

博士学位論文

全血総ビタミン B₁ 濃度の実態と
その影響要因に関する研究

2013 年 1 月

名古屋学芸大学大学院
栄養科学研究科

伊藤 勇 貴

目次

	頁 数
要 旨	1
第 1 章 序 論	8
第 2 章	
女子大学生における全血総ビタミン B ₁ 濃度	
栄養状態とその要因に関する研究	
1. 目的	13
2. 方法	14
3. 結果	16
4. 考察	18
第 3 章	
大学生アスリートにおける全血総ビタミン B ₁ 濃度	
栄養状態とその要因に関する研究	
1. 目的	27
2. 方法	28
3. 結果	30
4. 考察	32
第 4 章	
要介護高齢者におけるビタミン B ₁ 欠乏と	
身体状況に関する研究	

1. 目的	41
2. 方法	42
3. 結果	44
4. 考察	46
第 5 章	
全血総ビタミン B ₁ 濃度栄養状態に関する	
統計学的多変量解析	
1. 目的	57
2. 方法	58
3. 結果	62
4. 考察	64
第 6 章 総括	73
参考文献	77
謝辞	95
付表	
関連論文	

博士学位論文

全血総ビタミン B₁ 濃度の実態とその影響要因に関する研究

要旨

近年、国民の栄養状態は改善し、ビタミン欠乏は過去のものであるという通念から、ビタミン欠乏症への関心が非常に低くなっている。しかし、実際には日常生活環境・習慣の急激な変化や、飽食などによる食生活パターンの顕著な変化と乱れが指摘され、加工食品、調理済食品、そして栄養補助食品などの普及から、栄養のアンバランスがもたらされている。その結果、疲労感・倦怠感・抵抗力の低下などのいわゆる不定愁訴の増加や潜在的なビタミン欠乏が報告されている。本論文では、現代におけるビタミン B₁ 栄養状態の実態とその影響要因に関する統計学的検討を目的とし、以下の 4 項目の調査研究を行った。

研究 1 女子大学生における全血総ビタミン B₁ 濃度栄養状態とその要因に関する研究

ここ数年の報告で、ダイエット志向、欠食、外食などの影響による、女子大学生のビタミン B₁ 不足が指摘されている。本研究では、栄養評価としての女子大学生の全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行うことで、現代における欠乏状態の実態を把握し、身体状況、食事摂取状況、生活習慣等との関わりを検討した。18

～20歳の418名の女子大学生を対象に、身体測定、ビタミンB₁を含む血液検査、食品群別及び栄養素等摂取量調査、食生活やビタミンB₁に関するアンケート調査を行った。その結果、ビタミンB₁濃度の平均値±標準偏差は40.3±9.5ng/mlであり、その分布はほぼ正規分布していた。このうち、ビタミンB₁濃度が30ng/ml以下の者は58名（全体の約14%）であり、居住形態との関連では、ビタミンB₁濃度が低値を示す者は、一人暮らしである割合が有意に高かった。以上のことから、女子大学生における潜在性ビタミンB₁欠乏の存在が推測された。

研究2 大学生アスリートにおける全血総ビタミンB₁濃度栄養状態とその要因に関する研究

運動時におけるビタミン摂取の問題は、極めて注目すべき問題である。本研究では、学生アスリートを対象とし、同年代の一般学生との全血総ビタミンB₁濃度を始めとする血液検査値を比較することで、運動による影響と欠乏状態の可能性を検討した。その結果、男女とも一般学生のビタミンB₁濃度の分布はほぼ基準値内であり、かつほぼ正規分布していたのに対し、学生アスリートの分布は、一般学生と比較して高値をとる頻度が少なかった。加えて、男女ともにビタミンB₁濃度の平均値が有意に低い値を示したことから、運動によるビタミンB₁不足の可能性が示唆された。その他の血液検査項目に関しては今後とも検討が必要である。

研究 3 要介護高齢者におけるビタミン B₁ 欠乏と身体状況に関する研究

近年、高齢者を中心にビタミン B₁ 欠乏症が増加しており、何か特別な要因が存在しないか検討されている。本研究では、特別養護老人施設入所者に着目し、栄養評価としての全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行った。特別養護老人施設に入所している男女のうち、同意が得られた 65～105 歳の 74 名を対象に身体測定、ビタミン B₁ を含む血液検査、および要介護度を始めとする身体機能や、その他身体状況に関する調査を行った。ビタミン B₁ 濃度の平均値±標準偏差は 22.4±8.9ng/ml であり、欠乏状態である者（20ng/ml 以下）は 42 名と全体の 56.8%であった。これらの結果から、要介護高齢者の半数以上にビタミン B₁ 欠乏の存在が確認された。一方で、ビタミン B₁ 欠乏の全対象者の食事形態が経口摂取であり、非欠乏の者は経管・静脈栄養である割合が 37.5%と有意に高い値を示した。

研究 4 全血総ビタミン B₁ 濃度栄養状態に関する統計学的多変量解析

ここまでの研究で得た様々な対象の栄養状態および身体活動状況をもとに、多変量解析法（多重ロジスティック回帰分析）を用いてビタミン B₁ 栄養状態に影響を及ぼす関連要因を検討した。その結果、ビタミン B₁ 欠乏と関連する因子において、「所属タイプ」において、一般学生を基準として、学生アスリートおよび要介護高齢者は B₁ 欠乏の危険性が高いことをオッズ比は示していた。また、「性別」においては女性のリスクが高いことを示して

いた。以上のことから、要介護状態であることや、日常的に激しいトレーニングを行っていると予測されるアスリートが、新たにビタミン B₁ 欠乏の因子となる可能性が示唆された。加えて、発症契機となる感染症の問題や消化器症状、身体状況因子となる年齢や基礎疾患、合併症など成立の背景因子は様々であり、今後これらの項目から新しいビタミン B₁ 欠乏症のとらえ方を追って調査し、ビタミン B₁ 欠乏成立過程を規定する因子とその背景因子を確立し、保健、臨床、福祉の現場で周知させていくことが必要となる。

索引用語 ビタミン B₁ (チアミン)、大学生、高齢者

DOCTORAL THESIS

Relationship between the Total Thiamin Concentration in Whole Blood and the Factors Involved

Abstract

In this study, we paid attention to thiamin (vitamin B₁) deficiency previously a Japanese national affliction. And we conducted three surveys of total thiamin concentration in whole blood as a means of nutritional assessment.

1. A Study into the Distribution Range of Total Thiamin Concentration in Whole Blood of Female University Students and the Factors Involved

The participants were 418 female university students aged between 18-20 years old. We conducted the following tests; anthropometric measurement, a blood examination including thiamin levels, an investigation into the quantity of food intake according to food group and the quantity of nutritional intake and a survey relating to diet and thiamin. Results showed the average \pm standard deviation of thiamin concentration was 40.3 ± 9.5 ng/ml and there was almost a normal distribution. The number of individuals who had a

lower concentration level of thiamin than 30 ng/ml was 58 (approximately 14% of the total). According to the relationship to resident status, the percentage of those living on their own was significantly high among the individuals who had a low level of thiamin concentration. For all of these reasons, it can be surmised that latent thiamin deficiency exists among female university students.

2. The Distribution Range of Total Thiamin Concentration in Whole Blood of University Student Athletes

The participants were 172 student athletes and we compared their thiamin concentration with general students from the same age group and through this we considered the influence of exercise and the possibility of nutritional deficiency conditions. Results showed that the distribution of thiamin concentration for both male and female general students was within the standard value and there was almost normal distribution. In contrast to this result, for the distribution of athletes' thiamin concentration, there was a lower frequency marking higher values compared to that of general students. In addition to this, since the average value of thiamin concentration for both male and female students showed a significantly low value we therefore indicated the possibility of the lack of thiamin due to exercise.

3. A cross-investigation between thiamin deficiency and the physical condition of elderly people who require nursing care

The total number of participants was 14 males and 60 females who were residing in a nursing home, they were aged between 65-105 years old, all of the subjects agreed to take part in our research. We conducted the following tests: anthropometric measurements, blood examination including thiamin levels and also physical functions as in the level of nursing care required and tests on other physical conditions. The average \pm standard deviation of thiamin concentration was 22.4 ± 8.9 ng/ml and the number of people with a deficient condition (less than 20 ng/ml) was 42, which was 56.8% of the total. From these results, the existence of thiamin deficiency is validated in more than half of the elderly people who require nursing care. On the other hand, the method of meal intake for all participants who have a thiamin deficiency was oral intake and for those who were non-deficient in thiamin, the percentage of tube feeding or nutritional supplementation intravenously was 37.5%, which showed a significantly high value.

KeyWords thiamin (vitamin B₁), university students,
elderly people

第 1 章 序論

日本人のように、米を主食とする民族には、ビタミン B₁ 欠乏症である「脚気 (beriberi)」に悩まされた長い歴史がある。1973～1976 年にかけて全国にビタミン B₁ 欠乏症が多発しているが、当時の患者は若年者に多く 15 歳～20 歳のスポーツ選手が多かった。これは、白米にビタミン B₁ 添加の強化米を中止したこと、糖質を多く含有した清涼飲料水を若者が多飲したこと、スポーツ奨励を若者に進めたことなどが背景にあると推測された (1-4)。その後、栄養知識の普及とも相まって、総合ビタミン剤の普及などによりビタミン B₁ 欠乏症は減少し、一時根絶されたかに思えた。

近年、健康ブームの中にあって、二次予防である健康診断受診、病気の早期発見への関心が高まっている。さらに、栄養・生活習慣の改善などによる一次予防も注目を集めており、いわゆる予防医学の重要性が話題となっている。その一方で、国民の栄養状態は改善し、ビタミン欠乏は過去のものであるという通念から、ビタミン欠乏症への関心が非常に低くなっている。しかし、実際には日常生活環境・習慣の急激な変化や、飽食などによる食生活パターンの顕著な変化と乱れが指摘され、加工食品、調理済食品、そして栄養補助食品などの普及から、栄養のアンバランスがもたらされている。その結果、疲労感・倦怠感・抵抗力の低下などのいわゆる不定愁訴の増加や潜在的なビタミン欠乏が報告されている (5-8)。

ビタミン B₁ 欠乏の確証には、血液 transketolase 活性と TPP

(thiamin pyrophosphate) 添加による活性の増大率 (TPP 効果) の感度が高いとされているが (9-11)、現在本酵素の測定は研究室レベルでされており、診療で簡易的に活用することができない。それに対し、血中ビタミン B₁ の測定は、HPLC (high performance liquid chromatography) による高精度で、安定した測定法が可能であり、直接ビタミン B₁ 欠乏状態を評価できる手法として広く利用されている (12, 13)。

自然界にある動物・植物中に存在するビタミン B₁ の形態は遊離型の free-T (thiamin) よりも補酵素型の TPP の方が多いため、食事から摂取するビタミン B₁ には酵素たんぱく質と結合した状態で存在している補酵素型が多い。食品を調理・加工する過程及び胃酸環境下でほとんどの TPP は遊離し、その後消化管内 (主に小腸) の phosphatase の作用により加水分解され、free-T となった後、腸管 (空腸と回腸) において能動輸送系で吸収される。そして、能動輸送系が飽和されると受動拡散で取り込まれる。赤血球には促通拡散で取り込まれ、細胞中で再び thiamin kinase の作用により TPP として存在する (14)。ビタミン B₁ の血液中の分布に関しては、血漿中に 10%、細胞中に 90% とされており、全血中には TPP の他に free-T、TMP (thiamin-1-phosphate) および TTP (thiamin-3-phosphate) の状態で存在し、全血中での総和が全血総ビタミン B₁ 濃度となる。TMP、TPP、TTP をタカジアスターゼ処理により free-T に水解し、総ビタミン B₁ 濃度として HPLC で分離し、ビタミン標準化検討協議会の方法により評価することが一般的である (15, 16)。

細胞中での TPP は、主に TPP を必要とする酵素タンパク質と

結合し、生理機能を発揮する。機能を終えた TPP 酵素は消化され、TPP が遊離される。遊離状態となった TPP は、free-T となり、再利用系に入るか、あるいは異化代謝系に入り尿中に排泄される。一般的にビタミン B₁ は必要量を超えると、尿中に排泄が認められるようになり、エネルギー代謝に関与するビタミンであることから、エネルギー摂取量当たりのビタミン B₁ 摂取量と尿中へのビタミン B₁ 排泄量との関係から推定平均必要量を算定している(17)。一方で、ヒトにおける全身のビタミン B₁ 含量は 30 mg 程度と見積もられているが、半減期が 9~18 日と比較的短い為、欠乏しやすいともされている(18, 19)。

現在、これらビタミン B₁ の消化・吸収および代謝に関する解明がされる一方で、栄養疫学の観点からは、近年の若年層におけるダイエット志向、欠食、外食などの影響によるビタミン B₁ 不足が指摘されており、再びビタミン B₁ 欠乏およびその危険性に関する報告がなされてきている(20-22)。

そこで、第 2 章では、かつて日本人の国民病とされてきたビタミン B₁ 欠乏に注目し、栄養評価としての女子大学生の全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行うことで、現代における潜在的な欠乏状態の実態を把握し、身体状況、食事摂取状況、生活習慣等との関わりを検討し、今後の健全な食生活の基礎資料を得ることを目的とした研究を行った。

一方で、特別な生活環境など、条件によっては欠乏状態に陥る可能性は否定できず、なかでも運動時におけるビタミン摂取の問題は、極めて注目すべき問題である。

現在、ビタミン B₁ の所要量はエネルギー 1000kcal 当たりの基

準で定められている（17）。運動時には、エネルギー摂取量増加分を考慮してビタミン B₁ を摂取することがしばしば求められるが、その論証となる研究データは極めて少なく、また過度な運動によるビタミン B₁ 栄養状態への影響も報告されていない。

第3章では、日常的に激しいトレーニングを行っていると予測されるトップアスリートの集団である運動部に所属する大学生を対象とし、同年代の一般学生との全血総ビタミン B₁ 濃度を始めとする血液生化学検査値を比較することで、運動による影響と欠乏状態の可能性を検討した。

さらに、ビタミン欠乏の危険性は、加齢によるリスクも考えなければならない。日本の急速な高齢化は、世界に類を見ない速さで進んでいる。少子高齢社会といわれる現在は深刻な社会問題をもたらし、疾病の治療やこれらを支える人々の負担の増大も問題となってくる。高齢者のライフスタイルは極めて多様であり、健康な高齢者もあるが、何らかの病気を有しているものも多い。

近年、高齢者を中心にビタミン B₁ 欠乏症が増加しており、特別な要因が存在しないか検討されている（23-29）。従来の研究では、ビタミン B₁ 欠乏症の高齢者には、アルコールの多飲を始め、糖尿病や胃切除などの既往によるビタミン B₁ 吸収障害が多いこと、多剤の薬物投与している者が多く、薬剤の影響を受けていることなどが原因として報告されている（30-34）。また、高齢者のビタミン類をはじめとする栄養素の摂取不足も問題となっており、特に寝たきり老人、認知症老人などの摂取状況には偏りがあるといわれている（35-38）。しかし、これらの実態に関する文献は極めて少なく、特に介護を要するような高齢者におけ

る欠乏状態は現状解決すべき重大な問題である。

第 4 章では、常時介護を必要とし、家庭で介護を受けることが困難な、特別養護老人施設入所者に着目し、栄養評価としての全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行い、欠乏状態の実態とその要因を調査すべく、その他の検査項目、身体機能、身体状況等との関わりを検討した。

加えて、第 5 章において、第 2 章から第 4 章の結果をもとに、若年から高齢者層における様々な要因を考慮した上での、血液中のビタミン B₁ 栄養状態に及ぼす影響について、統計学的多変量解析法により、他の交絡因子を取り除き、数学的および論理的解釈を用いて検討した。

以降、次章より各研究の詳細および考察を、第 6 章では本論文の総括を述べる。

第 2 章

女子大学生における全血総ビタミン B₁ 濃度

栄養状態とその要因に関する研究

1. 目的

近年、若年層におけるダイエット志向、欠食、外食などの影響によるビタミン B₁ 不足が指摘されており、ビタミン B₁ 欠乏およびその危険性に関する報告がなされてきている。

本章では、かつて日本人の国民病とされてきたビタミン B₁ 欠乏に注目し、栄養評価としての女子大学生の全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行うことで、現代における潜在的な欠乏状態の実態を把握し、身体状況、食事摂取状況、生活習慣等との関わりを検討した。

2. 方法

2-1. 対象および調査期間

2008年7月、2009年7月、2010年7月の計3回にわたり、愛知県日進市のN大学管理栄養学部生1年生女子のうち、同意が得られた18~20歳の計418名を対象として各身体計測、血液生化学検査、栄養摂取量調査および生活習慣に関するアンケート調査を行った。

2-2. 身体計測

調査内容は身体測定としては身長、体重、BMI (body mass index)、体脂肪率、骨密度、血圧を測定した。身長、体重、体脂肪率に関してはタニタ株式会社によるTBF-210を用いて、骨密度に関してはアロカ株式会社による超音波骨評価装置ALOKA AOS-100を用いて超音波法によりそれぞれ測定した。

2-3. 血液生化学検査

血液生化学検査としては、全血総ビタミンB₁濃度 (Thiamin、以下ビタミンB₁濃度とする)、白血球数 (WBC)、赤血球数 (RBC)、ヘモグロビン (Hb)、ヘマトクリット (Hct)、MCV、MCH、MCHC、血小板数 (PLT)、中性脂肪 (TG)、総コレステロール (T-CHO)、HDLコレステロール (HDL-CHO)、LDLコレステロール (LDL-CHO)、総タンパク (TP)、アルブミン (Alb)、尿素窒素 (BUN)、尿酸 (UA)、クレアチニン (CRE)、血清鉄 (SI)、AST、ALT、乳酸脱水素酵素 (LDH)、アルカリホスファターゼ (ALP)、アミラーゼ (AMY)、血糖 (Glc)、グリコヘモグロビン (HbA1c)、 γ GTPを測定した。

ビタミン B₁ 濃度に関しては、木村らによる HPLC ポストカラム 蛍光検出法により株式会社ビー・エム・エル (BML.INC.) (東京) による外部委託により実施した (15, 39-42)。

2-4. 栄養摂取量および生活習慣に関するアンケート調査

栄養摂取量調査は、自記式の調査用紙を用いてシステムサプライ社 (神奈川) 食物摂取頻度解析システム Ver.1.21 による食物摂取頻度調査 (FFQ: food frequency questionnaire) により実施した。

生活習慣やビタミン B₁ に関するアンケート調査に関しては、問診票を用いて自記式にて実施した。

2-5. 統計学的解析

統計学的解析は、統計解析ソフト SPSS ver 16.0 J for Windows を使用した。3 群間の平均値の差の検定には、パラメトリック法、一元配置分散分析を用い、その後の多重比較は Tukey により行った。また、比率の差の検定には χ^2 検定を行い、いずれも $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

2-6. 倫理的配慮

研究内容については、全対象者に対して文書で説明し同意書を得た。本研究は、ヘルシンキ宣言に則った名古屋学芸大学倫理委員会の承認を得た (平成 19 年 5 月 9 日、承認番号 6)。

3. 結果

3-1. 全血総ビタミン B₁ 濃度の分布

女子大学生の全血総ビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 11.4ng/ml から最大値 77.4ng/ml であり、その平均値 ± 標準偏差は 40.3±9.5ng/ml であった。

全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布を Fig.1 に示したところ、その分布はほぼ正規分布していた。このうち、ビタミン B₁ 濃度が 20ng/ml 以下の者は 5 名であり、20～30ng/ml の者は 53 名、残りの 360 名は 30ng/ml を超えていた。

3-2. 身体計測および血液生化学検査

全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布をもとに、平均値から ±1 標準偏差の区間である 30.8～49.8ng/ml を中値群とし (n=285)、30.7ng/ml 以下を低値群 (n=63)、49.9ng/ml 以上を高値群 (n=70) の 3 群に分け、ビタミン B₁ 濃度と身体測定値、血液検査値との関係をみた。その結果は、Table 1 と Table 2 に示すとおりである。

Table 1 に示すように、身体計測値とビタミン B₁ 濃度には 3 群間に有意な差は認められなかった。しかし Table 2 に示すように、血液検査値における、白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、MCV、MCH、MCHC 等の血球系組織の値は、ビタミン B₁ 濃度が高値になるにつれ、有意に高い値を示した。

3-3. 栄養摂取量調査

全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布をもとに、平均値から ±1

標準偏差の区間である 30.8～49.8ng/ml を中値群とし(n=285)、30.7ng/ml 以下を低値群(n=63)、49.9ng/ml 以上を高値群(n=70)の 3 群に分け、食品群別摂取量および栄養素等摂取量との関係を Table 3 と Table 4 に示した。

その結果、食品群別摂取量、栄養素等摂取量と 3 群間に、ビタミン B₁ 濃度に関わる有意な差は認められなかった。

3-4. 生活習慣に関する調査

全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布をもとに、平均値から±1 標準偏差の区間である 30.8～49.8ng/ml を中値群とし(n=285)、30.7ng/ml 以下を低値群(n=63)、49.9ng/ml 以上を高値群(n=70)の 3 群に分け、このうち中値群を除いた低値群、高値群の 2 群において、生活習慣やビタミン B₁ に関するアンケート調査の回答者の割合を Table 5 に示した。

その結果、ビタミン B₁ 濃度高値群において、栄養ドリンクを摂取する習慣がある者の割合が有意に高く、低値群において、一人暮らしをしている者の割合が有意に高かった。

4. 考察

現在、多くの検査機関が全血総ビタミン B₁ 濃度の基準値下限を 20ng/ml に設定しており、臨床の場でビタミン B₁ 欠乏を指摘されることはほとんどなくなっている。今回の調査でも、Fig.1 に示したとおり、一般に欠乏症と診断されるビタミン B₁ 濃度が 20ng/ml 以下の者は 5 名で、全体の約 1.2% 程度という結果になった。しかし一方で、種々の文献ではビタミン B₁ 濃度基準値内にも関わらず、欠乏症の症状を呈する者がみられることから、ビタミン B₁ 濃度が 20 ~ 30ng/ml の者を潜在性ビタミン欠乏症とする報告もある (6, 7, 43)。参考に、本調査においてビタミン B₁ 濃度がこの範囲内の者をあげてみると、53 名と全体の約 13% にも及ぶことから、依然女子大学生において潜在的なビタミン B₁ 欠乏の危険性は否定できないと考えられる。

この結果を踏まえた上で、ビタミン B₁ 濃度別に身体測定値、血液検査値、食品群別摂取量、栄養素等摂取量等を比較したところ、Table 2 の血液検査値において白血球数、赤血球数、ヘモグロビン等の主に血球系組織でビタミン B₁ 濃度高値群で有意に高い値を示し、その値はビタミン B₁ 濃度と相対的に高い値を示した。

一般にヒトの体内でのビタミン B₁ は、主に活性型である TPP の形で血球系組織に存在しており、特に赤血球中のビタミン B₁ 濃度が体内蓄積量を反映するといわれている (44)。そのために、ビタミン B₁ 濃度と相対的に血球系の血液検査値が高い値を示したと考えられる。

その他の身体測定値、食品群別摂取量、栄養素等摂取量等の項目

においては、特に注目するようなビタミン B₁ 濃度に関わる有意な差は認められなかったが、今後とも検討が必要である。

一方で本調査では、ビタミン B₁ 濃度低値群において一人暮らしをしている者の割合が有意に高かった。

従来の研究で、女子学生を対象に一人暮らしと家族と同居している者の栄養素摂取量の比較をしたところ、多くの栄養素において一人暮らしの者が有意に低値であったという報告がある(45)。一般に、若年者の一人暮らしは高齢者の独居と異なり、外食やインスタント食品、およびジャンクフードの利用頻度が高いことが特徴として挙げられ、その結果、栄養のアンバランスを引き起こす可能性が考えられる(7)。本研究において食物摂取頻度調査からのビタミン B₁ 摂取量に大きな差はみられなかったものの、女子学生の居住形態が血中ビタミン B₁ 濃度に影響を及ぼしている可能性が示唆された。したがって、今後一人暮らしの学生の食生活の見直しと適正な健康管理が重要であると考えられる。

かつての国民病とされてきたビタミン欠乏症ではあるが、1973年ごろに全国にビタミン B₁ 欠乏症が多発していたという報告があった(1, 3, 4, 46)。当時の患者は15歳~20歳の若年者に多く、その原因として、インスタント食品の普及や糖質を多く含有した清涼飲料水を多飲したことなどがあげられていた。しかしながら、本調査においてインスタント食品や清涼飲料水の摂取と血中ビタミン B₁ 濃度との関連に有意な差はみられなかった。これは、栄養強化を目的として、インスタントラーメン等にビタミンを添加している商品が増えたことや、砂糖でなく人工甘味料を使用し、かつビタミンを豊富に含む清涼飲料水が普及していることなどが原因として考え

られる。近年日本では加工食品原料に配合しやすいビタミンプレミックス成分製剤として、DBT (dibenzoyl thiamine)が使用される頻度が増えており、ビタミン B₁ を豊富に含む加工食品や飲料、および医薬品は多種多様になり、その数も著しく増加している(47, 48)。

一方で、本調査は対象を女子大学生に限定しているが、男子大学生にも同様にビタミン欠乏のリスクが存在すると考えられる。また、学校給食を利用する中学生以下においては十分な量のビタミン B₁ を確保していることが予想されるが、学校給食を実施していない中学生および高校生等の学生にも同様のリスクが考えられる(7, 49)。したがって、今後はこれらの対象においてもさらなる調査が必要となる。加えて、本調査は横断研究であるため、因果関係を考察するには困難であり、さらなる追跡調査が必要となる。

今後、様々な要因とビタミン B₁ 栄養状態との関わりを知る必要がある。なかでも、運動によるビタミン B₁ に対する影響や(50-52)、近年の高齢者における欠乏症の報告(5, 25, 28, 29, 35)などは注目すべき問題である。本調査の女子大学生のビタミン B₁ 栄養状態の検討が、これら様々な関連研究の基礎資料となることを期待している。

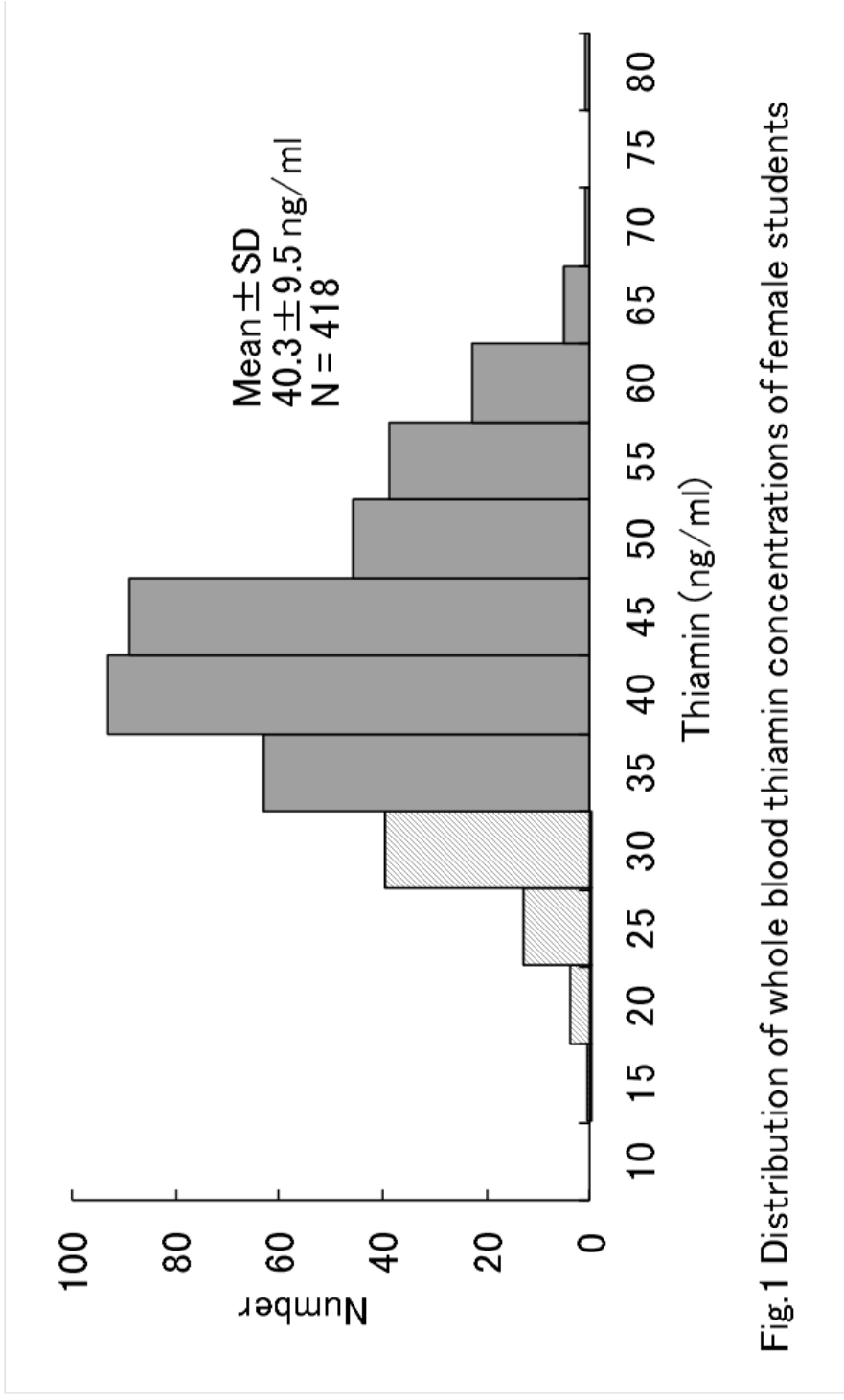


Fig.1 Distribution of whole blood thiamin concentrations of female students

Table 1 Physical and Physiological value of participants according to thiamin levels

