α -リノレン酸強化鶏卵摂取によるヒト血漿 $\omega 3/\omega 6$ 脂肪酸比の変化

鈴木和彦*, 大森豊緑**, 川村悦春***

* 岡山県立大学保健福祉学部栄養学科

** 厚生省成田空港検疫所

*** 中部飼料株式会社大府研究所

Change in Ratio of $\omega 3$ and $\omega 6$ Fatty Acids in Human Plasma after Intake of Hen's Egg Rich in α -Linolenate

Kazuhiko SUZUKI,* Toyonori OMORI** and Etsuharu KAWAMURA***

* Department of Nutritional Sciences, Faculty of Health and Welfare Science,
Okayama Prefectural University, Soja 719-11

** Narita Airport Quarantine Station, Narita 282

*** Research and Development Division, Chubu Feed Manufacturing Co., Ltd., Ohbu 474

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 48, 271~275 (1995)

Eggs rich in α -linolenate (LNA, 18:3, $\omega 3$) were produced by supplementing the feed of laying hens (Dekalb XL-L) with 2% linseed oil. Four healthy volunteer students (19-21 years) with low $\omega 3/\omega 6$ ratios of fatty acids (less than 0.11) in plasma were selected from 94 female students. They had a low fish consumption, but usually ate eggs every day. During the experimental period, they added two eggs rich in LNA (LNA-Egg) per day to their ordinary diet for 3 weeks. Then plasma cholesterol (CHL), triacylglycerol (TG) and fatty acid composition were compared with those during the basal period. Plasma levels of CHL and TG in the LNA-Egg-fed students tended to decrease in comparison with their basal values. Analysis of plasma fatty acid composition showed that the percentage of docosahexaenoic acid (22:6, $\omega 3$) was significantly increased, and that those of LNA and icosapentaenoic acid (20:5, $\omega 3$) tended to increase after dietary supplementation with LNA-Eggs. LNA-Egg supplementation of the diet for 3 weeks reduced the level of plasma arachidonic acid (20:4, $\omega 6$), but no significant effect was observed on the level of plasma linoleic acid (18:2, $\omega 6$). Consequently, the ratio of $\omega 3$ to $\omega 6$ fatty acids in plasma was elevated significantly from 0.07 ± 0.03 to 0.16 ± 0.08 ($p < 0.01$) after intake of the LNA-Eggs for 3 weeks. We conclude that LNA-Eggs may be a useful dietary component for increasing the ratio of $\omega 3$ to $\omega 6$ fatty acids in subjects with a low fish intake.

Key Words ratio of $\omega 3$ and $\omega 6$ fatty acids, egg rich in α -linolenic acid, α -linolenic acid, docosahexaenoic acid, arachidonic acid.

(Received February 2, 1995)

欧米人を対象とした疫学調査では、魚介類の摂取が冠状動脈心疾患 (CHD) などの成人病発症の危険度を低下させることが報告されている^{1)~3)}。とくに Kromhout ら¹⁾は、コホート研究を行い、1週間に魚を 30 g 以上食べるグループは、まったく食べないグループに比べ CHD で死亡する危険率が減少することを報告している。日本でも Hirai ら⁴⁾は、千葉県の大府市と農村住民の血漿脂肪酸

組成を比較し、漁村住民の方がイコサペンタエン酸 (IPA (20:5, $\omega 3$)) やドコサヘキサエン酸 (DHA (22:6, $\omega 3$)) の比率が高いことや血小板の凝集が起こりにくいことを報告している。グリーンランドエスキモーの疫学調査^{5)~7)}以来、魚介類の $\omega 3$ 系列多価不飽和脂肪酸が生体内で種々の役割を果たしていることが生化学的に明らかとなってきた⁸⁾。

しかし、近年の日本の食生活では調理済み食品や外食の依存度が高まり、魚介類の消費量の地域格差や年齢格差は著しく広がりつつある⁹⁾。魚介類に比べタマゴは安

* 〒719-11 総社市窪木 111

** 〒282 成田市古込字古込 1-1

*** 〒474 大府市横根町茨狭間 7-34

Table 1. Fatty acid compositions of total lipid in egg yolks. (g/100 g lipid)

