原 著

絶食時の脂質代謝に関する研究(1)

Effect of Fasting on Lipid Metabolism (1)

国立栄養研究所 (National Institute of Nutrition)

印 南 敏 (Satoshi Innami) 中 村 敦 子 (Atsuko Nakamura)

大 谷 八 峯 (Yatsuho Ohtani) 手 塚 朋 通 (Tomomichi Tezuka)

帝京短期大学 (Teikyo Women College)

永 山 ス ミ 子 (Sumiko Nagayama)

In this experiment, the effect of fasting period on the lipid metabolism was compared with the rats fed ad libitum (group A) and the rats fed on a limited diet (group B).

In the restricted group, food intake was reduced gradually from 15 g of first day to 6.5 g immediately prior to sacrifice. After 15 days of feeding 6 rats of each subgroup were sacrificed by decapitation. Before decapitation animals were fasted for 1, 4, 10, 16, and 24 hours (Subgroup A₁~A₂₄ for ad libitum and B₁~B₂₄ for restricted).

5:00 A. M. was selected as the starting time of fasting for group A.

5:00 P. M. was the starting time of fasting for group B.

In group A, as fasting time passed, liver weight decreased and the total lipid and fatty acid contents per gram liver increased. Almost no change was seen in liver fatty acid composition up to 16 hrs. of fasting. But in 24 hours of fasting, the proportion in C₁₈, and C₂₀₋₄ to total fatty acid decreased, and the proportion in C₁₈₋₂ increased.

In serum of rats fed ad libitum, the proportion in C₁₆, C₁₆₋₁ and C₂₀₋₄ increased, and the proportion in C₁₈₋₂ decreased as the fasting proceeded.

In group B, no difference was seen in liver weight, liver total lipid and total fatty acid as the fasting proceeded.

Fatty acid composition of the liver also did not alter with fasting time. On the other hand, there was no change in serum total fatty acid content up to 16 hours of fasting but decreased thereafter.

As described above, there was an essential difference of fatty acid metabolism during fasting between ad libitum feeding and restricted feeding.

Therefore, fasting period before decapitation should be strictly considered especially in lipid experiment.

生体内の脂質代謝と他の栄養素との関係特にビタミンとの関係を研究するにあたっては、栄養素欠乏にともなうエネルギー源供給不足による影響を除くために対照群の飼料摂取を制限して試験群のそれに合わせるようなことが行なわれる。この方法としては pair-feeding, pair-weighting, trained-feeding などがある。制限食をうける動物では1日の多くの時間絶食の状態にあるが、自由食動物ではこのようなことはない。

一方、一般的に動物実験においては屠殺前に絶食することが行なわれる。給餌法が異なれば絶食中の脂質代謝に相違を生ずるであろうことは容易に想像される。事実、Dickerson ら¹⁾は meal feeding が肝における脂

肪合成を促進させることを最初に見出して以来, Tepperman ら²⁾, Cohn ら³⁾, Stevenson ら⁴⁾, Leveille ら⁵⁾により meal-fed rat の脂質代謝は自由食動物とかなり異なっていることが明らかにされてきた。

自由食動物ではある絶食時間内に肝脂肪の蓄積することが多くの研究者によって古くから認められているが, 血漿遊離脂肪酸の増加⁶⁾ も知られている。また肝脂質構成脂肪酸では絶食後24時間, 48時間でリノール酸及びアラキドン酸の割合が増加するという⁷⁾。しかし, これについては全く相反する結果を出している者もある⁸⁾。Hollenberg ら⁹⁾は stock diet で自由飼育したネズミの貯蔵脂肪の中性脂肪画分の脂肪酸組成について研究し, 絶食後72時間, 120時間においてパルミチン酸, パルミトオレイン酸の濃度低下とステアリン酸, オレイン酸, リノール酸の濃度上昇が認められたと報告している。

測定された組織脂肪酸組成はある飼育条件下で飼われた動物における脂肪酸の生合成及び分解の結果として示されるわけであるが, 制限食をうける動物の組織脂肪酸組成が絶食中にどのように変動するかについての報告はほとんどみられない。

そこで, 今回は標準飼料で制限飼育(徐々に減食)した動物の絶食中における組織脂肪酸組成の変動を対照の自由食飼育の動物のそれと比較研究した。この研究は生体内の脂肪酸代謝に及ぼす栄養素の影響を研究するのに必要な基礎的知識のみならず制限食(減食)をうける動物の絶食中における脂質代謝についてもある情報を提供することになる。