	Mean \pm SD				Significant probability
	Low value (n=63)	Middle value (n=285)	High value (n=70)	Total (n=418)	
Height (cm)	157.5 \pm 5.1	158.6 \pm 5.2	158.8 \pm 5.7	158.5 \pm 5.3	ns
Weight (kg)	50.0 \pm 8.9	50.4 \pm 6.8	50.7 \pm 6.6	50.4 \pm 7.1	ns
BMI (kg/m ²)	20.1 \pm 3.1	20.0 \pm 2.3	20.1 \pm 2.3	20.1 \pm 2.5	ns
%Fat (%)	24.3 \pm 5.4	24.7 \pm 9.2	24.4 \pm 4.4	24.6 \pm 8.1	ns
BMD (YAM%)	95.4 \pm 11.3	97.2 \pm 10.4	95.8 \pm 9.9	96.7 \pm 10.5	ns
SBP (mmHg)	106 \pm 13	106 \pm 11	107 \pm 10	106 \pm 11	ns
DBP (mmHg)	65 \pm 8	66 \pm 8	66 \pm 8	66 \pm 8	ns

BMI: body mass index, %Fat: percentage body fat, BMD: bone mineral density, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8–49.8 ng/ml, which is from the average value \pm 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 2 Mean and standard deviation of hematological parameters according to thiamin levels

	Mean ± SD					Significant probability
	Low value (a) (n=63)	Middle value (b) (n=285)	High value (c) (n=70)	Total (n=418)		
WBC (/mm ³)	5762 ± 1458	6106 ± 1329	6950 ± 1583	6196 ± 1437		* * * a-c b-c
RBC (10 ⁴ /mm ³)	452 ± 34	451 ± 30	462 ± 26	453 ± 30		* b-c
Hgb (g/dl)	12.7 ± 1.4	13.3 ± 1.0	13.9 ± 0.9	13.3 ± 1.1		* * a-b * * * a-c b-c
Hct (%)	39.4 ± 3.2	40.4 ± 2.7	41.8 ± 2.4	40.5 ± 2.8		* * a-b * * * a-c b-c
MCV (fl)	87.5 ± 7.7	89.7 ± 4.7	90.5 ± 3.3	89.5 ± 5.2		* * a-b a-c
MCH (pg)	28.3 ± 3.4	29.5 ± 1.9	30.1 ± 1.3	29.4 ± 2.2		* * * a-b a-c
MCHC (%)	32.3 ± 1.6	32.8 ± 0.8	33.2 ± 0.9	32.8 ± 1.0		* * * a-b a-c * b-c
PLT (10 ⁴ /mm ³)	23.5 ± 6.3	24.0 ± 5.0	23.3 ± 4.6	23.8 ± 5.2		ns
TG (mg/dl)	69.1 ± 31.2	68.8 ± 31.9	68.5 ± 40.5	68.8 ± 33.3		ns
T-CHO (mg/dl)	182.3 ± 36.3	175.0 ± 29.4	173.8 ± 29.6	175.9 ± 30.6		ns
HDL-CHO (mg/dl)	66.8 ± 11.1	64.8 ± 11.7	65.7 ± 12.1	65.3 ± 11.7		ns
LDL-CHO (mg/dl)	102.4 ± 35.8	97.7 ± 24.4	94.5 ± 23.0	97.9 ± 26.3		ns
TP (g/dl)	7.5 ± 0.3	7.5 ± 0.3	7.5 ± 0.4	7.5 ± 0.3		ns
Alb (g/dl)	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.2	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.2		ns
BUN (mg/dl)	12.6 ± 3.2	12.1 ± 2.8	12.4 ± 2.5	12.2 ± 2.8		ns
UA (mg/dl)	4.4 ± 0.8	4.3 ± 0.8	4.4 ± 0.6	4.3 ± 0.8		ns
CRE (mg/dl)	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1		ns
SI (μg/dl)	93.4 ± 46.5	90.0 ± 39.4	105.8 ± 45.1	93.2 ± 41.8		* b-c
AST (IU/L)	17.7 ± 4.7	17.0 ± 3.5	17.3 ± 3.1	17.1 ± 3.7		ns
ALT (IU/L)	13.4 ± 10.4	12.0 ± 5.3	12.8 ± 4.5	12.3 ± 6.3		ns
LDH (IU/L)	170.1 ± 25.4	173.4 ± 23.2	175.4 ± 27.0	173.2 ± 24.2		ns
ALP (IU/L)	198.0 ± 44.5	195.7 ± 50.3	193.3 ± 40.7	195.7 ± 47.9		ns
AMY (IU/L)	83.4 ± 24.5	79.4 ± 23.1	81.8 ± 24.3	80.4 ± 23.5		ns
Glc (mg/dl)	84.6 ± 5.5	86.3 ± 6.7	84.5 ± 9.1	85.8 ± 9.1		ns
HbA1c (%)	5.0 ± 0.3	5.0 ± 0.3	4.9 ± 0.3	5.0 ± 0.3		* * a-c b-c
γ-GTP (IU/L)	15.8 ± 4.8	15.6 ± 4.1	16.0 ± 4.0	15.7 ± 4.2		ns

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hgb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, LDH: lactate dehydrogenase, ALP: alkaline phosphatase, AMY: amylase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γ GTP: γ-glutamyl transpeptidase

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

ns: not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 3 Mean and standard deviation of food intake according to thiamin levels

	Mean \pm SD				Total (n=418)	Significant probability
	Low value (a) (n=63)	Middle value (b) (n=285)	High value (c) (n=70)	Total (n=418)		
Cereal (g)	553.6 \pm 126.7	551.3 \pm 150.7	541.7 \pm 130.7	550.0 \pm 143.8	ns	
Sugar products (g)	3.7 \pm 2.2	4.0 \pm 3.0	3.3 \pm 2.6	3.9 \pm 2.8	ns	
Beans (g)	41.6 \pm 41.8	30.6 \pm 39.4	29.3 \pm 21.7	32.1 \pm 37.5	ns	
Green/Yellow vegetables (g)	63.8 \pm 53.3	70.3 \pm 82.6	67.8 \pm 55.5	68.9 \pm 74.7	ns	
Other vegetables (g)	94.5 \pm 73.2	69.9 \pm 39.1	70.1 \pm 34.2	73.7 \pm 45.9	** * a-b * * a-c	
Fruits (g)	72.9 \pm 114.0	75.0 \pm 78.5	82.1 \pm 71.2	75.9 \pm 83.6	ns	
Seafood (g)	34.2 \pm 30.6	29.1 \pm 19.7	31.2 \pm 17.9	30.3 \pm 21.5	ns	
Meat (g)	51.0 \pm 27.0	48.7 \pm 25.7	46.2 \pm 23.0	48.6 \pm 25.5	ns	
Egg products (g)	42.3 \pm 28.2	40.9 \pm 30.5	40.2 \pm 34.8	41.0 \pm 30.9	ns	
Dairy products (g)	95.9 \pm 83.5	146.1 \pm 268.1	130.4 \pm 175.2	135.9 \pm 235.2	ns	
Fat (g)	17.0 \pm 8.1	16.7 \pm 8.2	17.6 \pm 9.0	16.9 \pm 8.3	ns	
Confectionary (g)	146.6 \pm 135.6	119.4 \pm 165.9	119.0 \pm 109.0	123.5 \pm 153.3	ns	
Alcohol (g)	6.7 \pm 34.3	3.0 \pm 8.1	2.4 \pm 9.0	3.4 \pm 15.3	ns	

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value \pm 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

** p<0.01 *** p<0.001

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 4 Mean and standard deviation of nutritional intake according to thiamin levels

	Mean \pm SD				Total (n=418)	Significant probability
	Low value (n=63)	Middle value (n=285)	High value (n=70)	Total (n=418)		
Energy (kcal)	1672 \pm 447	1644 \pm 477	1641 \pm 441	1647 \pm 466		ns
Protein (g)	57.2 \pm 20.3	54.5 \pm 19.2	54.1 \pm 17.9	54.9 \pm 19.1		ns
Fat (g)	48.3 \pm 17.7	48.0 \pm 19.6	48.0 \pm 20.1	48.0 \pm 19.4		ns
Saturated fatty acid (g)	13.75 \pm 5.40	14.27 \pm 7.68	14.19 \pm 7.38	14.18 \pm 7.31		ns
Monounsaturated fatty acid (g)	16.50 \pm 6.30	16.35 \pm 6.58	16.44 \pm 6.82	16.39 \pm 6.56		ns
Polyunsaturated fatty acid (g)	10.58 \pm 3.85	9.92 \pm 3.84	9.97 \pm 3.80	10.03 \pm 3.83		ns
Cholesterol (mg)	304 \pm 153	295 \pm 156	295 \pm 175	296 \pm 158		ns
Carbohydrate (g)	243.1 \pm 57.9	240.3 \pm 63.7	240.4 \pm 55.0	240.7 \pm 61.4		ns
Dietary fibers (g)	9.6 \pm 4.5	8.5 \pm 3.3	8.6 \pm 3.1	8.7 \pm 3.5		ns
Vitamin A (μ g)	381 \pm 193	389 \pm 200	387 \pm 176	388 \pm 194		ns
Retinol (μ g)	202 \pm 98	220 \pm 143	206 \pm 117	215 \pm 133		ns
Carotene(μ g)	2107 \pm 1562	1980 \pm 1305	2137 \pm 1205	2026 \pm 1329		ns
Vitamin D (μ g)	5 \pm 5	5 \pm 3	5 \pm 3	5 \pm 4		ns
Vitamin E (mg)	5.7 \pm 2.4	5.5 \pm 2.3	5.6 \pm 2.3	5.5 \pm 2.3		ns
Vitamin B ₁ (mg)	0.60 \pm 0.26	0.58 \pm 0.25	0.58 \pm 0.22	0.58 \pm 0.25		ns
Vitamin B ₂ (mg)	0.85 \pm 0.39	0.85 \pm 0.50	0.85 \pm 0.46	0.85 \pm 0.48		ns
Vitamin C (mg)	60 \pm 50	55 \pm 33	58 \pm 30	56 \pm 35		ns
Sodium chloride equivalent (g)	6.5 \pm 2.7	6.1 \pm 2.4	6.0 \pm 2.4	6.1 \pm 2.4		ns
Potassium (mg)	1728 \pm 844	1641 \pm 727	1647 \pm 674	1655 \pm 736		ns
Calcium (mg)	398 \pm 203	414 \pm 324	413 \pm 265	411 \pm 298		ns
Magnesium (mg)	190 \pm 80	176 \pm 64	176 \pm 62	178 \pm 67		ns
Iron (mg)	6.3 \pm 2.6	5.8 \pm 2.1	5.8 \pm 2.2	5.9 \pm 2.2		ns
Zinc (mg)	7.3 \pm 2.3	7.0 \pm 2.3	6.9 \pm 2.0	7.0 \pm 2.3		ns

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value \pm 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 5 Percentage of participants according to low and high thiamin values

	Number (%)			Significant probability
	Low value (n=63)	High value (n=70)	Total (n=133)	
Custom of eating particular food				
Unpolished rice ¹⁾	3 (4.8)	5 (7.2)	8 (6.1)	0.411
Instant noodle ⁴⁾	21 (33.3)	26 (37.7)	47 (35.6)	0.368
Other instant food ⁴⁾ ✘	31 (57.4)	27 (64.3)	58 (60.4)	0.319
Baked bread items/sweet bun ²⁾ ✘	18 (33.3)	12 (28.6)	30 (31.2)	0.392
Confectionary ²⁾ ✘	29 (53.7)	27 (64.3)	56 (58.3)	0.202
Soft drink ³⁾ ✘	28 (51.9)	24 (57.1)	52 (54.2)	0.682
Fruit/vegetable juice ³⁾ ✘	24 (44.4)	24 (57.1)	48 (50.0)	0.304
Milk/ dairy produce ²⁾ ✘	27 (50.0)	22 (52.4)	49 (51.0)	0.840
Alcohol ⁴⁾	16 (30.2)	6 (14.6)	22 (23.4)	0.090
Regular exercise ⁵⁾	20 (37.0)	14 (33.3)	34 (35.4)	0.830
Live alone	20 (32.8)	11 (15.7)	31 (23.7)	0.025*
Often eat out ³⁾ ✘	13 (24.1)	9 (21.4)	22 (22.9)	0.811
Often bring shop prepared food home ³⁾ ✘	25 (46.3)	22 (52.4)	47 (49.0)	0.681
Diet orientation ✘	41 (75.9)	29 (69.0)	70 (72.9)	0.494
Eat with attention to combination of food	10 (16.1)	5 (7.1)	15 (11.4)	0.168
Conscious acknowledgement of number of food items ✘	28 (51.9)	17 (40.5)	45 (46.9)	0.307
Snack everyday	19 (30.6)	27 (38.6)	46 (34.8)	0.365
Imbalanced diet	14 (22.6)	20 (28.6)	34 (25.8)	0.550
Often miss meal	13 (21.0)	12 (17.1)	25 (18.9)	0.658
Generally have appetite	39 (62.9)	33 (47.1)	72 (54.5)	0.081
Remarkable fluctuation of weight ⁶⁾	21 (34.4)	28 (40.0)	49 (37.4)	0.588
Overeating/no appetite due to stress	7 (11.3)	10 (14.3)	17 (12.9)	0.795
Fatigue/feeling of general malaise in daily life ✘	43 (79.6)	31 (73.8)	74 (77.1)	0.626
Swelling and numbness in hands/legs in daily life ✘	26 (48.1)	19 (45.2)	45 (46.9)	0.838
Often eat food rich in thiamin ²⁾	31 (50.8)	25 (36.8)	56 (43.4)	0.076
Consume Nutritional supplement drinks containing thiamin ⁴⁾ ✘	6 (11.1)	15 (35.7)	21 (21.9)	0.006**
Consume Supplements containing thiamin	10 (15.9)	15 (21.7)	25 (18.9)	0.506

✘ Items with partly no response. (Because the questionnaire in year 2008 is different)

Low value (n=54) High value (n=42) Total (n=96)

- 1) Mostly everyday
- 2) More than 3 times a week
- 3) More than once a week
- 4) More than twice a month
- 5) More than twice (more than 30 minutes) a week
- 6) Within the last year more than ± 3 kg

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

* p<0.05 ** p<0.01

We carried out an X² test as a calibration to show the difference of ratio.

第 3 章

大学生アスリートにおける全血総ビタミン B₁ 濃度

栄養状態とその要因に関する研究

1. 目的

第 2 章では、大学生を対象に全血総ビタミン B₁ 濃度の調査を行ったが、対象者のビタミン B₁ 濃度はほぼ基準値内であり、潜在性欠乏の危険性は考えられるものの、顕著な欠乏状態や欠乏症を有する者の存在は認められなかった。

一方で、特別な生活環境など条件によっては欠乏状態に陥る可能性は否定できず、運動時におけるビタミン摂取の問題は、極めて注目すべき問題である。

本章では、日常的に激しいトレーニングを行っていると予測されるトップアスリートの集団である運動部に所属する大学生を対象とし、同年代の一般学生との全血総ビタミン B₁ 濃度を始めとする血液生化学検査値を比較することで、運動による影響と欠乏状態の可能性を検討した。

2. 方法

2-1. 対象および調査期間

運動部所属の学生アスリート（以下、アスリートとする）として、2009年7月、2010年4月の2度にわたり、A大学、C大学、M大学に協力を依頼し、同意が得られた18～22歳の計172名（男性68名、女性104名）を対象とした。所属運動部において、男子は全対象者の68名がラグビー部、女子は駅伝部24名、その他の運動部（陸上、体操、水泳、シンクロ、ソフトボール、ハンドボール、バレーボール、バスケットボール、サッカー、ソフトテニス、卓球、バドミントン、スキー、スケート、ボートなど）80名であった。尚、対象の学生はいずれも日常的に激しいトレーニングを行っているトップアスリートの集団であり、国際大会出場やオリンピック選手を輩出するなど、体育系大学として著名な大学である。

一方で一般学生として、2008年～2010年の毎年7月にわたり、N大学管理栄養学部生のうち同意が得られた18～20歳の計472名（男性54名、女性418名）を対象とした。

2-2. 血液生化学検査

血液生化学検査としては、全血総ビタミンB₁濃度（Thiamin、以下ビタミンB₁濃度とする）、白血球数（WBC）、赤血球数（RBC）、ヘモグロビン（Hb）、ヘマトクリット（Hct）、MCV、MCH、MCHC、血小板数（PLT）、中性脂肪（TG）、総コレステロール（T-CHO）、HDLコレステロール（HDL-CHO）、総タンパク（TP）、アルブミ

ン (Alb)、尿素窒素 (BUN)、尿酸 (UA)、クレアチニン (CRE)、血清鉄 (SI)、AST、ALT、アルカリホスファターゼ (ALP)、血糖 (Glc)、 γ GTP を外部委託 (半田市医師会健康管理センター及び BML.INC) により測定した。

ビタミン B₁ 濃度に関しては、木村らによる HPLC ポストカラム蛍光検出法により実施した (15, 39-42)。

2-3. 統計学的解析

統計学的解析は、統計解析ソフト SPSS ver 16.0 J for Windows を使用し、2 群間の平均値の差の検定にはノンパラメトリック法、Mann-Whitney の U 検定を用い、いずれも $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

2-4. 倫理的配慮

研究内容については、全対象者に対して文書で説明し同意書を得た。本研究は、ヘルシンキ宣言に則った名古屋学芸大学倫理委員会の承認を得た。(平成 19 年 5 月 9 日、承認番号 6 および平成 21 年 7 月 7 日、承認番号 21)。

3. 結果

3-1. 全血総ビタミン B₁ 濃度の分布

アスリートおよび一般学生における男子のビタミン B₁ 濃度の分布を Fig.2 に、女子を Fig.3 にそれぞれ示した。

その結果、Fig.2 の男子においてアスリート 68 名のビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 24ng/ml から最大値 50ng/ml であり、31～40ng/ml の範囲に最も対象者が属しており、その割合は全体の約 71% (48 名) であった。それに対し、一般学生 54 名のビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 22ng/ml から最大値 84ng/ml であり、41～50ng/ml の範囲に最も対象者が属しており、その割合は全体の約 39% (21 名) であった。加えてビタミン B₁ 濃度の平均値±標準偏差は、アスリートが 34.5 ± 5.3 ng/ml であるのに対し、一般学生は 46.9 ± 12.2 ng/ml であった。

一方で、Fig.3 の女子においてアスリート 104 名のビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 19ng/ml から最大値 50ng/ml であり、21～30 ng/ml の範囲に最も対象者が属しており、その割合は全体の約 61% (63 名) であった。それに対し、一般学生 418 名のビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 11ng/ml から最大値 77ng/ml であり、31～40ng/ml の範囲に最も対象者が属しており、その割合は全体の約 37% (155 名) であった。加えて全血総ビタミン B₁ 濃度の平均値±標準偏差は、アスリートが 28.7 ± 5.6 ng/ml であるのに対し、一般学生は 40.6 ± 10.4 ng/ml であった。

男女とも一般学生のビタミン B₁ 濃度の分布はほぼ基準値内 (6, 7, 31, 50) であり、かつほぼ正規分布していた。加えて、アス

リートの全血総ビタミン B₁ 濃度の分布は、一般学生と比較して高値をとる頻度が少なかった。

3-2. 血液生化学検査値

アスリートおよび一般学生における男子の血液検査値の平均値を Table 6 に、女子を Table 7 にそれぞれ示した。

その結果、Table 6 の男子において、アスリートは一般学生と比較してビタミン B₁、MCH、MCHC、HDL コレステロール、総タンパク、アルブミン、血清鉄の平均値が有意に低く、白血球数、血小板数、中性脂肪、総コレステロール、尿素窒素、クレアチニン、アルカリホスファターゼの平均値は有意に高い値を示した。

一方で、Table 7 の女子において、アスリートは一般学生と比較してビタミン B₁、ヘモグロビン、MCH、MCHC、総タンパク、血糖、 γ GTP の平均値が有意に低く、血小板数、HDL コレステロール、クレアチニン、AST、ALT、アルカリホスファターゼの平均値は有意に高い値を示した。

以上のことから、男女共通の傾向として、アスリートは一般学生と比較してビタミン B₁、MCH、MCHC、総タンパクの平均値が有意に低く、血小板数、クレアチニン、アルカリホスファターゼの平均値は有意に高い値を示した。

4. 考察

ビタミン B₁ は、主に炭水化物代謝酵素の補酵素として働き、欠乏により全身の倦怠感、疲労感、動悸、息切れなどの自覚症状が現れるので、体調を整えるうえで重要な栄養素である（6, 7, 43）。運動時にはエネルギー代謝が活発となり、必要量が増加するといわれており、グルコースの消費に対してビタミン B₁ が不足すると、ピルビン酸からアセチル CoA の代謝が円滑に行われなくなり、ピルビン酸からの乳酸の産生が増加し、乳酸が蓄積することにより疲労の原因となる（54-56）。現在ビタミン B₁ の所要量はエネルギー1000kcal当たりの基準で定められており、運動時には、エネルギー摂取量増加分を主食と副食とを満遍なく増し、バランスの取れた食事内容で補うことがしばしば推奨される（50, 52）。

本研究におけるアスリートと一般学生のビタミン B₁ 濃度の分布と平均値を比較した結果、男女ともにアスリートは一般学生に比べてビタミン B₁ 濃度の分布において、高値をとる頻度が少なかった。加えて、男女ともにビタミン B₁ 濃度の平均値が有意に低い値を示したことから、運動によるビタミン B₁ 不足の可能性が示唆された。

従来の研究では、日常のビタミン B₁ の摂取基準量を十分満たしている条件下では、運動による不足はあまりみられないと報告されている（57, 58）。したがって、対象となったアスリートは、運動を考慮した食事からの十分なビタミン B₁ 摂取を維持できていなかったことが予想される。しかし一方で、本研究の対象であ

るアスリートは、比較的栄養摂取等にも気を配っていた傾向がみられ、なかでもA大学は管理栄養士養成施設の学生によるアスリートの食事をサポートするサークル NSTA (Nutrition Support Team for Athletes)によって、十分な食事提供による適正な栄養補給が確保されていたという。例として、Table 8 に示す通り、エネルギーは1日当たり 4500kcal、たんぱく質は 170g と同年代の男性に比べて 2~3 倍摂取しており、特にビタミン B₁ に関しては 2.7~3.6mg と食事摂取基準における推奨量 1.4mg をはるかに上回る消費エネルギーに準じた量が十分確保されていた(59, 60)。にもかかわらず、本研究においてビタミン B₁ 濃度に影響が出たことに関しては、エネルギー代謝によるビタミン B₁ 必要量の増加以外の何か特別な影響が考えられる。今後は、アスリートおよび一般学生ともに食事やサプリメントの摂取状況から適切な栄養摂取量等を調査し、これらの因果関係を縦断的に検討していく必要がある。また、最大酸素摂取量が軽度の運動強度では、極端な不足はみられていないという報告があることから(58, 61, 62)、本研究の対象としたアスリートが、いずれも運動強度が高く、最大酸素摂取量が高い集団であったことが推測出来る。

一方で、第 2 章ではヒトの体内でのビタミン B₁ が主に血球系組織に存在しており、特に赤血球中のビタミン B₁ 濃度が体内蓄積量を反映し(44)、そのためにビタミン B₁ 濃度と相対的に血球系の血液検査値が高い値を示したと記述したことから、アスリートにおける溶血性貧血も視野に入れなければならない。近年、運動による物理的衝撃を受けることによって、溶血によるスポーツ性貧血の報告が多くみられ、一般に赤血球数、ヘモグロビン、ヘ

マトクリットが低値を示すとされており (63, 64)、それがビタミン B₁ 栄養状態に影響を及ぼすことが予想される。しかしながら、本研究ではこれら血球系組織において有意な差はみられなかった為、今後検討が必要となる。

その他の血液生化学検査値において、アスリートは一般学生と比較して、総タンパクが有意に低かった。一般に運動により筋タンパク質の分解が亢進することが明らかになっており、運動によるタンパク質の分解量は運動時間に比例することが知られている。そのため、運動をした際に貯蔵タンパクである血清タンパクが利用されることが考えられ、運動時はタンパク質の摂取量を増加することが勧められている (65, 66)。しかしながら、運動とタンパク質分解に関しては明らかにされていない点も多く、今後とも検討が必要である。

加えて、アルカリホスファターゼについてアスリートは一般学生と比較して有意に高い値を示したのは、運動による骨代謝が亢進されていたことが考えられる。アルカリホスファターゼには臓器由来の異なるアイソザイムが存在し、なかでも ALP3 は骨代謝のマーカーとなり、骨形成亢進状態で上昇することが知られている (67-70)。本研究におけるアスリートの集団は、いずれも強度の高い競技であることから、一般学生に比べて骨に加わる刺激が強く、骨形成が亢進していることが考えられる。そのため、アルカリホスファターゼが高値を示したのではないかと推測出来る。その他にも血液検査値において有意な差がみられた項目があるが、その根拠や論証となる報告が極めて少ないため、今後とも検討が必要である。

本研究は横断研究であるため、運動によるこれらの血液検査値との因果関係を考察するのは困難であり、今後はいずれの検討もさらなる追跡調査が必要であると考えられる。また、本研究のアスリートは、それぞれ競技種目や活動時期、個々の性別や体格が異なることから、これらの身体状況の調査も検討して、種目別、活動強度の比較等の詳細な報告が必要となる。

大学生の時期は、一般的にそれまでの家庭に依存した生活から自立した生活を身につけていく移行期である。健康に関連深い生活習慣、特に食生活に関してはこの時期に変化することが予想されている(71-74)。したがって適切な栄養摂取が求められるが、日常的に激しい運動をするアスリートは、一般に栄養や食事についての関心が低く、特にビタミン、ミネラル等の微量栄養素についての重要性が見逃されがちである。一方で、競技種目や活動時期、アスリート個々の性別や体格が大きく異なることから、エネルギーや各栄養素の摂取量を一概に設定することは極めて難しい。したがって、今後は運動状況の把握と同時に、適切な栄養摂取量の設定と、実際の確保を推奨していく必要があることが示唆された。

