高血圧自然発症ラットならびに果糖誘導性高脂血症ラットの 血圧、血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす 中国緑茶・烏龍茶の影響

岩田多子*, 稲山貴代*
三輪里見*, 川口一男**

* 女子栄養短期大学栄養学研究室

** サントリー株式会社研究センター食品研究所

Effects of Chinese Green Tea and Oolong Tea on Blood Pressure, Plasma and Liver Lipids in Spontaneously Hypertensive Rats and Rats with Fructose-induced Hyperlipidemia

Kazuko IWATA,* Takayo INAYAMA,* Satomi MIWA*
and Kazuo KAWAGUCHI**

* Laboratory of Nutrition, Kagawa Nutrition College, Toshima-ku, Tokyo 170

** Research Laboratories of Food Technology, Suntory Research Center, Osaka 618

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 40, 469~477 (1987)

The effects of Chinese green tea and Oolong tea on blood pressure, plasma and liver lipid levels were studied in male spontaneously hypertensive rats (SHR) (4 weeks old) and male rats (3 weeks old) fed a high fructose diet. The animals were supplied with Chinese green tea (CI), tea 5 times the CI concentration (CII), Oolong tea (OI) and tea 5 times the OI concentration (OII) in drinking water *ad libitum*. 1) In SHR supplied with tea for 8 weeks, the blood pressure decreased significantly. The level of plasma high-density lipoprotein (HDL) cholesterol was increased significantly by the administration of OII, while the corresponding levels of plasma triglyceride were decreased significantly by OI or OII. 2) When Wistar rats fed on a high-fructose diet were supplied with tea for 6 weeks, dietary hyperlipidemia was observed in the control group. However, the elevation of plasma total and HDL cholesterol was reduced significantly by administration of CII. The level of plasma triglyceride was reduced significantly by CII, OI or OII supplementation. (Received March 19, 1987)

近年、日本では健康飲料として中国茶が多くの人々に供されてきており、日本の茶がおもに不発酵茶である蒸製の緑茶であるのに対し、茶の原産地でもあり、古くは周の時代 (BC 2000 年) より山地産の山茶が存在していた中国では、不発酵茶・半発酵茶・後発酵茶、と調製、加工法の異なるさまざまな種類の茶が存在する¹⁾。

茶葉中に含まれるカテキン類は油脂における抗酸化作用²⁾⁻⁶⁾を有し、茶葉中には血圧の上昇抑制作用⁷⁾、血中のコレステロール⁸⁾⁻¹²⁾、中性脂肪¹⁰⁾、過酸化脂質¹³⁾の上昇抑制作用を有することが報告されている。これらの報告は緑茶⁷⁾⁻¹⁰⁾⁻¹³⁾、烏龍茶⁸⁾⁻¹³⁾、中国茶⁹⁾⁻¹⁰⁾に関する報告であるが、今回の実験には中国緑茶、烏龍茶を用いた。

まず、高血圧自然発症ラット (spontaneous hypertensive rat, 以下 SHR と略す) を用い、血圧上昇抑制効果および血漿・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶および烏龍茶の影響について観察を行った。

次に、Wistar ラットには高果糖食を摂取させ、同様に血漿・肝臓脂質の上昇抑制に及ぼす中国緑茶および烏龍茶の影響について観察を行った。

実験方法

1. 試料

中国緑茶：中華人民共和国 江蘇省産

烏龍茶：中華人民共和国 福建省産

2. 試料の調製

中国緑茶・烏龍茶ともに、日常飲用する濃度を普通濃

* 〒170 東京都豊島区駒込 3-24-3

** 〒618 大阪府三島郡島本町若山台 1-1-1

度液とし、その5倍量の茶葉を浸出させたものを5倍濃度液とした。

中国緑茶は、浸出液 200 ml 当たり茶葉 1.6 g を浸出させた液を普通濃度液として CI 液とし、8.4 g を浸出させた液を CII 液とした。同様に烏龍茶は、茶葉 2.48 g を浸出させた液を普通濃度液として OI 液とし、12.6 g を浸出させた液を OII 液とした。いずれの浸出液も、茶葉を 90°C 以上の熱湯で、5 分間浸出させた上澄み液を試料として用いた。

普通濃度の中国緑茶 および 烏龍茶の試料溶液 100 ml 中の成分分析値を Table 1 に示した。

3. SHR の血圧、血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

1) 実験動物および飼育条件 日本ラット株式会社より購入した4週齢雄の SHR を用いた。ラットは温度 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ に空調され、12 時間ごとに明暗に保たれた動物室にて5連ケージを用い、8 週間飼育した。