実 験 方 法

体重 60~80 g の Wistar 系の雄シロネズミを用い, 第 1 表に示すような標準飼料で15日間自由摂取で飼育したのち 2 群に分け, 1 群は自由摂取をつづけ(A), 他群はビタミンB₆欠乏にともなう動物の飼料摂取の減少にはほぼ見合って標準食群の飼料摂取を減少させた制限食群(B)をつくった。飼料の減少の方法は第 2 表に示すようなスケジュールで行ない, 毎日午後 4 時~5 時に給餌し, 15日間飼育した。なお, 用いた大豆油(市販天ぷら油, 豊年製油株式会社製)の脂肪酸組成はミリスチン酸0.1%, パルミチン酸10.5%, ステアリン酸2.7%, オレイン酸18.6%, リノール酸57.5%, リノレン酸10.6%であった。絶食開始時間は自由食群では予備実験ですべてのネズミが, 午後 5 時から午前 5 時までに 1 日の飼料摂取の約75%を摂取することを認めたことから, 午前 5 時に餌を抜きとることにし, 制限食群では餌を食べ終わった時間とした。絶食 1 時間, 4 時間, 10 時間, 16 時間, 24 時間目に各 6 匹宛を断頭屠殺し, 血清及び肝臓を採取し, 脂肪酸量及びその組成を測定した。肝臓 1 g を秤量後クロロホルム・メタノール (2:1) (以下 CM) により, 血清 0.2 ml をとり Bloor 法によりそれぞれ脂質を抽出した。肝総脂質量は CM 抽出物を重量法により測定した。抽出脂質は硫酸メタノール法でメチル化したのち, 総脂肪酸量はヒドロキサム酸法¹⁰⁾により, その組成はガスクロマトグラフィー (GLC) により測定した。個々の脂肪酸の同定にあたっては純品の得られるものは純品により, 純品の得られないものは H. H. Hofstetter ら¹¹⁾による equivalent chain length value により決定した。なお, 個々の脂肪酸量は総脂肪酸量と個々の脂肪酸組成から計算により算出した。GLC は固定液相として DEGS を 60~80 メッシュの Celite に 16% になるように混合したものをを用い, カラム

Table 1 Diet composition

Ingredient	g/100 g diet
α -Starch	63.00
Casein	20.00
Soy bean oil ¹⁾	10.00
Mineral mixture	4.00
Vitamin mixture ²⁾	0.85
Choline-HCl	0.15
Cellulose powder	2.00

1) It contains V. A 300 I. U., V. D 30 I. U., V. E 10mg

2) A. E. Harper: *J. Nutr.*, **68**, 408 (1958)

Table 2 Food intake in the restricted group

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Diet(g)	15	14	13	12	11	10.5	10	9.5	9.0	8.5	8	7.5	7	6.5	6.5

温度 218°C, キャリアーガス (N₂) 流量 40ml/min, 水素ガス流量 40ml/minで

ある。使用したカラムは内口径 3 mm, 長さ 2600mm のステンレス製であり, 機種は大倉理化学器械 (株) の水素炎イオン化検出器を用いた。

実 験 結 果

1 肝臓脂質の変動

1) 肝重量及び肝総脂質量 第 3 表にみられる如く, 24時間という絶食条件において, 絶食時間の長くなる

Fig. 1 Fatty acid composition in total liver lipids (Group A)

Fig. 2 Fatty acid composition in total liver lipids (Group B)

に従って, 自由食群 A の肝重量は減少したが, 肝 1 g 中の総脂質及び脂肪酸量は増加したので全肝臓の脂質量にはほとんど変動がなかった。一方制限食(B)においては肝重量の変動はわずかで, 肝 1 g 当りの総脂質量及び総脂肪酸量もほとんど変動がみられず, 従って全肝臓中の脂質, 脂肪酸量も変らなかった。

2) 肝臓総脂肪酸組成 第 1 ~ 2 図から明らか
な如く, 自由食群においてはステアリン酸とアラ
キドン酸の絶食24時間目における減少とリノール
酸の24時間目における著しい増加が認められた。
パルミチン酸, パルミトオレイン酸, オレイン酸
においてはほとんど変動が認められなかった。一
方, 制限食においては絶食時間内ではほとんど変
動が認められなかった。

