

報 文

鶏卵の摂取がラットの血中コレステロール濃度に及ぼす影響

小川宣子, 山田 和, 山中なつみ

中部大学応用生物学部

要 旨

鶏卵の摂取が血中コレステロール濃度に及ぼす影響について、摂取方法をふまえて評価することを目指し、鶏種の違いと熱変性が卵白の血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響を調べた。白色レグホーン、岐阜地鶏、奥美濃古地鶏の卵白を高コレステロール食とともにラットに 10 日間摂取させた結果、血中 LDL-コレステロール濃度は各々 49, 72, 61 mg/100ml となった。比較としてカゼインを摂取させたラットの 106 mg/100ml に比べて有意に低く、いずれの鶏種の卵白も血中コレステロール濃度の上昇を抑制し、これら 3 鶏種においてはその作用に差はないことが示された。白色レグホーン種の卵を殻付きのまま 85℃ まで加熱したゆで卵の卵白と生卵白について同様に比較した結果、熱変性した卵白も生卵白と同様に血中コレステロール濃度の上昇を抑制した。さらに、全卵として摂取した場合の卵白と卵黄の相互作用を検討したところ、卵白の摂取は肝臓におけるコレステロールの分解を促進すること、卵黄の摂取はコレステロールの吸収を抑制することが示唆された。しかし、全卵として卵白と卵黄をともに摂取させたラットでは、コレステロールの吸収抑制は認められたが、コレステロールの分解促進は認められなかった。

キーワード: 卵白, 卵黄, コレステロール, 熱変性, ラット

1. 緒言

鶏卵は良質なタンパク質源として栄養的に優れた食品であるとともに、熱凝固性、起泡性、乳化性など様々な調理性をもつことから、今日の食生活に欠くことのできない食品となっている。その一方で、卵黄のコレステロール含量が高いことから、動脈硬化の原因になる食品として鶏卵の摂取を避ける傾向も認められる。しかし、鶏卵の摂取は必ずしも血中コレステロール濃度を上昇させるものではないことが国内外で以前より報告されている(大島ら, 1975; Kummerow et al., 1977; Flynn et al., 1979; 辻ら, 1981)。コレステロール含量の高い鶏卵を摂取しても血中コレステロール濃度が上昇しない原因のひとつとして、卵黄に含まれるリン脂質の作用があげられる。大豆や卵黄由来のリン脂質には血中コレステロール濃度の上昇抑制作用が認められており(Imaizumi et al., 1989; Iwata et al., 1992; 黒田ら, 1997; Jiang et al., 2001)、リン脂質が腸管内でコレステロールとミセルを形成し

て吸収を阻害することが要因と考えられている(Reynier et al., 1985)。また、卵黄とともに摂取する卵白タンパク質にも、血中コレステロール上昇抑制作用が認められている(Asato et al., 1996; Sugiyama et al., 1986; 小田ら, 2002; Matsuoka et al., 2008)。卵白タンパク質によるコレステロールの吸収阻害(Matsuoka et al., 2008)や、卵白タンパク質に多く含まれる含硫アミノ酸によってコレステロール 7 α 水酸化酵素の遺伝子発現が誘導され、肝臓におけるコレステロールの分解が促進されることなどが報告されている(Sugiyama et al., 1986; 小田ら, 2002)。

このように鶏卵の摂取が血中コレステロール濃度に及ぼす影響について、これまで卵黄や卵白に含まれる個々の成分の作用が検討されてきた。しかし、実際の食生活において鶏卵は、全卵を加熱調理して摂取される場合が多く、また、様々な加工食品にも利用されている。調理加工に伴って卵黄や卵白の性状が変化することで、血中コレステロール濃度に及ぼす影

響が変化する可能性は大きい。また、今日では様々な種類の鶏卵が市販されている。小川らは産卵鶏種の違いによって卵白の熱凝固性が異なることを明らかにしており(小川ら, 2000), 卵白の主要タンパク質であるオボアルブミンやオボムチンの構造や構成割合が鶏種によって異なることが要因と考察した。このような鶏種による卵白構成タンパク質の性状の違いが, 血中コレステロール上昇抑制作用にも影響を及ぼす可能性が考えられる。よって, これまでに検討されてきた卵黄や卵白の成分の作用について, 実際の鶏卵の摂取方法をふまえた評価を行うことが今後の課題であり, 健康の維持増進が重要視される今日の食生活において, 鶏卵のより有効な選択, 活用につながるものと考えられる。

そこで本研究では, はじめに卵白の血中コレステロール上昇抑制作用について鶏種の影響を検討した(実験 1)。さらに, 加熱調理して摂取した場合として卵白の熱変性が血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響(実験 2)を, 全卵として摂取した場合における卵白と卵黄の相互作用(実験 3)について検討した。