Fatty acid	Control egg	α -LNA-egg
16:0	19.10 $\pm$ 0.91	17.74 $\pm$ 0.82**
18:0	6.28 $\pm$ 0.01	9.02 $\pm$ 0.65**
18:1	37.92 $\pm$ 0.18	35.25 $\pm$ 1.35**
18:2	8.69 $\pm$ 0.76	7.99 $\pm$ 0.47*
18:3	0.25 $\pm$ 0.04	2.51 $\pm$ 0.23**
20:4	1.24 $\pm$ 0.09	0.71 $\pm$ 0.03**
20:5	0.02 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.01**
22:6	0.85 $\pm$ 0.03	1.25 $\pm$ 0.12**
ω 3/ ω 6	0.11	0.44
Cholesterol (mg/g yolk)	11.37 $\pm$ 0.83	11.35 $\pm$ 0.49

Each value is expressed as mean $\pm$ SD of 10 egg samples. Fatty acids are given as mg of total lipid in egg yolk.¹¹⁾ **Significantly different from the control. * p <0.05, ** p <0.01. α -LNA-egg: Egg rich in α -linolenate.

価で食べやすく日本人の栄養供給源として重要な位置を占めている¹⁰⁾。そこで魚介類をほとんど食べない若年層の脂質栄養改善の目的で、著者らが開発した α -リノレン酸強化鶏卵¹¹⁾（以下、 α -リノレン酸卵）を与え、とくに血漿脂肪酸組成に与える影響について検討したので報告する。

対象および方法

女子学生（年齢19～21歳）94名を対象に、岡山県栄養改善協議会が作成した簡易食事摂取状況調査表¹²⁾を一部改変し、食習慣調査を行った。調査は、朝食、昼食、夕食についてそれぞれ尋ね、魚介類を①食べない、0点；②少し食べる、0.3点；③普通に食べる、0.5点；④たっぷり食べる、1.0点；にそれぞれ点数化した。そして、1日あたり0.3点以下の学生を「魚介類をほとんど食べない者」として抽出した。さらにこの中よりタマゴを毎日食べる学生を選び、被験者とした。これらの学生にはこの調査・研究の意義および内容をよく説明し、同意書が得られた9名について血漿中のトリアシルグリセロール値、コレステロール値および脂肪酸組成を測定した。この学生の中よりさらに ω 3/ ω 6脂肪酸比が0.11より低い学生を4名選び α -リノレン酸卵の摂取被験者とし、他の5名を非摂取対象者とした。被験者4人には α -リノレン酸卵を医師の観察のもとに、1日2個ずつ任意の調理法により摂取してもらい3週間後に上記と同様、血漿中のトリアシルグリセロール値、コレステロール値および脂肪酸組成を測定した。この間の食事はすべて記録させ、タマゴの摂取と他の食事内容を確認した。また、採血は早朝空腹時に行った。

この鶏卵は、採卵鶏 Dekalb XL-L に動物脂2%、亜麻仁油2%を配合した飼料を与え採卵したもので、 α -リノレン酸卵卵黄の ω 3/ ω 6脂肪酸比は0.44であった¹¹⁾。

Table 1は試験に用いた α -リノレン酸卵卵黄の脂肪酸組成とコレステロール量を示した。対照卵の組成に比べると ω 3系の脂肪酸が高く、 ω 6系のリノール酸（LA（18:2, ω 6））やアラキドン酸（AA（20:4, ω 6））はむしろ低下していた。このタマゴ2個からの脂肪摂取量は約10.7～13.3gで、1日あたりLNA（18:3, ω 3）は約244～364mg、DHA（22:6, ω 3）は約121～182mg摂取した。血漿中の脂肪酸組成は、血漿脂質を鹸化後、9-アンスリルジアゾメタン（ADAM）を用いプレラベルし、HPLC（東ソー）により逆相カラム（TSK-gel, ODS-120 T（4.6mm $\times$ 25cm））で分離し、513nmで励起し553nmで蛍光を測定した¹³⁾。溶離液はアセトニトリル：メタノール：水（60:25:15）の混液を用いた。なおトリアシルグリセロールは極東TG-V試薬（極東製薬工業㈱）、コレステロールはサンアッセイ-CHO（三光純薬㈱）の臨床用キットを用い測定を行った。

本研究を実施するにあたっては、ヘルシンキ宣言の主旨を尊重すべく十分配慮した。

結 果

1. 食習慣アンケート調査

魚介類摂取アンケート得点の平均値と標準偏差は0.86 $\pm$ 0.35で、1.43以上の魚介類を非常によく食べる学生は全体の14.9%、1.43未満1.06以上（1.43～1.06）のよく食べる学生は25.5%、1.06～0.56の普通に食べる学生は29.8%、0.56～0.3の時々食べる学生は17.0%、そしてアンケートの得点が0.3未満のほとんど魚介類を食べない学生は全体の12.8%であった。

