

- 渡邊敏明, 邨次誠: ビオチン. 日本ビタミン学会編 ビタミン研究のブレークスルー—発見から最新の研究まで—, 学進出版, 大阪, 231-250 (2002)
- 9) 福井徹, 熊坂一成: ビオチン(ビタミンH). 広範囲血液・尿化学検査免疫学的検査—その数値をどう読むのか—[第6版](2), 日本臨床社, 東京, 194-197 (2004)
- 10) Bryden WL: Intestinal distribution and absorption of biotin in the chicken. *Br J Nutr*, 62 : 389-398 (1989)
- 11) 厚生省労働省健康局総務課生活習慣病対策室: 日本人の食事摂取基準(2005年版), 第一出版, 東京, 100-102 (2004)
- 12) Baker H, Frank O, Matovitch VB, Pasher I, Aaronson S, Hutner SH, Sobotka H: A new assay method for biotin in blood serum, urine, and tissues. *Anal Biochem*, 3 : 31-39 (1962)
- 13) 和泉好計, 山田秀明, 和田健司, 田辺忠, 渡邊敏明: ビオチン, ビタミン学実験法 [II]水溶性ビタミン, 東京化学同人, 東京, 475-523 (1985)
- 14) 江口秀敏, 梨子本幸嗣, 佐藤純一, 川原隆一, 岩佐曜: マイクロプレートを用いたビオチン, ニコチンアミド及びパントテン酸の微生物学的定量. *ビタミン*, 64 : 653-658 (1990)
- 15) Fukui T, Iinuma K, Oizumi J, Izumi Y: Agar plate method using *Lactobacillus plantarum* for biotin determination in serum and urine. *J Nutr Sci Vitaminol*, 40 : 491-498 (1994)
- 16) Mock DM: Biotin. Present Knowledge in Nutrition, 7th ed. Ziegler EE, Filer LJ, Jr, ILSI Nutrition Foundation, Washington DC, 220-235 (1996)
- 17) Mock DM, Heird GM: Urinary biotin analogs increase in humans during chronic supplementation: the analogs are biotin metabolites. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 272 : 83-87 (1997)
- 18) Zemleni J, Mock DM: Biotin biochemistry and human requirements. *J Nutr Biochem*, 10 : 128-138 (1999)
- 19) 西牟田守: 水溶性ビタミン代謝の日内変動—ナイアシン代謝—. 厚生労働科学研究費補助金 日本人の水溶性ビタミン必要量に関する基礎的研究 平成13年度総括・分担研究報告書, 77-81 (2002)
- 20) 柴田克己: 水溶性ビタミンの尿中排泄量の日内変動—スポット尿を使用した指標の精度を高めるために—. 厚生労働科学研究費補助金 日本人の水溶性ビタミン必要量に関する基礎的研究 平成14年度総括・分担研究報告書, 16-23 (2003)
- 21) 渡辺文雄: ビタミンB12とトランスコバラミンIIの日内変動. *ビタミン*, 80 : 89-00 (2006)
- 22) 奥田涼子, 谷口歩美, 榎原周平, 福井徹, 渡邊敏明: ATPを指標としたビオチンの微生物学的定量法の検討. *微量栄養素研究*, 21 : 141-147 (2004)
- 23) Hoppner K, Lampi B, Smith DC: An appraisal of the daily intakes of vitamin B12, pantothenic acid and biotin from a composite Canadian diet. *Can Inst Food*

- Sci Technol J, 11 : 71-74 (1978)
- 24) Lewis J, Buss DH: Trace nutrients. 5. Minerals and vitamins in the British household food supply. Br J Nutr, 60 : 413-424 (1988)
- 25) 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)
- 26) 渡邊敏明, 谷口歩美: 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. 日本臨床栄養学会雑誌. 27 : 304-312 (2006)
- 27) 斎東由紀, 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)
- 28) Bull NL, Buss DH: Biotin, pantothenic acid and vitamin E in the British household food supply. Hum Nutr Appl Nutr, 36 : 190-196 (1982)
- 29) Murphy SP, Calloway DH: Nutrient intakes of woman NHANES II, emphasizing trace minerals, fiber, and phytate. J Am Diet Assoc, 86 : 1366-1372 (1986)
- 30) Zemleni J, Mock DM: Biotin biochemistry and human requirements. J Nutr Biochem, 10 : 128-138 (1999)
- 31) 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 : 90-91, 93-97 (2000)
- 32) Iyengar GV, Wolfe ER, 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)
- 33) 谷口歩美, 渡邊敏明: 日本人におけるビオチン摂取量の推定についての検討. 日本栄養・食糧学会誌, (2007) (投稿中)

Ⅲ. 分担研究者の報告書

5. 健常成人女性におけるビオチンの出納試験についての検討

分担協力者	渡邊 敏明	兵庫県立大学	教授
研究協力者	榎原 周平	兵庫県立大学	助手
研究協力者	福井 徹	病体生理研究所	室長

研究要旨

健常な女子大生 11 名（平均年齢 19.9 ± 0.7 歳）を対象にビオチンの出納試験を行った。試験期間の食事献立のタンパク源は魚介類を主体とし、4 日分の献立を用意した。また、糞便マーカーとして各 Stage の 1 日目の朝食摂取前に、カルミン（赤色素）を 0.3 g 経口摂取させた。1 サイクルを 4 日間とし、16 日間与えた。試験期間中の食事は一食ごとに陰膳をとった。また試験期間中、血清、尿および糞便を採取した。試料（食事・血清・尿・糞便）中のビオチン含有量は、微生物学的定量法の比濁法で測定を行った。食事、血清および糞便については、総ビオチン量、遊離型ビオチン量を測定し、尿については、総ビオチン量を測定した。ビオチン摂取量についてみると、総ビオチン量（平均値）は、Stage の 1 日目で $55.8 \pm 5.6 \mu\text{g}/\text{日}$ 、2 日目で $32.2 \pm 4.4 \mu\text{g}/\text{日}$ 、3 日目で $24.3 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、4 日目で $33.4 \pm 3.4 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。尿中ビオチン排泄量は、Stage の 1 日目で $12.2 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、2 日目で $12.9 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、3 日目で $14.2 \pm 0.6 \mu\text{g}/\text{日}$ 、4 日目で $15.2 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。出納期間をとおして、尿中ビオチン排泄量に統計的に差は見られなかった。糞中ビオチン排泄量についてみると、糞中の総ビオチン量は、First Stage で $51.8 \pm 22.5 \mu\text{g}/\text{日}$ 、Second Stage で $42.3 \pm 12.1 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。以上の結果から、ビオチンの体内動態を検討するためには、尿への排泄だけでなく、糞への排泄も考慮する必要があることが示唆された。

A. 目的

1. ビオチン

ビオチンは、カルボキシラーゼの補酵素として脂肪酸合成、糖新生およびエネルギー代謝に関与している¹⁻³⁾。欠乏すると、皮膚炎、脱毛、うつ病や幻覚などの神経障害などを引き起こされる。しかし、ビオチンは種々の食品に含まれているため、極端な偏食者や遺伝性疾患の患者を除いて、一般に欠乏症状は起こらないとされている。しかし、最近動物実験やヒト試験において妊娠期に多量のビオチンを必要とし、軽度のビオチン欠乏が起こることが報告されている⁴⁻⁶⁾。

