

## 自由食摂取時における日本人学生の 血中水溶性ビタミン値の男女差について

福井 富穂<sup>1)</sup>, 廣瀬 潤子<sup>1)</sup>, 福渡 努<sup>1)</sup>  
木村 尚子<sup>1)</sup>, 佐々木 敏<sup>2)</sup>, 柴田 克己<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 滋賀県立大学 人間文化学部 生活栄養学科

<sup>2)</sup> 東京大学大学院 医学系研究科 公共健康医学専攻

### Sex Difference of Blood Levels of Water-soluble Vitamins of Japanese College Students Taking Self-selected Food

Tomihiko Fukui<sup>1</sup>, Junko Hirose<sup>1</sup>, Tsutomu Fukuwatari<sup>1</sup>,  
Naoko Kimura<sup>1</sup>, Satoshi Sasaki<sup>2</sup>, and Katsumi Shibata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, School of Human Cultures, The University of Shiga Prefecture

<sup>2</sup>Department of Social and Preventive Epidemiology, School of Public Health, The University of Tokyo

The blood levels of water-soluble vitamins were examined to identify a possible difference between male ( $n = 23$ ) and female ( $n = 32$ ) Japanese college students with free intake of food. The following values (mean  $\pm$  SD) were obtained. Whole blood vitamin B<sub>1</sub>: male,  $100 \pm 27$  pmol/ml; female,  $102 \pm 23$  pmol/ml. Whole blood vitamin B<sub>2</sub>: male,  $137 \pm 45$  pmol/ml; female,  $137 \pm 39$  pmol/ml. Whole blood NAD: male,  $30 \pm 5$  nmol/ml; female,  $32 \pm 5$  nmol/ml. Serum vitamin C: male,  $42 \pm 16$  nmol/ml; female,  $52 \pm 14$  nmol/ml. Serum folates: male,  $15.0 \pm 5.8$  pmol/ml; female,  $17.7 \pm 5.9$  pmol/ml. Serum vitamin B<sub>12</sub>: male,  $0.31 \pm 0.08$  pmol/ml; female,  $0.38 \pm 0.11$  pmol/ml. Serum biotin: male,  $9.4 \pm 1.8$  pmol/ml; female,  $7.4 \pm 1.9$  pmol/ml. The only significant difference between sexes was thus found for the vitamin B<sub>12</sub> and vitamin C contents.

Jpn. J. Nutr. Diet., **67** (5) 284~290 (2009)

**Key words:** water-soluble vitamin, blood, serum, human, Japanese

#### 緒 言

我々は、男女学生を被験者としたビタミン必要量に関する介入試験を今までに2回行った<sup>1)</sup>。その際の食事は半合成食を投与し、ビタミン類はすべて合成の遊離型を与えた。本資料で焦点となる葉酸はプテロイルモノグルタミン酸を、ビタミン B<sub>12</sub> はシアノコバラミンを投与した。その結果、血清中の葉酸濃度と血清中のビタミン B<sub>12</sub> 濃度において、著しい男女差が認められた。冬季に行った女子学生を被験者 (10名) とする介入試験では、血清中の葉酸濃度は  $30.2 \pm 8.6$  pmol/ml (平均値  $\pm$  SD) であった。一方、夏季に行った男子学生を被験者 (10名) とする介入試験では  $15.6 \pm 4.6$  pmol/ml であり、顕著な有意差が認められた。また、血清ビタミン B<sub>12</sub> 濃度においても、女子学生が  $0.67 \pm 0.20$  pmol/ml、男子学生が  $0.34 \pm 0.05$  pmol/ml と顕著な差異が認められた。

一般的に、葉酸もビタミン B<sub>12</sub> も光に対して不安定な化合物であるといわれている。実際に、葉酸は血管中で UVA (Ultraviolet A : 320~400 nm の長波長紫外線) を浴びることで破壊される危険性があるという報告がある<sup>2,3)</sup>。つまり、夏季の強い日射しの下にいると、血液中の葉酸が破壊される危険性がある、という情報である。この点を考慮すると、夏季に行った実験では被験者がランニング、短パンという姿で、太陽を一杯浴びていたことの影響が危惧された。

そこで、今回、冬季に、自由に生活している男女学生の血清中の葉酸濃度を測定し、比較した。同時に男女差が認められたビタミン B<sub>12</sub> 濃度についても比較し、併せて他の水溶性ビタミン濃度についても測定したので、資料として報告する。

なお、このような日本人の血中・尿中ビタミンの値が

キーワード：水溶性ビタミン、血液、血清、人、日本人

(連絡先：柴田克己 〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町2500 滋賀県立大学人間文化学部生活栄養学科  
電話 0749-28-8449 FAX 0749-28-8499 E-mail kshibata@shc.usp.ac.jp)