2. α -リノレン酸卵摂取による血漿脂肪酸組成の変化

ほとんど魚介類を食べない学生の α -リノレン酸卵摂取前の ω 3/ ω 6脂肪酸比は、0.11 $\pm$ 0.04（ n =9, mean $\pm$ SD）であった。この中で ω 3/ ω 6脂肪酸比が0.11より低い学生（低 ω 3者）は4名で、その値は0.07 $\pm$ 0.03であった。比が0.11より高い学生（非摂取対象者）は5名で、その値は0.15 $\pm$ 0.01であった。摂取前の低 ω 3者の血漿コレステロール値は非摂取対象者に比べ有意に高かったが（ p <0.01）、血漿トリアシルグリセロール値には有意差が認められなかった。低 ω 3者では α -リノレン酸卵摂取後の血漿コレステロール値、トリアシルグリセロール値は、摂取前に比べ両脂質とも低下傾向を示したが、有意差は認められなかった（Fig. 1）。

血漿 ω 3系脂肪酸のうち、摂取前では α -リノレン酸（LNA（18:3, ω 3））とDHA（22:6, ω 3）は非摂取対象者に比べ低 ω 3者で有意に低く、IPA（20:5, ω 3）は低

Fig. 1. Changes in cholesterol and triacylglycerol in plasma after continual intake of two eggs rich in α -linolenate per day for 3 weeks.

The columns represent the mean values for four ($\omega 3/\omega 6 < 0.11$) or five ($\omega 3/\omega 6 > 0.11$) volunteers. Bars show Mean $\pm$ SD. **Significantly different ($p < 0.01$).

Fig. 2. Changes in $\omega 3$ fatty acids in plasma after continual intake of two eggs rich in α -linolenate per day for 3 weeks.

The columns represent the mean values for four ($\omega 3/\omega 6 < 0.11$) or five ($\omega 3/\omega 6 > 0.11$) volunteers. Bars show Mean $\pm$ SD. **Significantly different ($p < 0.01$).

下傾向が認められた。低 $\omega 3$ 者では α -リノレン酸卵摂取後、DHA (22:6, $\omega 3$) が有意な上昇を示し、LNA (18:3, $\omega 3$) と IPA (20:5, $\omega 3$) はやや上昇傾向を示した (Fig. 2)。そのため、摂取後の低 $\omega 3$ 者の血漿中 DHA (22:6, $\omega 3$) は、非摂取対象者と差がみられなくなった。

一方、 $\omega 6$ 系脂肪酸への影響は、LA (18:2, $\omega 6$) はほとんど変化がみられなかったが、AA (20:4, $\omega 6$) は有意に低下した (Fig. 3)。これらの結果、 α -リノレン酸卵摂取後の血漿脂肪酸組成の $\omega 3/\omega 6$ 比は、 0.07 ± 0.03 か

Fig. 3. Changes in $\omega 6$ series fatty acids and ratio of $\omega 3/\omega 6$ fatty acids in plasma after continual intake of two eggs rich in α -linolenate per day for 3 weeks.

The columns represent the mean values for four ($\omega 3/\omega 6 < 0.11$) or five ($\omega 3/\omega 6 > 0.11$) volunteers. Bars show Mean $\pm$ SD. **Significantly different ($p < 0.01$). Patterns of these bars are identical indications to those in Fig. 2.

ら 0.16 ± 0.08 へと有意に上昇した (Fig. 3)。

考 察

魚介類摂取は欧米諸国では CHD による死亡を減少させるという多くの報告がある^{1)~3)}。魚介類を比較的多く摂取する日本でも平山は、魚を毎日食べる人は CHD による死亡だけでなく、他の血管系疾患やがんの危険度を減らすと報告している¹⁴⁾。Tanaka らは、長野県の授乳婦に魚介類の嗜好とその摂取頻度に関するアンケート調査を行い、魚介類をほとんど食べない授乳婦の母乳中には、魚介類をよく食べる授乳婦に比べ $\omega 3$ 系の脂肪酸が多いことを報告している¹⁵⁾。魚介類の摂取不足はこれらの報告からもわかるように胎児や乳児の成長・健康状態にも大きな影響をもつものと考えられる。しかし、魚介類の嫌いな人にとって魚介類は食品としての価値は低い。それに対しタマゴは、著者らの先行調査結果¹⁰⁾ から明らかに、多くの栄養素について主要な栄養供給源としての位置を占める。そこで著者らは採卵系鶏に LNA (18:3, $\omega 3$) を多く含む亜麻仁油を飼料に配合し与え、 $\omega 3$ 系脂肪酸、 $\omega 6$ 系脂肪酸、ビタミン E との比率の良いタマゴを開発した¹¹⁾。米国でも、亜麻仁油を与えた飼料で飼育した鶏から生産したタマゴが、Flax Egg としてすでに食用として供給されている¹⁶⁾。