食品中のビオチンの形態は、大部分がタンパク質と共有結合したタンパク結合型で存在しており、体内では、消化管内の消化酵素により加水分解され、ビオチニターゼによって遊離型となり吸収される³⁾。しかし、食品中のビオチンがどの程度生体で利用されているかは、不明である。また、ビオチンは腸内細菌によって一部産生されているという報告があり^{7,8)}、ビオチンの小腸や大腸での吸収についても注目されている。

ビオチンの摂取量については、著者が知る限りでは、これまでに国内外を合わせて11編の報告がある⁹⁻¹⁹⁾。国外においては、Hoppner et al. (1978) は、カナダの一般的な食事の調査をしたところ、計算値で62 µg/日、測定値で60 µg/日の値を得ている⁹⁾。また、Lewis and Buss (1988) は、イギリスで6,925世帯を対象にした調査で、1日あたりのビオチンの平均摂取量は37.5 µgであり、その内50%以上を卵類および乳類から摂取

していると報告している¹⁰⁾。わが国では、渡邊ら (2004) が行った食事調査では、東北地方の中高齢者では陰膳法で29.8 - 33.3 µg/日である¹¹⁾。谷口ら (2007) の食品群別計算法では61.1 µgであった¹⁹⁾。また、トータルダイエット調査では、東京都において45.1 µgである (斎東と牛尾, 2004)¹³⁾。このようにビオチンの摂取量については、食事調査法の違いによって、一定した結果が得られていない。わが国のビオチンの摂取基準は、「第六次改定日本人の栄養所要量」ではじめて策定された。最新の「日本人の食事摂取基準 (2005年版)」においては、ビオチンの目安量が成人で45 µg/日と定められている²⁰⁾。しかし、策定するための科学的根拠、とくにビオチンの体内動態や生体利用率についての解析が不十分であり、わが国での新しいデータの蓄積が求められている。そこで、本研究では、健常な成人女性を対象に試験を行い、ヒトにおけるビオチンの体内動態について検討した。

2. ビオチンの出納

ヒトや他の哺乳類は、ビオチンを合成することができない。ビオチンの供給源としては、2つ存在する。1つは、食事性のビオチンであり、もう1つは、腸内細菌叢により産生されたビオチンである。しかし、後者については、どのような機序でどの程度産生され、寄与しているか、不明である。緒方ら²¹⁾および田中ら²²⁾の研究では、微生物がビオチンを産生し、利用していることを報告している。しかし、腸内細菌叢によって産生されたビオチンだけでは、生体の必要量を維持できないと言われている³⁾。

従って、ビオチンの体内動態を考える上で、腸内細菌の産生および寄与については考慮すべき点である。

短期試験であったため、試験前の食事内容が尿中ビオチン排泄量に影響していることが考えられる。また、これまでの結果から、摂取したビオチン量よりも、尿中ビオチン排泄量が少ないことから、糞便へ排泄されている可能性が考えられる。そこで、これらの結果を踏まえて、本実験では16日間の試験を行い、ビオチンの出納について検討した。

B. 実験方法

1. 被験者および実験スケジュール

健常な女子大生11名(平均年齢 19.9 ± 0.7 歳)を対象に出納試験を行った。試験期間の食事献立のタンパク源は魚介類を主体とし、4日分の献立を用意した。また、糞便マーカーとして各Stageの1日目の朝食摂取前に、カルミン(赤色素)を0.3g経口摂取させた。1サイクルを4日間とし、16日間与えた。各サイクルを順にPre Stage, First Stage, Second Stage, Post Stageとした。試験前の食事の影響を考慮し、Pre Stageを、また、摂取したビオチンが糞便へ排泄されるまでに時間がかかることを考慮し、Post Stageを設定した。すなわち、FirstおよびSecond Stage(試験開始5~12日目)の8日間を出納期間とした(図1)。

試験期間中の食事は一食ごとに陰膳をとり、純水を一定量加えて攪拌後、凍結乾燥させて試料とした。また試験期間中、血清、尿および糞便を採取した。各Stageの1日目の起床直後に採血を行い、血清を採取した。

尿と糞便については、毎日全量採取した。なお、糞便については食事と同様に、一回分ずつ、純水を一定量加えて攪拌後、凍結乾燥させたものを試料とした。

本試験は、独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理委員会で承認を受け、「ヘルシンキ宣言」(1964年承認、1989年修正)に従って実施した。また、インフォームドコンセントを行い被験者から同意を得た。さらに、医師の問診の結果、参加可能と判断された者のみを被験者とした。

2. 試料の調製方法および分析方法

試料(食事・血清・尿・糞便)中のビオチン含有量は、微生物学的定量法の比濁法で測定を行った。食事、血清および糞便については、総ビオチン量、遊離型ビオチン量を測定し、尿については、総ビオチン量を測定した。

各試料は次のように前処理を行い、試料溶液とした。血清および尿については、酸加水分解を行い、中和後に滅菌水で希釈したものを試料溶液とした。また、血清の遊離型ビオチン量は、原液を滅菌水で希釈したものを試料溶液とした。食事については、実験IおよびIIの食事と同様の方法で試料を調整した。糞便については、総ビオチン量は、食事と同様の方法で調整を行った。遊離型ビオチン量は、乾燥重量を一定量秤量し、10mlの超純水を加え、熱抽出(60°C, 10分)を行い、遠心分離(3,000 rpm, 10分)し、上清を121°C、2気圧、20分間オートクレーブしたものを滅菌水で希釈し、試料溶液とした。なお、糞便の場合、遊離型ビ

オチン試料においても滅菌が必要なため、
高圧滅菌処理を行った。

3. 統計処理

測定より得られた値は、 $\text{平均値} \pm \text{標準偏差}$ で表記した。食事については、総ビオチン量、遊離型ビオチン量ともに1日の摂取量として、ビオチン摂取量 ($\mu\text{g}/\text{日}$) と表記した。血清については、総ビオチン量、遊離型ビオチン量ともに血清ビオチン量 (ng/ml) で表記し、尿については、尿中ビオチン排泄量 ($\mu\text{g}/\text{日}$) で表記した。糞便については、糞便マーカーの記録を利用し、Stageごとに総ビオチン量、遊離型ビオチン量を糞中ビオチン排泄量 ($\mu\text{g}/\text{日}$) で表記した。食事・糞便については、測定した遊離型ビオチン量を用いて、遊離率 (総ビオチン量に対する遊離型ビオチン量の割合) を算出した。

ビオチンの出納については、食事、尿および糞便とも、出納期間 (8日間) の1日量を算出し、ビオチン摂取量、尿中ビオチン排泄量および糞中ビオチン排泄量 ($\mu\text{g}/\text{日}$) と表記した。また、総ビオチン排泄量は、1日あたりの尿中ビオチン排泄量と糞中ビオチン排泄量の合計とした。ビオチン出納については、出納期間1日あたりのビオチン摂取量と1日あたりの総ビオチン排泄量の差から摂取と排泄のバランスをもとめた。統計処理として、血清ビオチン量については、4回の採血においてビオチン量に変化があるか一元配置分散分析でもとめた。また、多重比較検定として Tukey-Kramer 法を用いて各 Stage の血清ビオチン量に差があるかもとめた。尿中ビオチン排泄量につい

