

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
兼安真弓, 吉村寛幸, 森口覚	オボアルブミン誘発食物アレルギー発症に対する高ビタミンE食投与の影響	ビタミンE研究の進歩XI, ビタミンE研究会編		201-206	2004
Moriguchi S, Yamashita S, & Shimizu E	Nitrients to stimulate cellular immunity: Role in cancer prevention and therapy.	Functional & Nutraceuticals in Cancer Prevention. Ronals R. Watson		87-104	2004
森口覚, 兼安真弓, 山崎あかね	ビタミンと免疫	J・JSMUFF	No.6	331-335	2004
Kittaka-Katsura H, Ebara S, Watanabe F, & Nakano Y	Characterization of corrinoid compounds from a Japanese black tea (Batabata-cha) fermented by bacteria.	J. Agric. Food Chem.	52	909-911	2004
谷岡由梨, 宮本恵美, 渡辺文雄	<i>Euglena gracilis</i> Zの生育に伴うビタミンB ₁₂ 依存性メチオニン合成酵素活性の変動	高知女子大学紀要	54	17-21	2005
Miyamoto E, Watanabe F, Yamaguchi Y, Takenaka H, & Nakano Y	Purification and characterization of methylmalonyl-CoA mutase from a photosynthetic coccolithophorid alga, <i>Pleurochrysis carterae</i> .	Comp. Biochem. Biophys.	138	163-167	2004
Watanabe F, Michihara T, Takenaka S, Kittaka-Katsura H, Enomoto T, Miyamoto E, & Adachi S	Purification and characterization of corrinoid compounds from a Japanese fish sauce.	J. Liq. Chromatogr. Related Technol.	27	2113-2119	2004

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
伊佐保香, 垣内明子, 早川享志, 佐々木晶子, 新澤佳代, 鈴木久美子, 戸谷誠之, 柘植治人	日本人の母乳中ビタミンB ₆ 含量	ビタミン	78	437-440	2004

平成17年度 (2005年度)

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
Kimura N, Fukuwatari T, Sasaki R, & Shibata K	The necessity of niacin in rats fed on a high protein diet.	Biosci. Biotechnol. Biochem.,	69	273-279	2005
福渡努, 江畑 恵, 佐々木隆 造, 保莉義 則, 紅林毅 久, 橋詰昌 幸, 柴田克己	カツオ由来ナイアシン高濃 度含有パウダーのナイアシ ンとしての生物有効性	日本家政学会 誌	56	265-272	2005
和田英子, 福 渡努, 木村尚 子, 北村潤 子, 佐々木隆 造, 柴田克己	トリプトファン-ナイアシン 代謝に関する酵素活性か ら推定したラット乳仔のト リプトファン-ナイアシン転 換率	ビタミン	79	391-393	2005
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 E, 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.	51	319-328	2005

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
Shibata K, Takahashi C, Fukuwatari T, & Sasaki R	Effects of excess pantothenic acid administration on the other water-soluble vitamin metabolisms in rats.	J. Nutr. Sci. Vitaminol.	51	385-391	2005
柴田克己	高齢者とB群ビタミン；寿命とニコチンアミド	ビタミン	79	531-538	2005
柴田克己	パントテン酸－発見とその栄養特性－	ビタミン	79	539-542	2005
福渡努, 柴田克己	ニコチンアミド代謝による寿命延長の可能性	ビタミン	79	169-170	2005
柴田克己	ビタミン摂取基準の考え方	体育の科学	55	288-292	2005
柴田克己	日本人の食事摂取基準(2005年版) ビタミン	日本食生活学会誌	15	293-296	2005
柴田克己	日本人の食事摂取基準の策定方法と理論	食の科学	328	44-53	2005
柴田克己	食品の安定供給と安全性との戦い—食の教育の大切さ	地域づくり	193	34-36	2005
柴田克己	ビタミンの食事摂取基準	食べもの通信	413	12-13	2005
柴田克己, 岡野登志夫	新しい食事摂取基準「日本人の食事摂取基準(2005年版)」が策定された	ビタミン	79	461-462	2005
Tsugawa N, Shiraki M, Suhara Y, Kamao M, Tanaka K, & Okano T	Vitamin K status of healthy Japanese women: age-related vitamin K requirement for γ -carboxylation of osteocalcin	Am. J. Clin. Nutr	83	380-386	2006
栗原晶子, 木戸詔子	尿中の遊離 γ -カルボキシングルタミン酸定量のためのHPLCによる改良法	食物学会誌	60	23-29	2005

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
田中清	骨粗鬆症の予防・治療—食事療法	第15回腰痛シンポジウム 骨粗鬆症と腰痛—予防から手術まで—	—	35-41	2005
田中清	疾病における栄養管理—骨粗鬆症	診断と治療	93	1819-1822	2005
田中清, 中西祐子, 木戸詔子	栄養についての評価	CLINICAL CALCIUM	15	120-126	2005
森口覚, 兼安真弓	ビタミンEと免疫	ビタミンEの臨床—最近の知見と臨床応用への展望— 医薬ジャーナル	—	85-104	2005
Moriguchi S, & Kaneyasu M	Role of Vitamin E in Immune System	J.Clin.Biochem. Nutr.,	34	97-109	2003
Ogawa K, Nakada K, Yamashita S, Hasegawa T, & Moriguchi S	Beneficial effects of the vegetable juice Aojiru on cellular immunity in Japanese young women	Nutrition Research	24	613-620	2004
手尾純二	機能性食品—キサントフィル, カロテノイド	サプリメントデータブック	—	359-374	2005
渡邊敏明, 甘庶志帆乃, 榎原周平, 福井徹	微生物学的定量法および化学発光酵素免疫測定法による血清葉酸量の比較検討	生物試料分析	28	253-258	2005

