

欠食に関する研究：
活動期前の欠食がラットの活動のエネルギー源の
変化に及ぼす影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-05-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 章, 谷, 健二, 国崎, 弘 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00008370

欠食に関する研究

——活動期前の欠食がラットの活動のエネルギー源の変化に及ぼす影響——

A Study of Meal Deprivation

——Effects of a Single Meal Deprivation before Active Period
on the Changes of Energy Sources in Rats——

山 本 章・谷 健 二・国 崎 弘

Akira YAMAMOTO, Kenji TANI, Hiromu KUNISAKI

(昭和61年10月11日受理)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of a single meal deprivation before active period on the changes of energy sources in rats.

Male, 6 weeks old rats of Sprague-Dawley strain were meal-fed on a commercial diet twice a day at 08-09h and 20-21h. Rats were individually housed in light-dark cycle (darkness from 19h to 07h).

After three weeks, rats were divided into three groups with approximately the same body weight (fasted, meal-fed and meal-deprived groups). Meal-fed rats were given a meal at 20-21h, but meal-deprived rats were not given the meal. Fasted rats were sacrificed at 20h, and meal-fed and meal-deprived rats were sacrificed at 24h and 03h. Energy sources in the rats of three groups were determined.

The results were summarized as follows:

1. Serum concentrations of glucose in meal-deprived rats were significantly lower than those in meal-fed rats at 24h and 03h.
2. Serum concentrations of free fatty acid in meal-deprived rats were significantly higher than those in meal-fed rats at 24h and 03h.
3. Glycogen contents in liver and in soleus muscle in meal-deprived rats were significantly lower than those in meal-fed rats at 24h and 03h.
4. Glycogen contents in gastrocnemius muscle in meal-deprived rats were significantly lower than those in meal-fed rats at 03h.
5. Glycogen contents in heart were not significantly different between the rats of three groups.
6. Basal lipolytic activities in epididymal adipose tissue in meal-deprived rats were significantly higher than those in meal-fed rats at 03h.

From these results it is suggested that the acute meal deprivation before active period decreases the stores of energy sources for mental and physical functions in rats.

緒 言

精神的あるいは身体的機能は食事のタイミングや量や質、食事をとるヒトや動物の状態等によって影響される^{16) (6) 24) 7)}。朝食は活動期の前の食事であり、活動のためのエネルギー供給源として重要な役割を果たしていると考えられる。しかし、最近の食生活の実態調査の結果をみると、週1回以上朝食欠食をしている小学生は5.3%、中学生は12.7%²¹⁾、15才以上の者は22.3%¹⁷⁾であり、かなり多くの人が朝食欠食をしている。

また、朝食欠食により、児童の問題解決のスピードや正確さ等の精神的機能が低下する²⁴⁾こと、大学生の学業成績が劣る¹⁵⁾こと、成人の視覚やパフォーマンスが低下する¹⁶⁾ことが報告されている。

しかし、朝食欠食により、活動のためのエネルギー源がどのような影響を受けるかについては、血中グルコース濃度が減少し、血中遊離脂肪酸 (FFA)、ケトン体、乳酸濃度が増加すると報告されている^{22) 23) 24)}ものの、未だ十分には検討されていない。

そこで今回は、朝食を活動期の前の摂食と位置づけ、朝食の重要性についての基礎的資料を得る目的で、実験動物としてラットを用いて、活動期と休息期の前にそれぞれ1時間の摂食を許す条件に十分慣らした後、実験最終日も活動期の前の摂食を許した群 (摂食群) と実験最終日には活動期の前の摂食を許さなかった群 (欠食群) に分け、通常の摂食開始時刻にあたる空腹時の群 (空腹群)、摂食開始時刻から4時間後と7時間後の摂食群と欠食群について、血清基質濃度、肝臓および骨格筋のグリコーゲン含量、副睾丸脂肪組織の *in vitro* での脂肪分解能を調べ、各群間で比較検討した。

対象および方法

1. 実験動物および飼育方法

生後6週齢 (39-41日齢) の Jcl : Sprague-Dawley 系雄ラット29匹 (体重 Means \pm SE : 141.4 \pm 0.6 g, 日本クレア K. K.) を用い、08-09時と20-21時の1日2回の間欠給餌で個別に飼育した。飼料は粉末 CE-7 (日本クレア K. K.) を用い、飲水は自由に摂取させた。飼育室は19-07時を暗期とする12時間の明暗サイクルとし、室温は23 \pm 1 $^{\circ}$ C に調節した。

