

長時間持久運動後の疲労困憊と ビタミン B₁ 動態について

	東京医科大学	小田切 優 子
(共同研究者)	同	下 光 輝 一
	同	勝 村 俊 仁
	同	大 谷 由美子
	同	高 波 嘉 一

Relation Between Vitamin B₁ and Exhaustive Mood State After Ultraendurance Exercise

by

Yuko Odagiri, Teruichi Shimomitsu, Toshihito Katsumura,
Yumiko Ohya, Yoshikazu Takanami
*Department of Preventive Medicine and Public Health
Tokyo Medical College*

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship between changes in vitamin B₁ (B₁) and psychological fatigue after ultraendurance exercise. Serum levels of B₁ (S-B₁) and erythrocyte transketolase (ETK), as well as blood glucose, lactate, free fatty acid, myoglobin, and creatin kinase were measured in 24 Japanese male athletes (37.9 ± 9.2 yrs) who completed triathlon race (3.9km swim, 180km bike, 42.2km marathon). Profile of Mood State (POMS) test was performed for the assessment for psychological fatigue. These tests were conducted two days before,

immediately following, and one day after the race. Urinary excretion of B₁ during night was measured one day before and on the race day. Food and supplement records were obtained two days before and on the race day to calculate B₁ intake. Sixteen out of 24 subjects took more than 2mg B₁ by supplement, which is the recommended dosage for endurance sport athletes during training periods (S(+))group). These 16 athletes were compared with rest of the subjects (S(-))group, n=8). There were no significant group difference in age, physical characteristics, race results, pre- and post-race myoglobin, creatin kinase, or ETK. Mean pre-race S-B₁ of S(-) group was significantly lower than that of S(+) ($p < 0.01$) and tended to be lower immediately post-race ($p = 0.086$). While, mean change values of S-B₁ were not significantly different between groups. Urinary excretion of B₁ in S(-) group is tended to be lower compared with S(+) ($p = 0.076$). Mean post-race lactate was significantly higher in S(-)group compared with S(+). There were no significant group difference in each POMS scores, however prevalence of severe exhaustive state was tended to be higher in S(-)group ($p = 0.091$). The data show that B₁ supplement more than the recommended dosage is related to relatively higher levels of S-B₁, and is suggested to be effective to prevent severe exhaustion after ultraendurance exercise.

要 旨

本研究の目的は、長時間持久運動におけるビタミンB₁の動態と疲労度との関係を検討することである。トライアスロン（水泳3.9km, 自転車180.2km, マラソン42.2km）を完走した成人男子24名（ 37.9 ± 9.2 歳）を対象とし、競技2日前、競技直後、および翌日に血糖、乳酸、遊離脂肪酸、ミオグロビン、クレアチンキナーゼ、血中ビタミンB₁量、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性と、尿中ビタミンB₁排泄量の測定、気分プロフィール検査（POMS）、競技前と競技当日に栄養調査を行った。栄養調査の結果から、持久運動選手に推奨されているビタミンB₁摂取量2mg以上をサプリメントから習慣的に摂取している群（充足群, n=16）と摂取していない群（不足群, n=8）に

分類した。2群間で年齢、体格、競技成績、ミオグロビン、クレアチンキナーゼ、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性に有意差はなかった。血中ビタミンB₁濃度は、競技前、不足群において充足群より有意に ($p < 0.01$) 低く、競技直後も低い傾向が認められた ($p = 0.086$)。しかし、血中ビタミンB₁濃度の競技直後の上昇度は2群間で有意な差はなかった。尿中のビタミンB₁排泄量は、競技後に不足群において低い傾向を認めた ($p = 0.076$)。また、不足群では充足群より競技直後の乳酸値が有意に高値を示した。POMS各尺度得点および疲労困憊群の出現率は2群間で差がなかったが、極度の疲労困憊状態を示した者の出現率は不足群において高い傾向を認めた ($p = 0.091$)。以上より、推奨量以上のビタミンB₁の習慣的な摂取は競技前および競技直後の血中ビタミンB₁

濃度の高値と関連し、長時間持久運動による極度の疲労困憊状態の出現を予防する可能性が示唆された。

緒 言

運動におけるエネルギー消費量の増大は、ビタミンB₁の需要を高めることが知られている。ビタミンB₁は、生体においてはチアミンピロリン酸となり、 α -ケトグルタル酸デヒドロゲナーゼ、ピルビン酸デヒドロゲナーゼの補酵素として関わり、糖の有酸素的エネルギー代謝に重要な働きを有する。そのため、生体におけるビタミンB₁の欠乏は、有酸素的糖代謝を障害し、運動後の疲労と関係していると考えられる。