2. 方法

【実験1】鶏種の違いが卵白の血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響

(1) 試料

代表的な卵用種である白色レグホーン種と日本在来種のひとつである岐阜地鶏, さらに岐阜地鶏からロードアイランドレッド種などとの交配によって開発された奥美濃古地鶏の3鶏種について検討した。いずれも岐阜県養鶏研究所より提供された鶏卵を用い, 卵白卵黄分離器で採取した卵白を凍結乾燥し乾燥卵白を調製した。比較として同じ動物性タンパク質であるカゼイン(オリエンタル酵母㈱)を用いた。

(2) 飼料組成

実験に用いた飼料の組成を表1に示した。カゼインを20%含む AIN-93G 飼料組成(Reeves et al., 1993)を基本とし, コレステロールの吸収や代謝に影響を及ぼす可能性のあるセルロースとシスチン(Sugiyama et al., 1986)を β -コーンスターチに置換した飼料に, コレステロール1%とコール酸ナトリウム0.25%を加えた高コレステロール飼料をカゼイン添加飼料とした。卵白添加飼料は, 鶏種の異なる卵から各々調製した乾燥卵白でカゼインを置換した。

(3) 実験動物

6週令のWistar系雄ラット(日本チャールズ・リバー㈱)16匹を用い, 一般飼育用固形飼料(オリエンタル酵母工業㈱)を与えて4日間予備飼育した後, 4群(各群4匹)に分け, カゼイン添加飼料あるいは鶏種の異なる卵白添加飼料を与えて10日間飼育した。カ

表1 飼料組成(実験1,2)

	(g)		
	AIN-93G 飼料組成	カゼイン 添加飼料	卵白 添加飼料
乾燥卵白	—	—	20.00
カゼイン	20.00	20.00	—
シスチン	0.30	—	—
大豆油	7.00	7.00	7.00
α -コーンスターチ	13.20	13.20	13.20
β -コーンスターチ	39.75	45.05	45.05
シュクロース	10.00	10.00	10.00
セルロース	5.00	—	—
AIN-93G ミネラル混合	3.50	3.50	3.50
AIN-93 ビタミン混合	1.00	1.00	1.00
重酒石酸コリン	0.25	0.25	0.25
第三ブチルヒドロキノン	0.0014	0.0014	0.0014
コレステロール	—	1.00	1.00
コール酸ナトリウム	—	0.25	0.25

ゼイン添加飼料を与えたラットをカゼイン群、鶏種の異なる卵白添加飼料を与えたラットを各々白色レグホーン群、岐阜地鶏群、奥美濃古地鶏群とした。

(4) 飼育条件

飼育はステンレス製個別ケージを用い、飼育温度 24℃、飼育湿度 60%、12 時間ごとの明暗周期(暗期 10:00~22:00)の環境で 10 日間飼育した。各飼料は毎日 18:00 に交換し、飼料と水は自由摂取とした。

(5) 血中脂質濃度の測定

飼育開始時と終了時に 16 時間絶食後、ラット尾静脈よりヘパリン処理した毛細管を用いて採血を行い、遠心分離により血漿を得た。総コレステロール濃度、HDL-コレステロール濃度を市販の測定キット(コレステロール E-テストワコー、HDL-コレステロール E-テストワコー、和光純薬工業(株))を用いて測定した。総コレステロール濃度から HDL-コレステロール濃度を差し引いて LDL-コレステロール濃度とした。

(6) 統計処理

測定結果は 1 群 4 匹の平均値±標準偏差で示した。各測定項目について群間で一元分散分析を行い、要因の影響が有意な場合には分散分析の誤差分散を用いて Tukey の多重比較を行った。統計処理には SPSS ver.20.0 を用い、危険率が 0.05 未満のとき有意であるとみなした。

【実験2】卵白の熱変性が血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響

(1) 試料

岐阜県養鶏研究所より提供された白色レグホーン種の卵を用いた。殻付きのまま卵白内部温度 85℃まで加熱してゆで卵を作成し、卵白部分のみを凍結乾燥して乾燥加熱卵白を調製した。また、実験 1 と同様に生卵白から乾燥生卵白を調製し、比較としてカゼインを用いた。

(2) 飼料組成

実験 1 と同様にカゼイン添加飼料を調製した。カゼインを乾燥生卵白あるいは乾燥加熱卵白で置換し、生卵白添加飼料、加熱卵白添加飼料とした。

(3) 実験動物

実験 1 と同様のラットを用いて予備飼育した後、3 群(各群 5 匹)に分け、カゼイン添加飼料、生卵白添加飼料、加熱卵白添加飼料を与えて 10 日間飼育した。カゼイン添加飼料を与えたラットをカゼイン群、生卵白添加飼料を与えたラットを生卵白群、加熱卵白添加飼料を与えたラットを加熱卵白群とした。

(4) 飼育条件

実験 1 と同様の条件で飼育した。

(5) 測定項目および方法

① **血中脂質濃度** 実験 1 と同様に行った。

② **糞中コレステロール排泄量** 飼育 5~10 日目に採取した糞を 60℃で 24 時間通風乾燥した後、重量を測定し糞排泄量とした。乳鉢で粉碎した糞に、クロロホルム・メタノール混合液(2:1)を加え、15,000rpm で 7 分間ホモジナイズした後、冷蔵庫で一日放置して脂質を抽出、定容した。一定量の抽出液を蒸発乾固後、血液と同様に総コレステロール濃度を測定した。糞排泄量を乗じて糞中コレステロール排泄量を求めた。