2) 飼育方法および実験群 各群の初体重の平均が同じになるように (58~59 g) 8 匹ずつ5群に分け、飲料水は、対照群には水道水、中国緑茶投与群である CI 群

には CI 液、CII 群には CII 液、烏龍茶投与群である OI 群には OI 液、OII 群には OII 液をそれぞれ投与し、自由摂取させた。

飼料は、日本クレア株式会社製 CE-II (固形食) を投与し自由摂取させた。

3) 測定項目 体重および飼料摂取量は、週に1回ほぼ同時刻に測定した。飼料摂取量は、残量を投与量より差し引いて1日当たりの摂取量を算出した。

血圧は、週に1回ほぼ同時刻に夏目製作所製 KN-209 型ラット尾動脈圧測定装置により測定した。

ラットは、18 時間の絶食の後、エーテル麻酔下にて心臓穿刺により採血、EDTA 添加後常法により血漿を分離した。

肝臓は採血後、開腹、摘出し、重量を測定、同一部位より 300 mg を切り取り、Folch らの方法¹⁴⁾ により脂質を抽出した。

血漿総コレステロールは酵素法 (協和発酵株式会社、ザタミナー TC555)¹⁵⁾、HDL コレステロールはヘパリン・マンガン結合沈殿法を用いた酵素法 (和光純薬株式会社、HDL コレステロールテストワーク)¹⁶⁾、中性脂肪は lipoprotein lipase, glycerokinase, glycerol-3-phos-

Table 1. Composition of Chinese green tea and Oolong tea.

Ingredients	Chinese green tea	Oolong tea
Water ^{a)}	99.8%	99.7%
Protein ^{b)}	0	0
Lipid ^{c)}	0	0
Ash ^{d)}	0	0
Carbohydrate ^{e)}	0.1%	0.2%
Caffeine anhydride ^{f)}	0.015%	0.023%
Tanning ^{g)}	0.07%	0.07%
Total ascorbic acid ^{h)}	13 mg/100 g	15 mg/100 g
L-Ascorbic acid ^{h)}	13 mg/100 g	14 mg/100 g
Calcium ⁱ⁾	No detection ^{j)}	No detection ^{j)}
Sodium ⁱ⁾	7.1 mg/100 g	7.0 mg/100 g
Potassium ⁱ⁾	12.1 mg/100 g	13.2 mg/100 g
Magnesium ⁱ⁾	0.74 mg/100 g	0.55 mg/100 g

^{a)} Drying by heating under atmospheric pressure method.

^{b)} Kjeldahl method.

^{c)} Soxhlet extraction method.

^{d)} Direct incineration.

^{e)} 100 - (water + protein + lipid + ash + caffeine + tannin).

^{f)} High pressure liquid chromatography.

^{g)} "Official methods of analysis of tea" determined by National Research Institute of Tea (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries).

^{h)} Hydrazine absorption method.

ⁱ⁾ Atomic absorption method.

^{j)} Sensitivity limit 1 mg/100 g.

phate oxidase 系による酵素法 (和光純薬株式会社, トリグリセライド G テストワコー)¹⁷⁾, リン脂質は phospholipase D と choline oxidase を用いた酵素法 (和光純薬株式会社, フォスフォリビッド B テストワコー)¹⁸⁾ により, それぞれの測定キットを用いて測定した。

肝臓総コレステロール, 中性脂肪 および リン脂質は N₂ 流入下にて乾固後, 上記と同様の酵素法を用いて測定した。

有意差の検定は Cochran-Cox' method の t 検定を用いた。

4. 果糖誘導性高脂血症 Wistar ラット (以下 FHR と略す) の血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

1) 実験動物および飼育条件 日本ラット株式会社より購入した3週齢雄の Wistar ラットを用い, SHR の場合と同様の条件下で6週間飼育した。

2) 飼育方法および実験群 各群の初体重の平均が同じになるように (42~43 g) 5~8 匹ずつ6群に分け, CE-II 給与の群を標準食群とし, 他の群には 74% の割合で果糖を含む高果糖食 (粉食) を給与し, 茶投与群の対照となる群を HF 群とした。飲料水は, 標準食群と HF 群には水道水を, 他の4群には SHR の場合と同様の各種浸出液を FCI 群, FCII 群, FOI 群, FOII 群に投与し, 自由摂取させた。

高果糖食の飼料組成を Table 2 に示した。

3) 測定項目 体重および CE-II 摂取量は, 実験1と同様の方法で測定した。高果糖食摂取量は, 1日おきに

Table 2. Composition of the high fructose diet.

