
日本人のカロテノイド摂取量ならびに 皮膚カロテノイド量における卵の寄与

摂南大学農学部食品栄養学科・准教授 岸本 良美

■ 緒 言

カロテノイドは微生物、植物、動物界に広く分布する色素成分である。ヒトが日常摂取する食物の中には 50 種類程度のカロテノイドが含まれるとされるが、なかでも β -カロテン、 α -カロテン、リコペン、ルテイン、ゼアキサンチン、 β -クリプトキサンチンの 6 種類が主要で、これらで血液中のカロテノイドの 90% 以上を占める。カロテノイドの生理機能としては、プロビタミン A として免疫や視覚の調節に働くほか、抗酸化作用をもち、特に一重項酸素消去能が高いことが知られている。また、カロテノイドの摂取量や血中濃度は、がんの発生リスクと負の関連があることが報告されている¹⁾。

カロテノイドの主要な摂取源は、野菜・果実であり、体内に吸収されたカロテノイドはリポタンパク質に取り込まれて体内を循環するとともに、多くの組織に一定期間蓄積される。そのため、血液や皮膚のカロテノイド濃度は、野菜や果実の摂取量を反映するバイオマーカーとなることが報告されている²⁾。我々は、日本の食品のカロテノイド含有量データベースの構築と、カロテノイド摂取量調査に取り組むなかで、野菜・果実に加えて卵も主要なカロテノイド摂取源であることを示唆する結果を得ている。一方で、カロテノイドの吸収は食形態や同時に摂取する他の食品等の影響を受け、一般に野菜では低く、卵では高いとの報告があることから、体内のカロテノイド量は摂取量だけでは推定できない可能性がある。そこで本研究は、健康な日本人成人を対象に皮膚カロテノイド量測定と食事調査を実施し、カロテノイド摂取量ならびに皮膚カロテノイド量に対する卵の寄与を明らかにすることを目的とした。

■ 方 法

1. カロテノイド含有量データベースの整備・拡充

我々が保有しているカロテノイド含有量データベースに未収載もしくは追加データが必要な食品として、野菜ジュース、トマトジュース、グレープフルーツジュース、ウスターソース、きゅうり漬物、梅干し、菜の花を選定した。可食部より抽出し、高速液体クロマトグラフィーにてルテイン、ゼアキサンチン、リコペンの含有量を分析した。野菜ジュースは、 α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチンの含有量も分析した。その他の食品については、 α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチンには日本食品標準成分表の掲載値を当てはめた。

2. カロテノイド摂取量ならびに皮膚カロテノイド量の調査

18-69 歳の男女を対象にカロテノイド摂取量ならびに皮膚カロテノイド量の調査を実施した。食物摂取頻度調査票 FFQ NEXT (建帛社) を用いて、過去 1 年間の習慣的な食品の摂取頻度ならびに摂取量を調査した。エネルギー摂取量が 600 kcal 以下もしくは 4000 kcal 以上であった者を除外し、135 名 (男性 69 名、女性 66 名) を解析対象とした。各食品の摂取重量に、カロテノイド含有量データベースの α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチン、ルテイン、ゼアキサンチン、リコペン、フコキサンチンの含有量をかけ合わせ、それぞれの摂取量を算出した。7 種類のカロテノイドの合計を総カロテノイド摂取量とした。皮膚カロテノイドスコアはベジメータ (Longevity Link Corporation) を用いて、左手中指で 3 回連続測定し平均値を求めた。

3. カロテノイド摂取量推定のための調査票の作成

カロテノイド摂取源として重要な食品を選定し、カロテノイド摂取量推定のための調査票を作成した。上記 2 の調査対象者のうち、30-69 歳の男女 62 名より回答を得て、 α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチン、ルテイン、ゼアキサンチン、リコペン、フコキサンチン、総カロテノイド摂取量を算出し、FFQ NEXT からの算出量と比較した。

■ 結 果

測定した食品の分析値をカロテノイド含有量データベースに追加し、FFQ NEXT 詳細版の 172 食品項目における α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチン、ルテイン、ゼアキサンチン、リコペン、フコキサンチンの含有量データベースを作成した。

対象者 135 名における野菜類、果実類、卵類の摂取量(平均値 $\pm$ 標準偏差)は、それぞれ 141 ± 164 、 95 ± 117 、 32 ± 39 g/日であった。総カロテノイド摂取量は、 $8,184\pm9,453$ μ g/日であり、寄与率はリコペン、 β -カロテン、ルテイン、 α -カロテン、フコキサンチン、 β -クリプトキサンチン、ゼアキサンチンの順に高かった(図 1)。総カロテノイド摂取量への寄与率が高い食品(上位 10 食品)は、野菜ジュース、にんじん、トマトジュース、トマト、わかめ、ほうれんそう、みかん、卵、こまつな、かぼちゃであった。食品群別では、野菜類からの摂取が 80%以上を占め、次いで果実類、海藻類、卵類、調味料・香辛料の順であった。 α -カロテン、 β -カロテン、リコペンは野菜類の割合が 90%以上、 β -クリプトキサンチンは果実類の割合が 90%以上を占めた。ルテインは野菜類(80%以上)に次いで卵類(9%程度)の割合が高く、ゼアキサンチンは卵類が最大の摂取源(70%以上)であった。重回帰分析の結果、総カロテノイド摂取量と摂取源となる食品群の関連として、緑黄色野菜、柑橘類、卵類、海藻類が正の関連因子であることが示された(表 1)。