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
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
渡邊敏明, 谷口歩美	トータルダイエッ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
渭原博, 橋詰直孝, 渡邊敏明	EBMの手法を用いたビタミン欠乏症の判定	臨床栄養に検査をどう生かすか	—	36-43	2005
渡邊敏明, 谷口歩美, 庄子佳文子, 稲熊隆博, 福井徹, 渡邊文雄, 宮本恵美, 橋詰直孝, 佐々木晶子, 戸谷誠之, 西牟田守, 柴田克己	日本人の母乳中の水溶性ビタミン含量についての検討	ビタミン	79	573-581	2005
宮本恵美, 橋高(桂)博美, 足達理子, 渡辺文雄	たけのこのビタミンB ₁₂ の分析	ビタミン	79	329-332	2005
Adachi S, Miyamoto E, Watanabe F, Enomoto T, Kuda T, Hayashi M, & Nakano Y	Purification and Characterization of a Corrinoid Compound from a Japanese Salted and Fermented Salmon Kidney "Mefun"	Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies	28	2561-2569	2005

平成18年度 (2006年度)

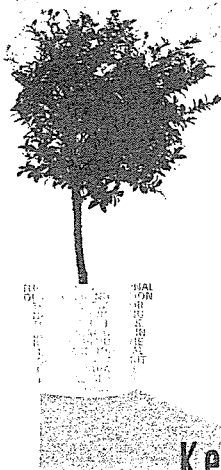
発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
柴田克己	健康を維持するための水溶性ビタミン量	科学と工業	80	159-165	2006
和田英子, 福渡努, 佐々木隆造, 西牟田守, 宮崎秀夫, 花田信弘, 柴田克己	高齢者の血液中NADおよびNADP含量	ビタミン	80	125-127	2006
柴田克己	栄養表示基準の改訂について	ビタミン	80	132-134	2006
Kimura N, Fukuwatari T, Sasaki R, & Shibata K.	Comparison of metabolic fates of nicotinamide, NAD ⁺ and NADH administered orally and intraperitoneally; Characterization of oral NADH.	J. Nutr. Sci. Vitaminol.	52	142-148	2006
発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
Shibata K, Fukuwatari T, Iguchi Y, Kurata Y, & Sasaki R.	Comparison of the effects of di(2-ethylhexyl)phthalate, a peroxisome proliferator, on the vitamin metabolism involved in the energy formation in rats fed with a casein or gluten diet.	biochim. Biotechnol. Biochem.	70	1331-1337	2006
渡邊敏明, 大串美沙, 前川紫, 西牟田守, 柴田唾kツミ, 福井徹	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	39	169-176	2006
柴田克己, 福渡努, 廣瀬潤子	ビタミンの食事摂取基準の策定方法と策定に用いられた数値	生物試料分析	29	399-409	2006

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
Watanabe F, Miyamoto E, Fujita T, Tanioka Y, & Nakano Y.	Characterization of a corrinoid compound in the edible (blue-green) alga, Suizenji-nori	Biosci. Biotechnol. Biochem.	70	3066- 3068	2006
Miyamoto E, Tanioka Y, Nakao T, Barla F, Inui H, Fujita T, Watanabe F, & Nakano Y.	Purification and characterization of a corrinoid-compound in an edible cyanobacterium Aphanizomenon flos-aquae as a nutritional supplementary food.	J. Agric. Food Chem.	54	9604- 9607	2006
西岡道子, 彼 末富貴, 谷岡 由梨, 宮本恵 美, 渡辺文雄	カツオ魚肉のビタミンB ₁₂ 含量と各種加熱調理が魚肉ビタミンB ₁₂ 含量に及ぼす影響	ビタミン	80	507-511	2006
西岡道子, 彼 末富貴, 谷岡 由梨, 宮本恵 美, 渡辺文雄	市販ふるかけおよび茶漬けの素のビタミンB ₁₂ 含量	高知女子大学 紀要 生活科 学編	55	13-16	2006
Endoh K, Murakami M, Araki R, Maruyama C, & Umegaki K.	Low folate status increases chromosomal damage by X-ray irradiation.	Int. J. Radiat. Biol.	82	223-230	2006
Ehdoh K, Murakami M, & Umegaki K.	Vulnerability of folate in plasma and bone marrow to total body irradiation in mice.	Int. J. Radiat. Biol.	82	65-71	2007
津川尚子, 鎌 尾まや, 須原 義智, 岡野登 志夫	血中25-ヒドロキシビタミンDの新規定量法の開発と臨床応用	Osteoporosis Japan	14	13-18	2006

