

することができる。しかしながら、均一化するときには不純物の混入や試料を灰化するときには蒸発することなどの注意が必要である。ビタミンについては、調理損耗のほか、酸化、紫外線などの影響が考えられる。このため、ビタミンを対象として、TDSを利用する際には、対象としているビタミンの化学的特性についてあらかじめ十分に把握しておく必要がある。ビオチンについては、これらのことより、むしろ分析した食品数や選択した食品が大きく影響しているのかもしれない。今後、分析数を増やすとともに、代表値の決め方についても検討を加え、推定値の算出の精度を上げる必要がある。

食事摂取基準の策定においては、日本人を対象としたデータはほとんどなく、多くの場合、食生活が異なる欧米人のデータが用いられている³⁰⁾。このため、現在用いられている食事摂取基準は、わが国の食生活を十分に反映しているとは云えない。「日本人の食事摂取基準(2005年版)」において、ビオチンやパントテン酸など5種類の水溶性ビタミンは推定平均必要量から推奨量が求められず、目安量の設定となっている³⁰⁾。ビオチンの食事摂取基準の策定においては、東京都のTDSによるビオチン摂取量が科学的な根拠として用いられている。この調査結果に基づき、健康な成人男女のビオチンの目安量が45 µg/日と策定されている。

東京都のTDSは、残留農薬のプロトコルに基づいて平成13年度に行われたものである。しかし、平成11年度の東京都栄養調査の摂取量を利用して、ビオチンの摂取量を45.1 µg/日と算出している。栄養調査では、平成13年度から、食品の食形態を考慮して摂取量を記載することになった³⁰⁾。たとえば、米類の摂取量が、平成11年度では国民栄養調査および東京都栄養調査でそれぞれ190.5 g(男性)および140.9 gであるのに対して、平成14年度ではそれぞれ417.9 g(男性)および301.2 gと、両年度で著しい差異が認められた。また嗜好飲料、調味料及び香辛料類の摂取量も、東京都栄養調査では平成11年度で207.2 gであるのに対して、平成14年度で709.5 gと、3倍の違いがあった。つまり、分析した食品群のビオチン含量を基に、平成11年度の摂取量を利用して、ビオチン摂取量を算出すると過少評価となると考えられる。著者らが、実際に平成14年度および15年度の東京都栄養調査の摂取量を利用して、ビオチンの摂取量を算出すると65 µgとなる。このようなことから、東京都のTDSで求められたビオチン摂取量については再検討の必要があるのかもしれない。

本研究においては、著者らが分析したビオチン含量および国民栄養調査の結果を利用して、ビオチンの摂取量の算出を試み、東京都のTDSの結果との比較検討を行った。両者のビオチン摂取量には大きな違いが認めら

れたが、TDSは栄養素の摂取量を求めるために有用な方法と考えられる。現在、TDSによって残留農薬の摂取量の調査が行われている。これと並行して、ある種の栄養素については摂取量の推定を行うことが可能である。今後TDSを利用して、ビタミンやミネラルの摂取量を算出することは、わが国の食事摂取基準を策定するための有効な手段として期待される。

結 論

TDSは、残留農薬や食品添加物の摂取量を求めるために開発され、広く使用されている。最近、この方法が栄養素の摂取量の算出にも使用されている。しかし、TDSによって、栄養素の推定を行うためには、食品数、食品の分類、食品の選択、食品群ごとの摂取量の算出などについての基礎的な検討が必要である。わが国では、現在TDSによって地域ごとに残留農薬の摂取量の調査が行われている。そこで、このTDSと並行して、栄養素の摂取量を算出することが可能になれば、得られたデータはわが国の食事摂取基準を策定するための基礎的な資料として有用である。このようなことから、栄養素を算出するための精度の高いTDSの早急な確立が求められる。

文 献

- 1) 坪野吉孝, 久道 茂: 栄養疫学, 南江堂, 東京 (2001)
- 2) 細貝祐太郎, 松本昌雄監修: 食品安全セミナー 2, 食品添加物, 中央法規出版, 東京, pp. 83-97 (2001)
- 3) 食品添加物研究会編: あなたが食べている食品添加物—食品添加物1日摂取量の実態と傾向—, 日本食品添加物協会, 東京, pp. 67-82 (2001)
- 4) World Health Organization: Pesticide Residues in Food. Technical report series no. 592, Geneva: WHO (1976)
- 5) World Health Organization: Guidelines for the Study of Dietary Intakes of Chemical Contaminants. WHO offset publication no. 87, Geneva: WHO (1985)
- 6) Iyengar GV, Kawamura H, Parr RM, Miah FK, Wang J-X, Dang HS, Djojotubroto H, Cho S-Y, Akher P, Natera ES, Nguy MS: Dietary intake of essential minor and trace elements from Asian diets. *Food Nutr Bull* 23: 124-128 (2002)
- 7) Ophaug RH, Singer L, Harland BF: Estimated fluoride intake of 6-month-old infants in four dietary regions of the United States. *Am J Clin Nutr* 33: 324-327 (1980)
- 8) Ophaug RH, Singer L, Harland BF: Dietary fluoride intake of 6-month and 2-year-old children in four dietary regions of the United States. *Am J Clin Nutr* 42: 701-707 (1985)
- 9) van Dokkum W, de Vos RH, Cloughley FA, Hulshof KFAM, Dukel F, Wijsman JA: Food additives and food components in total diets in The Netherlands. *Br J Nutr* 48: 223-231 (1982)
- 10) de Vos RH, van Dokkum W, Olthof PDA, Quirijns JK, Muys T, Van der Poll JM: Pesticides and other chemical residues in Dutch total diet samples (June 1976-July

- 1978). *Food Chem Toxicol* **22**:11-21 (1984)
- 11) Chen J, Gao J: The Chinese total diet study in 1990. Part II. Nutrients. *J AOAC Internat* **76**:1206-1213 (1993)
 - 12) Booth SL, Pennington JAT, Sadowski JA: Dihydro-vitamin K₁: Primary food sources and estimated dietary intakes in the American diet. *Lipids* **31**, 715-720 (1996)
 - 13) Booth SL, Pennington JAT, Sadowski JA: Food sources and dietary intakes of vitamin K-1 (phyloquinone) in the American diet: Data from the FDA total diet study. *J Am Diet Assoc* **96**, 149-154 (1996)
 - 14) 齋東由紀, 牛尾房雄: トータルダイエツト調査による東京都民のビオチン, ビタミンB₆, ナイアシンの一日摂取量の推定. *栄養学雑誌* **62**:165-169 (2004)
 - 15) 渡邊敏明, 大串美沙, 福井 徹: わが国の実年者におけるビオチンの体内動態についての検討. *生物試料分析* **27**:403-408 (2004)
 - 16) 谷口歩美, 大串美沙, 武智隆祐, 渡邊敏明: わが国の食品に含まれるビオチン量の分析. *日本栄養・食糧学会誌* **58**:185-198 (2005)
 - 17) 食品成分研究調査会編: 五訂日本食品標準成分表. 医歯薬出版, 東京 (2001)
 - 18) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会: 五訂増補日本食品標準成分表. 国立印刷局, 東京 (2005)
 - 19) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状. 平成11年度厚生労働省国民栄養調査結果. 第一出版, 東京 (2001)
 - 20) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状. 平成14年度厚生労働省国民栄養調査結果. 第一出版, 東京 (2004)
 - 21) 東京都衛生局編: 東京都民の栄養状況. 東京都, 東京 (1999)
 - 22) 東京都衛生局編: 東京都民の栄養状況. 東京都, 東京 (2002)
 - 23) 東京都衛生局編: 東京都民の栄養状況. 東京都, 東京 (2003)
 - 24) Pennington, JAT: Revision of the total diet study food list and diets. *J Am Diet Assoc* **82**:166-173 (1983)
 - 25) van Dokkum W, de Vos RH, Muys Th, Wesstra JA: Minerals and trace elements in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr* **61**:7-15 (1989)
 - 26) Pennington JAT, Wilson DB: Daily intakes of nine nutritional elements: Analyzed vs. calculated values. *J Am Diet Assoc* **90**:375-381 (1990)
 - 27) Pennington JAT, Schoen SA: Total diet study: Estimated dietary intakes of nutritional elements, 1982-1991. *Internat J Vitam Nutr Res* **66**:350-362 (1996)
 - 28) Lombardi-Boccia G, Aguzzi A, Cappelloni M, di Lullo G, Lucarini M: Total-diet study: Dietary intakes of macro elements and trace elements in Italy. *Br J Nutr* **90**:1117-1121 (2003)
 - 29) van Dokkum W, de Vos RH, Dukel F, Hilwig GNG: Analysis of macrocomponents and fatty acids in the market basket of male adolescents in the Netherlands. *J Am Diet Assoc* **90**:77-81 (1990)
 - 30) Egan SK, Tao SS-H, Pennington JAT, Bolger PM: US food and drug administration's total diet study: Intake of nutritional and toxic elements, 1991-96. *Food Addit Contam* **19**:103-125 (2002)
 - 31) 厚生省: 第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—. 平成11年6月, 東京 (1999)
 - 32) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準 (2005年版). 第一出版, 東京 (2005)
 - 33) 健康・栄養情報研究会編: 国民栄養の現状. 平成13年度厚生労働省国民栄養調査結果. 第一出版, 東京 (2003)

Study on the Estimate of Dietary Intake of Biotin by Total Diet Study

Toshiaki WATANABE and Ayumi TANIGUCHI

Laboratory of Dietary Environment Analysis, School of Human Science and Environment, Himeji Institute of Technology, University of Hyogo

The total diet study is considered an important tool for monitoring the exposure to additives and contaminants through habitual diets and for estimating the health risk for the consumer. This study was undertaken to estimate the dietary intake of biotin, which is one of water-soluble vitamins, by total diet studies. Based on the mean biotin concentration of individual food in 18 food groups, the estimated biotin intakes were 107.8 $\mu\text{g}/\text{day}$ for males and 91.6 $\mu\text{g}/\text{day}$ for females using the Japanese National Nutrition Survey. On the other hand, based on the biotin concentrations of 13 food groups, the estimated biotin intake were 61.4 $\mu\text{g}/\text{day}$ and 45.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ in 1999 and 2002, respectively, in the Tokyo Metropolitan area. There was a large difference in estimated biotin intakes between both studies. From these findings, total diet studies are suitable for evaluating the nutritional quality of diets. However, to establish the dietary intake of nutrients by total diet studies, it is necessary for confirming the chemical characteristics of nutrients, the classification and selection of foods, the number of foods used and how to calculate the mean or median of the food groups.

