

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）

日本人の食事摂取基準を改定するためのエビデンスの構築に関する研究

－微量栄養素と多量栄養素摂取量のバランスの解明－

主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

主任研究者の報告書

3. 高齢者における水溶性ビタミン摂取量と尿中排泄量との関係

主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

研究協力者 佐々木 敏 東京大学大学院 教授

研究協力者 辻 とみ子 名古屋文理大学 教授

研究要旨

尿中水溶性ビタミン排泄量を指標として水溶性ビタミン栄養状態を評価することを目指して、自由な生活を営む高齢者における水溶性ビタミン摂取量とその尿中排泄量との関係について検討した。70～84 歳の日本人高齢者 64 名が本研究に参加し、必要なデータの得られた 37 名の女性高齢者について解析した。食事記録法によって連続 4 日間の栄養素摂取量を算出し、4 日間の水溶性ビタミン平均摂取量を求めた。食事記録 4 日目に 24 時間尿を採取し、24 時間尿中水溶性ビタミン排泄量を測定した。ビオチンを除く 8 種の水溶性ビタミンについて平均摂取量と 24 時間尿中排泄量との相関を調べたところ、ビタミン B₁₂ を除く 7 種の水溶性ビタミンの尿中排泄量と最近 2～4 日の摂取量との間に正の相関が認められた。ビタミン B₁₂ を除き、尿中排泄量と排泄率から算出した推定摂取量の平均は、3 日間の平均摂取量の 96～107%を示した。以上の結果は、自由に生活する日本人高齢者において、ビタミン B₁₂ を除く尿中水溶性ビタミン排泄量は最近の摂取量を反映することを示している。したがって、尿中水溶性ビタミン排泄量は摂取量を推定する有効なバイオマーカーとして利用できる可能性を示している。

A. 目的

最近、栄養素摂取量を反映するバイオマーカーとして尿の利用が注目を集めている。これまでに、尿中窒素排泄量を利用したたんぱく質摂取量の評価¹⁾、尿中スクロースおよびフルクトース排泄量を利用した糖類摂取量の評価²⁾、尿中カリウム排泄量を利用したカリウム摂取量の評価³⁾が確立されている。水溶性ビタミンについても、ヒト介入試験によって、ビタミン B₁₂ を除く 8 種の水溶性ビタミンの尿中水溶性ビタミン排泄量が水溶性ビタミン摂取量を鋭敏に反映すること^{4,5)}、自由に生活するヒトにおいてチアミン平均摂取量と尿中チアミン平均排泄量が高い相関を示すこと⁶⁾、尿中ビタミン B₁₂ 排泄量はその摂取量を反映しないこと⁷⁾が明らかとなった。実験動物においては、加齢に伴って水溶性ビタミン代謝が変動することが報告されている⁸⁾。したがって、高齢者においても、加齢に伴って生理機能や代謝が低下することが推測されるが、これらの要因が水溶性ビタミン代謝におよぼす影響については不明である。

本研究では、自由に生活している高齢者において尿中水溶性ビタミン排泄量を指標として水溶性ビタミン栄養状態を評価することを目指して、日本人高齢者を対象として食事記録法によって算出した水溶性ビタミン摂取量とその尿中排泄量との相関について検討した。解析データの一部は平成 20 年度報告書に記載したが⁹⁾、さらに対象者数を増やし、解析を終えることができたため、本報告書に最終結果を報告する。

B. 方法

1. 対象者

K 県内に居住する 70～84 歳の高齢者 64 名を対象とした。このうち、24 時間尿を完全に採尿したこと、蓄尿時間が 22 時間以上 26 時間以内であること、尿量が 250 mL 以上であること、クレアチニン (mg/d)/体重 (kg) 比が 10.8 以上 25.2 以下であること^{10,11)}、食事調査から算出したエネルギー摂取量が 500 kcal 以上 4000 kcal 以下であること¹¹⁾、インフルエンザなど風邪の症状がないこと、少なくとも最近 1 ヶ月間はビタミン剤を服用していないことの全てを満たす 37 名の女性高齢者を調査の対象とした。

なお、本研究は滋賀県立大学倫理審査委員会において承認を得ており、対象者には調査の目的、検査内容、個人情報の保護などについて十分な説明を行い、インフォームド・コンセントを得た。