上記の条件で3週間飼育後、ラット (体重 Means \pm SE : 242.8 \pm 3.4 g) を体重の平均値が等しくなるように空腹群、摂食群、欠食群の3群に分けた。摂食あるいは欠食の影響をみるため、空腹時の20時に5匹を断頭屠殺し、空腹群とした。摂食群には通常の20-21時の摂食を許し、欠食群にはこの間の摂食を許さなかった。摂食群と欠食群は通常の摂食開始時刻から4時間後と7時間後の24時と03時にそれぞれ6匹ずつ断頭屠殺した。

2. 血清の分離と血清基質濃度の分析

断頭屠殺後、体幹血液を採集し、4 $^{\circ}$ C の冷暗所に約1時間放置後、4 $^{\circ}$ C、3,000rpm で15分間遠心して血清を分離した。血清グルコース濃度は glucose oxidase 法 (Glucose B-Test : 和光純薬工業 K. K.) で、FFA 濃度は前畑と中²⁰⁾の方法で、中性脂肪 (TG) 濃度は Fletcher⁹⁾の方法で分析した。

3. 副睾丸脂肪組織の脂肪分解能の測定

体幹血液を採集後、室温で開腹し、副睾丸脂肪組織を摘出し、前報³¹⁾³²⁾と同様な方法で脂肪分解能を測定した。すなわち、0.9%食塩水で洗浄して血管を取り除き、約100mgの組織片を2つとり、一方には1.9mlの Krebs Ringer bicarbonate buffer (2% Bovine serum albumin, pH 7.4) と0.1mlの蒸留水を添加し、もう一方には蒸留水に代え、0.1mlのエピネフリン溶液 (10 μg/ml) を添加し、組織をはさみで5-6回切りきざんだ後、37℃の恒温水槽浴中で振盪しながら1時間インキュベートした。インキュベート後、5分間水中で冷却して反応を止め、ガーゼをつめたロートでろ過して脂肪組織片を除去した。こうしてえたメディウム中の FFA 濃度を分析し、1時間あたりにメディウム中に放出された FFA 量で脂肪分解能を表わした。

4. 組織グリコーゲン含量の分析

副睾丸脂肪組織を摘出後、氷上ですばやく肝臓、心臓、ヒラメ筋、腓腹筋 (白色部位) を摘出し、0.9%食塩水で洗浄し、ろ紙で水分を取り去って秤量後、Loら¹⁹⁾の方法でグリコーゲン含量を分析した。

統計的処理は Student の t-test によった。

結 果

1. 血清基質濃度の変化 (Table 1, Fig. 1)

血清グルコース濃度についてみると、20時の空腹群に比べ、摂食群は摂食開始時刻から4時間後の24時では有意な変化を示さなかったが、7時間後の03時では有意 (p<0.05) に高値を示した。一方、欠食群は24時では有意な変化を示さなかったが、03時では有意 (p<0.01) に低値を示した。また、欠食群は摂食群に比べ、24時 (p<0.05) と03時 (p<0.001) でいずれも有意に低値を示した。

血清 FFA 濃度についてみると、空腹群に比べ、摂食群は24時では有意な変化を示さなかったが、03時では有意 (p<0.05) に高値を示した。一方、欠食群は24時 (p<0.01) と03時 (p<0.001) でいずれも有意に高値を示した。また、欠食群は摂食群に比べ、血清グルコース濃度とは逆に、24時 (p<0.01) と03時 (p<0.001) でいずれも有意に高値を示した。

血清 TG 濃度についてみると、空腹群に比べ、摂食群はいずれの時点でも有意な変化を示さ

Table 1. Changes in serum concentrations of glucose, FFA and TG.