ては、出納期間中のビオチン排泄量に変化があるかを一元配置分散分析でもとめた。また、多重比較検定として Tukey-Kramer 法を用いて各採尿日において排泄量に差があるかもとめた。また、ビオチン摂取量と尿中ビオチン排泄量およびビオチン摂取量と尿中ビオチン排泄率との間に関連があるかスピアマンの順位相関係数の検定でもとめた。 $p < 0.05$ を統計的に有意であると判断した。解析ソフトは、Statcel2 を使用した。

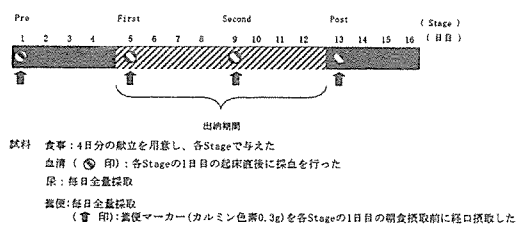


図1 実験プロトコール

C. 結果

ビオチン摂取量についてみると、総ビオチン量 (平均値) は、Stageの1日目で $55.8 \pm 5.6 \mu\text{g}/\text{日}$ 、2日目で $32.2 \pm 4.4 \mu\text{g}/\text{日}$ 、3日目で $24.3 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、4日目で $33.4 \pm 3.4 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。遊離型ビオチン量 (平均値) は、Stageの1日目で $10.5 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{日}$ 、2日目で $12.2 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{日}$ 、3日目で $8.1 \pm 1.0 \mu\text{g}/\text{日}$ 、4日目で $7.5 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。遊離率は、Stageの1日目で $18.8 \pm 1.2\%$ 、2日目で $38.2 \pm 5.0\%$ 、3日目で $33.7 \pm 5.5\%$ 、4日目で $22.7 \pm 4.1\%$ であった。この結果から、ビオチン摂取量は各 Stageともに、1日目が最も多く、3日目が最も少なく、献立内容によってビオチン摂取量に違いがあることが分かった。

血清ビオチン量の変化をみると、総ビオチン量については、Pre Stageのみ統計学的

に差は見られたが、出納期間においては、総ビオチン量および遊離型ビオチン量ともに、差は見られなかった。

尿中ビオチン排泄量について測定した。尿中ビオチン排泄量は、Stage の 1 日目で $12.2 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、2 日目で $12.9 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{日}$ 、3 日目で $14.2 \pm 0.6 \mu\text{g}/\text{日}$ 、4 日目で $15.2 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。出納期間をとおして、尿中ビオチン排泄量に統計的に差は見られなかった。また、ビオチン摂取量と尿中ビオチン排泄量との間には関連は見られなかったが、ビオチン摂取量と尿中ビオチン排泄率においては、有意な負の相関が見られた (図 2)。尿中ビオチン排泄量および尿中ビオチン排泄率の結果から、一日あたり、約 $20 \sim 60 \mu\text{g}$ のビオチン摂取において、尿中ビオチン排泄量はほぼ一定量であると考えられた。

糞中ビオチン排泄量についてみると、糞中の総ビオチン量は、First Stage で $51.8 \pm 22.5 \mu\text{g}/\text{日}$ 、Second Stage で $42.3 \pm 12.1 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。遊離型ビオチン量は、First Stage で $34.1 \pm 14.7 \mu\text{g}/\text{日}$ 、Second Stage で $28.6 \pm 11.2 \mu\text{g}/\text{日}$ であった。遊離率は、First Stage で $67.2 \pm 13.1\%$ 、Second Stage で $66.8 \pm 14.2\%$ であった (図 3)。また、ビオチン出納については、表 1 に示した。この結果から、ビオチンの出納は、摂取したビオチン量よりも排泄された総ビオチン排泄量が多かった。

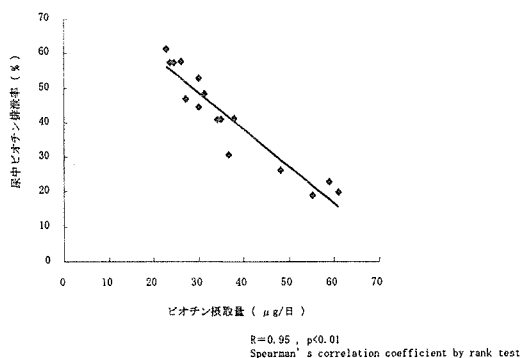


図 2 ビオチン摂取量とビオチン排泄率との関連

$r = -0.95, p < 0.01$

Spearman's correlation coefficient by rank test

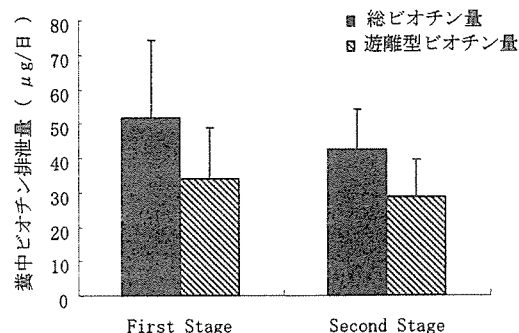


図 3 糞中ビオチン排泄量

表 1 ビオチン出納

試験者	ビオチン摂取量 ^{※1}	糞中ビオチン排泄量 ^{※2}	尿中ビオチン排泄量 ^{※3}	総ビオチン排泄量 ^{※3}	バランス ^{※3}
a	35.8	57.68	16.5	74.19	-38.41
b	35.8	57.41	14.2	71.61	-35.81
c	35.8	63.46	15.1	78.57	-42.77
d	35.8	53.86	14.7	68.57	-32.77
e	35.8	35.22	13.9	49.11	-13.31
f	35.8	38.21	10.9	49.10	-13.30
g	35.8	51.95	10.4	62.38	-26.60
h	35.8	40.45	14.2	54.65	-18.85
i	35.8	53.77	13.9	67.70	-31.90
j	35.8	55.89	18.6	74.49	-38.69
k	35.8	29.31	15.8	45.16	-9.36
平均値	47.92	44.05	14.09	58.14	-10.22
標準偏差	11.78	2.28	12.92	12.92	

※1: $\mu\text{g}/\text{日}$

※2: 尿中ビオチン排泄量 + 糞中ビオチン排泄量

※3: ビオチン摂取量 - 総ビオチン排泄量

D. 考察

1. 試験期間中のビオチン摂取量と血中および尿中ビオチン量の変化

1日当たり約20~60 µgの範囲では、ビオチン摂取量が変動した場合でも、血清ビオチン量に変化はなく、尿中ビオチン排泄量についてもほぼ一定量であることが観察された。Bowman (1986) らは、ラットの空腸の一部を用いた研究で、腸管でのビオチンの取り込みは飽和および非飽和のプロセスがあると報告している²³⁾。今回の実験結果においてもビオチンは腸管吸収において、ある一定量以上は吸収されていないことが推察された。したがって、ビオチンを多く摂取した場合には、吸収されずに糞便へ排泄される可能性があると示唆された。

