

# 食餌アミロースとアミロペクチンがラットの血清脂質成分に及ぼす影響

辻原命子・竹内若子・青木みか

## Effects of the Dietary Amylose and Amylopectin on the Composition of the Serum Lipids in the Rats

Nobuko TSUZHARA, Wakako TAKEUCHI and Mika AOKI

### 緒 言

以前、青木たちはハトムギ (*C. Lachryma-Jobi, L. var Ma-yuen Stapf*) または精白米を SHR (高血圧自然発症ラット) に投与して両者を比較した場合、内皮付ハトムギは高脂血症を抑制することを報告<sup>1,2)</sup>したが、その有効成分は解明されていない。ハトムギのデンプンは糯性のアミロペクチン (AP と略記する) からなりアミロース (AL) は1.8%<sup>3)</sup>にすぎないため高脂血症抑制効果に糯性デンプンの関与する可能性も考えられる。一方、辻たち<sup>4)</sup>はショ糖、AP、グルコース (Glc)、大麦スターチ、AL に1%食塩を添加した飼料を SHR に投与した場合、血清コレステロール (Chol)、中性脂肪 (TG) はこの順に低下する傾向があり、また血圧はショ糖、Glc 群よりスターチ、AP 投与群の方が低下したことを報告している。しかし、AP や AL の血清脂質に及ぼす影響に関する研究は少ないため、今回は精白ハトムギ (Hat)、精白粳米 (Ric) および AP、AL、グルコースを主成分とした合成飼料を使用し、いずれも高コレステロール食でラットを飼育して脂質代謝に及ぼす影響を明かにすることを目的として本研究を行った。

### 実 験 方 法

#### 1) ラットの飼育法および実験概要

ラットは静岡実験動物協同組合から入荷した Sprague-Dawley (SD) 4週齢の雄を使用し1群6匹として室温25±2℃の飼育室において1週間基礎飼料で予備飼育をした後、5週齢 (体重138.4g±3.8g) から試験食を投与して7週齢まで飼育した。ラットは5群に分け飼料組成は Table 1 のとおり糖質として67.25%のAP、AL、Hat、Ric 及び Glc を使用し、5群ともカゼイン12%、大豆油15%、ビタミン混合1%、ミネラル混合4%を配合し、0.5% Chol と0.25%のコール酸ナトリウムを添加したうえ、粉末飼料として充分量 (18±2g/匹・日) 投与した。使用した糯米は富山県産 祝種、粳米は愛知県産標準米、ハトムギは中国産のものであり、AP は東京化成 K.K 製品で糯性トウモロコシから分離したもの、AL はシグマ製コード No. A-9262でジャガイモから分離したものである。ラットは試験食投与10日めに一匹ずつ代謝ケージに移して24時間の糞を採取し、Chol 排泄量を測定し、飼育終了期には10時間の絶食後、軽いエーテル麻酔を施して屠殺解剖し、腹部大動脈から採血し血清を分離した。血清は下

Table 1. Dietary composition (g/100g)

Ingredients \ Mark of dietary group	AP	AL	Hat	Ric	Glc
Amylopectin	67.25	—	—	—	—
Amylose	—	67.25	—	—	—
Polished Hatomugi	—	—	67.25	—	—
Polished Uruchi-mai	—	—	—	67.25	—
Glucose	—	—	—	—	67.25
Casein	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Soybean oil	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Mineral mixture	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cholesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sodium cholate	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Mineral mixture were accorded with Harper's salt. Vitamin mixture were obtained from Oriental Co., Ltd.

記の方法に基いて総コレステロール (T-Chol), HDL-コレステロール (HDL-C), 中性脂肪 (TG), 過酸化脂質 (TBA値), リン脂質 (PL), 肝組織についてはT-Chol, TBA 値および肝総脂質を測定した。また体脂肪, 肝, 腎, 心臓の諸臓器重量を測定して, 体重比率を求めた。測定値については群間有意差検定を, Student の *t* 検定によって行い図は平均値±標準偏差の数値を示した。