Key words: total diet study, dietary intake, vitamin, biotin, Dietary Reference Intakes

〈特集：栄養生化学に必要とされる食事摂取基準の知識〉

日本人の食事摂取基準（2005年版）の策定

渡邊 敏明

Establishment of dietary reference intakes for Japanese, 2005

Toshiaki Watanabe

Summary The Recommended Dietary Allowances (RDAs) for the Japanese population were first established and published in 1970 and have since been revised once every 5 years. The current revision (the Dietary Reference Intakes (DRIs) for Japanese, 2005) was made for use between 2005-2009. DRIs include five types of reference values including RDA (recommended dietary allowances), AI (adequate intake) and UL (tolerable upper intake level). RDA is the average daily dietary intake level sufficient to meet the nutrient requirements of nearly all healthy individuals (97-98%). AI is substituted instead of RDA if sufficient scientific evidence is not available for calculating an EAR (estimated average requirement). UL is the highest level of daily nutrient intake likely to pose no risk of adverse health effects to any individual.

Key words: Dietary Reference Intakes (DRIs), Estimated average requirement (EAR), Recommended dietary allowance (RDA), Adequate intake (AI), Tolerable upper intake level (UL), Tentative dietary goal for preventing lifestyle-related diseases (DG)

I. はじめに

栄養所要量は、国民が健康を維持し、健康に毎日の生活を営むために、どのような栄養素を毎日どれだけ摂取すればよいかという摂取目標を、生活活動強度別、性別、年齢階層別、身長別に示したものである。これは、国民一人一人

の食生活の指針となるほか、国民の食生活改善指導、集団給食施設の栄養管理、国民の食糧確保などに利用されている。

「日本人の栄養所要量：Recommended Dietary Allowances (RDAs) for Japanese」は、1970年に策定されて以来、食生活の変化や疾病構造の変化にともなって、その後、ほぼ5年ごとに改定

兵庫県立大学環境人間学部
〒670-0092 姫路市新在家本町1-1-12

Department of Dietary Environment Analysis,
School of Human Science and Environment,
University of Hyogo,
1-1-12 Shinzaike Honcho, Himeji, Hyogo 670-0092,
Japan

されてきた。2004年の改定では、単に名称の変更のみでなく、内容および考え方の刷新が行われた。現在、「日本人の食事摂取基準（2005年版）：Dietary Reference Intakes (DRIs) for Japanese, 2005」が使用されている^{1),2)}。

そこで、本稿においては、「日本人の食事摂取基準2005年版」（厚生労働省）に準じ、具体的な例を紹介しながら、食事摂取基準の基本的な考え方を解説する。

Ⅱ. 策定の目的

日本人の食事摂取基準は、健康な個人または集団を対象として、国民の健康の維持・増進、生活習慣病の予防を目的とし、エネルギーおよび各栄養素の摂取量の基準を示すものである。栄養素の摂取不足によって招来するエネルギー・栄養素欠乏症の予防にとどまらず、生活習慣病の一次予防、過剰摂取による健康障害の予防も目的としている（表1）。また保健所、保健センター、民間健康増進施設等において、生活習慣病予防のために実施される栄養指導、学校や事業所等の給食提供にあたって、最も基礎となる科学的データである。今回の改定では、可能な限り科学的根拠（EBM：evidence-based medicine）に基づいた策定が行われ、国内外の学術論文ならびに入手可能な学術資料が最大限に使用されている³⁾。

わが国のみでなくアメリカやカナダにおいても、「栄養所要量」から「食事摂取基準」という考え方に移行している³⁾。これは、「所要量」

表1 日本人の食事摂取基準（2005年版）の目的

- | |
|---|
| 1) 健康人を対象として、国民の健康の保持・増進、生活習慣病予防のために標準となるエネルギーおよび各栄養素の摂取量 |
| 2) 栄養欠乏の予防 |
| 3) 過剰摂取による健康障害の予防 |
| 4) 生活習慣病予防の一次予防 |

という考え方が欠乏からの回避を目的とした決定論的考え方であるのに対して、「食事摂取基準」は、「摂取範囲」と「確率論」という考え方を基軸にしたものである⁴⁾。また、系統的レビュー、つまり系統的、網羅的、客観的評価によって得られた結果に基づいて、食事摂取基準の設定がなされている。

Ⅲ. 策定方針

1) 基本的考え方

今回の策定においては、「欠乏症だけではなく、生活習慣病の予防ならびに過剰摂取による健康障害についても言及されている。このため、従来の考え方で最低摂取量に関する基準だけでは不十分である。」そこで、食事摂取基準の新しい考え方として、第一に、「摂取量の範囲」を示し、摂取量がこの範囲内にある場合には望ましいと考えている。よって、摂取量が、この範囲以上になると、過剰摂取による健康障害のリスク高くなることが明らかにされている。第二に、摂取量の変化によって起こる健康障害について、個人および集団における変動について

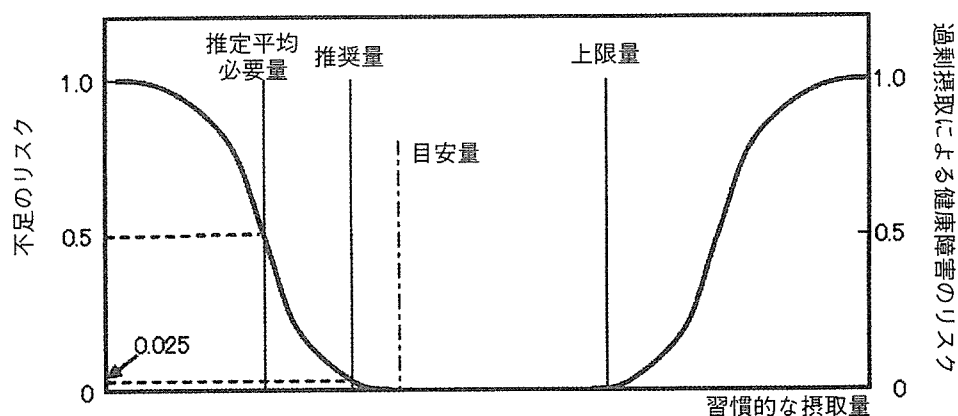


図1 食事摂取基準の各指標を理解するための模式図（日本人の食事摂取基準(2005年版)¹⁾から転載）

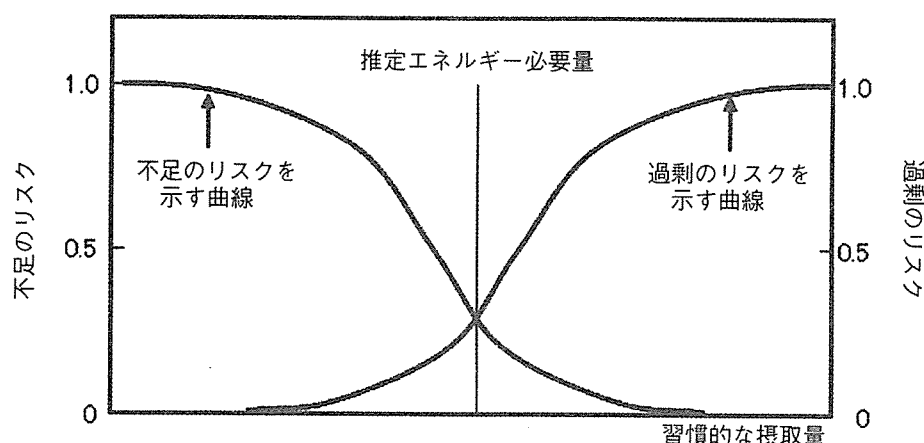


図2 エネルギー必要量を理解するための模式図（日本人の食事摂取基準(2005年版)¹⁾から転載）

確率論的な考え方を取り入れたことである。

これらの考え方にに基づき、食事摂取基準として、エネルギーについては1種類（必要量）、栄養素については5種類（推定平均必要量、推奨量、目安量、目標量、上限量）の指標を利用して、策定が行われている（図1）。

2) 設定指標

エネルギーは、成人の場合、体重を維持するために、ある一定量のエネルギー摂取が必要である。このため、この量を下回ると、体重の減少、やせ、たんぱく質・エネルギー栄養失調症をもたらす。反対に、上回ると、体重の増加、肥満を招来させる。このようなことから、エネルギー摂取量とエネルギー消費量が釣り合っており、体重に変化のない量がもっとも望ましいエネルギー摂取量である。今回の策定では、推定エネルギー必要量は、基礎代謝量と身体活動レベルから算出されている（図2）。