集積すれば、食品中の栄養素含量を主とした栄養指導に加えて、摂取した栄養素の代謝を反映する生体指標を利用した栄養指導も行うことができるものと考えられる。

## 方 法

### 1. 対 象 者

今回の実験の趣旨を理解し、問診票に答えてくれた学生の中で健常と判断された学生について、本人の同意を得た。そして、ビタミン剤摂取が少なくとも1週間以上ないことおよびビタミンの含まれている飲料等を摂取していないことを再度口頭で確認後、昼食前（朝食後4～5時間後）の12時～13時にかけて採血を行った。

対象者の男子（24名）の年齢は $22 \pm 1.4$ 歳、身長は $173 \pm 6$  cm、体重は $65.9 \pm 9.81$  kg、BMI（ボディマスインデックス：体重/身長（m）<sup>2</sup>）は $21.9 \pm 2.5$  kg/m<sup>2</sup>であった。女子（33名）の年齢は $21.0 \pm 2.6$ 歳、身長は $158 \pm 6$  cm、体重は $50.9 \pm 5.9$  kg、BMIは $20.3 \pm 1.9$  kg/m<sup>2</sup>であった。

なお、本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理審査委員会において承認を受け、ヘルシンキ宣言の精神に則って行ったものである。

### 2. ビタミンの測定方法

#### 2-1. 全血中のビタミン B<sub>1</sub> の測定方法

Kimura ら<sup>4)</sup>が開発したポストカラム法を改良した福渡法<sup>5)</sup>で行った。

#### 2-2. 全血中のビタミン B<sub>2</sub> の測定方法

ビタミン B<sub>2</sub> (Riboflavin, FMN, FAD) 量測定は、Ohkawa ら<sup>6)</sup>が開発したルミフラビン-HPLC法にて行った。

#### 2-3. 血清中のビタミン B<sub>6</sub> の測定方法

ビタミン B<sub>6</sub> の測定は、*Saccharomyces carlsbergensis* strain 4228 ATCC 9080 を用いる微生物定量方法で行った<sup>7)</sup>。

#### 2-4. 全血中の NAD の測定方法

Shibata ら<sup>8)</sup>が開発した酵素サイクリング法を用いた。

#### 2-5. 血清中のビタミン C の測定方法

ビタミン C を酸化型アスコルビン酸に変換し、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) を反応させて生成するオサゾン (デヒドロアスコルビン酸ビス-ジニトロフェニルヒドラゾン) を HPLC で特異的に定量した<sup>9)</sup>。

#### 2-6. 血清中の葉酸とビタミン B<sub>12</sub> の測定方法

分析は、三菱ビーシーエルに依頼した。その方法は、CLIA法 (competitive protein binding assay) である<sup>10)</sup>。

#### 2-8. 血清中のビオチンの測定方法

ビオチンの測定は、*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を用いる微生物定量方法で行った<sup>11)</sup>。

### 3. 統計処理

結果はすべて平均値 ± 標準偏差 (SD) であらわし、

Unpaired の Student *t*-test により危険率 5 % にて有意性を判定した。なお、検定は、生データを対数化したのち行った。血清葉酸とビタミン B<sub>12</sub> 濃度との関係についてはピアソンの積率相関係数を求め検討した。また、検定は、統計ソフト InStat (Version 2.0; GraphPad より購入。San Diego, CA, USA) を使用して行った。

## 結 果

### 1. 全血中の総ビタミン B<sub>1</sub> 濃度

全血ビタミン B<sub>1</sub> 濃度は男子学生 (Table 1) で  $100 \pm 27$  pmol/ml ( $n=23$ )、最小値は 67 pmol/ml、最大値は 142 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $102 \pm 23$  pmol/ml ( $n=32$ )、最小値は 71 pmol/ml、最大値は 162 pmol/ml であり、性差は認められなかった。

全血中のビタミン B<sub>1</sub> 値に関しては、普通食摂取時の日本人のデータが報告されており、中年男子で  $119 \pm 33$  pmol/ml ( $n=524$ )、中年女子で  $104 \pm 27$  pmol/ml ( $n=345$ ) と報告されている<sup>12)</sup>。前回の実験研究においても、男子学生が  $104 \pm 17$  pmol/ml、女子学生が  $90 \pm 23$  pmol/ml であり<sup>1)</sup>、今回の値とほぼ同じであった。つまり、血液中のビタミン B<sub>1</sub> 値は男女差もなく、年齢による差異 (中年と若年成人) もないことが明らかとなった。Hiraoka<sup>13)</sup> は女子学生の全血中のビタミン B<sub>1</sub> 濃度を  $120 \pm 34$  pmol/ml と報告している。