Group	Time of day (hrs)	Serum concentration		
		Glucose (mg/100ml)	FFA (μeq/l)	TG (mg/100ml)
Fasted	20:00 [5] ^a	154.1 ± 2.4 ^b	72.3 ± 16.6	188.9 ± 8.8
Meal-fed	24:00 [6]	163.1 ± 6.0 ^g	70.6 ± 19.8 ^h	140.2 ± 18.9 ^g
	03:00 [6]	164.2 ± 3.0 ^{c,i}	102.0 ± 7.7 ⁱ	186.7 ± 37.6 ^h
Meal-deprived	24:00 [6]	139.9 ± 6.1 ^d	202.5 ± 32.9 ^d	85.9 ± 12.2 ^e
	03:00 [6]	119.3 ± 7.8 ^d	379.6 ± 34.2 ^{e,f}	52.9 ± 10.0 ^e

^a Number of rats.

^b Values are means ± SE.

^{c,d,e} Significantly different from fasted group (c:p<0.05, d:p<0.01, e:p<0.001).

^f Significantly different from 24h (f:p<0.01).

^{g,h,i} Significantly different from meal-deprived group (g:p<0.05, h:p<0.01, i:p<0.001).

なかったが、欠食群は24時と03時でいずれも有意 ($p < 0.001$) に低値を示した。また、欠食群は摂食群に比べ、24時 ($p < 0.05$) と03時 ($p < 0.001$) でいずれも有意に低値を示した。

2. 組織グリコーゲン含量の変化 (Table 2, Fig. 2)

肝臓のグリコーゲン含量についてみると、空腹群に比べ、摂食群はいずれの時点でも有意な変化を示さなかったが、欠食群は24時 ($p < 0.01$) と03時 ($p < 0.001$) でいずれも有意に低値を示した。また、欠食群は摂食群に比べ、24時と03時でいずれも著しく ($p < 0.001$) 低値を示した。

Table 2. Changes in glycogen contents in liver, soleus and gastrocnemius muscle, and heart.

Group	Time of day (hrs)	Glycogen content (mg/g wet tissue)			
		Liver	Soleus m.	Gastrocnemius m.	Heart
Fasted	20:00 [5] ^a	51.1 ± 5.2 ^b	2.5 ± 0.5	3.8 ± 0.8	0.6 ± 0.2
Meal-fed	24:00 [6]	50.7 ± 3.6 ^g	3.3 ± 0.3 ^g	4.6 ± 0.7 ^f	0.7 ± 0.2
	03:00 [6]	59.4 ± 7.1 ^g	3.8 ± 0.6 ^f	4.5 ± 0.5 ^f	1.2 ± 0.3
Meal-deprived	24:00 [6]	24.7 ± 3.3 ^d	1.4 ± 0.2 ^e	3.0 ± 0.5	0.3 ± 0.1
	03:00 [6]	16.7 ± 4.0 ^c	2.2 ± 0.2 ^e	2.9 ± 0.5	1.1 ± 0.3 ^e

^aNumber of rats.

^bValues are means ± SE.

^{c, d}Significantly different from fasted group (c: $p < 0.01$, d: $p < 0.001$).

^eSignificantly different from 24:00h (c: $p < 0.05$).

^{f, g}Significantly different from meal-deprived group (f: $p < 0.05$, g: $p < 0.001$).

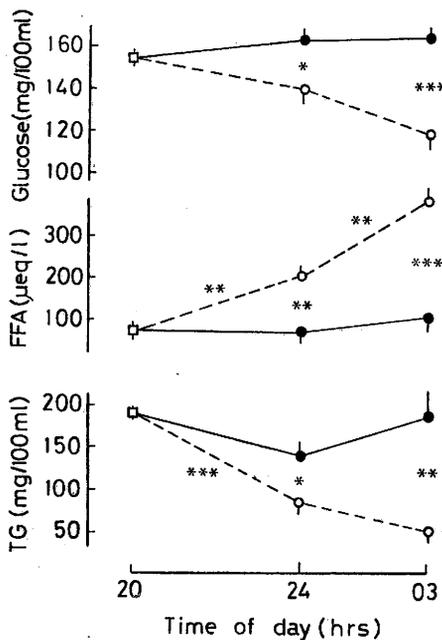


Fig. 1. Changes in serum concentrations of glucose, FFA and TG.

□ Fasted group, ● Meal-fed group, ○ Meal-deprived group.

Significantly different, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Values are means ± SE for 5-6 rats.