近年トライアスロンのような長時間持久運動が市民スポーツとして盛んになっており、長時間持久運動におけるビタミンB₁の動態と疲労度との関係を検討することは極めて重要なことと思われる。

丸山らによれば、トライアスロン選手の競技前の平均ビタミンB₁摂取量はサプリメントも含め一日約24mgと多いが、選手の中には、競技前、当日、翌日とも摂取量が2mgに満たない者がおり、潜在的なビタミンB₁欠乏が存在する可能性が指摘されている¹⁾。

一方、これまでの筆者らの、気分プロフィール検査(POMS)を用いた研究により、トライアスロン競技直後には、疲労度が比較的強く活気が維持されている者から著明な疲労困憊状態を示す者までが存在することが明らかとなっている²⁾。そこでトライアスロン競技前後におけるビタミンB₁の動態を調べると同時に、さらに競技直後の疲労困憊状態との関係を調べ、長時間持久運動における適正なビタミンB₁摂取について検討することを目的とした。

1. 対象および方法

1996年6月30日に滋賀県琵琶湖にて開催された、アイアンマンジャパントライアスロン選手権に参加した成人男子26名を対象とした。このうち2名は、落車によるケガないしは激しい嘔気により途中で競技を棄権したため除外し、24名を解析の対象とした。

本競技、トライアスロンは、15時間の制限時間以内に、水泳3.9km、自転車180.2km、マラソン42.2kmを連続して行う苛酷な競技である。対象の年齢は37.9±9.2歳、平均競技時間は10時間59分±時間16分であった。当日の気象条件は、気温22.9~31.4℃、湿度55~94%であった。

あらかじめ、選手に本研究の意義と内容について説明を行い、同意書に署名を得た。検査は競技2日前、競技直後、および翌日に大会会場内で行った。検査内容は、身体計測、採血、尿検査、気分プロフィール検査(POMS)ならびに栄養調査である。

1. 1 血液生化学的検査

血液検査として血糖、乳酸、遊離脂肪酸(FFA)、ミオグロビン(Mb)、クレアチンキナーゼ(CK)、血中ビタミンB₁量、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性を測定した。血液は安静臥位にて肘静脈より採取後ただちに分離し、マイナス80度で保存した後、検査センターで測定された。また尿中ビタミンB₁排泄量を、夜間蓄尿にて測定した。すなわち、競技前は競技2日前の就寝時から翌日起床時まで、競技後は競技当日の就寝時から翌日起床時までとした。結果は単位クレアチニン(gCr)あたりで算出した。血糖、乳酸は酵素法、MbはRIA PEG法、CKはUV(NAC)法、血中、尿中ビタミンB₁は高速液体クロマトグラフィー法(蛍光法)³⁾、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性はWaringらの方法⁴⁾によりそれぞれ検査センターにて測定された。

1. 2 栄養調査

栄養調査は、競技前および競技中に摂取した栄養補助食品およびサプリメントならびに競技日の食事に関する調査を行った。競技前に摂取していた栄養補助食品およびサプリメントについては、事前に調査票を郵送し、普段から定期的に摂取しているもの、本競技に向けて特別に摂取しているものに分けて調査し、競技2日前に調査票を回収し管理栄養士が面接し確認を行った。競技中に摂取した栄養補助食品およびサプリメントについては、あらかじめ競技中に摂取する予定食品について留置法にて記録し、競技終了後に面接し実際の摂取食品および摂取量を調査した。競技中に摂取した食品や飲料については、エイドステーションに用意された食品を事前に調査確認した上で聞き取りを行った。競技当日の朝食については競技直後ないしは翌日に聞き取りを行った。

競技前および競技中の食事からの栄養摂取量は、四訂日本標準食品成分表準拠栄養価計算ソフトウェア（トップビジネスシステム、岡山）を用いて算出した。栄養補助食品およびサプリメントについては、製品に表記されている成分表示、および販売元、製造元に問い合わせ得た情報を用いた。

1. 3 気分プロフィール検査

気分プロフィール検査（POMS）は「緊張」、「抑うつ」、「怒り」、「活気」、「疲労」、「混乱」の6項目の尺度を用いて、被験者の一時的な感情気分を測定することができる検査であり⁵⁾、被験者のパーソナリティや性格に関係なく一時的な感情気分の変化を捉えることができ、スポーツ医学の分野ではオーバートレーニングの診断にも広く使用されている。POMSの疲労得点は、ぐったりする、へとへとだ、ひどくくたびれたといった項目からなり、トライアスロン競技のような持久運動時の疲労の評価には最も適していると考えられる。

