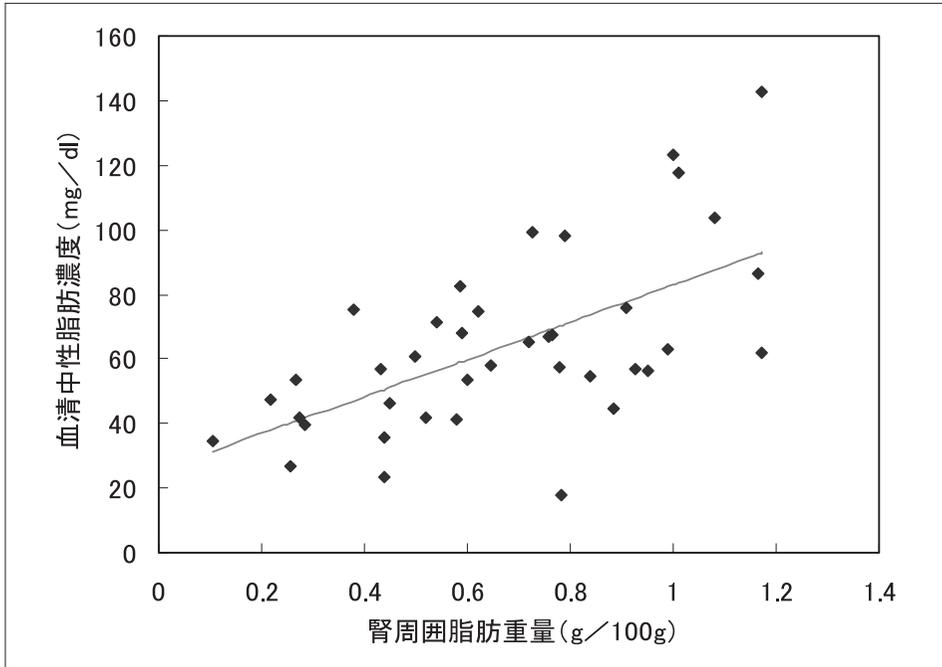
朝食1回の給餌に対して、朝夕2回の給餌の場合に体脂肪（腎周囲脂肪重量）が増加する傾向にあることはどのように解釈できるのであろうか。人の場合、同じエネルギーを摂取するならば、1回に全部を食べる（いわゆる“どか食い”）より、1日3回と分けて食べた方が体脂肪の蓄積は少ないとされている。この人と今回のラットによる動物実験の違いは、ラットの1回食に問題があるのかもしれない。本来ラットは、夜行性の動物であり、暗期に1日分のほとんどの餌料を断続的に摂食するので、短時間1回に1日に必要な餌料を摂食することは難しい。時間制限給餌（meal-feeding）をする場合でも、ある程度時間をかけないと摂食できない。それでも自由摂食（ad libitum）に比べて摂食量は6割くらいに低下する。このことが、1回食と2回食に対する人とラットの結果の違いをもたらすのかも知れない。更なる検討が必要である。

本実験において、運動負荷による腎周囲脂肪重量の減少と血清中性脂肪濃度の低下には関係があるように見える。そこで、実験に用いられたすべてのラットにおける腎周囲脂肪重量と血清中性脂肪濃度との相関を調べた結果（図13）、その間には有意な（ $p < 0.01$ ）相関が認められた。

また、本実験では、体脂肪として、腎周囲脂肪重量と精巣周囲脂肪重量を測定した。腎周囲脂肪重量と精巣周囲脂肪重量の間には実験1では有意な（ $p < 0.01$ ）相関があったが、実験2では有意性がなく、実験1および2で使われたすべてのラットでは $p < 0.05$ で有意性が認められた（図14）。それと関係するのかも知れないが、今回の実験では、運動負荷による体脂肪蓄積の抑制効果は精巣周囲脂肪重量では余り見られなかった。このことは体脂肪が減少していく場合、精巣周囲脂肪よりも、腎周囲脂肪のような腹腔内脂肪が優先的に減少していくものと考えられる。

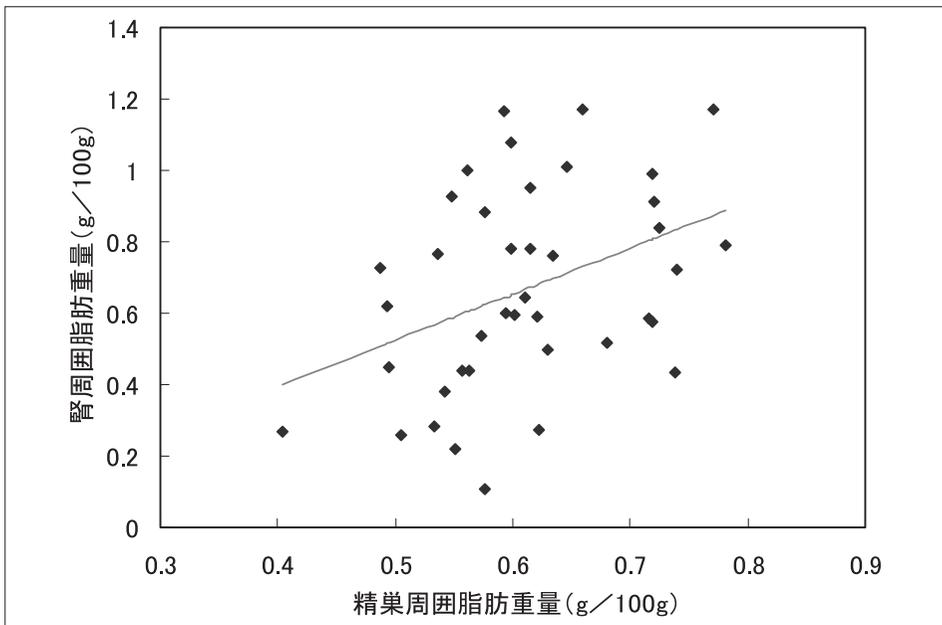
鈴木(伸)ら³⁾は、ラットに2種類の歩行運動を行わせ、増体重、飼料摂取量と飼料効率および体脂肪に及ぼす影響を調べ、運動によってそれらが低下し、また粗脂肪（体脂肪）割合も減少することを示している。