③ **肝臓コレステロール濃度と胆汁酸濃度** 飼育終了後、エーテル麻酔下で解剖し肝臓を摘出、左葉の下側部分約 2.5g を採取して糞と同様に脂質を抽出した。総コレステロール濃度とともに、胆汁酸濃度を市販の測定キット(総胆汁酸-テストワコー、和光純薬工業(株))を用いて測定した。

(6) 統計処理

測定結果は 1 群 5 匹の平均値±標準偏差で示し、実験 1 と同様に統計処理を行った。

【実験3】全卵の摂取が血中コレステロール濃度に及ぼす影響

(1) 試料

岐阜県養鶏研究所より提供された白色レグホーン種の卵を用いた。卵白卵黄分離器で卵白と卵黄に分け、各々凍結乾燥し乾燥卵白と乾燥卵黄を調製した。全卵における卵白と卵黄の重量比は凍結乾燥後で 1:2.15 となった。比較として、カゼインとコレステロール標準品(生化学用、和光純薬工業(株)、コレステロール含量 94.5%)を用いた。

乾燥卵白, 乾燥卵黄ならびにカゼインの窒素含量をケルダール法にて測定した結果, 各々 13.04, 5.02, 13.65 g/100g であり, ソックスレー抽出法により測定した乾燥卵黄の粗脂肪は 52.88% であった. 乾燥卵黄に含まれるコレステロールを実験 1 の糞中コレステロール濃度と同様に測定した結果 22.4 mg/g であった.

(2) 飼料組成

実験に用いた飼料の組成を表 2 に示した. AIN-93G 飼料組成のセルロースとシスチンを β -コーンスターチに置換した飼料をコントロール飼料とした.

全卵を摂取した場合の影響を調べるため, コントロール飼料のカゼイン 20.00 g を, 窒素量が同じになるように乾燥卵白 11.45 g と乾燥卵黄 24.62 g で置換した飼料を卵白-卵黄飼料とした. 乾燥卵白と乾燥卵黄の添加比率は全卵と同じになるよう 1:2.15 とした. 卵白-卵黄飼料 100g に添加した乾燥卵黄と乾燥卵白は各々生卵白 97.2 g と生卵黄 47.4 g に相当し, ラットの 1 日の飼料摂取量を 20 g とすると生の鶏卵約 29 g を摂取することとなる.

卵黄のみ摂取した場合の影響を調べるため, 卵白-卵黄飼料の乾燥卵白 11.45 g を窒素量が同じになるようカゼイン 10.94 g で置換したカゼイン-卵黄飼料を調製した. また, 卵白のみ摂取した場合の影響を調べるため, コントロール飼料のカゼイン 20.00 g を窒素

量が同じ乾燥卵白 20.94 g で置換した卵白-chol 飼料を調製した. 卵白-chol 飼料には, コレステロールと脂質含量が卵白-卵黄飼料やカゼイン-卵黄飼料と同じになるよう, コレステロール標準品 0.58 g と大豆油 12.44g を添加した. さらに, 高コレステロール飼料摂取の比較として, コントロール試料にコレステロール標準品 0.58 g を添加し, 大豆油を 12.44g としたカゼイン-chol 飼料を調製した.

いずれの飼料も β -コーンスターチで 100 g に調整し, 第三ヒドロキシキノン 0.0014 g を添加した.

(3) 実験動物

実験 1 と同様のラットを用い, コントロール飼料を与えて 1 週間予備飼育した後, 5 群 (各群 5 匹) に分けた. コントロール飼料, 卵白-卵黄飼料, カゼイン-卵黄飼料, 卵白-chol 飼料, カゼイン-chol 飼料のいずれかを与えて 10 日間飼育し, 各々コントロール群, 卵白-卵黄群, カゼイン-卵黄群, 卵白-chol 群, カゼイン-chol 群とした.

(4) 飼育条件

実験 1 と同様の条件で飼育した.

(5) 測定項目および方法

実験 2 と同様に 血中総コレステロール濃度, 血中 HDL-コレステロール濃度, 血中 LDL-コレステロール濃度, 糞中コレステロール排泄量, 肝臓コレステロール濃度を測定した.

