女子学生における食品摂取頻度と血清データとの関連 (第1報) 緑黄色野菜摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との関連

村上俊男・池田順子
(京都文教短期大学)

Relationship between Food-Intake Frequency and Analytical Data of Serum in Female College Students (Part 1) Relationship between Intake Frequency of Green-Yellow Vegetables and Serum β -Carotene Concentrations

Toshio Murakami and Junko Ikeda
Kyoto Bunkyo Junior College, 80 Senzoku Makishima-cho Uji-shi Kyoto, Japan

〒 611-0041 京都府宇治市槇島町千足80

The relationship between food-intake frequency and serum β -carotene concentrations was investigated in 117 female college students. The findings are as follows. 1. The serum β -carotene concentrations were determined in the range of about 10 to 180 $\mu\text{g}/\text{dl}$. The mean value was $64.4 \pm 30.7 \mu\text{g}/\text{dl}$. 2. A positive correlation ($p < 0.01$) was observed between the intake frequency of green-yellow vegetables and the serum β -carotene concentration, when the food-intake frequency was divided into 5 categories, the frequency from twice or more a day to one or twice a month. 3. The levels of serum β -carotene were markedly reduced in a lower category of the total intake frequencies of eggs, milks and dairy products, retinol-rich foods. Among the retinol-poor category, the serum β -carotene levels proved low even in the group of high intake frequency of green-yellow vegetables. These findings demonstrate that the serum β -carotene concentrations can be approximated by the intake frequency of green-yellow vegetables, and its level is reduced when the intake frequencies of some retinol-rich foods are very low e. g. less than one a week.

1. 緒 言

天然に存在するカロテノイドは約600種あり、その中でも β -カロテンは、その摂取や血清濃度が高レベルでガンの予防効果があるとの疫学調査が蓄積^{1)~3)}され、注目の発端となった。しかし逆に、 β -カロテンの単独大量投与ではむしろ肺ガン発生を増加させるとの報告⁴⁾も出て、実際の効果やそのメカニズムについては必ずしも一致した見解が得られていない。それに前後して、 α -カロテン、フコキサンチン、ルテイン、リコピンなどの発ガン抑制作用が明らかにされる⁵⁾に及んで、カロ

テノイドのもつ抗酸化作用、すなわち活性酸素の障害防止効果^{6)~8)}がベースにあることがわかってきた。

このことはカロテノイドを含む食品の摂取が、発ガン抑制だけに留まらず、疾病一般の予防や老化防止につながることを意味している。カロテノイドの血中の濃度は、それら自身がヒトの体内では生合成されない⁹⁾ので、摂取した食品に由来する⁹⁾と考えられている。これまでにカロテノイドあるいは β -カロテン摂取量と血中カロテノイドとの動向を調査した報告は既にいくつかある^{10)~12)}が、いずれも血中の β -カロテン濃度は β -カロテン摂取量と正の相関があることを示している。この β -カロ

ンを多く含む食品の代表として緑黄色野菜があげられる。緑黄色野菜の摂取量は、詳細な食事秤量調査を行うことにより把握できるが、池田ら¹³⁾はその摂取頻度からでもつかめることを報告している。

このことから、習慣的に緑黄色野菜を摂取する頻度が高い人ほど血中の β -カロテン濃度が高レベルに維持されているとの推察が成り立ち、既報の一部にその記載¹⁴⁾も認められるが、詳細な報告はない。またプロビタミンAでもある β -カロテンは体内でビタミンA（レチノール）に変換されるので、レチノール摂取量が血中の β -カロテンレベルに影響を与えることも考慮する必要があるが、両者の関係を実証した例¹⁵⁾もほとんどなく、ましてや摂取頻度からのアプローチは見あたらない。

筆者らは、疾病予防ひいては健康増進の立場から日常の習慣的な食生活を把握する方法として、実用上の手数の煩雑さの少ない食品摂取頻度調査（Food Frequency Questionnaires: FFQ）法の活用方法およびその有用性について検討してきた^{13), 16), 17)}。本研究では血清 β -カロテン濃度とFFQとの関連から、 β -カロテンの血清レベルが緑黄色野菜のFFQにより把握できるのかについて検討し、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