3) 肝臓各脂肪酸量 肝臓単位重量当りの各脂
肪酸量の変動は第 4 ~ 5 表に示す如くで, 自由食
群においてはどの脂肪酸も絶食時間の進むにつれ
て段階的にレベルの増加がみられた。これは第 3
表からわかる如く, 肝臓総脂質量の増加にともな

Table 3 Lipid contents of liver and serum

Fasting period (hrs.)	Group A				Group B			
	Liver		Serum		Liver		Serum	
	Weight (g)	Total lipid (mg/g)	Total fatty acid (μ M/g)	Total fatty acid (μ M/dl)	Weight (g)	Total lipid (mg/g)	Total fatty acid (μ M/g)	Total fatty acid (μ M/dl)
1	10.00 $\pm$ 1.58	64 $\pm$ 5	110 $\pm$ 10	760 $\pm$ 87	5.14 $\pm$ 0.43	80 $\pm$ 11	153 $\pm$ 28	594 $\pm$ 105
4	9.01 $\pm$ 1.13	74 $\pm$ 7	138 $\pm$ 19	751 $\pm$ 109	5.55 $\pm$ 0.20	77 $\pm$ 5	144 $\pm$ 10	626 $\pm$ 67
10	7.87 $\pm$ 0.84	92 $\pm$ 6	168 $\pm$ 18	713 $\pm$ 113	6.07 $\pm$ 0.50	75 $\pm$ 12	132 $\pm$ 34	643 $\pm$ 60
16	7.00 $\pm$ 0.75	88 $\pm$ 8	175 $\pm$ 24	635 $\pm$ 173	5.49 $\pm$ 0.71	80 $\pm$ 5	148 $\pm$ 17	579 $\pm$ 28
24	6.50 $\pm$ 0.55	116 $\pm$ 8	268 $\pm$ 28	575 $\pm$ 50	4.66 $\pm$ 0.42	76 $\pm$ 11	153 $\pm$ 23	486 $\pm$ 37

Table 4 Changes in liver fatty acid concentration during fasting in the rats fed ad libitum (Group A)

Fasting time (hrs.)	Liver fatty acid (μM/g wet tissue)					
	C ₁₆	C ₁₆₋₁	C ₁₈	C ₁₈₋₁	C ₁₈₋₂	C ₂₀₋₄
1	23.2±4.1	2.2±0.9	14.7±1.9	15.6±4.1	27.6±6.3	16.2±2.4
4	30.8±5.7	3.5±1.0	16.9±1.4	22.0±6.4	34.6±9.4	19.0±1.5
10	36.6±5.6	4.0±0.8	19.5±0.7	24.7±5.5	45.0±8.2	22.2±1.5
16	37.9±6.5	3.7±0.9	21.9±2.0	25.4±5.4	45.5±10.9	24.9±9.5
24	54.6±10.6	7.5±3.2	23.5±1.8	47.8±7.9	87.9±9.5	29.7±2.5

1) 血清総脂肪酸量 第3表にみられる如く自由食群においては血清総脂肪酸量は絶食時間の進むにつれて

Table 5 Changes in liver fatty acid concentration during fasting in the rats fed with restriction (Group B)

Fasting time (hrs.)	Liver fatty acid (μM/g wet tissue)					
	C ₁₆	C ₁₆₋₁	C ₁₈	C ₁₈₋₁	C ₁₈₋₂	C ₂₀₋₄
1	16.3±2.4	1.1±0.4	11.2±0.3	11.5±3.0	20.9±6.0	11.5±1.0
4	16.9±1.2	1.2±0.4	9.2±0.7	11.5±1.0	20.9±1.5	9.7±0.6
10	15.3±2.5	1.1±0.3	9.8±0.7	11.1±3.1	20.7±5.8	9.7±0.8
16	18.5±1.3	1.5±0.3	9.6±0.8	12.5±2.3	21.6±2.4	10.7±1.1
24	16.9±2.3	1.3±0.8	10.2±1.1	11.4±3.6	18.8±4.7	10.9±1.1

うものである。一方制限食においては各脂肪酸レベルの変動がみられず、自由食群の各脂肪酸量の動きに比して安定していた。

2 血清脂肪酸の変動

漸減の傾向を示したが、制限食群においては絶食後16時間目まではほとんど変化ないが、24時間目になると減少の傾向を示した。

2) 血清総脂肪酸組成 絶食中における血

Fig. 3 Fatty acid composition in total serum lipid (Group A)

Fig. 4 Fatty acid composition in total serum lipid (Group B)