Component	(%)
Fructose	74.0
Casein	17.7
DL-Methionine	0.3
Corn oil	1.0
Mineral mixture ^{a)}	4.0
Vitamin mixture ^{b)}	1.0
Powdered cellulose	2.0
Choline chloride (mg/diet·kg)	100

^{a)} Mineral mixture (mg/diet·100 g): NaCl 0.173, MgSO₄·7H₂O 0.266, NaH₂PO₄·H₂O 0.347, KH₂PO₄ 0.954, CaH₄(PO₄)₂·H₂O 0.54, CaC₂H₃O₃ 1.3, FeC₆H₇O₈ 0.118.

^{b)} Vitamin mixture (mg/diet·100 g): VA 1,200 (IU), VD₃ 240 (IU), VB₁ 1.5, VB₂ 1.5, VB₆ 1.0, VB₁₂ 5.0 (μ g), VE 10.0, VK₃ 0.20, biotin 0.01, D-pantothenic acid calcium 2.0, β -aminobenzoic acid 10.0, niacin 10.0, inositol 15.0, folic acid 0.20, choline chloride 300.

残渣を測定し, 1日当たりの摂取量を算出した。

実験結果

1. SHR の血圧, 血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

1) 発育に及ぼす影響 実験期間中のラットの体重および1日当たりの飼料摂取量を Fig.1 に示した。

ラットは各群良い発育を示し, 1日当たりの飼料摂取量とともに各群の間に差はみられなかった。

2) 血圧に及ぼす影響 実験期間中のラットの血圧の変化を Fig.2 に示した。

実験開始直後ではほぼ同じ値を示した各群の平均血圧は, ラットの発育に伴い実験開始4週の時点までは各群上昇していったが, 5週以降は対照群がいちばん急激な上昇を示し, 次いで, 中国緑茶投与群, 烏龍茶投与群の順に上昇した。

中国緑茶投与群では, 5週の時点で平均血圧が対照群の 181 mmHg に対し, CI 群: 173 mmHg ($p<0.01$), CII 群: 172 mmHg ($p<0.01$) と有意に低値を示した。6週, 7週の時点においても対照群に対し CI 群・CII 群が有意に低値を示し, 7週の時点では対照群の平均血圧 204 mmHg に対し, CI 群: 187 mmHg ($p<0.01$), CII 群: 191 mmHg ($p<0.05$) と低値を示した。さらに8週の時点においても対照群の平均血圧: 205 mmHg に対し, CI 群: 196 mmHg ($p<0.05$) と有意に低値を示した。

烏龍茶投与群においても実験開始5週の時点で対照群に対し平均血圧が OI 群: 171 mmHg ($p<0.01$), OII 群: 175 mmHg ($p<0.05$) と有意に低値を示した。さらに6週, 7週, 8週と OI 群, OII 群の平均血圧は低値を示し, 8週の時点においては対照群: 205 mmHg に対し, OI 群: 195 mmHg ($p<0.05$), OII 群: 187 mmHg ($p<0.01$) と有意に低値を示した。

3) 血漿脂質に及ぼす影響 血漿脂質の測定結果を Fig.3 に示した。

中国緑茶投与群では, CI 群, CII 群共に対照群との間に有意の差はみられなかった。

烏龍茶投与群では, 総コレステロールの平均値は対照群に対し OII 群が高値を示しているが, 両者間に有意の差はみられなかった。一方, HDL コレステロールは, 対照群の 24 mg/dl に対し, OII 群が 30 mg/dl と有意の差 ($p<0.01$) で高値を示した。総コレステロールに対する HDL コレステロールの割合を試算してみたところ, 対照群の 59% に対し OII 群が 66% と有意の差 ($p<0.01$) で高い値を示し, 計算式 [(総コレステロール-HDLコレステロール)/HDLコレステロール] より算出した動脈硬化指数は, 対照群の 0.75 に対し OII 群は

Fig.1. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on body weight and food intake in SHR for 8 weeks.

The results are expressed as means $\pm$ S.E.M.

×, control ($n=8$); O, CI ($n=8$); ▲, CII ($n=8$); ●, OI ($n=8$); △, OII ($n=8$).

Fig.2. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on the blood pressure in SHR for 8 weeks.

The results are expressed as means $\pm$ S.E.M.

×, control ($n=8$); O, CI ($n=8$); ▲, CII ($n=8$); ●, OI ($n=8$); △, OII ($n=8$).