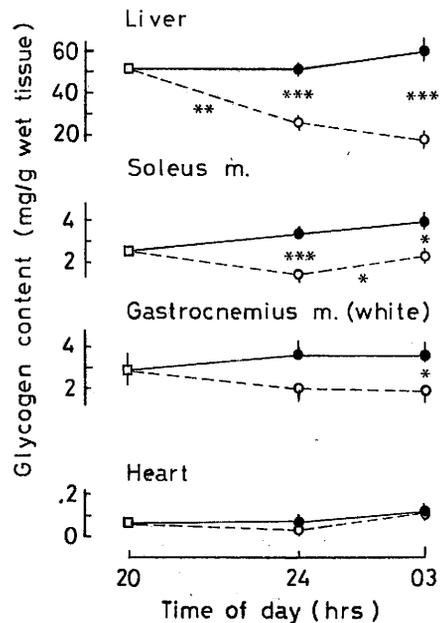


Fig. 2. Changes in glycogen contents in liver, soleus and gastrocnemius muscle, and heart.

□ Fasted group, ● Meal-fed group, ○ Meal-deprived group.

Significantly different, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Values are means ± SE for 5-6 rats.

ヒラメ筋のグリコーゲン含量についてみると、空腹群に比べ、摂食群と欠食群はいずれの時点でも有意な変化を示さなかった。しかし、欠食群は摂食群に比べ、24時 ($p < 0.01$) と03時 ($p < 0.05$) でいずれも有意に低値を示した。

腓腹筋の白色部位のグリコーゲン含量も、ヒラメ筋と同様、空腹群に比べ、摂食群と欠食群でいずれの時点でも有意な変化を示さなかった。しかし、欠食群は摂食群に比べ、24時で有意 ($p < 0.05$) に低値を示した。

心臓のグリコーゲン含量は群間、時点間でいずれも有意差が認められなかった。

Table 3. Changes in basal and epinephrine-stimulated lipolysis in epididymal adipose tissue.

Group	Time of day (hrs)	Lipolysis ($\mu\text{eq FFA/g tissue/h}$)	
		Basal	Epinephrine-stimulated
Fasted	20:00 [5] ^a	1.1 \pm 0.1 ^b	6.1 \pm 0.4
Meal-fed	24:00 [6]	1.2 \pm 0.2 ^{c, h}	7.4 \pm 0.5 ^{c, f}
	03:00 [6]	1.4 \pm 0.1 ^{c, h}	8.0 \pm 0.6 ^{c, f}
Meal-deprived	24:00 [6]	1.4 \pm 0.1 ^{e, g}	6.3 \pm 0.5 ^d
	03:00 [6]	2.3 \pm 0.1 ^{e, g}	8.7 \pm 0.6 ^d

^aNumber of rats.

^bValues are means \pm SE.

^{c, d, e}Significantly different from fasted group (C: $p < 0.05$, d: $p < 0.01$, e: $p < 0.001$).

^{f, g}Significantly different from 24:00h (f: $p < 0.01$, g: $p < 0.001$).

^hSignificantly different from meal-deprived group (h: $p < 0.01$).

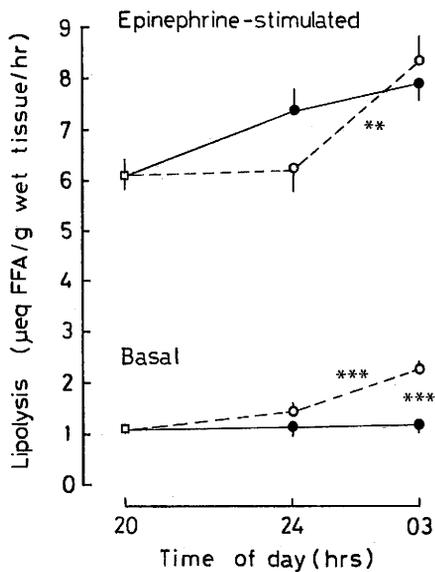


Fig. 3. Changes in basal and epinephrine-stimulated lipolysis in epididymal adipose tissue.

□ Fasted group, ● Meal-fed group, ○ Meal-deprived group.

Significantly different, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Values are means \pm SE for 5-6 rats.