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
津川尚子, 鎌尾まや, 須原義智, 岡野登志夫, 田中清, 白木正孝	日本人高齢女性における血中ビタミンK濃度と骨折との関係	Osteoporosis Japan	14	45-47	2006
Kamao M, Tsugawa N, Suhara Y, & Okano T.	Determination of fat-soluble vitamins in human plasma, breast milk and food samples- Application in nutrition survey for establishment of "Dietary Reference Intakes for Japanese"-.	J. Health Sci.	Web 公開 中		
Isa Y, Mishima T, Tsuge H, & Hayakawa T.	Increase in S-adenosylhomocysteine content and its effect on the S-adenosylhomocysteine hydrolase activity under transient high plasma homocysteine levels in rats.	J. Nutr. Sci. Vitaminol.	52	479-482	2006
Isa Y, Tsuge H, & Hayakawa T.	Effect of vitamin B6 deficiency on S-adenosylhomocysteine hydrolase activity as a target point for Methionine metabolic regulation.	J. Nutr. Sci. Vitaminol.	52	302-306	2006
森口覚	免疫不全, HIV感染症	よくわかって役に立つ栄養予防・治療学、武田英二、長谷部正晴編、永井書店		368-371	2007

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻	頁	出版年
森口覚	加齢と免疫力	免疫と栄養— 食と薬の融 合一、横越英 彦編、幸書房		10-36	2006

Ⅲ. 研究成果の刊行物・別刷



水溶性ビタミン

柴田克己 滋賀県立大学人間文化学部生活文化学科食生活専攻
Shibata Katsumi

Key word

水溶性ビタミン, B群ビタミン,
ビタミンC, 食事摂取基準, 策定基準

水溶性ビタミンとは

ある病気は食物中に含まれる微量の有機物の欠乏が原因であることが、19世紀末から20世紀初頭にかけて見出された。これらの有機物は、のちにビタミンと呼ばれるようになった。

ビタミンは大きく脂溶性ビタミンと水溶性ビタミンに分類されている。その名のとおり、脂溶性ビタミンは油脂に溶けやすく体内に蓄積されやすいため、昔から脂溶性ビタミン含量の高い食品(たとえば肝臓)摂取による健康障害が報告されている。一方、水溶性ビタミンは水に溶けやすく、水溶性ビタミン含量の高い食品を過剰摂取しても健康障害が現われることはなかった。しかしながら、近年ではサプリメントとして水溶性ビタミンが売り出されており、食事摂取基準で示されている量の十倍以上もの量を摂取することが可能となった。このために、水溶性ビタミンにおいても超過剰摂取による健康障害の危惧が出てきた。これが水溶性ビタミンにおいても上限量の策定が必要な理由である。

水溶性ビタミンには8種類のB群ビタミンと1種類のビタミンCがある(表1)。

われわれは、栄養素から、すべての生体成分を合成することができる代謝経路を有している。この複雑多岐にわたる代謝経路が混乱せずに、一定の調節のもとに適正に動いていることが健康の維

持ともいえる。これは、酵素と呼ばれる生体触媒のおかげである。すべてではないが、多くの酵素はたんぱく質からだけではなく、機能を果たす活性を中心に反応を円滑に進めるために、低分子物質を包含している。この低分子物質の多くは、水溶性ビタミンから体内で合成された補酵素というものである。つまり、水溶性ビタミンは、代謝に必須な補酵素のもととなる有機化合物であり、体内で合成できないものである。

水溶性ビタミンの摂取基準算定に関する基本的な考え方

■水溶性ビタミンの食事摂取基準の数値

表1に示した化学名相当量として、策定した。これは、同じビタミン活性を有する化合物が複数存在するためである。すべて、「五訂 日本食品標準成分表」の記載に合わせた。

■乳児(0~5カ月)

乳児を被験者として必要量を求める実験を行うことはできない。そこで、「乳児(0~5カ月)は、母乳を適当量摂取している限り、健常に発育する」という考え方で必要量を策定した。したがって、目安量という設定とした。目安量は母乳中のビタミン含量と哺乳量から策定した。男女で、哺乳量に差異があるというデータは見当たらないので、男女差は考慮しなかった。

■乳児(6~11カ月)

乳児(6~11カ月)は目安量設定とした。

1) ビタミンB₁, ビタミンB₂, ビタミンB₆, ビタ

表1 水溶性ビタミンの数値の策定に用いた化合物

水溶性ビタミン名	化学名	構造式	組成式(分子量)
ビタミンB ₁	チアミン塩酸塩		C ₁₂ H ₁₇ ClN ₄ OS·HCl (337.3)
ビタミンB ₂	リボフラビン		C ₁₇ H ₂₀ N ₄ O ₆ (376.4)
ビタミンB ₆	ピリドキシン		C ₈ H ₁₁ NO ₃ (169.2)
ビタミンB ₁₂	シアノコバラミン		C ₆₃ H ₈₈ CoN ₁₄ O ₁₄ P (1355.37)
ナイアシン	ニコチンアミド		C ₆ H ₆ N ₂ O ₂ (122.13)
パントテン酸	パントテン酸		C ₉ H ₁₂ NO ₅ (219.24)
葉酸	プテロイルモノ グルタミン酸		C ₁₉ H ₁₉ N ₇ O ₆ (441.40)
ビオチン	D(+)-ビオチン		C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₃ S (244.3)
ビタミンC	L-アスコルビン酸		C ₆ H ₈ O ₆ (176.12)

ミン B₁₂, ナイアシン, 葉酸, ビタミン C の数値

男女ごとに、乳児（0～5カ月）の目安量に体表面積比、{(6～11カ月の基準体重)/(0～5カ月の基準体重)}^{0.75} をかけた数値（0～5カ月の値から外挿した値という）と、18～29歳の推奨量（ビタミン B₁, ビタミン B₂, ナイアシンは生活活動強度ふつう (II) の推奨量を採用）に {(6～11カ月

