

疫賦活作用^{ふかつ}について検討している。SHRでは血漿、胸腺および脾臓中のビタミンE濃度が対照のWistar Kyotoラット(WKY)に比べ約1/2に低下しており、ビタミンE欠乏状態にあることを認めた。さらに、高ビタミンE食投与によりこのSHRのビタミンE欠乏状態が改善されたことから、SHRの血漿などにおけるビタミンE濃度の低下がビタミンEの腸管での吸収障害などによって起きているのではなく、体内でのビタミンE消費がWKYに比べ高いためであると考えられる¹⁴⁾。SHRでは免疫学的には3か月齢頃から胸腺T細胞機能の著しい低下を認める。その機序としては胸腺における未熟T細胞の分化・成熟の低下や胸腺細胞に対する自己抗体(NTA)産生の亢進などが見出されている。また、対照群の10倍量の α -トコフェロールを含む高ビタミンE食は、このSHRの早期にみられるT細胞機能の低下を改善し(図2.9)、それがNTA抗体産生の抑制や胸腺におけるT細胞サブセット割合の改善と関連することが見出されている¹⁵⁾。

次に、免疫学的に正常なF344ラットを若齢時から15か月齢まで高ビタミンE食で飼育した場合の加齢に伴う細胞性免疫能の変化について検討した。その結果、図2.10に示すように、高ビタミンE食群の老齢ラット脾臓リンパ

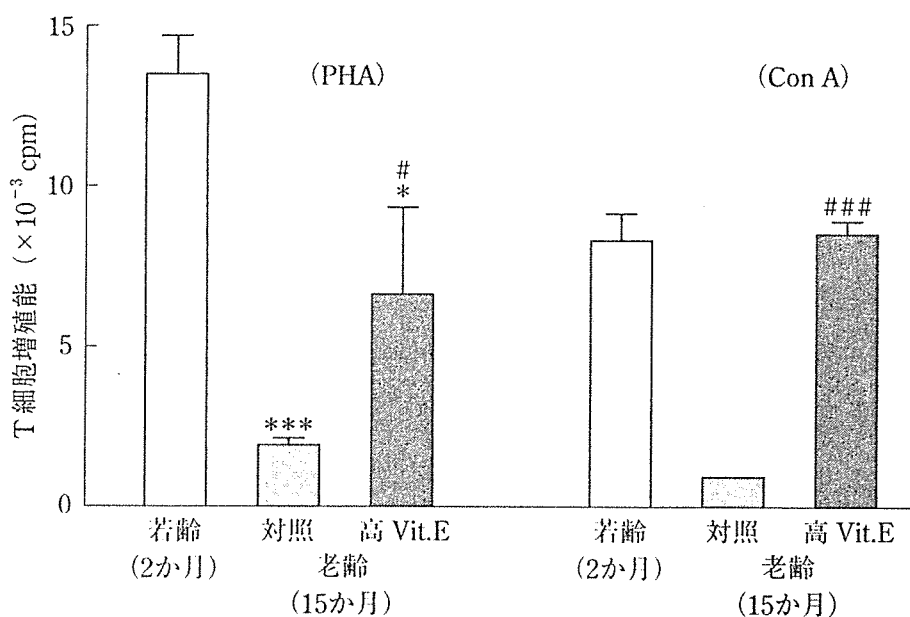


図 2.10 老齢ラットの脾臓リンパ球増殖能に対する高ビタミンE食投与の影響¹⁶⁾

* $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ (vs 若齢ラット), # $p < 0.05$, ### $p < 0.001$ (vs 老齢ラット-対照食)

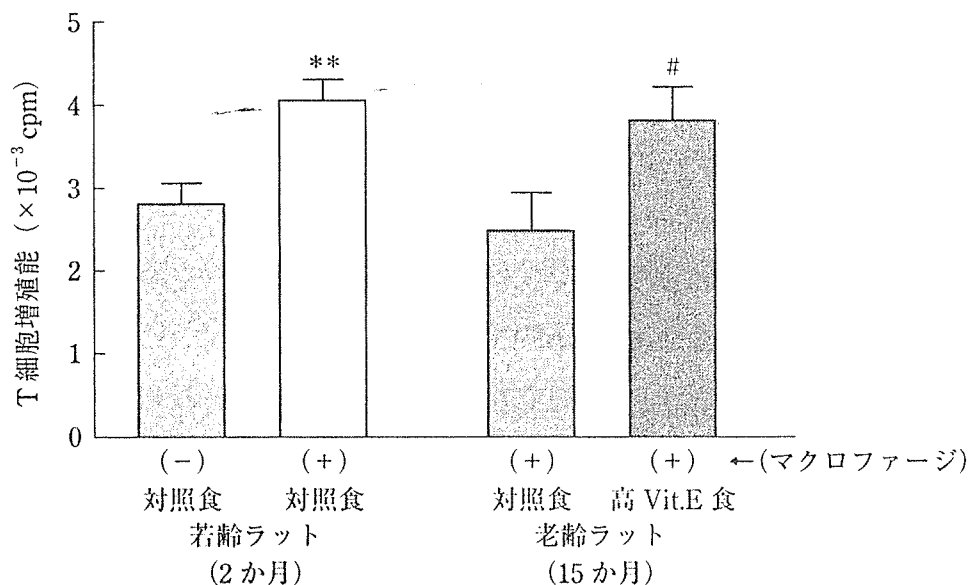


図 2.11 老齢ラットの脾臓リンパ球増殖能に対するマクロファージ添加の影響¹⁷⁾

** $p < 0.01$ (vs 若齢ラット脾臓リンパ球増殖能 (-)), # $p < 0.05$ (老齢ラット脾臓リンパ球増殖能 (+) 対照食マクロファージ)

球増殖能の加齢に伴う低下は軽度か、あるいはほとんど見られなくなっており、特に Con A に対する反応性は若齢ラットとほぼ同等の能力を保持していた。この結果は、ビタミン E が加齢に伴う細胞性免疫能の低下を阻止あるいは軽減する可能性を示唆するものである。加齢に伴う T 細胞機能の低下がマクロファージを介して起こる可能性が既に見出されている¹⁶⁾ ことから、次に、老齢および若齢ラット脾臓細胞から分離したマクロファージを用いて、脾臓リンパ球と *in vitro* 培養した場合の T 細胞増殖能を指標として、老齢ラットのマクロファージ機能とそれに対する高ビタミン E 食摂取の影響について検討した。その結果、老齢ラットのマクロファージが若齢ラットの脾臓 T 細胞の増殖反応を強く抑制した。しかし、高ビタミン E 食を摂取すると同じ老齢ラットのマクロファージでもその抑制作用が見られなくなることを認められた¹⁷⁾ (図 2.11)。この機序としては、米国タフツ大学の Meydani 教授らのグループが、不飽和脂肪酸の 1 つであるアラキドン酸から合成されるプロスタグランジン E₂ (PGE₂) がマクロファージの T 細胞増殖反応の抑制に関与すること、ならびにビタミン E が PGE₂ 合成を抑制することを見出し、報告している¹⁸⁾。

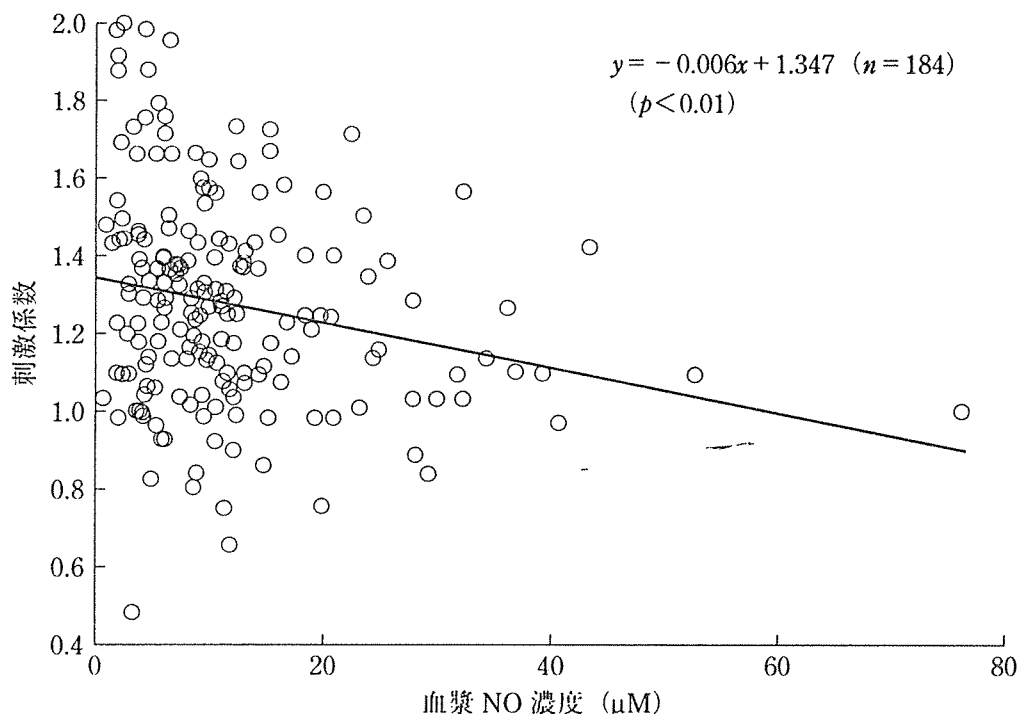


図 2.12 健常高齢者の血漿 NO 濃度と Con A 刺激に伴う末梢血 T リンパ球増殖能との相関²¹⁾

最近、加齢に伴う細胞性免疫能の低下と血中一酸化窒素 (NO) 濃度との関連が注目されている。NO は 1998 年度のノーベル医学生理学賞の対象となった物質で、強い血管弛緩作用を有するだけでなく、様々な生理活性作用を我々の体内で発揮している¹⁹⁾。その中にはガン細胞の増殖抑制作用に加えて、免疫抑制作用を有することも知られている²⁰⁾。特に、T 細胞マイトジェンに対する増殖反応を強く抑制する。NO は非常に不安定な物質であるため、秒単位で分解され、より安定な物質へと転換することが知られている。そこで、実際には NO 濃度はグリース法によって亜硝酸イオン濃度として測定され、考察されている。血中の NO (亜硝酸イオン) 濃度を 65 歳以上の高齢者と 20 歳代の若者と比較した場合、高齢者の方が約 1.5 倍高いことを認めている²¹⁾。さらに、図 2.12 に示すように、高齢者の血中 NO (亜硝酸イオン) 濃度と末梢血 T 細胞増殖能との間に有意な負の相関があることを見出している。また、NO も活性酸素の一種であることから、抗酸化作用を有するビタミン E によりその生成が抑制される可能性が考えられる。しかし、血中 NO 濃度と α -トコフェロール濃度との相関を見たところ有意な相関どころか、傾向さえも見られなかった。ここでビタミン E が脂溶性ビタミンであること

