大学女子テニス選手におけるビタミンB₁, B₂, C摂取量と ビタミンの栄養状態との関連性

関 根 豊 子, 高 橋 裕 子, 井 上 喜久子, 樋 口 満

国立健康・栄養研究所

Vitamins B₁, B₂ and C Status in Female Collegiate Tennis Players

Toyoko Sekine, Yuko Takahashi, Kikuko Inoue and Mitsuru Higuchi

National Institute of Health and Nutrition

This study evaluated the water-soluble vitamin status (vitamin B₁(VB₁), Vitamin B₂(VB₂) and vitamin C (VC)) in female collegiate tennis players and untrained students. The tennis players who took some supplements had a higher level of energy intake than those without supplements and the untrained students. Although the VB₁ intake by tennis players without supplements and by the untrained students was higher than the RDA level, their VB₁ status in terms of the TDP (thiamin diphosphate) effect was generally inappropriate. The tennis players without supplements showed a significant inverse correlation between the VB₁ intake (mg/1,000kcal) and TDP effect. A regression analysis indicated that the VB₁ intake corresponding to the upper level of the normal area (18%) for TDP effect was 0.60mg. The VB₂ intake by tennis players without supplements and by the untrained students was also higher than the RDA level, and an appropriate VB₂ status in terms of the FAD (flavin adenine dinucleotide) effect was apparent in the tennis players and untrained students. The tennis players who took some supplements had a considerably highly intake of both VB₁ and VB₂ than the respective RDA levels, and their vitamin status was appropriate. The tennis players both with and without supplements had a markedly higher VC intake than the RDA level, while the untrained students had a slightly lower level of VC intake than the RDA level. All subjects had appropriate level of serum VC concentration.

Jpn. J. Nutr., 59 (2) 79～86 (2001)

目 的

スポーツ選手にとって適切なエネルギー及び各栄養素の摂取は、健康管理と競技力向上に不可欠である。日々トレーニングや試合を行っているスポーツ選手は、身体活動量の少ない人々に比べて、摂取すべきエネルギー量が増加し、各種栄養素の摂取量も増やす必要がある。その中でも水溶性ビタミンは、体内保留量が少ないため、日々の摂取に配慮が必要である。特にビタミンB₁, B₂ (以下, VB₁, VB₂) について, van der Beekら¹⁻³⁾ は, 摂取量をRDAの1/3程度 (0.42mg/日) まで制限すると, 血中乳酸の増加及び10～15%の最大酸素摂取量の低下がみられ, パフォーマンスに悪影響を与えることを報告している。しかし, スポーツ選手の栄養状態に関する報告によれば, VB₁の栄養状態が潜在性欠乏状態である選手の存在が認められている⁴⁻⁸⁾。また, ビタミンC (VC) はストレス関連ホルモンの代謝に関与しており,

精神的, 身体的ストレスが加わることにより必要量が増加するといわれている⁹⁾。更に, VCは非ヘム鉄の吸収促進¹⁰⁾ やコラーゲンの合成にも関与しており, 最近ではβ-カロテン, ビタミンEとともに, 抗酸化作用をもつビタミン¹¹⁾ としても注目されている。

しかし, スポーツ選手の適正なビタミン摂取量については, 血中濃度や補酵素添加効果などの生化学的指標を評価尺度として, 良好な状態に維持, あるいは改善するために必要な摂取量を明確に示した報告は少なく, 現在のところ定められていない¹²⁾。そこで本研究では, 大学女子テニス選手の水溶性ビタミンの摂取状況調査とビタミンの栄養状態の評価を一般女子学生との比較で検討した。

Key words : collegiate female tennis player, vitamin B₁, vitamin B₂, vitamin C

大学女子テニス選手, ビタミンB₁, ビタミンB₂, ビタミンC

(連絡先: 樋口 満 〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1 電話 03-3203-5603 FAX 03-3204-1761 E-mail mhiguchi@nih.go.jp)

方 法

1. 対象者

関東大学テニスリーグ1部A大学テニス部に所属する女子17人及び、特に運動を行っていない一般女子大学生13人を対象とした。本研究にあたっては、ヘルシンキ宣言の精神を遵守し、対象者に実験方法を説明し、全員の同意を得た。

2. 身体計測

各対象者に対して、身体計測（身長、体重、皮脂厚）を行った。皮脂厚は栄研式皮厚計にて上腕背部と肩甲骨下部を測定し、体脂肪率は長嶺らの方法により身体密度を算出し、それをBrozekの式に当てはめて推計した¹³⁾。