### 2. 全血中の総ビタミン B<sub>2</sub> 濃度

ビタミン B<sub>2</sub> 値は男子学生 (Table 1) で  $137 \pm 45$  pmol/ml ( $n=23$ )、最小値は 73 pmol/ml、最大値は 243 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $137 \pm 39$  pmol/ml ( $n=32$ )、最小値は 69 pmol/ml、最大値は 229 pmol/ml であり、性差は認められなかった。

日本人の全血中のビタミン B<sub>2</sub> 濃度に関しては、Hiraoka<sup>13)</sup> の報告した女子学生においては  $202 \pm 37$  pmol/ml とされている。前回の報告<sup>1)</sup> においても、全血中のビタミン B<sub>2</sub> 濃度は男子学生で  $216 \pm 25$  pmol/ml、女子学生で  $234 \pm 18$  pmol/ml であった。ところが、今回の平均値は、報告平均値<sup>1,13)</sup> の 6 割程度であった。

### 3. 血清中の総ビタミン B<sub>6</sub> 濃度

ビタミン B<sub>6</sub> 値は男子学生 (Table 1) で  $66 \pm 21$  pmol/ml ( $n=23$ )、最小値は 16 pmol/ml、最大値は 103 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $67 \pm 22$  pmol/ml ( $n=32$ )、最小値は 31 pmol/ml、最大値は 120 pmol/ml であり、性差は認められなかった。

日本人の血清中の総ビタミン B<sub>6</sub> 濃度に関する報告としては、安田ら<sup>14)</sup> のものがあり、男子学生で  $60 \pm 20$  pmol/ml としている。また、Hiraoka<sup>13)</sup> も報告しており、女子学生で  $70 \pm 58$  pmol/ml としている。今回、得られた我々の値も男女差がなく、概ね 65 pmol/ml 程度であった。

Table 1 Blood water-soluble vitamin contents in 23 male college students.

Subject	VB <sub>1</sub> (pmol/ml)	VB <sub>2</sub> (pmol/ml)	VB <sub>6</sub> (pmol/ml)	NAD (nmol/ml)	VC (nmol/ml)	Folates (nmol/ml)	VB <sub>12</sub> (pmol/ml)	Biotin (pmol/ml)
M01	92	228	77	31	78	7.5	0.37	8.7
M02	107	186	67	34	45	9.7	0.24	6.3
M03	81	108	57	30	34	10.0	0.21	11.1
M04	76	142	103	27	53	23.1	0.27	8.1
M05	67	112	58	33	45	17.4	0.40	7.2
M06	125	189	86	33	51	7.2	0.34	9.3
M07	103	142	16	24	26	10.9	0.15	8.7
M08	95	118	42	27	44	19.9	0.26	10.5
M09	73	160	39	23	84	9.7	0.34	13.5
M10	73	79	77	26	34	20.2	0.40	9.3
M11	142	248	78	35	63	13.8	0.35	11.7
M12	93	158	64	26	34	12.7	0.19	9.6
M13	113	110	84	37	29	29.2	0.46	9.0
M14	122	149	80	35	49	13.1	0.32	11.1
M15	188	132	54	31	36	15.2	0.29	9.3
M16	78	116	99	36	41	12.0	0.40	9.6
M17	105	158	47	26	44	25.1	0.30	10.8
M18	85	81	78	36	43	19.0	0.30	9.3
M19	81	89	44	33	26	11.3	0.21	9.3
M20	80	83	42	23	17	14.7	0.30	7.2
M21	114	116	54	29	21	9.5	0.41	6.6
M22	118	143	78	25	48	17.9	0.22	7.5
M23	97	106	87	32	31	16.8	0.33	11.7
Mean	100	137	66	30	42	15.0	0.31	9.4
SD	27	45	22	5	16	5.8	0.08	1.8

#### 4. 全血中の NAD 濃度

NAD 値は男子学生 (Table 1) で  $30 \pm 5$  nmol/ml ( $n = 23$ ), 最小値は 23 nmol/ml, 最大値は 37 nmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $32 \pm 5$  nmol/ml ( $n = 32$ ), 最小値は 19 nmol/ml, 最大値は 41 nmol/ml であり, 性差は認められなかった。

日本人の全血中の NAD 濃度に関する報告はすでに, 我々のものが数多くある。いずれの値も 30 nmol/ml 程度である<sup>15)</sup>。今回の値も, 男女ともに 30 nmol/ml 程度であり, 男女差は認められなかった。

#### 5. 血清中のビタミン C 濃度

血清ビタミン C 濃度は男子学生 (Table 1) で  $42 \pm 16$  nmol/ml ( $n = 23$ ), 最小値は 17 nmol/ml, 最大値は 78 nmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $52 \pm 14$  nmol/ml ( $n = 32$ ), 最小値は 73 nmol/ml, 最大値は 243 nmol/ml と, 女子学生の方が有意に高い値であった。