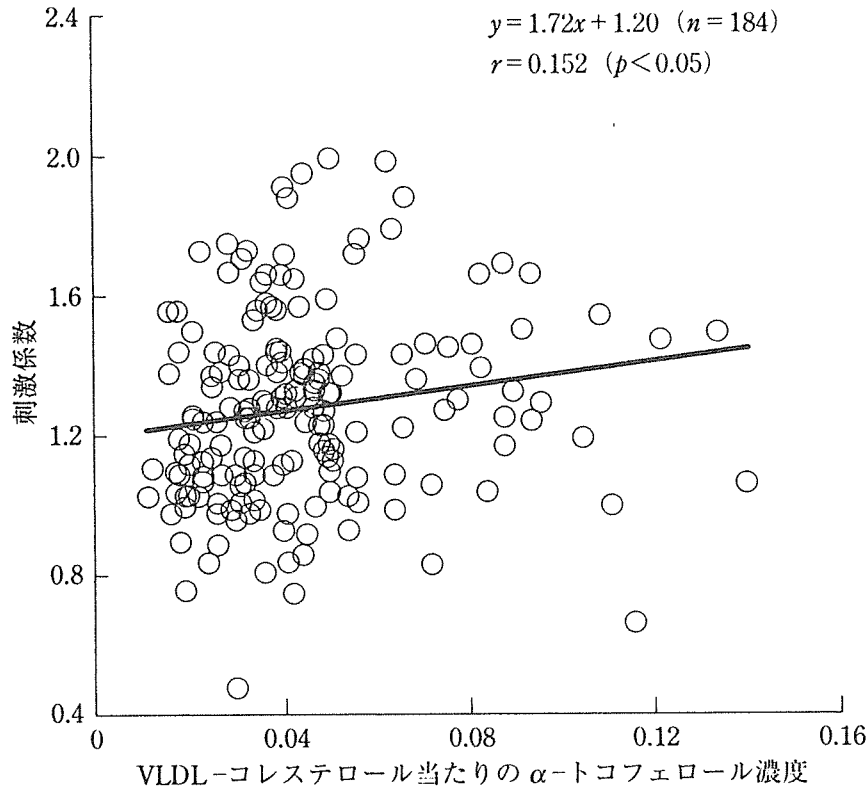


図 2.13 健常高齢者の血清 VLDL-コレステロール当たりの α -トコフェロール濃度と Con A 刺激に伴う末梢血 T リンパ球増殖能との相関²¹⁾

から、その血中動態、つまり肝臓に取り込まれたビタミン E は VLDL-コレステロールとともに血中に入り、末梢組織へと運搬されていることに注目し、VLDL-コレステロール当たりのビタミン E (α -トコフェロール) 濃度と血中 NO 濃度との相関について検討した。その結果、図 2.13 に示すように、VLDL-コレステロール当たりのビタミン E 濃度が高い高齢者ほど末梢血 T 細胞増殖能も高いことを認めた。このことは高齢者の免疫能を保持あるいは高めておく 1 つの手段として、血中ビタミン E 濃度を高めておくことが有効であることを示唆している。

2.6 ま と め

本章では加齢に伴う免疫能の変化について、免疫組織および免疫細胞の数的、質的ならびに機能的面から解説した。さらに、栄養状態との関連として肥満や栄養不良時の免疫能に対する影響について要約した。また、加齢に伴

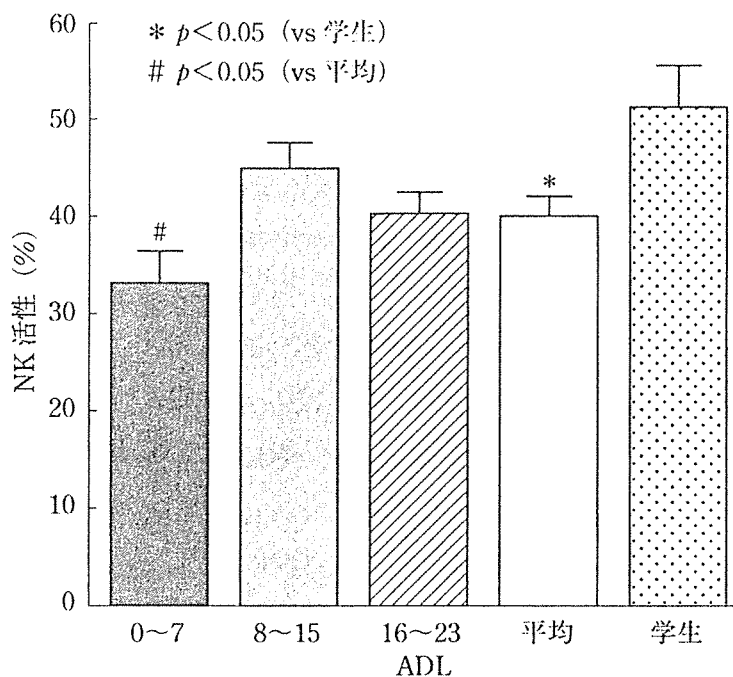


図 2.14 老人保健福祉施設入所者の NK 活性に対する日常生活機能 (ADL) の影響⁶⁾

う細胞性免疫能低下を遅延あるいは阻止する栄養素の1つとしてビタミンEをあげ、これまでの研究成果をもとにその免疫賦活作用について解説した。これら結果は、高齢者における健康保持・増進を図るには良好な栄養状態を保持することが第一であり、その上でビタミンEなどの免疫賦活作用を有する栄養素を補足することが望ましいことを示唆している。著者らはまた、老人保健福祉施設入所者を対象に日常生活機能 (ADL) と末梢血リンパ球のNK活性との関連を20歳代の大学生を対照として比較している。その結果、図2.14に示すように、寝たきりのようにADLが低下した高齢者ではNK活性が著明に低下しており、栄養だけでなく洗面、着脱衣などのADLを保持しておくことも高齢者の免疫能を保持するうえで重要であることを見出している⁶⁾。このように、加齢に伴う免疫能低下を栄養から制御することは可能であり、種々の免疫抑制因子 (栄養不良, 肥満, ADL低下など) を避け、良好な栄養状態を保持することが高齢者の易感染性や発ガンの可能性を防止するうえでも重要である。

参考文献

- 1) 厚生統計協会：厚生の指標，臨時増刊「国民衛生の動向」，**49**, 52 (2002)
- 2) 森口 覚：臨床栄養，**95**, 781 (1999)
- 3) A. J. T. George *et al.* : *Immunol. Today*, **17**, 267 (1996)
- 4) M. Utsuyama *et al.* : *Mech. Ageing Dev.*, **63**, 57 (1992)
- 5) 渡辺陽子他：ビタミン研究の進歩 **X**, 50, ビタミンE研究会 (2002)
- 6) 森口 覚他：日本栄養・食糧学会誌，**53**, 23 (2000)
- 7) B. M. Lesourd : *Am. J. Clin. Nutr.*, **66**, 478S (1997)
- 8) C. G. Neumann *et al.* : *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 89 (1975)
- 9) R. L. Gross and P.M. Newberne : *Physiol. Rev.*, **60**, 188 (1980)
- 10) P. M. Newberne : *Fed. Proc.*, **25**, 1701 (1966)
- 11) S. Moriguchi *et al.* : *Nutr. Res.*, **15**, 151 (1995)
- 12) S. Moriguchi *et al.* : *Am. J. Clin. Nutr.*, **67**, 1124 (1998)
- 13) S. Moriguchi *et al.* : *J. Appl. Physiol.*, **84**, 311 (1998)
- 14) S. Moriguchi *et al.* : *Nutr. Res.*, **13**, 1039 (1993)
- 15) S. Moriguchi *et al.* : *Nutr. Res.*, **15**, 401 (1995)
- 16) K. Oonishi *et al.* : *J. Nutr. Sci.*, **41**, 445 (1995)
- 17) S. Sakai and S. Moriguchi : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **43**, 113 (1997)
- 18) S. N. Meydani *et al.* : *Mech. Ageing Dev.*, **34**, 191 (1986)
- 19) 大柳義彦：NOと医学，一酸化窒素の生理作用と薬理作用，p.34, 共立出版 (1994)
- 20) S. Denham and U. Rowland : *Clin. Exp. Immunol.*, **87**, 157 (1992)
- 21) 渡辺陽子他：必須アミノ酸研究，**158**, 39 (2000)

(森口 覚)

原 著

中高齢者における葉酸摂取量および血清葉酸濃度についての検討

¹兵庫県立大学環境人間学部食環境解析学教室*, ²病体生理研究所研究室大串 美沙¹, 榎原 周平¹, 福井 徹², 渡邊 敏明¹

Vitamins (Japan), 80 (12), 579-585 (2006)

**Study on Dietary Folate Intake and Serum Folate Concentration
in the Middle-Aged and Elderly Population in Japan**Misa Ogushi¹, Shuhei Ebara¹, Toru Fukui², Toshiaki Watanabe¹¹School of Human Science and Environment, University of Hyogo, Himeji, 670-0092, Japan²Clinical Laboratory, Byotai Seiri Laboratory, Itabashi, Tokyo 173-0025, Japan

There are little scientific data to estimate the dietary reference intake of vitamins in Japan. New additional information is needed on the requirements and dietary intake for folate. Therefore, this study was designated to evaluate the dietary folate intake and the serum folate concentration in middle-aged and elderly population (n=120, 61.7±8.5 y) in Japan. The dietary folate intake was 442±119 μg/day and 432±118 μg/day for the annual average in men and women, respectively. There were no large differences between sexes. On the other hand, the folate concentration in the serum was 5.8±2.2 ng/ml for the annual average in men, which significantly differed from 7.8±2.8 ng/ml in women (p<0.05). The serum folate concentration was highest in summer and lowest in winter. A seasonal variation in both men and women was clearly observed. From these findings, it is suggested that the recommended dietary allowance for folate should be estimated, primarily taking into account a sex difference.