3. 副睾丸脂肪組織の脂肪分解能の変化 (Table 3, Fig. 3)

エピネフリン無添加の脂肪酸放出量についてみると、空腹群に比べ、摂食群はいずれの時点でも有意な変化を示さなかったが、欠食群は24時では有意な変化を示さなかったものの、03時では有意 ($p < 0.001$) に高値を示した。また、欠食群は摂食群に比べ、03時で有意 ($p < 0.001$) に高値を示した。エピネフリン添加の脂肪酸放出量は、空腹群に比べ、03時の摂食群 ($p < 0.05$) と欠食群 ($p < 0.01$) で有意に高値を示したが、欠食群と摂食群の間にはいずれの時点でも有意差は認められなかった。

考 察

朝食欠食により、精神的あるいは身体的機能が低下することが報告されている¹⁶⁾²⁴⁾⁷⁾。しかし、その理由を明らかに説明した報告は少なく、エネルギー源の変化についても十分な検討がなされていない。

そこで今回は、実験動物としてラットを用い、朝食を活動期の前の摂食と位置づけ、朝食欠食が活動の主要なエネルギー源の変化に及ぼす影響を検討した。また、ラットは夜行性動物である²⁷⁾ので、暗期を活動期とし、実験最終日まで、ラットの生活リズムに適合し、ヒトの食生活のリズムに近い1日2食の間欠給餌²⁸⁾で飼育した。

血清グルコース濃度は絶食によって減少する¹¹⁾が、欠食群は摂食群に比べ、著しく低値を示すことが明らかにされた。血中グルコースは体組織、特に神経系と赤血球にとっては絶え間ない供給が必要であり、限度以下に濃度が下がると脳の機能異常が生じることが知られている。したがって、欠食群の低い血清グルコース濃度は必ずしも限度以下ではないが、脳の機能低下や精神的機能の低下をもたらす可能性を否定できず、朝食欠食はさけた方がよいと考えられよう。また、欠食群の血清グルコース濃度が低値を示した理由は、グルコース濃度が体組織での取り込みと、食餌からの糖質、肝臓や腎臓でのグリセロールやアミノ酸からの糖新生による糖原性物質、肝臓のグリコーゲン分解による供給のバランスによっている²⁹⁾ので、主に、食餌からの糖質によるグルコースの供給がなかったためと考えられる。

血清 FFA 濃度は絶食によって増加する^{26) 11) 30) 8) 5)}が、欠食群は摂食群に比べ高値を示すことが明らかにされた。血中の FFA は主に脂肪組織の TG 分解により放出された FFA である^{13) 1) 12) 5)}ので、副睾丸脂肪組織の脂肪酸放出量を *in vitro* で測定したところ、欠食群は摂食群に比べ、エピネフリン無添加の脂肪酸放出量が高値を示すことが明らかにされた。したがって、欠食群で血清 FFA 濃度が高値を示したのは、主に脂肪組織からの FFA の供給が多かったためと考えられる。

血清 TG 濃度は欠食群が摂食群に比べ低値を示したが、この理由は欠食によって小腸および肝臓から血中への TG の供給が減少したためであろう。

組織グリコーゲン含量についてみると、肝臓のグリコーゲン含量は摂食条件によって強く影響を受け^{18) 23)}、絶食によって減少する^{20) 14)}が、欠食群は摂食群に比べ、著しく低値を示すことが明らかにされた。肝臓のグリコーゲンは、骨格筋のそれとは異なり、血中へのグルコースの供給に重要な役割を果たしている²⁵⁾。したがって、欠食群で血清グルコース濃度が低値を示した理由には肝臓のグリコーゲン含量の減少も関係していると考えられる。

骨格筋のグリコーゲン含量も、肝臓のそれと同様、摂食条件によって影響を受ける²⁵⁾が、欠食群は摂食群に比べ、低値を示すことが明らかにされた。骨格筋のグリコーゲン含量は持久性運動能力と密接な関係があり¹⁰⁾、もっぱら筋の活動のエネルギー源として利用されるので、欠食群は摂食群に比べ、運動能力が低下し、身体的機能が低下している可能性が考えられる。また、欠食群と摂食群の間の骨格筋のグリコーゲン含量の違いが腓腹筋に比べてヒラメ筋で大きかったのは、腓腹筋の白色部位は主に白筋²⁾、ヒラメ筋は主に赤筋³⁾からなり、白筋に比べて赤筋が摂食条件の影響を強く受ける⁴⁾ためであろう。