Significantly different from control group, a) : $p < 0.05$, b) : $p < 0.01$.

Fig.3. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on plasma lipids in SHR for 8 weeks.

The results are expressed as means±S.E.M.

Chol: total cholesterol and HDL cholesterol (*: HDL cholesterol), TG: triglyceride, PL: phospholipid.

Significantly different from control group, a): $p < 0.05$, b): $p < 0.01$.

0.50 となり明らかに改善された。

中性脂肪は、対照群の 38 mg/dl に対し OI 群: 31 mg/dl ($p < 0.05$), OII 群: 32 mg/dl ($p < 0.05$) となり、いずれも有意の差で低値を示した。

リン脂質は、対照群の 78 mg/dl に対し OII 群が 86 mg/dl と有意の差 ($p < 0.01$) で高値を示した。

4) 肝臓脂質に及ぼす影響 肝臓脂質の測定結果を Table 3 に示した。

総コレステロールは対照群に対し、CI 群、CII 群、OI 群、OII 群いずれも低値を示した。

中性脂肪は、対照群に対し OII 群が低値を示す傾向 ($p < 0.1$) がみられた。

2. FHR の血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

1) 発育に及ぼす影響 実験期間中のラットの体重および 1 日当たりの飼料摂取量を Fig.4 に示した。

対照となる HF 群と FCII 群、FCII 群および FOI 群の間には、体重および 1 日当たりの飼料摂取量に差はみられなかった。FOII 群は、HF 群に対し実験開始 1~2 週の時点において発育の遅れが観察され、1 日当たりの飼料摂取量も少ない傾向がみられた。しかし、実験開始 3 週以降、FOII 群の体重は HF 群のそれと平行の曲線を描いており、1 日当たりの飼料摂取量にも差はみられなくなった。

2) 血漿脂質に及ぼす影響 血漿脂質の測定結果を Fig.5 に示した。

Table 3. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on liver lipids in SHR for 8 weeks.

Group	n	TC (mg/g)	TG (mg/g)	PL (mg/g)
Control	8	3.0±0.1	15.9±1.1	24.7±0.5
CI	8	2.8±0.1 ^{a)}	16.4±1.2	24.2±0.7
CII	8	2.7±0.0 ^{b)}	14.6±0.7	24.2±0.4
OI	8	2.7±0.0 ^{b)}	16.3±1.1	24.6±0.4
OII	8	2.6±0.0 ^{b)}	12.8±1.0	24.3±0.4

The results are expressed as means±S.E.M.

TC: total cholesterol, TG: triglyceride, PL: phospholipid. Significantly different from control group, a) $p < 0.05$, b) $p < 0.01$.

標準食群と比較して高果糖食を摂取させることにより、HF 群の血漿コレステロール、中性脂肪およびリン脂質の上昇が有意の差で認められた。

中国緑茶投与群においては、総コレステロールは HF 群: 139 mg/dl に対し FCII 群: 116 mg/dl ($p < 0.05$), HDL コレステロールは HF 群: 49 mg/dl に対し FCII 群: 41 mg/dl ($p < 0.01$) といずれも有意の差で低値を示した。中性脂肪は、HF 群: 219 mg/dl に対し FCII 群: 153 mg/dl と有意の差 ($p < 0.05$) で低値を示した。リン脂質は、HF 群と FCII 群の間に有意の差はみられなかった。

Fig. 4. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on body weight and food intake in Wistar rats fed on the high fructose diet for 6 weeks.

The results are expressed as means.

×, standard ($n=7$); ■, HF ($n=8$); ○, FCI ($n=8$); ▲, FCI I ($n=5$); ●, FOI ($n=7$); △, FOI I ($n=5$).

Fig. 5. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on plasma lipids in Wistar rats fed on the high fructose diet for 6 weeks.

The results are expressed as means $\pm$ S.E.M.

Chol: total cholesterol and HDL cholesterol (* HDL cholesterol), TG: triglyceride, PL: phospholipid.

Significantly different from standard group, a): $p < 0.01$.

Significantly different from HF group, b): $p < 0.05$, c): $p < 0.01$.