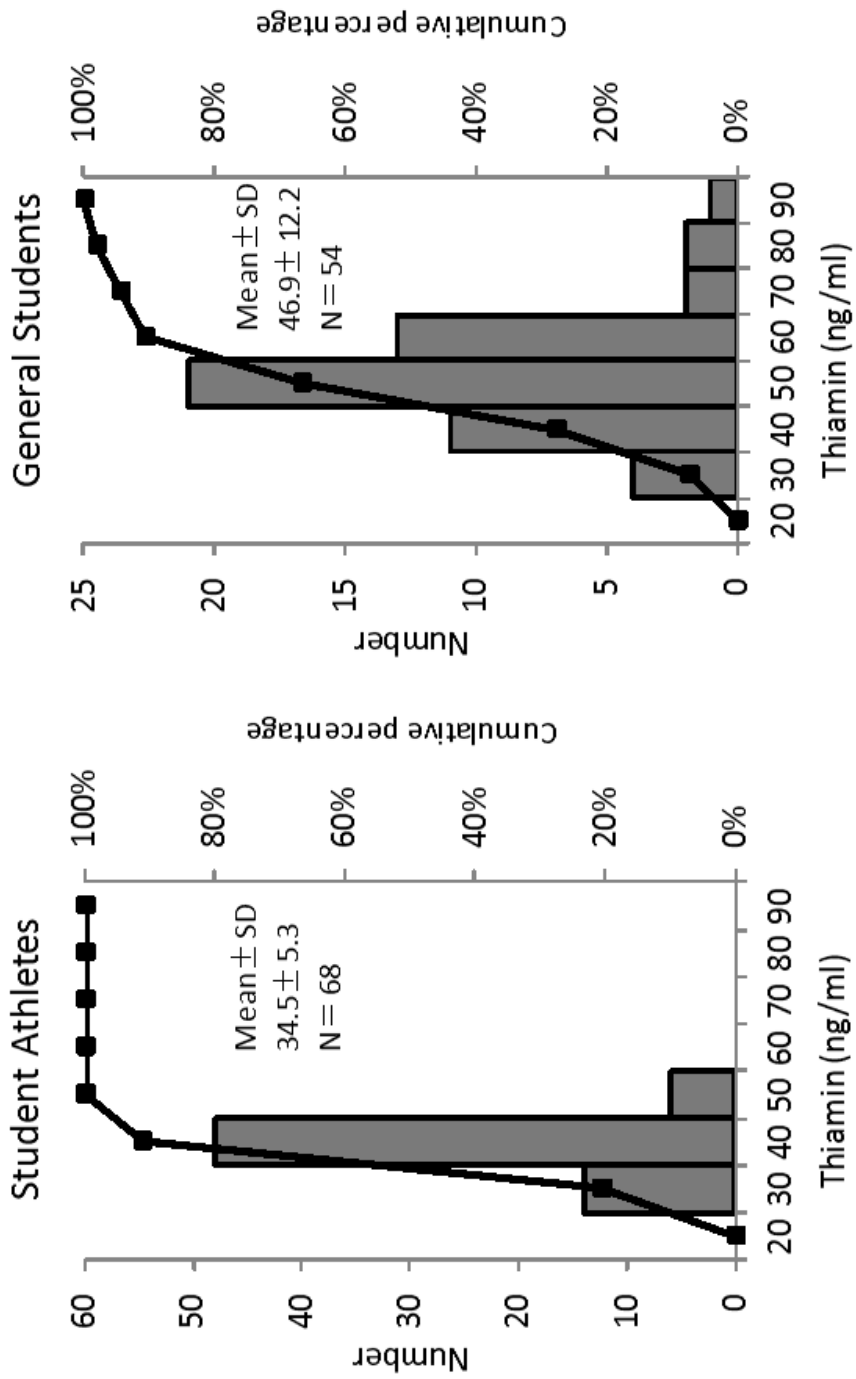


Fig.2 Comparison of the distribution for both student athletes and general students' total thiamin concentration in the blood (Male)

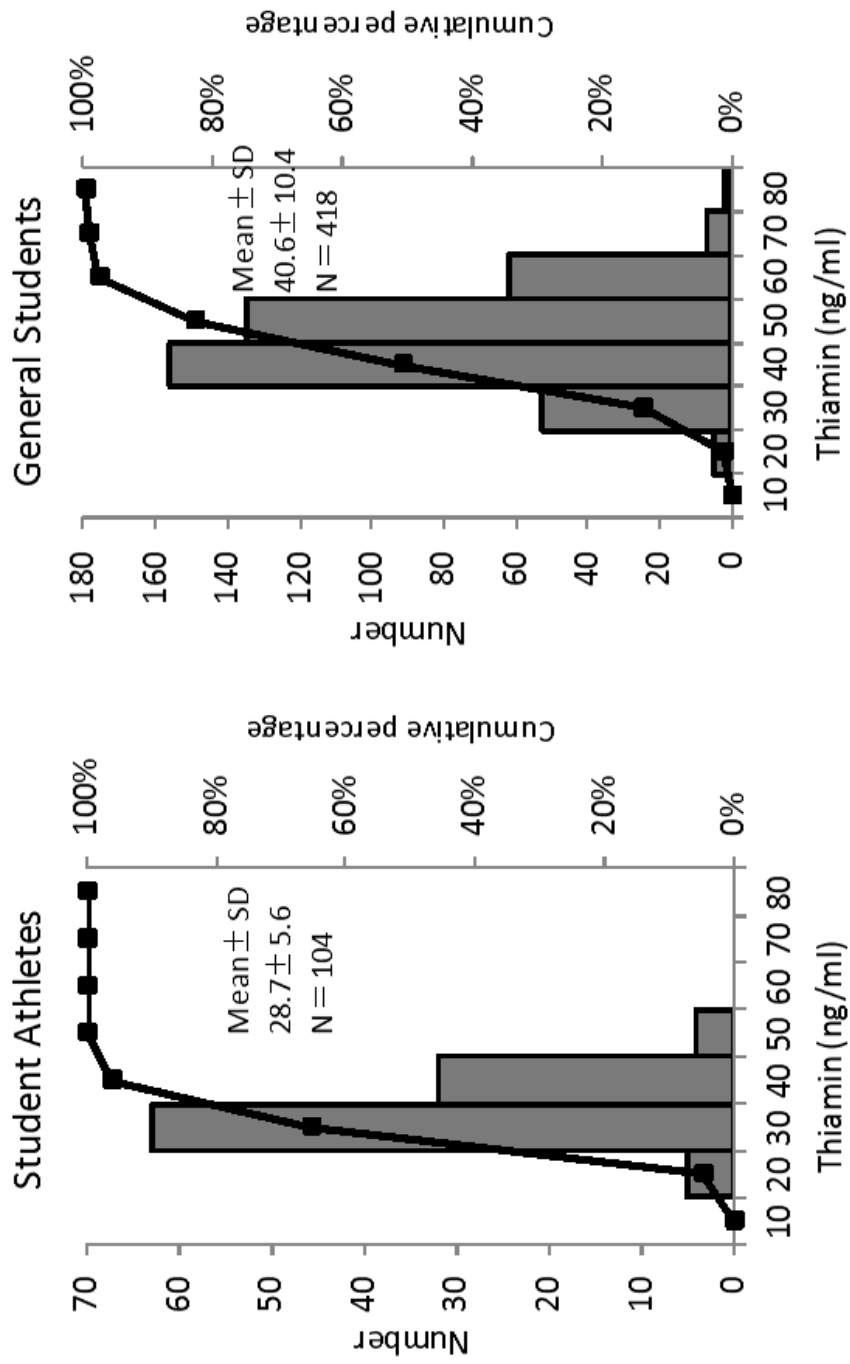


Fig.3 Comparison of the distribution for both student athletes and general students' total thiamin concentration in the blood (Female)

Table 6 Comparison of blood examination values for student athletes and general students (Male)

	Mean \pm SD		Significant probability
	Student Athletes (n=68)	General Students (n=54)	
Thiamin (ng/ml)	34.5 \pm 5.3	46.9 \pm 12.2	0.000***
WBC (/mm ³)	7262 \pm 1495	6150 \pm 1432	0.000***
RBC (10 ⁴ /mm ³)	532 \pm 26	524 \pm 27	0.096
Hb (g/dl)	15.8 \pm 0.7	15.8 \pm 0.7	0.465
Hct (%)	47.4 \pm 2.4	47.0 \pm 2.1	0.424
MCV (fl)	89.1 \pm 3.1	90.0 \pm 3.3	0.137
MCH (pg)	29.7 \pm 1.0	30.3 \pm 1.1	0.004**
MCHC (%)	33.3 \pm 0.8	33.7 \pm 0.7	0.025*
PLT (10 ⁴ /mm ³)	25.6 \pm 4.8	22.1 \pm 4.1	0.000***
TG (mg/dl)	128.0 \pm 84.3	86.1 \pm 46.5	0.000***
T-CHO (mg/dl)	173.4 \pm 35.2	161.0 \pm 29.1	0.037*
HDL-CHO (mg/dl)	54.1 \pm 12.9	58.3 \pm 9.9	0.010*
TP (g/dl)	7.3 \pm 0.3	7.5 \pm 0.4	0.000***
Alb (g/dl)	4.5 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2	0.000***
BUN (mg/dl)	15.1 \pm 3.3	13.3 \pm 3.1	0.001**
UA (mg/dl)	5.9 \pm 1.1	5.9 \pm 0.9	0.637
CRE (mg/dl)	0.9 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1	0.000***
SI (μ g/dl)	71.8 \pm 25.8	117.9 \pm 40.0	0.000***
AST (IU/L)	21.5 \pm 15.0	19.5 \pm 4.9	0.862
ALT (IU/L)	22.8 \pm 18.7	17.3 \pm 8.6	0.068
ALP (IU/L)	363.6 \pm 96.5	257.1 \pm 79.0	0.000***
Glc (mg/dl)	84.8 \pm 7.1	85.1 \pm 6.8	0.505
γ GTP (IU/L)	20.9 \pm 10.3	20.6 \pm 6.7	0.239

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, ALP: alkaline phosphatase, Glc: glucose, γ GTP: γ -glutamyl transpeptidase

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Probability was calculated using the non-parametric method Mann-Whitney U test.

Table 7 Comparison of blood examination values for student athletes and general students (Female)

	Mean ± SD		Significant probability
	Student Athletes (n=104)	General Students (n=418)	
Thiamin (ng/ml)	28.7 ± 5.6	40.6 ± 10.4	0.000***
WBC (/mm ³)	6292 ± 1867	6177 ± 1427	0.842
RBC (10 ⁴ /mm ³)	450 ± 36	453 ± 30	0.962
Hb (g/dl)	13.1 ± 0.8	13.3 ± 1.1	0.016*
Hct (%)	40.9 ± 2.8	40.5 ± 2.8	0.238
MCV (fl)	90.7 ± 3.6	89.6 ± 5.2	0.053
MCH (pg)	29.3 ± 1.7	29.4 ± 2.2	0.012*
MCHC (%)	32.2 ± 1.0	32.8 ± 1.0	0.000***
PLT (10 ⁴ /mm ³)	26.8 ± 5.1	23.8 ± 5.2	0.000***
TG (mg/dl)	78.2 ± 56.4	68.7 ± 33.3	0.545
T-CHO (mg/dl)	180.7 ± 27.7	175.9 ± 30.5	0.133
HDL-CHO (mg/dl)	73.6 ± 14.8	65.3 ± 11.7	0.000***
TP (g/dl)	7.4 ± 0.4	7.5 ± 0.3	0.005**
Alb (g/dl)	4.6 ± 0.2	4.6 ± 0.2	0.966
BUN (mg/dl)	13.0 ± 3.4	12.2 ± 2.8	0.070
UA (mg/dl)	4.6 ± 1.1	4.3 ± 0.8	0.073
CRE (mg/dl)	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.000***
SI (μ g/dl)	95.7 ± 37.0	93.0 ± 41.7	0.330
AST (IU/L)	21.0 ± 5.1	17.1 ± 3.7	0.000***
ALT (IU/L)	14.0 ± 5.5	12.3 ± 6.3	0.000***
ALP (IU/L)	231.2 ± 72.6	195.6 ± 47.9	0.000***
Glc (mg/dl)	81.3 ± 13.9	85.8 ± 7.0	0.000***
γ GTP (IU/L)	13.6 ± 3.1	15.6 ± 4.1	0.000***

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, ALP: alkaline phosphatase, Glc: glucose, γ GTP: γ -glutamyl transpeptidase

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

Probability was calculated using the non-parametric method Mann-Whitney U test.

Table 8 Dietary reference intakes for athletes and general students

	Athletes (Example of A university) ¹⁾	Dietary reference intakes for Japanese ³⁾
Energy (kcal)	4500	2650
Protein (g)	170 ²⁾	60
Fat (%Energy)	25	20 ≦, <30
Carbohydrate (%Energy)	60	50 ≦, <70
Calcium (mg)	1000-1500	800
Iron (mg)	15-20	7.0
Vitamin A (μ g)	900-1500	850
Vitamin B ₁ (mg)	2.7-3.6	1.4
Vitamin B ₂ (mg)	2.2-2.7	1.6
Vitamin C (mg)	200	100
Dietary fibers (g)	36-45	19 ≦

1) Determined from Nutrition and Meal Guide for Athlete, 2006.

2) Computed from a Rugby player's PFC ratio. (15 : 25 : 60)

3) Recommended amount of Physical activity level II and 18-29 years old male from Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010.

第 4 章

要介護高齢者におけるビタミン B₁ 欠乏と

身体状況に関する研究

1. 目的

近年、高齢者を中心にビタミン B₁ 欠乏症が増加しており、特別な要因が存在しないか検討されている。ビタミン B₁ 欠乏症の高齢者には、アルコールの多飲を始め、糖尿病や胃切除などの既往によるビタミン B₁ 吸収障害が多いこと、多剤の薬物投与している者が多く、薬剤の影響を受けていることなどが原因として報告されているのに加え、高齢者のビタミン類をはじめとする栄養素の摂取不足も問題となっており、特に寝たきり老人、認知症老人などの摂取状況には偏りがあるといわれている。

本章では常時介護を必要とし、家庭で介護を受けることが困難な特別養護老人施設入所者に着目し、栄養評価としての全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行い、欠乏状態の実態とその要因を調査すべく、その他の検査項目、身体機能、身体状況等との関わりを検討した。

2. 方法

2-1. 対象および調査期間

2010年、愛知県名古屋市の特別養護老人施設 N に入所している男女のうち、同意が得られた 65～105 歳（平均値±標準偏差 87.6±7.5 歳）の 74 名（男性 14 名、女性 60 名）を対象とした。対象者はいずれも要介護度 1～5、障害老人の日常生活自立度（以下、寝たきり度とする）J1～C2、認知性老人の日常生活自立度（以下、認知度とする）自立～IV に属していた。

2-2. 身体計測および血液生化学検査

調査内容は、身体測定としては身長、体重、BMI を測定した。

血液生化学検査としては、全血総ビタミン B₁ 濃度（Thiamin、以下ビタミン B₁ 濃度とする）、白血球数（WBC）、赤血球数（RBC）、ヘモグロビン（Hb）、ヘマトクリット（Hct）、MCV、MCH、MCHC、血小板数（PLT）、中性脂肪（TG）、HDL コレステロール（HDL-CHO）、LDL コレステロール（LDL-CHO）、アルブミン（Alb）、尿素窒素（BUN）、クレアチニン（CRE）、AST、ALT、血糖（Glc）、グリコヘモグロビン（HbA1c）、 γ GTP、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、クロール（Cl）を測定した。

ビタミン B₁ 濃度に関しては、木村らによる HPLC ポストカラム蛍光検出法により株式会社 FALCO バイオシステムズによる外部委託により実施した（15, 39-42）。

2-3. 身体状況およびビタミン B₁ 摂取量に関する調査

身体状況に関する調査に関しては、作成した問診票を提示し、入所者記録を元に得た。主な項目としては、食事形態（経口摂取および経管・静脈栄養）、普段の食欲、水分摂取量、自力歩行の可否、喫煙歴、飲酒歴、現病歴、既往歴、服薬などである。

対象者のビタミン B₁ 摂取量に関しては、普段の食事が経口摂取の者に対しては、調査日前 1 週間分の実際の献立から、五訂増補日本食品成分表に準じた解析ソフトエクセル栄養君 Ver.5.0 により 1 日当たりのビタミン B₁ 平均摂取量を算出した(75)。経管・静脈栄養を受けている者に対しては、同時期に使用している栄養剤投与量より算出した。

2-4. 統計学的解析

統計学的解析は、統計解析ソフト SPSS ver 16.0 J for Windows を使用した。平均値の差の検定にはノンパラメトリック法 Mann-Whitney の U 検定を用い、比率の差の検定には χ^2 検定を行った。また、各因子との関係には Pearson の相関係数を算出し、いずれも $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

2-5. 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に則った名古屋学芸大学倫理委員会の承認を得ており、研究内容については本人または代理人の家族に文書で説明し同意書を得た（平成 23 年 5 月 13 日、承認番号 49）。

3. 結果

3-1. 全血総ビタミン B₁ 濃度の分布

対象者のビタミン B₁ 濃度の範囲は、最小値 10ng/ml から最大値 53ng/ml であり、その平均値±標準偏差は 22.4±8.9ng/ml であった。全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布を Fig.4 に示したところ、20 ng/ml を中心に高値に長い裾野をもつ釣鐘型をしていた。

ビタミン B₁ 濃度が 20 ng/ml 以下の者は 42 名(全体の 56.8%) であり、21~30ng/ml の者は 19 名 (全体の 25.7%)、残りの 13 名は 30ng/ml を超えていた。

3-2. 身体計測および血液生化学検査

全対象者のビタミン B₁ 濃度の度数分布をもとに、20 ng/ml 以下の者を欠乏群 (n=42) (以下、欠乏群とする)、21 ng/ml 以上の者を非欠乏群 (n=32) (以下、非欠乏群とする) とし、ビタミン B₁ 濃度と身体測定値、血液検査値との関係をみた。その結果は、Table 9 に示すとおりである。

身長、体重、BMI 等の身体計測値とビタミン B₁ 濃度には 2 群間に有意な差は認められなかった。しかし、白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、トリグリセリド、尿素窒素等の血液検査値においては、ビタミン B₁ 欠乏群で有意に低い値を示した。一方で、HDL コレステロール、クレアチニンの値は、ビタミン B₁ 欠乏群で有意に高い値を示した。

3-3. 身体機能、身体状況に関する調査

同様に、ビタミン B₁ 欠乏群、非欠乏群の 2 群において、対象者の身体機能、身体状況との関係を Table 10 と Table 11 に示した。

その結果、Table 10 の身体機能において、要介護度で有意な差がみられたため、残差分析を行ったところ、ビタミン B₁ 欠乏群の割合は、要介護度 3 で高い値を示し、要介護度 5 で低い値を示した。また、寝たきり度においても有意な差がみられたため、残差分析を行ったところ、ビタミン B₁ 欠乏群の割合は、寝たきり度 B1、B2 で高い値を示し、寝たきり度 C1、C2 で低い値を示した。

一方で、Table 11 の身体状況において、ビタミン B₁ 欠乏群の全対象者の食事形態が経口摂取であり、非欠乏群では経管・静脈栄養である割合が有意に高い値を示した。また、自力歩行が可能な者は、ビタミン B₁ 欠乏群で有意に高い値を示した。

4. 考察

現在、高齢化社会の到来により、わが国では高齢者の健康状態の保持が最も重要な課題である。その中で、見逃されがちなのがビタミン等の微量栄養素である。

要介護高齢者を対象とした本研究では、一般に欠乏症と診断されるビタミン B₁ 濃度が 20ng/ml 以下の者 (6, 7, 34, 53) が 42 名見つかри、全対象者の半数以上が欠乏状態であるという結果となった。また、種々の文献ではビタミン B₁ 濃度基準値内にも関わらず、欠乏症の症状を呈する者がみられることから、ビタミン B₁ 濃度が 21~30ng/ml の者を潜在性ビタミン欠乏症とする報告もあり (7, 34, 43)、参考に本研究においてビタミン B₁ 濃度が 30ng/ml 以下の者をあげてみると、61 名と全体の 8 割以上が欠乏または欠乏の危険性がある状態であることがわかった。このことから、要介護高齢者における深刻なビタミン B₁ 欠乏の存在が示唆された。

この結果を踏まえた上で、ビタミン B₁ 濃度欠乏群 (20ng/ml 以下)、非欠乏群 (それ以上) 別に身体測定値、血液検査値を比較したところ、Table 9 の血液検査値において白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット等の主に血球系組織でビタミン B₁ 欠乏群で有意に低い値を示した。

一般にヒトの体内でのビタミン B₁ は、主に活性型である TPP の形で血球系組織に存在しており、特に赤血球中のビタミン B₁ 濃度が体内蓄積量を反映するといわれている (34, 44)。そのため、ビタミン B₁ 欠乏と相対的に血球系の血液検査値が低い値

を示したと考えられる。

また、クレアチニンにおいてビタミン B₁ 欠乏群が非欠乏群と比較して有意に高い値を示した為、参考にクレアチニン値を元に糸球体濾過量の推定として eGFR (estimated glomerular filtration rate) の平均値を比較したところ、B₁ 欠乏群が $63.5 \pm 31.9 \text{ mL/min/1.73m}^2$ であったのに対し、非欠乏群では $88.5 \pm 43.6 \text{ mL/min/1.73m}^2$ と、欠乏群において有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。従来の研究では、糖尿病などによる腎機能の低下から、血中 B₁ 濃度の低下、および尿中へのビタミン排泄の増加が報告されており、腎機能とビタミン欠乏の関連があげられてる (76-78)。一方で尿素窒素に関しては、B₁ 欠乏群において有意に低い値を示したが、欠乏群、非欠乏群ともに基準値内であった。

その他の身体測定値、血液検査値の項目においては、特に注目するようなビタミン B₁ 欠乏に関わる有意な差は認められなかったが、今後とも検討が必要である。

一方で、Table 10 に示した身体状況において、ビタミン B₁ 欠乏群の全対象者の食事形態が経口摂取であり、非欠乏群では経管・静脈栄養である割合が有意に高い値を示した。参考に、食事形態別のビタミン B₁ 濃度の平均値を比較したところ、経口摂取である者は $19.3 \pm 5.3 \text{ ng/ml}$ であるのに対し、経管・静脈栄養を受けているものは $38.1 \pm 6.4 \text{ ng/ml}$ と有意な差を示した ($p < 0.001$)。

1990年代、非経口栄養法には様々な見直しがなされ、特に静脈栄養においてビタミン B₁ を投与せずに高カロリー輸液を施行した際に、死亡例を含む重度のビタミン B₁ 欠乏症の報告が相次いだ為、高カロリー輸液施行時にはビタミン B₁ を投与するように

という勧告が出されている（79－82）。したがって、今回対象となった施設においても、栄養剤や高カロリー輸液には十分なビタミン B₁ 投与がなされており、その結果、経管・静脈栄養を受けている者がビタミン B₁ 欠乏を免れていたのではないかと考えられる（83, 84）。

実際に、本研究の対象者の調査日前 1 週間の栄養素摂取量を算出したところ、経口摂取の者は、エネルギーが 1 日当たり約 1728 ± 156kcal、タンパク質が 64.1 ± 4.9g、そしてビタミン B₁ は 0.82 ± 0.13mg（0.47mg/1000kcal）であったのに対し、経管・静脈栄養を受けている者は、エネルギーが 1 日当たり約 801 ± 132kcal、タンパク質が 38.9 ± 8.5g、そしてビタミン B₁ は 1.15 ± 0.32mg（1.41mg/1000kcal）であった。一方で、ビタミン B₁ 濃度欠乏群、非欠乏群別に摂取量を比較したところ、欠乏群のエネルギーが 1 日当たり約 1728 ± 156kcal、タンパク質が 64.1 ± 4.9g、そしてビタミン B₁ は 0.82 ± 0.13mg（約 0.47mg/1000kcal）であったのに対し、非欠乏群は、エネルギーが 1 日当たり約 1351 ± 470kcal、タンパク質が 53.8 ± 13.7g、そしてビタミン B₁ は 0.95 ± 0.26mg（0.70mg/1000kcal）であったことから、今後は経口摂取対象者における適正なビタミン B₁ の補給が必要であると考えられる。

しかしながら、本研究では経口摂取の者の残食量を始めとする喫食状況は考慮していないため、実際の栄養摂取量を正確に把握することは困難である。また、既往歴もしくは現在の疾患によるビタミン B₁ 吸収障害等も考慮していないため、今後は対象者個別の正確な喫食状況およびビタミン B₁ 吸収障害等による影響を調査し、栄養状態との因果関係を正確に検討する必要がある。加

えて、本来ならば非経口摂取として経口摂取が不可能あるいは不十分な者に対し、消化管機能状態を考慮した上で、経管栄養もしくは静脈栄養が選択され、さらに投与剤や量も異なる為、それぞれ個々の解析が必要となる。しかし、本研究では非経口摂取の者が12名と全対象者の約16%少なく、経管・静脈栄養を分けての解析には対象者数が不十分であった為、非経口摂取として経口摂取との比較を検討した。したがって、今後は対象者数を増やし、経管栄養および静脈栄養それぞれの特徴を考慮したさらなる検討が必要となる。

また、本研究において、Table 10の要介護度、寝たきり度、認知度等で、重症度とビタミン B₁ 欠乏に関わる差において、目立った規則性はみられなかった。その原因として、一般的に重度の介護状態であるものが、経管・静脈栄養である傾向が高いことが考えられ、その結果、ビタミン B₁ 濃度が高値を示していたことが影響していると考えられる。

一方で、この結果を踏まえ経口摂取の者だけに限定し身体状況について比較検討したが、有意な差は得られなかった。一般に、運動などによるエネルギー代謝が活発になるとビタミン B₁ は必要量が増すとされている(57)。しかしながら、その論証となる研究データは極めて少なく、かつ本研究は対象が介護を要する高齢者ということもあり、ビタミン B₁ 栄養状態に影響を及ぼすような身体活動に至らなかったと考えられる。今後、ビタミン B₁ の代謝と利用に関する見解がより明らかになれば、さらなる検討が期待できると考えられる。

加えて、高齢者の経口摂取によるビタミン類をはじめとする栄

養素の摂取不足も問題となっている。従来の研究では、長期入院中の高齢者は B₁ 摂取量が極めて低く、同時に血中ビタミン B₁ の栄養状態も極めて悪いという報告がある (35-38, 85, 86)。この原因は、病院食の残食など高齢者の食事摂取量が少ないことがあげられており、高齢な入院患者の栄養管理について再考慮する必要があるとしている。したがって、今後食事形態を踏まえたビタミン B₁ 欠乏の可能性を十分に検討していく必要がある。また、高齢者個人の咀嚼・嚥下機能レベルが栄養摂取量に影響を及ぼすといった報告もされているため (87-90)、参考に本研究において経口摂取のうちの調理形態別 (一般食、刻み食、ミキサー食) におけるビタミン B₁ 栄養状態を比較したが、有意な差は得られなかった。今後は咀嚼・嚥下機能別の正確な摂食量の把握と、ビタミン B₁ 栄養状態への影響も加えて検討していく必要がある。咀嚼機能に影響を及ぼす要因の 1 つとしては、歯の喪失が考えられ、歯の喪失が総エネルギー摂取量および栄養バランスに影響を及ぼすといった知見は数多くみられる (87-90)。したがって、今後は残歯数におけるビタミン B₁ 栄養状態へのリスクも想定した検討も必要である。

また、ビタミン B₁ 欠乏症の高齢者には、アルコールの多飲を始め、糖尿病や胃切除などの既往による影響や、多剤の薬物投与している者が多いことなども原因として報告されている (30-32, 91-93)。本研究においてこれらの項目に有意な差は得られなかったが、既往歴とビタミン B₁ 欠乏との関連については、今後とも検討が必要である。

以上の結果より、要介護高齢者の深刻なビタミン B₁ 欠乏の存

在が確認された為、本来ならば早期発見に努めるべきであるが、その発見は現状では極めて困難を要する。

その理由は、第一に要介護高齢者は寝たきりの者が多く、また重度の認知症であるものが多いため、欠乏症特有の神経症状や脳症を本人が訴え難いことにある。第二に、一般的に高齢者の栄養不足の早期発見の為の指標として、体重減少や BMI、血中アルブミン値が用いられているが (94, 95)、これらの値は必ずしもビタミン B₁ 栄養状態と一致していない。

本研究においても Fig.5 に示すように、BMI やアルブミンとビタミン B₁ 濃度の間には、有意に負の相関がみられた。したがって、BMI やアルブミンが十分な栄養状態であっても、ビタミン B₁ 濃度が不足している可能性は十分に考えられるといえる。