2. 秤量法による連続 4 日間の食事記録法

秤量法による連続 4 日間の食事記録を対象者に記入させた。これは国民健康・栄養調査法ならびに長寿医療センター研究所の手法に準拠したものである。予めデジタルクッキングスケール（タニタ）とデジタルカメラ、食事記録用紙を配布し、調査の目的と方法を説明した。並行して喫食の前後をカメラで撮影させた。複数の管理栄養士が食事記録表と写真をもとに材料の記入漏れや分量の妥当性を確認し、食事記録法の精度を高め、評価を標準化した。栄養素等摂取量は、五訂増補日本標準食品成分表¹²⁾に基づいた長寿医療センター研究所方式の解析プログラムを用いて計算した。ただし、ビオチンは五訂増補日本標準食品成分に記載されていないため、水溶性ビタミン 9 種のうち、ビオチンを除く 8 種類の水溶性ビタミン摂取量を算出した。ニコチンアミドはトリプトファンからも生

合成されるため、たんぱく質のトリプトファン含量は1%, 60 mg のトリプトファンから1 mg のニコチンアミドが生合成されるものとして¹³⁾, ナイアシン当量摂取量を算出した。

3. 24 時間尿の蓄尿

食事調査 4 日目に 24 時間尿を採取した。起床後の 2 回目の尿から翌朝起床後の 1 回目の尿までを採尿し、24 時間尿とした。対象者は、採尿開始時刻、終了時刻、尿の取りこぼし、および取り忘れの有無を記録した。24 時間尿の容量を測定し、測定するビタミン毎に安定化处理し、使用するまで-20℃で保存した。

4. 分析

尿中チアミン量を測定するために、尿 9 mL に 1 mol/L HCl を 1 mL 加えて安定化した。この尿を HPLC による分析に供した¹⁴⁾。

尿中リボフラビン量を測定するために、尿 9 mL に 1 mol/L HCl を 1 mL 加えて安定化した。この尿を HPLC による分析に供した¹⁵⁾。

尿中 4-PIC 量を測定するために、尿 9 mL に 1 mol/L HCl を 1 mL 加えて安定化した。この尿を HPLC による分析に供した¹⁶⁾。

尿中ビタミン B₁₂ 量を求めるために、尿 900 μL に 180 μL の 100 mmol/L 酢酸緩衝液 (pH 4.8), 水 680 μL, 0.025% シアン化カリウム溶液 20 μL を加え、120℃で 5 分間オートクレーブ処理した。氷冷後、20 μL の 10% メタリン酸溶液を加え、遠心分離によって上清を得た。*Lactobacillus leichmanii* ATCC 7830 を用いた微生物学的定量法にこの上清を供した¹⁷⁾。

尿中ニコチンアミド代謝産物量はニコチンアミド, N¹-メチルニコチンアミド (MNA), N¹-メチル-2-ピリドン-5-カルボキサミド (2-Py), N¹-メチル-4-ピリドン-3-カルボキサミド (4-Py) の合計とした。尿中総ニコチンア

ミド代謝産物量を測定するために、尿 9 mL に 1 mol/L HCl を 1 mL 加えて安定化した。この尿を HPLC 法に供し、尿中ニコチンアミド, 2-Py, 4-Py 各含量を測定した¹⁸⁾。また、尿中 MNA 含量を HPLC 法で測定した¹⁹⁾。

尿中パントテン酸量を測定するために、*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を用いた微生物学的定量法に尿を供した²⁰⁾。

尿中葉酸量を測定するために、尿 9 mL に 1 mol/L アスコルビン酸溶液を 1 mL 加えて安定化した。*Lactobacillus rhamnosus*, ATCC 27773 を用いた微生物学的定量法にこの尿を供した²¹⁾。

尿中アスコルビン酸量はアスコルビン酸, デヒドロアスコルビン酸, 2,3-ジケトグルコン酸の合計とした。尿中アスコルビン酸量を測定するために、尿 5 mL に 10% メタリン酸溶液 5 mL を加えて安定化した。この尿を HPLC による分析に供した²²⁾。

5. 統計処理

対象者が気付かずにビタミン強化食品を摂取した可能性を除くため、各水溶性ビタミンの尿中排泄量の上位 5% を削除し、35 名のデータを解析することとした。水溶性ビタミンの摂取量と尿中排泄量はいずれも正規分布を示さなかったため、対数に変換し、両者の相関を決定するために Pearson の相関係数を求めた。*p* 値が 0.05 以下のとき、統計学的有意差があるものとした。個人内および個人間変動は分散分析によって算出した。計算には SPSS 社 (Chicago, IL, USA) の SPSS ver. 16 を使用した。