血清中のビタミン C 濃度に関しては, Levine ら<sup>16)</sup> は,  $62 \pm 10$  nmol/ml ( $n = 15$ , 女子) と報告している。古旗ら<sup>17)</sup> は, 7人の女子に111 mg のビタミン C を投与した時の血清ビタミン C 濃度は  $57 \pm 11$  nmol/ml であったと報告している。Hiraoka の報告<sup>13)</sup> では, 女子では  $66 \pm 15$  nmol/ml としている。村田ら<sup>18)</sup> は, 男子学生の血清

中のビタミン C 濃度は  $40 \pm 5$  nmol/ml と報告している。

#### 6. 血清中の葉酸濃度

血清葉酸濃度は男子学生 (Table 1) で  $15.0 \pm 5.8$  pmol/ml ( $n = 23$ ), 最小値は 7.5 pmol/ml, 最大値は 29.2 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $17.7 \pm 5.9$  pmol/ml ( $n = 32$ ) 最小値は 9.5 pmol/ml, 最大値は 31.5 pmol/ml であり, 性差は認められなかった。

#### 7. 血清ビタミン B<sub>12</sub> 濃度

ビタミン B<sub>12</sub> 値は男子学生 (Table 1) で  $0.31 \pm 0.08$  pmol/ml ( $n = 23$ ), 最小値は 0.19 pmol/ml, 最大値は 0.46 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $0.38 \pm 0.11$  pmol/ml ( $n = 32$ ), 最小値は 0.26 pmol/ml, 最大値は 0.65 pmol/ml と, 女子学生の方が有意に高い値を示した。

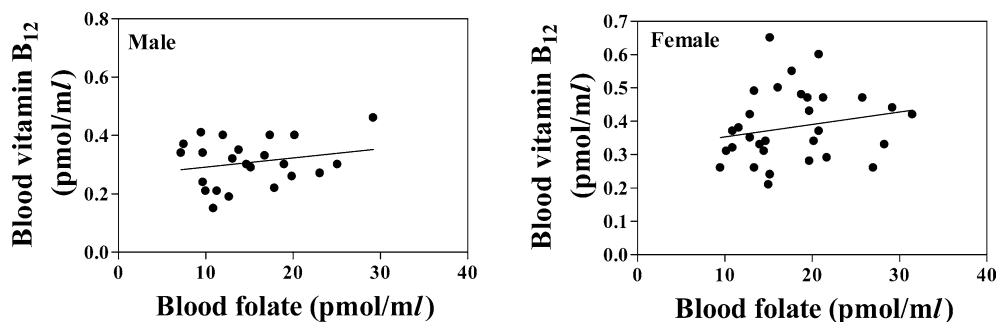
#### 8. 血清中のビオチン濃度

ビオチン値は男子学生 (Table 1) で  $9.4 \pm 1.8$  pmol/ml ( $n = 24$ ), 最小値は 6.5 pmol/ml, 最大値は 13.5 pmol/ml であった。女子学生 (Table 2) では  $7.4 \pm 1.9$  pmol/ml ( $n = 33$ ), 最小値は 3.9 pmol/ml, 最大値は 13.2 pmol/ml と, 男子学生の方が有意に高い値を示した。

血清ビオチン濃度については, すでに Fukui ら<sup>11)</sup> の報告がある ( $10.9 \pm 2.2$  pmol/ml)。前回の介入試験<sup>1)</sup> で

Table 2 Blood water-soluble vitamin contents in 32 female college students.