表2 飼料組成(実験3)

	AIN-93G 飼料組成	コントロール 飼料	卵白-卵黄 飼料	カゼイン-卵黄 飼料	卵白-chol 飼料	カゼイン-chol 飼料
乾燥卵白	—	—	11.45	—	20.94	—
乾燥卵黄	—	—	24.62	24.62	—	—
カゼイン	20.00	20.00	—	10.94	—	20.00
シスチン	0.30	—	—	—	—	—
大豆油	7.00	7.00	—	—	12.44	12.44
α -コーンスターチ	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
β -コーンスターチ	39.75	45.05	35.73	36.24	37.84	38.78
シュクロース	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
セルロース	5.00	—	—	—	—	—
AIN-93G ミネラル混合	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
AIN-93 ビタミン混合	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
重酒石酸コリン	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
第三ブチルヒドロキノン	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
コレステロール標準品	—	—	—	—	0.58	0.58
コール酸ナトリウム	—	—	0.25	0.25	0.25	0.25

(g)

(6) 統計処理

実験2と同様に行った。

3. 結果および考察

【実験1】鶏種の違いが卵白の血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響

実験開始時ならびに終了時の血中総コレステロール濃度を図1(a)に示した。カゼインを含む高コレステロール飼料を摂取したカゼイン群では、実験開始時の総コレステロール濃度は72 mg/100mlであったが、終了時には135 mg/100mlに有意($p < 0.01$)に上昇した。しかし、カゼインの代わりに卵白を摂取した白色レグホーン群、岐阜地鶏群、奥美濃古地鶏群の実験終了時における総コレステロール濃度は各々84, 99, 96 mg/100mlであり、開始時に比べて有意な上昇は認められなかった。

実験開始時ならびに終了時の血中HDL-コレステロール濃度を図1(b)に、血中LDL-コレステロール濃度を図1(c)に示した。いずれの群においても実験開始時に比べて終了時の方がHDL-コレステロール濃度は低下、LDL-コレステロール濃度は上昇する傾向がみられた。カゼイン群ではHDL-コレステロール濃度が49 mg/100mlから29 mg/100mlに有意($p < 0.01$)に低下する一方、LDL-コレステロール濃度は23 mg/100mlから106 mg/100mlに有意($p < 0.01$)に上昇しており、カゼイン群における血中総コレステ

ロール濃度の上昇は、LDL-コレステロール濃度の上昇によるものであることが示された。しかし、白色レグホーン群、岐阜地鶏群、奥美濃古地鶏群における実験終了時のLDL-コレステロール濃度は、いずれもカゼイン群に比べて有意($p < 0.05$)に低く、卵白の摂取はLDL-コレステロール濃度の上昇を抑制することが示された。

鶏種の異なる卵白を摂取した3群間において、実験終了時における総コレステロール、HDL-コレステロール、LDL-コレステロール濃度のいずれにも有意差は認められなかった。本実験で比較した3鶏種では卵白の血中コレステロール上昇抑制作用に有意な違いはないことが示された。奥美濃古地鶏は岐阜地鶏から交配によって開発された鶏種であることから、これらの卵白構成タンパク質は性状が似ていたことが考えられる。一方、白色レグホーン群の終了時におけるLDL-コレステロール濃度は49 mg/100mlであり、岐阜地鶏群の72 mg/100mlや奥美濃古地鶏群の61 mg/100mlに比べて低い傾向がみられ、鶏種の違いが血中コレステロール上昇抑制作用に影響を及ぼす可能性は否定できない。キジ目やガンカモ目の卵白を構成する蛋白質は同じであったが、オボグロブリン、リゾチーム、トランスフェリン含量が異なり、同じ目での属間の構成タンパク質含量の違いは目間の差ほど大きくはないが、違いが見られた(田名部と小川, 1980a)ことから、鶏種の卵白構成タンパク質含量の

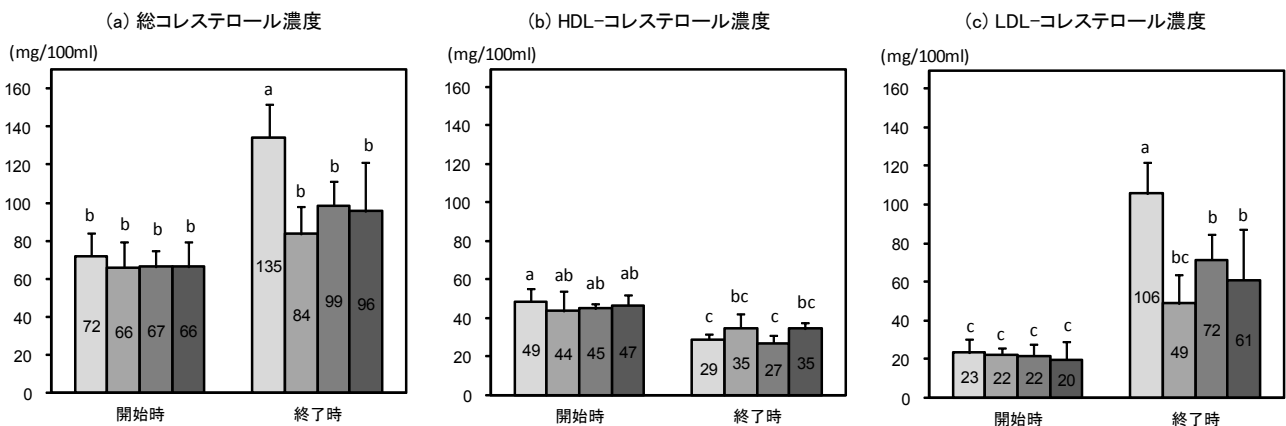


図1 鶏種の異なる卵白の摂取がラットの血中コレステロール濃度に及ぼす影響

□ カゼイン群 ■ 白色レグホーン群 ■ 岐阜地鶏群 ■ 奥美濃古地鶏群

・値は1群4匹の平均値±標準偏差を示す。

・異なるアルファベットは各測定項目において群間に有意差($p < 0.05$)があることを示す。

違いが、血中コレステロールに影響を及ぼす可能性も考えられる。また、タンパク質による血中コレステロールの上昇抑制作用は、含硫アミノ酸量との相関が高い(Sugiyama et al., 1986)ことから、今後は、卵白タンパク質の含硫アミノ酸量に注目して鶏種による違いを調べ、コレステロール上昇抑制作用を比較検討していく必要がある。