このPOMS検査日本語版を、競技2日前、直後、翌日に行った。選手の疲労困憊状態は、POMS疲労得点、活気得点を用いて評価した。すなわち、活気得点がT得点（標準化得点）の50点未満、かつ疲労得点が50点以上の場合に、疲労困憊状態と定義した⁵⁾。また活気以外の尺度の合計粗得点から活気粗得点を引き、100を加えることによりTotal Mood Disturbance Score(TMD)を算出した。

以上の諸検査からトライアスロン選手の競技2日前、および競技当日のビタミンB₁摂取量を評価し、血中ビタミンB₁濃度、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性の変化、競技直後の疲労困憊状態との関係について検討を行った。

統計解析は、競技前後の変化についてはWilcoxonの順位和検定、ビタミンB₁の摂取状況による二群の差の検定にはMan-Whitney検定およびFisherの直接法を用い、危険率5%以下を有意とした。なお、本文中に記載する数値は平均±標準偏差である。

2. 結果

2. 1 血液生化学検査

対象者24名の年齢、競技前の身体特性、ならびに競技時間について表1に示した。競技直後に体重は平均64.8±5.1kgから62.6±4.7kgへ有意に(p<0.001)減少し、翌日は63.2±4.8kgへ増加したが競技前と比較して有意に(p<0.001)低値を維持していた。末梢血液検査では、ヘマトクリット値は競技前44.8±2.6%から競技直後46.1±3.3%へ有意に(p<0.05)増加し、翌日は42.3±2.7%となり競技前より有意に(p<0.001)低値を示した。Dillらの式⁶⁾を用いて血漿濃縮率を計算したところ、競技前と比較して競技直後には平均6.4%の濃縮が、競技翌日には8.5%の希釈が認められたため、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性以外は血漿濃縮率で補正した値を示した。

表1 Physical characteristics and race results of triathletes in IRONMAN JAPAN 1996 (n=24)

		mean±S.D.	range
Age	(yrs)	37.9±9.2	(24~57)
Race Time	(min)	659±76	(548~815)
Swim	(min)	70±10	(53~95)
Bike	(min)	341±30	(296~407)
Run	(min)	247±51	(191~399)
Body Height	(cm)	169.8±4.6	(163.4~181.2)
Body Weight	(kg)	64.8±5.1	(54.8~73.3)
Body Mass Index	(kg/m ²)	22.5±1.1	(20.5~25.2)

血中乳酸濃度は競技前の平均11.3±3.8mg/dlから競技直後23.4±6.2mg/dlへ有意に(p<0.001)上昇し、競技翌日には14.5±7.7mg/dlへ低下したが競技前と比較して有意に(p<0.05)高値を維持していた。血中FFA濃度は、競技前の平均0.18±0.14mEq/lから競技直後2.10±0.88mEq/lへ有意に(p<0.001)上昇し、競技翌日には0.31±0.20mEq/lへ低下した。血糖値の平均は、競技前の101.0±24.4mg/dlと比較して競技直後120.0±24.6mg/dlと有意に(p<0.01)高値を示したが、競技翌日は95.6±26.4mg/dlであり、競技前との差は認められなかった。血中Mb濃度は競技前の平均39.5±15.7ng/mlから競技直後2342.4±1905.9ng/mlへ有意に(p<0.001)上昇し、競技翌日には503.3±360.6ng/mlへ低下したが前値と比較して有意に(p<0.001)高値を維持していた。血中CK濃度の平均は、競技前186.5±118.6IU/Lから競技直後に2235.3±2102.8IU/Lへ有意に(p<0.001)上昇し、翌日は3342.7±2675.9IU/Lへさらに上昇した。

血中平均ビタミンB₁濃度は競技前52.6±24.5ng/mlであり、一般成人の標準値(20-50ng/ml)よりやや高値を示した。競技直後は76.1±26.3ng/mlへ有意に(p<0.001)上昇し、競技翌日は69.0±79.9ng/mlへ低下した。溶赤血球中トランスケトラーゼ活性の平均値は競技前1.18±0.29IU/gHbであり、一般成人の標準値(0.75-1.30IU/gHb)

の範囲内であった。競技直後には1.50±0.37IU/gHbへ有意に(p<0.01)上昇し、翌日は1.35±0.27IU/gHbであり依然として競技前より高値を示した(p<0.05)。