## 2) 血清脂質成分の測定法

T-Chol は和光純薬工業(株)のキット試薬 Cholesterol-B test Wako を使用し, O-フタルアルデヒド法で比色定量, HDL-C は DS-Mg 法<sup>5)</sup>を採用して HDL を分離したのち, O-フタルアルデヒド法で定量した。これらの測定値にもとづいて動脈硬化指数 arteriosclerotic-index (AI) を (T-Chol) - (HDL-C)/HDL-C の式によって算出した。PL と TG は日本商事(株)のキット試薬を使用して酵素法で比色定量した。TBA 値は八木式蛍光法<sup>7)</sup>によって測定しマロンジアルデヒド (MDA) 濃度で表示した。

## 3) 肝組織の総脂質, コレステロール, TBA 値および糞中コレステロールの測定法

肝組織0.5gを磨碎し, クロロホルム・メタノール (2:1) 混液 (Folch の液) で抽出し, 抽出液50ml のうち30ml を真空下で蒸発乾固させた後, 恒量を求め重量法で TL を測定した。肝 Chol は同抽出液0.1ml を蒸発乾固させたのち Zak-Henly 法<sup>8)</sup>で測定し, 肝 TBA 値は真杉・中村<sup>9)</sup>の方法を採用した。糞中 Chol は糞風乾物0.2gを上記の Folch の液25mlで抽出し, 抽出液0.2mlを蒸発乾固させたのち, Zak-Henly 法で比色定量し, Chol のみかけ吸収率を次式より算出した。

$$\text{Cholみかけ吸収率(\%)} = \frac{[\text{摂取Chol (mg/匹}\cdot\text{日)} - \text{糞中Chol (mg/匹}\cdot\text{日)}]}{\text{摂取Chol (mg/匹}\cdot\text{日)}} \times 100$$

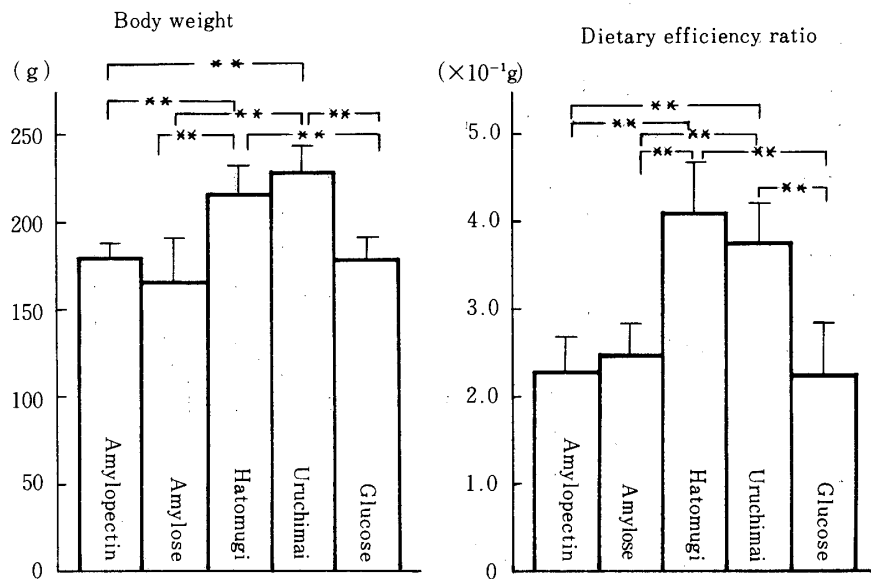
## 実験結果

### 1) ラットの体重, 飼料効率および諸臓器重量に及ぼす食餌の影響

試験食を2週間投与した場合の飼育終了期の体重と飼料効率即ち摂取飼料1g当りの体重増加量をFig. 1に示し、体脂肪、肝、腎、心臓重量の体重比率をFig. 2に示した。体重は Ric > Hat > AP ≒ Glc > AL の順となり飼料効率は Hat > Ric > AL > AP ≒ Glc の順となった。