3. 栄養摂取状況調査

大学女子テニス選手は夏季のトレーニング期（1998年8月または1999年8月）において、一般女子大学生は同時期の平常日において、採血日の直前3日間の食物摂取状況調査を行った。調査方法は、各個人に調査用紙及び秤を渡し、原則として秤量法で行った。秤量不可能なものについては目安量を、また薬剤及びビタミン剤等の栄養補助剤や栄養強化食品を摂取しているものについては、それらも記載するようにした。調査用紙回収時には、管理栄養士が聞き取りを行い、献立・食材とその摂取量を確認した。調査用紙を基に、「四訂日本標準食品成分表」¹⁴⁾から各栄養素摂取量を算出した。なお、調理によるビタミンの損耗については考慮しなかった。

更に大学女子テニス選手については、食事調査期間と同時期に生活時間調査を行い、「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾を参考に、「日常生活の動作強度の目安」を用いてエネルギー消費量を算出した。

4. ビタミンの栄養状態

(1) 採血及び検体前処理

食物摂取状況調査終了の翌日、早朝空腹時に肘静脈より5 mlのヘパリン加採血を行った。

血液は、遠心分離により血漿と赤血球に分け、血漿は0.5mlを30%メタリン酸0.5mlと混合したものをVC測定用の試料とし、上清及びバッフィーコートを除去し、分離した赤血球を生理食塩水にて3回洗浄し、赤血球と同量の純水を混合した溶赤血球をVB₁及びVB₂測定用の試料とした。これらは直ちに-80℃で凍結し、測定まで保存した。

(2) ビタミンの栄養状態の評価

VB₁の栄養状態の評価は、Takeuchiら¹⁵⁾の溶血球中トランスケトラーゼ活性のTDP添加効果法により測定した。この方法はHenkら¹⁶⁾によって推奨されている方法で、TDPはトランスケトラーゼの補酵素であり、VB₁が不足するとトランスケトラーゼ活性が低下することから、TDP添加前後のトランスケトラーゼ活性の変化を

表1 対象者の身体的特徴

		テニス選手 (n = 17)	一般学生 (n = 13)
年齢	(歳)	20 ± 1	20 ± 1
身長	(cm)	163.4 ± 3.8 *	158.6 ± 4.4
体重	(kg)	56.8 ± 6.3 *	51.0 ± 3.4
BMI	(kg/m ²)	21.2 ± 1.9	20.3 ± 1.2
体脂肪率	(%)	19.1 ± 4.3	20.4 ± 2.8

* $p < 0.01$ (vs 一般学生)

(M ± SD)

みて、VB₁の栄養状態を評価するものである。本研究では、VB₁についての基準は、橋詰ら¹⁷⁾、横峯ら¹⁸⁾の値を参考にし、 $\leq 18\%$ を正常基準範囲、 $> 18\%$ 、 $\leq 30\%$ を境界域、 $> 30\%$ を潜在性欠乏域として評価した。VB₂の栄養状態は、溶血球中グルタチオン還元酵素活性のFAD添加効果法^{19~21)}により測定し、結果判定の正常基準範囲は ≤ 1.3 であり、 > 1.3 を潜在性欠乏域として評価した²¹⁾。VCの栄養状態は、ヒドラジン法（DNP法；dinitrophenylhydrazine法²²⁾にて血漿VC濃度を測定し、橋詰の基準値を参考にし、 $\geq 0.7\text{mg/dl}$ を正常基準範囲とし、それ以下を潜在性欠乏域として評価した。

5. 統計処理

各群間における有意差検定は、一元配置分散分析を行った。有意な分散がみられたものに関しては多重比較検定を行った。二変量間の相関関係は回帰分析を用い、全ての検定は $p < 0.05$ をもって有意とした。

結 果

1. 身体的特徴

大学女子テニス選手及び一般女子大学生の身体的特徴について、表1に示した。テニス選手は、一般学生に対して、身長、体重ともに有意に大きく、体脂肪率は低い傾向 ($p = 0.054$) にあった。

2. エネルギー摂取量及び各種栄養素、食品群別摂取状況

エネルギー及び栄養素摂取量を表2に示した。食物摂取状況調査の結果、大学女子テニス選手にビタミン剤摂取者が2人、ビタミン剤及びプロテイン摂取者が1人、アミノ酸摂取者が1人（以下、サプリメントとする）存在した。この4選手は、テニス選手サプリメント非摂取者と分けて検討した。一般学生の中には、サプリメントを摂取していた者はいなかった。

