

## 炭水化物, 蛋白質, 脂質の各成分の過剰食摂取による血液レオロジーの変化

西堀すき江, 川合三恵子

### Effect of the Over Intake of Foods on the Fluidity of Whole Blood through Capillaries

Sukie NISHIBORI and Mieko KAWAI

The in vivo effect of the intake of an unbalanced diet on blood fluidity was investigated by measuring the passage time of whole blood using the MC-FAN (Micro-Channel Array Flow Analyzer) system.

Twenty-two healthy female volunteers ingested an unbalanced diet, that is, overeating one of carbohydrates, proteins and lipids in the diet for 7 days. Each group was composed of 7-8 members.

According to the Recommended Dietary Allowances for the Japanese by Ministry of Health and Welfare, the recommended energy is 1,800 kcal for females of 18-29 years old (levels of physical activity II). Also, the recommended fat energy ratio is 20-25% for 18-70 years old. The recommended protein and carbohydrate energy ratios are 13-15% and 60-65%, respectively. In this study, the carbohydrate overeating group ingested 1.5 times the recommended carbohydrate of 270g, that is, 405g. In the case of the fat or protein overeating groups, they ingested 1.5 times the recommended 50g and 68g, that is, 75 g and 102g, respectively.

The blood flow rate of carbohydrate overeating group was the slowest on the fourth day than compared to the first day. However, the blood fluidity of the lipid overeating group on the fourth day became faster than that on the first and the seventh day. The blood fluidity of the protein overeating group on the fourth day was almost the same as on the first day. All of the overeating results indicated a tendency to draw the wrong conclusions about the blood flow rate on the seventh day.

## 1. はじめに

近年、日本では国民の生活水準の向上や医学の進歩などにより感染症などの疾患が減少し、悪性新生物（ガン）、心疾患、脳血管疾患などの生活習慣病などが増加してきた<sup>1)</sup>。厚生労働省統計情報部「平成13年人口動態統計」によると死因別死亡率の第1位はガンであるが、2位の心疾患と3位の脳血管疾患は何れも循環器系の疾患で、2位の心疾患の死亡率118.1（人口10万対）、3位の脳血管疾患の死亡率102.5の合計死亡率は1位のガンの死亡率294.5に匹敵する。

このように循環器系の疾患による死亡率が高いことから、血液流動性を良くすることは生活習慣病予防という点から重要である。血液流動障害には血液レオロジー因子（赤血球変形能、白血球粘着能、血小板凝集能など）の異常が最も大きく関わるため、食事を含む生活習慣のそれら因子に及ぼす影響の解明は極めて重要である。

しかし、測定法に技術的な問題があったため、これまで研究が進んで来なかった。菊池ら<sup>2)</sup>によって開発された毛細血管モデル装置MC-FANによってその困難がほぼ取り除かれ、近年大きな進展が見られるようになった。

本研究は、MC-FANによる血液レオロジーを指標に、各種栄養主成分の過剰食の影響を検討した。

## 2. 実験方法

### (1) 被験者

実験協力に同意を得た女性健常者（年齢18～20歳）22名の被験者を各群7～8名の3群に分け、炭水化物・蛋白質・脂肪過剰食の摂食実験を行った。

### (2) 連続摂食試験

食事主成分である炭水化物、蛋白質、脂質の過剰食を1週間摂取し、それぞれの血液レオロジーに及ぼす影響を検討した。エネルギー摂取目標値は「第六次改定日本人の栄養摂取量の—食事基準値—」<sup>3)</sup>の年齢区分別体位基準値および生活活動強度別エネルギー所要量・蛋白質所要量・脂質所要量（女子）の年齢区分18～29歳、生活活動強II（やや低い）の1,800kcal/日に設定した。各栄養素の過剰食は、総エネルギーに対する構成比の炭水化物62%・蛋白質13%・脂肪25%を基礎に、それぞれ1.5倍量を摂取することにした。すなわち炭水化物過剰食の目安摂取量は炭水化物を405g、蛋白質過剰食は蛋白質を90g、脂質過剰食は脂質を75g摂取することになる。