尿中ビタミンB₁排泄量は、競技前2531±5631mg/gCr、競技後2263±5285mg/gCrであり、競技前後で有意な変化はなかった。

2. 2 ビタミンB₁摂取状況およびエネルギー出納

競技前調査において、日常的にサプリメントを摂取していたものは24名中22名(92%)であった。そのうち、ビタミンB₁を含有するサプリメントを摂取していたものは18名で、一日のサプリメントからのビタミンB₁摂取量は平均11.57±20.20mgであったが、その範囲は0.24mgから75mgまで広く、個人差が大きかった。

競技当日のエネルギー摂取量は平均3594±1200kcalであったが、個人差が大きく、2000kcalに満たない者が3名いた。エネルギー摂取量に占める栄養素の割合は、表2に示すとおり糖質が87.7±5.9%(71.4~95.3%)と高率であった。競技当日のビタミンB₁の摂取量は、当日の朝食、競技中あわせて12.57±16.54mgであり(表3)、そのうちの平均74.9%は栄養補助食品およびサプリメントから摂取されていた。

競技中のエネルギー消費量は、各被験者の水泳、自転車、マラソン各種目の所要時間からそれぞれ

表2 Nutrient intake relative to total energy intake during triathlon race (n=24)

	mean±S.D.	range
Total (%)	100	
Carbohydrate(%)	87.7±5.9	(71.4~95.3)
Protein (%)	5.6±2.0	(3.4~10.7)
Fat (%)	6.7±4.6	(1.4~17.9)

表3 Vitamin B₁ intake of triathletes on race day (n=24)

	mean±S.D.	range
Total (mg)	12.57±16.54	(0.37~56.10)
Food (mg)	0.63± 0.39	(0.11~ 1.70)
Supplement (mg)	11.94±16.52	(0~55.50)

の平均速度を算出し、概算表⁹⁾および体重を用いて算出した。平均7700±632kcalであった。

2. 3 気分プロフィール検査

競技前と比較して、競技直後に有意な上昇が認められた尺度は抑うつ (4.8±7.9点から10.3±10.3点)、疲労 (4.5±6.3点から18.2±5.2点)、混乱 (6.0±5.2点から9.8±5.4点)、TMD (111.3±32.8点から141.8±31.9点) であり、また活気得点の有意な低下 (17.0±8.2点から10.5±7.8点) が認められた。活気得点がPOMS-T得点の50点未満

(粗得点14点未満) かつ疲労得点がPOMS-T得点の50点以上 (粗得点9点以上) の疲労困憊を示したものは、競技前3名、競技直後は14名であった。

2. 4 ビタミンB₁サプリメント摂取状況による血液生化学的検査および気分プロフィール検査の相違

長嶺⁹⁾は、Jakowlewらの研究をもとに一般のトレーニング期におけるビタミンB₁の必要量は最低2mgを保持すべきとしている。これに従いビタミンB₁サプリメントの摂取が日常的に2mg未満の群 (不足群, 8名, 平均ビタミンB₁摂取量0.11mg) と2mg以上の群 (充足群, 16名, 平均ビタミンB₁摂取量17.3mg) に分類し、競技成績、血液生化学的所見およびPOMS検査結果を検討した。

不足群と充足群との間に年齢、総合競技時間、各種目所要時間のいずれも有意差はなかった。また体格、競技後の血漿濃縮率についても差はなかった。血液検査所見では、競技前、競技直後の血中FFA濃度に2群間に有意差はなかったが (競技前不足群0.21±0.10mEq/l, 充足群0.17±0.16mEq/l, 競技後不足群2.24±1.12mEq/l, 充足群2.03±0.76mEq/l), 競技翌日に充足群で有意に高値を示した (不足群0.18±0.14mEq/l, 充足群0.38