清総脂肪酸組成の変動は第3図及び第4図に示す如くで、自由食群においてはパルミトオレイン酸及びアラキドン酸の増加とリノール酸の減少がみられたが、その他はパルミチン酸の24時間目における増加を除いてほとんど変動が認められなかった。一方制限食においてはパルミトオレイン酸の16時間及び24時間目における増加ならびにアラキドン酸の24時間目における増加が認められた。リノール酸の割合は絶食16時間、24時間目において著しく減少した。その他の脂肪酸組成には変動が認められなかった。なお、自由食群、制限食群ともにリノール酸の減少とアラキドン酸の増加が逆の関係を示し、一般的にみれば自由食群と制限食群における総脂肪酸組成の変動のパターンは似ているといえる。

3) 血清各脂肪酸量 血清の各脂肪酸量についてみると、第6～7表から明らかな如く、自由食及び制限食の両群とも24時間の絶食時間中にリノール酸量の変動がもっとも著しかった。リノール酸

量の減少は自由食群においては絶食4時間目から始まりそれ以後は徐々に減少を示し、24時間後には絶食1時

間後の値の1/2以下に下がった。パルミトオレイン酸は約2倍に増加した。このほか自由食群において C_{18} , C_{18-1}

Table 6 Changes in serum fatty acid concentration during fasting in the rats fed ad libitum

Fasting time (hrs.)	Serum fatty acid ($\mu\text{M/dl}$)						
	C_{16}	C_{16-1}	C_{18}	C_{18-1}	C_{18-2}	C_{20-4}	C_{22-6}
1	129.3 $\pm$ 14.0	11.7 $\pm$ 2.4	66.8 $\pm$ 5.7	90.3 $\pm$ 20.3	239.8 $\pm$ 34.2	107.5 $\pm$ 16.2	51.9 $\pm$ 15.6
4	125.2 $\pm$ 13.6	19.8 $\pm$ 6.3	69.9 $\pm$ 10.9	84.1 $\pm$ 10.1	188.8 $\pm$ 21.1	124.3 $\pm$ 21.6	68.4 $\pm$ 26.1
10	140.2 $\pm$ 30.1	18.5 $\pm$ 4.8	63.0 $\pm$ 13.5	76.7 $\pm$ 8.2	150.2 $\pm$ 31.5	139.9 $\pm$ 26.0	59.2 $\pm$ 14.6
16	114.3 $\pm$ 19.5	20.7 $\pm$ 4.3	57.6 $\pm$ 17.0	69.9 $\pm$ 12.3	110.4 $\pm$ 25.2	137.3 $\pm$ 43.7	69.7 $\pm$ 46.1
24	127.2 $\pm$ 11.8	21.6 $\pm$ 3.4	49.1 $\pm$ 6.6	72.1 $\pm$ 11.5	112.6 $\pm$ 12.8	111.1 $\pm$ 12.6	40.7 $\pm$ 21.5

Table 7 Changes in serum fatty acid concentration during fasting in the rats fed with restriction

Fasting time (hrs.)	Serum fatty acid ($\mu\text{M/dl}$)						
	C_{16}	C_{16-1}	C_{18}	C_{18-1}	C_{18-2}	C_{20-4}	C_{22-6}
1	115.3 $\pm$ 31.3	9.6 $\pm$ 5.5	53.0 $\pm$ 13.1	68.9 $\pm$ 27.3	174.9 $\pm$ 33.5	90.3 $\pm$ 2.6	33.1 $\pm$ 22.8
4	122.7 $\pm$ 15.6	12.3 $\pm$ 2.5	54.3 $\pm$ 2.9	80.8 $\pm$ 14.5	185.0 $\pm$ 17.6	77.0 $\pm$ 7.0	43.7 $\pm$ 20.7
10	155.5 $\pm$ 13.3	14.6 $\pm$ 2.3	62.6 $\pm$ 9.8	85.8 $\pm$ 10.1	179.7 $\pm$ 26.6	97.2 $\pm$ 8.6	31.6 $\pm$ 12.3
16	120.3 $\pm$ 10.2	17.5 $\pm$ 3.1	52.9 $\pm$ 3.5	79.8 $\pm$ 4.6	136.4 $\pm$ 13.9	96.9 $\pm$ 9.4	28.2 $\pm$ 20.1
24	98.4 $\pm$ 12.7	15.8 $\pm$ 4.1	49.6 $\pm$ 1.2	60.3 $\pm$ 7.5	89.6 $\pm$ 5.6	98.9 $\pm$ 8.1	34.2 $\pm$ 15.7