本試験では α -リノレン酸卵は1日2個食べてもらった。このタマゴ2個からの脂肪摂取量は約10gで、1日あたりLNA(18:3, ω 3)は約250mg, DHA(22:6, ω 3)は約125mgを摂取した計算となる¹¹⁾。この ω 3系脂肪酸量は魚では約30~60gに相当する。 ω 3系の脂肪酸は、酵素学的にはLNA(18:3, ω 3)からIPA(20:5, ω 3)やDHA(22:6, ω 3)へ変換しにくいことが推定されている^{17)~19)}。しかも、生体内や食事時のLA(18:2, ω 6)量が過剰な場合には、IPA(20:5, ω 3)やDHA(22:6, ω 3)への変換は制限される。また、食事制限時ではLNA(18:3, ω 3)が優先的にエネルギー源として用いられるという報告もある²⁰⁾。したがって、今回報告した被験者らの ω 3系脂肪酸の低い原因は、LA(18:2, ω 6)の多量摂取や食事自体の制限などにより生じた二次的な栄養欠乏、あるいは魚介類の摂取不足などにより生じた一次的な栄養欠乏の結果と考えられる。本報告のように、 ω 3系脂肪酸を強化したタマゴが、魚を食べたときのように^{21)~23)}、血漿脂肪酸、とくにDHA(22:6, ω 3)の増加をもたらした。

これらのデータだけでは、血漿中の低 ω 3/ ω 6脂肪酸比が一次的あるいは二次的な栄養欠乏により生じたかどうかを決定できない。低 ω 3者の被験者らは、現在健康上ほとんど問題はない。しかし、被験者の男親の4人中3人が心臓疾患の既往歴があったことから、被験者の両親および親族の栄養調査や血漿中 ω 3/ ω 6比の測定などを行い、遺伝的な関与も検討する必要がある。さらに、血漿中の脂肪酸組成が心疾患発生にどのような影響を及ぼすのか、あるいは魚嫌いの高コレステロール血症患者への補食として α -リノレン酸卵を使用した場合、冠動脈疾患を予防できるかどうかなど、プロスペクティブなコホート研究を予防栄養学な観点より検討する必要がある。 α -リノレン酸卵は ω 3系脂肪酸の良い供給源になり、魚介類を食べられない人の血漿 ω 3/ ω 6脂肪酸比を高める可能性のあることが明らかとなった。

要 約

採卵鶏(Dekalb XL-L)を用い、飼料に亜麻仁油を2%添加し、 α -リノレン酸強化鶏卵(以下、 α -リノレン酸卵; ω 3/ ω 6比0.44)を得た。このタマゴを1日2個、普段魚介類の摂取が少なく、血漿 ω 3/ ω 6脂肪酸比の低い女子学生(年齢19~21歳)4名に3週間摂取させ、その血漿脂質性状と血漿 ω 3/ ω 6脂肪酸比への影響をみた。血漿コレステロール値やトリアシルグリセロール値はやや低下の傾向を示したが、有意な減少ではなかった。 ω 3系脂肪酸では、 α -リノレン酸やイコサペンタエン酸は上昇傾向を示し、ドコサヘキサエン酸は統計的に有意な上昇を示した。 ω 6系の脂肪酸では、リノール酸はほとんど

変化を示さなかったが、アラキドン酸は有意に低下した。これらの結果、血漿 ω 3/ ω 6脂肪酸比は、 α -リノレン酸卵摂取前では 0.07 ± 0.03 (mean $\pm$ SD)と低い値であったが、 α -リノレン酸卵の3週間摂取後では、 0.16 ± 0.08 と有意に高い値に変化した($p < 0.01$)。したがって、 α -リノレン酸卵は魚介類摂取が少ないために生ずると考えられる血漿低 ω 3/ ω 6脂肪酸比を高めるために有効な食品になるかもしれない。