【実験2】卵白の熱変性が血中コレステロール上昇抑制作用に及ぼす影響

実験開始時ならびに終了時の血中総コレステロール濃度を図2(a)に示した。実験1と同様にカゼインを含む高コレステロール飼料を摂取したカゼイン群では、実験開始時の72 mg/100mlに比べて終了時には136 mg/100mlに有意($p < 0.01$)に上昇した。カゼインの代わりに生卵白あるいは加熱卵白を摂取した生卵白群と加熱卵白群では、実験終了時の総コレ

ステロール濃度が各々96 mg/100mlと102 mg/100mlであり、開始時に比べて有意な上昇は認められなかった。

実験開始時ならびに終了時の血中HDL-コレステロール濃度を図2(b)に、血中LDL-コレステロール濃度を図2(c)に示した。実験1と同様に高コレステロール飼料の摂取によってHDL-コレステロール濃度は低下、LDL-コレステロール濃度は上昇する傾向がみられた。しかし、実験終了時のLDL-コレステロール濃度はカゼイン群が111 mg/100mlであったのに対し、生卵白群が68 mg/100ml、加熱卵白群が69 mg/100mlと有意($p < 0.05$)に低く、卵白の摂取によってLDL-コレステロール濃度の上昇が抑制された。生卵白群と加熱卵白群に有意差はなく、熱変性した卵白も生卵白と同様にLDL-コレステロール濃度の上昇を抑制することが示された。

糞中コレステロール排泄量と肝臓におけるコレステ

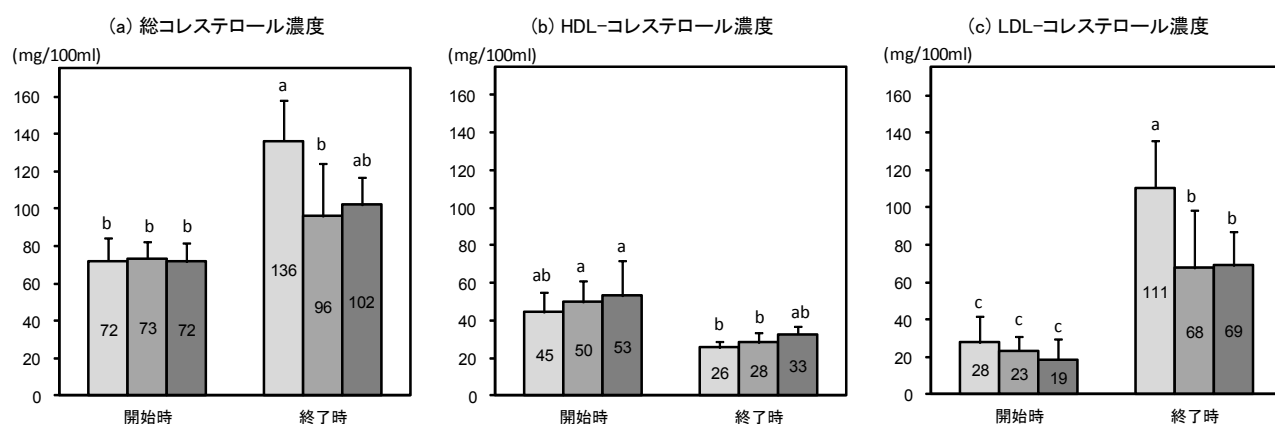


図2 熱変性した卵白の摂取がラットの血中コレステロール濃度に及ぼす影響

□ カゼイン群 ■ 生卵白群 ■ 加熱卵白群

・値は1群5匹の平均値±標準偏差を示す。

・異なるアルファベットは各測定項目において群間に有意差($p < 0.05$)があることを示す。

表3 熱変性した卵白の摂取がコレステロールの糞中排泄量と肝臓におけるコレステロール代謝に及ぼす影響

	カゼイン群	生卵白群	加熱卵白群
糞中コレステロール排泄量 (mg/4 days)	134 ± 22	124 ± 13	134 ± 18
肝臓コレステロール濃度 (mg/g)	7.91 ± 1.22 a	6.24 ± 0.29 b	6.50 ± 0.61 b
肝臓胆汁酸濃度 (μ mol/g)	0.41 ± 0.25	0.72 ± 0.26	0.80 ± 0.29