(1) 対象者および時期

対象は京都府内都市部に位置する短期大学の1回生の女子118名で、食生活習慣調査、採血のいずれも、10月中旬に実施した。

(2) 食生活習慣調査

池田の考案した「食生活に関するアンケート」の一環として食品摂取頻度調査を実施した。食品群は表1に示す23項目から成り、その摂取頻度は、①1日2回以上、②ほとんど毎日、③週に3～5回、④週に1、2回、⑤月に1、2回、⑥ほとんど食べない、の6カテゴリーとした。ただし、①に該当する人数が少ない場合は、統計処理上①と②を合わせて1カテゴリー（1日1回以上）

表1 摂取頻度調査した食品群項目

1. 卵	2. 牛乳	3. 乳製品	4. 肉類	5. ハム、ソーセージ
6. 鮮魚分類	7. 塩蔵魚、干し魚、魚甘辛煮	8. 果物	9. 汁もの	10. 菓子類
11. コーヒー、紅茶	12. ジュース、炭酸飲料	13. 漬物、佃煮、梅干し、ふりかけ	14. 煮物料理、和え物料理	15. 練り製品
16. 豆製品	17. 緑黄色野菜	18. 色の薄い野菜	19. きのこと	20. 海藻
21. いも	22. 油料理	23. インスタント麺類、レトルト食品、冷凍半調理食品、お総菜		

とした。また同時に、飲酒と喫煙の頻度についても調査した。

(3) 採血および血清の調整

採血は同意を得た上記の学生から、当日昼食を抜いた状態で夕方行った。採血用試験管（血清採取用）に採血し、直ちに遠心分離（3,000rpm, 10分）により、上清として血清を得た。この血清は、遮光下に -35°C で凍結保存し、カロテンの分析は2か月以内に行った。なお、この種の研究はヒトを対象とするものであるため、その趣旨を日本食糧・栄養学会の倫理委員会に届け出、承認（No.2）を得て遂行している。

(4) 血清 β -カロテンの分析

血清 β -カロテンの分析は、ほぼ常法のHPLC法¹⁸⁾に準拠したが、抽出操作は一部に独自の改良を加えた方法¹⁹⁾によった。すなわち、図1に示すように、n-ヘキサン：ベンゼン（5:1, v/v）の混液により抽出した試料液を

図1 血清 β -カロテンの定量操作

N_2 ガスで蒸発乾固後、HPLCの移動相であるアセトニトリル：エタノール（3:2, v/v）に溶解し、HPLC分析に供した。装置は全て日立製で、ポンプはL-6000、紫外&可視部検出器はL-4200H、カラムオーブンはL-7300を、それぞれ用いた。カラムはナカライテスク社製のCosmosil 5C18-AR（4.6 ϕ ×150mm）を使用した。上述した移動相の流速は1.0ml/min、カラム温度は30 $^{\circ}\text{C}$ で行い、カロテンの検出は450nmの可視吸収によった。血清中の β -カロテンの同定は、同条件における標準物質（メルク社製）との保持時間の一致により行った。

β -カロテン濃度は当該標準溶液を用いる検量線に従って求めた。

(5) 解析方法

緑黄色野菜摂取頻度①～⑥の各カテゴリー毎に、血清 β -カロテン濃度の平均値と標準偏差を求めた。レチノール含有食品（卵、牛乳および乳製品）の総合摂取頻度については、個々の食品の摂取頻度（①～⑥）をそれぞれ1～6と対応する数字に置き換えて合計し（3～18）、それらを高頻度（ ≤ 9 ：平均③）、中頻度（ $> 9 \sim \leq 12$ ）、低頻度（ > 12 ：平均④）の3カテゴリーに分けて処理した。それぞれのカテゴリー間の差は、ひとまとめにしてF検定（一元配置分散分析）により、また2群間の差はt検定により、それぞれ検討した。なお、上記の計算は統計パッケージSPSSを用いた。