テニス選手サプリメント摂取者は、非摂取者に比べ、たんぱく質、VB₁、VB₂摂取量が有意に多かった。また、一般学生に比べ、エネルギー、たんぱく質、糖質、VB₁、VB₂、VCの摂取量が有意に多く、たんぱく質エネルギー比が有意に高かった。テニス選手サプリメント摂取者

表2 エネルギー及び栄養素摂取状況

	テニス選手		一般学生 (n = 13)
	サプリメント摂取者 (n = 4)	サプリメント非摂取者 (n = 13)	
エネルギー (kcal)	2,394 ± 253 ^{##}	1,936 ± 375	1,692 ± 339
たんぱく質 (g)	87.7 ± 16.5 ^{####}	57.2 ± 15.2	58.8 ± 14.0
(g/体重kg)	1.65 ± 0.47 ^{***}	1.00 ± 0.23	1.20 ± 0.30
脂質 (g)	73.3 ± 10.2	61.1 ± 17.8	62.8 ± 20.1
糖質 (g)	355.8 ± 48.9 ^{##}	292.1 ± 97.1 [#]	213.6 ± 38.5
エネルギー比率			
P (%)	14.7 ± 3.0 [*]	11.7 ± 1.2 [#]	13.9 ± 2.1
F (%)	27.6 ± 3.6	28.3 ± 5.9	32.9 ± 5.3
C (%)	57.6 ± 2.0	59.9 ± 5.8 [#]	53.2 ± 6.1
ビタミンB ₁ (mg)	9.35 ± 12.26 ^{####}	0.92 ± 0.24	0.83 ± 0.27
(mg/1,000kcal)	3.98 ± 5.37 ^{####}	0.48 ± 0.10	0.49 ± 0.10
ビタミンB ₂ (mg)	9.26 ± 12.34 ^{####}	1.29 ± 0.53	1.06 ± 0.38
(mg/1,000kcal)	3.97 ± 5.40 ^{**}	0.65 ± 0.20	0.63 ± 0.19
ビタミンC (mg)	506 ± 389 [#]	315 ± 263 [#]	91 ± 46

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (vs テニス選手サプリメント非摂取者), # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$ (vs 一般学生)
(M ± SD)

のサプリメント由来のエネルギーは、 49.6 ± 40.2 kcal、たんぱく質 7.0 ± 9.2 g、脂質 1.1 ± 1.0 g、糖質 3.8 ± 3.9 gであった。テニス選手サプリメント非摂取者は、一般学生に比べ、糖質、VC摂取量が有意に多く、たんぱく質エネルギー比が有意に低く、糖質エネルギー比率が有意に高かった。エネルギー消費量は、テニス選手サプリメント摂取者が $2,138 \pm 290$ kcal、非摂取者が $2,103 \pm 348$ kcalで、サプリメント摂取者、非摂取者ともエネルギー摂取量との有意な差はみられなかった。

VB₁、VB₂摂取量とエネルギー摂取量との関係をテニス選手サプリメント非摂取者と一般学生を併せて検討したところ、VB₁、VB₂摂取量とエネルギー摂取量には有意な相関が認められた (VB₁; $y = 0.00049x - 0.21$, $r = 0.73$, $p < 0.01$, VB₂; $y = 0.00088x - 0.41$, $r = 0.70$, $p < 0.001$)。大学女子テニス選手及び一般女子大学生の水溶性ビタミン摂取量を「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾に従って、VB₁はエネルギー摂取量1,000kcal当たり0.42mg、VB₂はエネルギー摂取量1,000kcal当たり0.48mg、VCは100mgを基準量とし、個々人の摂取量を検討した。その結果、VB₁の基準量を満たしていない者がテニス選手サプリメント非摂取者に4人、一般学生に3人、VB₂の基準量を満たしていない者がテニス選手サプリメント非摂取者に1人、一般学生に3人、VCの基準量を満たしていない者がテニス選手サプリメント非摂取者に3人、一般学生に8人存在した。