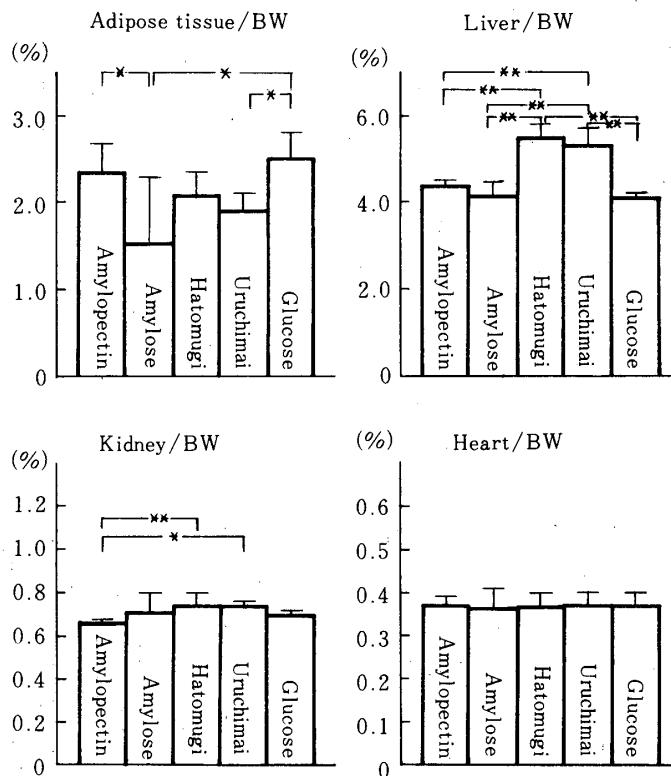
即ち粳米とハトムギ投与群はいずれもGlc, AP, AL 群より体重、飼料効率とも有意 ( $p < 0.01$ ) に上昇し、天然食品に対し、純度の高いデンプン構成成分を投与した場合はいずれも体重と飼料効率の低下することを認めた。体脂肪の体重比率は Glc > AP > Hat > Ric > AL の順となり、Glc 群は Ric, AL 群より、AP 群は AL 群よりいずれも有意 ( $p < 0.05$ ) に上昇し、体重で高値を示した粳、ハトムギ群の体脂肪は Glc, AP 群より低下の傾向を示した。肝重量の体重比率は

Hat ≒ Ric > AP ≒ AL ≒ Glc の順となり、ハトムギと粳米投与群はいずれも他の3群に対し有意 ( $p < 0.01$ ) に高値となった。腎重量比も肝のそれと似た傾向を示し、ハトムギと粳米投与群は AP 群より有意に高くなったが、心臓の重量比は5群間に有意差を認めなかった。



\*\* : Significantly different at  $p < 0.01$

Fig. 1 Final body weight and dietary efficiency ratio



\*\* : Significantly different at  $p < 0.01$ , \* : Significantly different at  $p < 0.05$

Fig. 2 Adipose tissue and organs weight per 100g body weight

2) 血清の脂質成分に及ぼす食餌の影響

血清の T-Chol, T-Chol/PL, HDL-C および動脈硬化指数 (AI) は Fig. 3 に示したとおりである。即ち T-Chol は AL ≒ AP > Hat ≒ Glc > Ric の順となり AL 及び AP は Ric より有意に高値を示した。また磷脂質は食餌の影響をうけ難いため一般に T-Chol/PL 比で T-Chol を比較する機会が多いが今回の結果も T-Chol/PL 比は AL > AP > Glc ≒ Hat ≒ Ric の順となり, AL 群は他の 4 群より有意 ( $p < 0.01$ ) に高く, Glc も Ric 群より有意 ( $p < 0.05$ ) に上昇するなど T-Chol の群間の差が顕著に認められた。HDL-C は AP > Ric > Hat > AL ≒ Glc の順となり AP, Ric とともに AL, Glc より有意 ( $p < 0.01$ ) に高くなった。動脈硬化指数 (AI) は AL > Glc > AP ≒ Hat > Ric の順となり AL と Glc は Ric 群より有意 ( $p < 0.01$ ) に高くなった。血清の TG 及び TBA 値は Fig. 4 に示したが血清 TG は AP > Glc > Ric ≒ Hat > AL の順となり, AP は AL 及び Hat より有意に高く, Glc も AL より高値 ( $p < 0.05$ ) を示した。TBA 値は AP ≒ AL > Ric ≒ Hat ≒ Glc の順となり, AP, AL いずれも Hat, Ric, Glc より有意 ( $p < 0.01$ ) に高くなった。