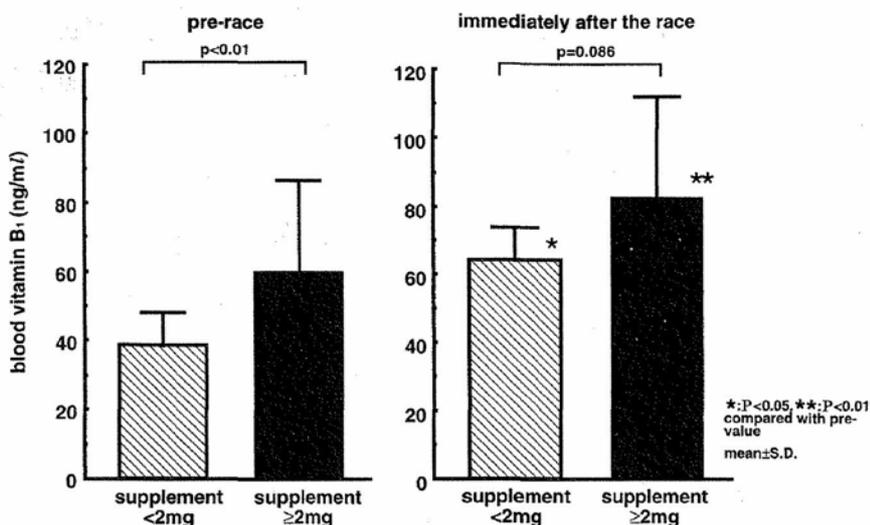


図1 Comparison of blood vitamin B₁ in supplement <2mg group (n=8) and supplement ≥2mg group (n=16) before and after triathlon

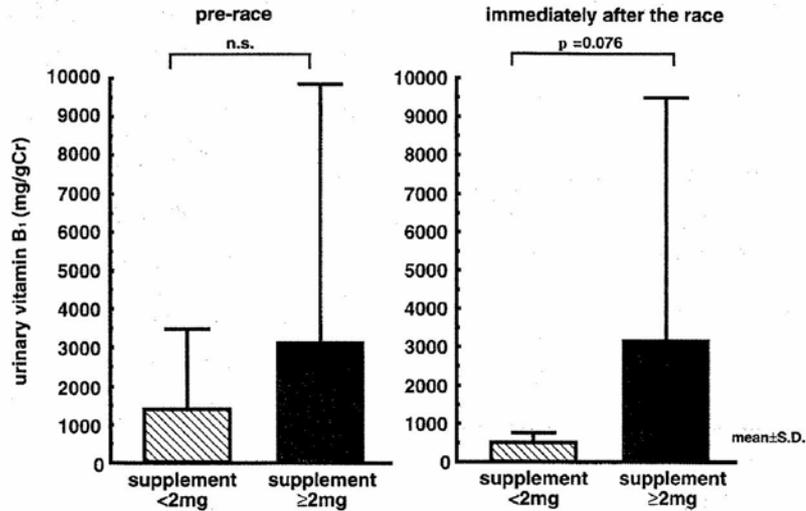


図2 Comparison of urinary vitamin B₁ in supplement <2mg group (n=8) and supplement ≥2mg group (n=16) before and after triathlon

±0.19mEq/l, $p<0.05$). 競技前の血中乳酸値に2群間で有意差はなかったが、競技直後は不足群で充足群と比較して有意に高値を示した(不足群 $27.1\pm 4.2\text{mg/dl}$, 充足群 $21.5\pm 6.3\text{mg/dl}$, $p<0.05$). 競技翌日は2群間で差はなかった. 血糖値, 血中CK, Mbに関しては, 競技前, 直後, 翌日いずれも2群間で有意差はなかった. 血中ビタミンB₁濃度は, 競技前に不足群において, 充足群と比較して有意に低値を示した(図1)(不足群 $38.5\pm 9.8\text{g/ml}$, 充足群 $59.7\pm 26.8\text{g/ml}$, $p<0.01$). また競技直後には, 不足群, 充足群ともに血中ビタミンB₁濃度は競技前より有意に(それぞれ $p<0.05$, $p<0.01$)増加し, 不足群で充足群より低値を示す傾向が認められた(不足群 $64.0\pm 9.7\text{g/ml}$, 充足群 $82.1\pm 29.9\text{g/ml}$, $p=0.086$). しかし, 競技直後の競技前値と比較した上昇度に2群間で有意差はなかった. すなわち, 不足群, 充足群ともに, 競技前と比較して競技直後に有意に血中ビタミンB₁濃度は上昇するものの, その上昇に関してサプリメントの充足状況による差は認められなかった. 競技翌日の血中ビタミンB₁濃度は, 不足群において, 充足群と比較して有意に低値を示した(不足群 $43.5\pm 10.6\text{g/ml}$, 充足群 $81.8\pm 96.$

1g/ml , $p<0.05$). 尿中のビタミンB₁排泄量は, 競技前は2群間で差はなかったが, 競技後は不足群において排泄量が低い傾向があった(不足群 $497\pm 271\text{mg/gCr}$, 充足群 $3146\pm 6349\text{mg/gCr}$, $p=0.07$)(図2). 溶赤血球中トランスケトラーゼ活性は, 競技前, 直後, 翌日いずれも2群間で有意な差はなかった.