対象者の食品群別摂取量を表3に示した。テニス選手

表3 食品群別摂取状況

食品群	テニス選手		一般学生 (n = 13)
	サプリメント 摂取者 (n = 4)	サプリメント 非摂取者 (n = 13)	
穀類	338 ± 54 ^{##}	240 ± 70	233 ± 81
いも類	14 ± 9	26 ± 32	31 ± 24
砂糖類	4 ± 4	5 ± 7	4 ± 3
油脂類	9 ± 4	8 ± 6 [#]	27 ± 33
豆類	104 ± 53 ^{####}	12 ± 15	15 ± 5.2
魚介類	34 ± 18 ^{**}	10 ± 12 [#]	38 ± 36
獣鶏鯨肉類	107 ± 37	85 ± 56	76 ± 58
卵類	14 ± 23	31 ± 24	42 ± 44
乳類	314 ± 199 [#]	233 ± 175	144 ± 111
野菜類			
緑黄色野菜	35 ± 1	32 ± 31	86 ± 93
その他の野菜	139 ± 108 [*]	60 ± 36 [#]	114 ± 64
果実類	232 ± 77 [#]	187 ± 122 [#]	73 ± 100
きのこ類	8 ± 10 [*]	1 ± 3	3 ± 5
海藻類	2 ± 3	4 ± 4	5 ± 15
菓子類	83 ± 76 [#]	65 ± 69	27 ± 33
嗜好飲料	532 ± 399 [#]	754 ± 460 ^{##}	161 ± 244

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (vs テニス選手サプリメント非摂取者), # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$ (vs 一般学生)

(M ± SD; g)

サプリメント摂取者は、非摂取者に比べ、穀類、豆類、魚介類、その他の野菜類、きのこ類の摂取量が有意に多

図1 ビタミンの栄養状態

□ 平均値 ● 個人

テニス選手サプリメント摂取 ($n = 4$), 非摂取量 ($n = 13$), 一般学生 ($n = 13$)TDP 添加効果: 基準範囲; $\leq 18\%$, 境界域; $> 18\%$, $\leq 30\%$, 潜在性欠乏域; $> 30\%$ FAD 添加効果: 基準範囲; ≤ 1.3 , 潜在性欠乏域; > 1.3 血漿 VC 濃度: 基準範囲; $\geq 0.7\text{mg/dl}$, 潜在性欠乏域; $< 0.7\text{mg/dl}$

かった。また、一般学生に比べ、穀類、豆類、果実類、菓子類、嗜好飲料の摂取量が有意に多かった。テニス選手サプリメント非摂取者は、一般学生に比べ、油脂類、魚介類、その他の野菜類の摂取量が有意に少なく、果実類、嗜好飲料の摂取量が有意に多かった。

3. ビタミンの栄養状態

テニス選手と一般学生のビタミンの栄養状態を図1に示した。TDP添加効果の平均値は、テニス選手サプリメント非摂取者で境界域の値を示し、正常基準範囲2人、境界域10人、潜在性欠乏域1人であった。サプリメント摂取者のTDP添加効果は、正常基準範囲の値を示し、非摂取者に比べて有意に低い値であった。一般学生のTDP添加効果の平均値も境界域の値を示し、正常基準範囲7人、境界域5人、潜在性欠乏域1人であった。FAD添加効果は、全てのテニス選手及び一般学生ともに正常基準範囲内であった。血漿中VC濃度は、全てのテニス選手及び一般学生ともに正常基準範囲内であった。

4. ビタミン摂取状況とビタミンの栄養状態との関係

栄養状態が悪かったVB₁の摂取状況とTDP添加効果の関係について、更に検討を行った。テニス選手サプリメント非摂取者、一般学生の摂取量 (mg/日) とTDP添加効果の間には、統計的に有意な相関がみられなかった。テニス選手サプリメント非摂取者についてみると、エネルギー摂取量1,000kcal当たりの摂取量 (mg/1,000kcal) とTDP添加効果との間には、有意な負の相関が認められた (図2)。しかし、一般学生のエネルギー摂取量1,000kcal当たりの摂取量 (mg/1,000kcal) とTDP添加効果との間には有意な相関は認められな

図2 ビタミンB₁摂取量とTDP添加効果の関係

図3 ビタミンC摂取量と血中濃度の関係

った。図2に示したテニス選手サプリメント非摂取者に対する回帰直線からTDP添加効果が正常基準範囲の上限値 (18%) に相当する摂取量を求めると、0.60mgであった。

VCの栄養状態を個別に検討するために、摂取量と血

漿VC濃度の関係を図3に示した。血漿VC濃度は摂取量の増加に伴い増加傾向を示しているが、800mg以上の摂取では2.0mg/dlでほぼ横ばい、200～400mgの摂取では1.5mg/dl程度であった。