今後、高齢者のビタミン B₁ 欠乏の早期発見に向けて、さらに検討していく必要がある。

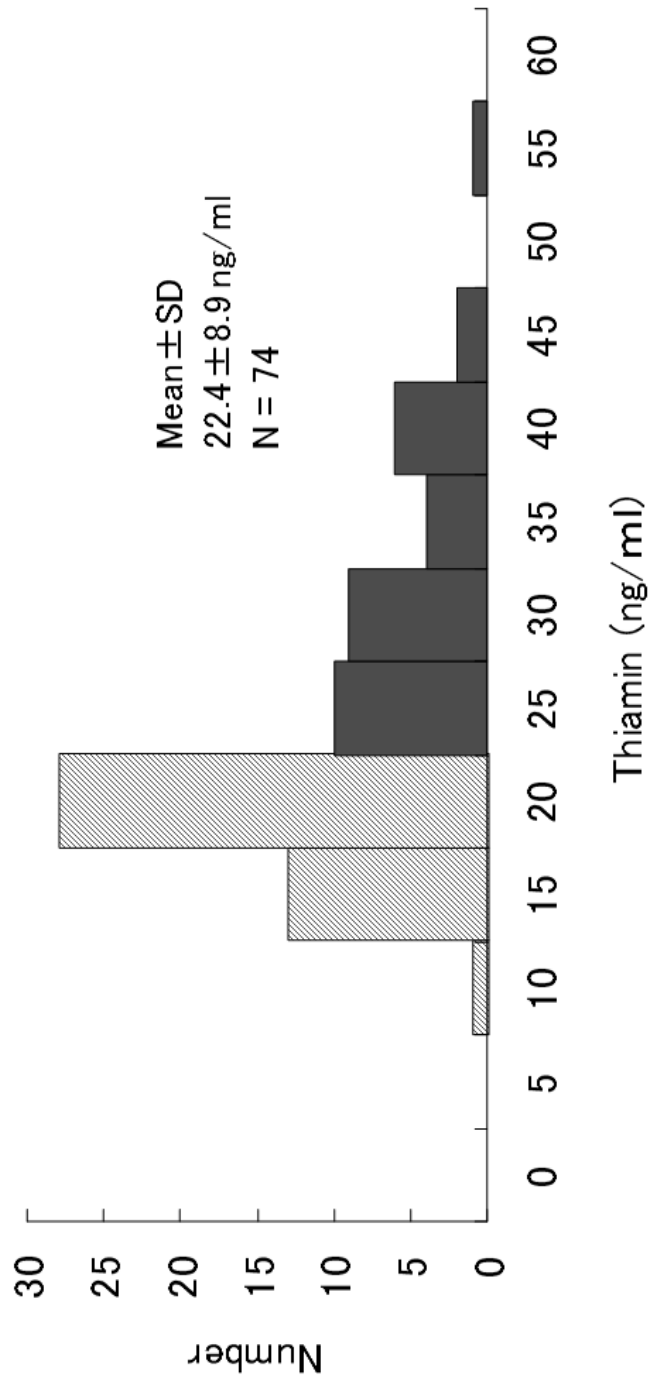


Fig.4 The distribution of total thiamin concentration in whole blood for elderly people requiring nursing care

Table 9 A comparison of laboratory test values between thiamin deficiency group and non-deficiency group

	Mean \pm SD		Significant probability
	Deficiency group (n=42)	Non-deficiency group (n=32)	
Age	87.7 \pm 8.0	87.4 \pm 7.0	0.566
Height (cm)	144.6 \pm 9.7	145.8 \pm 11.9	0.541
Weight (kg)	43.6 \pm 7.7	40.4 \pm 9.6	0.108
BMI (kg/m ²)	20.9 \pm 3.4	19.1 \pm 4.3	0.093
Thiamin (ng/ml)	16.4 \pm 2.6	30.2 \pm 8.0	0.000***
WBC (/mm ³)	4632 \pm 1153	6469 \pm 2723	0.000***
RBC (10 ⁴ /mm ³)	367 \pm 49	396 \pm 53	0.021*
Hgb (g/dl)	11.1 \pm 1.3	12.3 \pm 1.4	0.002**
Hct (%)	34.7 \pm 4.3	38.1 \pm 4.7	0.003**
MCV (fl)	94.7 \pm 5.6	96.3 \pm 5.0	0.252
MCH (pg)	30.5 \pm 2.0	31.1 \pm 2.1	0.213
MCHC (%)	32.2 \pm 1.0	32.3 \pm 1.2	0.586
PLT (10 ⁴ /mm ³)	21.5 \pm 6.0	20.7 \pm 7.7	0.239
TG (mg/dl)	91.1 \pm 30.1	133.8 \pm 65.7	0.001**
HDL-CHO (mg/dl)	50.3 \pm 12.1	42.9 \pm 9.7	0.012*
LDL-CHO (mg/dl)	112.2 \pm 32.0	109.4 \pm 34.7	0.883
Alb (g/dl)	3.6 \pm 0.4	3.4 \pm 0.4	0.051
BUN (mg/dl)	15.3 \pm 6.3	19.8 \pm 9.6	0.017*
CRE (mg/dl)	0.8 \pm 0.3	0.6 \pm 0.2	0.003**
AST (IU/L)	20.6 \pm 9.0	23.5 \pm 17.1	0.255
ALT (IU/L)	12.4 \pm 11.3	13.6 \pm 7.0	0.082
Glc (mg/dl)	109.4 \pm 38.4	124.0 \pm 55.0	0.209
HbA1c (%)	5.4 \pm 0.5	5.4 \pm 0.6	0.947
γ GTP (IU/L)	19.5 \pm 8.0	22.5 \pm 16.7	0.861
Na (mEq/L)	138.9 \pm 4.7	133.7 \pm 25.6	0.840
K (mEq/L)	3.9 \pm 0.6	3.9 \pm 0.5	0.822
Cl (mEq/L)	101.4 \pm 4.8	100.6 \pm 5.8	0.674

BMI: body mass index

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hgb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, CRE: creatine, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γ GTP: γ - glutamyl transpeptidase, Na: sodium, K: potassium, Cl: chloride

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 2 groups, those lower than 20 ng/ml as a deficiency group (n=42) and those higher than 21 ng/ml as a non-deficiency group (n=32).

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

Probability was calculated by the non-parametric method Mann-Whitney U test.

Table 10 The comparison of physical function between thiamin deficiency group and non-deficiency group

	Number (%)		X ²	Significant probability
	Deficiency group	Non-deficiency group		
Gender	Male 8 (19.0)	6 (18.8)	0.01	1.000
	Female 34 (81.0)	26 (81.3)		
Care degree	1 2 3** 4 5**	0 (0.0) 5 (15.6) 2 (6.3) 8 (25.0) 17 (53.1)	13.40	0.009**
Bed-ridden degree	J1 J2 A1 A2 B1 B2** C1 C2**	0 (0.0) 14 (33.3) 25 (59.5) 3 (7.1)	17.68	0.001**
Dementia degree	Independent I IIa IIb IIIa IIIb IV	1 (2.4) 1 (2.4) 7 (16.7) 15 (35.7) 18 (42.9)	4.46	0.348
Bed-ridden degree	J1 J2 A1 A2 B1 B2 C1 C2	0 (0.0) 3 (9.4) 4 (12.5) 7 (21.9) 18 (56.3)		

Bed-ridden degree
 J1 J2 Some disabilities exist, however, mostly independent in daily life and are able to go out independently.
 A1 A2 Life indoors mostly independent, but not able to go out without help.
 B1 B2 Life indoors needs some form of nursing help. During the day, mostly stay in bed, however able to sit unaided.
 C1 C2 Stay in bed all day and need nursing help for toilet needs, meals and changing clothes.
 Dementia degree
 I Some dementia evident, however, in daily life mostly independent within family and society.
 IIa IIb Despite evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication, if there is awareness of such they can be independent.
 IIIa IIIb At times evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication and need nursing care.
 IV Frequently evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication, need constant nursing care.
 Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 2 groups, those lower than 20 ng/ml as a deficiency group (n=42) and those higher than 21 ng/ml as a non-deficiency group (n=32).

** p < 0.01

Probability was calculated by X² test.

※ Items from the result of residual analysis an absolute value of higher than 1.96.

Table 11 The comparison of physical condition between thiamin deficiency group and non-deficiency group

	Number (%)		X ²	Significant probability	
	Deficiency group	Non-deficiency group			
Method of meal intake	Oral intake ¹⁾	42 (100.0)	20 (62.5)	18.80	0.000***
	Tube feeding and/or nutritional supplementation intravenously	0 (0.0)	12 (37.5)		
General appetite	Have	39 (92.9)	28 (87.5)	0.61	0.457
	Do not have	3 (7.1)	4 (12.5)		
Average daily intake amount of water ²⁾	less than 1000ml	12 (28.6)	15 (48.4)	3.01	0.093
	more than 1000ml	30 (71.4)	16 (51.6)		
Walk unaided	Possible ³⁾	21 (50.0)	6 (18.8)	7.65	0.007**
	Impossible	21 (50.0)	26 (81.3)		
History of smoking	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
History of drinking alcohol	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
Anamnesis diabetic ⁴⁾	Yes	4 (9.5)	4 (12.5)	0.17	0.720
	No	38 (90.5)	28 (87.5)		
Anamnesis gastrointestinal diseases ^{4,5)}	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
On medication	Less than 5 kinds	18 (42.9)	13 (40.6)	0.04	1.000
	More than 5 kinds	24 (57.1)	19 (59.4)		

1) Including food finely chopped or blended etc.

2) Excluding nutritional supplementation intravenously

3) Including light level or mid level help

4) Including current anamnesis

5) Gastritis , stomach ulcer, stomach cancer etc.

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 2 groups, those lower than 20 ng/ml as a deficiency group (n=42) and those higher than 21 ng/ml as a non-deficiency group (n=32).

** p<0.01 *** p<0.001

Probability was calculated by X² test.

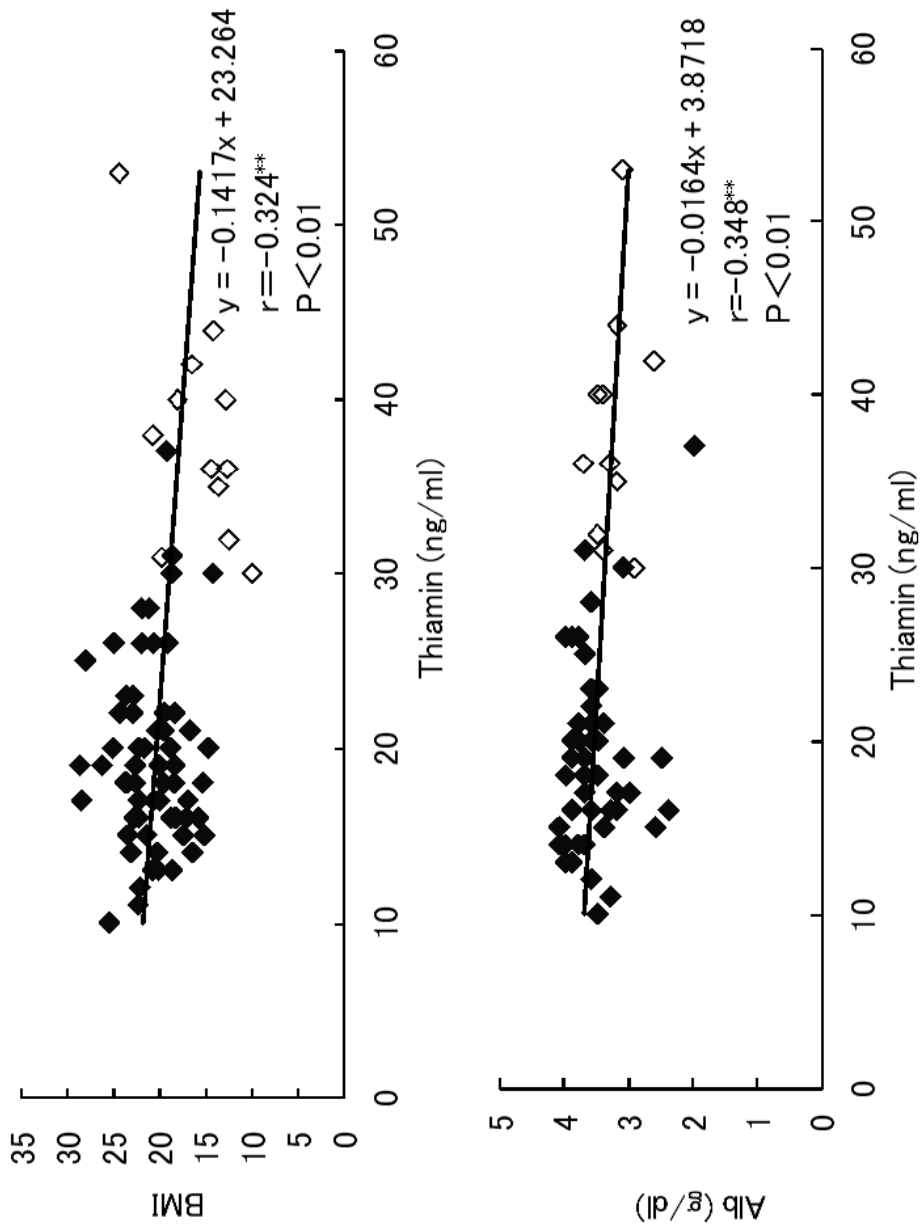


Fig.5 The correlation between each nutrition state and total thiamin in whole blood
 ◆ Oral intake
 ◇ Tube feeding and / or nutritional supplementation intravenously

第 5 章

全血総ビタミン B₁ 濃度栄養状態に関する

統計学的多変量解析

1. 目的

ここまでの研究で得た様々な対象の栄養状態および身体活動状況をもとに、多変量解析法（多重ロジスティック回帰分析）を用いてビタミン B₁ 栄養状態に影響を及ぼす関連要因を検討した。

2. 方法

2-1. 対象者および調査期間

2008年から2010年にわたり、一般学生として、N大学管理栄養学部生18～20歳のうち同意の得られた計475名（男性54名、女性421名）、運動部所属の学生アスリートとして、A大学、C大学、M大学運動部所属学生18～22歳のうち同意の得られた計172名（男性68名、女性104名）、および要介護高齢者として特別養護老人施設N入所者65～105歳のうち同意の得られた計74名（男性14名、女性60名）、以上全721名（男性136名、女性585名）を対象とした。各対象者の身体状況および生活状況は、女子大学生における全血総ビタミンB₁濃度栄養状態とその要因に関する研究（第2章）、大学生アスリートにおける全血総ビタミンB₁濃度栄養状態とその要因に関する研究（第3章）、要介護高齢者におけるビタミンB₁欠乏と身体状況に関する研究（第4章）にそれぞれ示した通りである。

2-2. 調査内容および統計学的解析

全対象者の全血総ビタミンB₁濃度栄養状態に加え、各調査の際に得られたデータから、全対象者に共通し、かつビタミンB₁栄養状態への影響が考えられる因子として、所属タイプ（身体状況、生活状況）、性別、BMI（身長、体重より算出）、血液生化学検査値のうち赤血球数（RBC）、アルブミン（Alb）を抽出し、単変量解析を行い、その後、有意水準10%未満の項目について多重ロジスティック回帰分析を実施し、5%未満の有意水準で関連要

因を求めた。統計処理には統計解析ソフト SPSS ver 15.0 J for Windows を使用した。

2-3. 単変量解析 (univariate analysis)

多重ロジスティック回帰分析を行うために、各因子についての調整しないオッズ比 (crude odds ratio) とその信頼区間を計算する。この調整しない解析では、変数 X と確率 p の関連を 1 変数ごとに調べ、 p の対数オッズ比 $\log(p/(1-p))$ について説明変数が X だけの $\log(p/(1-p)) = \alpha + \beta_1 \cdot X$ のロジスティックモデルを作る (α 、 β_1 は係数)。単変量解析を行った後、一定の有意水準 (本研究では有意水準 10% 未満) を得た項目において、多変量解析 (多重ロジスティック回帰分析) を行うのが一般的である (96)。

2-4. 多重ロジスティック回帰分析 (multiple logistic regression analysis)

多重ロジスティック回帰分析は多変量解析の一種であり、この手法は米国のフラミンガムで開始された冠状動脈性疾患に対するコホート調査 (97) において用いられ、1960 年代に生活習慣病の原因調査結果を分析する手法として生まれた。この手法は医学や薬学、生物学などの自然学等で幅広く利用されている (98, 99)。

ロジスティック回帰モデルは、ある現象が発生する確率 P を目的変数とし、その現象の出現を説明する変数群 $\vec{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ との関係が、Fig.6 のロジスティック関数によって表わ

されるところモデルである (98, 100)。

ロジスティック関数を表わす曲線は、Fig. 7 に示す実線の通りである。P(z)は 0 と 1 の間の値 (0% から 100% の間の確率) をとることを示している。

ロジスティック回帰分析とは、現象の有無と説明変数の値 X_i が明らかになっているデータを分析して、この式、すなわち α と各 β_i を求めることである。説明変数の選択には変数増減法を利用し (101)、それらの係数 α 、 β_i の決定には最尤法を利用することが多い (98, 102)。

ロジスティック回帰分析を行う利点としては、第一に、交絡の影響を考慮して独立なリスク因子を評価でき、種類が異なる複数の要因を説明変数として取り込み考慮できることにある。このとき、連続数値項目だけでなく、カテゴリ項目も取り扱うことができる。第二に、要因とオッズ比でみたリスクとの関係が定量的に評価され把握しやすく、構築したモデルが安定しているためモデルの性質が良いことが挙げられる。加えて、統計ツールを用いれば比較的短時間で分析できる。そして最後に、0 から 1 までの連続した値をとる P(z) を、発生率とみなすことができるため、確率の予測に適していることである (103)。

本研究では、以上に述べた利点を生かし、ビタミン B₁ 濃度栄養状態に影響を及ぼす因子を検討するため、ビタミン B₁ 濃度において 30ng/ml 以下の者を「欠乏群」、30ng/ml 以上の者を「非欠乏群」の 2 群を目的変数に投入し、関連する要因を確認するため「所属タイプ」、「性別」、「BMI」、「赤血球数」、「アルブミン」を説明変数に投入し、単変量解析を行った後、有意水準 10% 未満

を得た項目において、強制投入法による多重ロジスティック回帰分析を行い、各因子についての調整されたオッズ比 (odds ratio) とその信頼区間および有意確率を算出した。

3. 結果

3-1. 各関連因子の出現頻度

全血総ビタミン B₁ 濃度において 30ng/ml 以下の者を「欠乏群」、30ng/ml 以上の者を「非欠乏群」として、「所属タイプ」、「性別」、「BMI」、「赤血球数」、「アルブミン」において関連する要因を確認するため、各項目における出現頻度を Table 12 に示した。

その結果、欠乏群は 205 名、非欠乏群は 516 名であり（一部欠損値あり。「BMI」 N = 549、「アルブミン」 N = 706）、「所属タイプ」において、学生アスリートは非欠乏群が全体の 17.4% に対し欠乏群が 40.0%、および要介護高齢者は非欠乏群が 2.5% に対し欠乏群が 29.8% と欠乏率が高い値を示した。

3-2. ビタミン B₁ 欠乏の関連因子における単変量解析

多変量解析（多重ロジスティック回帰分析）を行うにあたり、各因子についての調整しないオッズ比（crude odds ratio）とその信頼区間を計算した。ビタミン B₁ 濃度「欠乏群」、「非欠乏群」を目的変数に投入し、関連する要因を確認するため「所属タイプ」、「性別」、「BMI」、「赤血球数」、「アルブミン」を説明変数に投入して単変量解析を行った結果を Table 13 に示した。その結果「所属タイプ」、「性別」、「赤血球数」、「アルブミン」の 4 項目において有意水準 10% 未満を示した。

3-3. ビタミン B₁ 欠乏の関連因子における多変量解析

ビタミン B₁ 濃度「欠乏群」、「非欠乏群」を目的変数に投入し、関連する要因を確認するため「所属タイプ」、「性別」、「BMI」、「赤血球数」、「アルブミン」を説明変数に投入して単変量解析を行った結果を示したところ、「所属タイプ」、「性別」、「赤血球数」、「アルブミン」の項目において有意水準 10% 未満を示した。したがって、これらの 4 項目を説明変数に投入し、「赤血球数」および「アルブミン」に関しては連続変数として強制投入法による多重ロジスティック回帰分析を行った結果を Table 14 に示した。

その結果、ビタミン B₁ 欠乏と関連する因子において、「所属タイプ」では一般学生を基準として、学生アスリートはオッズ比 9.736 (95% 信頼区間 6.195 - 15.300)、要介護高齢者はオッズ比 42.304 (95% 信頼区間 21.015 - 85.160) といずれも有意な値を示した ($p < 0.001$)。加えて、性別においては男性を基準とし、オッズ比 3.770 (95% 信頼区間 1.926 - 7.382) と有意な値を示した ($p < 0.001$)。さらに「アルブミン」では、対 1.0g/dl 上昇においてオッズ比 6.575 (95% 信頼区間 2.707 - 15.968) と有意な値を示した ($p < 0.001$)。本解析のモデル判別率的中率は 82.7%であった。

4. 考察

ビタミン B₁は体内蓄積量が 30mg（推定平均必要量の約 30 日分）と少なく、代謝回転が速く欠乏を起こしやすい（半減期 9～18 日）（34）。潜在性欠乏の初期症状に疲労感、倦怠感、不眠、食欲不振、腹痛、便秘などの不定愁訴が認められるが、これらの症状は B₁ 欠乏症に限ったものではないため、潜在性欠乏状態の発見は極めて困難であり、かつ現代人は予防の関心も低いように思われる。しかしながら、重篤な欠乏に陥ると脚気やウェルニッケ脳症といった末梢、中枢神経障害を引き起こすことが知られており、欠乏状態を予防することは極めて重要であるといえる（11, 12, 104-107）。

欠乏を引き起こすリスク要因は様々であり、推定平均必要量以下の摂取量不足を始めとして、高度に精米した米食、糖質食の過食や糖質飲料の過飲などの偏食、母乳栄養、吸収不良、下痢などが挙げられる（34）。一方で、需要量の増加を誘発する因子による様々な欠乏誘因因子の報告も多くみられる（108）。Fig.8 は、これまで報告されてきたビタミン B₁欠乏を誘因する因子に加え、本研究の結果から得た新たな影響因子の関係を示したものである。

本研究では、各章で行った調査結果をもとに、単変量解析のみでは問題となる他の交絡因子を取り除き、かつデータ全体を数学的に要約し、より効率的に厳密な検討ができる多重ロジスティック回帰分析を行うことによってビタミン B₁欠乏との関連を確認した。

その結果、ビタミン B₁ 欠乏と関連する因子において、「所属タイプ」において、一般学生を基準として、学生アスリートおよび要介護高齢者は B₁ 欠乏の危険性が高いことをオッズ比は示していた。また、「性別」においては女性のリスクが高いことを示しており、「アルブミン」は対 1.0g/dl 上昇とともに、欠乏リスクが増加することが示唆された。

Fig.8 に示す通り、これまでは長期入院状態における栄養摂取量の低下や、妊娠悪阻を伴う妊婦、糖尿病や慢性腎不全の食事療法の影響、アルコール依存症などの要因がビタミン B₁ 欠乏を誘発する因子として挙げられていたが（109-113）、本研究の結果より要介護状態であることや、日常的に激しいトレーニングを行っていると予測されるアスリートが、新たに因子となる可能性が示唆された。また、女性は男性と比較して一般に食事からの栄養素摂取量が少ないことや、ダイエット志向、偏食の影響等によるビタミン B₁ 欠乏の危険性が考えられる（20-22）。加えて、タンパク質栄養状態において、低栄養によるビタミン B₁ 欠乏のリスクとの関連は低いことが示唆された。

その他、発症契機となる感染症の問題や消化器症状、身体状況因子となる年齢や基礎疾患、合併症など成立の背景因子は様々であり（11, 108）、今後これらの項目から新しいビタミン B₁ 欠乏症のとらえ方を追って調査していくことが必要となる。

ビタミン B₁ 欠乏症の症状は多彩であり、一度重篤な欠乏状態に陥ると治療困難であり予後不良ともいわれる（108）。決して過去のものではないビタミン B₁ 欠乏だが、若年層においては予防することは十分可能であり、高齢者層では早期発見、早期治療介

入が必要である。そのためには、本研究で触れたビタミン B₁ 欠乏成立過程を規定する因子とその背景因子を確立し、保健、臨床、福祉の現場で周知させていくことが必要となる。

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{1 + \exp\{-\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n\}}$$

$$P(z) = \frac{1}{1 + \exp\{-z\}}$$

$$\text{✂ } z = (\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n) = (\alpha + \vec{\beta} \cdot \vec{x})$$

$$\vec{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \quad \beta_1 = \text{Coefficient}$$

Fig.6 Logistic function

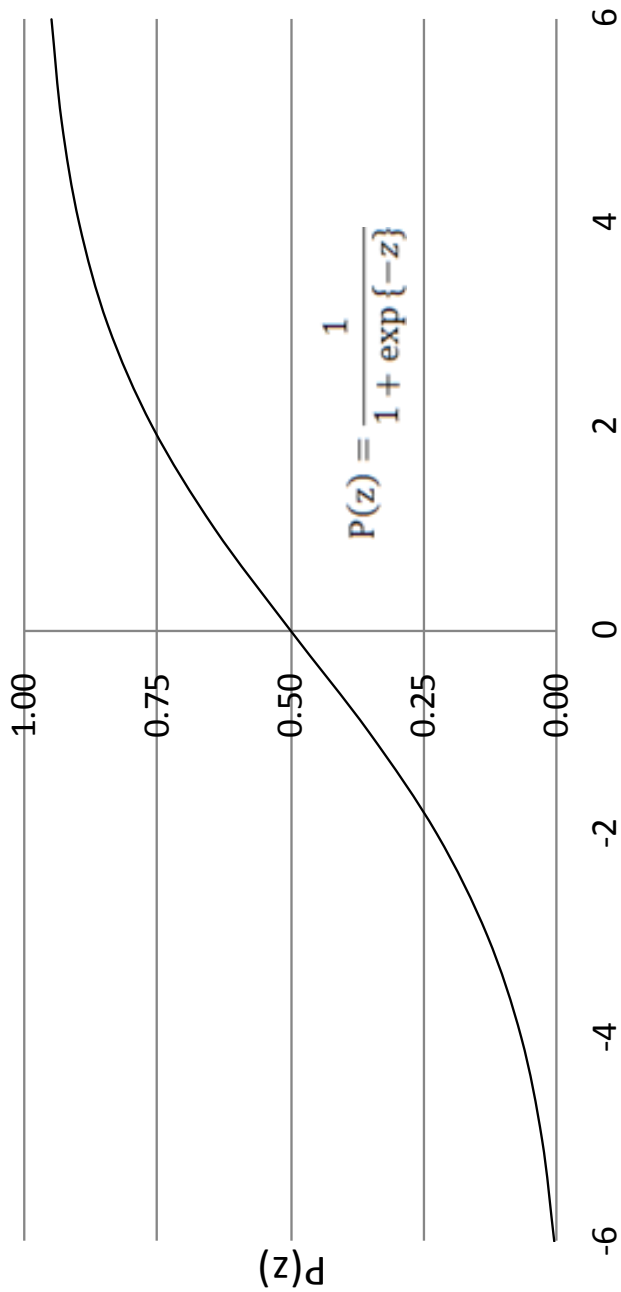


Fig.7 Logistic regression curve

Variables	Category	Deficiency group Number (%)	Non deficiency group Number (%)
Affiliation type	General students	62 (30.2)	413 (80.0)
	Student athletes	82 (40.0)	90 (17.4)
	Elderly people	61 (29.8)	13 (2.5)
Gender	Male	28 (13.7)	108 (20.9)
	Female	177 (86.3)	408 (79.1)
BMI [※]	18.5-24.9	88 (71.5)	296 (69.5)
	<18.5	26 (21.1)	114 (26.8)
	≥25	9 (7.3)	16 (3.8)
RBC	>400 (10 ⁴ /mm ³)	156 (76.1)	484 (93.8)
	≤400 (10 ⁴ /mm ³)	49 (23.9)	32 (6.2)
Alb [※]	>3.8 (g/dl)	151 (78.2)	501 (97.7)
	≤3.8 (g/dl)	42 (21.8)	12 (2.3)
Total		205	516

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 2 groups, those lower than 30 ng/ml as a deficiency group (N = 205) and those higher than 30 ng/ml as a non-deficiency group (N = 516).