Subject	VB <sub>1</sub> (pmol/ml)	VB <sub>2</sub> (pmol/ml)	VB <sub>6</sub> (pmol/ml)	NAD (nmol/ml)	VC (nmol/ml)	Folates (nmol/ml)	VB <sub>12</sub> (pmol/ml)	Biotin (pmol/ml)
F01	99	230	81	31	63	14.5	0.31	8.7
F02	98	170	45	29	33	13.4	0.26	7.8
F03	121	84	56	30	48	28.3	0.33	7.5
F04	134	134	51	30	30	21.7	0.29	9.6
F05	99	99	41	32	54	25.8	0.47	5.7
F06	96	156	72	33	43	20.2	0.34	6.3
F07	109	108	62	39	50	17.7	0.55	11.1
F08	89	118	41	29	38	15.2	0.24	6.6
F09	99	153	68	33	61	15.2	0.65	5.1
F10	116	89	86	36	34	12.9	0.42	8.1
F11	97	161	64	37	91	19.7	0.28	7.8
F12	113	86	63	38	49	10.2	0.31	6.0
F13	101	134	92	30	32	15.0	0.21	5.7
F14	71	205	110	19	68	16.1	0.50	5.4
F15	166	190	50	38	39	9.5	0.26	7.8
F16	86	105	58	30	62	11.6	0.38	9.0
F17	144	120	120	32	63	20.8	0.37	6.3
F18	85	95	85	30	45	14.0	0.33	10.2
F19	89	145	53	32	40	20.8	0.60	7.2
F20	88	154	52	26	57	12.9	0.35	5.7
F21	101	136	42	28	43	19.5	0.47	7.2
F22	128	172	71	33	47	14.7	0.34	6.9
F23	163	96	59	29	50	10.9	0.37	6.9
F24	77	69	68	28	51	29.2	0.44	7.5
F25	100	170	91	29	58	18.8	0.48	9.3
F26	91	104	68	37	61	31.5	0.42	6.3
F27	86	119	31	39	74	21.3	0.47	13.2
F28	82	124	66	26	63	10.9	0.32	7.5
F29	77	144	117	24	60	13.4	0.26	6.3
F30	105	156	45	28	63	19.7	0.43	3.9
F31	91	158	54	41	60	13.4	0.49	7.8
F32	78	199	74	33	44	27.0	0.26	5.4
Mean	102	137	67	32	52	17.7	0.38	7.4
SD	23	39	22	5	13	5.9	0.11	1.9

Fig. 1 Relation between Blood Folates and Blood Vitamin B<sub>12</sub> Levels in Male and Female.

In male,  $r$  (correlation coefficient) is 0.228 and  $p$  is 0.295. In female,  $r$  is 0.201 and  $p$  is 0.269.

は、男女差がなく約 8 pmol/ml であったが、今回の実験結果では、男子学生の方が有意に高い値を示した。

#### 9. 血清葉酸とビタミン B<sub>12</sub> 濃度との関係

葉酸とビタミン B<sub>12</sub> の欠乏症はともに大赤血球性貧血

である。これは、葉酸補酵素代謝の中心的な位置を占める反応、5-メチルテトラヒドロ葉酸→テトラヒドロ葉酸の反応を触媒するメチオニンシンターゼが補酵素としてビタミン B<sub>12</sub> を必要とするためである。そこで、血液中

の葉酸濃度とビタミン B<sub>12</sub> 濃度との関係を調べたが、Fig. 1 に示したように、有意な相関関係は得られなかった。

## 考 察

大きな男女差が報告された介入試験<sup>1)</sup>では、葉酸をプテロイルモノグルタミン酸として 200  $\mu\text{g}$ /日摂取させた。食事性葉酸としては 340  $\mu\text{g}$  (サプリメント型の葉酸は食事性葉酸の1.7倍の生体利用率を有するため)<sup>19)</sup> に相当する量であった。また、採血は、介入試験<sup>1)</sup>では、今回のような昼食前の空腹時ではなく、朝食前の空腹時に行った。その時の値は、男子学生が  $15.6 \pm 4.6$  pmol/ml、女子学生が  $30.2 \pm 8.6$  pmol/ml であった<sup>1)</sup>。今回のように自由に生活をしている男子学生の値とほぼ同じ値であった。しかしながら、女子学生においては、今回のように自由に生活を送っているときの値は、約半分の 18 pmol/ml であった。ちなみに、食事摂取基準 (2005年版)<sup>20)</sup> においては、血清葉酸濃度が 7 pmol/ml 以上、赤血球葉酸濃度が 300 pmol/ml 以上、血清ホモシステイン濃度が 14 nmol/ml 未満に50%の人が維持できる食事性葉酸の摂取量を 200  $\mu\text{g}$ /日としている。今回の男子学生において、血清中の葉酸濃度が 7 pmol/ml 未満の数は1名であり、その値は 5.7 pmol/ml であった。女子学生は、全員が 7 pmol/ml 以上の値であった。したがって、食事摂取基準 (2005年版)<sup>20)</sup> の策定に使用された判断基準を活用すれば、食事調査はしていないが、今回対象者となった学生の葉酸栄養状態は良好であることも明らかとなった。

血清葉酸濃度が、男子の方が女子よりも低いことは、韓国人においても報告されている<sup>21)</sup>。この報告<sup>21)</sup>によれば、韓国人の血清葉酸値は、男子が  $14.7 \pm 6.9$  pmol/ml、女子が  $18.0 \pm 8.0$  pmol/ml である。カナダからの研究報告においても<sup>22)</sup>、男子の血漿葉酸濃度が  $8.55 \pm 5.19$  pmol/ml、女子が  $9.75 \pm 6.56$  pmol/ml と報告されている。差異はわずかであるが、対象者数が多いため、女子の方が有意に高い値であったと報告されている。高齢者においても、女子の方 (16.3 pmol/ml) が男子 (12.7 pmol/ml) よりも血清葉酸値が高いことが報告されている<sup>23)</sup>。このように、女子の方が血清葉酸値が高いという報告があるが、これらの差異はわずかであり、Shibata ら<sup>1)</sup> が報告したような2倍もの差異ではない。