・値は1群5匹の平均値±標準偏差を示す。

・異なるアルファベットは各測定項目において群間に有意差($p < 0.05$)があることを示す。

ロール濃度ならびに胆汁酸濃度を測定した結果を表3に示した。糞中コレステロール排泄量はカゼイン群と加熱卵白群がいずれも 134 mg, 生卵白群が 124 mg であり, カゼインを摂取した場合と卵白を摂取した場合でコレステロールの糞中排泄量に差はなかった。卵白タンパク質による血中コレステロール上昇抑制作用は, 卵白タンパク質によるコレステロールの吸収阻害が原因とする報告(Matsuoka et al., 2008)もあるが, 本実験においては卵白の摂取に伴う糞中コレステロール排泄量の増加は認められなかった。

肝臓のコレステロール濃度はカゼイン群が 7.91 mg/g であったのに対し, 生卵白群が 6.24 mg/g, 加熱卵白群が 6.50 mg/g とカゼイン群に比べて有意 ($p < 0.05$) に低かった。また, 肝臓の胆汁酸濃度は個体差が大きく有意差は認められなかったが, カゼイン群の 0.41 $\mu\text{mol/g}$ に比べて, 生卵白群の 0.72 $\mu\text{mol/g}$, 加熱卵白群の 0.80 $\mu\text{mol/g}$ の方が高い傾向がみられた。卵白の摂取によって肝臓におけるコレステロール濃度は低下、胆汁酸濃度は上昇することが示された。卵白タンパク質による血中コレステロール上昇抑制の作用機序は, 肝臓における胆汁酸合成の律速酵素であるコレステロール 7 α 水酸化酵素の遺伝子発現ならびに活性が卵白タンパク質の摂取によって高まることでコレステロールの胆汁酸への分解が促進されるとともに, 肝臓からの VLDL の放出が抑制されるためであるとの報告(小田ら, 2002)がある。本実験に

おける肝臓のコレステロール濃度と胆汁酸濃度の測定結果はこの作用機序を示唆するものであった。

卵白を 70°C で 17 分間の加熱処理を行っても変性しないタンパク質が存在し, 卵白は耐熱性が異なるタンパク質から構成されていることから(田名部と小川, 1980b), この性状が血中コレステロールに影響を及ぼすと考えられた。しかし, 生卵白群と加熱卵白群においては, いずれの測定項目においても同様の結果が得られ, 卵白が凝固する 85°C までの熱変性は, 卵白の血中コレステロール上昇抑制作用に影響を及ぼさないことが示された。様々な鶏卵の摂取方法をふまえた評価として, 揚げ物や炒め物のように 100°C 以上の高温での熱変性や副材料を添加しての調理加工が及ぼす影響についてさらに検討を行う必要がある。

【実験3】全卵の摂取が血中コレステロール濃度に及ぼす影響

実験終了時の血中総コレステロール濃度を図 3(a) に示した。コレステロール無添加飼料を摂取したコントロール群の総コレステロール濃度は 75 mg/100ml であった。高コレステロール飼料を摂取した 4 群のうち, カゼイン-chol 群の総コレステロール濃度は 145 mg/dl であり, コントロール群に比べて有意 ($p < 0.01$) に高値を示した。しかし, 卵白-chol 群は 88 mg/100ml, カゼイン-卵黄群は 93 mg/100ml, 卵白-

