脂肪食の労働効率に及ぼす影響 Effect of Fat Diet on the Efficiency of Work

第2報 植物油を用いた場合 Report II When the Vegetable Oil was Used

国立栄養研究所栄養生理部 (Division of Physiology, the National Institute of Nutrition)

長嶺 晋吉 (S. Nagamine)

久我 達郎 (T. Kuga)

河田 正治 (S. Kawada)

山川喜久江 (K. Yamakawa)

大島壽美子 (S. Oshima)

鈴木慎次郎 (S. Suzuki)

In this experiment the vegetable oil (soybean oil) was used as source of fat component of the experimental high-fat diet in place of the butter fat used in the previous experiment (Report I, Jap. J. Nut., 12, 62, 1955). The fat content in high-fat diet was 34 per cent of the ingested total calories as shown in table I. The experimental periods were divided into following three periods: at first high-carbohydrate diet for 3 days, next high-fat diet for 5 days, and at last high-carbohydrate diet for 2 days. During these periods the running of about 7500 meters on the treadmill was performed for 50 minutes after 3 hours of breakfast every day, as shown in table 2. The other experimental methods were the same as in previous experiment.

The results obtained were as follows:

1) In comparison of the work metabolism in high-fat diet period with that in high-carbohydrate diet period, there was no difference in O_2 consumption per the same amount of work, volume of expired air and CO_2 production were less, accordingly respiratory quotient lower in high-fat period, as shown in table 3. These results coincided with the previous experiment. It seems that the high fat diet acts favourably upon the work metabolism, as described in previous report.

2) Amounts of urinary acetone bodies per day were in the range of normal value in the previous experiment using the butter fat of about 30 per cent calories, but in this experiment using the vegetable oil of about the same amount as butter the urinary acetone bodies increased apparently as shown in figure 1 and table 4.

It is concluded from the results that high fat diet has an availability to the work metabolism, however the content of the fat of 30 percent calories in the diet is over the optimum amount for Japanese when the vegetable oil was used.

¹⁾
先に第1報として、バターを用いた場合の高脂肪食（約30%カロリー及び50%カロリー）の労働代謝に及ぼす影響について報告したのであるが、今回はバターに換えるに植物油を以てした高脂肪食の労働代謝に及ぼす影響について検討を試みた。

実験方法 実験方法は前回と殆んど同様で、被検者は前回と同一人の健康な青年男子であった。被検者はやはり実験期間中実験室に起居せしめて一定の生活条件下におかれた。実験期間は10日間で、最初の2日間は高糖質食、次で5日間は高脂肪食、後2日間は再び高糖質食として、この期間毎日一定の労働が朝食後3時間目に50分間負荷された。実験食は第1表に示すように、前回の実験の場合とその構成に大差なく、高脂肪食において前回用いられたバター 100g の代りに植物油（大豆油、日新製天ぷら油）が80g用いられた。総脂肪としての摂取量は 100g で、その比率は摂取熱量に対し 前回の第1回実験とほぼ同様に 34% であった。1日摂取熱量は負荷労働のための消費熱量 400Cal が加えられて 2652Cal とされた。動蛋は前回同様に分析既知の牛罐の肉質部が用いられた。ビタミン類は必要量が摂取され特にビタミンAがβカロチンとして約 4000 I.U., B₁が0.5mg 経口的に与えられた。

Table 1. Experimental Diets

Diets	Cals./day	Grams per day			Distribution of calories (%)		
		Fat	Carbohyd.	Prot.**	Fat	Carbohyd.	Prot.
High-carbohydrate	2652	20.5	533.0	83.8	7.0	80.4	12.6
High-fat*	2652	100.5	353.0	83.8	34.1	53.3	12.6

* contains 80 grams of soybean oils.