競技前, 直後, 翌日のPOMS各尺度得点に関しては, 2群間で有意な差はなかった(表4). また, 2群間で疲労困憊群の出現率にも差はなかった. しかし, 著明な疲労困憊状態(POMS疲労得点が活気得点より20点以上高値を示す)を示したものが4名おり, このうち3名はビタミンB₁サプリメント不足群に属しており, 充足群の1名と比較して高い傾向が認められた($p=0.09$).

3. 考 察

3. 1 競技前後におけるビタミンB₁の動態について

競技前の血中ビタミンB₁濃度, 溶赤血球中トランスケトラーゼ活性は標準値の範囲内であり, 競技に参加するにあたり, 明らかなビタミンB₁欠乏状態にある選手は認められなかった.

表4 POMS raw-scores of supplement <2mg group and ≥ 2mg group before and immediately after triathlon

POMS factor	Two days before		Immediately after	
	<2mg	≥2mg	<2mg	≥2mg
Tension	11.6±5.6	8.5±6.5	9.6±5.4	8.1±5.4
Depression	5.4±6.6	4.6±8.6	14.8±10.1	8.0±10.0
Anger	4.4±5.4	3.0±5.5	7.8±7.3	4.2±6.0
Vigor	17.1±7.9	16.9±8.6	11.8±10.7	10.0±6.2
Fatigue	5.6±7.3	3.9±5.9	19.3±5.7	17.7±5.1
Confusion	5.9±3.9	6.0±5.8	9.8±5.7	9.9±5.5
TMD	115.8±30.5	109.1±34.7	149.4±36.1	138.0±30.1

Values are mean±S.D.

競技中のエネルギー消費の増大に伴ってビタミンB₁が消費され、血中ビタミンB₁濃度は低下すると予想されたが、対象者全体について、競技の前後で血中ビタミンB₁濃度は有意に上昇した。さらにビタミンB₁サプリメント不足群、充足群の両方において血中ビタミンB₁濃度の有意な上昇が認められており、ビタミンB₁摂取状況によって競技前後の血中ビタミンB₁濃度の上昇には差がなかった。日常的にビタミンB₁サプリメントを行っていない不足群においても血中ビタミンB₁濃度の上昇が認められたことから、運動により体組織から血中へのビタミンB₁の遊出が起こった可能性が考えられた。

競技直後に溶赤血球中トランスケトラーゼ活性の上昇が認められたが、急性の運動による溶赤血球中トランスケトラーゼ活性変化については今まで報告がない。本研究では競技直後に血中ビタミンB₁濃度は有意に上昇しており、活性型ビタミンB₁が血中に豊富にある状態と考えられ、これに引き続いて溶赤血球中トランスケトラーゼ活性の上昇が起きたものと考えられる。

尿中ビタミンB₁排泄量は、個人差が極めて大きかった。競技後にサプリメント不足群において充足群と比較して尿中ビタミンB₁排泄量が低い傾向が見られ、長時間持久運動競技によるビタミンB₁の需要の増加に伴う、相対的ビタミンB₁の

欠乏状況を反映しているとも考えられた。

3. 2 トライアスロン選手のエネルギーならびにビタミンB₁摂取量と疲労との関係について

トライアスロン選手の朝食と競技中のエネルギー摂取量は、平均3594±1200kcalであったが、個人差が大きく2000kcalに満たない者が3名いたことは、レース中のエネルギー補給が適切にできていない選手がいることを示している。

一般成人のビタミンB₁最小必要量については0.33mg/1000kcal、所要量は0.40mg/1000kcalと策定されている⁷⁾。トライアスロンのような持久運動では、エネルギー消費量が高まるため、ビタミンB₁の必要量もそれに伴い高くなる。長嶺⁹⁾は、Jakowlewらの研究をもとに一般のトレーニング期におけるビタミンB₁の必要量は最低2mgを保持し、長時間の持久競技や疲労の激しいときなどは5~10mgを摂取する必要があると述べている。また、Jakowlewは運動の種類によってビタミンの必要量が異なることから、長距離やマラソンのような持久的なスポーツでは1000kcalあたり2mgが必要とも述べている。これに従い、概算した競技中のエネルギー消費量1000kcalあたり、2mgのビタミンB₁が必要と考えた場合、競技当日の必要ビタミンB₁量は平均15.4mgと算出された。

