

発芽玄米摂取による女子大生の血清脂質及び 脂肪酸組成への影響について

川名(海老塚)広子¹⁾, 井原 美香¹⁾, 佐藤 真澄¹⁾, 有田 政信¹⁾

(平成14年10月3日受理)

Effect on Lipid and Fatty Acid Composition in Serum of Female University Students Dieting Pre-germinated Brown Rice

KAWANA(EBIZUKA), Hiroko IHARA, Mika
SATO, Masumi and ARITA, Masanobu

(Received on October 3, 2002)

キーワード: 発芽玄米, 女子大学生, 血清脂肪酸, コレステロール, 生活習慣病

Key words: Pre-germinated brown rice, Female university students, Serum fatty acid, Cholesterol, Lifestyle related illness

緒 言

食生活の欧米化や超高齢社会を迎えて、飽食や運動不足等の生活習慣が健康に強い影響を及ぼすことが明らかとなっている。厚生省の人口動態統計によると、日本人の主な死因は、悪性新生物、心疾患、脳血管疾患となっており、特に、心筋梗塞や脳梗塞などの血栓症や動脈硬化症などの疾患による死亡率の増加が認められている。

環境因子の中でも食事性因子との関与が重要視される理由の一つは、食事の変化に起因する循環器疾患は比較的短期間で発症するためである。これらの疾患の予防目的で、従来の日本型食生活が近年見直されている。

日本人の主食である米は、エネルギー供給源としての役割のみでなく生体調節機能に関しての研究もなされており、米糠の脂質吸収抑制効果や米飲料の血圧上昇抑制効果などが報告¹⁾されている。そこで、本研究では発芽玄米に注目した。

玄米を0.5~1mm発芽させた発芽玄米は、糠や胚芽中の微量成分が除去され、栄養価が低下している白米と比較して食物繊維とカリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛などの無機質を豊富に含有している。その他、特殊成分であるフェルラ酸は白米の7倍量含有しており、これは生体内のイソロイシン、プロリンなどのアミノ酸

と結合して、血小板凝集抑制効果を示すことから、脳梗塞や心筋梗塞の予防に有用であると考えられている。

γ -アミノ酪酸(GABA)は、白米の10倍量含有しており、高等動物の脳や延髄における重要な抑制性の神経伝達物質と考えられている。また、1963年、StantonらによりGABAの血圧上昇抑制作用が報告され²⁾、更に γ -アミノ酪酸蓄積食品の摂取による腎臓や肝臓機能の改善作用や精神安定作用等が明らかとされている^{3), 4)}。

本報では、発芽玄米の生体調節機能を明らかとするため、また欧米型食生活の影響を受けている現代女子大学生の食生活を米中心の日本型食生活(市販発芽米パックを一日あたり400g摂取する)に置き換えることによる血清脂質レベル及び血清脂肪酸組成への影響について検討を行った。

対象及び試験方法

1. 対象

ヘルシンキ宣言に則り、実験の目的、試験内容について十分説明を受け、自発的に協力を申し出た東京家政大学家政学部栄養学科に在籍する健康な女子大学生20名、対象者の属性については表1に示すとおりである。平均年齢 20.5 ± 1 歳、平均身長 157.8 ± 4.8 cm、平均体重 52.4 ± 6.5 kg、平均BMI 21.0 ± 1.8 、平均体脂肪率(%) 26.3 ± 3.5 である。

1) 栄養学科 食品機能学研究室

表1 対象者の属性

| 女子大生(n=20) | |
|--------------|-------------|
| 年齢(歳) | 20.5 ± 0.8 |
| 身長(cm) | 157.8 ± 4.8 |
| 体重(kg) | 52.4 ± 6.5 |
| BMI | 21.0 ± 1.8 |
| 体脂肪率(%) | 26.3 ± 3.5 |
| 血圧(mmHg) SBP | 102.5 ± 8.5 |
| DBP | 62.3 ± 8.6 |

2. 試験期間

平成13年6月から平成13年10月の133日間にわたり試験を行った。発芽玄米摂取期間としては、68日間である。

3. 発芽玄米摂取方法

試験期間中の生活習慣は、通常と変更することなく、一日あたり、白米と発芽米を1対1で炊いたファンケル製の発芽米パックを2パック(400g)、発芽玄米米飯量として200gを目標として摂取させた。なお発芽玄米の栄養成分については、表2に示すとおりである。