Key words: folate, recommended dietary allowance (RDA), dietary intake, serum, sex difference

(Received March 29, 2006)

緒 言

水溶性ビタミンの一つである葉酸は、食品中においては主にプテロイル(ポリ)グルタミン酸型として存在している。しかし、細胞内では還元型であるテトラヒドロ型として存在し、補酵素として核酸の生合成やメチル基の生成転換系などに関与している。またアミノ酸やタンパク質の代謝などにも不可欠であり、グリシン、セリン、メチオニンの代謝やビタミンB₁₂とともにホモシステインからメチオニンの生成などにも関与している。葉酸の生理機能としては、正常な造血機能を保つために重要であるばかりでなく、成長や妊娠の維持にも欠かせないビタミンである¹⁾²⁾。欠乏症状としては、造血機能に異常が

生じ、巨赤芽球性貧血や神経障害が知られている。最近、多くの疫学調査によって、葉酸が、胎児における神経管閉鎖障害の発症リスク低減に効果があることが認められている³⁾。また、葉酸の摂取量が低下すると、血漿ホモシステインが上昇し、動脈硬化症の発症と関連がある血液凝固因子や血管内皮細胞に影響を及ぼすことが報告されている⁴⁾。

わが国では、平成12年に「第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準-」において、葉酸やビオチンなどの所要量が初めて策定された。葉酸の所要量は15歳以上の男女で200 μg/日とされた⁵⁾。また、平成17年に改定された「日本人の食事摂取基準(2005年版)」では、12歳以上の男女で推奨量が240 μg/日となり、妊婦での付加量

*〒670-0092 姫路市新在家本町1-1-12

は $200 \mu\text{g}/\text{日}$ とされている⁶⁾。一方、米国における葉酸の食事摂取基準においては、成人で $400 \mu\text{gDFE}$ (食事性葉酸当量)/日であり、妊娠を予定している女性では葉酸 $600 \mu\text{gDFE}/\text{日}$ を摂取すべきであるとされている⁷⁾。しかしながら、葉酸の摂取基準の策定根拠となるデータは少なく、その根拠となる科学的エビデンスは必ずしも十分でなく、わが国での新しいデータの蓄積と解析が求められている。

著者らは東北地区に住む中高齢者を対象に健康・栄養調査を行う機会を得た。そこで、この調査の一環として、本研究では、ヒトにおける葉酸の体内動態を明らかにするために、健康な中高齢者を対象に葉酸摂取量と血中濃度の関連について、基礎的検討を行った。

実験方法

1. 対象者

対象者は、東北地方にある S 市近郊に住む中高齢者 (平均 61.7 ± 8.5 歳) で、男女各 60 名ずつの計 120 名である。調査の実施時期は、1996 年 11 月 (秋期)、1997 年 2 月 (冬期)、5 月 (春期) および 8 月 (夏期) の計 4 回である。調査実施日の前夜から絶食して、当日の朝、空腹時に採血

を行った。血液は、採血後遠心して血清を分離してサンプルとした。食事については、24 時間思い出し法で栄養士によって調査を行った。調査の実施および対象者のサンプルの採取は、本人に直接説明をし、文書で承諾を得た後、医師および保健師の下で行った。また、データの管理には十分に配慮してきた。本研究は、「ヒトを対象とする生物医学的研究に関わる医師のための勧告、いわゆるヘルシンキ宣言 (1964 年) (2000 年修正)」の精神に則って実施した。

2. 分析方法

血清の葉酸は、ケミルミアナライザー ACS180 (バイエルメディカル社) を利用して、分析した。測定の手順は図 1 のとおりである。本法は、アクリジニウムエステルを用いて、アルカリ条件下で過酸化水素と反応し、発光することを利用した化学発光免疫測定法である。標識物と未反応物の分離は磁気分離固相法を採用し、反応形式は競合法である。ジチオスレイトールで処理を行い、タンパクから遊離後、分析に供した。血清中の葉酸濃度を求めた。

3. 統計学的方法

栄養価計算には Excel 栄養君 Ver. 3.0 (建帛社, 東京)

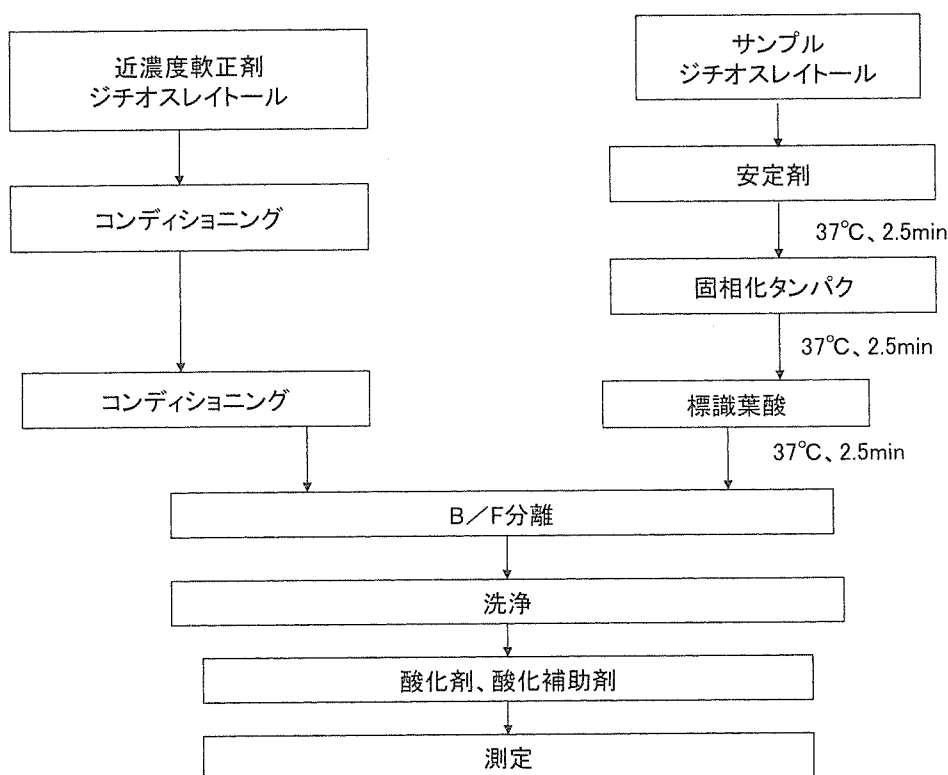


図 1. 血清葉酸の測定手順

B: 標識物 (bound) F: 未反応物 (free)

を使用し、各栄養素を算出した⁸⁾。葉酸の摂取量および血清の葉酸値は正規確率紙法を用いて算出した。平均値±標準偏差で表した。統計ソフトとして、STSS/Excel v.5.5 (佐藤正一, 社団法人 千葉県臨床衛生検査技師会)およびExcel 統計 Statcel (星雲社, 東京)を使用した⁹⁾。各群内の差および各群間の差の検定には分散分析および多重比較検定 (Fisher's PLSD) を用い、有意水準は5%未満とした。

正規確率紙法とは、分析値のバラツキが大きい場合にかけ離れた値を統計学的に繰り返し削除する方法である (図2)。分析値の累積度数 (%) を確率紙にプロットし、累積度数 2.5-97.5% に相当する濃度を求め、この操作を繰り返し行い、分析値の数が減少しなくなった時の濃度範囲を上限値と下限値とした。この範囲内の分析値から平均値、標準偏差、中心値および中央値を算出した。

正規確率紙法は、一般に血液生化学的検査結果の解析に用いられている方法であるが、最近、ビタミンの摂取量を解析する場合にも利用されている。この方法は、基準値以外の値 (つまりはずれ値) を容易に把握できる利点を持っている。以下の実験結果は、正規確率紙法を用いたものであるが、必要に応じて、幾何平均値と比較検討した。

実験結果

葉酸の摂取量は、全体の年平均値では $445 \pm 85 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。季節ごとにみると、11月では $473 \pm 109 \mu\text{g}/\text{日}$ と高値であり、8月では $405 \pm 120 \mu\text{g}/\text{日}$ と低値であり、

葉酸摂取量に季節変動が観察された ($p < 0.01$)。図3は葉酸の摂取量を男女別に示したものである。男女で比較すると、年平均で男性では $432 \pm 118 \mu\text{g}/\text{日}$ 、女性では $442 \pm 119 \mu\text{g}/\text{日}$ と差異はみられなかった。季節ごとにみると、11月に男性で $470 \pm 124 \mu\text{g}/\text{日}$ 、女性で $478 \pm 101 \mu\text{g}/\text{日}$ と高値を示した。また、男性では8月に $397 \pm 110 \mu\text{g}/\text{日}$ 、女性では5月に $406 \pm 101 \mu\text{g}/\text{日}$ と低値であり、男女ともに季節変動が観察された ($p < 0.01$)。

血清の葉酸濃度については、全体の年平均値では $6.8 \pm 2.8 \text{ng}/\text{ml}$ であった。また、2月に $4.9 \pm 1.5 \text{ng}/\text{ml}$ と低値を、8月に $8.8 \pm 3.3 \text{ng}/\text{ml}$ と高値を示し、季節変動が観察された。しかしながら、葉酸の摂取量と血中の葉酸濃度との関連は認められなかった。図4は血清の葉酸濃度の変化を男女別に示したものである。年平均でみると、男性では $5.8 \pm 2.2 \text{ng}/\text{ml}$ 、女性では $7.8 \pm 2.8 \text{ng}/\text{ml}$ と有意な差がみられた。季節ごとにみると、2月に男性では $4.4 \pm 1.6 \text{ng}/\text{ml}$ 、女性では $5.5 \pm 1.1 \text{ng}/\text{ml}$ と低値を示した。血清葉酸の基準値 ($3.1 \text{ng}/\text{ml}$) 未満が男性で9名、女性で1名みられた。また、8月に男性では $7.4 \pm 2.4 \text{ng}/\text{ml}$ 、女性では $10.1 \pm 3.4 \text{ng}/\text{ml}$ と高値を示した。男女ともに、季節変動が観察された。なお、すべての季節において男性に比べ、女性において有意に高値であった。