栄養素については、不足の有無や程度を判断するための指標として、「推定平均必要量（EAR：estimated average requirement）」と「推奨量（RDA：recommended dietary allowance）」を策定した。しかしながら、十分な科学的根拠がなく推定平均必要量と推奨量を策定できない場合には、「目安量（AD：adequate intake）」を設定した。また生活習慣病の一次予防のために、摂取基準を設定する必要がある栄養素については「目標量（DG：tentative dietary goal for preventing life-style related diseases）」を策定し

た。最近急速に普及しているサプリメントの過剰摂取による健康障害を未然に防ぐために、「上限量（UL：tolerable upper intake level）」を策定した。

IV. 食事摂取基準

1) 推定平均必要量

推定平均必要量は、「ある対象集団において測定された必要量の分布に基づき、母集団における必要量の平均値の推定値を示すもの」、である。つまり、その集団において、50%の人が必要量を満たすと推定される摂取量である。

2) 推奨量

推奨量は、「必要量の分布に基づき、母集団に属するほとんどすべての人（97～98%）が充足している摂取量」、である。理論的には、

推奨量＝推定必要量の平均値＋2×標準偏差の式から算出される。しかし、実際には推定必要量の標準偏差が実験から正確に与えられることは稀である。そのため、

推奨量＝推定平均必要量×推奨量算定係数を用いている。

この場合、個人間でのバラツキ（個人間変動）があるために、変動係数で補正する必要がある。推奨量算定係数は、変動係数から求めたもので、水溶性ビタミンなど多くの栄養素では通常1.2であるが、たんぱく質では1.25、銅では1.3、ビタミンA、鉄（1～14歳）およびヨウ素では1.4であ

表2 目安量の策定方法

1) 生体指標を用いて不足状態を示すものがほとんどいない場合：摂取量の中央値
2) 生体指標はないが、日本人の代表的な栄養素摂取の分布：摂取量の中央値
3) 母乳による乳児の摂取量：母乳の栄養素濃度×哺乳量

る。これらは、それぞれの栄養素の特性によって異なっている。

3) 目安量

目安量は、「特定の集団における、ある一定の栄養状態を維持するのに十分な量」、である。つまり、不足や欠乏状態を示す人がほとんど観察されない量である。一般に、推定平均必要量を算出するために十分な科学的根拠がない場合に算定されている。目安量は、3つの策定方法に基づいている（表2）。これらは欠乏状態を示すことができない。

乳児の必要量に関しては、0-5ヶ月の乳児の場合、母乳栄養ではタンパク質やビタミン、ミネラルの欠乏を来すことはなく、健常に発育することが報告されている。従って、母乳中に含まれる栄養素の量と哺乳量から、目安量を算出することができる。なお、乳児の哺乳量としては、今回の策定では0.78 L/日が用いられている。つまり、

目安量＝母乳中のビタミン含量×哺乳量
となり、男女差はない。

6-11ヶ月乳児の平均哺乳量としては、0.6 L/日が用いられている。

4) 目標量

目標量は、「生活習慣病の一次予防を専らの目的として、特定の集団において、そのリスクや、その代理指標となる生体指標の値が低くなると考えられる栄養状態を達成する量」、として決められたものである。つまり、生活習慣病の一次予防のため目標とすべき摂取量であり、たんぱく質、脂肪酸（*n*-3系、*n*-6系、飽和）、総脂質、炭水化物、食物繊維、ミネラルではカルシウム、ナトリウム、カリウム（電解質）およびコレステロールにおいて、目標量が設定され

ている。しかし、ビタミンについては、設定されていない。

目標量には、その内容から3つの種類がある。たとえば、カルシウムでは、目安量と国民健康・栄養調査のカルシウム摂取量の中央値との間には隔たりがある。このため、食事摂取基準を活用する際の実践可能な摂取基準値として、目安量と国民健康・栄養調査で得られた摂取量の中央値を目標量としている。このように、摂取量を目標量に近づけるために設定された栄養素としては、カルシウムのほかに食物繊維、*n*-3系脂肪酸、カリウム、コレステロールおよびナトリウムがある。

タンパク質などでは、目標量が摂取基準値の上限として設定されている。また、総脂質などでは、目標量が摂取基準の範囲として決められている。

5) 上限量

上限量は、「健康障害をもたらす危険がないとみなされる習慣的な摂取量の上限を与える量」、として策定されたものである。これを超えて摂取すると、潜在的な健康障害、すなわち過剰症のリスクが高まると考えられる。上限量の設定においては、ヒトにおける大量摂取データを基本にしている。しかし、食事から特定の栄養素を大量に摂取することは難しいので、大量摂取は、一般的に、サプリメントの利用による。

上限量は、理論的には「健康障害を発現しないことが知られている量」であるが、健康障害非発現量（NOAEL）に関する研究は非常に少ない。一方、サプリメントなどからの過剰摂取による健康障害発現量に基づいて、「健康障害が発現したことが知られる量」の最小値が最低健康障害発現量（LOAEL）として得られていることがある（図3）。そこで、これらの発現量を、安全性を考慮して「不確実性因子（UF）」で除して、上限量としている。

上限量が設定されているビタミンとしては、ビタミンB₆、ナイアシン、葉酸、ビタミンA、ビタミンEおよびビタミンDの6種類である。上限量の設定は、18歳以上の成人のみで、男女差はない。上限量の数値は、サプリメントやビタミン剤に含まれている遊離型ビタミンの量であ

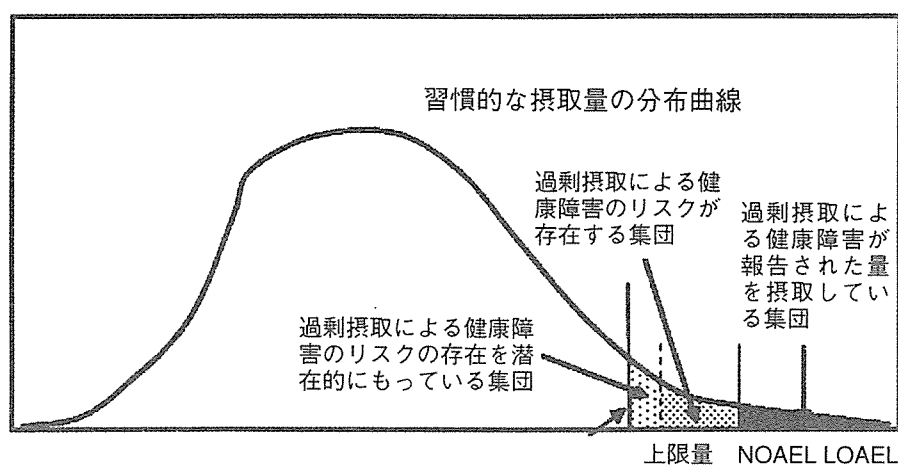


図3 過剰摂取による健康障害のリスクをもっている集団を理解するための模式図
(日本人の食事摂取基準(2005年版)¹⁾から転載)

表3 食事摂取基準を設定した栄養素と策定した指標(1歳以上)¹⁾

		推定平均 必要量 (EAR)	推奨量 (RDA)	目安量 (AI)	目標量 (DG)	上限量 (UL)
たんぱく質		○	○	—	○	—
脂質	総脂質	—	—	—	○	—
	飽和脂肪酸	—	—	—	○	—
	n-6 系脂肪酸	—	—	○	○	—
	n-3 系脂肪酸	—	—	○	○	—
	コレステロール	—	—	—	○	—
炭水化物		—	—	—	○	—
食物繊維		—	—	○	○	—
水溶性 ビタミン	ビタミンB ₁	○	○	—	—	—
	ビタミンB ₂	○	○	—	—	—
	ナイアシン	○	○	—	—	○
	ビタミンB ₆	○	○	—	—	○
	葉酸	○	○	—	—	○ ²⁾
	ビタミンB ₁₂	○	○	—	—	—
	ビオチン	—	—	○	—	—
	パントテン酸	—	—	○	—	—
脂溶性 ビタミン	ビタミンC	○	○	—	—	—
	ビタミンA	○	○	—	—	○
	ビタミンE	—	—	○	—	○
	ビタミンD	—	—	○	—	○
ミネラル	ビタミンK	—	—	○	—	—
	マグネシウム	○	○	—	—	○ ²⁾
	カルシウム	—	—	○	○	○
微量元素	リン	—	—	○	—	○
	クロム	○	○	—	—	—
	モリブデン	○	○	—	—	○
	マンガン	—	—	○	—	○
	鉄	○	○	—	—	○
	銅	○	○	—	—	○
	亜鉛	○	○	—	—	○
	セレン	○	○	—	—	○
	ヨウ素	○	○	—	—	○
電解質	ナトリウム	○	—	—	○	—
	カリウム	—	—	○	○	—

¹⁾一部の年齢階級についてだけ設定した場合も含む。

²⁾通常の食品以外からの摂取について定めた。

る。なお、ビタミンAについては、乳児や幼児から設定されている。これは、目安量や推奨量が上限量と近いいため、食事から大量に摂取される可能性が高いことによる。

ミネラルにおいて上限量が設定されているのは、Ca、P、Mo、Mn、Fe、Cu、Zn、SeおよびIの9種類である。

6) 策定栄養素

日本人の食事摂取基準（2005年版）において、食事摂取基準が策定されたエネルギーや栄養素などは表3に示したとおりである。

V. ビタミン・ミネラルの摂取基準の策定

1) ビオチン-目安量

ビオチンの所要量は、「第六次改定日本人の栄養所要量―食事摂取基準―」（平成11年6月、厚生省）において、葉酸やビタミンB₁₂などとともに初めて策定された⁹⁾。食事からの摂取可能量として、成人で30 μ g/日、授乳婦での付加量は5 μ g/日であり、米国と同様である⁹⁾。しかし、ビオチンの所要量策定の根拠となるデータの蓄積が不十分である、とされていた。今回の策定