2. 出納期間におけるビオチンの体内動態

Peterson (2004) らは、羊を用いた研究で、ビオチンの出納試験について報告している²⁴⁾。その結果、摂取したビオチン量以上のビオチンが排泄されている。また、糞中ビオチン排泄量は、摂取したビオチン量の約4~12倍の量が糞便中に排泄されている。今回の結果においても、摂取したビオチン量以上のビオチンが排泄されている点が一致している。また、腸内細菌が産生するビオチンはほとんどが遊離型で存在していると報告されている^{11,12)}。今回測定した糞中ビオチンの遊離率は、約70%であり、食事中のビオチンの遊離率と比較しても、高い値を示した。これらの結果から、体内で消化されて、分解されたビオチンの他に、腸内細菌の産生したビオチンが排泄されている可能性が推察された。

以上の結果から、ビオチンの体内動態を検討するためには、尿への排泄だけでなく、糞への排泄も考慮する必要があることが示唆された。

E. 健康危機情報

特記する情報なし

F. 研究発表

1. 発表論文

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許予定

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

H. 引用文献

- 1) 渡邊敏明：ビオチン。日本ビタミン学会編「ビタミンの事典」，朝倉書店，東京，299-323 (1996)。
- 2) 渡邊敏明：ビオチン。木村修一，小林修平翻訳監修「最新栄養学 第8版」，建帛社，東京，249-260 (2002)。
- 3) 古川勇次，大杉匡弘，福井徹，鈴木洋一，渡邊敏明，邨次誠：ビオチン。日本ビタミン学会編「ビタミン研究のブレイク

- スルー-発見から最新の研究まで-, 学進出版, 大阪, 231-251 (2002).
- 4) Mock DM, Quirk JG, Mock NI: Marginal biotin deficiency during normal pregnancy. *Am J Clin Nutr*, 75 : 295-299 (2002).
 - 5) Mock DM, Mock NI, Stewart CW, LaBorde JB, Hansen DK: Marginal biotin deficiency is teratogenic in ICR mice. *J Nutr*, 133 : 2519-2525 (2003) .
 - 6) Watanabe T, Oguchi K, Ebara S, Fukui T: Measurement of 3-hydroxyisovaleric acid in urine of biotin-deficient infants and mice by HPLC. *J Nutr*, 135 : 615-618 (2005).
 - 7) Bryden WL: Intestinal distribution and absorption of biotin in the chicken. *Br J Nutr*, 62 : 389-398 (1989).
 - 8) Ham WE, Scott KW: Intestinal synthesis of biotin in the rat. *J Nutr*, 51 : 423-433 (1953).
 - 9) Hoppner K, Lampi B, Smith DC: An appraisal of the daily intakes of vitamin B12, pantothenic acid and biotin from a composite Canadian diet. *Can Inst Food Sci Technol J*, 11 : 71-74 (1978).
 - 10) Lewis J, Buss DH: Trace nutrients. 5. Minerals and vitamins in the British household food supply. *Br J Nutr*, 60 : 413-424 (1988).
 - 11) 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).
 - 12) 渡邊敏明, 谷口歩美 : 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. *日本臨床栄養学会雑誌*, 27 : 304-312 (2006).
 - 13) 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).
 - 14) Bull NL, Buss DH: Biotin, pantothenic acid and vitamin E in the British household food supply. *Hum Nutr Appl Nutr*, 36 : 190-196 (1982).
 - 15) Murphy SP, Calloway DH: Nutrient intakes of woman NHANES II, emphasizing trace minerals, fiber, and phytate. *J Am Diet Assoc*, 86 : 1366-1372 (1986).
 - 16) Zemleni J, Mock DM: Biotin biochemistry and human requirements. *J Nutr Biochem*, 10 : 128-138 (1999).
 - 17) 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 : 90-91, 93-97 (2000).
 - 18) Iyengar GV, Wolfe ER, 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).
 - 19) 谷口歩美, 渡邊敏明 : 日本人におけるビオチン摂取量の推定についての検討. *日本栄養・食糧学会誌*, (2007).(投稿中)厚生省労働省健康局総務課生活習慣病対策室: 日本人の食事摂取基準(2005年版), 第一出版, 東京, 100-102 (2004).

- 20) 厚生省労働省健康局総務課生活習慣病
対策室：日本人の食事摂取基準(2005年
版)，第一出版，東京，100-102 (2004).
- 21) 緒方浩一，和泉好計:微生物によるビオ
チンの代謝に関する研究. ビタミン，
48 : 159-178 (1974).
- 22) 田中美弥子，和泉好計，山田秀明:微生物
によるビオチンの代謝と産生. ビタミ
ン， 62 : 305-315 (1988).
- 23) Bowman BB, Selhub J, Rosenberg HI:
Intestinal absorption of biotin in the rat. J
Nutr, 116 : 1266-1271 (1986).
- 24) Peterson TE, McDowell LR, McMahon RJ,
Wilkinson NS, Rosendo O, Seymour WM,
Henry PR, Martin FG, Shearer JK: Balance
and serum concentration of biotin in sheep
fed alfalfa meal-based diets with increasing
level of concentrate. J Anim Sci, 82 :
1165-1169 (2004).

Ⅲ. 分担研究者の報告書

6. トータルダイエツト調査による水溶性ビタミンの摂取量についての検討

分担協力者 渡邊 敏明 兵庫県立大学 教授

研究協力者 榎原 周平 兵庫県立大学 助手

研究協力者 福井 徹 病体生理研究所 室長

研究要旨

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。この調査は、食品に含まれている残留農薬、環境ホルモンや食品添加物などの微量な化学物質について、日常の生活からどのくらい摂取しているかを推定するために使用されている。そこで、本研究では、TDS によって水溶性ビタミンの摂取量の推定を試みた。ビオチンの一日摂取量は 52.6 μg /日であった。ナイアシンの一日摂取量は 23.7 mg/日であった。ビタミン B₁₂ の一日摂取量は 7.8 μg /日であった。これらのビタミンの一日摂取量は、いずれも推奨値や目安量を上回っていた。一方、パントテン酸の一日摂取量は 4.60 mg/日であり、充足率は、成人男性で 77%、成人女性で 92%だった。葉酸の成人の推奨量は 240 μg /日であったが、一日摂取量では 143 μg /日で推奨量を下回っていた。本研究で TDS により求めたナイアシン、ビタミン B₁₂、葉酸、パントテン酸の一日摂取量と、国民健康・栄養調査報告の値とを食品群別に比較検討した結果、4つのビタミンすべてにおいて有意な相関が見られた。以上のことから TDS はビタミンの摂取量を推定するのに有効な食事調査法であることが考えられる。

A. 目的

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、ガンや糖尿病などの生活習慣病による死亡が増加している。生活習慣病の主な原因として生活習慣要因である食生活も大きな関わりをもっている。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評価することが重要である。