なお、血清の葉酸濃度において、全体の年平均値を幾何平均でみると、 $7.0 \pm 1.4 \text{ng}/\text{ml}$ であり、正規確率紙法で算出した全体の年平均値 $6.8 \pm 2.8 \text{ng}/\text{ml}$ と差異は認められなかった。男女別の季節ごとの平均値も、両算法で相違は認められなかった。また、血清葉酸濃度が高値

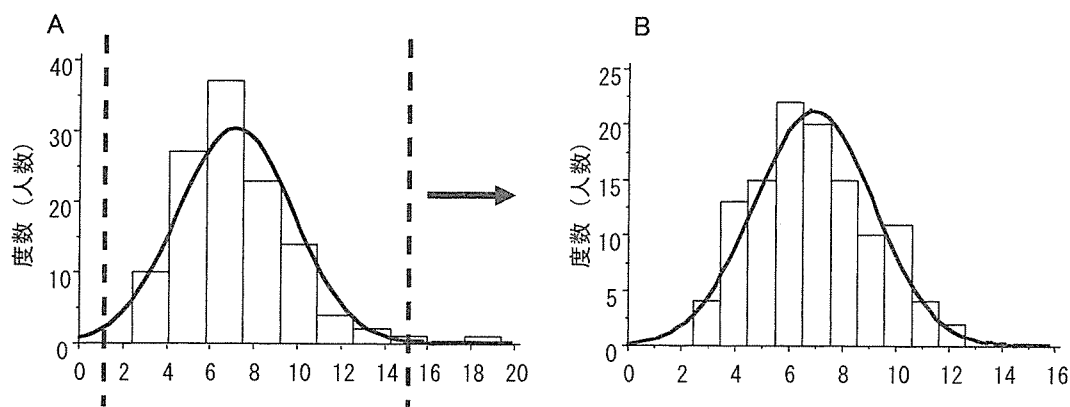


図2. 正規確率紙法によるデータの解析法の一例

- A: 分析値の元の分布。累積度数 2.5-97.5% に相当する濃度 (破線) を求め、この濃度範囲外を削除する。正規分布 (曲線)。
 B: 削除後の分布。この操作を繰り返し行い、分析値の数が減少しなくなった時の濃度範囲を上限値および下限値とする。この濃度範囲内にある測定値から、平均値およびSDを求めた。中心値とは95%信頼区間を基に求めた平均値 (パラメトリック) である。中央値とは95%信頼区間を基に2.5%~97.5%としたときの中央値 (ノンパラメトリック) である。正規分布 (曲線)。

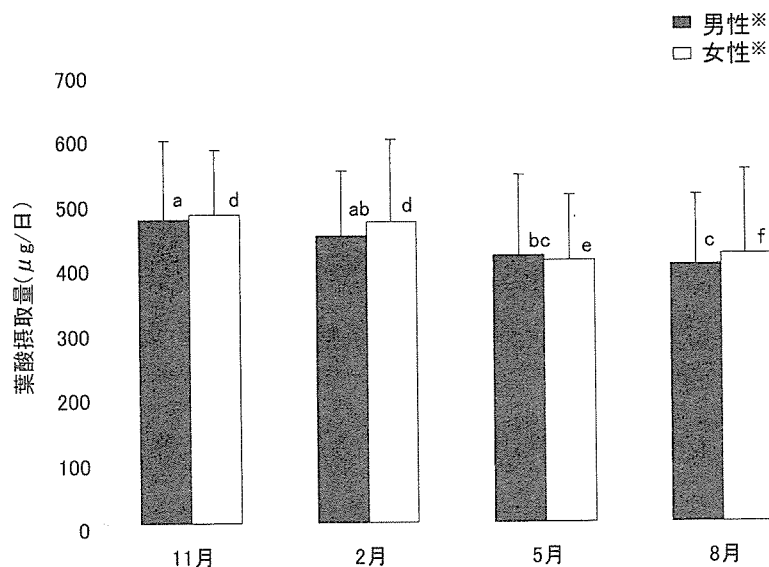


図3. 中高齢者における食事からの葉酸摂取量の季節変化 (正規確率紙法)
 平均値±標準偏差 (μg/日)

※ $p<0.01$ (ANOVA) ^{a-c} $p<0.05$, ^{d-f} $p<0.05$ (Fisher's PLSD)

対象者数 (名) 男性 (女性): 60 (60)

分析者数 (名) 男性 (女性): 11月 57 (56), 2月 56 (58), 5月 56 (56), 8月 57 (57), 通年 58 (60)

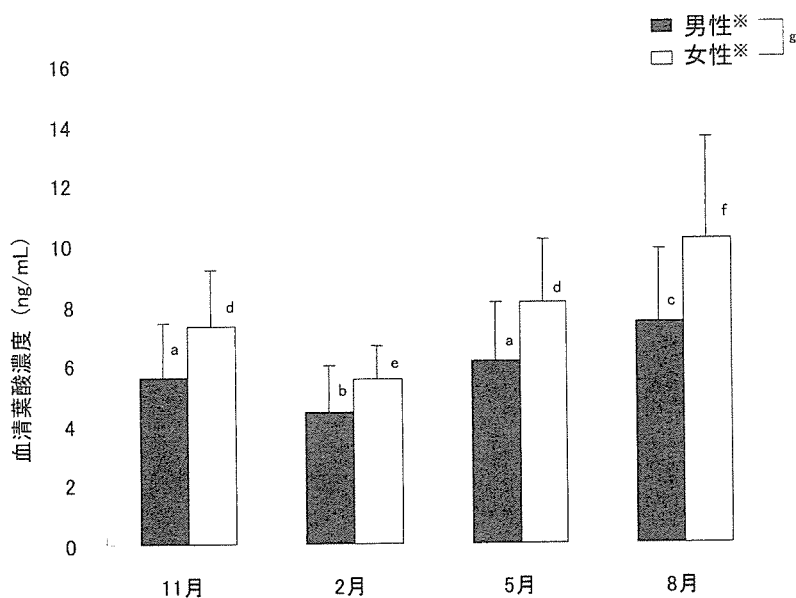


図4. 中高齢者における血清葉酸濃度の季節変化 (正規確率紙法)

平均値±標準偏差 (ng/ml)

※ $p<0.01$ (ANOVA) ^{a-c} $p<0.05$, ^{d-f} $p<0.05$, ^g $p<0.05$ (Fisher's PLSD)

対象者数 (名) 男性 (女性): 60 (60)

分析者数 (名) 男性 (女性): 11月 54 (57), 2月 52 (50), 5月 49 (56), 8月 51 (54), 通年 56 (58)

血清葉酸の基準値 (3.1ng/ml) 未満の人数 (名)

男性 (女性): 11月 2 (1), 2月 8 (1), 5月 2 (0), 8月 2 (0), 通年 4 (0)

を示した9名について、薬剤やサプリメントなどの摂取との関連は明らかではなかった。

考 察

葉酸の摂取基準値は、第六次改定の栄養所要量および食事摂取基準2005年版で、それぞれ所要量200 μg /日および推奨量240 μg /日と策定されている⁵⁾⁶⁾。葉酸の摂取量および必要量についての報告は、著者らの知る限りでは、これまでに数編あるに過ぎない(表1)。わが国においては、平岡および安田¹⁰⁾が、女子学生を対象として食物摂取状況調査を行い、葉酸の摂取量は平均190.6 μg /日で、第六次改定の栄養所要量における葉酸の所要量(200 μg /日)を充足している者は40.2%であることを報告している。しかし、推奨量(240 μg /日)で考えると、充足している者はさらに低値になる。本研究での中高齢者における葉酸の摂取量は、季節変動が見られるが、年平均で445 μg /日と、平岡および安田¹⁰⁾の報告の女子学生と比較して2倍以上の高値を示した。平成14年度の国民栄養調査結果をみると、葉酸の摂取量は全年齢区分の平均値では男性が315 μg /日、女性が302 μg /日であるが、年齢に依存して高くなっていく¹¹⁾。葉酸の摂取量は、実際、20歳代では男性で266(女性で258) μg /日であり、60歳代での男性で394(女性で370) μg /日と、若年者と高齢者を比較すると、著しい違いが見られている。本研究における葉酸摂取量は、国民栄養調査結果における高齢者の結果と近い値であった。なお、現在使用しているわが国の食品標準成分表の葉酸値は、諸外国の値と大きく異なっているため、摂取量の比較には十分な注意が必要である¹⁰⁾。

オランダのDNFCS調査(Dutch National Food Consump-

tion Study)¹²⁾では、食品分析結果から算出した葉酸の摂取量は、1-92歳を対象として、182 μg /日である。所要量(成人200 μg /日)に対して、男女でそれぞれ42%および54%は充足していなかった。なお野菜からの葉酸摂取量に季節的な変動は見られていない。またオランダの成人(20-65歳)を対象にした調査では、食事からの葉酸摂取量は男性232 μg /日、女性186 μg /日と男女差がみられている¹³⁾。スペインでの調査では、葉酸摂取量は214 μg /日であり、被験者の42%は所要量以下であった。しかし男女差は見られていない¹⁴⁾。このほかヨーロッパ各国での食事からの葉酸摂取量は、168-326 μg /日の範囲にあることが報告されている¹⁵⁾。一方、アメリカのNHANES III(Third National Health and Nutrition Examination Survey)では、24時間思い出し法で17歳以上の成人の葉酸摂取量は283 μg /日であり、男性で高値を示していた¹⁶⁾。またボストン地区でのNSS(Nutritional Status Survey)調査では、60歳以上の高齢者の葉酸摂取量は男性で271 μg /日、女性で239 μg /日であった¹⁷⁾。このように、これまで欧米での食事調査から、食事から摂取されている食事性葉酸の摂取量は、1日あたりおよそ200-300 μg である。

葉酸摂取量の異なる原因の一つとして、食生活が関与している可能性が考えられる。葉酸は、野菜、レバー、大豆などの食品に多く含まれている。平成14年度国民栄養調査結果¹¹⁾において、野菜類の摂取量を見ると、20歳代では平均242g/日、60歳代では平均317g/日と違いがみられており、葉酸の摂取量と関連があることが示唆される。なお、わが国においては、葉酸を所要量以上に摂取するためには、1日に350gの野菜を摂取することが勧