考 察

平成10年国民栄養調査²³⁾によると、20歳代女性の平均栄養素等摂取状況は、エネルギー充足率が92%で、ビタミンについては充足していると報告されている。しかし、古典的なビタミン欠乏症は減少したものの、「豊かな食生活」を背景に生化学的診断によって初めて明らかになる潜在性ビタミン欠乏状態は依然として存在するといわれている²⁴⁾。このような食生活状況におかれていることは、スポーツ選手も例外ではない。

表2に示したとおり、テニス選手サプリメント摂取者のエネルギー摂取量は一般学生と比べると有意に多かったが、非摂取者と一般学生の間には差はみられなかった。テニス選手の調査時期である夏季は、インカレ（大学選手権）が開催されるほか、多くのオープン大会が開催されている。本研究の対象となったテニス選手は各自のレベルに合わせた大会に出場しており、選手それぞれのトレーニング状況はオンコートでの技術練習が主であった。

オンコートでの技術練習についての細かいエネルギー消費量は測定されていないので、「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾を参考に、「日常生活の動作強度の目安」を用い、テニス選手のエネルギー消費量を概算したところ、摂取量との有意な差はみられなかった。調査日は試合日を避けて設定したものの、調整程度のトレーニング量であった選手もいたため、消費エネルギーが少なかったものと考えられる。一般学生については、日常的に運動・スポーツを行っていないことを確認しており、生活活動強度は「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾でいうⅡ（やや低い）に相当するものと考えられる。

VB₁の栄養状態について、本研究ではTDP添加効果を用い判定を行った。VB₁の最少必要量を摂取していた対象者にはTDP添加効果が18%以上を示す者がいなかったという橋詰ら¹⁷⁾の結果、また、正常健康人の90%がTDP添加効果0～30%であったという横峯ら¹⁸⁾の結果を基に基準値を設定した。この基準値は、スポーツ愛好者、選手に対しても使われている^{5～8, 25, 26)}。

本研究では、VB₁の栄養状態が境界域・潜在性欠乏域に含まれる対象者が多かった。この理由として、VB₁を豊富に含む食品が豚肉や豚肉製品、うなぎなどに限られること、また本研究の対象者は外食、コンビニ食が多く、自炊者においても食材が偏り、VB₁の供給源となり得る

いも類、大豆製品、野菜類、魚介類などの摂取量が少なかったことが考えられる。テニス選手と一般学生では、油脂類と魚介類、その他の野菜、果実類、嗜好飲料の摂取量に統計的に有意な差がみられた。しかし、油脂類はVB₁、VB₂をほとんど含んでおらず、その他の野菜、果実類からもVB₁、VB₂の摂取はあまり期待できない。魚介類からはVB₁、VB₂の摂取が期待できるが、それぞれの摂取量が少なかったため、両グループ間のVB₁、VB₂摂取量や栄養状態に影響が出なかったものと思われた。

今までに報告されたVB₁摂取量と栄養状態の研究によれば、食事提供実験では有意な相関がみられるものの²⁷⁾、食事調査結果では有意な相関がみられないとの報告が多く^{28, 29)}、我々の先行研究でも、TDP添加効果で判定した場合には総VB₁摂取量との関係が明確ではなかった^{6, 26)}。本研究においても、テニス選手サプリメント非摂取者、一般学生のどちらにおいても、総VB₁摂取量とTDP添加効果の間には有意な相関がみられなかった。

しかし、糖代謝はエネルギーを得るための重要な経路であり、VB₁は糖代謝経路の補酵素として働くことから、VB₁要求量はエネルギー代謝と関連させて考えられており、単位エネルギー量当たりの摂取基準量が設定されている^{12, 30)}。従って、血中VB₁の栄養状態についても、1日当たりの摂取量よりも単位エネルギー量当たりの摂取量に影響される可能性が高いことが考えられる。「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾では0.42mg/1,000kcalという基準量が設定されているが、本研究では、運動の有無にかかわらず、境界域・潜在性欠乏域に含まれる者が存在した。特に、テニス選手サプリメント非摂取者において、VB₁摂取量（mg/1,000kcal）とTDP添加効果値には有意な負の相関がみられた（図2）。この結果は、VB₁摂取量を単位エネルギー量当たりで設定することを支持するものと考えられる。しかし、一般学生においては同様の結果は得られていないので、VB₁の栄養状態の変化は、運動習慣のある人において顕著になると思われた。更に、一般学生には、基準摂取量を下回っていてもTDP添加効果が正常基準域に入る者が2人みられた。しかし、その理由として述べられるような特徴的な食事・栄養素摂取状況はみられなかった。個人のVB₁吸収能力や、利用効率が変わった可能性が考えられるが、今回の結果からは明らかではない。