本研究は(社)日本栄養・食糧学会倫理委員会の承認を得たものである。本稿の一部は第48回日本栄養・食糧学会(福岡, 1994年)において発表した。なお、この共同研究は大森豊緑博士が倉敷西地域保健所長在職時にに行った。

本研究を遂行するにあたり、数々のご指導とご助言を賜りました、岡山県立短期大学元学長 新見嘉兵衛先生、岡山県立短期大学前学長の故 三木福治郎先生に深謝いたします。

文 献

- 1) Kromhout, D., Bosschieter, E.B. and Richard, L.: *N. Eng. J. Med.*, **312**, 1206 (1985)
- 2) Shekelle, R.B., Messell, L., Paul, O., Shryock, A.M., Stamler, J.: *N. Eng. J. Med.*, **313**, 820 (1985)
- 3) Norell, S.E., Ahlbom, A., Feychting, M., Pedersen, N.L.: *Br. Med. J.*, **293**, 426 (1986)
- 4) Hirai, A., Hamazaki, T., Terano, T., Nisikawa, T., Tamura, Y., Kumagai, A. and Sajiki, J.: *Lancet*, **2**, 1132 (1980)
- 5) Bang, H.O., Dyerberg, J. and Sinclair, H.M.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 2657 (1980)
- 6) Bang, H.O. and Dyerberg, J.: *Acta Med. Scand.*, **192**, 85 (1972)
- 7) Bang, H.O., Dyerberg, J. and Nielsen, A.B.: *Lancet*, **1**, 1143 (1971)
- 8) 山本尚三: 脂質栄養学, **3**, 7 (1994)
- 9) Suzuki, K. and Izumiya, K.: *Bull. Okayama Pref. Jr. Col.*, **34**, 67 (1991)
- 10) 鈴木和彦, 大森豊緑, 藤井保人, 緒方正名: 岡山県公衆衛生学会誌, **2**, 98 (1991)
- 11) 鈴木和彦, 大森豊緑, 岡田利孝, 小栗広育, 川村悦春: 栄養誌, **47**, 23 (1994)
- 12) 岡山県栄養改善協議会(編): 創立20周年記念, 栄養改善協議会のあゆみ, 57 (1985), 岡山県環境保健部公衆衛生課
- 13) Shimomura, Y., Taniguchi, K., Sugei, T., Murakami, M., Sugiyama, S. and Ozawa, T.: *Clin. Chim. Acta*, **143**, 361 (1984)
- 14) 平山 雄: 中外医薬, **45**, 157 (1992)
- 15) Tanaka, F., Sekine, M., Kobayashi, M. and Yamaguchi, K.: *Advances in Polyunsaturated Fatty Acid Research* (Yasugi, T., Nakamura, H. and Soma, M., eds.), 219 (1993), Excerpta Medica (Tokyo)
- 16) Simopoulos, A.P. and Salem, N., Jr.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 411 (1992)
- 17) Adam, O., Wolfram, G. and Zollner, N.: *J. Lipid*

- Res.*, 27, 421 (1986)
- 18) Bjerve, K.S., Fisher, S., Wamner, F. and Egeland, T. : *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 290 (1989)
- 19) Sekine, M., Niizeki, S., Tojo, H., Urata, G. and Yamaguchi, K. : *Advances in Poly-unsaturated Fatty Acid Research* (Yasugi, T., Nakamura, H. and Soma, M., eds.), 231 (1993), Excerpta Medica (Tokyo)
- 20) Phinney, S.D., Tang, A.B., Johnson, S.B. and Holman, R.T. : *Lipids*, 25, 798 (1990)
- 21) 小島義樹, 斉藤衛郎, 黒田圭一, 小林修平, 印南 敏 : *栄養誌*, 40, 103 (1987)
- 22) 楠原令子, 片山茂裕, 小川万紀子, 森野真由美, 平野美由紀, 桜庭由美子, 白石雅子, 高橋慶一, 石井 淳, 若林孝雄 : *栄養誌*, 50, 265 (1992)
- 23) 梅村詩子, 伊藤一重, 磯 博康, 小池和子, 上林真子, 杉山佐百合, 工藤美奈子, 佐藤真一, 飯田 稔, 嶋本 喬, 小町喜男 : *日本公衛誌*, 40, 1139 (1994)

(1995年2月2日受理)