表1. 各国における葉酸の摂取量と血清葉酸濃度に関する栄養疫学調査

文献	被験者数 (性別:年齢)	期間	摂取量 (μg)		葉酸			備考
			食事	サプ リ メ ン ト	血清	赤血球	ホモシステイン	
Milne et al., 1986	40(男:19-54)	2-8ヶ月	200	0	減少(基準値内)	減少(基準値内)	増加傾向	介入研究
Sauberlich et al., 1987	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	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	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
Shibata et al., 2005	10(男:19-23)	8日	0	200	一定(基準値以上)	-	-	介入研究
	10(女:20-22)		0	200	増加(基準値以上)	-	-	
渡邊ら, 2006	10(男:20.6)	8日	38	200	増加(基準値内)	-	-	介入研究
	10(女:20.4)		38	200	減少(基準値内)	-	-	
本研究	60(男:45-77)	3日×4回/年	432	0	一定(基準値内)	-	-	観察研究
	60(女:47-76)		442	0	一定(基準値内)	-	-	

められており、中高齢者の多くは基準を満たしているものと考えられる。

葉酸は、メチル基の供与体として、一炭素単位代謝系に関与している。このため、葉酸が欠乏すると、メチオニンの産生が阻害され、体内にホモシステインが蓄積することが知られている。このため、葉酸の必要量や栄養状態を知る指標としては、血清や赤血球中の葉酸濃度のみでなく、血清ホモシステインが感度の高い指標として注目されている。葉酸の必要量については、Milneら¹⁸⁾は、成人男性40名を対象に代謝室で食事性葉酸(200 μ g/日)の影響を調べている。また、血清葉酸濃度の変化は、試験開始時の葉酸の状態に依存している。つまり、血清葉酸濃度が10ng/ml以下では、葉酸レベルの減少は見られていない。なお、葉酸摂取量が400 μ g/日以下になると、血清ホモシステイン濃度は上昇する、200 μ g/日以上摂取していれば、上昇は見られるが基準値以下である。このようなことから、200 μ g/日(150-250 μ g/日)の葉酸摂取量で体内の葉酸を維持するために十分であることが示唆されている。

葉酸の吸収率は、食品では約50%であり、サプリメントでは約85%であることから、食事性葉酸と比較して、葉酸サプリメントの生体利用率が1.7倍であるとされている¹⁹⁾²⁰⁾。そこで、葉酸の必要量を考える場合には、食事とサプリメントの組み合わせも考える必要がある。O'Keefeら²¹⁾は、血漿ホモシステイン濃度を指標として検討したところ、食事性葉酸当量(DFE)319 μ g/日(食事性葉酸30 μ g, サプリメント葉酸170 μ g)では、血清葉酸濃度を維持するためには不十分としている。また、Jacobら²²⁾はDFE151 μ g/日(食事性葉酸25 μ g, サプリメント74 μ g)では、十分でないことを報告している。つまり、欧米の食事調査で得られている食事からの葉酸摂取量200-300 μ g/日では、必要量を満たしていないことを示している。一方、Sauberlichら²³⁾は、成人女性の葉酸必要量は、血漿および赤血球の葉酸濃度から、200-250 μ g/日であると、推定している。このように葉酸の必要量については、摂取した葉酸化合物の違いや使用した葉酸状態のバイオマーカーの違いによって、十分に一致したデータは得られていない。

著者ら²⁴⁾は、最近半精製食を用いて、健康成人における葉酸の必要量についての検討を行った。葉酸摂取量は、サプリメントとして200 μ gと半精製食の原料となっている小麦粉に含まれる38 μ g(小麦粉200gに含有される葉酸量)を合わせ、238 μ g/日(DFE, 378 μ g/日)となっている。2週間摂取した結果、血清葉酸濃度は男女共にすべて基準値内にあった。しかし、成人女性では、試験期間後期において、開始日と比べて有意な増加が見られたが、成人男性では最終日に有意に減少した。したがって、葉酸摂取量(238 μ g/日)については、男性ではやや不足しているが、女性では必要量を十分に満たしている、と

考えられる。

今回の調査では、これまでの諸外国の調査と比較して、葉酸の摂取量は高値であったが、男女間において差異はみられなかった。しかし、血清葉酸濃度では男女間で有意な差がみられ、男女とも冬期が低値で夏期が高値であり、季節変動が認められた。これらのデータから葉酸の推奨量の策定においては、男女差があることを考慮する必要性が示唆された。

結 語

- 1) 中高齢者における葉酸の摂取量については、全体の年平均値では435 \pm 117 μ g/日であり、男女とも11月が高値で8月が低値と、季節変動が観察された。しかし、葉酸の摂取量に男女差は認められなかった。
- 2) 血清の葉酸濃度については、全体の年平均値では6.8 \pm 2.8ng/mlであり、男女とも8月が高値で2月が低値と、季節変動が観察された。男女別にみると、すべての季節において女性が有意に高値を示した。
- 3) 今後の葉酸推奨量の策定においては、男女差を考慮する必要があることを示した。

謝 辞

本研究は、「栄養と健康に関する調査」(代表 久道 茂)の一部として行ったものである。また本調査を実施するにあたり、ご協力頂いた関係者各位に深謝致します。

(平成 18.3.29 受付)

文 献

- 1) Bowman BA, Russell RM (2002) 最新栄養学 第8版, 木村修一, 小林修平翻訳監修 pp. 221-236, 建帛社, 東京
- 2) Halsred CH (1991) Intestinal absorption of dietary folates. "Folic Acid Metabolism in Health and Disease" ed. by Picciano MF, Stokstad ELR, Gregory JF, pp. 23-45, Wiley-Liss, New York
- 3) Daly S, Mills JL, Molloy AM, Conley M, Lee YJ, Kirke PN, Weir DG, Scott JM (1997) Minimum effective dose of folic acid for food fortification to prevent neural-tube defects. *Lancet* **350**, 1666-1669
- 4) Schnyder G, Roffi M, Flammer Y, Pin R, Hess OM (2002) Effect of homocysteine-lowering therapy with folic acid, vitamin B₁₂, and vitamin B₆ on clinical outcome after percutaneous coronary intervention. *JAMA* **288**, 973-979
- 5) 厚生省保健医療局地域保健・健康増進栄養課生活習慣病対策室(1999) 第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準-, pp. 103-105
- 6) 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室(2004) 日本人の食事摂取基準(2005年版)(日本人の栄養所要量-食事摂取基準-策定検討委員会報告書), pp. 92-95
- 7) Institute of Medicine (2003) 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
- 8) 吉村幸雄 (2000) エクセル栄養君 Ver.3.0, 建帛社, 東京
 - 9) 柳井久江 (2003) Statcel エクセル統計, 星雲社, 東京
 - 10) 平岡真実, 安田和人 (2000) 女子大学生のビタミン B₁₂, 葉酸栄養状態について - 血清ビタミン B₁₂, 葉酸濃度の分布範囲 - . ビタミン 74, 271-280
 - 11) 健康・栄養情報研究会 (2002) 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
 - 12) Konings EJM, Roomans HHS, Dorant E, Goldbohm RA, Saris WHM, van den Brandt PA (2001) Folate intake of the Dutch population according to newly established liquid chromatography data for foods. *Am J Clin Nutr* 73, 765-776
 - 13) Melse-Boonstra A, de Bree A, Verhoef P, Bjorke-Monsen AL, Verschuren WMM (2002) Dietary monoglutamate and polyglutamate folate are associated with plasma folate concentrations in Dutch men and women aged 20-65 years. *J Nutr* 132, 1307-1312
 - 14) Ortega RM, Redondo R, Sndres P, Eguileor I (1993) Nutritional assessment of folate and cyanocobalamin status in a Spanish elderly group. *Internat J Vit Nutr Res* 63, 17-21
 - 15) De Bree A, van Dusseldrop M, Brouwer IA, van het Hof KH, Steegers-Theunissen RPM (1997) Folate intake in Europe: recommended, actual and desired intake. *Eur J Clin Nutr* 51, 643-660
 - 16) Ford ES, Ballew C (1998) Dietary folate intake in US adults: Findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Ethnicity Dis* 8, 299-305
 - 17) Sahyoun NR, Otradovec CL, Hartz SC, Jacob RA, Peters H, Russell RM, McGandy RB (1988) Dietary intakes and biochemical indicators of nutritional status in an elderly, institutionalized population. *Am J Clin Nutr* 47, 524-533
 - 18) Milne DB, Johnson LK, Mahalko JR, Sandstead HH (1986) Folate status of adult males living in a metabolic unit, possible relationships with iron nutriture. *Am J Clin Nutr* 37 768-773
 - 19) Gregory JF (2001) Bioavailability of nutrients and other bioactive components from dietary dupplements. *J Nutr* 131, 1376S-1382S
 - 20) Tamura T, Stokstad ELR (1973) The availability of food folate in man. *Br J Haematol* 25, 513-532
 - 21) O'Keefe CA, Bailey LB, Thomas EA, Hofler SA, Davis BA, Cerda JJ, Gregory JF,III (1995) Controlled dietary folate affects folate status in nonpregnant women. *J Nutr* 125, 2717-2725
 - 22) Jacob RA, Wu M-M, Henning SM, Swendseid ME (1994) Homocysteine increases as folate decreases in plasma of healthy men during short-term dietary folate and methyl group restriction. *J Nutr* 124, 1072-1080
 - 23) Sauberlich HE, Kretsch MJ, Skala JH, Johnson HL, Taylor PC (1987) Folate requirement and metabolism in nonpregnant women. *Am J Clin Nutr* 46, 1016-1028
 - 24) 渡邊敏明, 大串美沙, 前川紫, 西牟田守, 柴田克己, 福井徹 (2006) 健康成人における葉酸の必要量についての検討. 日本栄養・食糧学会誌 59, 169-176