本研究の被験者全員の競技日の平均ビタミン

B₁摂取量は12.6mgであり、必要量をやや下回っていた。さらに競技当日の食事からのビタミンB₁摂取量は0.63±0.39mgと低いことから、ビタミンB₁摂取におけるサプリメントの重要性が示唆される。ビタミンB₁は水溶性ビタミンであり、日々補充することが必要であること、競技による吸収力の低下、高温多湿環境による汗などからのビタミン喪失の増大も考え、競技中のみならず、競技終了後にもビタミンB₁を補給する必要があると考えられる。

サプリメントを習慣的に摂取している者では、その多くがビタミンB₁を含有するサプリメントを使用している一方で、その摂取量が2mg未満の者および日常的にビタミンB₁を含むサプリメントを摂取していない不足群が8名いたことは、注意を要すると考えられる。

摂取されたビタミンB₁は、おもに十二指腸上部で吸収され、各組織細胞内にて大部分がピロリン酸化され活性を有するチアミンピロリン酸(TPP)となる。TPPはペントースリン酸回路のトランスケトラーゼの補酵素として炭水化物、脂質、核酸代謝などに関与する。また、このほかに重要な反応として、グルコース代謝の中心である解糖系あるピルビン酸の代謝に不可欠であるピルビン酸デヒドロゲナーゼ、引き続くTCAサイクルの α -ケトグルタル酸デヒドロゲナーゼの補酵素としても作用している。すなわち、ビタミンB₁は食物から摂取した糖質のエネルギー変換に深く関与している。そのため、生体におけるビタミンB₁の欠乏は、有酸素的糖代謝を障害し、臨床的には全身倦怠感、易疲労感の原因となったり、生化学的には血中ビタミンB₁値の低下、溶赤血球中のトランスケトラーゼ活性の低下に加え、血中乳酸、ピルビン酸値の上昇が認められる。

本研究において見られた競技直後の血中FFA濃度の上昇は、競技中のエネルギー源として脂質利用が増大したことに由来すると考えられる。血

液検査所見において、血中FFA濃度が、競技直後にはサプリメント不足群と充足群の間で有意な差はなかったことは、ビタミンB₁サプリメントの有無により、本競技では脂肪エネルギー代謝に2群間で差がなかったことを示すと考えられる。競技翌日に充足群でFFAが有意に高値を示した理由として、競技終了時から翌日検査までのエネルギーの摂取状況が影響を与えていた可能性も考えられるが明らかではない。

先行研究では、ビタミンB₁のサプリメントとパフォーマンス、および運動による乳酸値の上昇との関係について検討したものが多い。その内容は、ビタミンB₁サプリメントを投与した場合、プラセボを投与した対照群と比較して、血中ビタミンB₁濃度、尿中ビタミンB₁排泄量、溶赤血球中トランスケトラーゼ活性の上昇は認められるものの、自転車エルゴメータによる最大酸素摂取量や最大負荷時のWattsに関して、対照群との間に差は認められなかったというもの¹¹⁾などネガティブな結果報告が多い¹²⁾。本研究でも、日常的サプリメントの摂取状況により競技時間に有意差はなかった。

FogelholmらはビタミンB₁、B₂、B₆複合体を投与した後にビタミンB₁の欠乏状態を示すTPP効果は低下したものの、走行中の乳酸の上昇度に変化はなかったことを報告している¹³⁾。本研究では、競技直後に不足群と充足群と比較して血中乳酸値が有意に高値を示した。乳酸値の測定はゴール直後に行っており、ゴール直前の追い込みによる乳酸値の上昇の程度は個人により異なる可能性があるため、必ずしも競技直後の乳酸値がビタミンB₁濃度の影響を反映しているとは断定できない。しかし不足群において乳酸値が高値を示したことから、ゴール直前の追い込み時に、充足群と比較して有酸素的エネルギー代謝が円滑に行われなかった可能性も否定できない。

ビタミンB₁の摂取を日常的に行っている群で

は、競技直後の疲労度が少ないか、もしくは疲労困憊に陥ることは少ないと推察されたが、本研究では、サプリメント摂取状況によりPOMS疲労得点の増加、活気得点の減少、疲労困憊群の出現率には違いがなかった。しかし、極度の疲労困憊状態を示した者の割合はサプリメント不足群において高い傾向があった。この、特に疲労困憊状態の著しい4名を調べてみると、うち3名が定期的にビタミンB₁を含むサプリメントを摂取していないほか、また尿中のビタミンB₁排泄量は、ビタミンB₁欠乏の指標とされる100mg/gCr以下ではないものの、108.6mg/gCrという低値を示していたものがおり、ビタミンB₁欠乏状態に近かったことが考えられる。