※ : Items with partly missing value. (「BMI」 N = 549, 「Alb」 N = 706)

BMI : body mass index, RBC : red blood cell, Alb : albumin

Table 13 Univariate analysis about the factor relevant to a thiamin concentration deficiency person

Variables	Category	Deficiency person Number (%)	Crude odds ratio	95% confidence interval	p-value
Affiliation type	General students (Basis)	62 (30.2)			
	Student athletes	82 (40.0)	6.069	4.064 – 9.063	0.000*
	Elderly people	61 (29.8)	31.257	16.227 – 60.206	0.000*
Gender	Male	28 (13.7)			
	Female	177 (86.3)	1.673	1.065 – 2.628	0.027*
BMI	18.5–24.9 (Basis)	88 (71.5)			
	< 18.5	26 (21.1)	0.767	0.471 – 1.250	0.339
	≥ 25	9 (7.3)	1.892	0.808 – 4.429	0.148
RBC	> 400 (10 ⁴ /mm ³)	156 (76.1)			
	≤ 400 (10 ⁴ /mm ³)	49 (23.9)	0.210	0.130 – 0.340	0.000*
Alb	> 3.8 (g/dl)	151 (78.2)			
	≤ 3.8 (g/dl)	42 (21.8)	11.613	5.961 – 22.622	0.000*

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, those lower than 30 ng/ml as a deficiency person.
(N = 205)

BMI : body mass index, RBC : red blood cell, Alb : albumin

Based on "General students" in affiliation type, and "18.5–24.9" in BMI, we carried out an X² test as a calibration to show the difference of ratio.

* p < 0.10

Table 14 Multiple logistic regression analysis about the factor relevant to a thiamin concentration deficiency person

Variables	Category	Deficiency person Number (%)	Odds ratio	95% confidence interval	p-value
Affiliation type	General students (Basis)	62 (30.2)			
	Student athletes	82 (40.0)	9.736	6.195 – 15.300	0.000***
	Elderly people	61 (29.8)	42.304	21.015 – 85.160	0.000***
Gender	Male (Basis)	28 (13.7)			
	Female	177 (86.3)	3.770	1.926 – 7.382	0.000***
RBC	Per 1 (10 ⁴ /mm ³) rise		0.996	0.991 – 1.002	0.205
Alb	Per 1.0 (g/dl) rise		6.575	2.707 – 15.968	0.000***

Variables that met the $p < 0.05$ criterion were included as independent variables in subsequent logistic regression analysis with forward selection stepwise method to include significant factors ($p < 0.10$) in Table 13.

RBC : red blood cell, Alb : albumin

Continuous variables was used in "RBC" and "Alb".

Forced entry method.

Discriminant hitting ratio of a model : 82.7%

*** $p < 0.001$

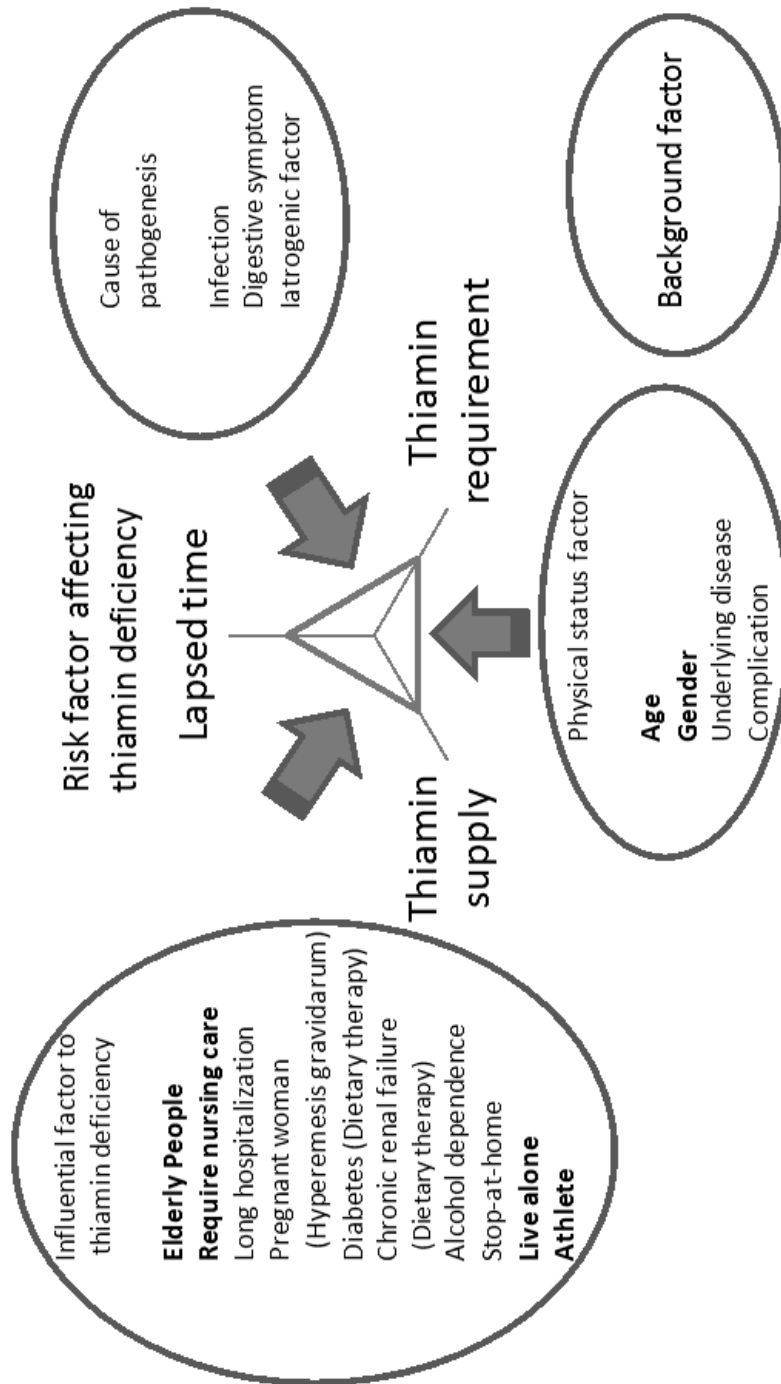


Fig.8 Causal theory of thiamin deficiency

Koyama K. 2012. A part is changed.

第 6 章 総括

近年、国民の健康志向が高まるにつれて、ビタミンに対する認識が変わり、健康の維持・増進におけるその重要性が再確認されつつある。一方、発展途上国においてはビタミン欠乏症が今なお大きな社会問題となっており、飽食の時代と言われているわが国においても不規則な食生活や、吸収・利用効率の低下などにより若年層や高齢者で、いくつかのビタミンの本格的な欠乏の一步手前の潜在的な欠乏状態の人が増えている。

ビタミン学および栄養学の基礎ともいえるビタミン B₁ は、1911 年に鈴木梅太郎が食品による脚気予防の研究途上に、その有効成分を米ぬか中に発見して *oryzanin* と命名したことにより始まるが、ビタミン欠乏症の問題はそれ以前から実在していた。

明治時代、海軍軍医である高木兼寛が脚気の撲滅につとめ、ビタミンに関する先覚的な業績をあげた。その影響もあり、当時の栄養学は精白した米は栄養素が少なすぎるという低栄養が問題であり、当時多発したビタミン B₁ 不足による脚気の予防を提唱していた。

大正期以降、ビタミン B₁ を含まない精米された白米が普及するとともに、副食を十分に摂らなかったため、脚気の原因が解明された後も多くの患者と死亡者を出し、脚気は結核とならぶ二大国民病と言われるまでとなった。

その後、1950 年代後半に武田薬品工業によるビタミン B₁ 製剤 *prosultiamine* (*alinamin*) の開発を機に、かつての国民病とされてきたビタミン B₁ 欠乏によって引き起こされる脚気は、経済状

況の改善および国民栄養観念の向上に伴い、わが国ではほとんど見られない病気となっていた。しかし、1973年以後、西日本を中心に若年者に「下肢に浮腫を伴う多発性神経炎」が多発した。新規の感染症も危惧されるなか、脚気の再燃であることが確証され、多方面から再燃の要因が検討された。当時の患者は若年層に多く、15～20歳のスポーツ選手が多かったという。その後、社会に対する脚気再燃の宣伝効果やビタミン B₁ 添加の強化米の再開など国の対応も早く、脚気の発症は急速に減少したが、ここ数年の報告で、ダイエット志向、欠食、外食などの影響による、若年者のビタミン B₁ 不足が再び指摘された。

本研究では栄養評価としての女子大学生の全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行うことで、現代における欠乏状態の実態を把握し、身体状況、食事摂取状況、生活習慣等との関わりを検討した。18～20歳の418名の女子大学生を対象に、身体測定、全血総ビタミン B₁ を含む血液検査、食品群別及び栄養素等摂取量調査、食生活やビタミン B₁ に関するアンケート調査を行った結果では、全血総ビタミン B₁ 濃度の分布はほぼ基準値内であり、かつほぼ正規分布していたが、その一方で、58名すなわち全体の13.2%もの対象者が、欠乏および潜在性欠乏の危険性が示唆された。加えて、居住形態との関連では、ビタミン B₁ 濃度が低値を示す者は、一人暮らしである割合が有意に高かった。これらのことから、女子大学生における潜在性ビタミン B₁ 欠乏の存在および生活習慣によるビタミン B₁ 栄養状態への影響が推測された。

また、当時多量のビタミン B₁ を要求する活動性の高い運動選手に脚気が発症したことに着目し、本研究では、学生アスリート

を対象とし、同年代の一般学生とのビタミン B₁ 濃度を始めとする血液生化学検査値を比較することで、運動による影響と欠乏状態の可能性を検討した。その結果、男女とも一般学生のビタミン B₁ 濃度の分布はほぼ基準値内であり、かつほぼ正規分布していたのに対し、学生アスリートの分布は、一般学生と比較して高値をとる頻度が少なかった。加えて、男女ともにビタミン B₁ 濃度の平均値が有意に低い値を示したことから、運動によるビタミン B₁ 不足の可能性が示唆された。

脚気の再燃が確証された時代は、手軽に食べることができる高炭水化物のインスタント食品の普及や、胚芽を含まない白米が不自由なく広く普及されて、社会は潜在性ビタミン B₁ 欠乏状態になったことが推測された。加えて、人工甘味料禁止に伴う全糖性清涼飲料水の出現とその過剰摂取による、ビタミン B₁ の相対的な供給量低下状況下に、多量のビタミン B₁ を要求する活動性の高い運動選手に脚気が発症したものと考えられた。しかし、現在はインスタント食品、清涼飲料水へのビタミン添加、ビタミン製剤の普及など、これらの対策は比較的進んでいるため、当時の状況とは明らかに違って来ている。にもかかわらず、若年者に再び潜在性欠乏状態が示唆されたことは、現在における食生活習慣の象徴ともいうべき問題である。

また、超高齢化社会といわれる現在において、高齢者のビタミン B₁ 欠乏も忘れてはならない。本研究では、特別養護老人施設入所者に着目し、栄養評価としての全血総ビタミン B₁ 濃度の実態調査を行った。特別養護老人施設に入所している 65～105 歳の 74 名を対象に身体測定、全血総ビタミン B₁ を含む血液検査、お

よび要介護度を始めとする身体機能や、その他身体状況に関する調査を行った。その結果、ビタミン B₁ 欠乏状態である者は 42 名と全体の 56.8%であった。これは、要介護高齢者の半数以上にビタミン B₁ 欠乏の存在が確認されたことになる。一方で、ビタミン B₁ 欠乏の全対象者の食事形態が経口摂取であり、非欠乏の者は経管・静脈栄養である割合が 37.5%と有意に高い値を示した。

以前はビタミン B₁ を含まない高カロリー輸液投与での欠乏症発症も問題視されていたが、近年高カロリー輸液へのビタミン B₁ 投与の勧告が出されて以来、高カロリー輸液施行による欠乏症の発症はみられなくなった。その反面、本研究で明らかになった通り、口腔機能が比較的良好で、経口摂取が可能な高齢者における欠乏の危険性が示唆された。一般に、生活の質の観点から口からものを食べることにこだわっているのが現状だが、高齢者の食事摂取量の問題や、栄養素吸収率の低下などの理由から、今後は食事によるビタミン B₁ 摂取不足の問題を解決し、高齢者への微量栄養素不足の重要性を再認識する必要があることが示唆された。

現代においてビタミン B₁ 欠乏症は古くて新しい問題となっており、また新たな視点からビタミン B₁ 欠乏を考える必要がある。本論文の発表が、現在における若年層の潜在性欠乏および高齢者層の重篤な欠乏状態の危険性や予防の重要性を再度認識させ、現代社会への呼びかけの第一歩として役立てられることを期待したい。

参考文献

- 1) 有馬寛雄, 栗山勝, 金久禎秀, 他 (1976) 脚気の再燃－鹿児島県におけるその実態－, 日本医事新報, No.2736: 23-28.
- 2) Barbara, A.B., Robert, M.R. (2006). Present knowledge in nutrition ninth edition (pp.245-252). International Life Sciences Institute.
- 3) Igata, A. (2010). Clinical studies on rising and re-rising neurological diseases in Japan -A personal contribution-. Proc. Jpn. Acad., Ser.B, 86:366-377.
- 4) Igata, A. (2012). Subacute myelo-optic neuropathy, beriberi, and HTLV-I-associated myelopathy: elucidation of some neurological diseases in Japan. Pol. Arch. Med. Wewn, 122: 1-9.
- 5) Bates, C.J., Prentice, A., Cole, T.J., et al. (1999). Micronutrients highlights and research challenges from the 1994-5 national diet and nutrition survey of people aged 65 years and over. Br J Nutr, 82: 7-15.
- 6) 武田厚子, 須山哲次, 水口善夫, 他 (2002) 日本人中年男女の血中ビタミン B₁ 値からみたビタミン B₁ 栄養状態, ビタミン

76 : 349-353.

- 7) 武田厚子, 坂野真弓, 水口善夫, 他 (2004) 日本人成人男女の血液中ビタミン B₁ 濃度, *Trace Nutrients Research*, 23: 124-127.
- 8) Bates, C. J. (2006). Thiamin (pp242-249). *International Life Sciences Institute*.
- 9) 栗山勝, 横峯凉子, 有馬寛雄, 他 (1978) 脚気の生化学的検査 - 血中ビタミン B₁, トランスケトラーゼ, TPP 効果の評価の検討 -, *ビタミン* 52 : 83-87.
- 10) 栗山勝, 水間厚美, 横峯凉子, 他 (1979) 尿毒症における transketolase 活性 uremic neuropathy の成因に関する考察, *最新医学* 34 : 1106-1112.
- 11) 中村重信 (2012) 「Wernicke's encephalopathy に関する最近の話題 - ビタミン B₁ による認知症の予防・治療 - 」, *ビタミン* 86 : 612-619.
- 12) Sechi G.P., Serra A. (2007) Wernicke's encephalopathy: new clinical settings and recent advances in diagnosis and management. *Lancet Neurol*, 6: 442-455.

- 13) Galvin R., Brathen G., Ivashynka A., et al. (2010) EFNS guidelines for diagnosis, therapy and prevention of Wernicke encephalopathy. *Europ J Neurol*, 17: 1408-1418.
- 14) Thomson A.D., Leevy C.M. (1972) Observations on the mechanism of thiamine hydrochloride absorption in man. *Clin Sci*, 43: 153-163.
- 15) Itokawa Y., Hashizume N., Asano M., et al. (1999) Proposed standard for human blood vitamin B₁ value using HPLC. *Biofactors*, 10: 295-299.
- 16) 安田和人 (2007) ビタミン B₁ の臨床, *Modern Physician* 27: 1194-1197.
- 17) 日本人の食事摂取基準 (2010年度版) (2009) 水溶性ビタミン (pp148-188) 第一出版, 東京.
- 18) Ariaey-Nejad M.R., Balaghi N., Baker E.M., et al. (1970) Thiamin metabolism in man. *Am J Clin Nutr*, 23: 764-778.
- 19) McCormick D.B. (1988) Thiamine. (pp355-361). In: *Modern nutrition in health and disease*. Shils M.E., Young V.R., eds. Lea and Febiger, Philadelphia.

- 20) 平岡真実, 安田和人 (1998) 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.
- 21) Ito Y., Yamanaka K., Susaki H., et al. (2010). A study of the distribution range of total thiamine concentration in the blood of university students. Annual Report of Institute of Health and Nutrition Nagoya University of Arts and Sciences, 4: 11-18.
- 22) Ito Y., Yamanaka K., Susaki H., et al. (2011). A Study into the Distribution Range of Total Thiamin Concentration in the Blood of Female University Students and the Factors Involved. School Health, 7: 55-61.
- 23) Iber F.L., Blass J.P., Brin M., et al. (1982). Thiamin in the elderly-relation to alcoholism and to neurological degenerative disease. Am J Clin Nutr, 50: 1067-1082.
- 24) Bettendorff L., Mastrogiamo F., Kish S.J., et al. (1996). Thiamine, thiamine phosphates and their metabolizing enzymes in human brain. J Neurochem, 66: 250-258.
- 25) Finch S., Doyle W., Lowe C. (1998). National Diet and Nutrition Survey - People Aged 65 Years and Over.

Vol.1-Report of the Diet and Nutrition Survey. London Her Majesty's Stationery Office.

26) Boiko E.R., Potolitsina N.N., Nilssen O. (2005). Thiamin and riboflavin status in populations of Arkhangelsk. *Vopr Pitan*, 74: 27-30.

27) Yang F.L., Liao P.C., Chen Y.Y., et al. (2005). Prevalence of thiamin and riboflavin deficiency among the elderly in Taiwan. *Asia Pac J Clin Nutr*, 14: 238-243.

28) 栗山勝, 中川広人 (2006) 高齢者のビタミン B₁ 欠乏, ビタミン 80 : 1-5.

29) Ito Y., Yamanaka K., Susaki H., et al. (2012) A Cross-Investigation between Thiamin Deficiency and the Physical Condition of Elderly People Who Require Nursing Care. *J Nutr Sci Vitaminol*, 58: 210-216.

30) 橋詰直孝 (1991) 最近のビタミン欠乏症の症例におけるアルコールの関与, ビタミン 65 : 617-626.

31) 玉井浩 (1999) 糖尿病とビタミン, 日本臨床 57 : 2362-2365.

32) 明満喜子, 青島しづか (2008) 2型糖尿病患者の血中ビタミン

ン B₁ 値からみた栄養状態， 富山短期大学紀要 43：131-136.

33) Li S.F., Jacob J., Feng J., et al. (2008). Vitamin deficiencies in acutely intoxicated patients in the ED. Am J Emerg Med, 26: 792-795.

34) ビタミン総合辞典 (2010) ビタミン B₁ (pp152-182) 朝倉書店，東京.

35) 糸川嘉則，木村美恵子，西野幸典，他 (1993) 高齢者のビタミン B₁ および B₂ 栄養状態の実態に関する研究 - 総合ビタミン剤単回投与の影響 - ， ビタミン 67：675-679.

36) 糸川嘉則，木村美恵子，阪本尚正，他 (1995) 高齢者における総合ビタミン剤長期服用効果：ビタミン B₁, B₂ 高齢者入院患者のビタミン B₁ および B₂ 栄養状態の実態 - 総合ビタミン剤長期連続投与の影響 - ， ビタミン 69：67-74

37) 巴美樹，岩切尚美，酒井理恵，他 (2005) 後期高齢入所者における高齢者用栄養素補充飲料による栄養状態の改善効果，栄養学雑誌 63：89-95.

38) 三宅妙子 (2010) 高齢者の栄養食事療法，川崎医療福祉学会誌増刊号：57-67.

- 39) 木村美恵子, 藤田登美雄, 糸川嘉則 (1981) 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.
- 40) ビタミンハンドブック (1989) ビタミン分析法 (pp.61-70) 化学同人, 京都.
- 41) 安田和人, 石渡幸久 (1992) ビタミン B₁ の測定, 臨床検査 36 : 240-243.
- 42) 石渡幸久, 岡裕美 (2011) ビタミン B₁ 測定法の現状と課題, ビタミン 85 : 338-345.
- 43) Tietz, N.W. (1995). Thiamine -Clinical Guide to Laboratory Tests- 3rd.ed (pp. 582-585). WB Saunders Company, Philadelphia, PA.
- 44) 渭原博 (2007) ビタミン B₁ の基礎, Modern Physician, 27: 1191-1193.
- 45) 安友裕子, 近藤志保, 塚田真由, 他 (2009) 管理栄養学部生の健康実態調査 (第 2 報), 名古屋学芸大学健康・栄養研究所年報 3 : 39-50.
- 46) 木村美恵子, 宗円聰, 佐賀俊彦, 他 (1978) 最近の学生の撰

取する食品中ビタミン B₁ 量について, ビタミン 52 : 25-29.

47) 五百藏良 (2005) 高速液体クロマトグラフ法による各種清涼飲料水中の L-アスコルビン酸含有量の検討, 東京医療保健大学紀要 1 : 29-32.

48) 吉田幹彦, 菱山隆, 五十嵐友二 (2008) 加工食品中のジベンゾイルチアミンを含む総ビタミン B₁ 新規定量法, 日本食品科学工学会誌 55 : 421-427.

49) 野末みほ, Jun Kyungyul, 石原洋子, 他 (2010) 小学 5 年生の学校給食のある日とない日の食事摂取量と食事区分別の比較, 栄養学雑誌 68 : 298-308.

50) Sauberlich H.E., Herman Y.F., Stevens C.O. (1970). Thiamin requirement of the adult human. Am J Clin Nutr Metabol, 23: 671-672.

51) 山田哲雄, 高橋徹三, 村松成司 (1986) ビタミン B₁, B₂, C に及ぼす運動の一過性の影響, 体力科学 35 : 364.

52) 樋口満, 田畑泉, 吉鶴純, 他 (1997) 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, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告第 1 報 : 5-8.

- 53) Ihara H., Hirano A., Wang L., et al. (2005). Reference values for whole blood thiamine and thiamine phosphate esters in Japanese adults. *J Anal Bio-Sci*, 28: 241-246.
- 54) Parolin M.L., Chesley A., Matsos M.P., et al. (1999). Regulation of skeletal muscle phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 277: 890-900.
- 55) Strumilo S., Czerniecki J., Dobrzyn P. (1999). Regulatory effect of thiamin pyrophosphate on pig heart pyruvate dehydrogenase complex. *Biochem Biophys Res Commun*, 256: 341-345.
- 56) Lonsdale, D. (2006). A review of the biochemistry, metabolism and clinical benefits of thiamin(e) and its derivatives. *eCAM*, 3: 49-59.
- 57) Manore M.M. (2000). Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. *Am J Clin Nutr*, 72: 598-606.
- 58) 山田哲雄, 倉沢新一, 笠原久弥, 他 (2004) 持久的運動トレーニング時におけるビタミン B₁, B₂ 代謝の変動, 関東学院大学人間環境学会紀要 2: 137-142.

- 59) 小林修平, 樋口満 (2006) アスリートのための栄養・食事ガイド, 第一出版, 東京.
- 60) 石黒裕子, 田村明, 青石恵子, 他 (2009) 大学ラグビー選手の栄養摂取と健康管理, 名古屋学芸大学健康・栄養研究所年報 3 : 31-37.
- 61) Van der Beek E.J., Van Dokkum W., Wedel M., et al. (1994). Thiamin, riboflavin and vitamin B6: impact of restricted intake on physical performance in man. J Am Coll Nutr, 19: 629-640.
- 62) Woolf K., Manore M.M. (2006). B-vitamins and exercise: does exercise alter requirements? Int J Sport Nutr Exerc Metab, 16: 453-484.
- 63) Smith J.A. (1995) Exercise, training and red blood cell turnover. Sports Med, 19: 9-31.
- 64) 鯉川なつえ (2008) 陸上競技における「スポーツ貧血」の現状と対策, 日本臨床スポーツ医学会誌 16 : 216-220.
- 65) Poortmans J R. (1988). Protein metabolism (pp164-193). Principles of Exercise Biochemistry, Medicine and Sport

Science, 27.

- 66) Rennie M. (1996). Influence of exercise on protein and amino acid metabolism (pp995-1035). New York: Regulation and Integration of Multiple Systems, Oxford University Press.
- 67) Herrmann M., Herrmann W. (2004). The assessment of bone metabolism in female elite endurance athletes by biochemical bone markers. Clin Chem Lab Med, 42: 1384-1389.
- 68) 飯野 四郎 (2004) アルカリフォスファターゼ (pp361-364) 日本臨床 62.
- 69) Barrack M.T., Van Loan M.D., Rauh M.J., et al. (2010). Physiologic and behavioral indicators of energy deficiency in female adolescent runners with elevated bone turnover. Am J Clin Nutr, 92: 652-659.
- 70) Banfi G., Lombardi G., Colombini A., et al. (2010). Bone metabolism markers in sports medicine. Sports Med, 40: 697-714.
- 71) 田中豊穂, 中川武夫, 瀧克己, 他 (1999) 大学生における血

液検査値の性差および学部差 - 中京大学豊田学舎 1995 年度入
学生の検査結果から -, 中京大学体育学論叢 40 : 59-65.

72) Butler S.M., Black D.R., Blue C.L., et al. (2004). Change in
diet, physical activity, and body weight in female college
freshman. *Am J Health Behav*, 28: 24-32.

73) Franko D.L., Cousineau T.M., Trant M., et al. (2008).
Motivation, self-efficacy, physical activity and nutrition in
college students: randomized controlled trial of an
internet-based education program. *Prev Med*, 47: 369-377.

74) Pullman A.W., Masters R.C., Zalot L.C., et al. (2009).
Effect of the transition from high school to university on
anthropometric and lifestyle variables in males. *Appl
Physiol Nutr Metab*, 34: 162-171.

75) 五訂増補日本食品標準成分表 (2005) 文部科学省科学技術・
学術審議会・資源調査分科会報告書, 国立印刷局, 東京.

76) Dincer Y., Alademir Z., Ilkova H., et al. (2002)
Susceptibility of glutathione-related antioxidant activity to
hydrogen peroxide in patients with type 2 diabetes: effect of
glycemic control. *Clin Biochem*, 35: 297-301.

- 77) Vadde R., Rama J. (2007) Evaluation of oxidative stress in insulin dependent diabetes mellitus patients. Diagnostic pathology, 2: 22.
- 78) Thornalley P.J., Babaei-Jadidi R., Al Ali H., et al. (2007) High prevalence of low plasma thiamine concentration in diabetes linked to a marker of vascular disease. Diabetologia, 50: 2164-2170.
- 79) 浅原慶一，合田泰志，下村友紀，他（1995）マルチビタミンを添加した高カロリー輸液中でのチアミンの安定性，病院薬学 21：15-21.
- 80) 安田健司，野村秀明，藤原英利，他（2006）周術期における高カロリー輸液 3号製剤 1 バッグ管理の可能性 - とくにビタミン B₁ の代謝に関して - ， 静脈経腸栄養 21：105-114.
- 81) 藤山二郎，木ノ元景子，山村修，他（2007）絶食患者におけるビタミン非添加末梢静脈栄養時の血中水溶性ビタミン濃度の変化， 静脈経腸栄養 22， 181-187.
- 82) 石村健，牛山貴文，鈴木康之（2008）総合ビタミン剤配合高カロリー輸液 1500mL/日使用による血中ビタミン B₁ 濃度を含めた有効性と安全性の検討，新薬と臨床 57：101-107.

- 83) Bender D.A. (1999). Optimum nutrition: thiamin, biotin and pantothenate. *Proc Nutr Soc*, 58: 427-433.
- 84) Gibson G.E., Zhang H. (2002). Interactions of oxidative stress with thiamine homeostasis promote neurodegeneration. *Neurochem Int*, 40: 493-504.
- 85) Lee D.C., Chu J., Satz W., et al. (2000). Low plasma thiamine levels in elder patients admitted through the emergenc department. *Acad Emerg Med*, 7: 1156-1159.
- 86) Keith M.E., Walsh N.A., Darling P.B., et al. (2009). B-vitamin deficiency in hospitalized patients with heart failure. *J Am Diet Assoc*, 109: 1406-1410.
- 87) Joshipura K.J., Willett W.C., Douglass C.W. (1996). The impact of edentulousness on food and nutrient intake. *J Am Dent Assoc*, 127: 495-467.
- 88) Krall E., Hayes C., Garcia R. (1998). How dentition status and masticatory function affect nutrient intake. *J Am Dent Assoc*, 129: 1261-1269.
- 89) Papas A.S., Palmer C.A., Rounds M.C. (1998). The effects of denture status on nutrition. *Spec Care Dentist*, 18: 17-25.