皮膚カロテノイドスコアの平均値は 345 ± 88 であった。フコキサンチンを除く 6 種類のカロテノイドの摂取量ならびに総カロテノイド摂取量は、皮膚カロテノイドスコアと有意な正の相関を示した。食品群別では、野菜ならびに緑黄色野菜の摂取量と皮膚カロテノイドスコアとの間に正の相関が認められた。重回帰分析の結果、皮膚カロテノイドスコアと摂取源となる食品群の関連として、柑橘類が正の関連因子であることが示された(表 2)。

カロテノイド摂取量推定のための調査票は、トマトジュース、野菜ジュース(一般的な果実ミックスタイプ)、野菜ジュース(“一日分”など濃いタイプ)、青汁、にんじん、かぼちゃ、ほうれんそう、こまつな、にら、ブロッコリー、トマト、トマトケチャップ、きゅうり、みかん、すいか、かき、わかめ、ひじき、卵の 19 食品の過去 1 か月間の摂取頻度を問う形式とした。ルテイン・ゼアキサンチンのサプリメント摂取状況も回答させた。本調査票と FFQ NEXT それぞれから算出した α -カロテン、 β -カロテン、 β -クリプトキサンチン、ルテイン、ゼアキサンチン、リコペン、フコキサンチン、総カロテノイド摂取量を比較したところ、 α -カロテン、 β -カロテン、ルテイン、リコペンでは有意な差はなかった。また、すべてにおいて相関係数 0.5 ～ 0.8 程度の比較的強い相関関係が認められた。

■ 考 察

本研究における対象者の総カロテノイド摂取量の平均は $8,184\pm9,453$ μ g/日であった。日本人女性(21-56 歳、109 名)を対象とした我々の既報³⁾では、総カロテノイド摂取量は $7,450\pm3,840$ μ g/日であり、本研究でやや多かった。本研究では初めて食物摂取頻度調査票 FFQ NEXT を用いてカロテノイド摂取量の算出を行ったため、食事調査法の異なる既報と直接的に比較することはできないが、各カロテノイドが占める割合や、摂取源上位の食品は概ね一致していた。卵は総カロテノイド摂取量への寄与率が 8 位であり、ルテインでは 3 位、ゼアキサンチンでは 1 位の摂取源であった。

また、本研究ではカロテノイド摂取量のバイオマーカーとして、皮膚カロテノイド量の測定を行った。対象者の皮膚カロテノイドスコアの平均は 345 ± 88 であり、大規模な日本人集団におけるスコア(343 ± 142)と近似していた⁴⁾。皮膚カロテノイドスコアと総カロテノイド摂取量は有意な正の相関関係を示したことから、本研究におけるカロテノイド摂取量の推定は、対象者のカロテノイド摂取量や生体内のカロテノイド量を反映できており、妥当である可能性が示唆された。

カロテノイド摂取源として重要な 19 食品とサプリメントの摂取頻度を問うカロテノイド摂取量推定のための調査票を開発し、FFQ NEXT からの推定値と比較したところ、総カロテノイド摂取量ならびにすべてのカロテノイドの摂取量において比較的強い相関関係が認められ、簡易的にカロテノイド摂取量を推定する質問票として活用できる可能性が示された。今後、詳細な食事記録を対照とした比較や、個人内・個人間変動等の検討を行い、妥当性を検証する必要がある。

本研究において、日本人成人男女におけるカロテノイド摂取量ならびに摂取源、さらに皮膚カロテノイドスコアとの関連について新たな知見を得ることができた。今後もカロテノイド摂取量推定のための調査票や、皮膚カロテノイド量測定を活用した調査を行い、生体機能との関連についても検討する予定である。

■ 要 約

本研究では、カロテノイド含有量データベースの拡充・整備と、健康な日本人成人男女を対象にしたカロテノイド摂取量ならびに皮膚カロテノイド量の調査を行った。対象者 135 名における総カロテノイド摂取量の平均は $8,184 \pm 9,453 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。卵は総カロテノイド摂取量への寄与率が 8 位であり、ルテインでは 3 位、ゼアキサンチンでは 1 位の摂取源であった。皮膚カロテノイドスコアの平均は 345 ± 88 であり、皮膚カロテノイドスコアと総カロテノイド摂取量は有意な正の相関関係を示した。カロテノイド摂取源として重要な食品を選定し、カロテノイド摂取量推定のための調査票を開発した。