3) 肝脂質成分に及ぼす食餌の影響

肝総脂質 (TL) と肝 Chol 含有量 (濃度) は Fig. 5 に示した。即ち肝 TL は Ric > Glc > AP ≒ Hat > AL の順となり, Ric は AL, Hat より高く ( $p < 0.01$ ), Glc は Hat より高値 ( $p < 0.01$ ) を示した。肝 Chol は AP > AL > Ric ≒ Glc > Hat の順となり, Hat は他のいずれの群よりも有意 ( $p < 0.01$ ) に低値となった。

4) 糞量およびコレステロール吸収に及ぼす食餌の影響

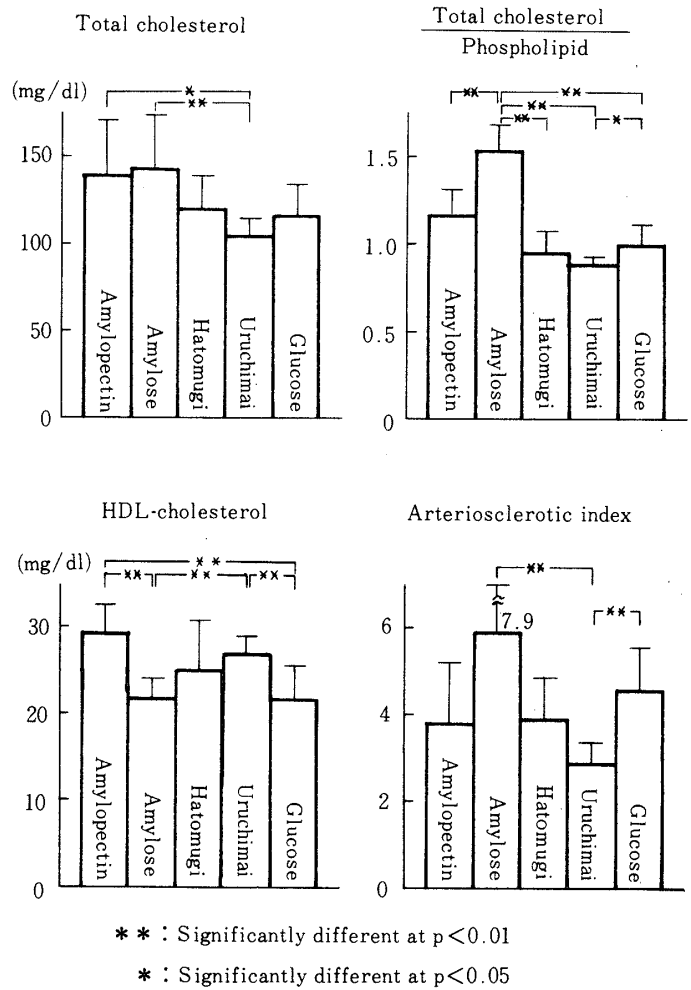


Fig. 3 Effects of diets on the serum cholesterol

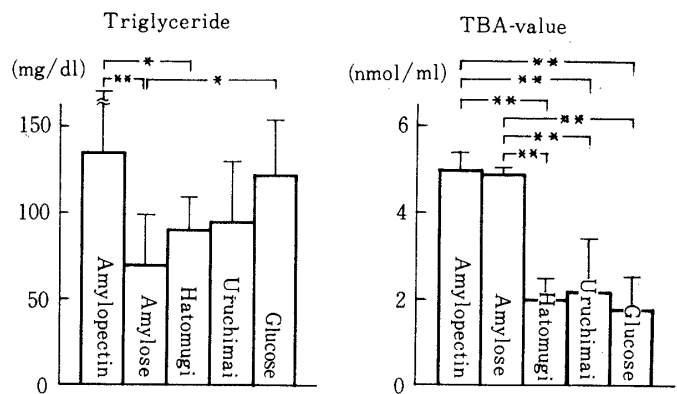


Fig. 4 Effects of diets on the serum triglyceride and TBA-value

糞風乾物重量と糞中 Chol 排泄量 (mg/匹・日) および Chol のみかけの吸収率は Fig. 6 に示した。糞重量は AL 群が他のいずれの群より有意 ( $p < 0.01$ ) に高値となったが、糞中 Chol 排泄量 (mg/匹・日) は  $AP > Ric > Hat \approx Glc > AL$  の順となり、AL 群は他のいずれの群よりも有意 ( $p < 0.01$ ) に低下した。Chol のみかけの吸収率は  $AL > Ric \approx Hat \approx Glc > AP$  の順となり、AP は他のいずれの群よりも有意に低下し、AL は Hat および Glc 群より有意 ( $p < 0.05$ ) に上昇した。