の基準体重)/(18～29歳の基準体重)}^{0.75} × (1 + 成長因子) をかけた数値（成人の推奨量から外挿した値という）の二つの値の平均値をまず計算した。

つぎに、男女ごとに得られた数値の平均値を計算し、平滑化したものを乳児（6～11カ月）の目安量とした。成長因子には、WHO/UNA が採用し、アメリカ/カナダの食事摂取基準も踏襲してい

る値を年齢階級区分に合うように改変して採用した。つまり、6か月から2歳=0.30, 3~14歳=0.15, 15~17歳の男子=0.15, 15~17歳の女子=0.00, とした。

2) パントテン酸とビオチンの数値

乳児(0~5カ月)の目安量に体表面積比, $\{(6\sim11\text{カ月の男女の基準体重の平均値}) / (0\sim5\text{カ月の男女の基準体重の平均値})\}^{0.75}$ をかけた数値から計算した。

■ビタミン B₁, ビタミン B₂, ビタミン B₆, ビタミン B₁₂, ナイアシン, 葉酸, ビタミン C

「1歳以上」は推定平均必要量を設定した。すなわち、欠乏症を予防するという観点から得られた科学的根拠のある年齢区分のデータをもとにして、データのない対象年齢区分の推定平均必要量を算出した。その算出方法は、それぞれのビタミンの代謝的特徴を考慮して決定した。

(1) ビタミン B₁, ビタミン B₂, ナイアシンは推定エネルギー必要量の比較から数値を策定した。

(2) ビタミン B₆は、たんぱく質の推奨量との比較から策定した。

(3) ビタミン B₁₂, 葉酸, ビタミン Cは、体表面積値の比較を示す式, $\{(対象年齢区分の基準体重 / 18\sim29\text{歳の基準体重})^{0.75} \times (1 + \text{成長因子})\}$ から策定した。

これら三つのビタミンの必要量に男女差があるというデータは見当たらないので、男女差はつけず、男女ごとに計算した値の平均値を計算し、平滑化した。なお、15~17歳の年齢区分は、成人の値と比較して、計算上わずかに高くなるが、成人と同じ値とした。

■推奨量

必要量の個人間変動に関する変動係数を10%とみなし、推定平均必要量×1.2として推奨量を求めた。

■パントテン酸とビオチン

「1歳以上」も目安量として設定した。「1歳以

上」の推定平均必要量を設定できるに足る十分なデータがまだ得られないためである。通常の食生活をしている人では、欠乏症は認められていない。

パントテン酸の値は食事調査結果をもとにして策定した。ビオチンは報告のない年齢区分があるので、体表面積値の比較を示す式, $\{(対象年齢区分の基準体重 / 18\sim29\text{歳の基準体重})^{0.75} \times (1 + \text{成長因子})\}$ から策定した。ビオチンの必要量に男女差があるというデータは見当たらないので、男女差はつけず、男女ごとに計算した値の平均値を計算し、平滑化した。

■B群ビタミン

9種類の水溶性ビタミンのなかでビタミンCを除く8種類のB群ビタミンは、食品中ではほとんどが結合型ビタミン、すなわち、たんぱく質と結合した状態で存在している。また、植物性食品では、糖質などと結合した状態でも存在する。したがって、食品中のB群ビタミンは吸収される前に遊離型の状態にまで消化されるという過程が必要である。したがって、遊離型のビタミン(サプリメントもしくはビタミン剤)を摂取したときと結合型のビタミンがほとんどである食事由来のときとは、生体利用率が異なる。推定平均必要量を設定するための実験は、遊離型のB群ビタミンを負荷して求めたものと食事由来のビタミンだけから求めた実験が混在している。遊離型のビタミンを投与して求めた推定平均必要量には、この点を考慮して通常の食事をとっているときの推定平均必要量に換算する設定が必要である。今回の改定では、ビタミンB₆は75%, ビタミンB₁₂は50%, 葉酸は50%という生体利用率を適用した。ビタミンB₁, ビタミンB₂, ナイアシンは生体利用率が明らかでないので適用しなかった。パントテン酸とビオチンは目安量として設定したので、生体利用率の考慮は対象外である。

■妊婦の付加量

一つの考え方では策定できなかったため、各ビ

タミンの代謝特性を考慮して策定した。

(1) ビタミン B₁, ビタミン B₂, ナイアシンは、妊婦の各時期のエネルギー付加量から策定した。

(2) ビタミン B₆は、妊娠により、血漿ピリドキサルリン酸濃度が低下する。妊娠末期においても、血漿中のピリドキサルリン酸濃度を非妊娠時と同様に 30 nmol/l に維持する必要があると考え、この濃度を維持するためのピリドキシン付加量として策定した。

(3) ビタミン B₁₂は、胎児への蓄積量が 0.1~0.2 μg/日であるというデータがある。そこで、妊婦に対する付加量として、最大値の 0.2 μg/日をもとに策定した。

(4) パントテン酸は、エネルギー代謝にかかわるビタミンである。妊娠によるエネルギー必要量の増大にともなう付加量が必要である。しかしながら、エネルギー摂取量の増大にともなうパントテン酸必要量は明らかではない。そこで、非妊婦と妊婦のパントテン酸摂取量の食事調査報告の比較から、妊婦への付加量を策定した。