烏龍茶投与群においては、FOI群、FOI I群ともにHF群に対して中性脂肪の上昇が抑制され、HF群: 219 mg/dl に対し FOI群: 145 mg/dl ($p < 0.05$), FOI I群:

126 mg/dl ($p < 0.01$) と有意の差で低値を示し、標準食群: 133 mg/dl と FOI群、FOI I群との間に有意の差がみられなくなった。

3) 肝臓脂質に及ぼす影響 肝臓脂質の測定結果を Table 4 に示した。

標準食群と比較して、高果糖食を摂取させることによりラットの肝臓中の総コレステロール・中性脂質・リン脂質の蓄積が認められた。

HF 群と比較して中国緑茶、烏龍茶を投与した群は、いずれも肝臓脂質に有意の影響は与えなかった。

考 察

SHR を用いた実験においては各群順調な発育を示し、体重および 1 日当たりの飼料摂取量に各群の間で差がみられなかったことから、飲料水として投与した中国緑茶・烏龍茶は、8 週間の飼育では SHR の発育に影響を与えなかった。

FHR を用いた実験においては、HF 群と比較して実験開始 1~2 週の時点で FOII 群の発育が悪く、1 日当たりの飼料摂取量も少ない傾向がみられた。3 週齢のラットに味の濃い 5 倍濃度液の烏龍茶を投与したために飲み慣れるまで時間を要したことが原因であり、十分飲料水を飲んでいない間飼料摂取量も少なく、発育の伸びも遅れた、と考えている。しかし、実験開始 3 週以降は、FOII 群のラットも順調な発育をみせ、Fig. 4 に示すとおり体重曲線は HF 群と平行的な曲線を描いていることから、また、SHR の体重曲線からも OII 液にはラットの発育を抑制する作用があるとは考えていない。

SHR の血圧は、Fig. 2 からも明らかなように、ラットの発育に伴い対照群では実験開始 6 週の時点まで直線的に上昇し、7 週・8 週の時点でもゆるやかなカーブではあるが上昇を続けている。一方、中国緑茶投与群、烏龍茶投与群の血圧は、実験開始 4 週の時点では対照群と同

様に直線的に上昇していくが、その後飼育終了時まで血圧の上昇は抑制された。

青木ら¹⁹⁾は、SHR にハトムギ茶を投与した場合の血圧への影響について検討しているが、ハトムギ茶には有意の血圧上昇抑制効果はみられなかった、と報告している。一方、茶の浸出液に含まれるカフェインには血圧を上昇させる作用があると報告されている²⁰⁾。一方、Henry と Larson²¹⁾ は、ストレスを与えた CBA マウスにカフェインを除去した緑茶を投与した場合、血圧の上昇が抑制されたことを報告しており、緑茶に含まれるエピカテキン、エピカテキンガレートといったポリフェノール類が血圧の上昇抑制に関与していると推察している。

SHR における血圧上昇抑制効果に関しては、離乳直後からの検討では効果がみられるが、血圧が急激に上昇する 10 週齢からの検討では効果がみられなかった、という高タンパク質食給与の報告²²⁾がある。一方では、10 週齢からの投与でも投与後 1 週から効果がみられたというシイタケの浸出液に関する報告²³⁾もある。

遺伝的因子が高血圧発症に強い関係をもっている SHR²³⁾²⁴⁾ に中国緑茶、烏龍茶を投与した場合、シイタケの浸出液のように投与直後から血圧の上昇が抑制された、という効果はみられなかった。しかし、血圧が急激に上昇する 9~12 週齢の期間、5 倍濃度液だけでなく私達が日常飲用する普通濃度液においても血圧の上昇抑制が観察された。中国緑茶、烏龍茶投与を 13 週齢以降も実施した場合、血圧の上昇抑制効果がその後も引き続き観察されるかどうか、についてはさらに検討が必要である。しかし、SHR の発育期に中国緑茶、烏龍茶を投与することは、血圧の上昇を抑制する効果があると考えられる。

SHR を用いた実験では、血漿脂質のそれぞれについて対照群と CI 群、CII 群との間に有意の差はみられなかった。しかし、OI 群、OII 群においては対照群と比較して血漿中の中性脂肪が低値を示した。一方、OII 群は HDL コレステロールが高値を示し、それに伴い総コレステロールに対する HDL コレステロールの割合も高値を示した。

FHR を用いた実験では、Wistar ラットに高果糖食を摂取させることによって、実験的に高脂血症の状態を作成した。果糖の脂質代謝に及ぼす影響はすでに多く報告されており^{25)~28)}、高果糖食を摂取した HF 群は、標準食群と比較して有意の差で血漿および肝臓中の脂質が高値を示した。

血漿中の中性脂肪は、FCII 群、FOI 群および FOII 群いずれも有意に上昇が抑制され、烏龍茶投与群においては標準食群との差がみられなくなった。総コレステロー

Table 4. Effects of Chinese green tea and Oolong tea on liver lipids in Wistar rats fed on the high fructose diet for 6 weeks.