図2に示したテニス選手サプリメント非摂取者の回帰直線からTDP添加効果の値が境界域（18%）以下になるVB₁摂取量を求めると、0.60mg/1,000kcalであった。計算上は、その量以上を摂取すれば栄養状態を改善できる可能性がある。しかし、本研究の対象となったテニス選手のエネルギー消費量は2,100kcal前後であり、VB₁を0.60mg/1,000kcal以上摂取していてもTDP添加効果

が18%を上回る選手も存在したことから、著しい消費エネルギー量の増加がVB₁必要量に与える影響については、更に検討が必要である。

VB₂に関しては、一般女子大学生、サプリメントを摂取していないテニス選手ともに平均摂取量は「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾の基準量を上回っており、栄養状態に関しては潜在性欠乏状態である者はいなかった。VB₂は、肉類、卵類、牛乳・乳製品など、比較的多種類の食品に含まれているため摂取しやすいことが考えられる。本調査結果でも、摂取エネルギー量の増加に伴ってVB₂の摂取量は増加しており、基準量をほぼ満たしていた。従って、VB₂は、一般学生、テニス選手ともに「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾に従い、基準量の摂取を心がけることによって、血中VB₂の栄養状態が良好に保たれるものと考えられる。

VCに関しては、一般学生の平均摂取量は基準量よりも若干少なかったが、血漿VC濃度が潜在性欠乏状態に含まれる者はいなかった。テニス選手では、VC平均摂取量は基準量よりも多く摂取されており、血漿VC濃度が潜在性欠乏状態である者はいなかった。これはVC摂取状況(表4)に示すとおり、調査時期が夏季であったため、スポーツドリンク、お茶、果汁100%ジュースなど市販嗜好飲料の摂取量が多くなり、それらの飲料に含まれていたVCを摂取したために血漿VC濃度が高くなったものと思われる。飲料及びサプリメント以外から、「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾の基準量である100mg以上のVCを摂取していたテニス選手は2人であった。夏季のように水分摂取のために市販嗜好飲料を多飲するような状況下では、VCの栄養状態は良好に保たれるが、冬季のように飲料の摂取量が少なくなることが予想される時期では、野菜類や果物類の摂取が少ないと、VCの栄養状態が悪くなる可能性が懸念される。

一方、一般学生では摂取したVCのほとんどが飲料以

外の食品由来のものであり、平均VC摂取量は基準量の100mgよりやや少なかったが、血漿VC濃度をみると潜在性欠乏状態に含まれる者はいなかった。なお、テニス選手と一般学生の平均VC摂取量には3倍以上の差があったにもかかわらず、血漿VC濃度には有意な差がみられなかった。

Levineら³¹⁾は、成人男性において、血漿VC濃度はVC投与量が1日1,000mgで完全なプラトー値(1.4mg/dl)になり、60mgではプラトー値の1/3、100mgでプラトー値の2/3、200mgでプラトー値に近づくと報告している。また、Rokitzkiら³²⁾は、摂取量がほぼ同じである場合、アスリートと非鍛錬者の間にも、アスリートの競技種目間にも、有意な差は認められないことを報告している。そしてこの理由として、摂取量が多く(平均; 181mg, 範囲; 188~239mg)、血漿VC濃度がプラトーに近づいていたためとしている(平均; 1.24mg/dl, 範囲; 1.16~1.41mg/dl)。本研究においてもほぼ同様な傾向が認められ、VCは200mg程度の摂取で血漿VC濃度はほぼ横ばいを示した。

以上のことから、VB₁に関しては、潜在性欠乏状態に陥りやすいため、VB₁の供給が期待できる食品群の摂取量を増やし、「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」¹²⁾に設定されている以上の摂取を心がける必要があることが示唆された。