### (3) 全血通過時間の測定

採血はそれぞれの摂食実験前後、及び中間（4日目）1回の計3回、被験者の腕静脈より真

空採血管 (5ml:1000単位/mlヘパリン溶液 0.25mlを予め注入)を用いて採血を行った。測定は全血試料 約 200  $\mu$ lを巾 7  $\mu$ m, 長さ 30  $\mu$ m, 深さ 4.5  $\mu$ m, 8736本並列のマイクロチャネルアレイ (Bloody 6-7, 日立原町電子工業)に MC-FAN (日立原町電子工業)を用いて 20cm水柱差で流し, 100  $\mu$ lの通過時間を測定した。得られた全血通過時間は, それぞれの全血試料測定時間の直前に測定した生理食塩水 100  $\mu$ lの通過時間を用いて, 次式

$$(\text{血液通過時間}) \times 12 \text{ 秒} / (\text{生理食塩水通過時間})$$

により生理食塩水通過時間が 12 秒の場合に換算した<sup>4)</sup>。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 摂食状況

全被験者の各成分の摂食状況を表 1 に示した。炭水化物過剰食摂取群 8 名, 蛋白質過剰食摂取群 7 名, 脂肪過剰食摂取群 8 名の計 23 名でスタートしたが, 蛋白質過剰食摂取群は体調不良などの理由で実験期間中に 2 名が棄権したため, 1 群 6 名となった。

表 1 各栄養素摂取量

	炭水化物過剰食		蛋白質過剰食			脂質過剰食		
	4日間	7日間		4日間	7日間		4日間	7日間
C-1	283.1 $\pm$ 15.7	280.3 $\pm$ 5.5	P-1	66.8 $\pm$ 13.8	73.6 $\pm$ 15.7	F-1	112.1 $\pm$ 59.1	117.8 $\pm$ 46.0
C-2	355.5 $\pm$ 102.1	347.6 $\pm$ 92.9	P-2	93.1 $\pm$ 21.4	98.7 $\pm$ 23.4	F-2	97.0 $\pm$ 10.5	98.6 $\pm$ 8.1
C-3	358.5 $\pm$ 28.7	377.4 $\pm$ 31.7	P-3	108.2 $\pm$ 22.1	95.9 $\pm$ 27.1	F-3	70.5 $\pm$ 16.9	70.0 $\pm$ 16.3
C-4	291.1 $\pm$ 68.7	321.2 $\pm$ 62.7	P-4	60.8 $\pm$ 10.0	57.4 $\pm$ 9.3	F-4	97.1 $\pm$ 10.8	99.1 $\pm$ 14.9
C-5	215.3 $\pm$ 30.2	215.7 $\pm$ 27.0	P-5	116.7 $\pm$ 23.0	108.6 $\pm$ 23.2	F-5	69.3 $\pm$ 8.1	68.7 $\pm$ 11.9
C-6	421.7 $\pm$ 24.5	423.2 $\pm$ 24.2	P-6	99.0 $\pm$ 17.5	98.1 $\pm$ 12.7	F-6	88.7 $\pm$ 12.6	89.4 $\pm$ 12.3
C-7	339.0 $\pm$ 48.0	334.3 $\pm$ 51.9				F-7	91.5 $\pm$ 11.0	85.6 $\pm$ 10.8
C-8	239.4 $\pm$ 49.4	260.4 $\pm$ 71.4				F-8	107.0 $\pm$ 34.4	109.1 $\pm$ 31.0
平均	312.9 $\pm$ 5.6	320.0 $\pm$ 16.8	平均	90.7 $\pm$ 11.0	88.7 $\pm$ 9.3	平均	91.7 $\pm$ 4.0	92.3 $\pm$ 6.3

各栄養素の過剰食は, 総エネルギーに 1,800kcal/日に対する構成比を炭水化物 62%・蛋白質 13%・脂肪 25%と設定し, それぞれの過剰食は 1.5 倍量を摂取することにした。すなわち炭水化物過剰食の炭水化物の目安量は 418.5g, 蛋白質過剰食の蛋白質は 87.8g, 脂質過剰食の脂質は 75.0gであったが, 実際の摂取量は表 1 に示しているように, 炭水化物 320.1 $\pm$ 16.8g, 蛋白質 88.7 $\pm$ 9.3g, 脂質 92.3 $\pm$ 6.3gであった。各群の目標摂取量と比較すると, 炭水化物過剰食摂取群は 76.6%, 蛋白質過剰食摂取群は 101.0%, 脂質過剰食摂取群は 123.1%であった。今回用いた摂取量は全て被験者による自己申告の数値を用いた。