においても、ビオチンについては、推定平均必要量を設定するに足る実験データがない。これまでの食事調査においては、トータルダイエツト調査が行われている。この調査は本来農薬や食品添加物の摂取量を算出するための方法である。この調査によると、1日あたりのビオチンの摂取量は、アメリカ人で35.5 μ g、日本人で45.1 μ gという報告がある^{6),7)}（表4）。そこで、この日本人のデータを基に、成人の目安量が45 μ g/日と設定されている。

2) 葉酸-推奨量

葉酸は、一炭素代謝に関与するビタミンである。摂取量が減少すると、血清および赤血球中の葉酸が減少すると共に、血清ホモシステインの蓄積がみられる。ホモシステインの蓄積は動脈硬化症の引き金となる。そこで、葉酸の必要量については、血清葉酸（7nmol/mL<）、赤血球葉酸（300nmol/L<）、血漿ホモシステインレベル（<14 μ mol/L）を基準範囲（一定）に維持できる摂取量とされている（表5）。食事から摂取できる量である。葉酸摂取量と血清ホモシステイン量との関連をみると、葉酸摂取量が400 μ g/日以下に低下すると、ホモシステイン濃度

表4 食事調査によるビオチン必要量の検討

文献	摂取量 (μ g/日)	被験者	調査法
Hoppner et al., 1978 ⁹⁾	62		食事記録調査（カナダ）
	60		陰膳法
Bull and Buss, 1982 ¹⁰⁾	35.5	7,277世帯	食事記録調査（イギリス）
Murphy and Calloway, 1986 ¹¹⁾	39.9 $\pm$ 26.9		24時間思い出し法（アメリカ）
Lewis and Buss, 1988 ¹²⁾	35-70	6,925世帯	食事記録調査（イギリス）
Bliss et al., 2000 ¹³⁾	32 $\pm$ 12	成人（25-85歳）39名	連続8日間出納試験（アメリカ）
Iyenger et al., 2000 ⁴⁾	35.5 $\pm$ 7.5	男性（25-30歳）	TDS（アメリカ）
渡邊ら, 2004 ¹⁴⁾	29.8-33.3	中高齢者	陰膳法（東北地方）
斎東と牛尾, 2004 ⁵⁾	45.1	成人男女	TDS（東京都）

表5 食事調査による葉酸必要量の検討

文献	被験者数 (性別：年齢)	期間	摂取量(μ g/日)		葉酸レベル		ホモシステイン レベル	調査法
			食事	サプリメント	血清	赤血球		
Milne et al., 1986 ¹⁵⁾	40 (男：19-54)	2-8ヶ月	200	0	減少	減少	増加傾向	介入研究
Saubertlich et al., 1987 ¹⁶⁾	3 (女：21-40)	28日欠乏/21日添加	100	0	減少	減少	—	欠乏添加試験
	2 (女性)		200	0	一定	減少	—	
O'Keefe et al., 1995 ¹⁷⁾	5 (女：21-47)	70日	30	170	基準値以下(3/5)	基準値以下(3/5)	基準値以上(2/5)	介入研究
	6 (女：21-47)		30	270	一定	一定	一定	
Jacob et al., 1994 ¹⁸⁾	10 (男：33-46)	30日欠乏/15日添加	25	74	回復せず	回復せず	異常	欠乏添加試験

表6 カルシウムの食事摂取基準

性別	男 性			女 性		
年齢(歳)	目安量	目標量	上限量	目安量	目標量	上限量
0-5(月) 母乳栄養児	200	-	-	200	-	-
人工乳栄養児	300	-	-	300	-	-
6-11(月) 母乳栄養児	250	-	-	250	-	-
人工乳栄養児	400	-	-	400	-	-
1-2	450	450	-	400	400	-
3-5	600	550	-	550	550 ³	-
6-7	600	600	-	650	600	-
8-9	700	700	-	800	700	-
10-11	950	800	-	950	800	-
12-14	1,000	900	-	850	750	-
15-17	1,100	850	-	850	650	-
18-29	900	650	2,300	700	600	2,300
30-49	650	600	2,300	600	600	2,300
50-69	700	600	2,300	700	600	2,300
70以上	750	600	2,300	650	550	2,300
妊婦(付加量)				+0	-	-
授乳婦(付加量)				+0	-	-

(mg/日)

の上昇が見られる。しかし、 $200\mu\text{g/日}$ 以下になっても、ホモシステインの基準値 $14\mu\text{mol/L}$ 以下である⁹⁾。これらの結果から、わが国では推定葉酸必要量を $200\mu\text{g}$ とし、推奨量を $240\mu\text{g/日}$ と設定されている。

3) カルシウム-要因加算法および付加量

カルシウムの摂取基準においては、実験疫学的研究で明らかにされた値を用いて、「要因加算法」に基づいて、目安量が設定されている。要因加算法とは、カルシウムの吸収量、蓄積量、排泄量などカルシウムの代謝に関連している要因を求め、これらを合算するものである。たとえば、体内でのカルシウム蓄積量については、成長・発育期において、骨重量が増大している時にカルシウムの蓄積が見られている。12-14歳で体重 50.0kg の場合には 257mg/日 であるが、30歳以上の場合には 0mg/日 である。一方、尿中排泄量は、体表面積(体重 $\text{kg}^{0.75}$)あたり 6mg/日 であり、経皮損失量は、尿中排泄量の $1/6$ である。カルシウム吸収率は年齢によって異なり、12-14歳では38%、30-49歳では25%である。これらに基づいて、カルシウムの目安量は、

目安量 = (体内カルシウム蓄積量 + 尿中排泄量 + 経皮損失量) / 見かけの吸収量
の式を利用して、算出している。

妊婦および授乳婦におけるカルシウム付加量の策定においては、一般に妊娠においては胎児の成長にともなう蓄積量や妊娠中の代謝特性を考慮して設定されている。カルシウムにおいては、非妊婦での消化管からの吸収率23%に対して、妊婦では42%と上昇している。このようなことから、目安量を摂取している妊婦では付加量は不要とされている。一方、授乳婦では、消化管からのカルシウム吸収率が軽度増加し、尿中排泄量が減少することが知られている。また、母乳のカルシウムは授乳婦の骨カルシウムに由来しているために、カルシウムを多量に摂取しても骨量減少は防げない。しかしながら、骨量減少は授乳終了後6ヶ月以内に回復することが知られている。このため、授乳婦でのカルシウム付加量も設定されていない(表6)。

VI. 活用に関する基本的な考え方

食事摂取基準は、習慣的な摂取量の基準であり、1日間の食事の基準とするものではない。また、食事摂取基準を適用する対象は主に健康な個人、健康な個人を中心とした集団、および何らかの軽度な疾患を有していても自由な日常生活を営み、自由に食事をできる者である。対象としている摂取源としては、食事として経口

摂取されるものに含まれるエネルギーと栄養素である。

VII. まとめ

日本人の食事摂取基準2005年版は、わが国の国民が生き生きと生活をするために必要なエネルギーや栄養素の摂取基準値である。これは、健常者を対象にしたものであり、日常の食生活において、通常の食品によってバランスの取れた食事を取ることににより満たすことが基本である。また、摂取基準値の算出においては、科学的根拠として欧米のデータが多く用いられているが、わが国における調査研究が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 第一出版編集部: 日本人の食事摂取基準2005年版, 厚生労働省策定, 東京, (2005)
- 2) 芦田淳, 吉川春寿: 総合栄養辞典 第四版. 同文社, 東京, (2001)
- 3) Institute of Medicine: Folate. "Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B₆, Folate, Vitamin B₁₂, Pantothenic Acid, Biotin and Choline" pp.196-305, National Academy Press, Washington DC, (2003)
- 4) 佐々木敏: 食事摂取基準 (2005年版) の基本的な考え方. けんしよくこん, 18-23, 2005
- 5) 厚生省: 第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準-平成11年6月. 107-109, (1999)
- 6) Iyengar GV, Wolfe WR, Tanner JT, Morris ER: Content of minor and trace elements, and organic nutrients in representative mixed total diet composites from the USA. *Sci. Total Environ.*, 256: 215-226, 2000
- 7) 齋東由紀, 牛尾房雄: トータルダイエツト調査による東京都民のビオチン、ビタミンB₆、ナイアシンの一曰摂取量の推定. *栄養学雑誌*, 62: 165-169, 2004
- 8) Selhub J, Jacques PF, Wilson PWF, Rush D, Rosenberg IH: Vitamin status and intake as primary determinants of homocysteinemia in an elderly population. *J. Am. Med. Assoc.*, 270: 2693-2698, 1993
- 9) Hoppner K, Lampi B, Smith DD (1978) An appraisal of the daily intakes of vitamin B₁₂, pantothenic acid and biotin from a composite Canadian Diet. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, 11: 71-74, 1978
- 10) Bull NL, Buss DH: Biotin, pantothenic acid and vitamin E in the British household food supply. *Hum. Nutr. Appl. Nutr.*, 36: 190-196, 1982
- 11) Murphy SP, Calloway DH: Nutrient intake of women in NHANES II, emphasizing trace minerals, fiber, and phytate. *J. Am. Diet. Assoc.*, 86: 1366-1372, 1986
- 12) Lewis J, Buss DH: Trace nutrients. 5. Minerals and vitamins in the British household food supply. *Br. J. Nutr.*, 60: 413-424, 1988
- 13) Bliss DZ, McLaughlin J, Jung HJ, Lowry A, Savik K, Jensen L: Comparison of the nutritional composition of diets of persons with fecal incontinence and that of age- and gender-matched controls. *J. Wound Ostomy Continence Nurs.*, 27: 90-1, 93-7, 2000
- 14) 渡邊敏明、大串美沙、福井徹: わが国の実年者におけるビオチンの体内動態についての検討. *生物試料分析*, 27: 403-408, 2004
- 15) Milne DB, Johnson LK, Mahalko JR, Sandstead HH: Folate status of adult males living in a metabolic unit, possible relationships with iron nutriture. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37: 768-773, 1986
- 16) Sauberlich HE, Kretsch MJ, Skala JH, Johnson HL, Taylor PC: Folate requirement and metabolism in nonpregnant women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 46: 1016-1028, 1987
- 17) O'Keefe CA, Bailey LB, Thomas EA, Hofler SA, Davis BA, Cerda JJ, Gregory JF, III: Controlled dietary folate affects folate status in nonpregnant women. *J. Nutr.*, 125: 2717-2725, 1995
- 18) Jacob RA, Wu M-M, Henning SM, Swendseid ME: Homocysteine increases as folate decreases in plasma of healthy men during short-term dietary folate and methyl group restriction. *J. Nutr.*, 124: 1072-1080, 1994