3. 実験結果および考察

(1) 血清 β -カロテン濃度の分布

定量に供した118人中血清 β -カロテン濃度の最大値は172.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ で、最小値は17.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ であった。このうち、毎日飲酒者は一人、毎日喫煙者が3人で、飲酒・喫煙とも毎日と答えた一人の定量結果は、最低値に近い23.2 $\mu\text{g}/\text{dl}$ であった。飲酒・喫煙の習慣化は血清 β -カロテンを変換あるいは消費させるとの報告²⁰⁾があるので、このデータは本研究の解析対象からは削除した。その結果、117人の血清 β -カロテン濃度の平均値は64.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 、標準偏差は30.7という結果になった。その全体の分布状況は図2に示す通りで、やや正に偏っていた。女子学生の血清 β -カロテン濃度の平均値としては、既報のもの¹⁴⁾とはほぼ同レベルであった。

図2 血清 β -カロテン濃度の分布

個々のデータの一桁目を四捨五入して0に丸め、145以上は150～として処理した。

(2) 緑黄色野菜摂取頻度の現状と血清 β -カロテン濃度との関連

対象者117人の緑黄色野菜摂取頻度は、1日2回以上（①）は3人、ほとんど毎日（②）が22人、週に3～5回（③）が最多の55人、週に1、2回（④）は31人で、月に1、2回（⑤）は6人、ほとんど食べない（⑥）人はいないという現状であった。

表2 緑黄色野菜摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との関連

緑黄色野菜 摂取頻度	人 数 (人)	血清 β -カロテン濃度 ($\mu\text{g}/\text{dl}$)
① 1日2回以上	3	130.5 $\pm$ 38.8
② ほとんど毎日	22	71.7 $\pm$ 30.5
③ 週に3～5回	55	63.0 $\pm$ 29.7
④ 週に1、2回	31	58.4 $\pm$ 25.7
⑤ 月に1、2回	6	46.0 $\pm$ 10.0

血清 β -カロテン濃度：平均値 $\pm$ 標準偏差

*F検定による5群間の差の有意水準

この5つのカテゴリーに属する対象者の血清 β -カロテン濃度の平均値と標準偏差を算出して、5カテゴリー間の差をF検定した結果を表2に示す。緑黄色野菜摂取頻度①～⑤のカテゴリー毎の血清 β -カロテン濃度の平均値をみると、①が130 $\mu\text{g}/\text{dl}$ と非常に高く、②は72 $\mu\text{g}/\text{dl}$ となり、以下摂取頻度が下がるに従いその濃度は5～9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ずつ減少し、この5カテゴリー間の差は有意（ $p < 0.01$ ）であった。なお、摂取頻度①の例数が3人と少ないので、①+②を1カテゴリー（ $n=25$ ）と見なし（ β -カロテン値：78.7 $\pm$ 36.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ）、4カテゴリーで再検定したが、やはり4カテゴリー間の差は有意（ $p < 0.05$ ）であった。すなわち、緑黄色野菜摂取頻度が習慣的に高ければ血清中の β -カロテン濃度は高く、その摂取頻度が低くなるに従って血清 β -カロテン濃度が低レベルになる傾向にあることが明らかになった。なお、 β -カロテンを含む食品としては緑黄色野菜以外の野菜や海藻もあるが、これらの食品の摂取頻度を考慮しても、緑黄色野菜摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との関連は変わらなかった。

(3) レチノール含有食品摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との関連

ビタミンA（レチノール）の栄養所要量は女子学生で1,800IUであり、レチノールと β -カロテンとから等分に摂取することが望ましい。しかし、レチノールの摂取量が多ければ、プロビタミンAである β -カロテンは、ビタミンAに変換されずにそのまま残るといわれている。そこで、特にレチノール高含量で摂取量も多い食品

として卵、牛乳および乳製品を取り上げ、その摂取頻度が血清 β -カロテン濃度に及ぼす影響を、直接あるいは緑黄色野菜摂取頻度を通して検討した。

まず、上記3つの個々の食品群の摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との間には、関連は認められなかった。例えば、卵の摂取頻度を一日1回以上(①+②)とそれ未満(③+④+⑤+⑥)に分けて算出した血清 β -カロテン濃度は、前者(45人)が $64.9 \pm 30.7 \mu\text{g/dl}$ で後者(72人)は $64.1 \pm 30.7 \mu\text{g/dl}$ と全く差はなかった。他の2食品についても同様の傾向であった。