(5) 葉酸は、妊娠により必要量が顕著に増大する。通常の適正な食事摂取時に 100 μg/日のプテロイルモノグルタミン酸を補足すると、妊婦の赤血球中の葉酸レベルを適正量に維持することができたというデータをもとに策定した。

(6) ビオチンは、妊娠中に尿中排泄量および血清の値が低下することから、妊娠は要求量を増大させる。しかしながら、どの程度付加すべきであるかというデータはない。そこで、この改定においては暫定的に、(0~5カ月の乳児の目安量)×{妊婦のエネルギー付加量の平均値/(0~5カ月の男女乳児のエネルギーの推定エネルギー必要量の平均値)}の値から算出した。

(7) ビタミン C の妊婦の付加量は、乳児の必要量をもとにしたデータから策定した。

■授乳婦の付加量

母乳中のビタミン含量と1日当たりの泌乳量(哺乳量と同値とみなした)から計算した。

■上限量

人における大量摂取データをもとにして策定した。ただし、18歳以上のみの設定とした。17歳以下は過剰摂取による健康障害のデータがないためである。その数値は遊離型のビタミン(サプリメントもしくはビタミン剤)の量である。

今回の改定では、つぎの三つの水溶性ビタミンについて上限量を策定できた。

(1) ピリドキシン：感覚神経障害を指標として上限量を策定した。成人(18歳以上)の上限量をピリドキシンとして 60 mg/日とした。

(2) ニコチンアミドとニコチン酸：大量投与は、消化器系に悪影響(消化不良、ひどい下痢、便秘)を及ぼし、肝臓にも障害(肝機能低下、劇症肝炎)を与える。成人(18歳以上)のニコチンアミドの上限量を 300 mg/日、ニコチン酸の上限量を 100 mg/日とした。

(3) プテロイルモノグルタミン酸：過剰摂取による悪影響(神経障害、発熱、じん麻疹、紅斑、そう痒症、呼吸困難)の発生が報告されている。成人(18歳以上)の上限量をプテロイルモノグルタミン酸として 1,000 μg/日とした。なお、この値を食事性葉酸値に換算すると 1,700 μg/日となる。

特記事項

■ナイアシンーナイアシン当量

ナイアシン活性を有する主要な化合物として、ニコチンアミド、ニコチン酸、トリプトファンがある。ナイアシンの食事摂取基準の数値をニコチンアミド相当量として示し、ナイアシン当量(niacin equivalent; NE)という単位で策定した。トリプトファン-ニコチンアミド転換率を重量比で 1/60 とした。ナイアシン当量は下記の式から求められる。ナイアシン当量(mgNE) = ニコチンアミド(mg) + ニコチン酸(mg) + 1/60 トリプトファン(mg)

五訂日本食品標準成分表に記載されている「ナイアシン」とは「ニコチンアミド+ニコチン酸」の量であり、トリプトファンから生合成されるナイアシンは含まれない。したがって、食品中のナ

イアシン当量を求めるには、食品中のトリプトファン量(たんぱく質量の約1%である)に1/60をかけた値を足さねばならない。五訂日本食品標準成分表に記載されているたんぱく質量(g)を6で割った数値をトリプトファン由来のナイアシン量(mg)として差し支えない。

■葉酸—妊娠可能女性への注意事項

葉酸は、神経管閉鎖障害のリスク低減と関連がある。このため、妊婦のみでなく妊娠を計画している女性は、食事性葉酸として400 μ g/日の摂取が望ましい。

■ビタミンC—喫煙者に対する注意事項

喫煙者では、非喫煙者に比べてビタミンCの代謝回転が1日当たりで約35mg高いというデータがある。喫煙者が非喫煙者と同量のビタミンCの体内貯蔵量を保つためには、非喫煙者よりも35mg以上のビタミンCを摂取する必要がある。また、受動喫煙者でも血漿ビタミンC濃度の低下が示されていることから、該当する人は同年代の非喫煙者以上に、ビタミンCを摂取することが望まれる。

*

*

*

原 著

日本人女性の母乳中ビオチン, パントテン酸 およびナイアシンの含量

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,
³滋賀県立大学人間文化学部生活文化学科, ⁴明治乳業(株)研究本部栄養科学研究所,
⁵(独)国立健康・栄養研究所栄養所要量研究部微量栄養成分代謝研究室

渡邊 敏明¹, 谷口 歩美¹, 福井 徹², 太田 万理³
福渡 努³, 米久保明得⁴, 西牟田 守⁵, 柴田 克己³

Vitamins(Japan), 78(8), 399-407 (2004)

The Contents of Biotin, Pantothenic Acid and Niacin in Mature Milk of Japanese Women

Toshiaki WATANABE¹, Ayumi TANIGUCHI¹, Tooru FUKUI², Mari OTA³, Tsutomu FUKUWATARI³,
Akie YONEKUBO⁴, Mamoru NISHIMUTA⁵, Katsumi SHIBATA³

¹Department of Food Environment Analysis, School of Human Science and Environment, University of Hyogo,
Himeji 670-0092, Japan, ²Clinical Laboratory, Byotai Seiri Laboratory, Itabashi, Tokyo 173-0025, Japan

³School of Human Cultures, University of Shiga Prefecture, Hikone 522-8533, Japan