C. 結果

1. 対象者の特徴

本研究で最終的な解析対象とした日本人

女性高齢者 37 名の年齢，身長，体重，BMI，4 日間の平均栄養素等摂取量を示した。

4 日間連続食事調査から算出した各水溶性ビタミン摂取量の個人内および個人間変動を表 2 に示した。ビタミン B₁₂ およびビタミン C 摂取量の個人内変動はそれぞれ 100% および 58% と高値を示したが，それ以外のビタミンについては 30～45% であった。ビタミン摂取量の個人間変動については，ビタミン B₁₂ のみが 50% 以上を示した。

2. 尿中水溶性ビタミン排泄量と水溶性ビタミン摂取量との関係

調査 4 日目の尿中水溶性ビタミン排泄量，調査各日の水溶性ビタミン摂取量，および両者の相関を表 3 に示した。尿中排泄量と調査 4 日目の摂取量との間に最も強い相関が認められた水溶性ビタミンは，ビタミン B₆，パントテン酸，葉酸であった。調査 3 日目の摂取量との間に最も強い相関が認められたビタミンは，ビタミン B₁，ナイアシン当量であった。調査 2 日目の摂取量との間に最も強い相関が認められたビタミンは，ビタミン B₂，ナイアシンであった。尿中ビタミン C 排泄量は調査 1 日目の摂取量との間に最も強い相関を示した。ビタミン B₁₂ については，いずれの調査日の摂取量も尿中排泄量とは相関を示さなかった。

調査 3～4 日目の 2 日間，2～4 日目の 3 日間，1～4 日目の 4 日間の平均水溶性ビタミン摂取量を求め，尿中排泄量との間の相関を決定した（表 4）。ビタミン B₁₂ を除き，水溶性ビタミンの尿中排泄量と 2～4 日間の平均摂取量との間に相関が認められた。いずれの水溶性ビタミンについても，その相関の強さは 2 日間，3 日間，4 日間とも同程度であった。

各水溶性ビタミンについて，個人の尿中排

泄量と 3 日間の平均摂取量から尿中排泄率を算出し，その平均±標準偏差を決定した（表 4）。尿中排泄量を平均排泄率で除して推定摂取量を算出し，3 日間の平均摂取量との間の相関を決定した。ビタミン B₁₂ を除き，推定摂取量と 3 日間の平均摂取量との間に相関が認められ，その相関係数は 0.5 前後であった。また，ビタミン B₁₂ を除き，推定摂取量の平均値は 3 日間の平均摂取量の平均値の 96～107% と，ほぼ同じ値を示した（表 4）。

D. 考察

我々は，尿中水溶性ビタミン排泄量を指標として水溶性ビタミン栄養状態を評価することを目指して，水溶性ビタミンの尿中排泄量と摂取量との関係について調べてきた。これまでに，半精製食と合成ビタミンを 7 日間連続して摂取させた被験者の尿中水溶性ビタミン排泄量を測定することにより，食事摂取基準の推奨量の水溶性ビタミンを摂取すると，どれだけの水溶性ビタミンが尿に排泄されるのかを明らかにした⁴⁾。また，一般的な食事に水溶性ビタミンを推奨量の 0～6 倍付加したときの尿中水溶性ビタミン排泄量を測定することにより，ビタミン B₁₂ を除く 8 種類の水溶性ビタミンについて，尿中排泄量は摂取量依存的に増大し，その相関は非常に高いことを明らかにした⁵⁾。これらの結果は，尿中水溶性ビタミン排泄量は水溶性ビタミン栄養状態を反映することを示しており，基準値を設けることによって尿中水溶性ビタミン排泄量から水溶性ビタミン栄養状態の不良および過剰摂取を評価できることを明らかにした。これらの結果はヒト介入試験によって得られたものであるため，本研究では自由に生活する高齢者を対象として水溶