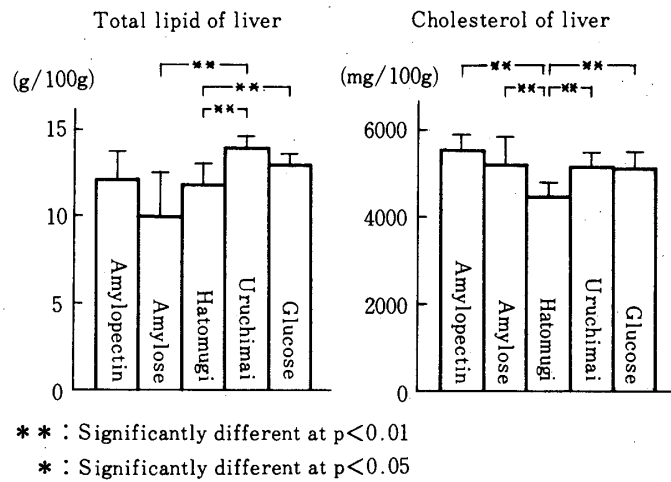


Fig. 5 Effects of diets on the total lipid and cholesterol of liver

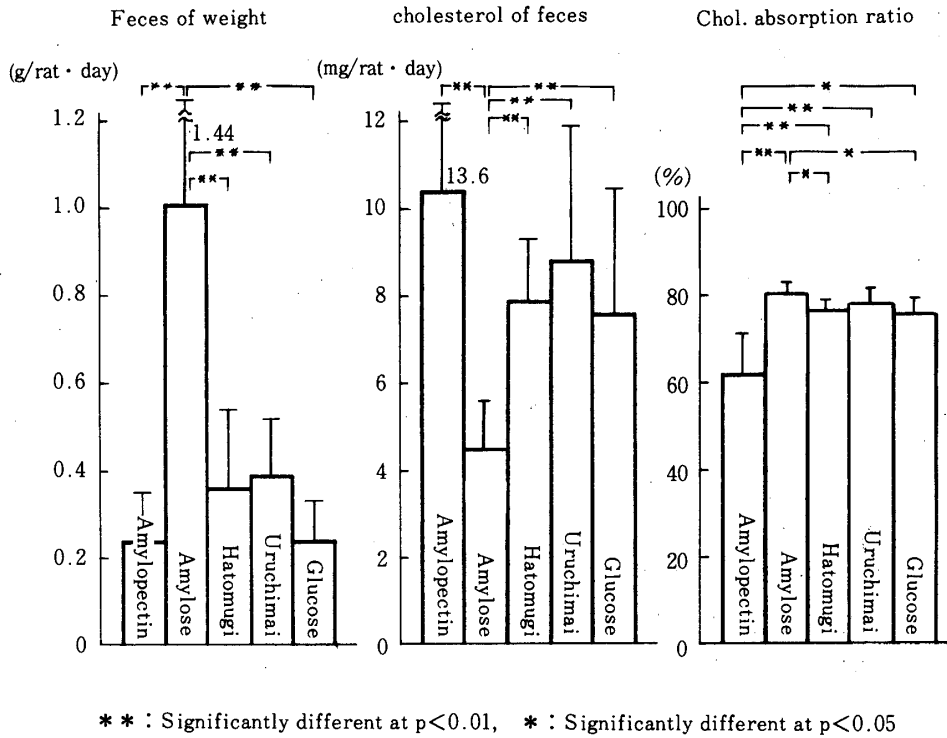


Fig. 6 Effects of diets on the feces weight and feces cholesterol

## 考 察

デンプンの構成成分である AL, AP, 糯性デンプンを主成分とする精白ハトムギ, AP と AL を 8 : 2 の割に含む精白粳米およびデンプンの消化分解物であるグルコースの 5 種を糖質として 67.25% 使用し, タンパク質, 脂肪, ミネラル, ビタミンは各群等しく配合した高 Chol 食を投与した結果, 成育, 飼料効率とも Hat, Ric など天然の食品群が AP, AL, Glc 群より有意に上昇した。精白米の糖質は 75.5%, 精白ハトムギの糖質は 64.1%<sup>1)</sup>でその他タンパク質,