Shibata ら<sup>1)</sup> の報告と今回得られた値との顕著な違いの原因を考えると、合成葉酸であるプテロイルモノグルタミン酸を投与したことに加え、女子の介入試験では定期運動を室内で行い、太陽光線を浴びさせなかったためであると考えられた。このように考えるようになった経緯を説明する。事実として、生物系食料中の葉酸の形は5-メチルテトラヒドロ葉酸のポリグルタミン酸であ

り、血清中にあらわれる形は5-メチルテトラヒドロ葉酸のモノグルタミン酸である<sup>24)</sup>。5-メチルテトラヒドロ葉酸はUVAに対して安定であるが<sup>25)</sup>、介入試験で投与したプテロイルモノグルタミン酸はUVAを照射されると破壊される<sup>26)</sup>。経口摂取されたプテロイルモノグルタミン酸は、一部は小腸細胞内でジヒドロ葉酸→テトラヒドロ葉酸→5-メチルテトラヒドロ葉酸に変換されたのち、血清中にあらわれる。一方、残りは、代謝をうけずに、そのままの形であるプテロイルモノグルタミン酸として血清中にあらわれる。男子においては、定期運動時に上半身はだかの短パン姿で、太陽を一杯浴びていたために、プテロイルモノグルタミン酸の形の葉酸のみが破壊されてしまったものと考えられる。一方、女子は、太陽をほとんど浴びなかったために、血清中にプテロイルモノグルタミン酸として存在していた葉酸がUVAによって破壊されなかったため、顕著に高い値を示したと思われる。以上のことから、葉酸として、習慣的に合成葉酸であるプテロイルモノグルタミン酸のみを1日に200  $\mu\text{g}$  摂取させると、血清中の葉酸の値は 30 nmol/ml 程度となる<sup>1)</sup>。このうちの半分は5-メチルテトラヒドロ葉酸、残りの半分はプテロイルモノグルタミン酸である。大胆な推測ではあるが、このような状態で、UVAをたっぷり (夏期では、露出度の高い服装で、1日に数時間太陽を浴びる) 浴びると、プテロイルモノグルタミン酸のみが破壊されてしまうものと思われる。その結果、男子被験者は 15 nmol/ml 程度の値を、女子被験者は 30 nmol/ml 程度の値を示したものと思われる。一方、自由に生活をしており、合成葉酸の摂取がないヒトの血清葉酸の形は5-メチルテトラヒドロ葉酸である。この形であれば、UVAによる破壊はない。したがって、今回のように自由に生活をしている男女間では差異が認められなかったものと思われる。他の研究者で<sup>21-23)</sup>、女子の方が、若干高い値を示したのは、食事性葉酸の摂取量が女子の方が、高かったためであると思われる。

今回の報告でも、血清ビタミン B<sub>12</sub> 濃度は、介入試験時と同じように女子の方が高い値 (女子  $0.38 \pm 0.11$  pmol/ml、男子  $0.31 \pm 0.08$  pmol/ml) を示したが、その差異はわずかであった。他の研究者も、女子の方 (0.60 pmol/ml) が男子 (0.48 pmol/ml) よりも高い値を示すことを報告している<sup>27)</sup>。しかしながら、Shibata ら<sup>1)</sup> の報告のように、女子が  $0.67 \pm 0.20$  pmol/ml、男子が  $0.34 \pm 0.05$  pmol/ml というような顕著な差異ではなかった。この原因に関しては、葉酸のような考察を加える背景が整っていないが、男女間における太陽光の浴びた量による違いに起因するものではないかと考えている。以上のことから、プテロイルモノグルタミン酸やシアノコバラミンを摂取しても、太陽を浴びすぎると、これらのビタ

ミンの補足が十分に達成されなくなるので、注意が必要である。不足の危険性を回避するには、定期的に血清中のビタミンの測定が必要である。

自由に生活している男女学生の血液中の水溶性ビタミン濃度を測定し、比較した結果、血清中のビタミン B<sub>12</sub> とビタミン C 濃度においては女子の方が、血清ビオチン濃度においては男子の方が高い値を示した。わずかな差異ではあったが、原因については、食事調査や生活活動調査などを行っていないので不明である。本報告は、資料であることでもあり、これらは今後の課題としたい。