Group	"	TC (mg/g)	TG (mg/g)	PL (mg/g)
Standard	7	2.8±0.0	12.7±1.0	24.3±0.4
HF (Control)	8	3.3±0.1 ^{b)}	21.4±2.5 ^{a)}	26.6±0.5 ^{b)}
FCI	8	3.3±0.1	18.0±1.9	26.6±0.5
FCII	5	3.4±0.1	21.3±3.1	27.0±0.7
FOI	7	3.2±0.2	18.2±2.3	24.5±0.9
FOII	5	3.0±0.1	19.3±3.7	24.4±0.8

The results are expressed as means±S.E.M.
TC: total cholesterol, TG: triglyceride, PL: phospholipid. Significantly different from standard group, a) $p<0.02$, b) $p<0.01$.

ルは、FCII 群が低値を示したが、総コレステロールに対する HDL コレステロールの割合に変化はみられなかった。

中国茶が脂質代謝に影響を及ぼすという報告の中で、宮川ら⁹⁾は、飲料水として投与した烏龍茶は、ラットの血漿総コレステロールおよび中性脂肪の上昇を抑制した、と報告している。窪村ら⁹⁾は、中国緑茶のエキスが dd 系マウスの血中コレステロールの上昇および肝臓でのコレステロールの蓄積を抑制し、その活性物質はエピカテキンガレートとエピガロカテキンガレートである、と報告している。木村ら¹³⁾は、烏龍茶の抽出エキスの投与は、過酸化脂質投与ラットの血清中のコレステロール、遊離脂肪酸、中性脂肪の上昇および肝臓でのコレステロール、過酸化脂質の蓄積を抑制した、と報告しており、Sano ら¹⁰⁾は、普洱茶はラットの血漿中のコレステロールおよび中性脂肪の上昇を抑制した、と報告している。

茶葉および浸出液中に含まれるポリフェノール化合物のカテキン類に抗酸化作用があることは、すでに報告されている²⁾⁻⁶⁾。このポリフェノール化合物の脂質代謝に及ぼす影響についての報告²⁹⁾⁻³⁴⁾のなかで、Chaudhari と Hatwalne²⁹⁾は、エピカテキンがラットの肝臓中のコレステロールの蓄積を抑制する作用があることを報告している。Okuda ら³¹⁾および Kimura ら³²⁾⁻³³⁾は、緑茶中のエピガロカテキンガレートがアドレナリンおよび ACTH による脂肪動員を抑制することを報告している。また、緑茶の抽出エキスが過酸化脂質投与ラットの脂質代謝を好転させたと考えられる原因物質はカテキン類であり、烏龍茶には、肝臓中の過酸化脂質生成抑制、脂肪組織からの脂肪動員抑制、腸管での脂質吸収抑制および末梢組織での脂質利用促進の作用があるのではないかと推測している¹³⁾。一方、福與ら¹¹⁾と Muramatsu ら¹²⁾は、茶葉中のカテキン類が食餌由来のコレステロールおよび胆汁酸の吸収ならびに再吸収を阻害し、これらの糞中への排泄を促進させるため血中のコレステロールの上昇を抑制する、と報告している。

今回の実験では、5 倍濃度烏龍茶投与により SHR の血漿 HDL コレステロールが高値を示し動脈硬化指数が改善され、5 倍濃度中国緑茶投与により果糖負荷ラットの血漿中の総コレステロールおよび HDL コレステロールの上昇が抑制された。HDL コレステロールは虚血性心疾患の発生とは逆の相関にあり³⁵⁾、末梢組織コレステロールの肝臓への輸送に関与している³⁶⁾ことなどから、抗動脈硬化作用をもつものとして重要視されている³⁷⁾。上述した報告例⁹⁾⁻¹⁰⁾同様、今回の中国茶の投与は、ラットのコレステロール代謝を好転させた。

実験に使用した普通濃度の中国緑茶、烏龍茶の成分分

析値を Table 1 に示した。緑茶に含まれているタンニンの約 75% 以上はカテキンであり¹⁾、福與ら¹¹⁾、Muramatsu ら¹²⁾は緑茶のカテキンを抽出しており、木村ら¹³⁾も烏龍茶のカテキンを定量している。これらのことから、今回使用した中国緑茶、烏龍茶の作用は、浸出液中に含まれているタンニンの中のカテキンによるもの、と推察される。