各栄養成分の目標摂取量と比較すると, 炭水化物過剰食摂取群は 76.6%と最も低くなった。

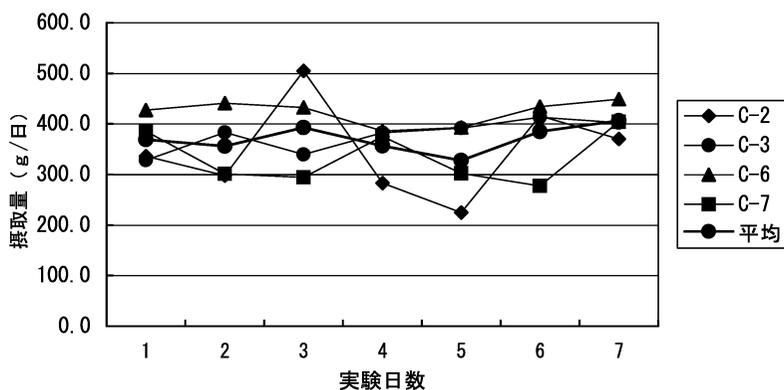
しかし、各栄養素の1.5倍増を目標摂取量とすると、炭水化物では379gが418gとなり、556kcalの増加、蛋白質では58.5gが87.8gとなり、117calの増加、脂質では50gが75.5gとなり、225calの増加である。炭水化物の1.5倍量はエネルギー量から考えると蛋白質の4.8倍、脂質の2.5倍となる。

以上のことから、今回の血液レオロジーの検討では、炭水化物過剰食摂取群は1,800kcal/日に対する構成比62%の約1.2倍、334.3g以上摂取した4名、蛋白質過剰食摂取群は13%の1.5倍、87.8g以上摂取した4名、脂肪過剰食摂取群は25%の1.5倍、75.0g以上摂取した5名の被験者を対象とした。

### 1) 炭水化物過剰食摂取状況

炭水化物過剰食摂取状況は図1に示した。炭水化物過剰食摂取群のC-2とC-7は摂取量が $347.6 \pm 92.9$ g/日と $334.3 \pm 51.9$ g/日と比較的同じような摂取量であるが、C-2は3日目に505.0g/日、5日目には225.0g/日と最低摂取量と最大摂取量は2.24倍と摂取量の変動が大きい。C-7の7日間の摂取量は277.3~404.4g/日で、最大摂取量と最低摂取量の差は1.77倍でやや差が少なかった。C-3、C-6は実験期間中の摂取量の変動が少なく、コンスタントに過剰量を摂取していた。

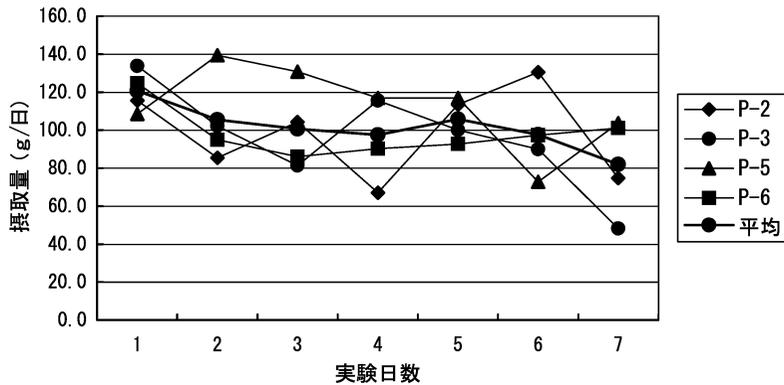
図1 炭水化物過剰食摂取状況



### 2) 蛋白質過剰食摂取状況

蛋白質過剰食摂取状況は図2に示した。P-2、P-3は最大摂取量と最低摂取量の差が大きく、摂取量にムラがあった。特にP-3は実験開始日が133.8g/日、7日目が44.2g/日とその差が2.79倍であった。P-5の7日間の摂取量は86.0~124.7g/日で、比較的安定した摂取状況であった。