《原 著》

トータルダイエツト調査によるビオチン摂取量の推定についての検討

渡 邊 敏 明 谷 口 歩 美

要旨 トータルダイエツト調査 (Total Diet Study, TDS) は、食品に含まれている食品添加物や食品汚染物質などの化学物質について、食事からの摂取量を推定するために使用されている。本研究においては、TDSによって、水溶性ビタミンの1つであるビオチンの摂取量についての算出を試みた。著者らがこれまでに分析した食品中のビオチン含量を基に、平成14年度の国民栄養調査の摂取量を利用して、国民のビオチン摂取量を算出すると、男性107.8 µg、女性91.6 µgとなった。一方、東京都で分析した推定ビオチン含量および東京都栄養調査から算出すると、都民のビオチン摂取量は平成11年度で45.2 µg/日、平成14年度で61.4 µg/日となり、大きな違いがみられた。これらの値は、著者らが算出したビオチン摂取量の約1/2倍であった。このように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。しかし、TDSによって、ビタミンの摂取量を推定するためには、栄養素の化学的特性のほか、食品の数、食品の分類、食品の選択、食品群ごとの含有量の算出などについての基礎的な検討が必要である。

キーワード : トータルダイエツト調査, 摂取量, ビタミン, ビオチン, 食事摂取基準

緒 言

古くから医食同源と言われるように、食と健康とは密接な関わりがある。近年、食生活の欧米化に伴い、脳血管疾患、ガンや心疾患などの生活習慣病による死亡が増加しつつある。生活習慣病は、とくにタンパク質および脂肪の過剰摂取に加え、運動不足や生活スタイルの変化が影響している。つまり食生活を改善することによって、生活習慣病の予防が可能である。このため、食事調査によって、われわれの食生活を正しく把握し、正しく評価することが必要である。

食事調査としては、一般に、食事記録法、24時間思い出し法、陰膳法、生体指標法および食物摂取頻度調査法などに大別することができる¹⁾。これらの調査法はそれぞれの特徴に応じて、利用されている。たとえば、食物摂取頻度調査法は、他の調査と比べ、長期間の習慣的な栄養素の摂取状態を知るために有用である。また、食事記録法などでは、日本食品標準成分表に記載されている栄養素の含量を利用して摂取量を算出している。一方、食品成分表に記載されていない栄養素については、陰膳法で食事を実測し、摂取量を算出している。

トータルダイエツト調査 (Total Diet Study, TDS)、つまり「全食事量調査」は、一般的には「マーケット・バスケット調査」とも呼ばれている食事調査の1つである²⁾。この調査の目的は、食品に含まれている残留農薬、環境ホルモンあるいは食品添加物などの微量な化学物質について、日常の食事からどのくらい摂取しているかを推定することである。つまり、食品に含まれるこれらの化学物質を個々の食品ごとに測定することが煩雑なため、食品群ごとにまとめて測定しようとするものである。その後、TDSはFAO/WHOによって認められ、現在、アメリカやイギリスなど多くの国々で実施されている⁴⁻⁶⁾。

TDSは、総合的にみて信頼性の高い結果が得られるため、国際的には残留農薬の摂取調査に広く利用されている。米国では、1965年にFDAによるTDSが食品中の栄養素や汚染物質をモニターするための食品監視システムとして始まった。1975年には、TDSが幼児にも拡大され、フッ素の摂取量の調査が行われている^{7,8)}。日本では、この調査を利用して、昭和50年代から食品添加物の摂取量調査が継続的に行われ、平成3年度からは農薬の摂取量についての調査にも適応されている^{2,3)}。また、環境ホルモンのひとつであるダイオキシン類の摂取量の調査にも、TDSが使われている。

TDSは、栄養素の摂取量についての調査にも適している、と考えられている。しかしながら、TDSを利用した栄養素の摂取量調査はあまり多くない。また、調査対象となっているのは、おもにミネラルである。オランダでは、1976~78年の第1回TDS、1984~86年の第2回TDSにおいて、重金属の調査と並行して、ミネラルの調査が実施されている^{9,10)}。中国では、1990年の第1回TDSで、72栄養素の摂取量および供給源の調査が行われている¹¹⁾。このほか、最近TDSを利用して、ビタミンKやナイアシンなどのビタミンについての摂取量の調査も散見されるようになった^{12~14)}。

著者らは、これまでに水溶性ビタミンの1つであるビオチンの必要量について、食事調査を実施してきた^{15,16)}。そこで、本研究においては、著者らがこれまでに分析したビオチンのデータを基に、国民栄養調査の結果を利用して、ビオチンの摂取量についての検討を試み、東京都のTDSと比較検討した。さらに、TDSの基礎的な特徴および本調査を利用するための課題について考察した。

方 法

1. データベースの選択

本研究で利用した資料は、おもに次の3つである。まず、著者らが最近行った主要食品101品目のビオチン分析結果である¹⁶⁾。これは、わが国の五訂および五訂増補日本食品標準成分表^{17,18)}にはいまだにビオチンの含量が収載されていないために、著者らがこれまでに分析を行ったものである。

第2は、平成11年度および14年度に実施された国民栄養調査の調査結果である^{19,20)}。国民栄養調査では、食品が18食品群に分類され、それぞれの食品群ごとに記載されている摂取量を利用した。なお、国民栄養調査においては、平成12年度から、食品群の分類の記載方式が変わり、食品が食形態に応じて「生」から「調理されたもの」に変更された。つまり、平成11年度までの国民栄養調査では、摂取量は「生」の重量で記載されている。

第3は、平成11年度、14年度および15年度に実施された東京都栄養調査の調査結果を利用した^{21~23)}。これらの調査方法は、国民栄養調査と同様であるが、東京都のTDSでは食品が13食品群に分類されている。TDSによって算出された都民の水溶性ビタミンであるビオチン、ナイアシン、ビタミンB₁₂の摂取量を参考にした¹⁴⁾。

2. 食品の選択

著者ら¹⁶⁾が行ったビオチン分析では、摂取頻度が高く、ビオチン含有量が比較的多い食品の中から、それぞれの食品群を考慮して食品101品目を選択した。すべての食品のビオチン含量を測定し、食品群ごとにビオチン

含量の平均値を求めた。なお、食品は、日本食品標準成分表に記載されている食形態に従って分析した。

TDSでは、一般的に、1日の摂取量を国民栄養調査や家計調査などに基づいて、日常的に飲食する食品の種類と量を決め、平均的なモデル献立を作成する²³⁾。その献立に従って、あらかじめ作成された食材リストの中から食品を選び、5日分の食品を小売店で購入する。食品は、通常の食形態に準じて、焼く、蒸す、茹でるなどの調理を実施する。調理後、13食品群にまとめて均一化して、調査対象になっている化学物質を分析する。なお、食品は、食品群ごとに2種以上を購入することになっているが、分析は通常1コレクション(セット)のみである。東京都のTDSもこれに準じて行われている。

3. 食品群の再解析

TDSでは、食品を13食品群に分類し、国民栄養調査では18食品群に分類している。そこで、両調査の違いを比較するために、下記のように食品群を再分類および再配分した。

栄養調査における食品群の分類については、平成13年度の改定から、食品群の分類基準がより詳細になった。たとえば、平成12年度までは、食品の重量は「生」で表わされていたが、「調理後」の重量と変更された。また、食品群の分類も日本食品標準成分表に準じて、18食品群となった。しかしTDSでは13食品群となっている。そこで、栄養調査の18食品群を13食品群に変換する方法は、次のとおりである(表1)。栄養調査の1群穀類(米)の一部、2群いも及びでん粉類と5群種実類は、まとめてTDSのII群Cereals, Nuts, Seeds and Potatoesとした。このほか、3群砂糖及び甘味料と15群菓子類は、III群Sugars, Sweeteners and Confectioneriesとし、6群野菜類(緑黄色野菜)の一部、8群きのこ類と9群海藻類は、VIII群Other vegetables, Mushrooms and Seaweedsとし、16群嗜好飲料類と17群調味料及び香辛料類は、IX群Seasonings and Beveragesとし、11群肉類と12群卵類は、XI群Meats and Eggsとした。

東京都のTDSでは、食品群ごとのビオチン摂取量と食品摂取量がまとめられているが、各食品群のビオチン含量が記載されていない¹⁴⁾。そこで、これらの値を基に、ビオチン含量を再計算し、各食品群の「推定ビオチン含量」とした。また、東京都のTDSの分析結果(13食品群)を、栄養調査(18食品群)に利用する場合にも、上記の方法に従って再配分を行った。例えば、II群Cereals, Nuts, Seeds and Potatoesの推定ビオチン含量を1群穀類その他、2群いも及びでん粉類と5群種実類のビオチン含量とした。つまり、両食品群とも同じ値を使用した。

表1 食品群の換算表

Food group	Ingredient	日本食品群別番号	日本食品群別名
I	Rice	1 (一部)	穀類 (米)
II	Cereals, Nuts, Seeds and Potatoes	1 (一部), 2, 5	穀類 (小麦, その他の穀類), いも類, 種実類
III	Sugars, Sweeteners and Confectioneries	3, 15	砂糖・甘味料類, 菓子類
IV	Fats and Oils	14	油脂類
V	Pulses	4	豆類
VI	Fruits	7	果実類
VII	Green and yellow vegetables	6 (一部)	野菜類 (緑黄色野菜)
VIII	Other vegetables, Mushrooms and Seaweeds	6 (一部), 8, 9	野菜類 (その他の野菜, 野菜ジュース, 漬け物), きのこと類, 藻類
IX	Seasonings and Beverages	16, 17	嗜好飲料 (アルコール飲料), 調味料及び香辛料類
X	Fishes and shellfishes	10	魚介類
XI	Meats and Eggs	11, 12	肉類, 卵類
XII	Milks	13	乳類
XII	Other food	18	

4. 分析方法

食品群の記載は、国民栄養調査では1~18群とし、TDSではI~XIII群とした。また、東京都のTDSでは、食品群名およびデータの表記を英語で行っているため、そのまま利用した(表1)。また、データの集計・解析にはExcel 2003 (Microsoft) および統計学的解析にはStatView Ver. 5.0 (SAS Institute) を用いた。

結 果

1. 食品を13食品群とした場合の摂取量

東京都のTDSでは、食品を13食品群として分析し、各食品群のビオチン摂取量を算出している。そこで、これらの値から食品群ごとの「推定ビオチン含量」を算出した(表2A)。推定ビオチン含量がもっとも高いのは、XI群 Meats and Eggsで11.2 µg/100gであり、次にV群 Pulsesで7.2 µg/100gであった。このほかの食品群では2~3 µg/100gであった。