また、5 倍濃度中国緑茶、普通および 5 倍濃度烏龍茶投与により果糖負荷ラットの血漿中の中性脂肪の上昇が抑制された。一方、肝臓での中性脂肪の蓄積は認められなかった。果糖負荷により血漿脂質が上昇するのは、果糖から acyl-CoA や α -グリセロリン酸への変換が大きいこと、lipoprotein lipase に対して活性促進作用が少ないこと、acetyl-CoA carboxylase, fatty acid synthetase, malic enzyme といった脂肪酸合成に関与する酵素の活性が増加すること、などの理由が明らかにされている^{25)-28),38),39)}。SHR の血漿中性脂肪が低値を示していることから、中国茶の投与により中性脂肪の分解が促進されたもの、と推察される。

今回の実験結果より、中国緑茶および烏龍茶にはラットの脂質代謝を好転させる作用があり、これらは浸出液中に含まれているカテキン類の影響によるものである、と推察される。中国茶が脂質代謝のメカニズムのなかでどのような作用を及ぼすのか、上述した酵素活性のレベルもふまえて、さらに検討を続けたいと考えている。

要 約

1. SHR の血圧、血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

4 週齢、平均体重 58~59 g、雄の SHR を 8 週間飼育し、飲料水として 90°C 以上の熱湯にて 5 分間浸出させた中国緑茶 (CI 群)、5 倍濃度中国緑茶 (CII 群)、烏龍茶 (OI 群)、5 倍濃度烏龍茶 (OII 群) を投与した場合、中国緑茶および烏龍茶が SHR の血圧および血漿・肝臓脂質に及ぼす影響について検討した。

血圧は、対照群と比較して中国緑茶および烏龍茶を投与することにより、各群実験開始後 5 週より有意の差で低値を示しはじめ、その血圧上昇抑制効果は CII 群においては 7 週、CI 群、OI 群および OII 群においては 8 週の時点まで観察された。

血漿脂質では HDL コレステロールが対照群と比較して、OII 群が有意に高値を示し、総コレステロールに対する HDL コレステロールの割合も有意の差で高値を示した。中性脂肪は、対照群と比較して OI 群および OII 群が有意の差で低値を示した。

肝臓脂質の中性脂肪は、対照群と中国緑茶および烏龍茶投与群の間に有意の差はみられなかった。

2. 果糖誘導性高脂血症 Wistar ラットの血漿脂質・肝臓脂質に及ぼす中国緑茶・烏龍茶の影響

3週齢, 平均体重 42~43g, 雄の Wistar ラットを 74% の割合で果糖を含む高果糖食で6週間飼育し, SHR を用いた場合と同様に飲料水として中国緑茶および烏龍茶を投与し, ラットの血漿・肝臓脂質に及ぼす影響について検討した。

高果糖食で飼育することによって, 高果糖食摂取群の対照となる HF 群は, 標準食群に対し血漿および肝臓中の脂質が有意に高値を示した。

HF 群に対し FCII 群は血漿中の総コレステロールおよび HDL コレステロールの上昇を有意の差で抑制した。中性脂肪は, FCII 群, FOI 群および FOII 群において有意の差で上昇が抑制された。

肝臓脂質は, HF 群と中国緑茶および烏龍茶投与群の間に有意の差はみられなかった。

終わりに本研究を実施するにあたり, 試料の中国緑茶, 烏龍茶を提供していただきましたサントリー株式会社食品研究所所長 井上繁博士に深謝の意を表し, 試料の調製にご尽力くださいました飲料開発研究室 井上文夫氏はじめ皆さまに感謝いたします。