しかしながら、本資料の主題ではないが強調しておきたいことが一つだけある。今回の対象者は自由に生活している大学生である。この集団における特徴は、ビタミン C の血漿中の濃度が、食事摂取基準 (2005年版)<sup>20)</sup> に記載されているカットオフ値である 50 nmol/ml よりも低い対象者が男子で18名、女子で14名いたことであった。したがって、この集団はビタミン C の摂取量が低い集団であった可能性が強いと思われた。食事摂取基準 (2005年版)<sup>20)</sup> のビタミン C の食事摂取基準の指標は壊血病という欠乏症ではなく、抗酸化、心臓血管系の疾病予防が期待できる血漿中のビタミン C 濃度を50%の人が維持できる量として策定されている。では、壊血病を指標にすると血漿中のビタミン C 濃度のカットオフ値はどれくらいであるかというはっきりとしたデータはないが、10 mg で壊血病が予防できるという情報<sup>28)</sup> と文献16を利用すると、約 15 nmol/ml と読み取れる。この値をカットオフ値にすると、男女ともに、この値以下の対象者は一人もいなかったが、現在の国民の食生活の改善では、壊血病という絶対的欠乏症ではなく、潜在的欠乏症による抗酸化、心臓血管系の疾病予防が重要であり、自由に生活をしている健全な大学生で56% (32名/57名) が、潜在的欠乏状態であったことは、ビタミン C の主要な供給源となっている食品である野菜や果物<sup>29)</sup> の摂取量不足が予測された。

## ま と め

自由食摂取時の日本人男女学生の血液中の水溶性ビタミン濃度を測定した結果、以下の値が得られた。全血中のビタミン B<sub>1</sub> 値：男子 = 100 ± 27 pmol/ml (n = 23), 女子 = 102 ± 25 pmol/ml (n = 32)。全血中のビタミン B<sub>2</sub> 値：男子 = 137 ± 45 pmol/ml, 女子 = 137 ± 39 pmol/ml。血清中の総ビタミン B<sub>6</sub> 値：男子 = 66 ± 21 pmol/ml, 女子 = 67 ± 22 pmol/ml。全血中の NAD 値：男子 = 30 ± 5 nmol/ml, 女子 = 32 ± 5 nmol/ml。血清中のビタミン B<sub>12</sub> 値：男子 = 0.31 ± 0.08 pmol/ml, 女子 = 0.38 ± 0.11 pmol/ml。血清中の葉酸値：男子 = 15.0 ± 5.8 pmol/ml, 女子 = 17.7 ± 5.9 pmol/ml。血清中のビオチン値：男子

= 9.4 ± 1.8 pmol/ml, 女子 = 7.4 ± 1.9 pmol/ml。血清中のビタミン C 値：男子 = 42 ± 16 nmol/ml, 女子 = 54 ± 14 nmol/ml。ビタミン B<sub>12</sub>, ビオチンとビタミン C 濃度のみには男女差が認められた。

## 謝 辞

本研究は、平成16～18年度厚生労働科学研究費補助金・循環器疾患等総合研究事業・日本人の食事摂取基準 (栄養所要量) の策定に関する研究 (主任研究者 柴田克己) を受けて行ったものである。関係各位に謝意を表する。

## 文 献

- 1) 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. and 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)
- 2) Branda, R.F. and Eaton, J.W.: Skin color and nutrient photolysis: an evolutionary hypothesis, *Science*, **201**, 625–626 (1978)
- 3) Gambichler, T., Bader, A., Sauermann, K., Altmeyer, P. and Hoffmann, K.: Serum folate levels after UVA exposure: a two-group parallel randomized controlled trial, *BMC Dermatol.*, **1**, 8–11 (2001)
- 4) Kimura, M., Fujita, T. and Itokawa, Y.: Liquid chromatographic determination of the total thiamin content of blood, *Clin. Chem.*, **28**, 29–31 (1982)
- 5) 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, **45**, 231–238 (2004)
- 6) Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K.: A simple method for micro-determination of flavin in human serum and whole blood by high-performance liquid chromatography, *Biochem. Int.*, **4**, 187–194 (1982)
- 7) (社) 日本食品科学工学会 新・食品分析法編集委員会編, 新・食品分析法, pp. 394–406 (1996), 光琳, 東京
- 8) Shibata, K. and Murata, K.: Blood NAD as an index of niacin nutrition, *Nutr. Int.*, **2**, 177–181 (1986)
- 9) Kishida, K., Nishimoto, Y. and Kojo, S.: Specific determination of ascorbic acid with chemical derivatization and high-performance liquid chromatography, *Anal. Chem.*, **64**, 1501–1507 (1992)
- 10) 石渡幸久, 遠藤紀子, 津田律子, 安田和人: 全自動化学発光免疫測定装置 ACS-180を用いた化学発光による血清ビタミン B<sub>12</sub>・葉酸の測定: *JJCLA*, **20**, 29–37 (1995)
- 11) Fukui, T., Iinuma, K., Oizumi, J. and Izumi, Y.: Agar plate method using *Lactobacillus plantarum* for biotin determination in serum and urine, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **40**, 491–498 (1994)
- 12) 武田厚子, 須山哲次, 水口善夫, 鈴木千夏, 今西雅代,