- 90) Sheiham A., Steele J.G., Marcenes W. (2001). The relationship among dental status, nutrient intake, and nutritional status in older people. *J Dent Res*, 80: 408-413.
- 91) Suter P.M., Vetter W. (2000). Diuretics and vitamin B1: Are diuretics a risk factor for thiamine malnutrition. *Nutr Rev*, 58: 319-323.
- 92) McCabe-Sellers B.J., Sharkey J.R., Browne B.A. (2005). Diuretic medication therapy use and low thiamin intake in homebound older adults. *J Nutr Elder*, 24: 57-71.
- 93) Li S.F., Jacob J., Feng J., et al. (2008). Vitamin deficiencies in acutely intoxicated patients in the ED. *Am J Emerg Med*, 26: 792-795.
- 94) 山下一也，井山ゆり，橋本道男，他（2005）地域在住高齢者の BMI，食事栄養調査，血清アルブミン，血清脂質に関する研究，島根県立看護短期大学紀要 11：1-8.
- 95) 大浦ゆう子，湯沢八江（2007）要介護高齢者の皮膚状態と血清アルブミン値との関連 - 観察による低栄養状態の早期発見 - ，老年看護学 11：84-92.

- 96) 浜田知久馬 (1999) 学会・論文発表のための統計学, 真興交易医書出版部, 東京.
- 97) Dawber T.R., Meadors G.F., Moore F.E.J. (1951). Epidemiological approaches to heart disease: the Framingham Study. *Am J Public Health*, 41: 279-286.
- 98) 丹後俊郎, 山岡和枝, 高木晴好 (1996) ロジスティック回帰分析, 統計ライブラリー, 朝倉書店, 東京.
- 99) 対馬栄輝 (2007) SPSS で学ぶ医療系データ解析, 東京図書, 東京.
- 100) 石村貞夫, 石村園子 (2004) SPSS によるリスク解析のための統計処理, 東京図書, 東京.
- 101) 久米均, 飯塚悦功 (1987) 回帰分析, シリーズ入門統計的方法 2, 岩波書店, 東京.
- 102) 安田隆二, 大久保豊 (1998) 信用リスク・マネジメント革命, きんざい, 東京.
- 103) 高田直樹 (2007) ロジスティック回帰分析結果の解釈・利用のための新手法 - 信用リスク・スコアリングモデルを例に -, *PROVISION*, 53: 71-77.

- 104) Victor M., Adams R.D., Collins G.H. (1989) The Wernicke-Korsakoff syndrome (WKS) and related neurologic disorders due to alcoholism and malnutrition, 2nd edn. Philadelphia: FA Davie: 61-110.
- 105) Harper C. (1983). The incidence of Wernicke's encephalopathy in Australia a neuropsychological study of 131 cases. J Neurol Neurosurg Psychiatry 46: 593.
- 106) Koguchi K., Nakatsuji Y., Abe K., et al. (2004) Wernicke's encephalopathy after glucose infusion. Neurology, 62: 512.
- 107) 佐々木政行 (2010) ビタミン欠乏症による脳症, 小児科 51 : 471-476.
- 108) 小山勝志 (2012) Wernicke's encephalopathy の症状, ビタミン 86 : 620-624.
- 109) Viana M.B., Carvalho R.I. (1978). Thiamine-responsive megaloblastic anemia, sensorineural deafness, and diabetes mellitus: A new syndrome?. J Pediatr, 93: 235-238.
- 110) Sasaki M., Matsuda H., Omura I., et al. (2000). Transient seizure disappearance due to bilateral striatal necrosis in a

patient with intractable epilepsy. Brain Dev, 22: 50-55.

111) 松井輝明, 菊池浩史, 佐藤秀樹, 他 (2008) 高齢者におけるビタミン B₁ の有効性, 老年消化器病 20: 71-78.

112) 松下幸生, 松井敏史, 樋口進 (2010) アルコール依存症に併存する認知症, 精神経誌 112: 774-779.

113) Saeki K., Saito Y., Komaki H., et al. (2010). Thiamine-deficient encephalopathy due to excessive intake of isotonic drink or overstrict diet therapy in Japanese children. Brain Dev, 32: 556-563.

謝辞

本研究を遂行するにあたり、調査に協力して頂いた名古屋学芸大学管理栄養学部の皆様、中京大学体育学部およびラグビー部の皆様、愛知学院大学ラグビー部の皆様、名城大学女子駅伝部の皆様、愛知育児院特別養護老人ホーム南山の郷入所者の皆様に深謝し心よりお礼申し上げます。

本研究の先駆けとなり、研究遂行のきっかけを与えて下さった名古屋学芸大学・井形昭弘学長に心より御礼申し上げます。

英文指導や学術雑誌への投稿など、原著論文執筆の際に多大なるご支援頂きました名古屋学芸大学・田村明教授、池田彩子教授、和泉秀彦教授、徳留裕子教授に心より御礼申し上げます。

実験指導では、元愛知医科大学・坪内凉子先生に多大なご指導ご鞭撻を頂き、心より御礼申し上げます。

本研究を進める上で有意義な助言を頂き、論文執筆の際に多大なご指導を頂いた名古屋学芸大学・北川元二教授、中京大学・中川武夫教授に心より御礼申し上げます。

また、本研究に関わった名古屋学芸大学の皆様および事務局の皆様にご感謝申し上げますと共に、今後のご発展を心よりお祈り申し上げます。

最後に、大学院入学以来 5 年間終始変わらぬ熱心なご指導ならびにご鞭撻を頂きました名古屋学芸大学・山中克己教授、須崎尚教授に深謝し心より御礼申し上げたく、謝辞に代えさせていただきます。

附表

平成20年度 ビタミンB ₁ 問診票	学籍番号
	氏名
(1)ふだんのご飯は次のうちどれですか	①精白米 ②胚芽米 ③玄米 ④その他()
(2)インスタントラーメンはどのくらいの頻度で食べますか	①ほぼ毎日 ②1週間に3~4回 ③1週間に1~2回 ④1ヶ月に2~3回 ⑤1ヶ月に1回以下
(3)ビタミンB ₁ を強化した食品を食べていますか(※1参照)	①はい() ②いいえ
(4)ビタミンB ₁ を多く含む食品をどのくらいの頻度で食べていますか (※2参照)	①ほぼ毎日 ②1週間に3~4回 ③1週間に1~2回 ④1ヶ月に2~3回 ⑤1ヶ月に1回以下
(5)ビタミンB ₁ のサプリメントを摂っていますか (マルチビタミンを含む)	①はい ②いいえ
(6) (5)ではいと答えた方にお聞きます。 どのくらいの頻度で使用していますか	①ほぼ毎日 ②1週間に3~4回 ③1週間に1~2回 ④1ヶ月に2~3回 ⑤1ヶ月に1回以下
ご協力ありがとうございました。	

※1 ビタミンB₁を強化した食品の例

玄米入りパン、玄米入りビスケット、シリアル(コーンフレーク、玄米フレーク、ブラウンシュガー、など)
ハウス食品(おいしくビタミン・アセロラ、オレンジ、ブルーベリー、マスカット、など)
カゴメ(飲む野菜と果実「デザートに」、など)、ニュートリ(ブイ・クレス、など)
フードケア(レビオスゼリー、など)、バランス(おいしいプロテインゼリー、など)

※2 ビタミンB₁を多く含む食品の例

豚肉(ハム、ベーコンも含む)、鶏肉(レバー)、うなぎ、たらこ、明太子、いくら、すじこ、えんどう豆、大豆
きな粉、納豆、グリーンピース

平成 21、22 年度 ビタミン B₁ 問診票

クラス _____ 学籍番号 _____

氏名 _____ 年齢 _____ 性別 男・女

I. あてはまる数字や場所に○をつけるとともに、空欄の部分をご記入下さい。

1. 普段のご飯は次のうちどれですか。	①精白米 ②胚芽米 ③玄米 ④その他 ()
2. 次のものをどのくらいの頻度で食べますか。	
インスタントラーメン (スープ春雨は除く)	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
インスタントフード (レトルト食品・冷凍食品など)	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
調理パン・菓子パン	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
お菓子類 (※1参照)	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
清涼飲料水 (お茶・水・カロリーゼロのものは除く)	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下

果汁飲料・野菜ジュース	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
牛乳・乳製品	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
アルコール飲料	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
3. 現在一人暮らしですか。	①はい ②いいえ
4. 外食はどのくらいの頻度でしますか。	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
5. 中食（コンビニ弁当やスーパーのお惣菜等）をどのくらいの頻度で利用しますか。	①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下
6. 普段の食事でカロリーを気にしていますか。（ダイエット志向ですか。）	①気にしている ②まあまあ気にしている ③あまり気にしていない ④気にしていない
7. 普段の食事で品目数を心掛けていますか。（主菜、副菜の有無など）	①心掛けています ②まあまあ心掛けています ③あまり心掛けていない ④心掛けていない

<p>8. ビタミンを含む栄養ドリンクをどのくらいの頻度で摂取していますか。 (※2参照)</p>	<p>①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下</p>
<p>9. 日常生活で疲労感・倦怠感を感じることがありますか。</p>	<p>①いつも感じる ②時々感じる ③あまり感じない ④感じない</p>
<p>10. 日常生活で手足のむくみやしびれを感じることはありますか。</p>	<p>①いつも感じる ②時々感じる ③あまり感じない ④感じない</p>
<p>11. 現在、定期的な運動（1回あたり30分以上）は行っていますか。</p>	<p>①はい ②いいえ</p>
<p>12. 11で「はい」と答えた方のうち、どのくらいの頻度で行っていますか。</p>	<p>①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下</p>
<p>13. ビタミンB₁を多く含む食品をどのくらいの頻度で食べますか。 (※3参照)</p>	<p>①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下</p>
<p>14. ビタミンB₁を含むサプリメントなどを摂取していますか。（ビタミンB₁強化食品も含む）（※4参照）</p>	<p>①はい ②いいえ</p>
<p>15. 14で「はい」と答えた方のうち、どのくらいの頻度で摂取していますか。</p>	<p>①ほぼ毎日 ②1週間に3～4回 ③1週間に1～2回 ④1ヶ月に2～3回 ⑤1ヶ月に1回以下</p>

※1 お菓子類の例

スナック菓子 ポテトチップス チョコレート あめ ビスケット クッキー あられ
せんべい ケーキ まんじゅう プリンゼリー アイスクリーム 氷菓子 など

※2 栄養ドリンクの例

リポビタミンD ユンケル チオビタドリンク エスカップ リゲイン アリナミン
新グロモント アスパラドリンク チョコラBB オロナミンC アルフェネオ など

※3 ビタミンB₁を多く含む食品の例

豚肉（ハム、ベーコンも含む） 鶏肉（レバー） うなぎ たらこ 明太子 いくら
大豆 きな粉 いんげん えんどう グリンピース ごま 落花生 など

※4 ビタミンB₁サプリメント、強化食品の例

マルチビタミン ビタミンB群サプリメント アリナミン キューピーコーワゴールド
玄米ビスケット シリアル（コーンフレーク、玄米フレークなど） グラノーラ
カロリーメイト ウィダーインゼリー など

II. 昨日の食事内容について、例にならって出来るだけ詳しく記入してください。

例：ベーコンとほうれん草のオムレツ、たまねぎと人参のスープ、牛乳 等

朝食 () 時ごろ
昼食 () 時ごろ
夕食 () 時ごろ
その他 間食 () 時ごろ

ご協力ありがとうございました。

名古屋学芸大学 管理栄養学部 公衆衛生学研究室

食生活チェック票

記入日	平成	年	月	日
-----	----	---	---	---

▼あてはまる数字や場所に○をつけるとともに空らんの部分をご記入ください

所属		個人番号		氏名	
性別	男・女	年齢	歳	身長	cm
あなたの仕事状態は	1) 座っていることが多い		2) 体を動かすことが多い		
運動習慣	1) なし	2) あり	週	回、運動の種類	()

この1カ月間、以下のアルコール飲料をどのくらいの回数(頻度)で飲みましたか。あてはまる所に○をつけてください。毎日の場合は、回数を記入してください。また、飲んだ場合には、1回あたりの平均的な量も記入してください。

	飲んだ回数(頻度)							毎日1回以上	1回に飲む量(平均)
	飲まなかった	1回	2回	3回	4回	5回	6回		
アルコール飲料	日本酒	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()合 (1合:180ml)
	ビール(缶)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()缶 (1缶350ml)
	ビール(瓶)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()本 (大瓶633mlにして)
	ウイスキー	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (ダブルグラス)
	その他(ご記入ください) ()	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()ml

この1カ月間、以下の飲み物をどのくらいの回数(頻度)で飲みましたか。あてはまる所に○をつけてください。毎日の場合は、回数を記入してください。また、飲んだ場合には、1回あたりの平均的な量も記入してください。

	飲んだ回数(頻度)							毎日1回以上	1回に飲む量(平均)
	飲まなかった	1回	2回	3回	4回	5回	6回		
コーヒー	缶コーヒー	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()缶 (1缶200ml)
	缶以外のコーヒー	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (カップ)
お茶	日本茶(緑茶)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (湯飲み)
牛乳など	牛乳	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (コップ)
	乳酸菌飲料	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()本 (コップ)
その他の飲料	野菜ジュース(トマト、にんじんなど)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (1本65ml)
	フルーツジュース(天然果汁のもの)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()杯 (コップ)
	スポーツドリンク	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()缶 (1缶350ml)
	清涼飲料水(炭酸飲料・コーラ)	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()缶 (1缶350ml)
	その他(ご記入ください) ()	1	2	3	4	5	6	毎日()回	()ml

1週間の主食の内容をお聞きします。この1カ月の傾向から、朝食、昼食、夕食のそれぞれについてお答えください。なお、ご飯・パンを食べる場合は、1回平均どのくらいの量を食べますか。また、ご飯を普段どのくらいの大きさの茶わんで食べるかお答えください。

	朝食	昼食	夕食
1週間に食事をたべない日は平均何日ありますか	週〔 〕日	週〔 〕日	週〔 〕日
1週間にパン食を平均何日食べますか	週〔 〕日	週〔 〕日	週〔 〕日
パンを食べる場合、1回平均およそ何枚食べますか	1回〔 〕枚	1回〔 〕枚	1回〔 〕枚
1週間にご飯を平均何日ご飯を食べますか	週〔 〕日	週〔 〕日	週〔 〕日
ご飯を食べる場合、1回平均およそ何杯食べますか	1回〔 〕杯	1回〔 〕杯	1回〔 〕杯
ご飯を普段どのくらいの大きさの茶わんで食べますか（中ぐらの茶わんは直径がみそ汁わんと同じ大きさ、それより小さいものは小さな茶わん、大きいものは大きな茶わん）	1) 小さな茶わん 2) 中ぐらの茶わん 3) 大きな茶わん 4) 并	1) 小さな茶わん 2) 中ぐらの茶わん 3) 大きな茶わん 4) 并	1) 小さな茶わん 2) 中ぐらの茶わん 3) 大きな茶わん 4) 并

この1カ月間、以下の食品・料理を食べたおよその回数（頻度）について、あてはまる所に○をつけて下さい。

	食べた回数（頻度）									
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	月 3 回	月 4 回	月 5 回	月 6 回	月 7 回	月 8 回	月 9 回
ごはん類	ピラフ・チャーハン	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	カレーライス・ハヤシライス	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	中華飯・五目ごはん	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	丼もの（カツ丼・親子丼・牛丼など）	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	寿司（にぎり・ちらし・巻き寿司など）	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	おにぎり	1	2	3	4	5	6	7	8	9
めん類	うどん・日本そば・そうめん・ひやむぎ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	冷やし中華	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ラーメン・中華そば	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	焼きそば	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	スパゲッティ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
パン類	調理パン・ハンバーガー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	菓子パン・サンドイッチなどのパン（トーストを除く）	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	お好み焼き	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	グラタン・ドリア	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	コーンフレーク	1	2	3	4	5	6	7	8	9
いも類	ピザ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ポテトサラダ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	フライドポテト	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	コロッケ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	いも料理（じゃがいも・里芋・さつまいも）	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)									
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	月 3 回	月 4 回	月 5 回	月 6 回	月 7 回	月 8 回	月 9 回以上
牛乳・乳製品	コーンスープ・クリームシチュー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ヨーグルト	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	チーズ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
卵	卵 (ゆで卵・生卵)・卵料理 (目玉焼き・炒り卵・卵焼きなど)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)									
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	月 3 回	月 4 回	月 5 回	月 6 回	月 7 回	月 8 回	月 9 回以上
大豆製品	みそ汁	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	マーボー豆腐	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	湯豆腐・冷や奴などの豆腐料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	生揚げ・がんもどき	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	納豆	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	煮豆 (大豆)・大豆五目煮	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)									
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	月 3 回	月 4 回	月 5 回	月 6 回	月 7 回	月 8 回	月 9 回以上
肉類	肝臓・レバー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ギョウザ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ハンバーグ・肉団子・メンチカツなどのひき肉料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	牛肉の焼き肉・ステーキ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	すき焼き・野菜炒め・肉じゃがなどの牛肉料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	トンカツ・ヒレカツ・串カツ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	豚肉のしょうが焼き・ポークソテー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	野菜炒め・煮物・酢豚などの豚肉料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	焼き豚	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ハム・ウインナー・ベーコン	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	鶏肉の唐揚げ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	焼きとり・照り焼き・煮物などの鶏肉料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)									
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	月 3 回	月 4 回	月 5 回	月 6 回	月 7 回	月 8 回	月 9 回以上
魚介類	まぐろ缶詰 (シーチキン・フレーク缶)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	さけ・ます	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	あじ・あじの干物	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	さんま・さば・いわし・ぶりなど背の青い魚	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	まぐろ・かじき・かつお・など赤身の魚	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	たら・かれいなど白身の魚	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	うなぎ (蒲焼・うな井)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	めざし・ししゃも・しらす干しなどの骨ごと食べる魚	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	たらこ・かずのこ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	いか・えび・エビフライ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	かき・かきフライ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	あさり・しじみ・ほたて貝などの貝類	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	かまぼこ・ちくわ・はんぺん類	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)								
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	週 1 回	週 2 回	週 3 回	週 4 回	週 5 回	毎 日 1 回
トマト	1	2	3	4	5	6	7	8	9
にんじん	1	2	3	4	5	6	7	8	9
かぼちゃ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ほうれん草	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ほうれん草以外の青菜 (小松菜・春菊・大根葉など)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ピーマン	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ブロッコリー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大根おろし	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大根 (大根おろし以外)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ごぼう	1	2	3	4	5	6	7	8	9
れんこん	1	2	3	4	5	6	7	8	9
きゃべつ・レタス・きゅうり	1	2	3	4	5	6	7	8	9
白菜	1	2	3	4	5	6	7	8	9
なす	1	2	3	4	5	6	7	8	9
さやいんげん	1	2	3	4	5	6	7	8	9
漬物	1	2	3	4	5	6	7	8	9
きのこ類 (しいたけ・しめじ・えのきだけなど)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ひじき・わかめ・こんぶ (みそ汁の具は除く)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)								
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	週 1 回	週 2 回	週 3 回	週 4 回	週 5 回	毎 日 1 回
柑橘類 (みかん・グレープフルーツ・オレンジなど)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
りんご	1	2	3	4	5	6	7	8	9
いちご	1	2	3	4	5	6	7	8	9
柿	1	2	3	4	5	6	7	8	9
キウイフルーツ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
バナナ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
その他の果物	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)								
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	週 1 回	週 2 回	週 3 回	週 4 回	週 5 回	毎 日 1 回
あられ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ピーナツ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ビスケット・クッキー	1	2	3	4	5	6	7	8	9
菓子類 ケーキ・カステラ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
まんじゅう・和菓子	1	2	3	4	5	6	7	8	9
スナック菓子・ポテトチップス	1	2	3	4	5	6	7	8	9
プリン	1	2	3	4	5	6	7	8	9
アイスクリーム・アイスキャンディ	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	食べた回数 (頻度)								
	食 べ な か っ た	月 1 回	月 2 回	週 1 回	週 2 回	週 3 回	週 4 回	週 5 回	毎 日 1 回
油製品など 天ぷら・フライなど油で揚げた料理	1	2	3	4	5	6	7	8	9
パンなどにつけるバター	1	2	3	4	5	6	7	8	9
パンなどにつけるマーガリン	1	2	3	4	5	6	7	8	9
パンなどにつけるジャム・ハチミツ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ドレッシング	1	2	3	4	5	6	7	8	9
マヨネーズ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
卓上調味料 しょうゆ (食卓で使用する分のみ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ソース (食卓で使用する分のみ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ごま (食卓で使用する分のみ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

以上で質問は終わりです。
記入もれがないか、もう一度ご確認ください。
結果は後日送付いたします。

健康診断 問診票	学籍番号
	氏名
(運動)	
1. 1回30分以上、軽く汗をかく運動を週2回以上、1年以上行っていますか？	①はい ②いいえ
2. 1日1時間以上歩いていますか？	①はい ②いいえ
3. (同性の)友達と比べて歩く速度が速いですか	①はい ②いいえ
(食事)	
1. 人と比較して食べる速度が速いですか？	①速い ②ふつう ③遅い
2. 食事はいつも腹一杯食べますか？	①満腹になるまで食べるが多い
	②多く食べたり少なく食べたりまちまちである
	③常に腹八分目である
3. 食事をするとき食品の組み合わせを考えていますか？	①食品の組み合わせなど、あまり考えて食べない
	②ときどき食品の組み合わせを考えて食べる
	③いつも食品の組み合わせを考えて食べる
4. 普段欠食することがありますか(1日3食を基準として)	①ほとんど毎日1回は欠食する
	②週2～3回欠食する
	③ほとんど欠食したことはない
5. 朝食を食べない日は週に何日ぐらいありますか？	① 0日(朝食は毎日食べる)
	② 1日
	③ 2日
	④ 3日
	⑤ 4日
	⑥ 5日
	⑦ 6日
	⑧ 7日(朝食は全く食べない)
6. 朝食を食べない理由は何ですか？	①めんどくさい ②時間がない ③お腹が空かない
7. 一人暮らしですか	①はい ②いいえ

8. 朝食は誰が作りますか？	①自分 ②母 ③父 ④祖母 ⑤祖父 ⑥兄弟 ⑦買ってくる
9. どこで朝食を食べますか？	①家 ②店 ③学校
10. 野菜は好きですか？	①嫌いでもほとんど食べない
	②嫌いではないが食べない
	③毎食とはいえないが、1日1回は食べる
	④ほとんど毎食食べる
11. 緑黄色野菜は食べますか？	①嫌いでもほとんど食べない
	②毎食とはいえないが、1日1回は食べる
	③ほとんど毎食食べる
12. 就寝前の2時間以内に食事をすることが週3回以上ありますか	①はい ②いいえ
13. 間食をしますか	①ほとんど毎日食べる
	②ときどき食べる
	③ほとんど食べない
14. 自分で偏食はあると思いますか	①だいぶある
	②ふつう
	③ほとんどない
15. 食欲はありますか	①いつもない
	②ふつう
	③いつもある
16. ストレスにより食行動が変化しますか	①過食(食べ過ぎる)
	②食欲不振
	③変化無し
17. 運動や食生活等の生活習慣を改善してみようと思いますか	①改善するつもりはない
	②改善するつもりである(おおむね6ヶ月以内)
	③近いうち(おおむね1ヶ月以内)改善するつもりであり、少しずつ始めている

(休養)	
1. 睡眠で休養が十分とれていますか	①はい ②いいえ
2. 自分の自由になる時間は平日は1日何時間ありますか？	時間ぐらい
3. 睡眠時間は平日は1日平均何時間ですか？	時間ぐらい
正直にお答えください。	
(アルコール)	
1. お酒(清酒、焼酎、ビール、洋酒など)を飲む頻度	①毎日 ②週2, 3回 ③週1回 ④それ以下 ⑤全く飲まない(飲めない)
2. 飲酒日の一日あたりの飲酒量(日本酒1合に換算すると)	①1合未満
清酒1合(180ml)の目安:ビール中瓶1本(約500ml)	②1~2合未満
焼酎35度(80ml), ウィスキーダブル1杯(60ml)	③2~3合未満
ワイン2杯(240ml)	④3合以上
(たばこ)	
1. 現在たばこを習慣的に吸っている (現在習慣的に喫煙している者とは、今までに合計100本以上 または6ヶ月以上吸っている者であり、最近1ヶ月間吸っ ているもの)	①はい(平均1日 本)、 ②いいえ
(その他)	
1. この1年間で体重の増減が±3kg以上ありましたか	①はい、 ②いいえ
ご協力ありがとうございました。	

関連論文

《Original Article》

A study of the distribution range of total thiamine concentration in the blood of university students

Yuuki Ito*, Katsumi Yamanaka*, Hisashi Susaki*
Motoji Kitagawa*, Akira Tamura* and Akihiro Igata*

Abstract

Background: Currently, it can be said that there have been striking changes in daily living circumstances and there are also imbalances in dietary patterns like satiation etc and this in turn causes nutritional imbalance. Therefore, this time we paid attention to thiamine (vitamin B₁) deficiency—previously a Japanese national affliction. And we conducted an accurate condition survey of total thiamine concentration in the blood of University Students as a means of nutritional assessment.

Method: The subjects were 328 N University School of Nutritional Sciences first year students aged 18-20 (39 males, 289 females). We conducted the following tests; —anthropometric measurement, blood examination including total thiamine levels and a survey using interview sheets relating to diet and thiamine.

Results: The average \pm standard deviation of total thiamine concentration in the blood was 42.8 ± 9.5 ng/ml for males and 39.7 ± 10.2 ng/ml for females and they were nearly within the standard value 21.3–81.9 ng/ml and there was almost a normal distribution. From this result, the number of individuals who had a lower concentration level of total thiamine concentration in the blood than the standard value was 5, all of whom were female. For each anthropometric measurement and blood examination value, the BMI for two out of five people was 18.4, and 17.1 (deemed as lean type) and three out of five people's bone density was 82%, 80% and 80% respectively which is lower than the average value for the same age generation.

Conclusion: The value of total thiamine concentration in the blood was almost in normal distribution. The number of people who had a lower than the standard value of total thiamine concentration was 5, approximately 1.5% of 328 university students. Others were within the standard value.

Key words: thiamine (vitamin B₁), university students, blood examination, nutritional status

Introduction

In recent years, in the middle of a health faddism, there has been increasing interest towards the use of medical examinations and early discovery of illness as a form of secondary prevention. In addition, preliminary prevention such as the improvement of nutrition and lifestyle habits has also gained much attention and the importance of so-called preventa-

tive medicine has become a topic of discussion.

On the other hand, the interest towards avitaminosis is decreasing, due to the current belief that vitamin deficiency has become a problem of the past. However, in fact, it can be said that there have been striking changes in daily living circumstances and also in imbalances in dietary patterns e.g. satiation etc. There has also been a prevalence of using processed food, pre-cooked food and dietary supple-

* School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences

ments etc and this causes nutritional imbalance. As a result, so-called unidentified clinical syndromes like fatigue, feeling of general malaise, decrease in immunity etc have increased and it has been reported that there is potential avitaminosis¹⁾.

Between 1973 and 1976, thiamine deficiency diseases frequently occurred throughout Japan, there were many young people among patients at that time, especially a lot of sports players aged 15-20. There was speculation on the background reasons behind this such as, these individuals had discontinued thiamine enriched white rice, young people were drinking a lot of soft drinks containing a lot of glucides, and the young were encouraged to participate in more sporting activities²⁾. After this period, due to a familiarization of nutritional knowledge combined with an introduction of multi vitamin tablets, the occurrence of thiamine deficiency diseases decreased and it seemed these were temporarily eradicated.

However, in the last few years, reports have shown an indication that the lack of thiamine in female university students has been influenced by diet orientation, missing meals and eating out etc³⁾. It can be said that avitaminosis is making a revival.

In this investigation we paid attention to thiamine deficiency—previously a national affliction in Japan. And our purpose was to conduct an accurate condition survey of the total thiamine concentration in the blood among students attending the university students as a means of nutritional assessment. From this we could acknowledge the accurate conditions of the current potential deficiency conditions and considered the relationship between food intake conditions, lifestyle habits and physical status etc, we could gain basic data concerning future healthy dietary habits.