なお, 本研究を遂行するにあたり, 多大なご指導, ご校閲をいただきました女子栄養大学 小池五郎教授に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 杉田浩一, 堤 忠一, 森 雅央: 新編 日本食品事典 (1982) 医歯薬出版 (東京)
- 2) 梶本五郎: 食品工誌, 10, 1 (1963)
- 3) 梶本五郎: 食品工誌, 10, 3 (1963)
- 4) 梶本五郎, 池田裕二郎, 向井克憲: 栄養と食糧, 22, 473 (1969)
- 5) 守 康則, 三谷瑠子: 家政学雑誌, 29, 148 (1978)
- 6) 松崎妙子, 原 征彦: 農化, 59, 129 (1985)
- 7) Henry, J.P. and Stephens, P.: *Hypertension*, 6, 437 (1984)
- 8) 宮川豊美, 川村一男: 医学と生物, 103, 213 (1981)
- 9) 窪村安司, 千坂武司, 松田久司, 山原條二, 沢田徳之助, 藤村 一: 日本生薬学会第 32 回年会講演要旨集, 19 (1985)
- 10) Sano, M., Takenaka, Y., Kojima, R., Saito, S., Tomita, I., Katou, M. and Shibuya, S.: *Chem. Pharm. Bull.*, 34, 221 (1986)
- 11) 福眞眞弓, 原 征彦, 村松敬一郎: 栄食誌, 39, 495 (1986)
- 12) Muramatsu, K., Fukuyo, M. and Hara, Y.: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 32, 613 (1986)
- 13) 木村善行, 奥田拓道, 毛利和子, 奥田拓男, 有地滋: 栄食誌, 37, 223 (1984)
- 14) Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S.: *J. Biol. Chem.*, 226, 497 (1957)
- 15) Allain, C.C., Poon, L.S., Chan, C.S.G., Richmond, W. and Fu, P.C.: *Clin. Chem.*, 20, 470 (1974)
- 16) Steele, B.W., Koehler, D.F., Azar, M.M., Blaszkowski, T.P., Kuba, K. and Dempsey, M.E.: *Clin. Chem.*, 22, 98 (1976)
- 17) 仁科甫啓: 臨床検査, 22, 臨時増刊, 1304 (1978)
- 18) Takayama, M., Itoh, S., Nagasaki, T. and Tanimizu, I.: *Clin. Chim. Acta*, 79, 93 (1977)
- 19) 青木みか, 辻原命子: 家政学雑誌, 35, 89 (1984)
- 20) 渋谷 健, 原 一恵: 医薬ジャーナル, 21, 79 (1985)
- 21) 岡本耕三, 鈴木康之, 伊藤浩行, 森田信子: 高血圧及び脳卒中の予防と生活環境因子に関する総合研究, 中間報告, 科学技術庁 研究調整局, 105 (1976)
- 22) 樋口 満, 大島寿美子, 鈴木慎次郎: 栄養学雑誌, 36, 119 (1978)
- 23) Hisao Tanase: 実験動物, 28, 519 (1979)
- 24) 小林克祐: 疾患モデル動物ハンドブック (1979) 医歯薬出版 (東京)
- 25) 平沢美美子, 下垣玲子, 時田昭枝, 深川卯子, 小池五郎, 吉川春寿: 栄養と食糧, 25, 328 (1972)
- 26) 小池多子, 鳥山順子, 小池五郎: 脂質生化学研究, 17, 265 (1975)
- 27) 饒村 護, 篠原力雄, 石黒伊三雄: 栄養と食糧, 29, 391 (1976)
- 28) 饒村 護, 篠原力雄, 石黒伊三雄: 栄養と食糧, 31, 33 (1978)
- 29) Chaudhari, P.N. and Hatwalne, V.C.: *Ind. J. Nutr. Diet.*, 14, 136 (1977)
- 30) Roy, S.N. and Mukherjee, S.: *Indian J. Biochem. Biophys.*, 16, 294 (1979)
- 31) Okuda, T., Kimura, Y., Yoshida, T., Hatano, T., Okuda, H. and Arichi, S.: *Chem. Pharm. Bull.*, 31, 1625 (1983)
- 32) Kimura, Y., Okuda, H., Okuda, T., Yoshida, T., Hatano, T. and Arichi, S.: *Chem. Pharm. Bull.*, 31, 2497 (1983)
- 33) Kimura, Y., Okuda, H., Okuda, T., Yoshida, T., Hatano, T. and Arichi, S.: *Chem. Pharm. Bull.*, 31, 2501 (1983)
- 34) Kimura, Y., Okuda, H., Okuda, T., Hatano, T., Agata, I. and Arichi, S.: *Planta Med.*, 50, 473 (1984)
- 35) Miller, G.J. and Miller, N.E.: *Lancet*, 1, 16 (1975)
- 36) Glomset, J.A.: *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 1129 (1970)
- 37) 佐々木憲裕, Jackson, R.L., Srivastava, L.S., Glueck, C.J., Kashyap, M.L., 斎藤 康, 熊谷朗: 動脈硬化, 11, 477 (1983)
- 38) Michaelis, O.E.IV., Nace, C.S. and Szeresi, B.: *J. Nutr.*, 105, 1186 (1975)
- 39) Waterman, R.A., Romsos, D.R., Tsai, A.C., Miller, E.R. and Leveille, G.A.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 150, 220 (1975)

(1987年3月19日受理)