などが漸減の傾向をみせた。一方制限食群においてはリノール酸が絶食16時間後から減少を始め、24時間目にいたっては絶食1時間後の値の1/2となった。

考 察

絶食時にはある時期に肝臓や血清中の脂質濃度が増加することは既に知られているが、本実験における24時間絶食という条件下では自由食群の肝臓脂質にのみ増加が認められ、血清ではむしろ減少の傾向を示した。一方制限食の場合、同じ条件下で肝臓脂質にはほとんど変化が認められなかったが、血清において24時間目にやや減少の傾向がみられた。

従来、絶食動物の肝脂質の変化について報告した例は数多くあるが、脂肪酸組成の変動については2, 3の報告をみるだけである。

Feigenbaum ら¹²⁾ は自由食飼育したにわとりを5日間、雌ネズミを3日間絶食させ、脂肪酸組成の変動をみているが、にわとり、雌ネズミとも肝脂質の蓄積を起こさないが、Tetraene と hexaene の高級不飽和酸の濃度が高まるという。馬嶋ら¹³⁾ は雄ネズミを自由食にて3週間飼育後、2日間絶食させ血清及び肝臓の脂肪酸組成を測定し、血清トリグリセライドではパルミチン酸とリノール酸が増加し、肝トリグリセライドではリノール酸の増加がみられ、他は余り変動しなかったと報告している。Williams ら⁷⁾ は雄ネズミ(180g)を純合成食にて1週間自由飼育後24, 48時間絶食させて肝脂肪酸組成及び量を測定したところ、リノール酸とアラキドン酸の割合の増加とオレイン酸の割合の減少を認めたが、肝1g当りのリノール酸とアラキドン酸濃度には変化がなかったとのべている。一方、Allmannら⁸⁾ は固型飼料を用い自由飼育し、絶食後48時間では肝のリノール酸とアラキドン酸の割合も濃度も減少を示すと反対の結果を報告している。われわれの実験結果によれば、自由食群において肝臓脂肪酸のうちリノール酸の割合が24時間絶食により増加、ステアリン酸とアラキドン酸

割合が減少を示した。しかし肝 g 当りの脂肪酸量は絶食時間 (24 時間まで) の進むにつれて何れも増加するという結果を得た。肝全体の絶対量には変化がないので脂肪酸が濃縮された状態になったといえる。

一方、制限食においては総脂肪酸組成及び量とも変動がみられなかった。これは一日の多くの時間絶食状態にあるような日をつづけたために、絶食に対する adaptability が備わり、恒常性が維持されていると解釈されるが、緒言でのべた Leveille らその他の研究者の *in vitro*, *in vivo* の成績からわかるように、meal-fed rat では組織における脂肪合成が促進されるということとどのように関係づけて解釈すべきかなお多くの問題を残している。

自由食群と制限食群を絶食した場合、血清の総脂肪酸組成が両群においてほとんど似たような変動のパターンを示したことは理由は明らかでないが興味ある現象である。

われわれのこの実験の後に、堀ら¹⁴⁾は固型飼料で飼育した成熟ラットを絶食後、血漿及び肝臓の各脂質画分の脂肪酸組成の変化を調べたところ、絶食 12 時間以内に変動が現われ、24, 72 時間では変動は小さかったとのべ、さらに血漿、肝臓脂質の脂肪酸組成は絶食により影響をうけるので摂食、絶食時間の条件はできるだけ厳密にする必要があるとのべているが、絶食開始時間の記載のないことは残念である。

以上のべたように、自由食動物の絶食による組織脂肪酸の変動については未だ一致した成績が得られているわけではないが、このような不一致の原因は strain による差とか飼料組成の問題、さらには絶食開始時間をどのようにしたかによって大きく異なると思われる。絶食開始時間は動物の食習慣をも考慮して決めるべきで単なる overnight fasting はネズミの場合、実際にどの位 fasting しているか不明瞭である。また絶食時間の設定にあたっては絶食そのものの脂質代謝への影響の現われる前を選ぶべきで、自由食飼育の場合は一層絶食時間を厳密にする必要がある。肝臓総脂質、総脂肪酸量あるいは個々の脂肪酸量の変動からみた場合、適当な絶食時間は少なくとも絶食後 16 時間より以前ということになるであろう。制限食の場合の時間的制限は比較的緩やかであるように思われる。