しかし、3食品群の総合的な摂取頻度(①~⑥×3食品)と血清 β -カロテン濃度との関係を見ると、低摂取頻度群で血清 β -カロテン濃度が低い傾向にあった。そこで、このレチノール含有食品の摂取頻度を高(平均で週3~5回以上)・中・低(平均で週1回未満)のカテゴリーに分けて、この3カテゴリー間の血清 β -カロテン濃度の差をF検定したところ(表3)、高摂取頻度群では $65.3 \mu\text{g/dl}$ 、中摂取頻度群では $68.3 \mu\text{g/dl}$ と差がないのに対して、低摂取頻度群では $46.8 \mu\text{g/dl}$ と低い傾向($p < 0.06$)がみられた。すなわち、レチノール含有食品群の平均摂取頻度が週1回にも満たない15人(全対象者の約13%に相当)の血清 β -カロテンレベルが低かったことを示している。

次に、レチノール摂取頻度に応じた3つのカテゴリー

表3 レチノール含有食品および緑黄色野菜の摂取頻度と血清 β -カロテン濃度との関連

レチノール含有食品 摂取頻度/血清 β - カロテン濃度 ($\mu\text{g/dl}$)*	緑黄色野菜 摂取頻度	血清 β -カロテン濃度 ($\mu\text{g/dl}$)	
高 (n=49) /65.3 $\pm$ 31.7	高 (n=16)	84.1 $\pm$ 35.0	** p < 0.01
	低 (n=33)	56.4 $\pm$ 26.0	
中 (n=53) /68.3 $\pm$ 31.6	高 (n=5)	90.7 $\pm$ 38.9	** NS
	低 (n=48)	66.0 $\pm$ 30.3	
低 (n=15) /46.8 $\pm$ 13.9	高 (n=4)	42.2 $\pm$ 16.7	** NS
	低 (n=11)	48.5 $\pm$ 13.3	

血清 β -カロテン濃度：平均値 $\pm$ 標準偏差

* F検定による3カテゴリー(高, 中, 低)間の差の有意水準: $p < 0.06$

** t検定による2群(高, 低)間の差の有意水準

それぞれについて、緑黄色野菜摂取頻度が一日1回以上(高: $\leq$ ②)とそれ未満(低: $>$ ②)とに分けて、それぞれの2群間の血清 β -カロテン濃度の差をt検定により比較した(表3)。その結果、レチノール含有食品の高および中摂取頻度群では緑黄色野菜の摂取頻度が高い程血清 β -カロテン濃度も高いという傾向がみられた(ただし、統計上有意であったのは高摂取頻度群のみであった)が、レチノール低摂取頻度カテゴリーでは緑黄色野菜摂取頻度に関わりなくほぼ同レベルであり、その値は本対象者全体の平均値を25%も下回っていた。レチノール摂取が十分であれば β -カロテンはそのまま残るので、その血清値は緑黄色野菜摂取頻度に依存するが、レチノールの摂取不足は β -カロテンのレチノールへの変換を促すので、 β -カロテンの血清レベルは低くなると解釈されていることが、FFQにより本対象者で実証できた。

これらの結果は、血清 β -カロテン濃度は緑黄色野菜摂取頻度に依存するが、レチノール含有食品群の摂取頻度が極端に低い場合は、 β -カロテンの血清レベルがさらに下がると見なす必要があることを意味している。すなわち、食品の摂取頻度から血清の β -カロテンレベルを推定する場合、緑黄色野菜に加えてレチノール含有食品群(卵、牛乳および乳製品)の摂取頻度も考慮に入れる必要性を示唆しており、健康上からいえば、カロテンだけでなくレチノールの摂取も重視しなければならないことがわかった。

健康のバロメーターの一つとしての血清 β -カロテンレベルが、煩雑な秤量調査をしなくても簡易なFFQ(しかも緑黄色野菜と特定のレチノール含有食品のみ)により、大まかに把握できることが明らかになったことは、今後健康教育・相談を展開する上で有意義な成果である。と考える。ただ、今回は対象者数が100余名と少なかったためか、緑黄色野菜摂取頻度間の血清 β -カロテン濃度の差を明確に実証することができなかったため、今後例数を増やし、両者の関係についてさらに検討したいと考えている。