食事調査には、食事記録法、24時間思い出し法、影膳法、生体指標法および食物摂取頻度調査法などの方法がある。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、食事記録法、食物摂取頻度調査法、24時間思い出し法では、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、影膳法やトータルダイエツト調査により実際に食品中の栄養素含有量を測定し、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。この調査の目的は、食品に含まれている残留農薬、環境ホルモンや食品添加物などの微量な化学物質について、日常の生活からどのくらい摂取しているかを推定することである。TDS はビタミンやミネラルなどの微量栄養素の分析にも適していると言われているが、報告例はまだ少ない¹⁻⁸⁾。

TDS の主な特徴として、分析を行う試料は食品群ごとに混合・均質化するので分析に使用する食品の数が個々に測定する場合より少ない数で良く、食形態によって調理といった過程があるのでより実際の食事に近い摂取量が求められるという点があげられる。また、今回行った調査では、日本で環境ホルモンや食品添加物を測定する際に用いる 13 群分類ではなく、分析によるナイアシン、葉酸、ビタミン B₁₂ の一日摂取量の値と国民健康・栄養調査報告に記載されている値とを比較するために、国民健康・栄養調査食品群別表の分類方法に従い 17 群分類で行った。

ビオチンは、カルボキシラーゼの補酵素として、炭酸固定反応や炭酸転移反応に不可欠であり、糖新生・アミノ酸代謝・脂肪酸の合成などに関与している。ビオチンが欠乏すると代謝障害が起こり、免疫機能やコラーゲンの生成が低下して、食欲不振、皮膚炎や結膜炎、脱毛といった症状があらわれる。ナイアシンは、酸化還元酵素の構成成分であり、体内でもっとも多量に存在するビタミンである。ナイアシンが欠乏すると皮膚病のペラグラといった症状があらわれる。ビタミン B₁₂ は、アミノ酸、脂肪酸及び核酸等の代謝に関与している。ビタミン B₁₂ が欠乏すると悪性貧血といった症状があらわれる。葉酸は、ビタミン B₁₂ とともに正常な造血作用を維持するのに必要であり、核酸の合成にも関与している。葉酸が欠乏すると貧血や舌炎を起こすことが知られている。パントテン酸は、コエンザイム A の構成成分で糖質や脂質の代謝に関

与して、エネルギーの産生やストレスに対する抵抗力をつける上で必要なビタミンである。パントテン酸が欠乏すると成長障害、皮膚炎、免疫障害を起こすことが知られている。これらの5つのビタミンは、分析試料を調整する際に酸による処理のような特別な処理を必要としないこと、動物性試料と植物性試料の前処理が同じもの、微生物定量法で測定が可能なものであることから分析するビタミンとして選択した。

B. 実験方法

1. 試料の調整

平成15年度の国民健康・栄養調査報告から国民健康・栄養調査食品群別表⁹⁾の分類方法に従い、17群に分けられた食品群の小分類から一般的によく食べると考えられる食品を2品目ずつ、計167品目選びだし、市場で購入した。選んだ食品の重量は、国民栄養調査特別集計の近畿I（大阪・京都・兵庫）の食品群別摂取量をもとに5日分の摂取量を測り取った。それぞれの食品の食形態に従い、生で食するものはそのまま生で、また炊く、茹でる、煮る、焼く、炒める等の調理を必要とするものはその処理を行った。各食品を食品群で混合、均質化し分析試料とした。

2. 試料の前処理と分析方法

a. ビオチン

分析試料の前処理として、試料100 μ lに4.5 Nの硫酸を100 μ l加え攪拌し、121°Cで1時間高圧蒸気滅菌、酸加水分解を行い4.5 Nの水酸化ナトリウムにより中和した。

定量は、ビオチン要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* ATCC8014) を用いた微生物学的定量法に従い、比濁法で測定した。

定量用菌液は、乳酸菌をMRS Broth (1ml) に接種し、インキュベーター内で37°C、18時間培養した。その後、攪拌し遠心分離 (3,000 rpm、5分間) を行い、上層を捨て、5 mlの滅菌生理食塩水を加えた。これを3回繰り返し、滅菌生理食塩水を10 ml加え攪拌し定量容菌液とした。

定量用培地は、ビオチン定量用基礎培地 (ニッスイ) 7.7 gを精製水100 mlに加温溶解し、121°Cで5分間高圧蒸気滅菌を行った。

測定は、マイクロプレートに培地、菌液、試験溶液を分注し37°Cで18時間培養した後に、ピペッティングし、マイクロプレートリーダーにてO.D.610nmで行った。

b. ナイアシン

分析試料の前処理として、試料0.5 gに0.5 mol/l硫酸を25 ml加え、121°C、30分間オートクレーブで抽出を行った。その後冷却し、10 mol/lと1 mol/lの水酸化ナトリウム溶液でpH6.8に調整し、50 mlに定容した後にろ過し、試験溶液とした。

定量は、ナイアシン要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) を用いた微生物学的定量法に従い、比濁法で測定した。

定量用菌液は、乳酸菌をMRS Broth (1ml) に接種し、インキュベーター内で37°C、18時間培養した。その後、攪拌し遠心分離 (3,000 rpm、5分間) を行い、上層を捨て5 ml

の滅菌生理食塩水を加えた。これを3回繰り返して、滅菌生理食塩水を10 ml 加え攪拌し定量容菌液とした。

定量用培地は、ニコチン酸定量用基礎培地（ニッスイ）7.7 g を精製水 100 ml に加温溶解し、冷却後 pH7.1 ± 0.1 に補正し、121°C、5 分間オートクレーブで高圧蒸気滅菌を行った。

測定は、マイクロプレートに培地、菌液、試験溶液を分注し 37°C で 18 時間培養した後に、ピペッティングし、マイクロプレートリーダーにて O.D.610nm で行った。

c. ビタミン B₁₂

分析試料の前処理として、試料 2 g に水 40 ml と 0.57 mol/l 酢酸緩衝液 (pH4.5) を 10 ml と 0.05% (W/V) シアン化カリウム溶液を 0.4 ml 加え、沸騰水浴中で 30 分間抽出を行った。その後冷却し 10% (W/V) メタリン酸溶液 0.6 ml を加え 100 ml に定容した。定容した溶液をろ過し、ろ液の 25 ml ずつ 2 つのビーカーに分注し、一方をビタミン B₁₂ 測定用とし、1 mol/l の水酸化ナトリウム溶液で pH6.0 に調整後 50 ml に定容し、ろ過し試験溶液 A とした。もう一方はアルカリ耐性因子測定用として、1 mol/l の水酸化ナトリウム溶液で pH11 に調整し 121°C で 30 分間オートクレーブにより抽出を行った。冷却後 pH6.0 に調整し、50ml に定容後ろ過し、試験溶液 B とした。

定量は、ビタミン B₁₂ 要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. Lactis ATCC 7830) を用いた微生物学的定量法に従い、比濁法で測定した。