一方 Patel ら¹⁵⁾は制限食をすることによって動物は代謝変動を起こすので、栄養研究において対照動物として pair-fed, pair-weigh とか trained-fed の無批判な使用は結論を誤らすことになるだろうとのべているが、肝脂質量あるいは脂肪酸量の変動からみた場合、自由食動物を絶食することこそ、ある時間を超えた場合それは大きなストレスであり、その動物に著しい代謝変動を起こさせることになり、食餌成分の影響をみようとする場合その影響は絶食によってマスクされてしまうことになるだろう。24 時間絶食の肝脂質に関する限り、制限食群では絶食時間中において総脂肪酸組成及び量に変動はみられず、“Adaptation” の生じていること、そしてその範囲内で代謝回転の行なわれていることを示している。

このような意味で、制限食に訓練した動物の方が少なくとも短時間絶食中安定した代謝状態を示すように思われるので栄養研究に好ましいとも考えられるが、これについては個々の脂質画分の脂肪酸組成がどのように変化するかをみた上で考慮されるべきであろう。

要 約

脂肪酸代謝が絶食時間によっていかに変動するかを知りたいと考え、自由食飼育と制限食飼育動物について比較研究を行なった。

1) 自由食群においては絶食時間が進むにつれて肝重量の減少がみられ、それにともない総脂質及び総脂肪酸は濃縮され、絶食 24 時間には約 2 倍になった。肝臓の総脂肪酸組成は絶食 16 時間目まではほとんど変動なく、

24時間目にいたって、ステアリン酸とアラキドン酸の割合の減少とリノール酸の割合の増加がみとめられた。血清総脂肪酸組成はパルミチン酸、パルミトオレイン酸、アラキドン酸の割合が時間と共に増加する傾向、リノール酸の割合が減少する傾向を示した。リノール酸とアラキドン酸の割合の変動がちょうど逆になっているのはリノール酸からアラキドン酸への転換の時間的変動を示すものといえる。

2) 制限食群においては肝臓重量、脂肪含量、総脂肪酸量何れも絶食による影響はほとんど認められなかった。一方、血清では総脂肪酸量の絶食時間による変動はなかったが、リノール酸の割合が絶食時間と共に減少し、アラキドン酸のそれが逆に増加する傾向を示した。

3) 自由食飼育の脂質代謝研究に際し、屠殺前の絶食を行なうにあたっては絶食そのものの脂質代謝への影響を考慮し、絶食時間を厳密にする必要がある。同時に動物の食習慣を無視した overnight fasting には疑問がもたれる。

文 献

- 1) Dickerson, V. C., Tepperman, J. and Long, C. N. H.: *Yale J. Biol. Med.*, **15**, 875 (1943)
- 2) Tepperman, J. and Tepperman, H. M.: *Am. J. Physiol.*, **193**, 55 (1958)
- 3) Cohn, C., Joseph, D., Bell, L. and Allweiss, M. D.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **131**, 507 (1965)
- 4) Stevenson, J. A. F., Feleki, V., Szlavko, A. and Beaton, J. R.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **116**, 178 (1964)
- 5) Leveille, G. A.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **125**, 85 (1967)
- 6) Goodman, H. M. and Knobil, E.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **102**, 493 (1959)
- 7) Williams, M. A., Tamai, K. T. and McIntosh, D. J.: *Biochim. Biophys. Acta*, **137**, 187 (1967)
- 8) Allmann, D. W., Hubbard, D. D. and Gibson, D. M.: *J. Lip. Res.*, **6**, 63 (1965)
- 9) Hollenberg, C. H. and Douglas, D. E.: *Nature*, **193**, 1074 (1962)
- 10) Rapport, M. M. and Alonzo, M.: *J. Biol. Chem.*, **217**, 193 (1955)
- 11) Hofstetter, H. H., Sen, N. and Holman, R. T.: *J. Am. Oil Chemist's Society*, **42**, 537 (1965)
- 12) Feigenbaum, A. S. and Fischer, H.: *Brit. J. Nutr.*, **17**, 31 (1963)
- 13) 馬嶋世正, 蔵田智恵子: 栄養と食糧, **18**, 374 (1966)
- 14) 堀 康二, 菅野道広, 和田正太: 日本農芸化学会, 昭和45年度大会講演要旨集 P. 190
- 15) Patel, M. S. and Mistry, S. P.: *J. Nutr.*, **98**, 235 (1969)

(受付: 昭和46年10月25日)