表2 精白米、玄米及び発芽玄米の栄養成分比較(100g)

| | 精白米 | 玄米 | 発芽玄米 |
|-------------|------|------|-------|
| エネルギー(kcal) | 356 | 350 | 344 |
| タンパク質(g) | 6.1 | 6.8 | 6.8 |
| 脂質(g) | 0.9 | 2.7 | 2.9 |
| 炭水化物(g) | 77.1 | 73.8 | 72.5 |
| カルシウム(mg) | 5 | 9 | 10 |
| 鉄(mg) | 0.8 | 2.1 | 0.9 |
| ビタミンB1(mg) | 0.08 | 0.41 | 0.38 |
| ビタミンE(mg) | 0.2 | 1.3 | 1.2 |
| 食物繊維(g) | 0.5 | 3 | 3.2 |
| γ-アミノ酪酸(mg) | 1 | — | 15~20 |
| フィチン酸(mg) | 8 | — | 474 |
| 総フェルラ酸(mg) | 3.7 | — | 26 |

4. 検査内容

採血は食後2時間経過した後にいき、血清分離後だちに-80℃に保存し、血清脂質等の測定に用いた。脂質検査として、総コレステロール、HDL-コレステロール、LDL-コレステロール、トリグリセリド、リポタンパク(a)について行った。また血清脂肪酸分析を行った。

5. 遊離脂肪酸の分析

血清脂肪酸画分の分析は、血清200μlを凍結乾燥し、メチル化には5%塩酸メタノールを加えHeat Block上で85℃、1時間インキュベーションした。これをヘキサン抽出し、サンプルとした。ガスクロマトグラフィーはShimadzu GC-14B(Shimadzu Corporation, Kyoto)、カラムはDB-WAX(J&W)を使用した。検出にはFlame Ionization Detector、データ集計はクロマトパックC-R4A(Shimadzu Corporation, Kyoto)を用いた。内部標準物質は、脂肪酸メチルエステル試料(GLサイエンス)を用いた。ω-3脂肪酸の存在比はα-リノレン酸(C18:3)、EPA(C20:5、ω-3)、DHA(C22:6、ω-3)の合計、ω-6脂肪酸の割合はリノール酸(C18:2)アラキドン酸(C18:1)の合計(%)とした。アラキドン酸(AA)に対するDHA、EPAの割合をDHA/AA、EPA/AAとして表した。また、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸の存在比をS:M:Pとして表した。

6. 統計

結果は平均値±SDとし、平均値の差の検定は、試験前と試験中、試験後で比較し、同一対象者の経過についての追跡であるためpaired sample t-testにより行った。

結果

1. 対象者の身体状況

試験対象者である健康な本学女子大学生20名の属性は表1に示すとおりである。平均BMIは21.0±1.8であるが、平均体脂肪率(%)は26.3±3.5とやや高値を示した。BMIが25未満で、体脂肪率が25%以上を「隠れ肥満」とした場合、試験開始前の属性で、20名中13名がそれに該

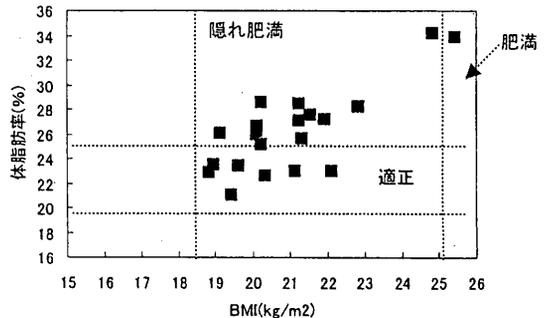


図1 試験対象者のBMIと体脂肪率の相互関係による肥満判定

当し、BMI 25以上、体脂肪率25%以上の肥満域も1名認められた。近年、問題とされている体格指数 (BMI) が標準以下であり、体脂肪率が高い傾向を示す「隠れ肥満」の若い女性の増加傾向が本試験でも明らかとなった。

2. 試験期間中の血清脂質の変動

生化学検査による血清脂質レベルの結果は、表3及び図2に示すとおりである。総コレステロール (194.6±53.48mg/dl)、HDL-コレステロール (66.1±5.84mg/dl) は、発芽玄米摂取後31日目から有意な低下が認められ、48日目では総コレステロール173.5±41.63mg/dl、HDL-コレステロール60.9±7.93mg/dlという結果であった。また、LDL-コレステロール (112.0±45.81mg/dl) については、発芽玄米摂取後48日目 (103.2±40.13mg/dl) では有意な低下が認められ、発芽米摂取期間において減少傾向が示された。動脈硬化指数「A.I.: 総コレステロール-HDL-コレステロール」は、発芽玄米摂取後