Subjects and method

In July 2008 and 2009 on two occasions, subjects from N University School of Nutritional Sciences who were first year students aged 18-20. The number of subjects was 328 (39 males, 289 females) all

of whom agreed to take part in our research. We explained the research content in written form and received certificates of informed consent. This investigation had the approval of the Nagoya University of Arts and Sciences ethics committee.

As an investigation, for anthropometric measurement, we measured height, weight, BMI, body fat percentage, bone density, and blood pressure. For height, weight, body fat percentage, we used Tanita Corporation's TBF-210 and for bone density we used Aloka Corporation's ultrasonic bone evaluator ALOKA AOS-100, and we estimated each using an ultrasonic wave method.

For blood examination, the following were tested;—thiamine, white blood cells, red blood cells, hemoglobin, hematocrit, MCV, MCH, MCHC, blood platelet count, triglycerides (neutral fat), total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol, total whole protein, albumin, urea nitrogen, uric acid, creatinine, iron, AST, ALT, LDH, ALP, amylase, blood sugar, HbA1c (glycohemoglobin), γ GTP and adiponectin. In order to conduct the total thiamine concentration in the blood, we used the HPLC method (high-performance liquid chromatography) and we outsourced to BML.INC.

For the questionnaire survey concerning diet and thiamine, we conducted it by using interview sheets, which were completed by the respondents.

We used the statistical analyzing software SPSS ver15.0J for Windows for statistical analysis. In order to examine the difference in average value we utilized the non-parametric method Mann-Whitney U test and we assigned $p < 0.05$ as the significant difference.

Results

Fig. 1 shows the frequency distribution for male university students' total thiamine concentration in the blood. For 39 subjects the average \pm standard deviation was 42.8 ± 9.5 ng/ml. All subjects were within the standard value of 21.3~81.9 ng/ml and the distribution was almost normal.

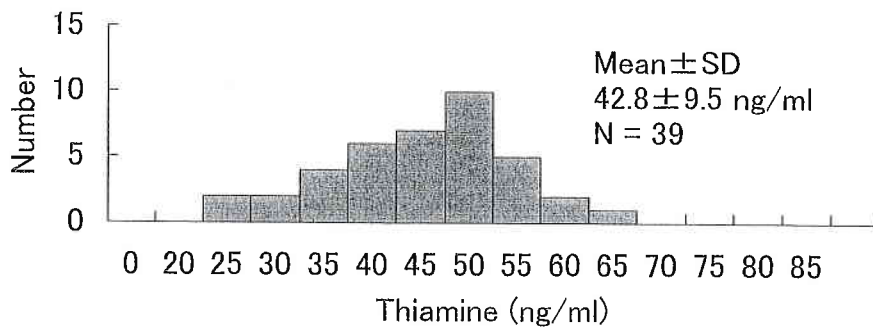


Fig. 1 Histogram of the blood total thiamine level in male students

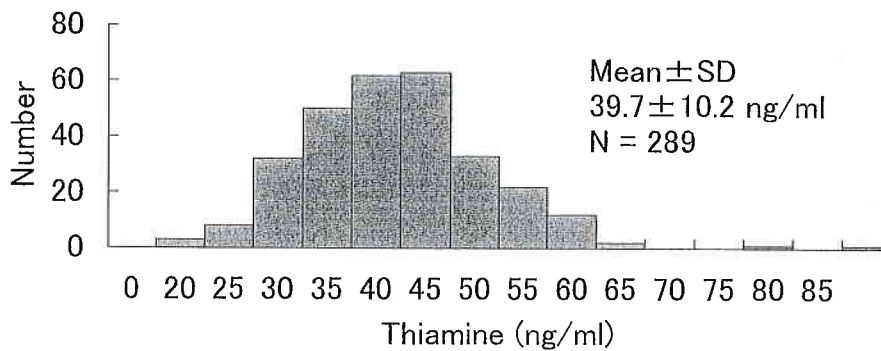


Fig. 2 Histogram of the blood total thiamine level in female students

Table 1 Profiles of subjects for total thiamine in blood (low reference values)

	A	B	C	D	E
Thiamine (ng/ml)	11.4	16.6	19.9	20.8	21.3
Gender	female	female	female	female	female
Age	19	19	19	19	19
Height (cm)	149.1	154.7	159.5	155.4	152.0
Weight (kg)	40.9	56.1	47.4	41.4	48.7
BMI (kg/m ²)	18.4	23.4	18.6	17.1	21.1
%Fat (%)	19.7	31.7	21.7	16.6	27.6
BMD (YAM%)	99	82	95	80	80
SBP (mmHg)	82	93	96	86	118
DBP (mmHg)	58	59	66	59	65

BMI: body mass index, %Fat: percent body fat, BMD: bone mineral density, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure

On the other hand Fig. 2 shows the frequency distribution for female university students' total thiamine concentration in the blood. For 289 subjects the average \pm standard deviation was 39.7 ± 10.2 ng/ml. Within this group 283 were within the standard value and 6 were outside the standard value. The distribution was almost normal, the same as males.

For females, there were 5 subjects whose total

thiamine concentration in the blood was lower than the standard value. We named these 5 subjects A~E and Table 1-2 shows each of their anthropometric measurements and blood examination values. From the results, we can see that for two out of 5 people's BMI was 18.4 and 17.1 (deemed as lean type) and three out of 5 people's bone density was 82%, 80% and 80% respectively which is lower than the aver-

Table 2 Hematological parameters of subjects for total thiamine in blood (low reference value)

	A	B	C	D	E
WBC (/mm ³)	5450	3370	5470	5200	8990
RBC (10 ⁴ /mm ³)	406	402	460	430	572
Hgb (g/dl)	12.3	12.3	14.1	11.4	13.0
Hct (%)	38.8	37.6	42.9	36.0	41.0
MCV (fl)	96	94	93	84	72
MCH (pg)	30.3	30.6	30.7	26.5	22.7
MCHC (%)	31.7	32.7	32.9	31.7	31.7
PLT (10 ⁴ /mm ³)	20.7	18.1	24.4	29.1	22.1
TG (mg/dl)	84	47	65	37	44
T-CHO (mg/dl)	158	193	202	143	150
HDL-CHO (mg/dl)	73	93	76	60	71
LDL-CHO (mg/dl)	77	80	118	78	70
TP (g/dl)	7.5	7	7.2	6.7	7.7
Alb (g/dl)	4.9	4.5	4.8	4.2	4.7
BUN (mg/dl)	20.0	10.5	10.0	10.6	10.6
UA (mg/dl)	4.3	3.9	4.0	4.8	5.6
CRE (mg/dl)	0.5	0.6	0.7	0.6	0.8
SI (µg/dl)	52	111	66	37	112
AST (IU/L)	20	16	16	20	19
ALT (IU/L)	17	10	13	7	10
LDH (IU/L)	225	162	158	139	176
ALP (IU/L)	197	235	161	206	247
AMY (IU/L)	96	107	118	58	91
Glc (mg/dl)	94	84	95	90	94
HbA1c (%)	5.6	4.8	5	5.2	5.3
γGTP (IU/L)	17	14	20	8	17
Adi (µg/mL)	17.0	14.6	13.3	17.8	11.4

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hgb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, LDH: lactate dehydrogenase, ALP: alkaline phosphatase, AMY: amylase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γGTP: γ-glutamyl transpeptidase, Adi: adiponectin

Table 3 Mean of profiles in low and normal thiamine level

	Mean±SD		Significant probability
	Low thiamine level (n=5)	Normal thiamine level (n=284)	
Thiamine (ng/ml)	18.0 ± 4.1	40.1 ± 9.9	0.000***
Height (cm)	154.1 ± 3.9	158.3 ± 5.4	0.079
Weight (kg)	46.9 ± 6.2	50.7 ± 6.9	0.221
BMI (kg/m ²)	19.7 ± 2.5	20.2 ± 2.3	0.567
%Fat (%)	23.5 ± 6.1	24.5 ± 9.3	0.687
BMD (YAM%)	87.2 ± 9.1	96.1 ± 10.3	0.061
SBP (mmHg)	95 ± 14	107 ± 11	0.032*
DBP (mmHg)	61 ± 4	66 ± 8	0.104

BMI: body mass index, %Fat: percent body fat, BMD: bone mineral density, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure

* p<0.05 *** p<0.001

The non-parametric method Mann-Whitney U test

Table 4 Mean of hematological parameters in low and normal thiamine level

	Mean±SD		Significant probability
	Low thiamine level (n=5)	Normal thiamine level (n=284)	
WBC (/mm ³)	5696 ± 2038	6179 ± 1429	0.415
RBC (10 ⁴ /mm ³)	454 ± 70	453 ± 30	0.372
Hgb (g/dl)	12.6 ± 1.0	13.3 ± 1.1	0.084
Hct (%)	39.3 ± 2.7	40.8 ± 2.8	0.177
MCV (fl)	87.8 ± 10.0	90.3 ± 5.1	0.922
MCH (pg)	28.2 ± 3.5	29.5 ± 2.2	0.597
MCHC (%)	32.1 ± 0.6	32.7 ± 1.1	0.085
PLT (10 ⁴ /mm ³)	22.9 ± 4.2	23.5 ± 5.2	0.744
TG (mg/dl)	55.4 ± 19.0	71.3 ± 36.5	0.300
T-CHO (mg/dl)	169.2 ± 26.6	174.8 ± 30.5	0.666
HDL-CHO (mg/dl)	74.6 ± 11.9	65.0 ± 11.9	0.081
LDL-CHO (mg/dl)	84.6 ± 19.0	99.7 ± 26.7	0.110
TP (g/dl)	7.2 ± 0.4	7.5 ± 0.3	0.128
Alb (g/dl)	4.6 ± 0.3	4.6 ± 0.2	0.838
BUN (mg/dl)	12.3 ± 4.3	12.0 ± 2.7	0.690
UA (mg/dl)	4.5 ± 0.7	4.3 ± 0.8	0.543
CRE (mg/dl)	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.942
SI (µg/dl)	75.6 ± 34.3	90.9 ± 39.2	0.398
AST (IU/L)	18.2 ± 2.0	17.0 ± 3.7	0.157
ALT (IU/L)	11.4 ± 3.8	12.2 ± 6.4	0.948
LDH (IU/L)	172.0 ± 32.4	173.3 ± 24.4	0.697
ALP (IU/L)	209.2 ± 33.8	196.9 ± 50.7	0.367
AMY (IU/L)	94.0 ± 22.7	82.2 ± 24.2	0.185
Glc (mg/dl)	91.4 ± 4.6	86.7 ± 7.4	0.055
HbA1c (%)	5.2 ± 0.3	5.1 ± 0.2	0.368
γGTP (IU/L)	15.2 ± 4.5	15.4 ± 4.2	0.635
Adi (µg/mL)	14.8 ± 2.6	11.1 ± 4.4	0.026*

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hgb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, LDH: lactate dehydrogenase, ALP: alkaline phosphatase, AMY: amylase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γGTP: γ-glutamyl transpeptidase, Adi: adiponectin

* p<0.05

The non-parametric method Mann-Whitney U test

age value (100%) for the same age generation. As a reference, from the remaining 284 female subjects there were 65 subjects (approximately 23% of the total) with a BMI of below 18.5. There were 77 subjects with a bone density measurement of below 80% and 89% (approximately 27% of the total).

In addition, Table 3-4 shows the average ± standard deviation. One table was for 5 subjects whose total thiamine concentration in the blood was lower than the standard value and the other table was for the remaining 284 female subjects. Results showed that the average value for systolic blood pressure of

the 5 subjects, who were below the standard value, was significantly lower than the other female subjects.

Discussion

Currently, a number of inspection institutes have agreed that the standard value for the lower limit of total thiamine concentration in the blood is under 20 ng/ml, therefore in clinical settings it is rare to diagnose thiamine deficiency. In this investigation, results showed that the number of people who had a

lower standard value for total thiamine concentration in the blood was 5 which was approximately 1.5% of the total for both males and females. However, conversely, various literature has reported that there are people who show symptoms of deficiency diseases despite their total thiamine concentration in the blood being within the standard value. Due to this, there are some who feel that the standard value lower limit is 30 ng/ml^{1) 4)}. As a reference, in this investigation the number of those lower than 30 ng/ml was 47 out of 328 males and females which is as much as approximately 14% of the total. From this it is difficult to deny that the potential of thiamine deficiency remains.

In addition, we showed each anthropometric measurement and blood examination values of 5 females whose total thiamine concentration in the blood was lower than the standard value 21.3 ng/ml. Results showed there were people who showed low values for BMI and bone density, it could be suggested that there is the possibility that accompanying low values for thiamine concentration in the blood cause low nutrient condition.

As well as this, in the questionnaire surveys concerning diet and thiamine responses showed that all five had no habit to intake unpolished (whole) rice or brown rice for regular meals. Generally, particular good sources supplying thiamine are unpolished rice, brown rice and pork etc⁵⁾. In this investigation, we indicate that people who have no habit to intake unpolished rice or brown rice for their everyday meals may have the possibility of lower levels of thiamine concentration.

Conversely, we compared the average values of 5 subjects whose total thiamine concentration in the blood were lower than the standard value and the remaining 284 female subjects. Results showed that, the average value for systolic blood pressure of the 5 subjects (below the standard value) was significantly lower than the other female subjects. However, we were unable to see any significant feature common in the subjects which could lead to a lack of thiamine. We need to continuously review the

relationship between thiamine, physical condition and lifestyle habits.

From now, it is important to know the relationship between various causes and thiamine nutritional status. For instance the influence of carrying out exercise on thiamine is an issue worth watching. Thiamine mainly works as a co-enzyme of a carbohydrate metabolic enzyme and a deficiency brings subjective symptoms like whole body feeling of malaise, fatigue, palpitation and shortness of breath etc, so it is an important nutrient for maintaining bodily functions. It has been said that when we exercise, energetic metabolism becomes active and this increases the necessary quantity of thiamine and if there are inadequate levels of thiamine for the consumption of glucose, there can be no smooth metabolism from pyruvic acid to acetyl-CoA. The increased production of lactic acid from pyruvic acid leads to an accumulation of lactic acid which causes fatigue^{6) 7) 8)}.

Currently, the necessary amount of thiamine can be determined as a standard of energy/1000kcal⁹⁾. When we exercise it is often recommended that we redeem an increased amount of energy intake by consuming meals which are well balanced including increasing both staple and side dishes⁵⁾ however, experimental data supporting this argument is extremely low.

Conversely, in recent years, the most crucial assignment has been preserving elderly people's health in our upcoming ageing society in Japan. Elderly people's lifestyles are extremely varied; there are healthy old people, but also many old people with some type of disease. It has been reported that among elderly people with thiamine deficiency diseases, there were many who had the following type of health problems previously. These include, over-consumption of alcohol (polyposia) and bad nutrition, diabetes and gastrectomy etc^{10) 11)}.

In addition, there has been the problem of elderly people lacking nutritional intake like vitamins. For example, it has been reported that for long term hospitalized elderly people the intake amount of

thiamine was extremely low, and at the same time, nutritional conditions of thiamine in the blood were extremely bad¹²⁾. The cause of this is that the amount of elderly people's food intake is low as in when they fail to finish hospital meals etc and this report says that we need to reconsider the nutritional care for elderly hospitalized patients.

As a countermeasure for elderly people's health especially lifestyle diseases, we should emphasize prevention rather than care. Among the various types of prevention, preliminary prevention which is dissociated from its cause is most effective. And it has been considered that diet has the highest impact on preliminary prevention. Therefore, having an adequate intake of minor components like vitamins etc has become an essential condition to prevent elderly people's vitamin deficiency and helps in the preservation of health.

From this, as of now, it is necessary to investigate exercise or elderly people's lack of nutritional intake etc. We hope that the consideration of general university students' nutritional conditions of thiamine in this paper will be future basic data.

Reference

- 1) Takeda A, Sakano M, Mizoguchi Y, et al: Vitamin B₁ Nutritional Status Assessed by Blood Vitamin B₁ Values of Middle-Aged Japanese Men and Women: Trace Nutrients Research 23, 124-127 (2006)
- 2) Arima H, Kuriyama M, Kanehisa S, et al: Japan Medical Journal No.2736, 23-28 (1976)
- 3) Hiraoka M, Yasuda K: Study on Nutritional Status of Thiamin and Riboflavin in Female Students —Blood Thiamin and Riboflavin Levels in Female—: The Vitamin Society of Japan 72, 679-684 (1998)
- 4) Takeda A, Suyama T, Suzuki C, et al: Vitamin B₁ Nutritional Status Assessed by Blood Vitamin B₁ Value of Middle Aged Japanese Men and Women: The Vitamin Society of Japan 76, 349-353 (2002)
- 5) Barbara A. Bowman and Robert M. Russell: Present Knowledge in Nutrition Ninth Edition: International Life Sciences Institute (2006)
- 6) Hukuwatari T, Shibata K: The Vitamin Society of Japan 83, 173 (2009)
- 7) Higuchi M, Tabata I, Yoshitsuru J, et al: Japan Sports Association 9, 5-8 (1997)
- 8) Yamada T, Takahashi T, Muramatsu S: Acute effect of exercise on thiamine, riboflavin, ascorbic acid metabolism: Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 35, 364 (1986)
- 9) Ihara H: Modern Physician 27, 1191-1193 (2007)
- 10) Akira M, Aoshima S: Assessing the Nutritional Value of Vitamin B₁ in the Blood of Type 2 Diabetes Patients: Toyama College 43, 131-136 (2008)
- 11) Kuriyama M, Nakagawa H: Thiamine Deficiency in the Aged: The Vitamin Society of Japan 80, 1-5 (2006)
- 12) Itokawa Y, Kimura M, Nishino K: Thiamin and Riboflavin Status in Elderly —Effect of Shingle Administration of A Multivitamin Preparation—: The Vitamin Society of Japan 67, 675-679 (1993)

大学生における全血総ビタミン B₁濃度分布範囲の検討

伊藤 勇貴* 山中 克己* 須崎 尚*
北川 元二* 田村 明* 井形 昭弘*

要旨

背景：現在、日常生活環境・習慣の急激な変化や、飽食などによる食生活パターンの顕著な変化と乱れが指摘され、栄養のアンバランスがもたらされている。そこで今回、かつて日本人の国民病とされてきたビタミン B₁欠乏に注目し、栄養評価としての大学生の全血総ビタミン B₁濃度の実態調査を行った。

方法：N 大学管理栄養学部生 1 年生 18～20 歳の 328 名（男性 39 名、女性 289 名）を対象とし、身体測定、全血総ビタミン B₁を含む血液検査、食生活やビタミン B₁に関する問診票による調査を行った。

結果：全血総ビタミン B₁濃度の平均値±標準偏差は、男性が 42.8±9.5 ng/ml、女性が 39.7±10.2 ng/ml であり、ほぼ基準値 21.3～81.9 ng/ml 内で、かつほぼ正規分布していた。このうち全血総ビタミン B₁濃度が基準値以下の者は 5 名であり、いずれも女性であった。それぞれの身体測定値および血液検査値において 5 名中 2 名の BMI が 18.4、17.1 とやせ型であり、5 名中 3 名の骨密度が同年代の平均値と比べて 82%、80%、80% と低い値を示した。

結論：大学生 328 名において全血総ビタミン B₁濃度が基準値以下の者は 5 名（全体の約 1.5%）であり、その他はほぼ基準値内で、かつほぼ正規分布していた。

索引用語：ビタミン B₁、大学生、血液検査、栄養状態

A Study into the Distribution Range of Total Thiamin Concentration in the Blood of Female University Students and the Factors Involved

Yuuki Ito*, Katsumi Yamanaka*, Hisashi Susaki*, Motoji Kitagawa* and Akihiro Igata*

*Graduate School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences
57 Takenoyama Iwasaki-cho, Nisshin-city, Aichi 470-0196 Japan
10gn101@st.nuas.ac.jp

[Received June 23, 2011 ; Accepted October 19, 2011]

In the last few years, reports have shown an indication that the lack of thiamin(Vitamin B₁) in female university students has been influenced by diet orientation, missing meals and eating out etc. In this study, we conducted an accurate condition survey of the total thiamin concentration in the blood among female university students as a means of nutritional assessment and through this we can acknowledge the accurate conditions of the current deficiency conditions and consider the relationship between these deficiency conditions and physical status, food intake conditions and lifestyle habits etc. The participants were 418 female university students aged between 18-20 years old. We conducted the following tests ; anthropometric measurement, a blood examination including total thiamin levels, an investigation into the quantity of food intake according to food group and the quantity of nutritional intake and a survey relating to diet and thiamin. Results showed the average \pm standard deviation of total thiamin concentration in the blood was 40.3 ± 9.5 ng/ml and there was almost a normal distribution. The number of individuals who had a lower concentration level of thiamin than 30ng/ml was 58 (approximately 14% of the total). According to the relationship to resident status, the percentage of those living on their own was significantly high among the individuals who had a low level of thiamin concentration. For all of these reasons, it can be surmised that latent thiamin deficiency exists among female university students.

Keywords: female university students, thiamin(vitamin B₁), latent deficiency, blood examination, nutritional state

[School Health Vol.7, 55-61, 2011]

1. Introduction

For ethnic groups whose staple food is rice, as is the case with Japanese people, there has been a long history of beriberi, a thiamin deficiency disease (Barbara et al, 2006).

In recent years, the interest towards avitaminosis has been very low, due to the current belief that the nation's nutritional status has improved and that vitamin deficiency has become a problem of the past. However, in actual fact, it can be said that there have been striking changes in daily life circumstances and habits, also in diet patterns and diet imbalances e.g. satiation etc. There has also been a prevalence of using processed and pre-cooked food and dietary supplements etc. and these are known to

cause nutritional imbalances. As a result, so called unidentified clinical syndromes such as fatigue, feeling of general malaise, a decrease in immunity etc. have increased and it has been reported that there is latent avitaminosis (Takeda et al, 2004).

In the last few years in particular, reports have shown an indication that the lack of thiamin in female university students is influenced by diet orientation, missing meals and eating out etc. (Hiraoka et al., 1998; Ito et al., 2010) and it can be said that avitaminosis is experiencing a revival.

In this study, we paid attention to thiamin deficiency previously a national affliction in Japan and conducted an accurate condition survey of the total thiamin concentration in the blood among female university students as a means of nutritional

assessment. From this, we could acknowledge the accurate conditions of the current latent deficiency conditions and consider the relationship between these deficiency conditions and physical status, food intake conditions, lifestyle habits etc. and we will report this here.

2. Methods

2.1. Participants

In this study, participants were female students from N University School of Nutritional Sciences who were aged between 18-20 years old. The number of participants was 418.

2.2. Investigation period

Collecting blood and questionnaire survey were executed from 2008 to 2010 the investigation periods in July every year.

2.3. Anthropometric measurement

As an investigation, for anthropometric measurement, we measured height, weight, BMI, body fat percentage, bone density, and blood pressure. For height, weight, body fat percentage, we used Tanita Corporation's TBF-210 and for bone density we used Aloka Corporation's ultrasonic bone evaluator ALOKA AOS-100, and we estimated each using an ultrasonic wave method.

2.4. Blood examination

For blood examination, the following were tested; total thiamin concentration in the blood, WBC, RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC, PLT, TG, T-CHO, HDL-CHO, LDL-CHO, TP, Alb, BUN, UA, CRE, SI, AST, ALT, LDH, ALP, AMY Glc, HbA1c, and γ GTP.

In order to carry out the test for thiamin concentration, we outsourced to this to BML. INC (Tokyo). The postcolumn fluorometric detection HPLC (high-performance liquid chromatography) method by Kimura et al was used (Kimura et al., 1981; Yasuda et al., 1992; Ishiwata et al., 2011).

2.5. Nutritional intake investigation and questionnaire

For the nutritional intake investigation, we used survey forms which the respondents completed themselves. We carried out this investigation using the Food Frequency Questionnaire: FFQ by food intake frequency analysis system Ver.1.21-System Supply Corporation Ltd.

For the questionnaire survey concerning diet and thiamin, we conducted this by using interview sheets, which were completed by the respondents.

2.6. Statistics

We used the statistical analyzing software SPSS ver16.0J for Windows for statistical analysis. In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey. We also carried out χ^2 test as a calibration to show the difference of ratio and we assigned $p < 0.05$ as the significant difference.

2.7. Accordance

All of participants agreed to take part in our research. We explained the research content in written form and received certificates of informed consent. This investigation had the approval of the Nagoya University of Arts and Sciences Ethics committee and this investigation was in accordance with the Declaration of Helsinki.

3. Results

3.1. The distribution of total thiamin concentration in the blood

The range of female university students' total thiamin concentration in the blood was from a minimum deviation of 11.4ng/ml to a maximum deviation of 77.4ng/ml and the average \pm standard deviation was 40.3 \pm 9.5ng/ml.

Figure 1 shows the frequency distribution for all participants' thiamin concentration and we found that the distribution was almost normal.

Within this range there were 5 participants whose thiamin concentration was lower than 20ng/ml and for 20-30ng/ml there were 53 participants and the remaining 360 participants had levels of over 30ng/ml.

3.2. Laboratory test values

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group (n=285), and those lower than 30.7ng/ml as the low value group (n=63). Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group (n=70) and we considered the relationship between thiamin concentration with anthropometric measurement values and blood examination values. The results are shown in **Table 1** and **Table 2**.

As shown in **Table 1**, for anthropometric measurement values and thiamin concentration there was no significant difference across the 3 groups. However, as shown in **Table 2** in the blood examination values, the values of the blood cell system (WBC, RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC etc.) were significantly high as thiamin concentration increased in value.

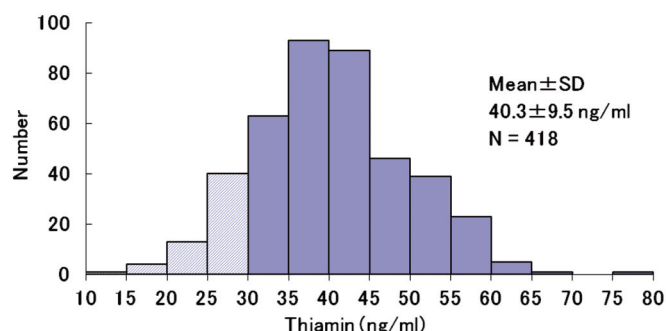


Figure 1 Distribution of whole blood thiamin concentrations of female students 10-15, the range of the graph in a thiamin value means $10 < \text{value} \leq 15$

3.3. Food intake conditions

In the same way we divided the thiamin concentration data into 3 groups, which were the low, middle and high value groups and the relations to the quantity of intake for each food group and the quantity of nutritional intake are shown in **Table 3** and **Table 4**.

Results showed there was no significant difference relating to thiamin concentration between the quantity of intake for each food group and the quantity of nutritional intake among the 3 groups.

3.4. Life style habits

For the thiamin concentration for the low value group, middle value group and high value group with the exception of the middle group, the participant percentage of the questionnaire survey relating to diet and thiamin is shown in **Table 5** for two groups (low and high group).

Results showed that for the high value group for thiamin concentration, there was a significantly high percentage of people with the habit of consuming nutritional supplement drinks and in the low value group the percentage of people who lived on their own was significantly high.