⁴Laboratory of Nutritional Science, Meiji Milk Co., Ltd., Odawara 250-0862, Japan

⁵Division of Human Nutrition, The Incorporated Administrative Agency of Health and Nutrition,
Shinjuku, Tokyo 162-8636, Japan

To clarify the concentration of water-soluble vitamins in the mature milk of Japanese women who had delivered a healthy, full-term infant, the contents of biotin, pantothenic acid and niacin were measured in the present study. Milk samples were obtained from 25 healthy nursing women for 21 to 89 days and for 90 to 180 days of lactation in summer and winter, respectively. Total biotin and pantothenic acid were quantified microbiologically using *Lactobacillus plantarum*, and niacin was measured by HPLC. The biotin content in mature milk was 3.87 ng/ml on average, which was lower than those reported previously. The average content of pantothenic acid was 5.30 µg/ml, which was nearly double the value used to set the Adequate Intake in 6th revised National Reference Intake in Japan. On the other hand, the mean concentration of niacin was 2.22 µg/ml, which was not markedly different from the value in other studies. It is suggested that these values are of importance in the setting of an Estimated Average Requirement for these vitamins.

Key Words: Japanese women, mature milk, biotin, pantothenic acid, niacin

(Received January 30, 2004)

¹〒670-0092 姫路市新在家本町1-1-12(平成16年4月に名称変更:旧姫路工業大学), ²〒173-0025 東京都板橋区熊野町47-11, ³〒522-8533 彦根市八坂町2,500, ⁴〒250-0862 小田原市成田540, ⁵〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1

緒 言

わが国においては, 平成 11 年(1999 年)に第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準¹⁾が策定された。この改定において, 水溶性ビタミン 6 種類およびミネラル 6 種類の所要量がはじめて策定された。ビオチン, パントテン酸およびナイアシンの栄養所要量が算出された。栄養所要量の算出においては, これまでに報告されている多くの栄養疫学調査や出納試験の結果が基礎的なデータとして利用されている。さらに, 乳幼児において水溶性ビタミンの栄養所要量を算出するためには, 母乳中のビタミン含量が一つの指標として使用されている。

母乳にはタンパク質, 炭水化物および脂肪ばかりでなくビタミンやミネラルなどの大部分の栄養素が含まれている。これらの栄養素は, 消化, 吸収の効率がよく, 乳児にとってはバランスの取れた栄養源である。このため, 一般に健康な母親の母乳で育てられている乳児には栄養欠乏症はほとんど見られない。これは, 母乳には乳児の発育のために必要な栄養素が十分に含まれていることを示している。

第六次改定日本人の栄養所要量-食事摂取基準において, 乳児におけるビオチン, パントテン酸およびナイアシンの所要量策定は下記のとおりである¹⁾。

母乳のビオチン量は, 初乳ではわずかであるが, 授乳に伴って徐々に増加し, 成熟乳では血清のビオチン量よりも高い値を示している。これまでの各国における報告では, 成熟乳のビオチン量は 3.9~12.7 $\mu\text{g/l}$ の範囲にあり, 平均 6 $\mu\text{g/l}$ である²⁾。この値から乳児におけるビオチン摂取量を 4.5 $\mu\text{g/日}$ としている。

母乳に含まれるパントテン酸量を分析した報告は多数ある。Song³⁾は, 初乳に比べて成熟乳のパントテン酸量が高いことを示している。母乳のパントテン酸量は, 1.4~6.7 mg/l とばらつきがあるが, 英国では概ね 2.2~2.7 mg/l の範囲にある。わが国の成熟乳のパントテン酸量は 2.1~3.5 mg/l である⁴⁾。これらの値から母乳のパントテン酸量を 2.4 mg/l とし, 所要量を 1.8 mg/日 としている。

母乳のナイアシン含量は 0.2 mg/100 g (0.21 mg/dl), トリプトファンの含量は 15 mg あるいは 21 mg/100 g (15.5 mg あるいは 22 mg/dl) と報告されている²⁾。乳児におけるトリプトファン-ナイアシン転換率の研究は見あたらない。実験動物のデータに基づき, 乳児ではトリプト

ファンからナイアシンの供給はないものとして, 乳児の所要量はナイアシン量として 2 mg としている。

このようにこれらのビタミンの所要量の策定においては, 十分な検討がなされているとは云えない。とくに日本人を対象としたデータはほとんどなく, 食生活が異なる欧米人でのデータを用いて, わが国の栄養所要量を策定している。そこで, 著者らは, わが国の授乳婦から採取した母乳を利用して, 水溶性ビタミン含量を分析した。今回はこれまでにとままっているデータの一部を報告する。

実 験 方 法

1. 被験者

1998 年 7 月~9 月(夏季)および 1998 年 12 月~1999 年 3 月(冬季)に日本全国 47 都道府県で 4,234 検体の母乳が授乳中の母親から提供され, 凍結保存された。このうち, 授乳婦の条件として, 喫煙習慣がないこと, ビタミン剤を服用していないこと, 食べ物の好き嫌いがいいこと, 母乳採取時の年齢が 40 歳未満, また, 乳児の条件として, 出生児体重が 2,500 g 以上, アレルギーの既往のないこと, を分析試料の条件とした。