性ビタミンの尿中排泄量と摂取量との間の関係について検討した。すなわち、70～84歳の日本人高齢者64名を対象として、4日間連続の食事調査、および食事調査最終日の24時間尿の採取を行い、水溶性ビタミン摂取量と24時間尿中水溶性ビタミン排泄量との間の相関について調べた。ビオチンを除く8種類の水溶性ビタミンについて検討したところ、ビタミンB₁₂を除く8種類の水溶性ビタミンにおいて、排泄前2～4日間の平均摂取量と尿中排泄量との間に正の相関が認められた。これは、尿中水溶性ビタミン排泄量は最近数日間の摂取量を反映することを示している。

食事記録法は、24時間思い出し法、食事日記法、食事摂取頻度調査法に比べ、栄養素摂取量を精度高く調査できる方法である²³⁾。しかし、高齢者を対象として食事記録法による食事調査を行ったという報告は少ない²⁴⁾。代わりに、24時間思い出し法²⁵⁾、インタビュー法²⁶⁾、食事摂取頻度調査法²⁷⁾がよく使われている。これは、高齢者が数日間に渡って正確に食事記録を行うことは容易ではないためである。本研究では、この問題点を克服するために、生涯学習センターに通う高齢者を対象とした。栄養教育プログラムを担当するセンタースタッフの協力を得ることによって、健康維持に対して高い意識を持つ対象者の参加が可能となった。

本研究では、尿中排泄率と3日間の平均摂取量から各水溶性ビタミンの尿中排泄率を算出した。この平均尿中排泄率も用いて尿中排泄量から推定摂取量を算出したところ、推定摂取量の平均値は3日間の平均摂取量の平均値とほぼ同値を示した。この結果は、尿中水溶性ビタミン排泄量を測定すれば、ある集

団の水溶性ビタミン平均摂取量を精度高く推定できることを意味する。すなわち、尿中水溶性ビタミン排泄量が生体指標として利用できることを示唆するものである。本研究結果を活用すれば、高齢者の集団を対象として食事指導を行う際に、食事調査を行わなくとも、尿中水溶性ビタミン排泄量から集団の平均水溶性ビタミン摂取量を精度高く推定する栄養アセスメントが可能となる。

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. Bingham SA. Urine nitrogen as a biomarker for the validation of dietary protein intake. *J Nutr* (2003) 133, 921S-4S.
2. Tasevska N, Runswick SA, McTaggart A, Bingham SA. Urinary sucrose and fructose as biomarkers for sugar consumption. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* (2005)

- 14, 1287-94.
3. Tasevska N, Runswick SA, Bingham SA. Urinary potassium is as reliable as urinary nitrogen for use as a recovery biomarker in dietary studies of free living individuals. *J Nutr* (2006) 136, 1334-40.
 4. Shibata K, Fukuwatari T, Ohta M, Okamoto H, Watanabe T, Fukui T, Nishimuta M, Totani M, Kimura M, Ohishi N, Nakashima M, Watanabe F, Miyamoto M, Shigeoka S, Takeda T, Murakami M, Ihara H, Hashizume N. Values of water-soluble vitamins in blood and urine of Japanese young men and women consuming a semi-purified diet based on the Japanese Dietary Reference Intakes. *J Nutr Sci Vitaminol* (2005) 51, 319-28.
 5. Fukuwatari T, Shibata K. Urinary water-soluble vitamin and their metabolites contents as nutritional markers for evaluating vitamin intakes in young Japanese women. *J Nutr Sci Vitaminol* (2008) 54, 223-9.
 6. Tasevska N, Runswick SA, McTaggart A, Bingham SA. Twenty-four-hour urinary thiamine as a biomarker for the assessment of thiamine intake. *Eur J Clin Nutr* (2008) 62, 1139-47.
 7. Fukuwatari T, Sugimoto E, Tsuji T, Hirose J, Fukui T, Shibata K. Urinary excretion of vitamin B12 depends on urine volume in female university students and elderly subjects in Japan. *Nutr Res* (2009) 29, 839-45.
 8. Fukuwatari T, Wada H, Shibata K. Age-related alterations of B-group vitamin contents in urine, blood and liver from rats. *J Nutr Sci Vitaminol* (2008) 54, 347-52.
 9. 柴田克己, 平成 20 年度厚生労働科学研究費補助金 (循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業), 日本人の食事摂取基準を改定するためのエビデンスの構築に関する研究—微量栄養素と多量栄養素摂取量のバランスの解明—, 平成 20 年度総括・分担研究報告書. 2009.
 10. Stamler J, Elliott P, Dennis B, Dyer AR, Kesteloot H, Liu K, Ueshima H, Zhou BF; INTERMAP Research Group. INTERMAP: background, aims, design, methods, and descriptive statistics (nondietary). *J Human Hypertens* (2003) 17, 591-608.
 11. Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Uenishi K, Yamasaki M, Hayabuchi H, Goda T, Oka J, Baba K, Ohki K, Kohri T, Watanabe R, Sugiyama Y. Misreporting of dietary energy, protein, potassium and sodium in relation to body mass index in young Japanese women. *Eur J Clin Nutr* (2007) 62, 111-8.
 12. 科学技術庁資源調査会編. 日本食品成分表の改定に関する調査報告—五訂増補日本標準食品成分表—大蔵印刷局, 東京, 2005.
 13. Fukuwatari T, Ohta M, Kimura N, Sasaki R, Shibata K. Conversion ratio of tryptophan to niacin in Japanese women fed on a purified diet conforming to the Japanese Dietary Reference Intakes. (2004) *J Nutr Sci Vitaminol* 50, 385-91.
 14. 福渡努, 鈴浦千絵, 佐々木隆造, 柴田克己. 代謝攪乱物質ビスフェノール A のトリプトファン—ニコチンアミド転換経路の攪乱作用部位, *食品衛生学雑誌* (2004)