4. 要 約

女子学生117人を対象にした食品摂取頻度調査(FFQ)と、同時期に行った採血からの血清 β -カロテン分析値を元に、統計処理により両者の関連を検討したところ、以下のような結果が明らかになった。

(1)血清 β -カロテン濃度は、10~180 $\mu\text{g/dl}$ の範囲に納まり、やや正に偏った分布を示した。その平均値と標準

偏差は $64.4 \pm 30.7 \mu\text{g}/\text{dl}$ であった。

(2) 緑黄色野菜摂取頻度 1 日 2 回以上から月に 1, 2 回までの 5 カテゴリーにおいて、血清 β -カロテン濃度の平均値を算出したところ、1 日 2 回以上では $130.5 \mu\text{g}/\text{dl}$ と最も高く、摂取頻度が低下する程そのレベルも低下し、5 カテゴリー間の差は有意 ($p < 0.01$) であった。

(3) レチノール含有食品として卵、牛乳および乳製品を取り上げ、これら 3 食品群を総合した摂取頻度を高・中・低の 3 カテゴリーに分けて、血清 β -カロテン濃度との関連をみたところ、平均の摂取頻度が週 1 回にも満たない低摂取頻度群の血清 β -カロテンレベルは著しく低くかった ($46.8 \mu\text{g}/\text{dl}$)。また、このレチノールの摂取不足は緑黄色野菜の摂取頻度が高くても、血清 β -カロテンレベルは明らかに低い傾向であった。

以上のことより、食習慣の指標である緑黄色野菜摂取頻度がわかれば、血清中の β -カロテン濃度が把握できるということ、またレチノール含有食品群の摂取頻度が極端に低い場合には、血清 β -カロテンレベルがより下がると見なす必要があることが明らかになった。

文 献

- 1) Peto, R., Doll, R., Buckley, J. D. and Sporn, M. B. : *Nature*, **290**, 201 (1981)
- 2) Staehelin, B. H., Gey, G. F., Eicholzer, M. and Luedin, E. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **53**, 265S (1991)
- 3) Blot, W. J., Li, J. -Y., Taylor, P. R., Li, B. et al. : *J. Natl. Cancer Inst.*, **85**, 1483 (1993)
- 4) The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention study Group : *N. Engl. J. Med.*, **330**, 1029 (1994)
- 5) 西野輔翼, 岩島昭夫 : ビタミン, **67**, 531 (1993)
- 6) 末木一夫 : 油化学, **40**, 893 (1991)
- 7) Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sies, H. : *Arch. Biochem. Biophys.*, **274**, 532 (1989)
- 8) Krinsky, N. I. : *Free Radical Biol. Med.*, **7**, 617 (1989)
- 9) 松野隆男, 幹 渉 : 化学と生物, **28**, 219 (1990)
- 10) 木下伊規子, 木村典代, 加藤達雄 : 日本栄養・食糧学会誌, **48**, 29 (1995)
- 11) 大嶋俊二, 小嶋文博, 石黒幸雄ら : 日本栄養・食糧学会誌, **48**, 365 (1995)
- 12) 伊藤宜則, 清水弘之, 鈴木康司ら : ビタミン, **71**, 427 (1997)
- 13) 池田順子, 永田久紀, 宍岡市光ら : 日本公衆衛生雑誌, **42**, 829 (1995)
- 14) 赤澤典子 : 日本家政学会誌, **47**, 1023 (1996)
- 15) 坂本秀樹, 大嶋俊二, 福場博保ら : 日本栄養・食糧学会誌, **50**, 21 (1997)
- 16) 池田順子, 永田久紀ら : 日本衛生学雑誌, **43**, 907 (1988)
- 17) 池田順子, 永田久紀ら : 日本衛生学雑誌, **44**, 847 (1989)
- 18) 加美山茂利, 田近久美子, 伊藤宜則 : 臨床検査, **31**, 286 (1987)
- 19) 村上俊男 : 京都文教短期大学研究紀要, **35**, 156 (1996)
- 20) Aoki, K., Ito, Y., Sasaki, R., Asano, A. et al. : *Jpn. J. Cancer Res. (Gann)*, **78**, 1049 (1987)