対象者にはあらかじめ研究の趣旨を説明し, 協力を依頼, 口頭で同意を得た。研究の遂行にあたっては, すべてヘルシンキ宣言に従って行なった。

2. 母乳採取

母乳を, 泌乳期別に泌乳 1~5 日, 6~10 日, 11~20 日, 21~89 日, 90~179 日, 180~365 日に分類した。これらの試料のうち泌乳 21~89 日と 90~179 日の母乳を測定対象とし, 夏季および冬季の試料が同数となるように, また母乳量がなるべく多いものを選定した。

選定された母乳試料は, 泌乳 21~89 日(夏季) 22 検体, (冬季) 21 検体, 泌乳 90~179 日(夏季) 18 検体, (冬季) 17 検体, 総計 78 検体であった。なお, 凍結保存した検体を分注する際には, 解凍した後, 超音波処理により均一化した。分注した検体は, それぞれのビタミン分析の直前まで凍結保存しておいた。

3. ビオチンの分析

採取したサンプルに 1/15 M リン酸緩衝液を加えたものを測定用試料とした。試料は 4.5 N 硫酸溶液で 120°C 1 時間加水分解し, 4.5 N 水酸化ナトリウム溶液で中和

した後に、ビオチン量を測定した。これを総ビオチン量とした。ビオチンの分析は、乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* ATCC8014 を用いた微生物定量法の一つである比濁法に従った⁵⁾⁶⁾。試料のビオチン量は、 $\mu\text{mol/l}$ および ng/ml として表した。

4. パントテン酸の分析

4-1. パパイン・ジアスターゼ法⁴⁾

母乳の調製方法：母乳 5 ml に蒸留水 45 ml を加えて 121°C、15 分間オートクレーブをかけ、冷却後、ジアスターゼ 0.1 g、パパイン 0.1 g、2.5 M 酢酸ナトリウム溶液 2 ml を加えて混和後、1N 塩酸で pH 4.5 に保持した。これを 100°C、10 分間加熱後、冷却し、10% メタリン酸溶液 0.3 ml を加えて、1N 水酸化ナトリウムで pH 6.8 に調製し、蒸留水で 100 ml とした後、ろ過(東洋濾紙, No.5C)した。この溶液 15 ml を蒸留水で 100 ml に調製し、試料溶液とした。定量は *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を用いた微生物定量法によった。

4-2. アミダーゼ・ホスファターゼ法

母乳 100 μl に 10 IU/ml のホスファターゼ (Alkaline from calf intestine, SIGMA P7923) 溶液 (50 mM Tris-HCl, pH 8.3 に溶解) を 50 μl 、パントテン酸フリーアミダーゼ溶液 50 μl 、15 $\mu\text{g/ml}$ 還元型グルタチオン溶液 (50 mM Tris-HCl, pH 8.3 に溶解) を 50 μl 加えた。この混合液を 37°C で 2 時間インキュベーションを行うことで、CoA、ホスホパンテテイン、パンテテインを遊離型のパントテン酸とした。反応を止めるために、2.25 ml の 50 mM リン酸緩衝液 (pH 7.0) を加え、さらに、100°C の熱湯中に、反応管を 5 分間放置した。水中で 5 分間以上放置して、十分に冷却した後、10,000 $\times g$ で 5 分間遠心分離を行った。その結果得られた上清を適当に水にて希釈して、*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を検定菌として、定量を行った。なお、用いたパントテン酸フリーアミダーゼ溶液は、ハト肝アセトンパウダー (Liver acetone powder from pigeon, SIGMA L8376) 0.5 g を秤量後、10 倍量の 0.02 M KHCO_3 を加え、氷冷下で、20 分間、回転子を用いて静かに回転しながら、抽出を行った。その後、10,000 $\times g$ 、5 分間の遠心分離を行い上清を得た。上清中に含まれるパントテン酸およびその誘導体を除去するために、3.2 g の活性化した Dowex 1 (CL) を加え、5 分間氷冷下で、回転子を用いて静かに回転した。その後、10,000 $\times g$ 、5 分間の遠心分離を行い、パントテン酸フリーのアミダーゼ溶液を得た。

5. ナイアシンの分析

採取したサンプル 150 μl に 20 $\mu\text{g/ml}$ イソニコチンアミド溶液 1350 μl を加え、オートクレーブにて 121°C、10 分間加熱した。遠心上清 1.2 ml に 70% 過塩素酸 70 μl を加えてよく混合し、遠心上清 1 ml を測定用試料とした。測定用試料 1 ml に炭酸カリウムを 1.2 g 加えた後、ジエチルエーテル 10 ml で抽出し、乾固させた抽出物を水 0.5 ml に溶解させた。HPLC を用いてニコチンアミド量を測定し⁷⁾、総ニコチンアミド量をナイアシン量とした。

6. 統計学的解析

母乳に含まれるそれぞれのビタミン量は、スチューデント t 検定およびノンパラメトリックのマン・ホイットニー U 検定を用いて、2 群間の比較を行った。確率が $p < 0.05$ の場合、有意な差異があると判定した。統計学的解析は、すべて統計パッケージ StatView Ver.5.5 を用いて行った。

結 果

1. ビオチン

母乳に含まれるビオチンの分析結果をまとめたものが表 1 である。分析した 78 名の母乳のビオチン含量は、全体で平均すると $3.87 \pm 1.31 \text{ ng/ml}$ ($15.9 \pm 5.3 \text{ pmol/ml}$) であった。さらに母乳の採取時期で比較すると、授乳 21~89 日の成熟乳では $4.09 \pm 1.53 \text{ ng/ml}$ ($16.7 \pm 6.3 \text{ pmol/ml}$) であるのに対して、授乳 90~179 日の成熟乳では $3.61 \pm 0.92 \text{ ng/ml}$ ($14.8 \pm 3.8 \text{ pmol/ml}$) と低値ではあったが、有意な差異は認められなかった。また夏季と冬季で比較しても、母乳ビオチン含量に相違は見られなかった。

表 1. The content of total biotin in human milk.