脂肪、ミネラル、ビタミン、繊維素もわずかに含有されるが、今回の投与飼料には必要な栄養素が充分量配合されているため、成育への影響は糖質の相違に由来するものと考えられる。即ち穀類のデンプンは粒径約7 $\mu$ の多角形微粒子で AP はミセル構造を形成し、非晶部に AL が分布しているといわれるが、デンプンより分離した AP, AL および単糖類の Glc より天然食品に含まれるデンプンの方が生育、飼料効率ともに良好であるという事実は興味深く思われる。

血清脂質成分に及ぼす糖質の影響をみると T-Chol は AP と AL 群が高いが AP 群は HDL-C も高いため、これらの比から求めた動脈硬化指数 (AI) は AL 群が最高となり Ric 群が最低となった。また血清 TG は AP 群が AL 及び Hat 群より有意に上昇した。従来、糖質の高脂血症誘発に関する報告は多く、蔗糖または果糖をエネルギー比で50~70%投与すると血清 TG や血清 Chol を上昇させ血管障害をまねくといわれている<sup>11-15)</sup>。最近、辻たち<sup>4)</sup>は血清 T-Chol, TG とも AP, Glc 群が大麦スターチ, AL 群より高い傾向を示すと報告している。私どもの研究では TG は AP $\equiv$ Glc>Hat $\equiv$ Ric>AL の順となり同氏と同様な傾向を得たが T-Chol は AP $\equiv$ AL>Hat $\equiv$ Glc>Ric の順となり、HDL-C は AP>Ric $\equiv$ Hat>Glc $\equiv$ AL となって AP 群は T-Chol, HDL-C とも高値を示した。辻たちとはラットの品種が異なり、飼料組成や食塩添加の有無など飼育条件も若干相違するため同一な結果を得られなかったものと考えられる。血清 T-Chol 濃度には Chol 吸収率も影響を及ぼすが、1日1匹当りの糞中 Chol 排泄量は AL 群が他の4群より有意 ( $p<0.01$ ) に低いため Chol 吸収率は AL 群が有意に上昇した結果、血清 Chol レベルが高値となったことが考察される。AL 群で糞量の増加することは辻たち<sup>4)</sup>も認めているが、この群は糞量が多いにもかかわらず Chol 排泄量は低下した。即ち分離した AL は老化し易いが、分枝構造をもつ AP の老化し難いことは一般によく知られており、老化した AL は消化吸収され難いため糞量の増加することが推察される。また AL 群は Chol 排泄量が少ない反面、AP 群は糞量の少ないことにもかかわらず Chol 排泄量が多いが、AP の $\alpha$ -1.4結合は唾液、膵液の $\alpha$ -アミラーゼで分解され、 $\alpha$ -1.6の分枝結合は小腸の微絨毛膜に局在するイソマルターゼで分解された後、能動輸送によって吸収されることが認められており<sup>16)</sup>、イソマルトーズ等が未消化のまま腸内に存在するとその分枝構造に Chol を包含して、Chol の排泄を高めること等が考察される。

以上の結果、AL 群は Chol 吸収が上昇するとともに、AL, Glc 群は動脈硬化指数を上げ、AL, AP, Glc 群はさらに成育も低下すること、AP 群は Chol 吸収率は低下するが血清 TG を上げ、細胞の退行性変性や動脈硬化症などと高い相関性<sup>17,18)</sup>をもつ血清 TBA 値も AL, AP 群で上昇することなどを認めた。即ち、ハトムギデンプンは、AP が主成分であるが、血清脂質成分やラットの成育は精白ハトムギと AP は同じパターンとならずハトムギや粳米などの天然食品は血清脂質組成、成育ともに AP, AL, Glc よりおおむね良好であった。以前、青木たちは内皮付ハトムギと精白米をラットに投与した場合、前者は血清 Chol を低下させることを報告<sup>2)</sup>したが、ハトムギ内皮は食物繊維や不飽和脂肪酸など Chol 低下作用をもつ成分を含むためと考えられる。今回は精白ハトムギを使用したため精白米との間に顕著な差を認めなかった。