以上のことから、一過性の朝食欠食は脂肪分解能を亢進させて血清 FFA 濃度を増加させ、脂質代謝に傾むかせるが、血清グルコース濃度を減少させて精神的機能を低下させる可能性があるばかりでなく、肝臓と骨格筋のグリコーゲン含量を減少させて身体的機能をも低下させる可能性があることが示唆された。

要 約

本研究は活動期の前の一回の欠食がエネルギー源の変化に及ぼす影響を明らかにするため、ラットを用いて行われた。

生後6週間のSD系雄ラットを市販飼料で1月2回08-09時と20-21時に間欠給餌した。ラットは19-07時を暗期とする明暗サイクル下で個別に飼育した。

3週間後、ラットを体重の等しい3群(空腹群、摂食群、欠食群)に分けた。摂食群には20-21時に給餌し、欠食群にはこの間給餌しなかった。空腹群は20時に、摂食群と欠食群は24時と03時に屠殺した。3群のエネルギー源を測定した。

結果は次の通りであった。

1. 血清グルコース濃度は欠食群が摂食群に比べ、24時と03時で有意に低値を示した。
2. 血清FFA濃度は欠食群が摂食群に比べ、24時と03時で有意に高値を示した。
3. 肝臓とヒラメ筋のグリコーゲン含量は欠食群が摂食群に比べ、24時と03時で有意に低値を示した。
4. 腓腹筋(白色部位)のグリコーゲン含量は欠食群が摂食群に比べ、03時で有意に低値を示した。
5. 心臓のグリコーゲン含量は3群間で有意差が認められなかった。
6. 副睾丸脂肪組織のエピネフリン無添加の脂肪分解能は欠食群が摂食群に比べ、03時で有意に高値を示した。

以上の結果から、活動期の前の一過性の欠食は精神的および身体的機能のためのエネルギー源の貯えを減少させることが示唆された。

本研究の一部は昭和60年度文部省科学研究費補助金一般研究(B)(6048522)の援助によって行われた。

引用文献

- 1) Ahlborg, G. and Felig, P. : Substrate utilization during prolonged exercise preceded by ingestion of glucose. *Am. J. Physiol.*, 233, E 188-E 194, 1977.
- 2) Bagby, G. J., Green, H. J., Katsuta, S., and Gollnick, P. D. : Glycogen depletion in exercising rats infused with glucose, lactate, or pyruvate. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 45, 425-429, 1978.
- 3) Clark, J. H. and Conlee, R. K. : Muscle and liver glycogen content: diurnal variation and endurance. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 47, 425-428, 1979.
- 4) Conlee, R. K., Rennie, M. J., and Winder, W. W. : Skeletal muscle glycogen content : diurnal variation and effects of fasting. *Am. J. Physiol.*, 231, 614-618, 1976.
- 5) Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., Lowe, R. C., and Walters, T. J. : Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *J. Appl. Physiol.*, 59, 429-433, 1985.
- 6) Craig, A., Baer, K., and Diekmann, A. : The effects of lunch on sensory-perceptual functioning in man. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 48, 105-114, 1981.
- 7) Craig, A. : Acute effects of meals on perceptual and cognitive efficiency. *Nutr. Reviews, Suppl.* 44, 163-171, 1986.