〈特集：栄養生化学に必要とされる食事摂取基準の知識〉

栄養摂取量からみたDRIsの統計学的栄養評価法

松本 貴行¹⁾、柿木 孝志¹⁾、渭原 博¹⁾、鈴木 真事¹⁾、橋詰 直孝²⁾、渡邊 敏明³⁾

Statistical nutrition assessment method of DRIs based on amount of nutrient intakes

Takayuki Matsumoto¹⁾, Takashi Kakinoki¹⁾, Hiroshi Ihara¹⁾, Makoto Suzuki¹⁾,
Naotaka Hashizume²⁾ and Toshiaki Watanabe³⁾

Summary An individual's amount of nutrient intake and requirement varies daily. In U.S. nutritional science, statistics are used for nutritional assessments of vitamins and minerals. This statistical nutrition assessment uses the amount of average intake of dietary survey for several days, together with the estimated average requirement (EAR), recommended dietary allowance (RDA) and adequate intake (AI). The statistical probability is calculated based on the daily variance of an everyday individual's amount of nutrient intakes and requirements. However, in Japan, the nutritional assessment is compared with EAR or RDA only using the amount of average intake of dietary survey for several days, and the statistical method is not used. Nutritional assessments may be mistaken when only the amount of average intake is used without taking account of an individual's daily variance. This statistical nutrition assessment needs to be adopted in Japan.

Key words: Statistics, Nutritional assessment, EAR, RDA, AI

I. はじめに

健康な生活をしている人々の栄養摂取量の主な特徴として、基本的に一定のパターンをとりながらも日差変動が存在するということである。曜日や季節といった様々な要因が、日常の栄養

摂取量の変動に影響を及ぼしていると思われる。また微量栄養素は、ある特定の食品に集中して多量に含まれている傾向があり、その日の食事内容に依存して、その摂取量が非常に低くなったり多くなったりすることがある。ある健康な女子学生の16日間の栄養摂取量の日差変動を

¹⁾ 東邦大学医療センター大橋病院臨床検査部
〒153-8515 東京都目黒区大橋2-17-6

²⁾ 和洋女子大学家政学部

³⁾ 兵庫県立大学環境人間学部

¹⁾ Department of Clinical Laboratory, Toho University
Medical Center Ohashi Hospital,
2-17-6 Ohashi, Meguro, Tokyo 153-8515, Japan

²⁾ Department of Home Economics, Wayo Women's
University

³⁾ Department of Human Science and Environment,
University of Hyogo

図1に示した。この図からも栄養素によって摂取量が少ない日もあれば多い日もあることがわかる。特に脂溶性ビタミンであるビタミンDは、含まれる食品が限られているため、食品の選択により摂取量の日差変動が大きくなっている。

食事調査ではその人の習慣的な摂取量を推定することがひとつの目的である。そのためには複数日間の食事調査が必要となり、そしてその調査が行われる1日の食事はその人にとって代表的な普通の食事であることが条件となる。

栄養摂取量の不足や過剰による健康への影響は、ある一定の摂取量を下回ったり上回ったり

すれば必ず生じるものではない。実際には、同じ性別や年齢のグループが同じ量の栄養素を摂取したとしても、欠乏症の症状が出る者とそうではない者が現れる。個人によって栄養素の必要量は異なるためである。しかしながら、一人ひとり実験をして、ある栄養素の不足と充足を調べることは不可能である。現実的には食事摂取基準や食事調査のデータを用いて、栄養摂取量が「不足しているかもしれない」もしくは「充足しているかもしれない」と推測する方法しかない。つまり、栄養摂取量が「不足している」もしくは「充足している」と絶対に言い切

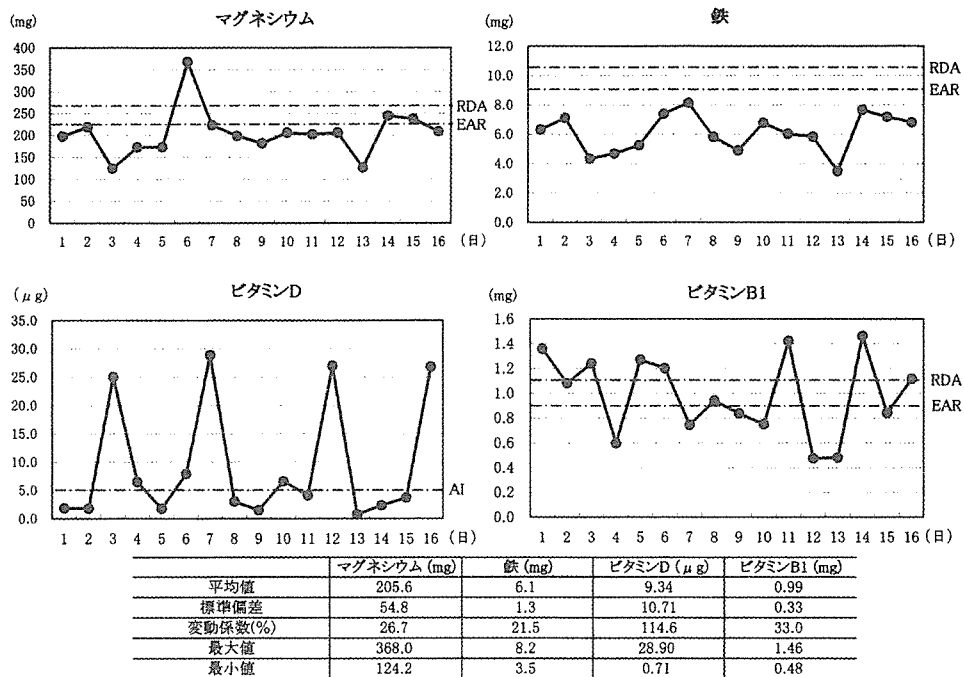


図1 ある健康な女子学生の16日間の栄養摂取量の日差変動

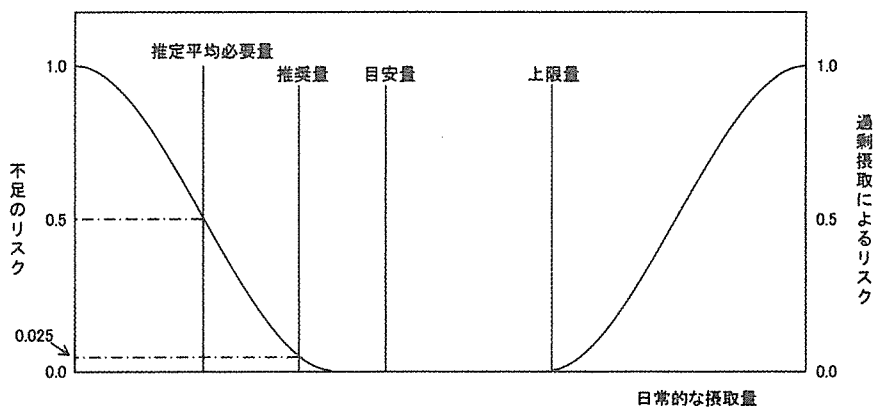


図2 食事摂取基準の各指標（推定平均必要量、推奨量、目安量、上限量）を理解するための模式図

ることはできない。そのため、このような絶対的な表現よりも、「栄養摂取量の不足もしくは充足の確率は何%である」と確率的な表現をすることが必要とされる。

II. 確率的な考え方に必要となる指標

栄養摂取量の評価を確率的に考えるためには、食事摂取基準で定義されているいくつかの指標を用いる必要がある（図2）。

栄養摂取量の不足や充足の有無、そしてその程度を判断するために、推定平均必要量（estimated average requirement: EAR）と推奨量（recommended dietary allowance: RDA）の2つの値がある。