31日目、48日目に有意な減少が認められた。HDL-コレステロールの変動は総コレステロールの低下に伴う影響であると考えられた。血清脂質の総合的評価は、血清総コレステロールとHDL-コレステロールのバランスにあり、動脈硬化指数の低下から発芽玄米摂取による血清脂質代謝の改善作用が示唆された。またトリグリセリド、リポタンパク (a) は、全試験期間を通して有意差は認められなかった。トリグリセリドは、試験開始前 (84.2±80.07mg/dl) に比べ発芽玄米の摂取開始後48日目では59.4±33.41mg/dlとなり減少傾向が認められた。発芽玄米摂取後68日目の血液検査では31日目、48日目よりやや高い値を示しているが、これは血液検査前日にアルコールを摂取した被験者の影響を受けたと考えられる。

3. 試験期間中の血清脂肪酸組成

血清脂肪酸組成の変化について表4に示した。血清中の飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸比、S:M:Pは、試験前1:0.56:1.15、試験中1:0.57:1.15、試験終了後で1:0.57:1.32であり変化が認められなかった。

試験前 $\omega 3/\omega 6$ 比は平均0.103±0.07であったが、試験期間中わずかに上昇し平均0.119±0.07を示した。終了後1ヶ月目では平均0.104±0.05となり試験前のレベルに戻った。EPA/AA比は平均0.360±0.23であったが、試験期間中はやや高値を示し平均0.420±0.23であった。終了後1ヶ月目では平均0.389±0.22となり試験前のレベルに近くなった。図3に示したように、 $\omega 3/\omega 6$ 比とEPA/AA比の関係はすべての期間においてかなり強いあるいは強い相関を認めた。図3のA) 発芽玄米摂取前、B) 摂取中、C) 終了後を比較すると、顕著な差異が認められる。A) では $\omega 3/\omega 6$ 比が0.10以下、EPA/AA比が0.5以下の割合が70%以上であったが、B) では $\omega 3/\omega 6$

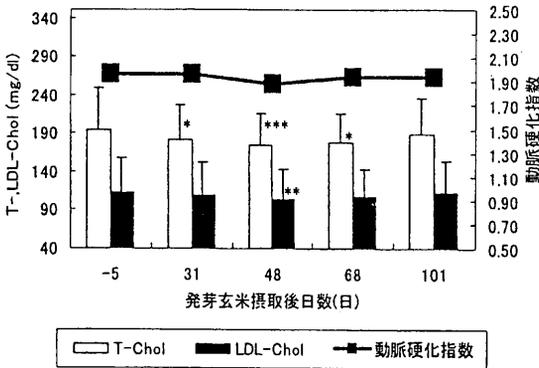


図2 発芽玄米摂取によるT-Chol, LDL-Chol及び動脈硬化指数の変化
Mean±SD, t-testにより
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表3 発芽玄米摂取による血清脂質レベルの変化

| 検査項目 | 試験前 | 試験中 | | | 試験後 1ヶ月目 |
|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| | | 31日目 | 48日目 | 68日目 | |
| TC(mg/dl) | 194.6±53.48 | 181.2±45.88 ^c | 173.5±41.63 ^a | 178.7±37.04 ^c | 188.4±47.90 |
| HDL-C(mg/dl) | 66.1±5.84 | 61.5±6.01 ^a | 60.9±7.93 ^b | 61.3±7.32 ^c | 64.7±8.57 |
| LDL-C(mg/dl) | 112.0±45.81 | 108.8±44.21 | 103.2±40.13 ^b | 107.8±35.33 | 112.2±41.94 |
| TG(mg/dl) | 84.2±80.07 | 59.7±22.85 | 59.4±33.41 | 81.9±42.66 | 82.5±52.92 |
| リポタンパクa(mg/dl) | 14.8±18.96 | 15.8±19.33 | 14.8±17.92 | 14.2±18.23 | 14.4±18.35 |

(Mean±S.D.) a; $p < 0.001$, b; $p < 0.01$, c; $p < 0.05$

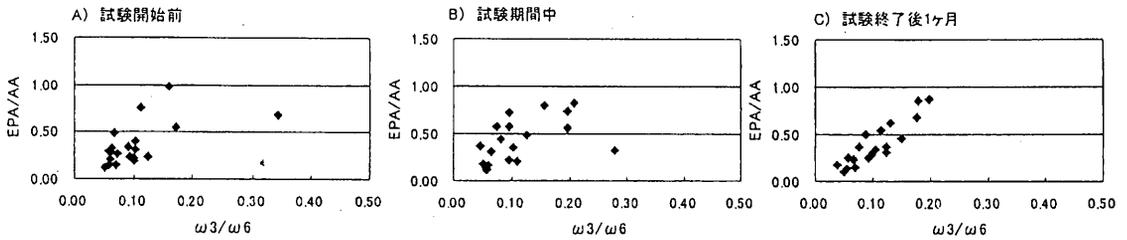


図3 発芽玄米摂取前、中、後の血清脂肪酸中の ω -3/ ω -6とEPA/AAの関係
 A) 試験開始前 $r=0.60$ B) 試験開始後1ヶ月 $r=0.51$ C) 試験終了後1ヶ月 $r=0.89$