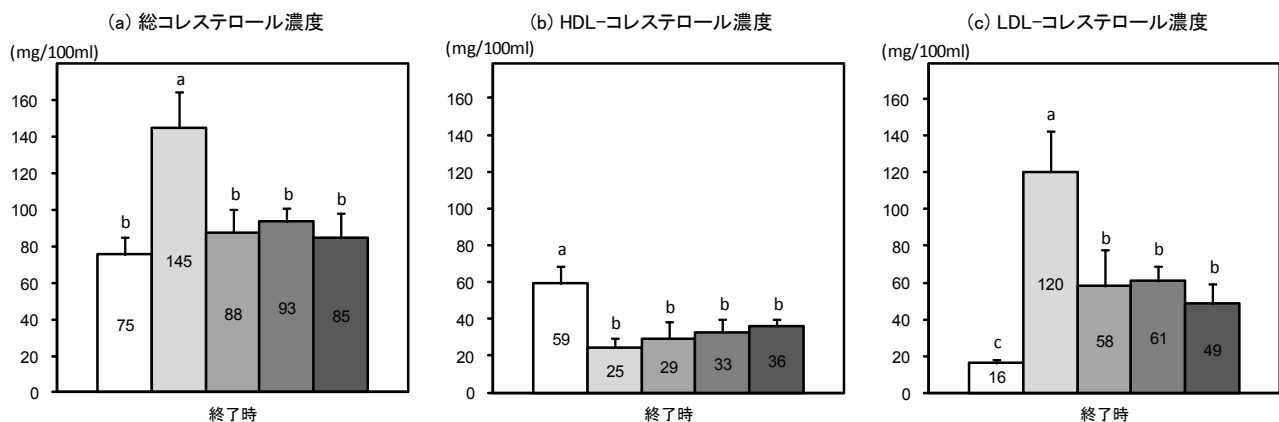


図3 全卵の摂取がラットの血中コレステロール濃度に及ぼす影響

□対照群 □カゼイン-Chol群 ■卵白-Chol群 ■カゼイン-卵黄群 ■卵白-卵黄群

・値は1群5匹の平均値±標準偏差を示す。

・異なるアルファベットは各測定項目において群間に有意差($p < 0.05$)があることを示す。

表4 全卵の摂取がコレステロールの糞中排泄量と肝臓におけるコレステロール代謝に及ぼす影響

	コントロール群	カゼイン-chol群	卵白-chol群	カゼイン-卵黄群	卵白-卵黄群
糞中コレステロール排泄量 (mg/4 days)	11.1 ± 1.8 ^d	59.3 ± 3.3 ^{bc}	48.7 ± 9.8 ^c	87.4 ± 18.2 ^a	81.1 ± 17.9 ^{ab}
肝臓コレステロール濃度 (mg/g)	2.73 ± 0.31 ^c	8.31 ± 1.60 ^a	6.28 ± 0.24 ^b	7.67 ± 1.50 ^{ab}	7.53 ± 0.68 ^{ab}

・値は1群5匹の平均値±標準偏差を示す。

・異なるアルファベットは各測定項目において群間に有意差($p < 0.05$)があることを示す。

卵黄群は 85 mg/100ml であり、いずれもコントロール群との間に有意差は認められなかった。

実験終了時の血中 HDL-コレステロール濃度を図 3(b) に、血中 LDL-コレステロール濃度を図 3(c) に示した。高コレステロール飼料を摂取した 4 群は、いずれもコントロール群に比べて HDL-コレステロール濃度が有意 ($p < 0.01$) に低く、LDL-コレステロール濃度は有意 ($p < 0.05$) に高かった。また、コントロール群以外の 4 群間において、HDL コレステロール濃度に有意差はみられなかったが、LDL-コレステロール濃度は卵白-chol 群が 58 mg/100ml、カゼイン-卵黄群が 61 mg/100ml、卵白-卵黄群が 49 mg/100ml であり、カゼイン-chol 群の 120 mg/100ml に比べていずれも有意 ($p < 0.01$) に低かった。これらの結果から、卵白または卵黄あるいは全卵の摂取によって、コレステロール無添加飼料を摂取したコントロール群と比較すると HDL-コレステロール濃度の低下、LDL-コレステロール濃度の上昇が認められるが、同量のコレステロールを摂取したカゼイン-chol 群と比較すると LDL-コレステロール濃度の上昇が抑制されることが示された。また、卵白-卵黄群の LDL-コレステロール濃度は最も低かったものの、卵白-chol 群やカゼイン-卵黄群との間に有意差はなく、全卵を摂取しても卵白と卵黄による LDL-コレステロール濃度上昇抑制の相加あるいは相乗効果は得られないことが示された。

糞中コレステロール排泄量と肝臓のコレステロール濃度を測定した結果を表 4 に示した。糞中コレステロール排泄量はコントロール群で 11.1 mg であり、これに比べて高コレステロール飼料を摂取した 4 群ではいずれも有意 ($p < 0.01$) に増加した。カゼイン-卵黄群の糞中コレステロール排泄量が 87.4 mg で最も多く、次いで卵白-卵黄群の 81.1 mg であった。カゼイン-卵

黄群における排泄量は、同量のコレステロール標準品を含む飼料を摂取した卵白-chol 群やカゼイン-chol 群に比べて有意 ($p < 0.05$) に多かった。これらの結果から、卵黄に含まれるコレステロールは吸収されにくいことが示唆された。すでに報告されている卵黄に含まれるリン脂質による吸収阻害 (Imaizumi et al., 1989; 黒田ら, 1997; Jiang et al., 2001) が原因と考えられる。カゼイン-卵黄群や卵白-卵黄群において血中コレステロール濃度の上昇が抑制された要因は、コレステロールが吸収阻害され糞中排泄量が増加したためと考えられた。一方、卵白-chol 群の糞中コレステロール排泄量は 48.7 mg でカゼイン-chol 群の 59.3 mg と差がなく、実験 2 と同様に卵白によるコレステロールの吸収阻害は認められなかった。

肝臓のコレステロール濃度はコントロール群で 2.73 mg/g であり、高コレステロール飼料を摂取した 4 群ではいずれもコントロール群より有意 ($p < 0.01$) に高かった。カゼイン-chol 群が 8.31 mg/g で最も高く、次いで卵白-卵黄群が 7.53 mg/g、カゼイン-卵黄群が 7.67 mg/g であった。卵白-chol 群は 6.28 mg で他の 3 群に比べて低く、カゼイン-chol 群との間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。これより卵白-chol 群では実験 2 と同様に、卵白の摂取によって肝臓におけるコレステロールの分解が促進され、血中コレステロール濃度の上昇を抑制したと考えられた。しかし、卵白-chol 群と同様に卵白を摂取した卵白-卵黄群においては、肝臓コレステロール濃度の有意な低下は認められなかった。その原因として、卵白-卵黄群では卵黄のリン脂質によってコレステロールの吸収が抑制され、卵白-Chol 群に比べてコレステロールの吸収量が少なかったことが考えられる。過剰のコレステロールが吸収された卵白-chol 群では卵白タンパク質によって肝