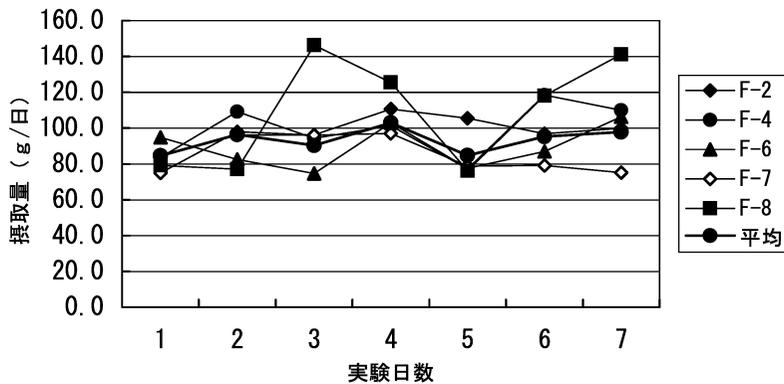
図2 蛋白質過剰食摂取状況



### 3) 脂質過剰食摂取状況

脂質過剰食摂取状況は図3に示した。脂質過剰食摂取群はF-8以外の被験者は比較的安定した摂食状況であった。F-8は最も摂取量の変動が大きく、最低摂取量76.2g/日、最高摂取量146.3g/日で、その差は1.92倍となった。

図3 脂肪過剰食摂取状況



#### (2) 過剰食による血液流動時間の変動

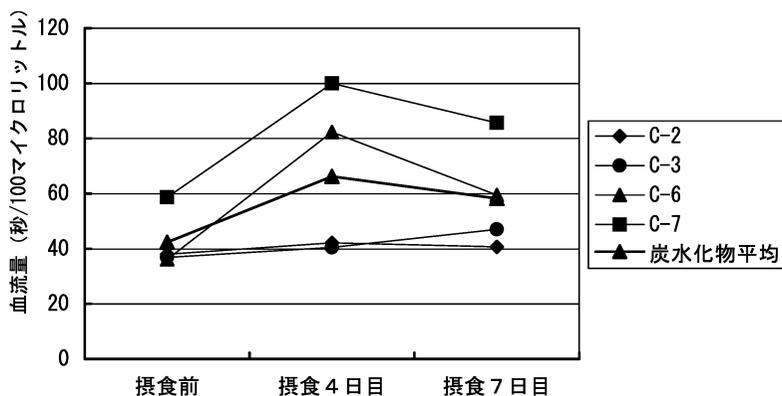
##### 1) 炭水化物過剰食摂取群

炭水化物過剰食摂取群の血流量の変化を図4に示したが、C-6が実験4日間の平均摂取量が421.7g/日、7日間の平均摂取量が423.2g/日と最も多く摂取量していた。C-6の血流変動率は実験開始4日目が128.0%、7日目では64.8%遅くなったと考えられる。