表4 発芽玄米摂取による血清脂肪酸組成の変動

| 血清脂肪酸 | 試験前 | 試験中 | 試験後 |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| S:M:P | 1:0.56:1.24 | 1:0.57:1.15 | 1:0.57:1.32 |
| EPA/AA | 0.360 \pm 0.23 | 0.420 \pm 0.23 | 0.389 \pm 0.22 |
| DHA/AA | 0.490 \pm 0.14 | 0.575 \pm 0.15 | 0.536 \pm 0.22 |
| ω 3/ ω 6 | 0.103 \pm 0.07 | 0.119 \pm 0.07 | 0.104 \pm 0.05 |

(Mean \pm S.D.)

比, EPA/AA比とも高くなる傾向が認められ, C)ではB)からA)へ戻る傾向が認められた. DHA/AA比は, ω 3/ ω 6比及びEPA/AA比と同様の変動を示した. 試験開始前DHA/AA比は平均値0.490 \pm 0.14であったが, 試験期間中やや上昇し平均0.575 \pm 0.15を示した. 終了後1ヶ月目では平均0.536 \pm 0.22となり試験前のレベルへ戻る傾向が認められた.

考 察

血清脂質のレベルは, 他の血清成分のように恒常性がなく, 栄養状態により大きく変動するため, 先進国では血清脂質レベルが高くなる傾向がある. 血清中の一価不飽和脂肪酸は, 生体内で合成されるため, 代謝による影響を受けている. しかし, ω -3系と ω -6系の血清脂肪酸組成は血清脂質レベルと同様に, 食事状態と強い相関をもつことが明らかとされている^{5)~9)}.

平成12年度国民栄養調査¹⁰⁾によると, 国民一人あたりの脂質摂取量は57.4gであり, 脂質エネルギー比は26.3%, 魚介類の摂取量は92g, 肉類は78.2gであった. しかし, 世代により肉類と魚介類の摂取習慣に大きな差異が認められる. 例えば魚介類の摂取量は, 40代以上では100g以上であるのに対し, 20代では73.6g, 30代では82.2gと低い傾向にある. 一方, 肉の摂取量については20代, 30代, 40代で101.8g, 96.7g, 81.6gと平均値より

高値を示し, 50代で74.3gを示した. このことより若い世代は, 脂肪, たんぱく質を過剰摂取する欧米型傾向にあり, そのことから誘引される血清脂質レベルの異常が今後心配される.

1970年代, BangやDyerbergらは虚血性心疾患による死亡率の低いグリーンランド先住民はアザラシを主食とするため, ω -3系多価不飽和脂肪酸の摂取量と血清脂肪酸量が高値を示すと報告して^{11), 12)}. ω -3系多価不飽和脂肪酸の摂取は, 抗血小板作用, 降圧作用, 抗不整脈作用等により循環器疾患の予防に寄与することが明らかである¹³⁾.

血清脂肪酸 ω -3/ ω -6比は様々な環境因子の影響を受け, 欧米人0.15, 米国白人0.1以下, 日本人0.24という報告がある. また世代間による差異, 30歳代:0.19, 50歳代:0.29も長谷川らにより明らかとされている¹⁴⁾. 発芽玄米摂取試験前の ω 3/ ω 6比は平均0.103 \pm 0.07とかなり低値を示した. そして, 発芽玄米摂取期間中にはわずかに上昇し平均0.119 \pm 0.07となったが, 欧米人から米国白人の血清 ω 3/ ω 6比レベルに近い値であった. EPA/AA比については欧米の白人は0.3以下と報告されている. 本研究で発芽玄米摂取試験前の血清EPA/AA比は平均0.360 \pm 0.23であり低値を示した. しかしながら, 試験期間中では平均0.420 \pm 0.23となり, 磯や長谷川らの報告^{14), 15)}にある0.4-0.45の範囲に値が上昇した.