推定平均必要量（以下、EARとする）は、ある対象集団の50%の人が必要量を満たすと推定される1日あたりの摂取量として定義されている。EARを摂取している場合、確率的には50%の者が欠乏症に陥ることになる。また、日常の摂取量がEARより低くなるにつれて不足している確率は高くなっていく。

推奨量（以下、RDAとする）はある対象集団のほとんどの人（97～98%）が1日の必要量を満たすのに十分な摂取量として定義されている。習慣的な摂取量がEAR以上となりRDAに近づくにつれて、不足している確率は低くなる。ただし、RDA以上を摂取していたとしても、不足する確率はゼロにはならないということに注意が必要である。

EARやRDAを算定するのに十分な科学的根拠が得られない栄養素に関しては、目安量（adequate intake: AI）が設定されている。これは、ある対象集団が良好な栄養状態を維持するために十分な量と定義されている。習慣的な摂取量が目安量（以下、AIとする）以上の者は不足している確率は非常に低くなる。

また、過剰摂取による健康被害を未然に防ぐことを目的として、上限量（tolerable upper intake level: UL）が設定されている。これは、ある対象集団において過剰摂取による健康被害を起こすことのない栄養素摂取量の最大限の量として定義されている。習慣的に上限量を越える栄養素を摂取している者は過剰症のリスクが高くなる。

以上の指標を用いて、栄養摂取量の評価を確率的に考えるための統計学的栄養評価法を次に述べる。

III. EARを用いた統計学的栄養評価法

EARを用いて栄養評価を行うためには、以下の点を仮定する必要がある。

- 1) EARは個人の必要量を評価するのに最も良い指標である。
- 2) 個人の間には必要量に変動がある。必要量の標準偏差は個人の栄養素の必要量が母集団のEARの中央値からどのくらいバラツキがあるのかを示している。
- 3) 個人の平均摂取量は個人の日常の摂取量を示す最も良い指標である。
- 4) 個人の摂取量には日差変動がある。摂取量の標準偏差は日常の摂取量のバラツキを示している。

個人の栄養摂取量が適切かどうかという推論は、平均摂取量と必要量の中央値の差であるDから判断できる。つまり、Dは個人の平均摂取量と個人の年齢と性別に対応する集団のEARの差である。

もしDの差が大きく正の値であれば、それはつまり、EARよりも多く摂取しているということであり、個人の摂取量は充足していると言える。逆を言えば、もしDの差が大きく負の値であれば、それはつまり、EARよりも少なく摂取しているということであり、個人の摂取量は不足していると言える。

ここで、個人の未知の日常の摂取量が個人の未知の真の必要量を上回ると結論づけるためには、いったいDはどの程度大きければよいのだろうかという疑問が浮かぶ。この疑問を解くにはDの標準偏差（ SD_D ）を求める必要がある。 SD_D は食事調査の日数、必要量の標準偏差（これはほとんどの栄養素でEARの10～15%である）、そして集団の平均摂取量の標準偏差に依存する。Dと SD_D を求めることができれば、その比率（ D/SD_D ）から正規分布表を用いて、摂取量がどのくらい必要量を上回っているのか、または下回っているのかという確率を予測することができる。図3にDと SD_D の式を示す。

ここでわかりやすく説明するために例をあげ

$$D = \bar{y} - \text{EAR}$$

$$SD_D = \sqrt{V_r + \frac{V_{\text{within}}}{n}}$$

$\bar{y}$: 個人の平均摂取量
 V_r : 必要量の標準偏差の2乗 (=EARの10～15%の2乗で代用)
 V_{within} : 集団の平均摂取量の標準偏差の2乗
 n : 食事調査の日数

図3 EARを用いた場合の統計学的栄養評価法

る。ある40歳女性が3日間の食事調査から平均で270 mg/dayの葉酸を摂取していたとする。問題となるのは、この女性が3日間以上、平均で270 mg/dayの葉酸を摂取していた場合、日常の葉酸の摂取量はどの程度の確率で充足しているのかということである。評価方法は以下の様に行う。

- 1) 30～49歳女性の葉酸のEARは200 mg/dayであり (表1)、必要量の標準偏差はその10%の20 mg/dayとなる。
- 2) Dは平均摂取量からEARを引いた値であり70 mg/dayとなる。
- 3) SD_D を求めると87 mg/dayとなる。 SD_D は次のように求める。

30～49歳女性の葉酸の摂取量の標準偏差は147.1 mg/dayであり (表2)、その分散は $[147.1 \text{ mg/day}]^2$ となる。これを食事調査の日数である

3で割ると7212.8という値が得られる。また、必要量の分散は $[20 \text{ mg/day}]^2$ である。したがって、これら2つの値を足した平方根の値は87 mg/dayとなる。

以上の値から D/SD_D を求めると、 $70/87 \approx 0.805$ となる。したがって、正規分布表と表3から、葉酸の摂取量は約80%の確率で充足していると判定することができる。

ここで注意すべき点は、30～49歳女性の葉酸のRDAは表1より240 mg/dayということである。3日間の食事調査の結果から、この40歳女性は平均で270 mg/dayの葉酸を摂取しておりRDAよりも多い。しかしながら、その摂取量は充足していると判定されるものの、その確率は約80%であるということである。もし、3日間の食事調査から、95%の確率で葉酸の摂取量が充足していると判定するためには、平均で344 mg/dayの摂取量が必要であり、これは30～49歳女性の葉酸のRDAを大きく超えることになる (表4)。

なお、これらの評価を行う際に、この40歳女性の3日間の食事調査で得られた葉酸の平均摂取量の標準偏差は用いなかった。その理由として、先にも述べたが、個人の栄養摂取量の日差変動は非常に大きいため、標準偏差の値がひどく偏ってしまう可能性がある。そのため、母集団が大きい平成15年度国民健康・栄養調査で得られた値を用いた。

表1 葉酸の食事摂取基準 (mg/day)

性別	男性				女性			
年齢	EAR	RDA	AI	UL	EAR	RDA	AI	UL
0～5 (月)	-	-	40	-	-	-	40	-
6～11 (月)	-	-	60	-	-	-	60	-
1～2 (歳)	80	90	-	-	80	90	-	-
3～5 (歳)	90	110	-	-	90	110	-	-
6～7 (歳)	110	140	-	-	110	140	-	-
8～9 (歳)	140	160	-	-	140	160	-	-
10～11 (歳)	160	200	-	-	160	200	-	-
12～14 (歳)	200	240	-	-	200	240	-	-
15～17 (歳)	200	240	-	-	200	240	-	-
18～29 (歳)	200	240	-	1,000	200	240	-	1,000
30～49 (歳)	200	240	-	1,000	200	240	-	1,000
50～69 (歳)	200	240	-	1,000	200	240	-	1,000
70以上 (歳)	200	240	-	1,000	200	240	-	1,000
妊婦 (付加量)					+170	+200	-	-
授乳婦 (付加量)					+80	+100	-	-

表2 平成15年度国民健康・栄養調査における1日あたりの各栄養素の摂取状況

栄養素	単位	男性 (18-29歳)		女性 (18-29歳)		男性 (30-49歳)		女性 (30-49歳)		男性 (50-69歳)		女性 (50-69歳)	
		n=615		n=613		n=1314		n=1355		n=1587		n=1785	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
ビタミンA	$\mu\text{g RE}$	838	1034	780	797	857	809	828	948	1005	1041	1026	832
ビタミンD	μg	6.8	7.7	7.0	8.2	8.4	9.8	7.3	8.4	11.2	11.5	9.3	9.6
ビタミンE	$\text{mg-}\alpha\text{ TE}$	9.2	7.8	8.5	14.8	9.9	15.7	11.0	28.9	10.6	16.0	12.2	31.3
ビタミンK	μg	230.2	216.1	215.8	188.3	261.7	211.5	246.7	203.7	326.4	264.2	326.7	253.0
ビタミンB ₁	mg	1.16	3.16	1.23	4.73	1.36	4.69	1.23	3.51	1.83	7.17	1.73	7.31
ビタミンB ₂	mg	1.34	1.02	1.47	3.29	1.48	2.65	1.50	3.78	1.55	2.79	1.68	5.71
ナイアシン	mgNE	15.5	7.6	12.9	6.0	17.5	8.1	13.9	6.4	18.7	8.5	15.3	6.9
ビタミンB ₆	mg	1.48	4.21	1.40	3.48	1.68	3.68	1.81	6.35	2.18	6.66	2.33	10.05
葉酸	μg	277.2	175.5	257.5	138.8	299.8	144.8	280.2	147.1	364.7	174.7	360.5	156.2
ビタミンB ₁₂	μg	7.60	9.54	6.10	6.85	7.75	8.29	6.15	7.32	9.62	9.67	8.08	8.54
パントテン酸	mg	5.9	2.4	4.9	1.8	5.8	2.0	5.0	1.8	6.2	2.1	5.6	1.9
ビタミンC	mg	93.9	213.3	103.8	293.3	97.3	157.1	114.4	209.0	125.5	138.1	165.8	261.5
カルシウム	mg	494.2	305.4	451.7	262.5	481.6	242.3	477.5	257.4	573.2	283.5	576.8	298.5
鉄	mg	8.1	4.3	7.0	2.9	8.3	3.5	8.1	15.0	9.5	3.7	9.0	3.7
リン	mg	1062	408	890	311	1080	346	928	313	1178	371	1023	336
マグネシウム	mg	244.2	104.8	209.6	77.0	263.8	90.8	230.8	83.0	306.5	107.1	276.9	99.5
カリウム	mg	2198	953	1956	775	2305	834	2121	799	2743	1014	2624	971
銅	mg	1.29	0.57	1.02	0.39	1.29	0.45	1.07	0.37	1.44	0.56	1.26	0.46
亜鉛	mg	9.9	4.1	7.4	2.9	9.4	3.3	7.5	2.6	9.5	3.3	8.0	2.7