- 45, 231-8.
15. Ohkawa H, Ohishi N, Yagi, K. New metabolites of riboflavin appear in human urine. *J Biol Chem* (1983) 258, 5623-8.
16. Gregory JF 3rd, Kirk JR. Determination of urinary 4-pyridoxic acid using high performance liquid chromatography. *Am J Clin Nutr* (1979) 32, 879-83.
17. Watanabe F, Abe K, Katsura H, Takenaka S, Mazumder ZH, Yamaji R, Ebara S, Fujita T, Tanimori S, Kirihata M, Nakano Y. Biological activity of hydroxo-vitamin B₁₂ degradation product formed during microwave heating. *J Agric Food Chem* (1998) 46:5177-80.
18. Shibata K, Kawada T, Iwai K. Simultaneous micro-determination of nicotinamide and its major metabolites, N¹-methyl-2-pyridone-5-carboxamide and N¹-methyl-3-pyridone-4-carboxamide, by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* (1988) 424, 23-8.
19. 柴田克己. 高速液体クロマトグラフィーによる尿中 N¹-メチルニコチンアミドの超微量定量方法. *ビタミン* (1987) 61, 599-604.
20. Skeggs HR, Wright LD. The use of *Lactobacillus arabinosus* in the microbiological determination of pantothenic acid. *J Biol Chem* (1944) 156, 21-6.
21. Aiso K, Tamura T. Trienzyme treatment for food folate analysis. Optimal pH and incubation time for alpha-amylase and protease treatment. *J Nutr Sci Vitaminol* (1998) 44, 361-70.
22. Kishida K, Nishimoto Y, Kojo S. Specific determination of ascorbic acid with chemical derivatization and high-performance liquid chromatography. *Anal Chem* (1992) 64, 1505-7.
23. Manore MM. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B₆ requirements. *Am J Clin Nutr* (2002) 72, 598S-606S.
23. Bingham SA, Gill C, Welch A, Cassidy A, Runswick SA, Oakes S, Lubin R, Thurnham DI, Key TJ, Roe L, Khaw KT, Day NE. Validation of dietary assessment methods in the UK arm of EPIC using weighed records, and 24-hour urinary nitrogen and potassium and serum vitamin C and carotenoids as biomarkers. *Int J Epidemiol* (1997) 26, S137-51.
24. Watanabe R, Hanamori K, Kadoya H, Nishimura M, Miyazaki H. Nutritional intakes in community-dwelling older Japanese adults: high intakes of energy and protein based on high consumption of fish, vegetables and fruits provide sufficient micronutrients. *J Nutr Sci Vitaminol* (2004) 50, 184-95.
25. Huang YC, Yan YY, Wong Y, Cheng CH. Vitamin B₆ intakes and status assessment of elderly men and women in Taiwan. *Int J Vitam Nutr Res* (2001) 71, 313-8.
26. Bailey RL, Miller PE, Mitchell DC, Hartman TJ, Lawrence FR, Sempos CT, Smiciklas-Wright H. Dietary screening tool identifies nutritional risk in older adults. *Am J Clin Nutr* (2009) 90, 177-83.
27. Katharina F, Ibrahim E. Quality of nutrition

of elderly with different degrees of
dependency: elderly living in private homes.
Ann Nutr Metab (2008) 52, 47-50.