定量用菌液は、乳酸菌を B₁₂ Inoculum Broth (1ml) に接種し、インキュベーター内で 37°C、20 時間培養した。その後、攪拌し遠心分離 (3000rpm、5 分間) を行い、上層を捨て、5ml の滅菌生理食塩水を加えた。これを3回繰り返して、滅菌生理食塩水を 10 ml 加え攪拌し定量容菌液とした。

定量用培地は、ビタミン B₁₂ 定量用基礎培地（ニッスイ）8.3 g に精製水 80~90 ml を加えて 3 分間煮沸溶解をした。冷却後 pH 6.2 ± 0.1 に補正し、ポリソルベート 80 溶液を 2.0 ml 加えてからメスシリンダーに移し精製水で全量を 100 ml とした。この溶液を培養液量の 1/2 量ずつ培養試験管に分注し、ビタミン B₁₂ 標準液ならびに試験溶液を添加後精製水を加えて 2 倍量とし、121°C で 5 分間高圧蒸気滅菌を行った。

測定は、滅菌後の培養試験管を冷却し定量用菌液をそれぞれ 20 μl ずつ加え、37°C で 21 時間培養した後に、攪拌し分光光度計にて O.D.650nm で行った。

d. 葉酸

分析試料の前処理として、試料 0.5 g の 0.1 mol/l リン酸緩衝液 (pH6.1) を 2 ml 加えホモジナイズし、さらに 2 ml 加えた。121°C で 15 分間加圧抽出を行い、冷却しプロテアーゼ溶液 2 ml を加え 37°C で 3 時間保温した。その後沸騰水浴中で 10 分間加熱し、冷却後にコンジュガーゼ溶液 0.2 ml とシステイン 5 ml、トルエン 10 μl を加え、37°C で 20 時間保温した。その後沸騰水浴中で 10 分間加熱し、冷却後に冷却遠心分離 (12,000rpm、10 分間) を行い上澄み液に 0.1 mol/l リン酸

緩衝液 (pH6.1) を加え全量を 20 ml とし、試験溶液とした。

定量は、葉酸要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469) を用いた微生物学的定量法に従い、比濁法で測定した。

定量用菌液は、乳酸菌を MRS Broth (1ml) に接種し、インキュベーター内で 37°C で 12 時間培養した。その後、攪拌し遠心分離 (3,000 rpm、5 分間) を行い、上層を捨て、5 ml の滅菌生理食塩水を加えた。これを 3 回繰り返す、滅菌生理食塩水を 10 ml 加え攪拌し定量容菌液とした。

定量用培地は、葉酸定量用基礎培地 (ニッスイ) 7.05 g に Tween 80 を 40 µl 加え精製水で 100 ml とした。121°C で 5 分間高圧蒸気滅菌を行い、冷却後アスコルビン酸を 50 mg 加えた。

測定は、マイクロプレートに培地、菌液、試験溶液を分注し 37°C で 21 時間培養した後、ピペッティングしマイクロプレートリーダーにて O.D.610nm で行った。

e. パントテン酸

分析試料の前処理として、試料 5 g にトリス塩酸緩衝液 10 ml を加えホモジナイズし、水 20 ml を加え 121°C で 15 分間高圧蒸気滅菌を行った。冷却後 50 ml に定容、試験管に 5 ml 分取し、炭酸水素ナトリウム溶液 0.1 ml、2% (W/V) アルカリホスファターゼ溶液 0.4 ml、ハト肝臓アミダーゼ溶液 0.2 ml、トルエン 0.1 ml を加え 37°C で 15 時間保温した。その後沸騰水浴中で 10 分間加熱した後に冷却し、水 2 ml を加え、1 mol/l

の塩酸を用いて pH4.5 に調整した。その後 14 ml に定容し遠心分離 (12,000 rpm、10 分間)、上澄み液を 7 ml 分取し、1 mol/l の水酸化ナトリウム溶液で pH6.8 に調整、25 ml に定容した。

定量は、パントテン酸要求株である乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* ATCC8014) を用いた微生物学的定量法に従い、比濁法で測定した。

定量用菌液は、乳酸菌を MRS Broth (1ml) に接種し、インキュベーター内で 37°C で 12 時間培養した。その後、攪拌し遠心分離 (3,000 rpm、5 分間) を行い、上層を捨て、5 ml の滅菌生理食塩水を加えた。これを 3 回繰り返す、滅菌生理食塩水を 10 ml 加え攪拌し定量容菌液とした。

定量用培地は、パントテン酸定量用基礎培地 (ニッスイ) 7.7 g を精製水 100 ml に加温溶解し、121°C で 5 分間高圧蒸気滅菌を行った。

測定は、マイクロプレートに培地、菌液、試験溶液を分注し 37°C で 18 時間培養した後、ピペッティングし、マイクロプレートリーダーにて O.D.610nm で行った。

3. 統計学的方法

統計ソフトは Excel 統計 Statcel を使用し、各群間の差の検定にはスピアマンの順位相関係数の検定を用いた。有意水準は 1% 未満とした。

C. 結果

1. 各ビタミンの食品群別含有量と一日摂取量

表1に食品群別の食品摂取量及びビオチン、ナイアシン、ビタミンB₁₂の100g当たりの含有量、一日摂取量、それぞれの合計に対する比率を示した。表2に葉酸、パントテン酸の100g当たりの含有量、一日摂取量、それぞれの合計に対する比率を示した。

ビオチンの一日摂取量は52.6 µg/日であった。特に12群の卵類から12.3 µg、1群の穀類から11.5 µgとそれぞれ一日摂取量の20%以上の数値を示した。次いで17群の調味料・嗜好飲料類からは6.4 µgで一日摂取量の12.2%を示した。含有量においても12群の卵類が全体の37.2%を占めており、次いで5群の種実類が全体の19.2%を占めていた。ナイアシンの一日摂取量は23.7 mg/日であった。特に11群の肉類から8.0mgで一日摂取量の33.8%、10群の魚介類が6.4 mgで一日摂取量の27.0%を示した。次いで1群の穀類から3.8 mgで一日摂取量の16.0%であった。含有量においても、11群の肉類が全体の28.6%を占めており、次いで10群の魚介類が全体の23.9%を占めていた。ビタミンB₁₂の一日摂取量は7.8 µg/日であった。特に10群の魚介類が5.2 µgで一日摂取量の66.5%と大部分を占めていた。次いで12群の肉類が1.5 µgで一日摂取量の19.2%であった。含有量においても、10群の魚介類が全体の64.6%を占めており、次いで11群の肉類が全体の17.7%を占めていた。葉酸の一日摂取量は143.0 µg/日であっ

た。特に6群の野菜類が33.0 µgで一日摂取量の22.7%を占めていた。次いで1群の穀類が20.0 µgで一日摂取量の13.7%であった。含有量においては、5群の種実類が全体の24.2%を占めており、次いで4群の豆類が全体の11.4%を占めていた。パントテン酸の一日摂取量は4.60 mg/日であった。特に1群の穀類から1.05 mgと一日摂取量の22.8%を占めていた。次いで11群の肉類が0.70 mg、15群の乳類が0.52 mgと一日摂取量の10%以上の数値を示した。含有量においては、8群のきのこ類が全体の22.5%を占めており、次いで11群の肉類が全体の12.5%を占めていた。