しかし、炭水化物過剰食摂取群中最も摂取量の少なかったC-7も、実験開始4日目が70.5%、7日目では46.1%血液の流動速度が遅くなった。

全体的に見ると、炭水化物過剰食摂取群では実験4日目に血液の流動速度が遅くなる傾向が見られた。

図4 炭水化物過剰食群の血流の変化

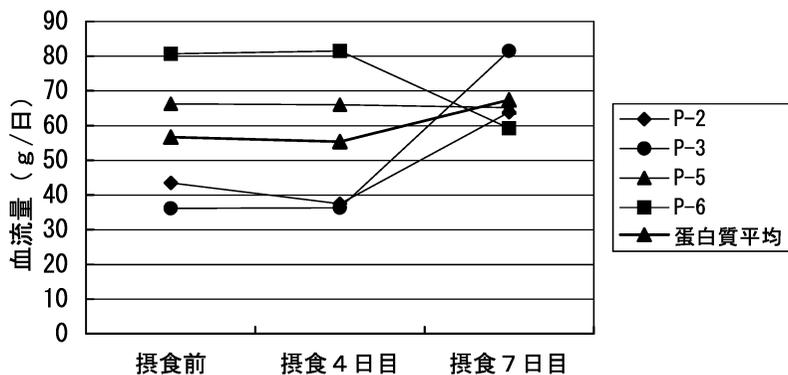


## 2) 蛋白質過剰食摂取群

蛋白質過剰食摂取群の血流量の変化を図5に示した。実験開始4日目まで、および1週間の蛋白質摂取量が最も多かったP-5は実験期間中を通して血流の流れはほとんど変化がなかった。栄養所要量の1.52倍である87.8g以上蛋白質を摂取した蛋白質過剰食摂取群中最も摂取量の少なかったC-3は、実験開始4日目では血流量はほとんど摂食前と変わらなかったが、7日目では改善率が-125%と遅くなった。

安定した摂取量を示していたP-6は、実験開始時の血流量が遅かったこともあり、実験開始7日目は血流量が早くなった。また、実験最終日直前に摂取量が落ちたP-2、P-3は、実験開始日の血流より最終日の血流量が遅くなった。

図5 蛋白質過剰食群の血流の変化



今回の蛋白質過剰摂取では、蛋白質源までは指定しなかったため蛋白質源として魚類、肉類、大豆類が摂取されていた。蛋白質を過剰に摂取することは、多くの食品の場合脂肪も一緒に摂取することになり、脂肪の影響を受ける可能性がある。蛋白質過剰食摂取においても含有脂肪酸組成比<sup>5, 6)</sup>を考え、食品の制限をする必要があると思われる。

今回の実験は一般的な蛋白質の過剰摂取という観点で行ったため、蛋白質源としては魚類、

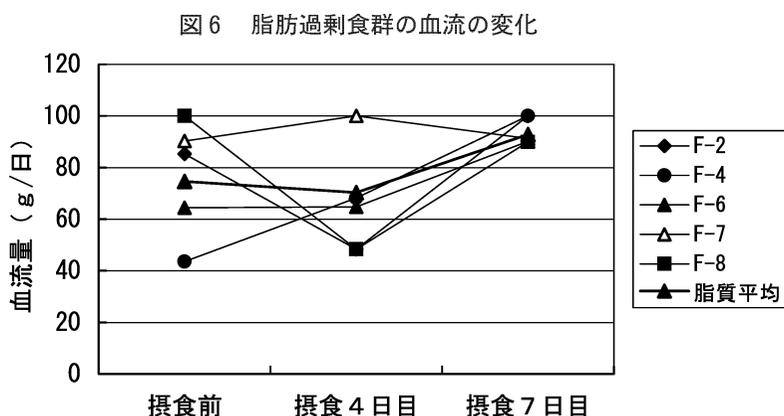
肉類, 大豆類が摂取されていたが, 全体的に見ると蛋白質を多く摂取することは血流には大きな変動をもたらさないが, 摂取量が少ないと血流が遅くなる傾向が認められた。

### 3) 脂質過剰食摂取群

脂質過剰食摂取群の血流量の変化を図6に示した。摂取量の最も多かったF-8は実験期間中の摂取量にムラがあった。この被験者は, 脂質過剰食摂取群の中で実験開始前の血流量が一番遅かったが, 実験開始4日目には平均して多く摂取していたF-4とともに血流が早くなった。実験F-1は実験開始4日目までは比較的脂質を多く摂取していたが, その後徐々に脂質摂取量が減少した。F-1の血流は脂質の比較的多く摂取していた4日目まではほとんど変わらなかったが, 摂取量が少なくなった4日目以降血流量が遅くなった。

全体的に見ると, 脂肪過剰食の摂取は, 実験4日目では血流がやや早くなったが, 実験最終日には遅くなる傾向が認められた。脂質過剰食による4日目の血流が早くなったことは, 一定量の脂肪摂取により赤血球膜の弾力性が良くなったが, さらに3日間過剰に脂肪を摂取した1週間後の血流は血中脂肪量も多くなり, 血流が遅くなったものと考えられる。