** contains about 44 % animal proteins.

Table 2. Amounts of Work Performed with a Treadmill

	High-Carbohydrate diet period	High-fat diet period
Revolution per minute	114	115
Running distance (meters) per minute	150	152
Total running distance per 50 minutes (meters)	7500	7600
Paces per minute	164	164
Relative metabolic rate	7.6	7.7

労作としては今回はトレッドミルが用いられ、作業量としては第2表に示す如く、消費熱量にして約 400 Cal, R.M.R. として約8.0であった。しかし両食期の間に表でみられるように、若干の差異が生じ、脂

肪食期において平均約1%高い労働量となった（50分間に100mの歩行距離差）。本実験に入る前、本労作に習熟させるために約1週間の予備期間がおかれ、その間毎日練習が課せられた。

測定は朝食前まず基礎代謝が測定され、朝食後3時間目に労働が負荷される直前に安静時代謝が測られ、次で労働代謝が労働時間（50分）中は3分おきに、回復期（30分）には5分おきに継続してダグラスバック法により測定された。なお、脂肪代謝の状態を窺う意味において、尿中アセトン体について、小出氏の²⁾Greenberg法の改良法により測定がなされた。同材料中数サンプルについて比較検討の意味で Behre の比色法でも測定を行ってみた。

成績

1. 労働代謝 毎日50分間課した労働代謝について、脂肪食期と糖質食期とを両期間の平均値を以て比

較すると第3表の如くである。先ず労働より回復期までの採気時間 80 分間の全代謝についてみるに、呼吸量は脂肪食期において糖質食期に比し約 2% 低い、 O_2 消費量は脂肪食期において逆に約 3% 高く、 CO_2 産生量は両食期間に大差ない値を示し、R. Q. は脂肪食期において低い (0.96 対 0.93)。安静時代謝量を除いた労働のための超過代謝量についてみても、第3表下段の如く上記と同様な傾向がみられる。しかしながら、これらの結果は両食期間における負荷労働量の、僅かではあるが、差を含むものであるから、この

Table 3. Working Metabolism

		High-carbohydrate period (A)	High-fat period (B)	B/A(%)
Hours of measurement	Working hours (min)	50	50	
	Hours of expired air collection (min)	80	80	
Total metabolism	Volume of expired air (l)	2150.2	2107.6	93
	O_2 consumption (l)	89.45	91.89	103
	CO_2 production (l)	86.00	85.59	99
	R. Q.	0.96	0.93	
Excess metabolism, above resting	O_2 consumption (l)	71.45	72.21	101
	CO_2 production (l)	69.60	68.71	99
	R. Q.	0.93	0.95	
	O_2 consumed per running distance 100 meters (c.c.)	953	950	100
	CO_2 produced per running distance 100 meters (c.c.)	930	905	97

差をなくす意味において負荷歩行距離 100m 当りで代謝量を示すと、同表にみる如く、 O_2 消費量に大差なく、 CO_2 産生量に於て約 3% 脂肪食期が低い結果となる。即ち脂肪食期においては糖質食期に比し呼吸量少く、 O_2 消費量は大差なく、 CO_2 産生量少く、従って R. Q. の低い傾向を有することがみられる。そして、主観的に疲労感は両食期間に格別の差異を示さなかった。この傾向は前回のバター脂肪食実験の結果と全く同様である。この結果は前回でも述べたように、高脂肪食は従来いわれている食物容量としての負担軽減及び

び発育に影響する問題以外に労働代謝においてもガス交換の上に負担も軽くする有利性があることを思わせる。

2. 尿中及び血中アセトン体

実験期間に亘って 1 日尿についてアセトン体を定量としたところ、第1図の如く、脂肪食に入る前の糖質食期には平均約 9mg/day であったが脂肪食期に入ると漸増し、3 日後には著しく増加を示し、平均 22.0 mg/day となり、後再び糖質食に入ると漸減の傾向を示した (平均 19.6mg/day)。このように大豆油を使

Fig. 1. Acetone Bodys in Urine per Day

用した 34% Cal の脂肪食においてはアセトン体の増量が認められたのであるが、前回のバターを用いた32% Cal の脂肪食の場合にはアセトン体の尿中排泄に変化は認められなかった。そこで植物油について更にアセトン体の生成を検討するために被検者3名（男子2名、女子1名）についてさらだ油（Corn oil）を用いて本実験と同一食事構成で3日間追加実験を行ってみた。その結果は第4表の如く、尿中排泄量は3人共に

Table 4. Examination of the Acetone Bodys in Urine and Blood During the High-fat Diet