要 約

本研究では、大学女子テニス選手及び一般学生を対象に、水溶性ビタミン(VB₁, VB₂, VC)の摂取状況調査と栄養状態の評価を行った。テニス選手サプリメント摂取者は、非摂取者、一般学生よりも有意に多くエネルギーを摂取していた。サプリメントを摂取していないテニス選手、一般学生ともに、VB₁を「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」の基準量以上摂取していたが、TDP(チアミン2リン酸)添加効果は境界域の値を示した。テニス選手サプリメント非摂取者の摂取量(mg/1,000kcal)とTDP添加効果の間には、有意な負の相関がみられた。得られた回帰直線から、TDP添加効果が正常基準範囲の上限値(18%)に相当する摂取量を求めると0.60mgであった。テニス選手サプリメント非摂取者、一般学生ともに、VB₂を「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—」の基準量以上摂取しており、FAD(フラビンアデニン2ヌクレオチド)添加効果は正常基準範囲の値を示した。また、テニス選手サプリメント摂取者は、VB₁, VB₂ともに基準量を大きく上回った摂取量で、それらの栄養状態も良好であった。VCの摂取量は、テニス選手サプリメント摂取者、非摂取者とも「第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基

表4 ビタミンC摂取状況

供給源	テニス選手		一般学生 (n = 13)
	サプリメント 摂取者 (n = 4)	サプリメント 非摂取者 (n = 13)	
食品	76 ± 41	38 ± 29	74 ± 47
飲料	278 ± 305	277 ± 268 #	16 ± 31
サプリメント	153 ± 136	—	—
合計	506 ± 389 #	315 ± 263 #	91 ± 46

$p < 0.05$ (vs 一般学生)

(M ± SD; mg)

準」の基準量以上であったが、一般学生は基準量をやや下回っていた。全対象者ともに血漿VC濃度は基準範囲であった。

*

本研究にご協力頂いた選手の皆様、並びに亜細亜大学堀内昌一先生に深く感謝致します。本研究は、(財)日本体育協会スポーツ科学専門委員会の委託費を受け、平成10年度、平成11年度「スポーツ選手に対する最新の栄養・食事ガイドライン策定に関する研究」の一環として行われた。

なお、本研究の概要は、第54回日本体力医学会（平成11年9月、熊本）、第11回テニス学会（平成11年11月、東京）において発表した。

文 献

- 1) Beek van del, E.J., Dokkum van, W., Schrijver, J.A., Weerd van de, H. and Hermus, R.J.J. : Effect of marginal vitamin intake on physical performance of man, *Int. J. Sports Med.*, **5**, 28～31 (1984)
- 2) Beek van del, E.J., Dokkum van, W., Schrijver, J.A., Wedel, M., Gaillarad, A.W.K., Wesstra, A., Weed van de, H., and Hermus, R.J.J. : Thamin, riboflavin and vitamin B₆ : impact of combined restricted intake on functional performance of man, *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, 1451～1462 (1988)
- 3) Beek van del, E.J., Dokkum van, W., Schrijver, J.A. and Berg van den, H. : Thamin, riboflavin and vitamin B₆ : impact of restricted intake on physical performance of man, *J. Am. Coll. Nutr.*, **13**, 629～640 (1994)
- 4) Beek van del, E.J. : Vitamin supplementation and physical exercise performance, *J. Sports Sci.*, **9**, Special issue, 77～89 (1991)
- 5) 小林修平, 山川喜久江, 長嶺晋吉 : IV食物摂取状況調査及び血液生化学検査から見たスポーツ選手のビタミン栄養状態の評価, 昭和60年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.IV スポーツ選手のビタミン要求量に関する研究 (1986)
- 6) 長谷川いずみ, 井上喜久子, 石井恵子, 樋口満 : 高校男子スケート選手の栄養状態—ビタミンB₁及びB₂について—, 栄養学雑誌, **53**, 59～66 (2000)
- 7) 樋口 満 : 食事からのビタミンB₁補給が大学水泳選手の血中ビタミンB₁栄養状態に与える影響, 平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.IX スポーツ選手に対する最新の栄養・食事ガイドライン策定に関する研究 第1報 (1997)
- 8) 杉浦克己 : 日本代表柔道選手の血中ビタミン栄養状態および栄養摂取状況, 平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.IX スポーツ選手に対する最新の栄養・食事ガイドライン策定に関する研究 第3報 (2000)
- 9) 飯島由美子, 添野尚子, 猪俣美知子, 塩入輝恵, 斎藤禮子, 木元幸一, 苔米地幸之助, 三田禮造, 井上喜久子, 池上幸江, 小林修平 : ストレス負荷によって起こる身体的, 精神的変化に及ぼすβ-カロテン及びビタミンCの影響について, 栄養学雑誌, **53**, 93～102 (1995)
- 10) Sean, R.L. : Interaction of iron with other nutrients, *Nutrition Reviews*, **55**, 102～110 (1997)
- 11) Kanter, M.M., Nolte, L.A. and Holloszy, J.O. : Effect of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise, *J. Appl. Physiol.*, **264**, 965～969 (1993)
- 12) 健康・栄養情報研究会編 : 第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準— (1999) 第一出版, 東京
- 13) 長嶺晋吉 : 皮下脂肪厚からの肥満の判定, 日本医師会雑誌, **68**, 919～924 (1972)
- 14) 第一出版編 : 四訂日本食品標準成分表 (1993) 第一出版, 東京
- 15) Takeuchi, T., Nishino, K. and Itokawa, Y. : Improved determination of transketolase activity in erythrocytes, *Clin. Chem.*, **30**, 658～661 (1984)
- 16) Henk, V.D.B., Helmeut, H., Michel, L. and Brittmarie, S. : Flair concerted action No. 10 status papers introduction, conclusions and recommendations, *Int. J. Vit. Nutr. Res.*, **30**, 247～251 (1993)
- 17) 橋詰直孝, 上島待子 : 血中総ビタミンB₁値, 溶赤血球Transketrase活性値に対する検討とその臨床応用, 臨床病理, **29**, 547～553 (1981)
- 18) 横峯涼子, 栗山 勝, 有馬寛雄, 井形昭弘 : 健康人のビタミンB₁代謝に関する生化学的検査—いわゆる正常値に関して—, ビタミン, **52**, 89～95 (1978)
- 19) Glatzle, D., Korner, W.F., Christeller, S. and Wiss, O. : Method for the detection of a biochemical riboflavin deficiency. Stimulation of NADPH₂-dependent glutathione reductase from human erythrocytes by FAD in vitro. Investigations on the vitamin B₂ status in healthy people and geriatric patients., *Int. Z Vitaminforsch*, **40**, 166～183 (1970)
- 20) Sauberlich, H.E., Dowdy, R.P. and Skala, J.H. : Laboratory test for the assessment of nutritional status., *CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.*, **4**, 215～340 (1973)
- 21) Sauberlich, H.E., Judd, J.H., Nicholds, G.E., Broquist, H.P. and Darby, W.J. : Application of the erythrocyte glutathione reductase assay in evaluating riboflavin nutrition status in a high school student pop-