臓におけるコレステロールの分解が促進されたが、リン脂質によって吸収が阻害された卵白-卵黄群では、卵白タンパク質によってコレステロールの分解は促進されなかったものと推定した。卵黄あるいは卵白の摂取がコレステロール代謝に及ぼす影響として、卵黄のリン脂質による吸収阻害、卵白タンパク質による分解促進があげられるが、全卵を摂取した場合には卵黄の作用が優先するものと考えられた。

引用文献

- Asato, L., Wang, M.F., Chan, Y.C., Yeh, S.H., Chung, H.M., Chung, S.Y., Chida, S., Uezato, T., Suzuki, I., Yamagata, N., Kokubu, T. and Yamamoto, S. (1996) Effect of egg white on serum cholesterol concentration in young women. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **42**, 87-96
- Flynn, M.A., Nolph, G.B., Flynn, T.C., Kahrs, R. and Krause, G. (1979) Effect of dietary egg on human serum cholesterol and triglycerides. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 1051-1057
- Imaizumi, K., Sakono, M., Sugano, M., Shigematsu, Y. and Hasegawa, M. (1989) Influence of saturated and polyunsaturated egg yolk phospholipids on hyperlipidemia in rats. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 2469-2474
- Iwata, T., Hoshi, S., Takehisa, F., Tsutsumi, K., Furukawa, Y. and Kimura, S. (1992) The effect of dietary safflower phospholipid and soybean phospholipid on plasma and liver lipids in rats fed a hypercholesterolemic diet. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **38**, 471-479
- Jiang, Y., Noh, S.K. and Koo, S.I. (2001) Egg phosphatidylcholine decreases the lymphatic absorption of cholesterol in rats. *J. Nutr.*, **131**, 2358-2363
- Kummerow, F.A., Kim, Y., Hull, Pollard, J., Ilinov, P., Dorossiev, D.L. and Valek, J. (1977) The influence of egg consumption on the serum cholesterol level in human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**, 664-673
- 黒田圭一, 細山田康恵, 小嶋義樹 (1997) 卵黄リン脂質摂取ラットの血清・肝臓脂質濃度に及ぼす魚油投与の効果. 日本栄養・食糧会誌, **50**, 25-30
- Matsuoka, R., Kimura, M., Muto, A., Masuda, Y., Sato, M. and Imaizumi, K. (2008) Mechanism for the cholesterol-lowering action of egg white protein in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 1506-1512
- 小田裕昭, 荒川真悟, 林直紀 (2002) 卵白タンパク質によるコレステロール代謝改善効果のメカニズム. 必須アミノ酸研究, **163**, 29-34
- 小川宣子, 申七郎, 伊藤秀夫, 山本るみ子, 野坂千秋, 渡邊乾二 (2000) 名古屋コーチンの卵の物理化学的特性(第2報)ー白色レグホーンとの比較ー. 日調科誌, **33**, 437-440
- 大島寿美子, 鈴木慎次郎 (1975) 人の血清コレステロールに及ぼす卵の影響. 栄養学雑誌, **33**, 105-112
- Reeves, P.G., Nielsen, F.H. and Fahey, G.C. (1993) AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *J. Nutr.*, **123**, 1939-1951
- Reynier, M.O., Lafont, H., Crotte, C., Sauve, P. and Gerolami, A. (1985) Intestinal cholesterol uptake: comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. *Lipids*, **20**, 145-150
- Sugiyama, K., and Ohkawa, S. and Marumatu, K. (1986) Relationship between amino acid composition of diet and plasma cholesterol level in growing rats fed a high cholesterol diet. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **32**, 413-423
- 田名部尚子, 小川宣子 (1980a) 各種家禽卵の性状ならびに成分の比較ーSDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動法によるニワトリ, ウズラ, キンケイ, ハッカ, アヒル, バリケンおよびハト卵白タンパク質の比較. 家禽会誌, **17**, 74-79

- 田名部尚子, 小川宣子 (1980b) 各種家禽卵の性状
ならびに成分の比較 8. 水平式ポリアクリルアミド
グラジエント薄層ゲル電気泳動法によるニワトリ
卵白タンパク質の個体変異. 家禽会誌, **17**,
242-248
- 辻悦子, 鈴木慎次郎 (1981) 鶏卵の人血清脂質に
及ぼす卵の影響. 栄養と食糧, **34**, 169-171

Title : The effect of dietary egg on the serum
cholesterol in rats.

Author(s) : Noriko Ogawa, Yasushi Yamada, Natsumi
Yamanaka

Address(es) : College of Bioscience and
Biotechnology, Chubu University

Keywords : Egg white, Egg yolk, Cholesterol,
Heat-denaturation, Rat