表3 EARを用いた日常の摂取量の判定とその確率

基準	判定	確率 (%)
$D/SD_0 > 2.00$	充足している	98
$D/SD_0 > 1.65$	充足している	95
$D/SD_0 > 1.50$	充足している	93
$D/SD_0 > 1.00$	充足している	85
$D/SD_0 > 0.50$	充足している	70
$D/SD_0 > 0.00$	充足または不足している	50
$D/SD_0 < -0.50$	不足している	70
$D/SD_0 < -1.00$	不足している	85
$D/SD_0 < -1.50$	不足している	93
$D/SD_0 < -1.65$	不足している	95
$D/SD_0 < -2.00$	不足している	98

表4 ある40歳女性の葉酸の日常の摂取量と確率の関係

	mg/day	% RDA
30～49歳女性の葉酸のEAR	200	-
必要量の標準偏差	20.0	
集団の平均摂取量の標準偏差	147.1	
30～49歳女性の葉酸のRDA	240	
85%の確率で充足していると判定するのに必要な平均摂取量		
1日	348	145
3日	287	120
7日	259	108
95%の確率で充足していると判定するのに必要な平均摂取量		
1日	444	185
3日	344	143
7日	297	124

IV. AIを用いた統計学的栄養評価法

栄養素にEARが設定されていない場合は、その代わりにAIを用いて栄養評価を行う方法がある。EARは必要量で示されているが、AIは摂取量で示されている。AI以上であれば摂取量は充足していると判定できるが、AI以下の場合でも摂取量は充足していると判定できることもある。しかしAI以下のある点からは摂取量は不足しているというリスクが高まる。たとえ摂取量がAI以上でも、非常に多くの摂取量のデータが集まらない限り、日常の摂取量がAI以上であると評価すべきではない。

簡単なZ式により、個人の未知の日常の摂取量がどの程度の確率で充足しているかどうかを

表5 AIを用いた日常の摂取量の判定とその確率

基準	判定	確率 (%)
$Z > 2.00$	充足している	98
$Z > 1.65$	充足している	95
$Z > 1.50$	充足している	93
$Z > 1.25$	充足している	90
$Z > 1.00$	充足している	85
$Z > 0.85$	充足している	80
$Z > 0.68$	充足している	75
$Z > 0.50$	充足している	70
$Z > 0.00$	充足している (と言える)	50
$Z > -0.50$	充足していると言える	30
$Z > -0.85$	充足していると言える	20
$Z > -1.00$	充足していると言える	15

判定することができる。この評価を行うには、集団の平均摂取量の標準偏差が必要であり、こ

表 6 カルシウムの食事摂取基準 (mg/day)

性別	男性			女性		
年齢	AI	DG	UL	AI	DG	UL
0～5 (月) 母乳栄養児	200	-	-	200	-	-
人工乳栄養児	300	-	-	300	-	-
6～11 (月) 母乳栄養児	250	-	-	250	-	-
人工乳栄養児	400	-	-	400	-	-
1～2 (歳)	450	450	-	400	400	-
3～5 (歳)	600	550	-	550	550	-
6～7 (歳)	600	600	-	650	600	-
8～9 (歳)	700	700	-	800	700	-
10～11 (歳)	950	800	-	950	800	-
12～14 (歳)	1,000	900	-	850	750	-
15～17 (歳)	1,100	850	-	850	650	-
18～29 (歳)	900	650	2,300	700	600	2,300
30～49 (歳)	650	600	2,300	600	600	2,300
50～69 (歳)	700	600	2,300	700	600	2,300
70以上 (歳)	750	600	2,300	650	550	2,300
妊婦 (付加量)				+0	-	-
授乳婦 (付加量)				+0	-	-

DG:目標量

越えていた者は2人しかいなかったことになる。

$$Z = \frac{\bar{y} - AI}{\frac{SD_{within}}{\sqrt{n}}}$$

$\bar{y}$:個人の平均摂取量

SD_{within} :集団の平均摂取量の標準偏差

n :食事調査の日数

図 4 AIを用いた場合の統計学的栄養評価法

こでも平成15年度国民健康・栄養調査で得られた値を用いることにする。Z式は図4に示したようになる。得られたZ値から正規分布表と表5を用いて、個人の平均摂取量の判定とその確率を求めることができる。

ここでカルシウムを例にして、個人の平均摂取量とAIから栄養評価を行うことにする。ある22歳女性5人の3日間の食事調査におけるカルシウムの平均摂取量はそれぞれ750、800、850、900、950 mg/dayであった。また18～29歳女性のカルシウムのAIは700 mg/dayであり (表6)、集団の平均摂取量の標準偏差は262.5 mg/dayである。これらの値からZ値を求めると、それぞれ0.33、0.66、0.99、1.32、1.65となる。得られたZ値を正規分布表と表5を用いて、平均摂取量が充足している確率を求めるとそれぞれ63、74、84、91、95%となる。日常の平均摂取量はAIを越えているため、摂取量は充足していると判定できる。しかしながら、その確率が85%以上を

V. まとめ

従来の栄養評価法では、数日間の食事調査の平均摂取量の成績をEARまたはRDAと比較して栄養摂取量が適切かどうかの判定を行っていた。しかしながら、日常の栄養摂取量や必要量には変動があるため、これらを考慮せずに平均摂取量のみを用いた場合では、誤った栄養評価が行われる可能性がある。この統計学的栄養評価法を用いることにより、日々変動する摂取量や必要量、食事調査の日数を考慮することができ、さらにその摂取量がどの程度の確率で不足もしくは充足しているかということを求めることができる。

今後の課題として、EARを用いた場合では不足もしくは充足している確率と栄養素の血中濃度との関係、そしてAIを用いた場合では確率が何%以上であれば十分な摂取量であると判定できるのかといったことを明らかにしていく必要がある。

文献

- 1) National Research Council: Dietary Reference Intakes -Applications in Dietary Assessment-. Washington, DC, National Academy Press, 52-69, 185-202, (2000)
- 2) 田中平三 他: 食事調査のすべて - 栄養疫学 -. 第2版, 36-53, 第一出版, 東京, (2003)
- 3) 縣俊彦: 基本医学統計学 - EBM・医学研究・SAS

への応用 - 第4版, 中外医学社, 東京, (2004)

- 4) 厚生労働省ホームページ: 日本人の食事摂取基準 (2005年版).

<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/11/h1122-2.html>

- 5) 厚生労働省ホームページ: 平成15年度国民健康・栄養調査 (平成15年).

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou-chosa2-01/index.html>

[Editor's comment]

食事摂取基準に基づく栄養素摂取量の 統計学的評価

Statistical assessment of the amount of
nutrient intakes based on the DRIs

細萱 茂実*

Shigemi Hosogaya

[はじめに]

国民健康・栄養調査結果において、最近の糖尿病有病者・予備軍の増加、肥満者の増加や野菜摂取量の不足など、健康状態はむしろ悪化の傾向にあることが指摘されている¹⁾。これら状況の中で、厚生労働省は生活習慣病の減少という観点から、内臓脂肪症候群（メタボリックシンドローム）の概念を導入した標準的な健診・保健指導プログラム（暫定版）²⁾を公示した。本プログラムは、生活習慣病のリスクファクター保有状況により対象者を層別化し、個人が自ら健康状態を意識した生活習慣の改善に結びつけ、生活習慣病を予防しようとするもので、平成20年4月からの施行に向け準備が進められている。

生活習慣病を予防するために、個々人の生活習慣の改善に主眼をおいた保健指導が重点的に行われるが、対象者が健診結果に基づき自らの健康状態を認識したうえで、代謝等の身体のメカニズムと食習慣や運動習慣等との関係を理解

し、生活習慣の改善を実践する必要がある。その際、エネルギーや栄養素の摂取量を客観的に把握し、生活習慣病の予防、また過剰摂取による健康障害の予防に努めることが重要である。

一方、栄養素の真の望ましい摂取量は、個人によって異なり、また個人内においても変動するため、望ましい摂取量を考えるにあたり、確率論的なアプローチが必要となる。生活習慣病の予防を重視した場合、それに対応する摂取量の範囲を示し、その範囲内にあれば生活習慣病のリスクが低いとし、上限を越えて摂取すると過剰摂取による健康障害のリスクが高くなるという考え方が適用されるが、その際にものさしとなる食事摂取基準が設定されている。松本らは、食事摂取基準に基づく栄養素摂取量の評価にあたり、個人差や個人内の変動を考慮した統計学的評価法の意義を報告しているが³⁾、このような科学的根拠を背景とした客観的な評価は、健康状態を認識した生活習慣の改善の必要性が叫ばれている今日、重要な課題である。

[食事摂取基準とは]

食事摂取基準 (dietary reference intakes, DRI) は、健常者を対象とした異なる観点に基づく複数の基準の総称である。まず、推定平均必要量 (estimated average requirement, EAR) と推奨量 (recommended dietary allowance, RDA) は、健康の維持・増進と欠乏症予防のために設定した基準であり、これらを設定するための十分な科学的根拠が得られない栄養素については目安量 (adequate intake, AI) が設定されている。生活習慣病の一次予防のために日本人が当面の目標とすべき摂取量が目標量 (tentative dietary goal for preventing life-style related disease, DG) である。また、過剰摂取による健康障害を防ぐことを目的として上限量 (tolerable upper intake level, UL) が設定されている⁴⁾。