表 1 対象者 37 名の特徴

	値
身体的特徴	
年 齢 (歳)	73.2 ± 3.2
身 長 (cm)	148.9 ± 4.5
体 重 (kg)	52.2 ± 6.8
BMI (kg/m ²)	23.6 ± 2.8
栄養素等摂取量	
総エネルギー (kJ/d)	7031 ± 1297
たんぱく質エネルギー比 (%)	16.2 ± 3.5
脂質エネルギー比 (%)	24.9 ± 7.0
炭水化物エネルギー比 (%)	58.6 ± 10.7
アルコールエネルギー比 (%)	0.3 ± 6.3

値は平均±標準偏差として示した.

栄養素等摂取量は 4 日間の食事記録から算出した.

表2 4日間の食事記録から算出した水溶性ビタミン摂取量の個人間変動および個人内変動

ビタミン	変動係数 (%CV)	
	個人間変動	個人内変動
ビタミン B ₁	20.9	32.0
ビタミン B ₂	13.8	31.4
ビタミン B ₆	18.9	34.8
ビタミン B ₁₂	64.7	100.4
ナイアシン	31.3	44.3
ナイアシン当量	25.8	33.9
パントテン酸	14.2	30.6
葉酸	17.4	39.8
ビタミン C	40.5	57.6

35名のデータを解析した.

表3 調査4日目の24時間尿中水溶性ビタミン排泄量と4日間各日の水溶性ビタミン摂取量との間の相関

ビタミン	尿中排泄量	4日目の摂取量		3日目の摂取量		2日目の摂取量		1日目の摂取量	
		<i>r</i>		<i>r</i>		<i>r</i>		<i>r</i>	
ビタミン B ₁	0.459 ± 0.494 (μmol/d)	2.51 ± 0.91 (μmol/d)	0.47**	2.50 ± 0.73 (μmol/d)	0.54***	2.62 ± 0.85 (μmol/d)	0.28	2.37 ± 0.74 (μmol/d)	0.42*
ビタミン B ₂	0.852 ± 0.828 (μmol/d)	3.47 ± 1.22 (μmol/d)	0.49**	3.60 ± 1.08 (μmol/d)	0.46**	3.69 ± 1.12 (μmol/d)	0.52***	3.54 ± 1.14 (μmol/d)	0.34*
ビタミン B ₆	4.45 ± 2.26 (μmol/d)	7.06 ± 2.78 (μmol/d)	0.37*	7.04 ± 2.35 (μmol/d)	0.13	7.57 ± 2.71 (μmol/d)	0.34*	7.45 ± 2.41 (μmol/d)	0.16
ビタミン B ₁₂	0.0335 ± 0.0346 (nmol/d)	5.81 ± 4.91 (nmol/d)	0.15	5.89 ± 5.31 (nmol/d)	-0.07	4.95 ± 4.31 (nmol/d)	0.12	6.75 ± 8.43 (nmol/d)	-0.03
ナイアシン	---	113 ± 49 (μmol/d)	0.35*	127 ± 57 (μmol/d)	0.38*	129 ± 65 (μmol/d)	0.39*	121 ± 47 (μmol/d)	0.32
ナイアシン当量	89.7 ± 30.8 (μmol/d)	213 ± 72 (μmol/d)	0.37*	232 ± 73 (μmol/d)	0.45**	239 ± 94 (μmol/d)	0.39*	223 ± 71 (μmol/d)	0.26
パントテン酸	15.1 ± 6.2 (μmol/d)	26.1 ± 8.9 (μmol/d)	0.59***	25.5 ± 8.9 (μmol/d)	0.49**	25.6 ± 6.4 (μmol/d)	0.46**	24.5 ± 7.1 (μmol/d)	0.30
葉酸	36.6 ± 16.9 (nmol/d)	792 ± 305 (nmol/d)	0.55***	845 ± 360 (nmol/d)	0.24	854 ± 301 (nmol/d)	0.48**	818 ± 366 (nmol/d)	0.28
ビタミン C	214 ± 271 (μmol/d)	627 ± 310 (μmol/d)	0.46**	620 ± 407 (μmol/d)	0.43**	722 ± 423 (μmol/d)	0.39*	642 ± 356 (μmol/d)	0.53***

尿中排泄量と摂取量は平均±標準偏差として示した (n = 35).