次に、著者らが分析したビオチン含量を13食品群に再解析した(表2A)。この結果、平均ビオチン含量がII群 Cereals, Nuts, Seeds and Potatoes (2+5群)で21.2 µg/100g, VIII群 Other vegetables, Mushrooms and Seaweeds (8+9群)で13.5 µg/100g, XI群 Meats and Eggs (11+12群)で30.1 µg/100g, と高値を示した。これらは東京都のTDSの値と比べ、3~5倍のビオチン含有量であった。このほかV群 Pulses(4群)で10.3 µg/100gと高値を示したが、これは東京都のTDSでの含有量7.2 µg/100gと差異は認められなかった。

著者らのビオチン分析値を基に、都民および国民の1日あたりのビオチン摂取量を推定すると、平成11年度

では国民男性138.5 µg, 女性127.7 µg, および都民142.4 µgであり、平成14年度ではそれぞれ187.5 µg, 164.1 µg, 180.9 µgと増加していた(表2B)。一方、東京都の推定ビオチン値を基に、ビオチン摂取量を推定すると、平成11年度では国民男性44.6 µg, 女性40.0 µg, および都民45.2 µgであった。平成14年度では国民男性65.0 µg, 女性56.5 µg, および61.4 µgと、1.5倍であった。このように、著者らのビオチン分析値を基に算出したビオチン摂取量は、東京都の推定ビオチン値を基にした約3倍の値であった。なお、平成15年度のビオチン摂取量は、平成14年度と差異はみられなかった(表2C)。

2. 食品を18食品群とした場合の摂取量

東京都のTDSで13食品群に分けている食品を18食品群に再配分して、ビオチン摂取量を算出した(表3A, B)。例えば、II群 Cereals, Nuts, Seeds and Potatoesの推定ビオチン含量2.7 µg/100gを、1群穀類その他、2群いも及びでん粉類および5群種実類のビオチン含量とした。食品ごとに比較すると、5群種実類, 11群肉類, 12群卵類, 17群調味料及び香辛料類で、著者らのビオチン分析値と比較し、2~3倍の違いが見られた。

著者らのビオチン分析値を基に、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、国民男性105.5 µg, 女性82.8 µg, および都民で95.9 µg/日であった。これらの値は、平成14年度の摂取量を利用しても変わりなかった。一方、東京都の推定ビオチン分析値を基に、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、国民男性49.9 µg, 女性39.6 µg, 都民で45.0 µgであった。平成14年度の摂取量を利用すると、

トータルダイエツト調査によるビオチン摂取量

表2 13食品群を利用したビオチン摂取量の推定

A：平成11年

Food group	Ingredient	ビオチン含量 (μg/100g)		食品摂取量 (g/日)			ビオチン摂取量 (μg/日)					
							本研究(分析値)使用			東京都(推定値)使用		
		本研究(分析値)	東京都(推定値)	国民栄養調査		東京都栄養調査	国民		都民	国民		都民
男性	女性			男性	女性		男性	女性				
I	Rice	2.8	1.6	190.5	137.4	141.0	5.3	3.8	3.9	3.0	2.1	2.2
II	Cereals, Nuts, Seeds and Potatoes	21.2	2.7	164.9	155.1	172.1	35.0	32.9	36.5	4.4	4.1	4.6
III	Sugers, Sweeteners and Confectioneries	3.8	3.1	28.9	35.7	32.6	1.1	1.4	1.2	0.9	1.1	1.0
IV	Fats and Oils	0.1	2.6	17.6	15.6	19.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.5
V	Pulses	10.3	7.2	74.5	66.7	59.8	7.7	6.9	6.2	5.4	4.8	4.3
VI	Fruits	1.5	0.9	107.5	130.0	120.4	1.6	2.0	1.8	1.0	1.2	1.1
VII	Green and yellow vegetables	3.9	2.3	95.2	93.2	107.5	3.7	3.6	4.2	2.2	2.2	2.5
VIII	Other vegetabels, Mushrooms and Seaweeds	13.5	2.0	208.5	195.6	188.1	28.1	26.4	25.4	4.2	4.0	3.8
IX	Seasonings and Beverages	6.2	3.0	270.5	110.5	207.1	16.8	6.9	12.8	8.1	3.3	6.2
X	Fishes and shellfishes	9.0	3.3	104.4	85.4	84.0	9.4	7.7	7.6	3.5	2.8	2.8
XI	Meats and Eggs	30.1	11.2	79.1	105.3	123.9	23.8	31.7	37.3	8.9	11.8	13.9
XII	Milks	3.3	1.3	180.5	137.2	164.1	6.0	4.5	5.4	2.4	1.8	2.2
XIII	Other food	—	5.6	5.2	5.3	1.8	—	—	—	0.3	0.3	0.1
	Total	—	—	1,527.3	1,273.0	1,422	138.5	127.7	142.4	44.6	40.0	45.2

B：平成14年

Food group	Ingredient	ビオチン含量 (μg/100g)		食品摂取量 (g/日)			ビオチン摂取量 (μg/日)					
							本研究(分析値)使用			東京都(推定値)使用		
		本研究(分析値)	東京都(推定値)	国民栄養調査		東京都栄養調査	国民		都民	国民		都民
男性	女性			男性	女性		男性	女性				
I	Rice	2.8	1.6	417.9	397.8	301.2	11.7	11.1	8.4	6.5	6.2	4.7
II	Cereals, Nuts, Seeds and Potatoes	21.2	2.7	179.0	165.2	186.7	37.9	35.0	39.6	4.8	4.4	5.0
III	Sugers, Sweeteners and Confectioneries	3.8	3.1	29.7	37.0	34.3	1.1	1.4	1.3	0.9	1.1	1.1
IV	Fats and Oils	0.1	2.6	12.1	9.9	12.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3
V	Pulses	10.3	7.2	60.9	57.1	51.9	6.3	5.9	5.3	4.4	4.1	3.7
VI	Fruits	1.5	0.9	110.4	136.6	128.7	1.7	2.0	1.9	1.0	1.2	1.2
VII	Green and yellow vegetables	3.9	2.3	88.5	89.2	94.3	3.5	3.5	3.7	2.1	2.1	2.2
VIII	Other vegetabels, Mushrooms and Seaweeds	13.5	2.0	218.4	203.3	224.4	29.5	27.4	30.3	4.4	4.1	4.5
IX	Seasonings and Beverages	6.2	3.0	691.6	555.3	709.5	42.9	34.4	44.0	20.7	16.6	21.2
X	Fishes and shellfishes	9.0	3.3	97.9	79.7	79.3	8.8	7.2	7.1	3.3	2.7	2.6
XI	Meats and Eggs	30.1	11.2	129.1	100.6	114.3	38.9	30.3	34.4	14.5	11.3	12.8
XII	Milks	3.3	1.3	161.7	174.4	145.6	5.3	5.8	4.8	2.2	2.3	2.0
XIII	Other food	—	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total	—	—	2,197.2	2,006.1	2,082.7	187.5	164.1	180.9	65.0	56.5	61.4

(つづく)

表2 13食品群を利用したビオチン摂取量の推定(つづき)

C:平成15年

Food group	Ingredient	ビオチン含量 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)		東京都栄養調査 食品摂取量 (g/日)	ビオチン摂取量 ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	
		本研究 (分析値)	東京都 (推定値)		本研究値 使用	東京都値 使用
I	Rice	2.8	1.6	297.6	8.3	4.6
II	Cereals, Nuts, Seeds and Potatoes	21.2	2.7	180.7	38.3	4.8
III	Sugers, Sweeteners and Confectioneries	3.8	3.1	29.2	1.1	0.9
IV	Fats and Oils	0.1	2.6	11.7	0.0	0.3
V	Pulses	10.3	7.2	60.7	6.3	4.4
VI	Fruits	1.5	0.9	117.4	1.8	1.1
VII	Green and yellow vegetables	3.9	2.3	96.8	3.8	2.3
VIII	Other vegetabels, Mushrooms and Seaweeds	13.5	2.0	217.2	29.3	4.4
IX	Seasonings and Beverages	6.2	3.0	689.6	42.8	20.6
X	Fishes and shellfishes	9.0	3.3	78.9	7.1	2.6
XI	Meats and Eggs	30.1	11.2	107.7	32.4	12.1
XII	Milks	3.3	1.3	142.6	4.7	1.9
XIII	Other food	—	5.6	11.6	—	0.6
	Total	—	—	2,041.7	175.9	60.7

ビオチン摂取量 (total) は、食品群ごとにビオチン含量と食品摂取量の積を算出した後、すべての食品群を総和したものである。

それぞれ 65.1, 54.9, 65.9 $\mu\text{g}/\text{日}$ となった。これらは、平成 11 年度の約 1.5 倍であった。

考 察

TDS は、従来、残留農薬や食品添加物などの 1 日摂取量を算出するために作成された方法である。しかしながら、TDS は、栄養素の食事からの摂取量をモニターしたり、食事摂取基準に対する充足率を評価するためにも重要な調査方法である^{24,25)}。また TDS を利用して、栄養素の供給源や寄与率、つまりどんな食品からどれだけ摂取しているかを明らかにすることも可能である。微量栄養の摂取量を算出するためには、食事調査では、一般に、対象者の負担やリコールバイアス、試料分析の手間や費用などが問題となるが、TDS では、固有の問題点として、食品群の分類、食品の選択、対象とする食品数、選択基準、均一化、代表値の決め方などについての検討が必要である。

わが国の食品添加物の TDS プロトコルについては、1982 年に厚生省で作成され、1991 年に食生活の変化に伴い、修正が加えられた。この方式では、食品を 7 群に区別し、分析の際に夾雑物の影響を除き、分析をし易くするために主成分および状態がほぼ同じになるよう

にしている。一方、農水省が行っているダイオキシンおよび残留農薬の摂取量調査では、実施要領において 85 種類の食品を I-XIII 群の 13 食品群と飲料水を 1 群加えた 14 食品群に区分している。各食品群の食品の選択や調理については、それぞれ細かく定めている。本研究で利用した東京都の TDS においては、残留農薬の摂取調査に準じて、食品を 13 食品群に分類し、調理をした後、食品群ごとにビオチン含量を分析して求め、ビオチン摂取量を算出している¹⁴⁾。一方、著者ら¹⁶⁾は、食品のビオチン含量を分析し、18 食品群ごとにビオチン摂取量を算出した。しかし、ビオチン以外の栄養素については、日本食品標準成分表に記載されている栄養素の含量を基に、栄養素の摂取量を算出することができる。つまり、ビオチンのように食品分析をしなくとも、この調査法を利用することができる。このように TDS で栄養素の摂取量を算出する場合、栄養素の特性を考慮すると、18 食品群に分類するのが適切であると考えられる。この場合、国民栄養調査のデータをそのまま利用することが可能である。