			Subjects		
			K (♂)	N (♂)	O (♀)
Urine	1st day		23.0 mg/day	26.6 mg/day	82.2 mg/day
	2nd day		27.2	25.8	38.2
	3rd day		27.8	20.1	24.0
Blood	At fasting before the breakfast	1st day	2.37 mg%	2.79 mg%	2.29 mg%
		2nd day	1.03	0.77	1.29
		3rd day	1.43	1.11	0.86
	At 3 hours after the meals.	1st day	0.84 mg%	0.70 mg%	0.95 mg%
		2nd day	1.14	0.88	0.81
		3rd day	1.07	0.60	0.60

通常値より高い値を示している。Kは本実験と同一被検者で本実験と大体同様の排泄量である。Oの女子においては第1日目に82.2mgと著しい増量を来して2日目、3日目と減少するのがみられる。このOにおける傾向はOの日常脂肪摂取量が他の二人に比して少いためかと考えられる。次に血中のアセトン体についてみるに、朝食前空腹時においては脂肪摂取開始日翌朝に3人とも高い値を示し、その後は減少の傾向を示している。食後（朝食及び昼食後）3時間目の平均血中値は通常の生理値の範囲を特に越えた値ではない。この食後の値は、糖質が補給されたためであり、朝食前空腹時に比較的高い値を示すのは糖質の相対的減少によるものであろう。以上の如く植物油はその34%カロリーの含有食事においてアセトン体の増量を来すことが追試でも確められたのであるが、食後数時間の血中濃度は著明に高いものではなかった。

3. 検討 高脂肪食と労働代謝に関する実験としては、古くは1900年以来³⁾ Heineman⁴⁾ や Zuntz⁵⁾ 等の実験があり、両者の成績（糖質を与えた後と脂肪を与えた後の労働効率の優劣）は相反し、1920年 Krough and Lindhard⁶⁾ は糖質のみを与えた場合が脂肪を与えた場合より11%労働効率がよいことを報告している。しかし Krough 等の実験は単一給与の場合である。わが国においては斎藤一等の実験があり、氏等の報告によると脂肪 97.3g (2009 Cal 中約 44% Kal) の食事を摂取せしめた数日後においては摂取前に比し鉄棒懸垂の回数が減少したとあり、また高木は犬についての実験で、食餌中脂肪含有量が増すにつれて走行可能時間及び走行距離が減少したと報告している。これらの成績に反し白井は⁷⁾ バター120~130g用いた脂肪食と普通糖質食における筋労作を比較し、脂肪食に於ては息苦しさやへばり感が軽減したと報告している。著者等の実験は、今回の植物油 34% Cal の場合及び前回のバターを用いた 32%, 50% Cal の何れの場合においても、O₂消費量には大差は認められなかったが、呼吸量が少く、CO₂産生量が少く、主観的にも糖質食期に比し何ら異常感のない結果を示した。呼吸量が少いということは呼吸代謝負担を軽くするものとする

ことが出来、また同一仕事量当りの O_2 消費量に大差なく、 CO_2 産生量少く R. Q. が低ければ、消費熱量としてはむしろ脂肪食期において少い傾向が考えられ（特にバターを用いた場合にこの傾向がみられた）、これらの点から脂肪食は糖質食に比し短時間の労働において労働効率が不利なものとは少くとも考えられない。この著者等の成績と前記斎藤氏等の成績との相異は脂肪含量と労作の負荷時間及び実験期間の差によるものであらうと考えられる。著者等の実験では脂肪食期においても呼吸商は労作時平均0.9のlevelを示しているように、燃焼のための糖質に著しい不足が生じなかったがためであらう。しかし一連のアセトン体の生成から脂肪代謝の状態を窺うに、今回の植物油の場合には明かに尿中アセトン体の増量及び早朝空腹時における血中アセトン体濃度の増加がみられ、前回のバター 100g を用いた32%カロリー 脂肪食時にはアセトン⁹⁾体の増量が認められなかったのとは異なる結果を示した。このバターと植物油との相異については古武氏等も彼の実験で認めたところで、脂肪酸の相異によるものであらう。なお古武氏は脂肪の適量範囲として、バターを他の脂肪で代用する場合にはアセトン体排泄の上から、白鼠を用いた実験においてカロリー比として33% が限界であり、また学童を対象とした実験において1日 50~60g (熱量比として約 20%) が上限界であると報告している。著者等の実験結果からは、バター脂肪食の場合は熱量比として30%程度までは適量と考えられるが、植物油を用いた場合は古武氏の実験結果と同様30%熱量比以下に適量があるものと一応考えられる。しかし Baldwin¹⁰⁾ が、エスキモー人はヨーロッパ人に比し脂肪含量の高い食物に耐え得ると人種的相異のあることを述べているように、アセトン体の生成には環境及び慣れの影響が大であるので、この考えも考慮に入れなければならない。