■ 文 献

- 1) Aune D, Keum N, Giovannucci E, Fadnes LT, Boffetta P, Greenwood DC, Tonstad S, Vatten LJ, Riboli E, Norat T. (2018) Dietary intake and blood concentrations of antioxidants and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality : a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 108 : 1069-1091.
- 2) Radtke MD, Pitts SJ, Jahns L, Farnhaber GC, Loofbourrow BM, Zeng A, Scherr RE. (2020) Criterion-related validity of spectroscopy-based skin carotenoid measurements as a proxy for fruit and vegetable intake : a systematic review. *Adv Nutr*, 11 : 1282-1299.
- 3) Fukushima Y, Taguchi C, Kishimoto Y, Kondo K. (2023) Japanese carotenoid database with α - and β -carotene, β -cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin, lycopene, and fucoxanthin and intake in adult women. *Int J Vitam Nutr Res*, 93 : 42-53.
- 4) Obana A, Gohto Y, Gellermann W, Ermakov IV, Sasano H, Seto T, Bernstein PS. (2019) Skin carotenoid index in a large Japanese population sample. *Sci Rep*, 9 : 9318.

表 1. 総カロテノイド摂取量と摂取源となる食品群の関連 (n=135)

独立変数	係数	標準誤差	p 値
定数	810	324	0.014
緑黄色野菜摂取量	115	2.84	<0.001
淡色野菜摂取量	-41.9	3.62	<0.001
柑橘類摂取量	14.8	3.05	<0.001
その他の果物摂取量	4.98	2.81	0.080
卵類摂取量	10.7	4.78	0.026
海藻類摂取量	237	38.3	<0.001

重回帰分析（強制投入法），調整済み $R^2 = 0.951$, $p < 0.001$

表 2. 皮膚カロテノイドスコアと摂取源となる食品群の関連 (n=135)

独立変数	係数	標準誤差	p 値
定数	370	44.5	<0.001
緑黄色野菜摂取量	0.237	0.193	0.221
淡色野菜摂取量	0.091	0.253	0.720
柑橘類摂取量	0.509	0.201	0.013
その他の果物摂取量	-0.007	0.181	0.970
卵類摂取量	0.256	0.354	0.471
海藻類摂取量	-2.82	2.27	0.216

重回帰分析（強制投入法），調整済み $R^2 = 0.079$, $p < 0.018$

各食品群の摂取量はエネルギー調整値 (/1000kcal)

年齢、BMI を調整変数として投入した。

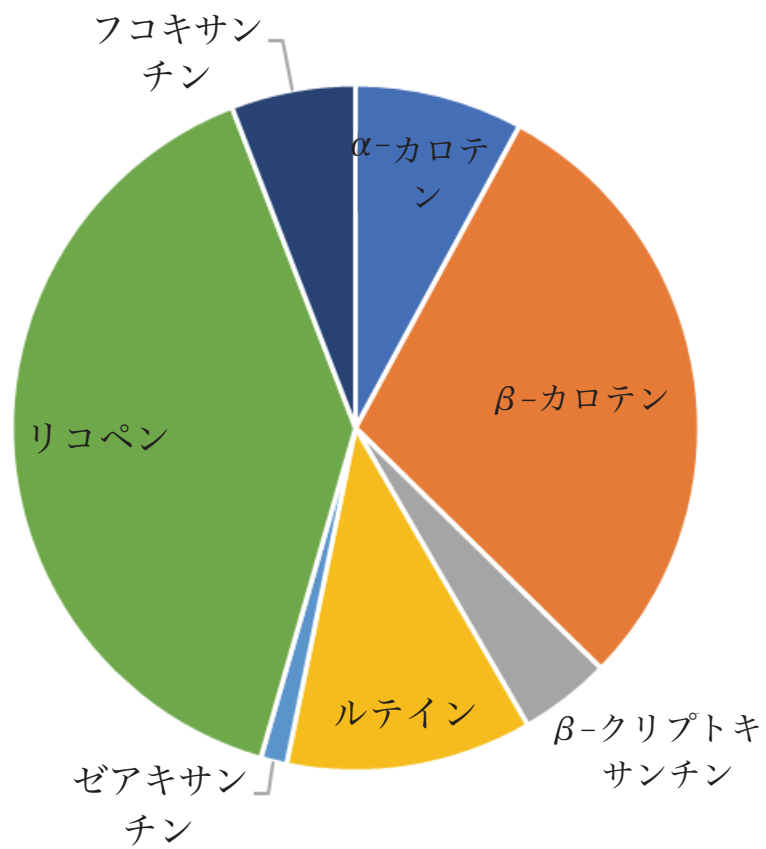


図 1. 総カロテノイド摂取量における 7 種類のカロテノイドの割合 (n=135)