食品分析による TDS と食品成分表を利用した計算による TDS の関連について、Pennington ら²⁶⁾は、9 種類のミネラルの摂取量を TDS による分析値とアメリカ農

表3 18食品群を利用したビオチン摂取量の推定

A:平成11年

日本食品群別番号	日本食品群	ビオチン含量 (μg/100g)		食品摂取量 (g/日)			ビオチン摂取量 ^a (μg/100g)					
		本研究 (分析値)	東京都 (推定値)	国民栄養調査		東京都栄養調査	本研究 (分析値) 使用			東京都 (推定値) 使用		
				男性	女性		男性	女性	都民	男性	女性	都民
1	穀類 米類	2.0	1.6	190.5	137.4	140.9	3.9	2.8	2.9	3.0	2.2	2.3
	その他	3.5	2.7	94	86.0	105.6	3.2	3.0	3.6	2.5	2.3	2.9
2	いも及びでん粉類	2.7	2.7	68.7	66.8	64.1	1.9	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7
3	砂糖及び甘味料	2.2	3.1	9.7	9.3	9.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
4	豆類	10.3	7.2	74.5	66.7	59.8	7.7	6.9	6.2	5.4	4.8	4.3
5	種実類	35.2	2.7	2.2	2.3	2.5	0.8	0.8	0.9	0.1	0.1	0.1
6	野菜類 緑黄色野菜	5.7	2.3	95.2	93.2	107.6	5.4	5.3	6.1	2.2	2.1	2.5
	その他	3.4	2.0	188.7	176.6	171.1	6.5	6.0	5.9	3.8	3.5	3.4
7	果実類	1.5	0.9	107.5	130.0	120.4	1.6	1.9	1.8	1.0	1.2	1.1
8	きのこ類	13.5	2.0	14.3	13.4	11.8	1.9	1.8	1.6	0.3	0.3	0.2
9	藻類	—	2.0	5.5	5.6	5.3	—	—	—	0.1	0.1	0.1
10	魚介類	9.0	3.3	104.4	85.4	84.1	9.4	7.7	7.6	3.4	2.8	2.8
11	肉類	34.0	11.2	89.9	68.1	86.3	30.5	23.1	29.3	10.1	7.6	9.7
12	卵類	23.0	11.2	44.0	37.2	37.5	10.1	8.6	8.6	4.9	4.2	4.2
13	乳類	3.3	1.3	136.8	137.2	164.1	4.5	4.6	5.4	1.8	1.8	2.1
14	油脂類	0.1	2.6	17.6	15.6	19.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.5
15	菓子類	5.3	3.1	19.2	26.4	23.3	1.0	1.4	1.2	0.6	0.8	0.7
16	嗜好飲料類 ^b	6.2	3.0	270.5	110.5	207.2	16.8	6.9	12.8	8.1	3.3	6.2
17	調味料及び香辛料類 ^b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	調理加工食品類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合計	—	—	1,535.3	1,267.7	1,420.6	105.5	82.8	95.9	49.9	39.6	45.0

(つづく)

務省の食品標準成分表による推定値の違いを比較した。234食品を対象として、年齢階級、性別に毎日の摂取量を比較したところ、両者の違いは0.6~11.0%で類似していた。このように理論的にはどちらの調査法を利用しても一致した結果が得られるはずである。

著者らが使用した計算によるTDSと東京都が実施した食品分析によるTDSを比較してみた。まず、食品を13食品群に分類して、食品群ごとにビオチン含量をみると、食品群によって大きな差異が認められた。とくに豆類、種実類、肉類、きのこ類、卵類、乳類の5食品群で異なっていた。また算出した1日あたりのビオチン摂取量についても、両調査によって1.5~3倍の違いが認められた。

この理由として、いくつかのことが考えられる。まず食品の選択が両者の違いの原因となっている。種実類では一般にビオチン含量が高く、とくに落花生は81.0μg/100gと高値である。著者らのTDSでは落花生を分析したが、東京都のTDSではどのような食品が分析されているか不明である。なお、諸外国では種実類のビオチン

ン含量は、本研究と同様に、高値を示している。次に食品群ごとにサンプルを均一化し、栄養素を分析した場合は、食品中の含量が微量で、食品間で含量に大きな差異がない場合には問題は少ないと考えられる。しかしながら、対象としている栄養素の食品中の含量に大きな違いがある場合には、食品の摂取量や食品中の含量に影響されることが考えられる。

次に、著者らの計算によるTDSにおいては、101品目を分析したのみであるが、東京都の食品分析によるTDSでは分析した食品数が230品目であった。また著者らが分析した食品は、比較的ビオチンを多く含む食品が多いために、食品群ごとのビオチン量が高くなっているものと考えられる。このため、分析食品数を増やすことによって、食品群のビオチン含量は適正になると考えられる。しかし、デンマークやドイツの食品成分表を使用して、ビオチンの摂取量を算出しても著者らの値と差異は見られなかった¹⁶⁾。なお、食品成分表に記載されている栄養素については、十分なデータがあるためにこのような問題は生じないかもしれない。このほか、食品群

表3 18食品群を利用したビオチン摂取量の推定(つづき)

B:平成14年

日本食品群別番号	日本食品群	ビオチン含量 (μg/100g)		食品摂取量 (g/日)			ビオチン摂取量 ^a (μg/100g)					
		本研究(分析値)	東京都(推定値)	国民栄養調査		東京都栄養調査	本研究(分析値)使用			東京都(推定値)使用		
				男性	女性		男性	女性	都民	男性	女性	都民
1	穀類 米類	2.0	1.6	417.9	297.1	301.2	8.5	6.0	6.1	6.7	4.8	4.8
	その他	3.5	2.7	113.8	100.7	132.1	3.9	3.5	4.6	3.1	2.7	3.6
2	いも及びでん粉類	2.7	2.7	62.8	62.3	52.6	1.7	1.7	1.4	1.7	1.7	1.4
3	砂糖及び甘味料	2.2	3.1	7.2	7.1	6.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
4	豆類	10.3	7.2	60.9	57.1	51.9	6.3	5.9	5.3	4.4	4.1	3.7
5	種実類	35.2	2.7	2.4	2.2	2.0	0.8	0.8	0.7	0.1	0.1	0.1
6	野菜類 緑黄色野菜	5.7	2.3	88.5	89.2	291.1	5.0	5.0	16.4	2.0	2.1	6.7
	その他	3.4	2.0	188.2	174.4	196.8	6.4	6.0	6.7	3.8	3.5	3.9
7	果実類	1.5	0.9	110.4	136.6	128.7	1.6	2.0	1.9	1.0	1.2	1.2
8	きのこ類	13.5	2.0	15.3	14.5	14.2	2.1	2.0	1.9	0.3	0.3	0.3
9	藻類	—	2.0	14.9	14.4	13.4	—	—	—	0.3	0.3	0.3
10	魚介類	9.0	3.3	97.9	79.7	79.3	8.9	7.2	7.2	3.2	2.6	2.6
11	肉類	34.0	11.2	90.2	66.3	81.6	30.6	22.5	27.7	10.1	7.4	9.1
12	卵類	23.0	11.2	38.9	34.3	32.7	9.0	7.9	7.5	4.4	3.8	3.7
13	乳類	3.3	1.3	161.7	174.4	145.6	5.4	5.8	4.8	2.1	2.3	1.9
14	油脂類	0.1	2.6	12.1	9.9	12.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3
15	菓子類	5.3	3.1	22.5	29.9	28.0	1.2	1.6	1.5	0.7	0.9	0.9
16	嗜好飲料類 ^b	0.3	3.0	596.2	474.8	613.5	1.9	1.6	2.0	17.9	14.2	18.4
17	調味料及び香辛料類 ^b	15.0	3.0	95.4	80.5	96.0	14.3	12.1	14.4	2.9	2.4	2.9
18	調理加工食品類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	合計	—	—	2,197.2	1,905.4	2,082.7	107.8	91.6	110.4	65.1	54.9	65.9

^a ビオチン摂取量(合計)は、食品群ごとにビオチン含量と食品摂取量の積を算出した後、すべての食品群を総和したものである。

^b 平成12年度以前は調味嗜好飲料群と1つの群であったが、平成13年度から食品群の分類が変わり、嗜好飲料類と調味料類及び香辛料類の2つの群に分けられた。

の代表値を決める場合に、算術平均値で良いのか、加重平均値や中央値などがよいのか十分に検討する必要がある。また日常摂取している食品をどのような基準で選択するのか、とくに複数の栄養素を同時に分析する場合の食品の選択は難しくなる。

オランダ、イタリアや中国などにおいて、TDSによってミネラルや多数の栄養素の摂取量についての算出が試みられている²⁷⁾。Lombardi-Bocciaら²⁸⁾は、イタリアにおいてTDSによって主要元素5種類および微量元素4種類の摂取量を算出し、食形態および栄養状態と評価している。この結果、ミネラルの種類によって供給源となっている食品が大きく異なり、カルシウムおよび鉄の摂取量が十分でないことを明らかにしている。また、オランダでは、TDSによって18歳の青少年を対象に、重金属とともにミネラル摂取量の算出を行っている。亜鉛、セレンなどのミネラルについては、オランダの所要量を満

たしていることを明らかにしている^{25,29)}。アメリカにおいては、1991~1996年間のTDSによって、10種類のミネラルと4種類の化学物質の摂取量を同時に調査し、ミネラルの供給源となっている食品の寄与率を算出している³⁰⁾。

これらのTDSをまとめてみると、オランダのTDSでは、対象としている食品数は、日常的に摂取している234主要食品を選択し、これらを13食品群に区分して、分析に供している。また、イタリアのTDSでも同じように、1637食品を123食品型(タイプ)にまとめ、この中から191食品を選択し12食品群に分類した。最終的に6食品群として均一化し分析を行っている。このように2つのTDSとも、偏りなくできるだけ多くの食品を選択し、ミネラルの分析を行っている。ミネラルは、調理によって熱変性や溶出することが少ないため、重金属や残留農薬の分析と同時に、食品中の含量を正確に分析