2. 各食品群の一日摂取量のTDSと国民健康・栄養調査の比較

ナイアシン、ビタミンB₁₂、葉酸、パントテン酸のTDSによる一日摂取量と国民健康・栄養調査報告のそれぞれのビタミンの食品摂取量とを比較し相関を検定した結果、ナイアシンは一日摂取量と国民健康・栄養調査報告との間に相関があった($R=0.900$ 、 $p<0.01$ 、図1)。ビタミンB₁₂においても極めて強い相関があった($R=0.988$ 、 $p<0.01$ 、図2)。葉酸においても相関があった($R=0.901$ 、 $p<0.01$ 、図3)。しかし、すべての食品群においてTDSによる一日摂取量の値の方が少なかった。パントテン酸においては極めて強い相関があった($R=0.974$ 、 $p<0.01$ 、図4)。

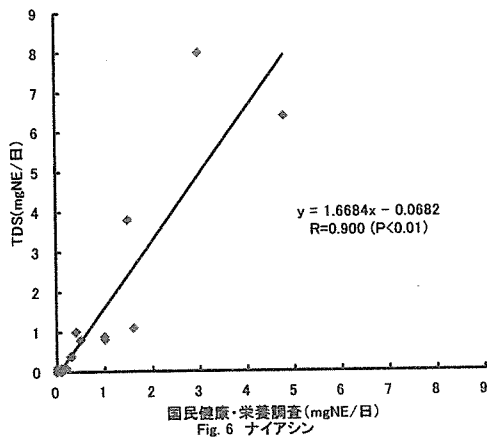


図1 食品群別ナイアシン含量の比較

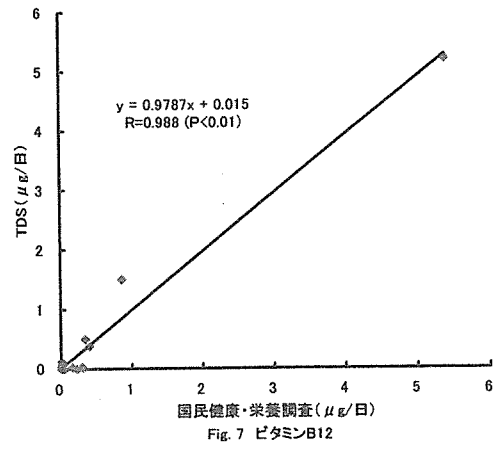


図2 食品群別ビタミンB₁₂含量の比較

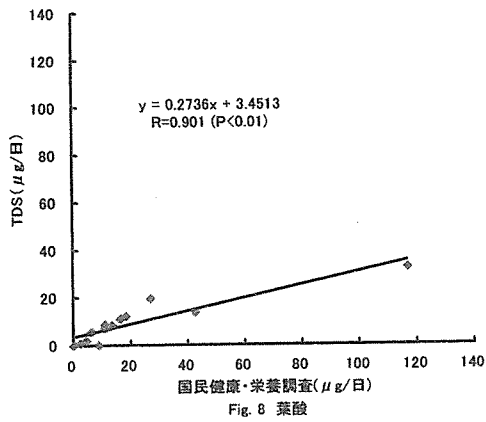


図3 食品群別葉酸含量の比較

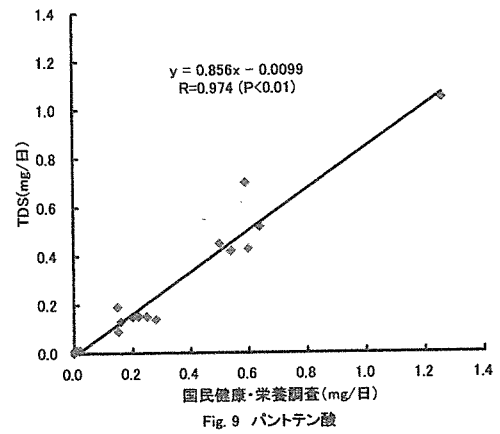


図4 食品群別パントテン酸含量の比較

表1 ビオチン、ナイアシン、B₁₂ およびパントテン酸の食品群別摂取量、含有量および1日摂取量

Table 1 食品群別の食品摂取量及びビオチン、ナイアシン、B₁₂ の100g中の含有量、1日摂取量、それぞれの合計に対する各群の比率

	食品摂取量* (近畿I) (g/day)	ビオチン				ナイアシン				B ₁₂		
		含有量		1日摂取量		含有量		1日摂取量		含有量		1日摂取量
		(μg/100g)	(%)	(μg/day)	(%)	(mg/100g)	(%)	(mg/day)	(%)	(μg/100g)	(%)	(μg/day)
1群 穀類	458.5	2.5	3.1	11.5	21.9	0.8	2.5	3.8	16.0	Tr	0.2	0.1
2群 いも類	58.0	2.3	2.9	1.3	2.5	1.8	5.7	1.0	4.2	0.0	0.0	0.0
3群 砂糖・甘味料類	8.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4群 豆類	51.8	3.7	4.6	1.9	3.6	0.3	0.9	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
5群 種実類	2.0	15.4	19.2	0.3	0.6	3.4	10.7	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
6群 野菜類	255.4	1.3	1.6	3.3	6.3	0.3	0.9	0.9	3.8	0.0	0.0	0.0
7群 果実類	116.3	0.6	0.7	0.7	1.3	0.3	0.9	0.4	1.7	Tr	0.4	0.1
8群 きのこと類	12.9	5.6	7.0	0.7	1.3	6.2	19.5	0.8	3.4	0.1	1.2	Tr
9群 藻類	10.9	0.8	1.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10群 魚介類	83.5	3.5	4.4	2.9	5.5	7.6	23.9	6.4	27.0	6.2	64.6	5.2
11群 肉類	87.5	3.5	4.4	3.1	5.9	9.1	28.6	8.0	33.8	1.7	17.7	1.5
12群 卵類	41.3	29.9	37.2	12.3	23.4	0.1	0.3	0.1	0.4	1.2	12.5	0.5
13群 乳類	130.6	1.9	2.4	2.5	4.8	0.1	0.3	0.1	0.4	0.3	3.1	0.4
14群 油脂類	11.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15群 菓子類	27.8	1.4	1.7	0.4	0.8	0.5	1.6	0.1	0.4	0.1	0.8	Tr
16群 嗜好飲料類	645.3	0.8	1.0	5.2	9.9	0.2	0.6	1.1	4.6	0.0	0.0	0.0
17群 調味料・香辛料類	92.1	6.9	8.6	6.4	12.2	0.8	2.5	0.8	3.4	Tr	0.3	Tr
合計	2,093.1	80.4		52.6		31.8		23.7		9.7		7.8