結論 前回のバターを主として用いた脂肪食の場合の実験に次で、今回植物油（大豆油）を主とした脂肪含量約 100g (熱量比として34%) の脂肪食を与えた場合の労働代謝に及ぼす影響について実験を行い、次のような結果を得た。

1. トレッド・ミルを用いた約 150m/分, R. M. R. 8.0, 労作時間 50 分の労作において、脂肪食期と糖質食期との間には同一労作量当り O_2 消費量に大差は認められなかったが、呼吸量、 CO_2 産生量において脂肪食期が糖質食期に比し少く、従って脂肪食期に R. Q. の低い特徴を示し、また両食期間に主観的疲労感の差異は認められなかった。この結果は前回の実験成績と同様で、植物油を用いた約30%熱量比の脂肪食の場合も短時間の労働負荷においては糖質食に比し労働効率の上には何ら不利な点はなく、むしろ呼吸代謝にとって負担を軽くするように作用するものであることを思わせる。

2. しかし、アセトン体の生成についてみると、本実験においては、バター脂肪食30%カロリーの場合と異なり、尿中アセトン体の増量及び朝食前空腹時における血中アセトン体の増加が認められた。このことから考慮すると、植物油を用いた場合の日本人における脂肪の適量は熱量比30%以下にあることが一応考えられる。しかしこの点についてはなお慣れによる生理的適応性が考慮されなければならないことは勿論である。

文 献

- 1) 鈴木, 長嶺, 河田, 久我, 山川, 大島: 栄養学雑誌, 12, 62, 1955
- 2) 小出, 向山, 守田: 生化学, 25, 306, 1953
- 3) Heineman, H. N.: Pfluger's Arch. gesam. Physiol., 83, 476, 1900
- 4) Zuntz, N.: Pfluger's Arch. gesam. Physiol., 83, 557, 1901
- 5) Krough, A., and Lindhard, J.: Biochem. J., 14, 290, 1920

- 6) 斎藤一, 鈴木正: 栄養食糧学会誌, 1, 29, 1947
- 7) 高木: 労働と栄養, 1953
- 8) 白井: 国民栄養の基準に関する研究, 1954, 21頁
- 9) 古武, 須川, 武田, 川口: 栄養と食糧, 8, 149, 1955
- 10) E. Baldwin: 動的生化学, 江上外5名共訳, 405頁, 岩波書店, 1954

抄

録

Mg 要求量と温度及び Ca について

D. M. Hegsted et. al;

J. Nut., 58, 2 (1956)

乳離れした雄ネズミ286匹についてMgを飼料 100 g 中 3~100mg の間で与え, Ca 含量を 200, 600, 1800mgとし周囲の温度を 13°C, 25.7°C, に調節して生長試験を行った。この実験によるとMg含量が3 mg以下ではCa含量が低い程よく, Mg量が6~12mgに於いては Ca 量の高低による差は認められなかった。このことは高Ca 食飼は Mg 量が境界点或はそれ以下にあった時は有害作用のあることをうらづけている。なおMgの環境温度による実験では低温度

(13°C)においては体重増加率の最大値が低く, 例えば25.7°C で25mg の場合を, 13°C で50mg と比較した場合には最大増加のための要求量の差は約2倍であった。又等しい体重増加を得るには食餌瓦当りの所要 Mg 量は13°C の場合には25.7°C の場合の約4倍程高かった。

又著者等はMg の代謝を調べる目的でMgの平衡試験も行っており, 其結果は, Mgの平衡は摂取量に関係し, 平衡維持のために要求されるMg量は寒い部屋の場合幾分大きい事が示されている。

(早川 徳子)