分類	サンプル数	総ビオチン量	
		(pmol/ml)	(ng/ml)
全母乳	78	15.9 ± 5.3^a	3.87 ± 1.31
21-89日成熟乳	43	16.7 ± 6.3	4.09 ± 1.53
夏季採取	22	16.1 ± 5.0	3.94 ± 1.22
冬季採取	21	17.4 ± 7.4	4.25 ± 1.81
90-179日成熟乳	35	14.8 ± 3.8	3.61 ± 0.92
夏季採取	18	13.9 ± 3.9	3.39 ± 0.94
冬季採取	17	15.7 ± 3.5	3.84 ± 0.86

^amean \pm SD.

表 2. The content of pantothenic acid in human milk.

分類	サンプル数	パントテン酸量 (nmol/ml)		
		総量	遊離型	補酵素型
全母乳	78	24.16±6.55 ^a	17.77±5.98	6.46±5.36
21-89日成熟乳	43	26.30±6.59	18.44±7.17	7.87±4.66
夏季採取	22	26.98±5.83	17.32±7.18	9.68±4.16
冬季採取	21	25.58±7.37	19.61±7.13	5.97±4.48
90-179日成熟乳	35	21.55±5.54 [*]	16.95±4.02	4.73±5.71
夏季採取	18	20.24±4.60	17.20±4.62	3.29±3.79
冬季採取	17	22.94±6.23	16.69±3.40	6.26±7.02

^amean±SD.^{*}p<0.05.

表 3. The difference of total pantothenic acid content in human milk by the pre-treatment.

母乳		パントテン酸量		
		総量	遊離型	補酵素型
アミダーゼ・ホスファターゼ前処理法	nmol/ml	21.44±3.19 ^{a,*}	17.34±1.37	3.19±4.10 [*]
	μg/ml	4.7±0.7 [*]	3.8±0.3	0.7±0.9 [*]
パパイン・ジアスターゼ前処理法	nmol/ml	16.42±1.82	15.97±1.82	0.46±0.91
	μg/ml	3.6±0.4	3.5±0.4	0.1±0.2

^amean±SD (n=7), ^{*}p<0.05.

パパイン・ジアスターゼ前処理法：母乳 1 ml に蒸留水 9 ml を加えオートクレーブにて 121℃, 15 分間加熱後、冷却。ジアスターゼ(和光純薬(株))20 mg, パパイン(和光純薬(株))20 mg, 2.5 M 酢酸ナトリウム溶液を 0.4 ml 添加し攪拌した後、1 N 塩酸で pH 4.5 に調整し 37℃, 18 時間保温。その後 100℃ 湯浴中 10 分間加熱し、冷却後 10% メタリン酸溶液 60 μl を加え、1N 水酸化ナトリウム溶液で pH 6.8 に調整、蒸留水で 20ml とする。濾過後、この溶液 3 ml を蒸留水で 20 ml とし、微生物定量法に供す。

2. パントテン酸

表 2 は母乳中に含まれるパントテン酸の分析結果をまとめたものである。分析した総パントテン酸含量は、全体で平均すると 24.16±6.55 nmol/ml (5.30±1.44 μg/ml) であった。さらに、母乳の採取時期で比較すると、授乳 21~28 日の成熟乳では 26.30±6.59 nmol/ml (5.76±1.44 μg/ml) であるのに対して、授乳 90~179 日の成熟乳では 21.55±5.54 nmol/ml (4.72±1.21 μg/ml) と有意に低値を示した。一方、夏季と冬季における差異は、授乳期間に関わらず有意な差異は認められなかった。母乳中における遊離型と補酵素型の割合は表 2 に示したように、遊離型が約 7 割、補酵素型が約 3 割の比率で存在していた。

母乳中の総パントテン酸含量を測定するには、補酵素型を遊離型にする前処理が必要である。この方法に

関して、二通りの方法が報告されているので、この二つの前処理方法によって、同じ母乳中の総パントテン酸含量に差異が認められるか否かを検討した。その結果は、表 3 に示したように、パパイン・ジアスターゼ前処理法の場合の総パントテン酸含量は 16.42±1.82 nmol/ml (3.6±0.4 μg/ml, n=7) であったのに対し、アミダーゼ・ホスファターゼ前処理法では 21.44±3.19 nmol/ml (4.7±0.7 μg/ml, n=7) であり、アミダーゼ・ホスファターゼ前処理法の方が有意に高い値を示した。遊離型のパントテン酸含量は、表 3 に示した様に、両方法には差異は認められなかった。一方、母乳中に補酵素型として含まれていると推定されるパントテン酸量は表 3 に示したように、パパイン・ジアスターゼ前処理法が顕著に低い値を示した。

3. ナイアシン

表 4 に母乳中のナイアシン含量を測定した結果を示し