表2 葉酸およびパントテン酸の食品群別摂取量、含有量および1日摂取量

Table 2 食品群別の食品摂取量及び葉酸、パントテン酸の100g中の含有量、1日摂取量、それぞれの合計に対する各群の比率

	葉酸				パントテン酸			
	含有量		1日摂取量		含有量		1日摂取量	
	(μg/100g)	(%)	(μg/day)	(%)	(mg/100g)	(%)	(mg/day)	(%)
1群 穀類	4	2.2	20	13.7	0.23	3.6	1.05	22.8
2群 いも類	15	7.7	9	6.0	0.25	3.9	0.15	3.3
3群 砂糖・甘味料類	Tr	0.2	0	0.0	0.03	0.5	0.00	0.0
4群 豆類	22	11.3	11	7.8	0.27	4.2	0.14	3.0
5群 種実類	47	24.2	1	0.6	0.46	7.2	0.01	0.2
6群 野菜類	13	6.6	33	22.7	0.17	2.7	0.43	9.3
7群 果実類	10	5.4	12	8.5	0.13	2.0	0.15	3.3
8群 きのこと類	16	8.4	2	1.5	1.44	22.5	0.19	4.1
9群 藻類	1	0.8	Tr	0.1	0.06	0.9	0.01	0.2
10群 魚介類	9	4.6	7	5.1	0.50	7.8	0.42	9.1
11群 肉類	9	4.5	8	5.3	0.80	12.5	0.70	15.2
12群 卵類	20	10.5	8	5.9	1.09	17.0	0.45	9.8
13群 乳類	4	2.3	6	4.0	0.40	6.2	0.52	11.3
14群 油脂類	1	0.4	Tr	0.1	0.07	1.1	0.01	0.2
15群 菓子類	7	3.8	2	1.4	0.33	5.1	0.09	2.0
16群 嗜好飲料類	2	1.1	14	9.6	0.02	0.3	0.13	2.8
17群 調味料・香辛料類	12	6.3	11	7.8	0.16	2.5	0.15	3.3
合計	193		143		6.41		4.60	

表3 TDSによる一日摂取量と食事摂取基準値との比較

Table 3 TDSによる一日摂取量と食事摂取基準、充足率

	TDSによる 一日摂取量	推奨量 ^{※1}	目安量 ^{※2}	充足率 ^{※3}
		1	1	2
ビオチン ($\mu\text{g}/\text{日}$)	52.6	—	45.0	117%
ナイアシン ($\text{mgNE}/\text{日}$)	23.7	15.0 ^{※3}	—	158%
		12.0 ^{※4}	—	196%
ビタミンB ₁₂ ($\mu\text{g}/\text{日}$)	7.80	2.40	—	325%
葉酸 ($\mu\text{g}/\text{日}$)	143	240	—	60%
パントテン酸 ($\text{mg}/\text{日}$)	4.60	—	6.00 ^{※3}	77%
		—	5.00 ^{※4}	92%

※1 日本人の食事摂取基準(2005年度版)
 ※2 TDSの食事摂取基準に対する充足率
 ※3 成人男性
 ※4 成人女性

表4 TDSと他の食事調査法による水溶性ビタミンの一日摂取量の比較

Table 4 TDSによる一日摂取量と他の食事調査との比較

	TDSによる 一日摂取量	摂取量	調査法	対象者	著者(年号)
ビオチン ($\mu\text{g}/\text{日}$)	52.6	45.1	TDS	東京都民	齋藤ら(2004)
		59.4	食品群別計算法	成人	谷口ら(2006)
ナイアシン ($\text{mgNE}/\text{日}$)	23.7	22.9 \pm 7.0	食事記録法	女子大学生	Kimuraら(2003)
		27.7 \pm 3.5	食事記録法	高齢者	柴田ら(1994)
ビタミンB ₁₂ ($\mu\text{g}/\text{日}$)	7.80	4.4 \pm 4.1	食事記録法	女子大学生	Kimuraら(2003)
		4.79 \pm 3.55	食事記録法	女子大学生	平岡ら(2000)
葉酸 ($\mu\text{g}/\text{日}$)	143	267 \pm 115	食事記録法	女子大学生	Kimuraら(2003)
		190.6 \pm 70.0	食事記録法	女子大学生	平岡ら(2000)
パントテン酸 ($\text{mg}/\text{日}$)	4.60	4.63 \pm 1.36	食事記録法	女子大学生	Kimuraら(2003)

D. 考察

1. TDS による一日摂取量と食事摂取基準の比較

表3にTDSによる一日摂取量と食事摂取基準による推奨量・目安量、TDSの食事摂取基準に対する充足率を示した。2005年度版の日本人の食事摂取基準¹⁰⁾によると、ビオチンの成人の目安量は45 µg/日であったが、一日摂取量では52.6 µg/日で充足率は117%であった。ナイアシンの成人男性の推奨量は15 mg/日で成人女性の推奨量は12 mg/日だったが、一日摂取量はいずれの値も上回る23.7 mg/日であった。充足率は、成人男性で158%、成人女性で196%だった。ビタミンB₁₂の成人の推奨量は2.4 µg/日であったが、一日摂取量では7.8 µg/日で上回る値を示した。充足率は325%だった。葉酸の成人の推奨量は240 µg/日であったが、一日摂取量では143 µg/日で推奨量を下回っていた。充足率は60%だった。これは葉酸が光や熱に弱い特徴を持つため、分析試料の保存や調理の過程で損失が見られたと考えられる。パントテン酸の目安量は、成人男性が6 mg/日で成人女性が5 mg/日であったが、一日摂取量は4.60 mg/日であった。充足率は、成人男性で77%、成人女性で92%だった。これらのことより一日摂取量は食事摂取基準を十分満たす値、またはそれに近い値であることが確認された。

2. TDS と他の食事調査との比較

表4にTDSによる一日摂取量と他の食事調査による摂取量を示した。1999年に行われた東京都のTDSによる一日摂取量の推定

ではビオチンが45.1 µg/日、ナイアシンが16.0 mg/日と報告されている(2)。今回の一日摂取量ではいずれの値も上回っており、この違いはTDSで用いられる食品群の分類方法の違いに関連があることが考えられる。東京都のTDSでは食品群を13群に分類して分析を行っている。しかし今回行った実験では食品群を17群に分類しており、より細かな分類で分析を行った。このことにより比較的含有量の多い食品群が13群分類ではいくつか同じ群に分類されていたが、17群分類では違う群へ分類されたことにより一日摂取量の分析値にも差が見られたと考えられる。

TDSによる一日摂取量と食事記録法によるナイアシン、ビタミンB₁₂、パントテン酸の摂取量¹¹⁻¹³⁾では、ほぼ同様の結果が得られた。しかし、葉酸に関してはTDSによる一日摂取量の値が食事記録法による摂取量の値を下回っていた。食事記録法は日本食品標準成分表を用いて摂取量を算出している。葉酸においては、日本食品標準成分表にある葉酸の値は高い可能性があるとも言われている。それによりTDSによる値との差が生じたことが考えられる。

本研究でTDSにより求めたナイアシン、ビタミンB₁₂、葉酸、パントテン酸の一日摂取量と、国民健康・栄養調査報告の値とを食品群別に比較検討した結果、4つのビタミンすべてにおいて有意な相関が見られた。

以上のことからTDSはビタミンの摂取量を推定するのに有効な食事調査法であることが考えられる。