- 武田隆久, 武田隆司, 北村李軒, 玉井 浩, 木村美恵子: 日本人中年男女の血中ビタミン B<sub>1</sub> 値からみたビタミン B<sub>1</sub> 栄養状態: ビタミン, **76**, 349-353 (2002)
- 13) Hiraoka, M.: Nutritional status of vitamin A, E, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, nicotinic acid, B<sub>12</sub>, folate, and  $\beta$ -carotene in young women, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **47**, 20-27 (2001)
- 14) 安田和人, 島田俊一, 美濃 真, 北川 真, 糸川嘉則, 木村美恵子, 松岡昌義, 大塚絃司: 総合ビタミン剤長期服用による健康成人の全血総ビタミン B<sub>6</sub>, ニコチン酸濃度及び尿中 B<sub>6</sub>, ニコチン酸代謝産物排泄量の変動: ビタミン, **65**, 545-556 (1991)
- 15) Shibata, K.: Blood pyridine nucleotide levels reflect niacin equivalent intake in humans, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 3:493-499 (1987)
- 16) Levine, E., Wang, Y., Padayatty, S.J. and Morrow, J.: A new recommended dietary allowance of vitamin C for healthy young women, *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, **98**, 9842-9846 (2001)
- 17) 古旗照美, 井上喜久子, 石井恵子, 樋口 満: 身体活動水準の異なる若年成人女性のビタミン栄養状態: ビタミン, **72**, 363-371 (1998)
- 18) 村田 晃, 小林知恵, 松岡昌義, 大塚絃司, 北川 真, 美濃 真, 木村美恵子, 糸川嘉則: 総合ビタミン剤を健康成人男子に長期服用させたときのビタミン C の血漿濃度及び尿中排泄の変動: ビタミン, **65**, 557-565 (1991)
- 19) Pfeiffer, C.M., Rogers, L.M., Bailey, L.B. and Gregory, J.F.3<sup>rd</sup>.: Absorption of folate from fortified cereal-grain products and supplemental folate consumed with or without food determined by using a dual-label stable-isotope protocol, *Am. J. Clin. Nutr.*, **66**, 1388-1397 (1997)
- 20) 厚生労働省: 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 策定検討会報告書, pp. 92-95 (2004), 東京
- 21) Kim, H-S. and Heo, Y-R.: Plasma total homocysteine, folate, and vitamin B<sub>12</sub>, status in Korean adults, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **48**, 290-297 (2002)
- 22) Lussier-Cacan, S., Xhingesse, M., Piolot, A., Selhub, J. and Davignon, J.: Plasma total homocysteine in healthy subjects: sex-specific relation with biological traits, *Am. J. Clin. Nutr.*, **64**, 587-593 (1996)
- 23) Tucker, K.L., Selhub, J., Wilson, P.W. and Rosenberg, I.H.: Dietary intake pattern relates to plasma folate and homocysteine concentrations in the Framingham Heart Study, *J. Nutr.*, **126**, 3025-2031 (1996)
- 24) Pfeiffer, C.M., Fazili, Z., McCoy, L., Zhang, M. and Gunter, E.W.: Determination of folate vitamers in human serum by stable-isotope-dilution tandem mass spectrometry and comparison with radioassay and microbiologic assay, *Clin. Chem.*, **50**, 423-432 (2004)
- 25) Steindal, A.H., Juzenniene, A., Johnsson, A. and Moan, J.: Photodegradation of 5-methyltetrahydrofolate: Biophysical aspects, *Photochem. Photobiol.*, **82**, 1651-1655 (2006)
- 26) Akhtar, M.J., Khan, M.A. and Ahmad, I.: Photodegradation of folic acid in aqueous solution, *J. Pharmaceu. Biomed. Anal.*, **25**, 269-275 (1999)
- 27) Fernandes-Costa, F., van Tonder, S. and Metz, J.: A sex difference in serum cobalamin and transcobalamin levels, *Am. J. Clin. Nutr.*, **41**, 784-786 (1985)
- 28) Hodges, R.E., Hood, J., Canham, J.E., Sauberlich, H.E. and Baker, E.M.: Clinical manifestations of ascorbic acid deficiency in man, *Am. J. Clin. Nutr.*, **24**, 432-443 (1971)
- 29) Kimura, N., Fukuwatari, T., Sasaki, R., Hayakawa, F. and Shibata, K.: Vitamin intakes in Japanese women college students, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **49**, 149-155 (2003)  
(受付:平成20年2月15日, 受理:平成21年6月20日)