ulation, *Am. J. Clin. Nutr.*, **25**, 756～732 (1972)

22) 日本ビタミン学会編：ビタミン学実験法Ⅱ
(1985) 東京化学同人，東京

23) 健康・栄養情報研究会編：平成10年国民栄養調査結果の概要 (2000)

24) 木村美恵子，狭山信矩，高島真知子，中林純子，糸川嘉則，恒松徳五郎：島根県無医村におけるビタミンB₁栄養状態，*日衛誌*，**36**，243 (1981)

25) 木村典代，関根豊子，高橋裕子，井上喜久子，岡 純，樋口 満：中高年女性水泳愛好者の水溶性ビタミン (B₁, B₂, C) の栄養状態，*栄養学雑誌*，**59**，267～271 (2000)

26) 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)

27) Saito, N., Kimura, M., Kuchiba, A. and Itokawa, Y. : The relationship between blood thiamine levels and dietary thiamine content in diabetic outpatients and healthy subjects, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **33**, 431～438 (1987)

28) 安武 律，城田知子，西野幸典，竹内 亨，糸川嘉則：九州地域における中年夫婦のビタミンB₁摂取量の現状とその評価について，*日本栄養・食糧学会誌*，**45**，9～19 (1992)

29) 平岡真実，安田和人：女子大学生のビタミンB₁, B₂栄養状態に関する研究—全血総ビタミンB₁, B₂濃度分布範囲の検討—，*ビタミン*，**72**，679～684 (1998)

30) National Research Council : Recommended dietary allowance, 10th ed. (1989) National Academy Press, Washington, DC

31) Levine, M., Conry-Cantilena, C., Wang, Y., Welch, R.W., Washko, P.W., Dhariwal, K.R., Park, J.D., Lazarev, A., Graumlich, J.F., King, J. and Cantilena, L.R. : Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers : Evidence for a recommended dietary allowance, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **93**, 3704～3709 (1996)

32) Rokitzki, L., Hinkel, S., Klemp, C., Cifi, D. and Keul, J. : Dietary, serum and urine ascorbic acid status in male athletes, *Int. J. Sports Med.*, **15**, 435～440 (1994)

(受付：平成12年3月28日)