鈴木(正)ら⁴⁾は、運動により体脂肪が減少する理由として、筋肉のリポ蛋白リパーゼ活性の増大が関与していると示唆している。これは、脂肪分解酵素であるリポ蛋白リパーゼが脂肪を分解するには、ノルアドレナリン、アドレナリン、副腎皮質ホルモンなどのホルモンの働きが不可欠であり、またそれらのホルモンは中程度の運動を一定時間行うことで分泌されるからである。このことから、運動を行うことでノルアドレナリン、アドレナリンなどのホルモンが分泌され、それによってリポ蛋白リパーゼが体内の脂肪を分解することで、体脂肪と血清中性脂肪を減少していると考えられる。



有意性： $p < 0.01$

図 13 腎周囲脂肪重量と精巣周囲脂肪重量の相関 (実験 1・2)



有意性： $p < 0.05$

図 14 腎周囲脂肪重量と精巣周囲脂肪重量の相関 (実験 1・2)

また、鈴木(淳)ら^{5,6)}は、持久的な運動トレーニングによりラット骨格筋の脂肪酸代謝に係わる酵素活性が上昇し、脂肪酸代謝能力が高まり、ひいては脂肪組織からの脂肪酸の遊離を増加させる可能性を示唆している。

要約

5週齢のWistar系雄ラットに、17(実験1)あるいは21(実験2)日間、給餌時刻を暗期の始め(朝食)あるいは終わり(夕食)に1回だけ給餌した場合と朝夕の2回に分けて給餌した場合において、実験期間後半14日間の自走回転運動負荷が体脂肪蓄積および血清中性脂肪濃度、血清グルコース濃度(血糖値)に及ぼす影響を2回の実験で調べた。

その結果、朝食後に運動負荷をした場合(実験1・2)においては、運動負荷によって、摂食量および腎周囲脂肪重量は有意な低下が認められた。また、運動負荷によって血清中性脂肪濃度の低下も認められた。血糖値の変化も血清中性脂肪濃度と同様の傾向を示し、運動負荷によって低下する傾向にあった。

一方、夕食を想定した給餌の場合(実験2)、非運動群において、給餌量を朝食に合わせたpair-feedingすることによって、体重増加量および摂食量は朝食と同じであったが、若干腎周囲脂肪重量が増加する傾向が見られた。同様に血清中性脂肪濃度および血糖値が高い傾向も認められた。それに対して、運動を負荷することによって、体重増加量および摂食量には変化がないが、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度は低下し、血糖値には変化がなかった。

朝食あるいは夕食の1回食に対して、同量の餌料を朝夕の2回に分けて給餌した場合については、朝食1回の給餌の場合に比較して、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度と血糖値も高値を示す傾向にあった。それに対して、運動負荷をすることによって、実験1では、腎周囲脂肪重量および血清中性脂肪濃度が有意に低下し、血糖値には変化がなかった。一方、実験2においては、腎周囲脂肪重量および血糖値には変化がなく、血清中性脂肪濃度は増加の傾向に合った。また、実験2において、夕食1回の給餌の場合と比較すると、2回食給餌は腎周囲脂肪重量が同じ位の値を示し、血清中性脂肪濃度および血糖値は低い傾向にあった。

文献

- 1) 笠原利英, 谷川莉緒子 「摂食方法および運動のタイミングが成長期ラットの体脂肪と血清脂質に及ぼす影響」 桜美林論集 32, 107-122 (2005)
- 2) 中里浩一, 宋洪善, 中嶋寛之 「回転ケージを用いた自発運動がラット骨格筋系組織に与える影響」 体力科学 51, 561 (2002)
- 3) Suzuki,S. Sukemori,S. Ikeda,S. Kurihara,Y. Ito,S.: “Effects of walking exercise on body weight gain and body composition of rats. 1.Effects of two exercise protocols on body fat deposition” Jpn. J. Livest. Management, 37, 105-111 (2002)
- 4) Suzuki,M. Doi,T. Lee,S.J. Okamura,K. Simizu,S. Okano,G. Sato,Y. Shimomura,Y. Fushiki,T.: “Effect of meal timing after resistance exercise on hindlimb muscle mass and fat accumulation in trained rats” J Nutr Sci Vitaminol 45, 401-409 (1999)
- 5) 鈴木淳一, 平塚勇介, 田口晴也 「持久的な運動トレーニングが若年ラット骨格筋の脂肪酸代謝能力におよぼす影響」 冬期スポーツ研究 (北海道教育大学冬期スポーツ教育研究センター紀要) 8, 9-19 (2005)
- 6) 鈴木淳一, 香西雅之, 東浦拓郎 「持久的トレーニングがラット骨格筋のカルニチンアシル基転移酵素 (CPT) 活性に及ぼす影響」 冬期スポーツ研究 (北海道教育大学冬期スポーツ教育研究センター紀要) 9, 1-7 (2006)