また, 蛋白質過剰食摂取群で触れたように, 摂取食品の含有脂肪酸組成比についての検討が必要である。



## 4. まとめ

食事中の主要栄養素が血液レオロジーに及ぼす影響を検討するために, 炭水化物, 蛋白質, 脂質の過剰食を摂取し, その前後における血流量の変化について検討した。被験者は本学食物栄養専攻に在学する18~25歳の健康な女子学生とした。被験者は炭水化物過剰食摂取群, 蛋白質過剰食摂取群, 脂質過剰食摂取群の3群に分け, 1群7~8名の構成とした。

各群の栄養素の目標過剰摂取量は, 日本人の栄養所要量に示されるエネルギー量を基礎に, 各栄養素の構成比を炭水化物62%・蛋白質13%・脂肪25%とし, それぞれ1.5倍量を摂取す

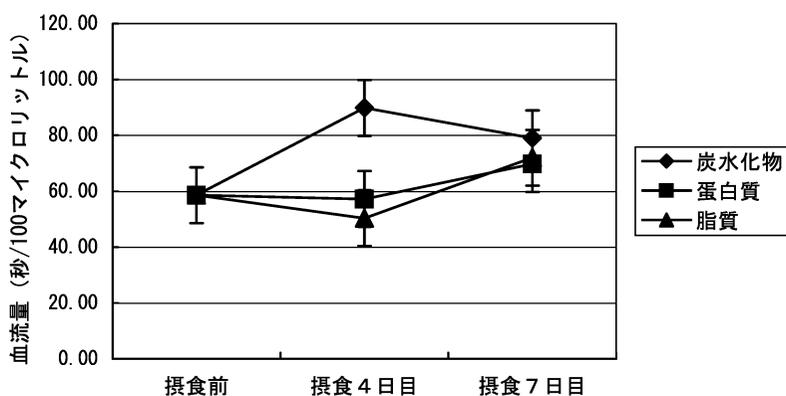
ることとした。すなわち炭水化物過剰食は炭水化物を 405g、蛋白質過剰食は蛋白質を 90g、脂質過剰食は脂質を 75g 摂取することになる。

摂食実験期間は1週間とし、実験開始前、開始後4日目、開始7日目の3回採血し、MC-FANで血流の測定を行った。

図7はそれぞれの過剰食群の実験開始前の血流量を3群の平均値に補正したものであるが、ここに示すように、炭水化物過剰食では実験開始4日目には血流量が最も遅くなり、その後やや改善されることが分かった。一方、蛋白質過剰食摂取群、脂質過剰摂取群においては、実験開始前より実験開始4日目に血流量の改善が見られ、特に脂肪過剰食摂取群では0.08%の改善効果があった。しかし、実験開始7日目には蛋白質過剰食摂取群、脂質過剰摂取群とも血流が遅くなり、特に、脂質過剰摂取群は4日目から7日目の変化は-0.45%の改善率ということで、要するに血流が可成り悪くなった。脂質過剰摂取群に比べ蛋白質過剰食摂取群は4日目から7日目の変化は-0.08%の改善率、すなわちやや遅くなったに過ぎない。

いずれにしても、蛋白質過剰食摂取群、脂質過剰摂取群の実験開始4日目の血流の改善、その後の血流の遅延について、さらに検討が必要である。

図7 過剰食が血流に及ぼす影響



#### 引用文献

- 1) 厚生統計協会：国民衛生の動向・厚生指標 2002年，厚生統計協会（東京），2002.
- 2) 菊池祐二：毛細血管モデルを用いた血液レオロジーの測定，日本食品科学工学会誌，48，393，2001.
- 3) 健康・栄養情報研究会：第六次改定日本人の栄養所要量－食事摂取基準－，第一出版（東京），1999.
- 4) 菊池祐二，高橋千重子，磯野厚子：健常者の部分母集団におけるMC-FAN全血通過時間の分布，ヘモレオロジー研究会誌，4，7，2001.
- 5) 西堀すき江，川合三恵子，並木和子：漁村と農山村住民におけるn-3系多価不飽和脂肪酸多量摂取と血漿中ビタミンE量について，東海学園大学紀要 第7号，173，2002.
- 6) 川合三恵子，西堀すき江，並木和子：漁村と農村住民における血漿脂肪酸組成および血小板凝集能と循環器系疾患について，東海学園大学紀要 第7号，165，2002.