## 要 約

SD ラットを5群に分け、67.25%のアミロース (AL)、アミロペクチン (AP)、精白ハトムギ (Hat)、精白粳米 (Ric) およびグルコース (Glc) を含む高 Chol 合成飼料で2週間飼育した後、血清および肝脂質を分析したところ次の結果を得た。

1) 飼育終了時の体重および飼料効率は Hat, Ric 群が AP, AL, Glc 群より有意に高値を

示した。

2) 血清 T-Chol は AP, AL 群が Ric 群より有意に高く, HDL-C は AL, Glc 群が Ric, AP 群より有意に低下し, 動脈硬化指数は  $AL > Glc > Hat \approx AP > Ric$  の順となり, AL, Glc は Ric より有意に上昇した. TG は AP および Glc 群が AL より上昇し, TBA は AP, AL が Hat, Ric, Glc より有意に上昇した.

3) 肝総脂質は  $Ric > Glc \approx AP \approx Hat > AL$  の順となり, Ric は Hat および AL より, Glc は Hat より有意に上昇した. 肝 Chol は  $AP \approx AL > Ric \approx Glc > Hat$  の順となり, Hat は他の 4 群より有意に低下した.

4) 糞排泄量は AL が最高であったが, Chol 排泄量は AL が有意に低下し, Chol 吸収率は AP が有意に低下した.

以上の結果, AL は動脈硬化指数を上昇させ, AP はそれを低下させるが, TG を上昇させること. また, AP, AL はハトムギ, 糯米などの食品と比較した場合いずれも血清脂質組成を悪化させるとともにラットの成育をも低下させることを認めた.

本研究にご協力頂いた上野美佳, 遠藤公美恵両氏に感謝の意を表します.

## 文 献

- 1) 青木みか, 辻原命子: 家政誌, **35**, 89 (1984)
- 2) 青木みか, 辻原命子: 家政誌, **36**, 107 (1985)
- 3) 佐藤孜郎, 宮田義昭: ノートルダム清心女子大家政学部時報, 21号, 51 (1976)
- 4) 辻 啓介, 市川富夫, 河村雅子, 中川靖枝: 第40回栄・食学会総会講演要旨集, 114 (1986)
- 5) 河村 忠, 桜林郁之介: HDL-コレステロール, 基礎と臨床, K.K テクノ, 東京, 152 (1982)
- 6) 山本 豊: 臨床栄養, **58**, 681 (1981)
- 7) 八木国夫: ビタミン, **49**, 403 (1975)
- 8) 金井 泉, 金井正光: 臨床検査法提要, 金原出版, 東京, VIII-64 (1978)
- 9) 真杉文紀, 中村哲也: ビタミン, **51**, 21 (1977)
- 10) 岩田久敬: 食品化学, 養賢堂, 東京, 146 (1952)
- 11) 中村治雄: *Medicine*, **6**, 412, (1969)
- 12) P. Hill: *Lipids*, **5**, 621 (1970)
- 13) J. N. Crossley: *Nut. Metabolism*, **12**, 171 (1970)
- 14) 平沢扶美子, 下垣玲子, 時田昭枝, 深川卯子, 小池五郎, 古川春寿: 栄養と食糧, **25**, 328 (1972)
- 15) 青木みか, 谷 由美子: 医学と生物, **89**, 395 (1974)
- 16) 江川元偉, 武藤泰政, 山本良子編: 新篇栄養学総論, 東京数学社, 46 (1983)
- 17) 秦 葭哉: 代謝, **15**, 175 (1978)
- 18) 辻井 正, 松岡洋一, 久保田力, 奥野頼夫: 奈良医誌, **27**, 480 (1976)
- 19) 菅野道廣, 今泉勝己: コレステロール, 三共出版, 東京, 74~77 (1986)