推定平均必要量 (EAR) は、性・年齢階級別に日本人の必要量の平均値 (M) を推定したものであり、当該性・年齢階級に属する人々の50%が必要量を満たすと推定される1日の摂取量である。

推奨量 (RDA) は、ある性・年齢階級に属する人々のほとんど (97~98%) が1日の必要量

*山梨大学医学部附属病院検査部

〒409-3898 山梨県中央市下河東1110

Department of Clinical Laboratory, University of
Yamanashi Hospital,

1110 Shimokato, Chuo, Yamanashi 409-3898, Japan

を満たすと推定される摂取量であり、原則として「EAR+標準偏差の2倍(2SD)」とされる。ただし、これらの実測は非常に困難であり、集団における必要量の分布を正規分布と仮定し、その変動係数($CV=SD/M$)を例えば10%とすると、推奨量(RDA)の近似値は「 $RDA=1.2 \times EAR$ 」と推定される。なお、基礎代謝量のCV値は約10%、蛋白質必要量のCV値は約12.5%である⁹⁾。

また目安量(AI)は、EARやRDAが算定できない場合に、ある性・年齢階級に属する人々が良好な栄養状態を維持するのに十分な量として設定される。

[食事摂取基準の利用上の留意点]

食事摂取基準は、健康な個人または集団を対象として、栄養評価や栄養計画に利用されるが、ここでは栄養評価を中心に利用上の留意点について述べる。

個人の習慣的な摂取量が推定平均必要量(EAR)以下の場合、その栄養素が不足している確率が50%以上であり、摂取量が低くなるほど不足の確率が高くなる。また、推奨量(RDA)に近づけば不足の確率は低くなり、目安量(AI)以上になれば不足の確率はほとんどなくなる。また、習慣的な摂取量が上限量(UL)以上になれば、過剰摂取に由来する健康障害のリスクが高くなる。

集団を対象とした場合、習慣的な摂取量が推定平均必要量(EAR)以下の割合は、不足者の割合と一致する。集団における摂取量の中央値が目安量(AI)以上の場合には不足者の割合は少ない。また、習慣的な摂取量が上限量(UL)を上回っている者の割合は、過剰摂取による健康障害のリスクをもっている者の割合と一致する。

ただし、これらの摂取基準に基づいた評価は、スクリーニング的な意味であり、よりの確に栄養状態を把握するには臨床情報、生化学的測定値、身体計測値等が必要である。

一方、食事摂取基準に基づいて栄養素摂取量を評価するには、摂取量の個人差(個体間変動)と個人内における変動(個体内変動であり日間の摂取量のばらつきなど)への認識が必要である。これらは、健常者の血中成分濃度の恒常性

に関する個体間・個体内生理的変動に対応する。

[推定平均必要量(EAR)を用いた評価]

推定平均必要量(EAR)は、性・年齢階級別の個人の必要量の期待値を、多数の観測データをもとに推定した平均値(M)である。それに基づいて個人の栄養素摂取量(y)を評価する場合、基準からの差($y-M$)が評価指標となる。ただし、その解釈には必要量の個人差と、個人内における変動を考慮する必要がある。必要量の個人差は、継続的に実施されている大規模調査結果より推定でき、必要量の個人間のばらつきを示す標準偏差(SD_m)が得られる^{1,3,4)}。一方、個人ごとの摂取量は、一般にn日間の食事調査から1日あたりの平均値(y_B)として求められる。個人内におけるばらつきは、同様な大規模調査結果から個人内変動の標準偏差(SD_w)^{1,3,5,6)}が得られる。

これらデータから、実際の評価指標D($=y_B-EAR$)と、その標準偏差SD_D($=\sqrt{(SD_m^2+SD_w^2/n)}$)が求められる。個人の必要量が正規分布に従うと仮定できれば、評価指標の信頼の程度は統計量z($=D/SD_D$)が標準正規分布に近似することを利用して判定できる^{3,5)}。ここでの評価は、個人の栄養素摂取量が性・年齢階級別の必要量の平均値に対して不足しているか否かの程度が確率で示される。

[目安量(AI)を用いた評価]

推定平均必要量(EAR)に基づく評価は、栄養素が不足しているか否かを集団の平均値を基準にして評価するものである。これに対して、目安量(AI)を用いた評価は、ほとんどのケースが必要要求量はすでに超えており、個々人における摂取量と目安量(AI)との比較が主な問題となる。したがって、この場合は個人差によるばらつきを考える必要がなく、評価指標は統計量z($=(y_B-AI)/(SD_w/\sqrt{n})$)が標準正規分布に近似することを利用して判定できる^{3,5)}。ここでの評価は、個人の習慣的な栄養素摂取量が、性・年齢階級別の目安量(AI)に対して十分に良好な状態にあるかの程度が確率で示される。

ここでの考え方は、目標量(DG)や上限量

(UL) を用いた評価にもあてはまる。

生活習慣病を予防するには、栄養素摂取量を客観的に把握し、生活習慣の改善に繋げて行くことが重要である。ただし、栄養素摂取量の評価にあたり、摂取量の個人差と個人内における変動を考慮する必要があり、食事摂取基準を適正に利用するためにも科学的根拠に基づいたアプローチが大切となる。松本らの報告³⁾は、その意味において貴重な提言を与えている。今後は、国内規模あるいは国際的にも、生活習慣病予備軍に対する生活習慣への介入の効果についてエビデンスが蓄積されそれら成果が現実還元されてくることが期待される。

文献

- 1) 厚生労働省:日本人の食事摂取基準(2005年版). 国民健康・栄養調査結果(平成15年). <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou.html>
- 2) 厚生労働省:標準的な健診・保健指導プログラム(暫定版).平成18年7月, <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu/pdf/02.pdf>
- 3) 松本貴行 他:栄養摂取量からみたDRIsの統計学的栄養評価法. 生物試料分析, 29: 420-426, 2006
- 4) 石川秀次 他:厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準(2005年版). 第一出版, 東京, 2005
- 5) National Research Council: Dietary Reference Intakes -Applications in Dietary Assessment-. Washington, DC, National Academy Press, 52-69, 185-202, (2000)
- 6) USDA Food Surveys: Continuing Survey of Food Intakes by Individuals (CSFII) 1994-1996. <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=7787>

原 著

鳥類における卵胞ビオチンおよびビオチニダーゼの変化

兵庫県立大学環境人間学部食環境解析学教室*

谷口 歩美, 渡邊 敏明

Vitamins (Japan), 81 (2), 43-48 (2007)

Changes in Biotin and Biotinidase in Ovarian Follicles in Domestic Fowl

Ayumi Taniguchi, Toshiaki Watanabe

Department of Dietary Environment Analysis, School of Human Science and Environment, University of Hyogo
1-1-12 Shinzaike Honcho, Himeji 670-0092, Japan

It is known that biotin deficiency induces both external and skeletal malformations in the embryos of fowl. Also biotin is greatly required for maintaining reproductive function and is contained in a large amount in the egg yolk. Therefore, this study was designed to elucidate the mechanism of biotin transport from hens to eggs and the nutritional magnitude of biotin during ovarian follicular growth. Biotin concentration in ovarian follicles was 87.5 ± 29.3 ng/g in the early stage of ovarian follicular growth, which had drastically increased to 674.1 ± 91.4 ng/g in the late stage and reached its highest value of 1072.5 ± 197.6 ng/g just prior to ovulation. The percentage of free biotin was $75.5 \pm 21.1\%$ in the early stage, which had decreased to $28.2 \pm 8.8\%$ with the growth of ovarian follicles in the late stage. These values subsequently increased to $73.9 \pm 19.2\%$ just prior to ovulation and was $90.9 \pm 11.8\%$ in mature egg yolk. These results demonstrate that biotin is stored as “protein binding biotin” from the early to middle stages of ovarian follicular growth and is metabolized to “free biotin” before ovulation, in which a large amount of biotin is transported from hens to eggs. It appears that free biotin is required for maintaining embryonic development soon after fertilization. From these findings, it is suggested that biotin is an essential nutrient and plays an important role in the normal development of embryos in fowls.

Key words: biotin, fowl, ovarian follicle, egg yolk, biotinidase

(Received July 31, 2006)

ビオチンは、水溶性ビタミンのひとつで、生体内においてカルボキシラーゼの補酵素として、炭酸固定反応に関与している¹⁾²⁾。ビオチンは、メチルクロトニル CoA カルボキシラーゼ (MCC)、アセチル CoA カルボキシラーゼ (ACC)、ピルビン酸カルボキシラーゼ (PC)、プロピオニル CoA カルボキシラーゼ (PCC) の 4 つのカルボキシラーゼの補酵素として、脂肪酸合成、糖新生、アミノ酸代謝などに関わっている。

ビオチンが欠乏すると、これらの代謝が阻害され、脱

毛などの皮膚症状、神経炎、易感染症などが引き起こされることが知られている。また、ビオチン欠乏状態の生殖生理学的影響として、鳥類ではヒナに形態異常が起こることが古くから知られている³⁾。ほ乳動物においても、ビオチンが妊娠を維持したり、胎児や乳児の成長を保つのに関与していることが明らかにされている⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。また、妊娠の経過に伴って血中や尿中のビオチンが低下することや、尿中の 3-HIA (3-hydroxyisovaleric acid) が増加することが示唆されている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。最近の報告では、ビオ

*〒 670-0092 兵庫県姫路市新在家本町 1-1-12