- 8) Dohm, G. L., Tapscott, E. B., Barakat, H. A., and Kasperek, G. J. : Influence of fasting on glycogen depletion in rats during exercise. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise physiol.*, 55, 830-833, 1983.
- 9) Fletcher, M. J. : A colorimetric method for estimating serum triglycerides. *Clin. Chim. Acta*, 22, 393-397, 1968.
- 10) Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saubert, C. W., Sembrowich, W. L., Shepard, R. E., and Saltin, B. : Glycogen depletion pattern in human skeletal muscle fibres during prolonged work. *Pflügers Arch*, 344, 1-12, 1973.
- 11) Gross, J. L. and Migliorini, E. H. : Further evidence for central regulation of free fatty acid metabolism in the rat. *Am. J. physiol.*, 232, E165-E171, 1977.
- 12) Gruen, R., Kava, R., and Greenwood, M. R. C. : Development of basal lipolysis and fat cell size in epididymal fat pad of normal rats. *Metabolism*, 29, 246-253, 1980.
- 13) Havel, R. J., Carlson, L. A., Ekelund, L. G., and Holmgren, A. : Turnover rate and oxidation of different free fatty acids in man during exercise. *J. Appl. physiol.*, 19, 613-618, 1964.
- 14) Ishikawa, K. and Shimazu, T. : Daily rhythms of glycogen synthetase and phosphorylase activities in rat liver : influences of food and light. *Life Science*, 19, 1873-1878, 1976.
- 15) 香川靖雄, 西村薫子, 伊藤準子, 所沢和代, 村上郁子, 岩田弘, 太田拔徳, 工藤快訓, 武藤信治, 手塚統夫 : 朝食欠食と寮内学生の栄養摂取量, 血清脂質, 学業成績. *栄養学雑誌*, 38, 283-294, 1980.
- 16) King, C. G., Bickerman, H. A., Bouvet, W., Harrer, C. J., Oyler, J. R., and Seitz, C. P. : Aviation nutrition studies 1. Effects of pre-flight and in-flight meals of varying composition with respect to carbohydrate, protein and fat. *J. Aviat. Med.*, 16, 69-84, 1945.
- 17) 厚生省保健医療局 : 昭和61年版, 国民栄養の現状. 第一出版, 1986, pp 45-46.
- 18) Leveille, G. A. and Chakrabarty, K. : Diurnal variations in tissue glycogen and liver weight of meal-fed rats. *J. Nutr.*, 93, 546-554, 1967.
- 19) Lo, S., Russell, J. C., and Taylor, A. W. : Determination of glycogen in small tissue samples. *J. Appl. Physiol.*, 28, 234-236, 1970.
- 20) 前畑英介, 中甫 : 2 - (2 - Thiazolylazo) - p - cresol を用いた遊離脂肪酸の比色定量. *臨床化学*, 1, 447-456, 1972.
- 21) 日本学校健康会 : 健康な生活のための調査報告書. 日本学校健康会, 1985, pp 16-17.
- 22) 大中正治 : 成人女子における空腹時と摂食時の安静代謝の差異について. *栄養と食糧*, 29, 369-376, 1976.
- 23) Philippens, K. M. H., Mayersbach, H. V., and Scheving, L. E. : Effects of the scheduling of meal-feeding at different phases of the circadian system in rats. *J. Nutr.*, 107, 176-193, 1977.
- 24) Pollitt, E., Leibel, R. L., Greenfield, D. : Brief fasting, stress, and cognition in children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 1526-1533, 1981.
- 25) Rosebrough, R. W., Steele, N. C., and Frobish, L. T. : Effect of feeding regimens, energy sources, and exogenous insulin on muscle glycogen of the rat. *Nutr. Rep. Intern.*, 16, 413-418, 1977.
- 26) Schimmel, R. J. and Knobil, E. : Insulin, free fatty acids, and stimulation of hepatic gluconeogenesis during fasting. *Am. J. physiol.*, 218, 1540-1546, 1970.

- 27) 鈴木正成：小動物を用いる栄養実験（細谷，印南，五島編）．第一出版，1980，pp 29-60.
- 28) 鈴木正成，橋場直彦，菅野佳子：ラットの自発ランニング運動の日内リズムにおよぼす摂食様式の影響．筑波大学体育科学系紀要，4，155-169，1981.
- 29) 上代淑人監訳：ハーパー・生化学．原書20版，丸善，1986，pp 288-289.
- 30) Winder, W. W., Boullier, J., and Fell, R. D. : Liver glycogenolysis during exercise without a significant increase in cAMP. *Am. J. Physiol.*, 237, R 147-R 152, 1979.
- 31) 山本章，稲垣正男，谷健二：摂食様式の違いがラットの活動のエネルギー源に及ぼす影響．静岡大学教育学部研究報告（自然科学篇），36，19-29，1985.
- 32) 山本章，谷健二，国崎弘：欠食が運動によるエネルギー源の変化に及ぼす影響．東海保健体育科学，8，35-45，1986.