各水溶性ビタミンの尿中排泄化合物はビタミン B₁ ; チアミン, ビタミン B₂ ; リボフラビン, ビタミン B₆ ; 4-PIC, ビタミン B₁₂ ; シアノコバラミン, ナイアシン当量 ; 総ニコチンアミド代謝産物, ビタミン C ; 還元型および酸化型アスコルビン酸と 2,3-ジケトグルコン酸の合計である.

r は尿中排泄量と摂取量との間の相関係数を示す (**p* < 0.05, ***p* < 0.01, ****p* < 0.001).

表 4 調査 4 日目の 24 時間尿中水溶性ビタミン排泄量と 4 日間各日の水溶性ビタミン摂取量との間の相関

ビタミン	2 日間の平均摂取量 (調査 3～4 日目)		3 日間の平均摂取量 (調査 2～4 日目)		4 日間の平均摂取量 (調査 1～4 日目)		尿中排泄率 (%)	推定摂取量		
		<i>r</i>		<i>r</i>		<i>r</i>		<i>r</i>	%	
ビタミン B ₁	2.51 ± 0.66 (μmol/d)	0.62***	2.55 ± 0.58 (μmol/d)	0.58***	2.50 ± 0.59 (μmol/d)	0.59***	16.9 ± 17.7	2.71 ± 2.92 (μmol/d)	0.58***	107%
ビタミン B ₂	3.53 ± 1.03 (μmol/d)	0.53***	3.59 ± 0.99 (μmol/d)	0.57***	3.57 ± 0.95 (μmol/d)	0.55***	23.1 ± 22.9	3.69 ± 3.58 (μmol/d)	0.52***	103%
ビタミン B ₆	7.05 ± 2.17 (μmol/d)	0.30	7.22 ± 2.01 (μmol/d)	0.35*	7.58 ± 1.95 (μmol/d)	0.33	64.2 ± 31.7	6.93 ± 3.52 (μmol/d)	0.35*	96%
ビタミン B ₁₂	5.85 ± 3.55 (nmol/d)	-0.01	5.55 ± 3.16 (nmol/d)	0.01	5.85 ± 3.16 (nmol/d)	-0.03	0.9 ± 1.6	3.62 ± 3.73 (nmol/d)	0.12	65%
ナイアシン	120 ± 42 (μmol/d)	0.46**	123 ± 37 (μmol/d)	0.54***	122 ± 36 (μmol/d)	0.52***	---	---	---	---
ナイアシン当量	222 ± 58 (μmol/d)	0.50**	228 ± 56 (μmol/d)	0.54***	227 ± 55 (μmol/d)	0.49**	40.1 ± 12.3	224 ± 77 (μmol/d)	0.54***	98%
パントテン酸	25.8 ± 8.1 (μmol/d)	0.58***	25.8 ± 7.1 (μmol/d)	0.57***	25.4 ± 6.5 (μmol/d)	0.56***	59.6 ± 24.2	25.3 ± 10.4 (μmol/d)	0.46**	98%
葉酸	819 ± 279 (nmol/d)	0.42*	831 ± 257 (nmol/d)	0.47**	828 ± 266 (nmol/d)	0.43**	4.5 ± 2.0	805 ± 372 (nmol/d)	0.48**	97%
ビタミン C	624 ± 337 (μmol/d)	0.50**	657 ± 339 (μmol/d)	0.50**	653 ± 334 (μmol/d)	0.53***	32.0 ± 39.3	682 ± 847 (μmol/d)	0.51**	101%

尿中排泄量, 摂取量, 尿中排泄率, 推定摂取量は平均±標準偏差として示した (n = 35).

平均摂取量に示した *r* は尿中排泄量と各平均摂取量との間の相関係数を示す (**p* < 0.05, ***p* < 0.01, ****p* < 0.001).

推定摂取量に示した *r* は推定摂取量と 3 日間の平均摂取量との間の相関係数を示す (**p* < 0.05, ***p* < 0.01, ****p* < 0.001).

推定摂取量の%は 3 日間の平均摂取量に対する推定摂取量の比を示す.