競技後の疲労は、ビタミンB₁のみと関連するわけではなく、競技中のエネルギーや水分の摂取状況、競技技術、練習量、体調、心理的要因などが複雑にかかわり合っていると考えられる。しかし、少なくともサプリメント不足群において極度の疲労困憊状態の出現率が高い傾向にあったことから、ビタミンB₁の適切な摂取が、トライアスロン競技後の疲労を予防する可能性を示唆していると考えられる。ビタミンB₁は、食事のみから十分量を摂取するのは難しく、それゆえサプリメントを含めた適切なビタミンB₁摂取の選手への啓蒙が必要と考えられた。

4. まとめ

長時間持久運動（トライアスロン）競技前後において、ビタミンB₁の動態と疲労度との関係を検討し以下の結果を得た。

1. 長時間持久運動の前後で、血中ビタミンB₁濃度は有意に上昇した。

2. 持久運動選手に推奨されている2mg以上のビタミンB₁を習慣的に摂取していない群（不足群）では摂取している群（充足群）と比較して、血中ビタミンB₁濃度が競技前に有意に高く、競

技直後にも高い傾向があった。しかし、競技による血中ビタミンB₁濃度の上昇度に差はなかった。

3. ビタミンB₁不足群においては、充足群と比較して競技後の尿中ビタミンB₁排泄量が低い傾向が認められた。

4. ビタミンB₁不足群においては、充足群と比較して、競技直後に極度の疲労困憊状態を示す者の出現率が高い傾向にあり、習慣的なビタミンB₁の摂取が長時間持久運動による極度の疲労困憊状態の出現を予防する可能性が示唆された。

5. 以上より、長時間持久運動を行うにあたっては、最低2mg以上のビタミンB₁の習慣的摂取が望まれ、サプリメントを含めたビタミンB₁の補給についての啓蒙が重要と考えられた。

謝 辞

本稿を終えるに当たり、栄養調査と解析に関してご指導をいただきました日本女子大学の丸山千寿子、木村佳子両先生に感謝申し上げます。また、本研究に対し、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団より研究助成を賜りましたことに対し深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 丸山千寿子, 岩根久夫ら; 長時間持久運動(トライアスロン)における栄養摂取量, 体力科学 43, 325-333 (1994)
- 2) Odagiri, Y., Shimomitsu, T., et al.; Relationships between exhaustive mood state and changes in stress hormones during ultraendurance race, *Int. J. Sports Med.*, 17(5), 325-331 (1995)
- 3) 木村美恵子, 藤田登美雄, 糸川嘉則; 高速液体クロマトグラフィーによる血液中総ビタミンB₁定量法, ビタミン, 55, 185-189 (1981)
- 4) Waring, P.P., Fisher, D. et al.; A continuous-flow (autoanalyzer II) procedure for measuring erythrocyte transketolase activity, *Clin. Chem.*, 28(11), 2206-2213 (1982)
- 5) 横山和仁, 荒木俊一ら; POMS(感情プロフィール

- 検査)日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討, 日本公衛誌, 37, 913-918 (1990)
- 6) Dill, D.B., Costill, D.L. ; Caluculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration, *J. Appl. Physiol.*, 37(2), 247-248 (1974)
 - 7) 第5次改訂日本人の栄養所要量, 厚生省保健医療局健康増進栄養課, 第一出版, 東京
 - 8) 岩根久夫, 浜岡隆文; トライアスロンにおけるエネルギーの出納, 運動とエネルギーの科学, 杏林書院, 東京, p.283-290 (1996)
 - 9) 長嶺晋吉; スポーツとエネルギー・栄養大修館書店, 東京, p.226-229 (1990)
 - 10) 糸川嘉則; ビタミンB₁ビタミンハンドブック 2, 水溶性ビタミン, 日本ビタミン学会編, p.1-10 (1989)
 - 11) Wood, B.A., Gijsbers, A, et al. ; A study of partial thiamin restriction in human volunteers, *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 848 - 861 (1980)
 - 12) Williams, M.H. ; Vitamine supplementation and athletic performance, *Int. J. Vitam. Nutr. Res. Suppl.*, 30, 163-191 (1989)
 - 13) Fogelholm, M., Ruokonen, I. et al. ; Lack of association between indices of viiamin B₁, B₂, and B₆ status and exercise -induced blood lactate in young adults, *Int. J. Sport Nutr.*, 3, 165-176 (1993)