食事調査の結果, 総脂肪酸摂取量は, 試験前に比べ試験中で有意な減少が認められた. 試験前の脂肪酸摂取量は動物性脂肪に多く含有される飽和脂肪酸摂取量が高く, 植物性脂肪, 魚油に多く含まれる一価不飽和脂肪酸や多価不飽和脂肪酸量が少ない傾向であった. しかし, 発芽玄米摂取期間では飽和脂肪酸量の有意な減少と, 米類摂取量の増加に伴う一価不飽和脂肪酸量の有意な増加, 魚介類摂取による多価不飽和脂肪酸量の増加が認められた.

これらのことは、主食として発芽玄米を摂取することにより、日本型食生活へと変化し、脂肪酸摂取量及び摂取比率の改善傾向が認められ、その影響により血清脂肪酸組成が改善されたと考えられる。

生化学検査の結果、試験前の総コレステロール ($194.6 \pm 53.48 \text{mg/dl}$)、LDL-コレステロール ($112.0 \pm 45.81 \text{mg/dl}$) は、発芽玄米摂取後31, 48日目まで有意な低下(総コレステロール $173.5 \pm 41.63 \text{mg/dl}$, LDL-コレステロール $103.2 \pm 40.13 \text{mg/dl}$)を示した。発芽玄米には食物繊維が精白米の約3倍量含有されているため、胆汁の分泌促進によりコレステロールを低下させ、血清脂質代謝の改善効果が認められたものと考えられた。

発芽玄米を摂取することは、発芽玄米成分と欧米型食生活から日本型食生活への改善により脂質代謝及び体質改善に影響を与え、健康人の更なる健康の保持・増進に効果を示し、生活習慣病予防に有益な食品であることが明らかとなった。今後は、発芽玄米摂取中にアレルギー症状が改善されたというアンケート結果に基づき、アレルギー症状を誘引するロイコトリエンをはじめとするエイコサノイドの基質となっているアラキドン酸と食品中の脂肪酸との関与について検討を行いたい。

謝 辞

本研究の実験にご協力頂いたファンケル(株)中央研究所、本学学生及び食品機能学研究室平成14年度の卒論生、修論生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 沖縄県工業技術センター研究報告, 2, 59-57 (2000)
- 2) H. C. Stanton : *Arch. Int. Pharmacodyn.* **143**, 195-204 (1963)
- 3) 渡辺敏郎, 山田貴子, 田中仁子ら : 日本食品科学工学会誌, **49** (3), 166-173 (2002)
- 4) 中村寿雄, 長谷川節ら : 薬理と治療, **28** (6), 529-533 (2000)
- 5) Ma J, Folsom AR, Shahar E and Eckfeldt : *Am. J. Clin. Nutr.* **62**, 564-571 (1995)
- 6) Bjerve KS, Brubakk AM, Fougner KJ, Jonsen H, Midthjell K, and Vik T : *Am. J. Clin. Nutr.* **57**, 801-806 (1993)
- 7) 浜崎智仁 : 治療学, **28** (6), 617-620 (1994)
- 8) 平井愛山 : 日内会誌, **74** (1), 13-20 (1998)
- 9) 桑守正範 : 美作女子大学紀要, **44**, 116-119 (1999)
- 10) 厚生労働省保健医療局健康増進栄養課監修 : 国民栄養の現状, 平成12年度国民栄養調査成績, 第一出版
- 11) Dyerberg J, et al : *lancet*, **II**, 117-119 (1978)
- 12) Dyerberg J and Bang HO : *lancet*, **II**, 433, (1979)
- 13) Albert G. M., et al : *JAMA*, **279**, 23-28 (1998)
- 14) 長谷川卓志, 大島美恵子 : 動脈硬化, **25** (8), 283-287 (1998)
- 15) Iso H, Sato S, and Folsom AR, et al, *Int. J. Epidemiol.*, **18**, 374-381 (1989)

Abstract

Since the minor constituent, such as vitamins, minerals, dietary fiber and γ -aminobutyric acid, in pre-germinated brown rice is high content, it is predicted that the nutritional value is high. A study of the nutritional evaluation to healthy people was then carried out. The study involved healthy female university students (Age : 20.5 ± 0.8 , BMI : 21.0 ± 1.8 , Percent of Body Fat : $26.3 \pm 3.5\%$), who were given 400g packed pre-germinated brown rice (white rice : pre-germinated brown rice = 1 : 1) each day for ten weeks. Biochemical analysis of blood and serum fatty acids were performed on subjects. It was predicted, as a result of the biochemical analysis of blood, that T-C and LDL-C decreased in line with as a result of lipid metabolism. In the ingestion period, as for serum fatty acid composition, the rise of omega-3/omega-6 ratio, EPA/AA ratio and DHA/AA ratio was accepted. In summary, validity of the benefits of pre-germinated brown rice was demonstrated in the maintenance and improvement of general health and prevention of lifestyle related illness.