4. Discussion

Currently, a number of inspection institutes have agreed that the standard value for the lowest limit of total thiamin concentration in the blood is 20 ng/ml; it is rare therefore in clinical settings to diagnose thiamin deficiency. In this investigation, as shown in **Figure 1**, results showed that the number of people

Table 1 Physical and Physiological value of participants according to thiamin levels

	Mean \pm SD				Significant probability
	Low value (n=63)	Middle value (n=285)	High value (n=70)	Total (n=418)	
Height (cm)	157.5 \pm 5.1	158.6 \pm 5.2	158.8 \pm 5.7	158.5 \pm 5.3	ns
Weight (kg)	50.0 \pm 8.9	50.4 \pm 6.8	50.7 \pm 6.6	50.4 \pm 7.1	ns
BMI (kg/m ²)	20.1 \pm 3.1	20.0 \pm 2.3	20.1 \pm 2.3	20.1 \pm 2.5	ns
%Fat (%)	24.3 \pm 5.4	24.7 \pm 9.2	24.4 \pm 4.4	24.6 \pm 8.1	ns
BMD (YAM%)	95.4 \pm 11.3	97.2 \pm 10.4	95.8 \pm 9.9	96.7 \pm 10.5	ns
SBP (mmHg)	106 \pm 13	106 \pm 11	107 \pm 10	106 \pm 11	ns
DBP (mmHg)	65 \pm 8	66 \pm 8	66 \pm 8	66 \pm 8	ns

BMI: body mass index, %Fat: percentage body fat, BMD: bone mineral density, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 2 Mean and standard deviation of hematological parameters according to thiamin levels

	Mean±SD			Total (n=418)	Significant probability
	Low value (a) (n=63)	Middle value (b) (n=285)	High value (c) (n=70)		
WBC (/mm ³)	5762 ± 1458	6106 ± 1329	6950 ± 1583	6196 ± 1437	* * * a-c b-c
RBC (10 ⁴ /mm ³)	452 ± 34	451 ± 30	462 ± 26	453 ± 30	* b-c
Hb (g/dl)	12.7 ± 1.4	13.3 ± 1.0	13.9 ± 0.9	13.3 ± 1.1	* * a-b * * * a-c b-c
Hct (%)	39.4 ± 3.2	40.4 ± 2.7	41.8 ± 2.4	40.5 ± 2.8	* * a-b * * * a-c b-c
MCV (fl)	87.5 ± 7.7	89.7 ± 4.7	90.5 ± 3.3	89.5 ± 5.2	* * a-b a-c
MCH (pg)	28.3 ± 3.4	29.5 ± 1.9	30.1 ± 1.3	29.4 ± 2.2	* * * a-b a-c
MCHC (%)	32.3 ± 1.6	32.8 ± 0.8	33.2 ± 0.9	32.8 ± 1.0	* * * a-b a-c * b-c
PLT (10 ⁴ /mm ³)	23.5 ± 6.3	24.0 ± 5.0	23.3 ± 4.6	23.8 ± 5.2	ns
TG (mg/dl)	69.1 ± 31.2	68.8 ± 31.9	68.5 ± 40.5	68.8 ± 33.3	ns
T-CHO (mg/dl)	182.3 ± 36.3	175.0 ± 29.4	173.8 ± 29.6	175.9 ± 30.6	ns
HDL-CHO (mg/dl)	66.8 ± 11.1	64.8 ± 11.7	65.7 ± 12.1	65.3 ± 11.7	ns
LDL-CHO (mg/dl)	102.4 ± 35.8	97.7 ± 24.4	94.5 ± 23.0	97.9 ± 26.3	ns
TP (g/dl)	7.5 ± 0.3	7.5 ± 0.3	7.5 ± 0.4	7.5 ± 0.3	ns
Alb (g/dl)	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.2	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.2	ns
BUN (mg/dl)	12.6 ± 3.2	12.1 ± 2.8	12.4 ± 2.5	12.2 ± 2.8	ns
UA (mg/dl)	4.4 ± 0.8	4.3 ± 0.8	4.4 ± 0.6	4.3 ± 0.8	ns
CRE (mg/dl)	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	ns
SI (μg/dl)	93.4 ± 46.5	90.0 ± 39.4	105.8 ± 45.1	93.2 ± 41.8	* b-c
AST (IU/L)	17.7 ± 4.7	17.0 ± 3.5	17.3 ± 3.1	17.1 ± 3.7	ns
ALT (IU/L)	13.4 ± 10.4	12.0 ± 5.3	12.8 ± 4.5	12.3 ± 6.3	ns
LDH (IU/L)	170.1 ± 25.4	173.4 ± 23.2	175.4 ± 27.0	173.2 ± 24.2	ns
ALP (IU/L)	198.0 ± 44.5	195.7 ± 50.3	193.3 ± 40.7	195.7 ± 47.9	ns
AMY (IU/L)	83.4 ± 24.5	79.4 ± 23.1	81.8 ± 24.3	80.4 ± 23.5	ns
Glc (mg/dl)	84.6 ± 5.5	86.3 ± 6.7	84.5 ± 9.1	85.8 ± 9.1	ns
HbA1c (%)	5.0 ± 0.3	5.0 ± 0.3	4.9 ± 0.3	5.0 ± 0.3	* * a-c b-c
γGTP (IU/L)	15.8 ± 4.8	15.6 ± 4.1	16.0 ± 4.0	15.7 ± 4.2	ns

WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, T-CHO: total cholesterol, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, TP: total protein, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, UA: uric acid, CRE: creatine, SI: serum iron, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, LDH: lactate dehydrogenase, ALP: alkaline phosphatase, AMY: amylase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γGTP: γ-glutamyl transpeptidase

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 3 Mean and standard deviation of food intake according to thiamin levels

	Mean±SD			Total (n=418)	Significant probability
	Low value (a) (n=63)	Middle value (b) (n=285)	High value (c) (n=70)		
Cereal (g)	553.6 ± 126.7	551.3 ± 150.7	541.7 ± 130.7	550.0 ± 143.8	ns
Sugar products (g)	3.7 ± 2.2	4.0 ± 3.0	3.3 ± 2.6	3.9 ± 2.8	ns
Beans (g)	41.6 ± 41.8	30.6 ± 39.4	29.3 ± 21.7	32.1 ± 37.5	ns
Green/Yellow vegetables (g)	63.8 ± 53.3	70.3 ± 82.6	67.8 ± 55.5	68.9 ± 74.7	ns
Other vegetables (g)	94.5 ± 73.2	69.9 ± 39.1	70.1 ± 34.2	73.7 ± 45.9	* * * a-b * * a-c
Fruits (g)	72.9 ± 114.0	75.0 ± 78.5	82.1 ± 71.2	75.9 ± 83.6	ns
Seafood (g)	34.2 ± 30.6	29.1 ± 19.7	31.2 ± 17.9	30.3 ± 21.5	ns
Meat (g)	51.0 ± 27.0	48.7 ± 25.7	46.2 ± 23.0	48.6 ± 25.5	ns
Egg products (g)	42.3 ± 28.2	40.9 ± 30.5	40.2 ± 34.8	41.0 ± 30.9	ns
Dairy products (g)	95.9 ± 83.5	146.1 ± 268.1	130.4 ± 175.2	135.9 ± 235.2	ns
Fat (g)	17.0 ± 8.1	16.7 ± 8.2	17.6 ± 9.0	16.9 ± 8.3	ns
Confectionary (g)	146.6 ± 135.6	119.4 ± 165.9	119.0 ± 109.0	123.5 ± 153.3	ns
Alcohol (g)	6.7 ± 34.3	3.0 ± 8.1	2.4 ± 9.0	3.4 ± 15.3	ns

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8-49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

** p<0.01 *** p<0.001

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

Table 4 Mean and standard deviation of nutritional intake according to thiamin levels

	Mean ± SD				Significant probability
	Low value (n=63)	Middle value (n=285)	High value (n=70)	Total (n=418)	
Energy (kcal)	1672 ± 447	1644 ± 477	1641 ± 441	1647 ± 466	ns
Protein (g)	57.2 ± 20.3	54.5 ± 19.2	54.1 ± 17.9	54.9 ± 19.1	ns
Fat (g)	48.3 ± 17.7	48.0 ± 19.6	48.0 ± 20.1	48.0 ± 19.4	ns
Saturated fatty acid (g)	13.75 ± 5.40	14.27 ± 7.68	14.19 ± 7.38	14.18 ± 7.31	ns
Monounsaturated fatty acid (g)	16.50 ± 6.30	16.35 ± 6.58	16.44 ± 6.82	16.39 ± 6.56	ns
Polyunsaturated fatty acid (g)	10.58 ± 3.85	9.92 ± 3.84	9.97 ± 3.80	10.03 ± 3.83	ns
Cholesterol (mg)	304 ± 153	295 ± 156	295 ± 175	296 ± 158	ns
Carbohydrate (g)	243.1 ± 57.9	240.3 ± 63.7	240.4 ± 55.0	240.7 ± 61.4	ns
Dietary fibers (g)	9.6 ± 4.5	8.5 ± 3.3	8.6 ± 3.1	8.7 ± 3.5	ns
Vitamin A (μg)	381 ± 193	389 ± 200	387 ± 176	388 ± 194	ns
Retinol (μg)	202 ± 98	220 ± 143	206 ± 117	215 ± 133	ns
Carotene(μg)	2107 ± 1562	1980 ± 1305	2137 ± 1205	2026 ± 1329	ns
Vitamin D (μg)	5 ± 5	5 ± 3	5 ± 3	5 ± 4	ns
Vitamin E (mg)	5.7 ± 2.4	5.5 ± 2.3	5.6 ± 2.3	5.5 ± 2.3	ns
Vitamin B ₁ (mg)	0.60 ± 0.26	0.58 ± 0.25	0.58 ± 0.22	0.58 ± 0.25	ns
Vitamin B ₂ (mg)	0.85 ± 0.39	0.85 ± 0.50	0.85 ± 0.46	0.85 ± 0.48	ns
Vitamin C (mg)	60 ± 50	55 ± 33	58 ± 30	56 ± 35	ns
Sodium chloride equivalent (g)	6.5 ± 2.7	6.1 ± 2.4	6.0 ± 2.4	6.1 ± 2.4	ns
Potassium (mg)	1728 ± 844	1641 ± 727	1647 ± 674	1655 ± 736	ns
Calcium (mg)	398 ± 203	414 ± 324	413 ± 265	411 ± 298	ns
Magnesium (mg)	190 ± 80	176 ± 64	176 ± 62	178 ± 67	ns
Iron (mg)	6.3 ± 2.6	5.8 ± 2.1	5.8 ± 2.2	5.9 ± 2.2	ns
Zinc (mg)	7.3 ± 2.3	7.0 ± 2.3	6.9 ± 2.0	7.0 ± 2.3	ns

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups- 30.8–49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

ns : not significant

In order to examine the difference in average value we utilized a multiple comparison which we conducted with Tukey.

whose level for thiamin concentration was lower than 20ng/ml (generally diagnosed as a deficiency disease) was 5 (approximately 1.2 % of the total). However, conversely, various literature has reported that there are people who show symptoms of deficiency disease despite their total thiamin concentration being within the standard value. It can be said therefore that due to this, there are some who feel that for those people with a thiamin concentration of 20-30ng/ml have a latent avitaminosis (Tietz, 1995; Takeda et al., 2002, 2004). As a reference, in this investigation, the number of those people whose thiamin concentration was within such a range was 53, which is as much as approximately 13% of the total. From this, it is still difficult to deny the danger of latent thiamin deficiency among female university students.

On the basis of this result, we compared anthropometric measurement values, blood examination values, the quantity of intake for each food group and the quantity of nutritional intake etc. for each thiamin concentration level. In **Table 2** for the blood examination for the blood cell system values (WBC, RBC, Hb etc.) the high value group showed significantly high figures which corresponded to a relatively high value for thiamin concentration.

Generally internal thiamin in the human body exists in the blood cell system in the shape of thiamin diphosphate (TDP) which is mainly in an active form

and especially the thiamin concentration in red blood cells reflect internal reserve amount (Ihara, 2007). Therefore it can be suggested that within the blood examination values, blood cells showed a high value which in turn corresponded to thiamin concentration.

For other items, which were the anthropometric measurement values, the quantity of intake for each food group and the quantity of nutritional intake etc., there was no significant difference relating to thiamin concentration which we considered in particular, however, we need to consider this hereafter

On the other hand, as shown in **Table 5** for the low value group for thiamin concentration, the percentage of people living on their own was significantly high.

In a previous study, female students were the participants and there were two groups those who were living on their own and those living with their families and their nutritional intake was compared. The report stated that for most items people who lived on their own had a significantly low value for most items (Yasutomo et al., 2009). In this study, we could not see any major difference in the quantity of nutritional intake. However, it could be suggested that there is the possibility that the female students' living circumstances influence thiamin concentration in the blood. Therefore we considered that it is important to review the eating habits for students living on their own and to maintain correct health management.

Table 5 Percentage of participants according to low and high thiamin values

	Low value (n=63)	Number (%) High value (n=70)	Total (n=133)	Significant probability
Custom of eating particular food				
Unpolished rice ¹⁾	3 (4.8)	5 (7.2)	8 (6.1)	ns
Instant noodle ⁴⁾	21 (33.3)	26 (37.7)	47 (35.6)	ns
Other instant food ⁴⁾ ※	31 (57.4)	27 (64.3)	58 (60.4)	ns
Baked bread items/sweet bun ²⁾ ※	18 (33.3)	12 (28.6)	30 (31.2)	ns
Confectionary ²⁾ ※	29 (53.7)	27 (64.3)	56 (58.3)	ns
Soft drink ³⁾ ※	28 (51.9)	24 (57.1)	52 (54.2)	ns
Fruit/vegetable juice ³⁾ ※	24 (44.4)	24 (57.1)	48 (50.0)	ns
Milk/dairy produce ²⁾ ※	27 (50.0)	22 (52.4)	49 (51.0)	ns
Alcohol ⁴⁾	16 (30.2)	6 (14.6)	22 (23.4)	ns
Regular exercise ⁵⁾	20 (37.0)	14 (33.3)	34 (35.4)	ns
Live alone	20 (32.8)	11 (15.7)	31 (23.7)	*
Often eat out ³⁾ ※	13 (24.1)	9 (21.4)	22 (22.9)	ns
Often bring shop prepared food home ³⁾ ※	25 (46.3)	22 (52.4)	47 (49.0)	ns
Diet orientation ※	41 (75.9)	29 (69.0)	70 (72.9)	ns
Eat with attention to combination of food	10 (16.1)	5 (7.1)	15 (11.4)	ns
Conscious acknowledgement of number of food items ※	28 (51.9)	17 (40.5)	45 (46.9)	ns
Snack everyday	19 (30.6)	27 (38.6)	46 (34.8)	ns
Imbalanced diet	14 (22.6)	20 (28.6)	34 (25.8)	ns
Often miss meal	13 (21.0)	12 (17.1)	25 (18.9)	ns
Generally have appetite	39 (62.9)	33 (47.1)	72 (54.5)	ns
Remarkable fluctuation of weight ⁶⁾	21 (34.4)	28 (40.0)	49 (37.4)	ns
Overeating/no appetite due to stress	7 (11.3)	10 (14.3)	17 (12.9)	ns
Fatigue/feeling of general malaise in daily life ※	43 (79.6)	31 (73.8)	74 (77.1)	ns
Swelling and numbness in hands/legs in daily life ※	26 (48.1)	19 (45.2)	45 (46.9)	ns
Often eat food rich in thiamin ²⁾	31 (50.8)	25 (36.8)	56 (43.4)	ns
Consume Nutritional supplement drinks containing thiamin ⁴⁾ ※	6 (11.1)	15 (35.7)	21 (21.9)	**
Consume Supplements containing thiamin	10 (15.9)	15 (21.7)	25 (18.9)	ns

※ Items with partly no response. (Because the questionnaire in year 2008 is different)

Low value (n=54) High value (n=42) Total (n=96)

1) Mostly everyday

2) More than 3 times a week

3) More than once a week

4) More than twice a month

5) More than twice (more than 30 minutes) a week

6) Within the last year more than ± 3 kg

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the data into 3 groups—30.8–49.8 ng/ml, which is from the average value ± 1 standard deviation as a middle value group, and those lower than 30.7ng/ml as the low value group. Another group which was more than 49.9 ng/ml and known as the high value group.

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

ns : not significant

We carried out an χ^2 test as a calibration to show the difference of ratio.

Avitaminosis used to be called a national disease, there was a report which said thiamin deficiency diseases frequently occurred throughout Japan around 1973 (Arima et al., 1976; Kimura et al., 1978). There were many young people aged 15-20 years old among the patients of that time and it was said that the prevalence of instant food and drinking a lot of soft drinks containing a lot of glucides etc. was the cause. However, in this investigation there was no significant difference in the relation between the intake of instant food and soft drinks with thiamin concentration in the blood. We can consider the following causes for this- recently the number of products with additional vitamins like instant noodles etc. for the purpose of nutritional reinforcement, and also soft drinks using artificial sweetener instead of sugar as well as those vitamin enriched soft drinks have become popularized. Dibenzoyl Thiamin (DBT),

a lipophilic derivative of thiamin, has been approved as a food additive in Japan. The use of DBT in a variety of processed food has increased recently due to the current consumer trend for "Vitamin-Rich" food products (Ioroi, 2005; Yoshida et al., 2008).

The design of this investigation is a cross-investigation. Therefore, there is a limit in the consideration of the causal relation. From now on, it is necessary to know the relationship between various factors and the thiamin nutritional state.

The participants of this investigation are female university students. However, the risk of the thiamin lack may exist in the male university students and high school students (Takeda et al., 2004; Nozue et al., 2010). Therefore, it is necessary for them to execute a similar investigation. Moreover, exercise influences thiamin (Sauberlich et al., 1970; Yamada et al., 1986; Higuchi et al., 1997) and a recent report

concerning elderly people's deficiency diseases (Itokawa et al., 1993; Finch et al., 1998; Bates et al., 1999; Kuriyama et al., 2006) etc. are notable issues.

We hope that the consideration of female university students' nutritional conditions of thiamin in this investigation will be future basic data for various related studies.

References

- Arima, H., Kuriyama, M., Kanehisa, S., et al. (1976). Reactivation of beriberi. *Japan Medical Journal*, 2736: 23-28. (in Japanese).
- Barbara, A.B., Robert, M.R. (2006). Present knowledge in nutrition ninth edition (pp.245-252). International Life Sciences Institute.
- Bates, C.J., Prentice, A., Cole, T.J., et al. (1999). Micronutrients highlights and research challenges from the 1994-5 national diet and nutrition survey of people aged 65 years and over. *Br J Nutr*, 82: 7-15.
- Finch, S., Doyle, W., Lowe, C., et al. (1998). National diet and nutrition survey -people aged 65 years and over. vol.1- report of the diet and nutrition survey. London Her Majesty's Stationery Office.
- Higuchi, M., Tabata, I., Yoshitsuru, J., et al. (1997). The effect of vitamin B1 supply from a meal on swimmer's vitamin B1 nutrient state in blood. *Japan Sports Association*, 9: 5-8. (in Japanese).
- Hiraoka, M., Yasuda, K. (1998). Study on nutritional status of thiamin and riboflavin in female students -blood thiamin and riboflavin levels in female-. *The Vitamin Society of Japan*, 72: 679-684. (in Japanese with English abstract).
- Ihara, H. (2007). Base of vitamin B1. *Modern Physician*, 27: 1191-1193. (in Japanese).
- Irooi, R. (2005). On the quantity of L-ascorbic acid content in soft drinks by high performance liquid chromatography. *Tokyo Healthcare University*, 1: 29-32. (in Japanese with English abstract).
- Ishiwata, Y., Oka, H. (2011). Current situations and issues of vitamin B₁ measurement. *The Vitamin Society of Japan*, 85: 338-345. (in Japanese with English abstract).
- Ito, Y., Yamanaka, K., Susaki, H., et al. (2010). A study of the distribution range of total thiamine concentration in the blood of university students. *Annual Report of Institute of Health and Nutrition Nagoya University of Arts and Sciences*, 4: 11-18.
- Itokawa, Y., Kimura, M., Nishino, K., et al. (1993). Thiamin and riboflavin status in elderly -effect of shingle administration of a multivitamin preparation-. *The Vitamin Society of Japan*, 67: 675-679. (in Japanese with English abstract).
- Kimura, M., Soen, S., Saga, T., et al. (1978). Thiamine contents in food taken by students. *The Vitamin Society of Japan*, 52: 25-19. (in Japanese with English abstract).
- Kimura, M., Fujita, T., Itokawa, Y. (1981). High sensitive method for the determination of thiamine in blood by high performance liquid chromatography. *The Vitamin Society of Japan*, 55: 185-189. (in Japanese with English abstract).
- Kuriyama, M., Nakagawa, H. (2006). Thiamine deficiency in the aged. *The Vitamin Society of Japan*, 80: 1-5. (in Japanese with English abstract).
- Nozue, M., Jun, K., Ishihara, Y., et al. (2010). Differences in food consumption and distribution of meal between the days with or without school lunches among 5th grade elementary school students. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 68: 298-308. (in Japanese with English abstract).
- Sauberlich, H.E., Herman, Y.F., Stevens, C.O. (1970). Thiamin requirement of the adult human. *Am J Clin Nutr Metabol*, 23: 671-672.
- Takeda, A., Suyama, T., Suzuki, C., et al. (2002). Vitamin B1 nutritional status assessed by blood vitamin B1 value of middle aged Japanese men and women. *The Vitamin Society of Japan*, 76: 349-353. (in Japanese with English abstract).
- Takeda, A., Sakano, M., Mizoguchi, Y., et al. (2004). Vitamin B1 nutritional status assessed by blood vitamin B1 values of middle-aged Japanese men and women. *Trace Nutrients Research*, 23: 124-127. (in Japanese with English abstract).
- Tietz, N.W. (1995). *Thiamine -clinical to laboratory tests- 3rd.ed* (pp. 582-585). WB Saunders Company.
- Yamada, T., Takahashi, T., Muramatsu, S. (1986). Acute effect of exercise on thiamine, riboflavin, ascorbic acid metabolism. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 35: 364. (in Japanese with English abstract).
- Yasuda, K., Ishiwata, Y. (1992). Clinical laboratory on vitamin A measurement of B-vitamins I. *Journal of Medical Technology*, 36: 240-243. (in Japanese with English abstract).
- Yasutomo, H., Kondo, S., Tsukada, M., et al. (2009). Assessment of anthropometric measure, blood chemistry data, and nutritional intake of students in school of nutritional sciences (2nd report). *Annual Report of Institute of Health and Nutrition Nagoya University of Arts and Sciences*, 3: 39-50. (in Japanese with English abstract).
- Yoshida, M., Hishiyama, T., Igarashi, T. (2008). A novel method for determining total vitamin B₁ in processed food enriched with dibenzoyl thiamine. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 55: 421-427. (in Japanese with English abstract).



Name:

Yuuki Ito

Affiliation:

Doctoral Program in Graduate School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences

Address:

57 Takenoyama Iwasaki-cho, Nisshin-city, Aichi 470-0196 Japan

Brief Biographical History:

2008-2010 Master's Program in Graduate School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences
2010- Doctoral Program in Graduate School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences

Main Works:

- Ito, Y., Yamanaka, K., Susaki, H., et al. (2010). A study of the distribution range of total thiamine concentration in the blood of university students. *Annual Report of Institute of Health and Nutrition Nagoya University of Arts and Sciences*, 4: 11-18.

Membership in Learned Societies:

- Japanese Association of School Health
- The Vitamin Society of Japan
- The Japanese Society of Nutrition and Dietetics

Note

A Cross-Investigation between Thiamin Deficiency and the Physical Condition of Elderly People Who Require Nursing Care

Yuuki ITO, Katsumi YAMANAKA, Hisashi SUSAKI and Akihiro IGATA

School of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences, 57 Takenoyama, Iwasaki, Nisshin, Aichi 470-0196, Japan

(Received September 26, 2011)

Summary In recent years the occurrence of thiamin deficiency diseases has increased particularly among elderly people and there has been some speculation about whether or not any particular factors exist. In this study, we focused on elderly people requiring constant care in nursing homes and we conducted an accurate condition survey of total thiamin concentration in whole blood as a means of nutritional assessment. The total number of participants was 14 males and 60 females who were residing in a nursing home; they were aged between 65 and 105 y old. All of the subjects agreed to take part in our research. We conducted the following tests: anthropometric measurements, blood examination including total thiamin levels, and also physical functions such as in the level of nursing care required and tests of other physical conditions. The average \pm standard deviation of thiamin concentration was 22.4 ± 8.9 ng/mL and the number of people with a deficient condition (less than 20 ng/mL) was 42, which was 56.8% of the total. From these results, the existence of thiamin deficiency is validated in more than half of the elderly people who require nursing care. On the other hand, the method of meal intake for all participants who have a thiamin deficiency was oral intake and for those who were non-deficient in thiamin, the percentage of tube feeding or nutritional supplementation intravenously was 37.5%, which was a significantly high value.

Key Words require nursing care, thiamin (vitamin B₁), blood examination, physical condition, method of meal intake

In Japan, the rapidly ageing population is increasing at a furious pace with no parallel in the rest of the world. These modern times with fewer children and an ageing society have brought serious social problems as well the necessity to treat illnesses and the increasing burdens for those supporting these people. The lifestyles for elderly people are extremely diverse: there are healthy individuals, but there are many who are ill.

In recent years the occurrence of thiamin deficiency diseases has increased particularly among elderly people and there have been some studies of whether or not any particular factors exist (1–8). In conventional studies, reports show that among elderly people with thiamin deficiency diseases, there are many who have a mal-absorption of thiamin which is caused by overconsumption of alcohol or anamnesis such as diabetes, gastric resection, etc. It has also been reported that one other cause could be the influence of medications for those people who consume various medicinal drugs (9–14). There are also problems with the lack of nutritional intake like vitamins for elderly people; it has been said that the intake conditions especially for bedridden elderly people or those with dementia are not consistent (15–18). However, the literature relating to these accurate conditions is extremely limited, especially for defi-

ciency conditions in elderly people who require nursing care, a critical problem we should currently tackle.

In this study, we focused on elderly people staying in a nursing home who need constant nursing care, i.e., where it is difficult to be nursed at home. We conducted an accurate condition survey of total thiamin concentration in whole blood as a means of nutritional assessment and to research the accurate conditions of deficiency and its factors, we considered the relationship with other research items, such as physical function and body condition, which we will report in this paper.

Materials and Methods

Participants. The study took place in July, 2010, and the participants were males and females from nursing home N for elderly people in Nagoya City in Aichi Prefecture. They were aged 65–105 y old (average \pm standard deviation of 87.6 ± 7.5 y old). The number of participants was 74 (14 males and 60 females) all of whom agreed to take part in our research. To describe the disabled elderly people's level of independence in their daily lives, participants were assigned to a level of nursing care required from 1 to 5 (hereafter known as care degree). Another category was the level of bedridden from J1 to C2 (hereafter known as bed-ridden degree), and another category was their level of dementia from Independent to IV (hereafter known as dementia

degree).

Investigation content. For anthropometric data, we measured height, weight, and BMI.

For the blood examination, we collected blood from the median cubital vein in the morning from fasting subjects. The following were tested: total thiamin concentration in whole blood (hereafter known as thiamin concentration), WBC, RBC, Hgb, Hct, MCV, MCH, MCHC, PLT, TG, HDL-CHO, LDL-CHO, Alb, BUN, CRE, AST, ALT, Glc, HbA1c, γ GTP, Na, K, and Cl. In order to carry out the test for thiamin concentration, we outsourced to this to Falco Biosystems, Inc. The postcolumn fluorometric detection HPLC (high-performance liquid chromatography) method by Kimura et al. was used (the standard value was 20–50 ng/mL) (19, 20). The thiamin intake was estimated from the menu which the participants consumed every day, and calculation used the software Excel Eiyokun ver. 5.0 according to the Standard Tables of Food Composition in Japan, 5 revised and enlarged edition 2005 (21).

For other investigations concerning physical condition, we show the interview sheets which we made; the information we received for these was based on the nursing home resident records.

Statistics. We used the statistical analyzing software SPSS ver. 16.0J for Windows for the statistical analysis. In order to examine the difference in average value, we utilized the non-parametric method Mann-Whitney *U* test and we carried out an χ^2 test to calculate the difference in ratio. We also used Pearson's coefficient of correlation for the relation between factors; we assigned $p < 0.05$ as the level of significant difference.

Accordance. This study had the approval of the Nagoya University of Arts and Science Ethics Committee, which meets the standard of the Helsinki Agreement. We explained the research content in written form and received certificates of signed consent from the individual or a member of their family.

Results

The distribution of total thiamin concentration in whole blood

The range of participants' thiamin concentration was from a minimum deviation of 10 ng/mL to a maximum deviation of 53 ng/mL and the average \pm standard deviation was 22.4 ± 8.9 ng/mL. Figure 1 shows the frequency distribution for all participants' thiamin concentration and we found that it had bell-shaped frequency showing 20 ng/mL at the peak and a long base for the high values.

Within this range, there were 42 participants whose thiamin concentration was lower than 20 ng/mL (56.8% of the total), for 21–30 ng/mL there were 19 participants (25.7% of the total), the remaining 13 participants had levels of over 30 ng/mL.

Laboratory test values

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the subjects into 2 groups, those lower than 20 ng/mL as a deficiency group ($n=42$) and those higher than 21 ng/mL

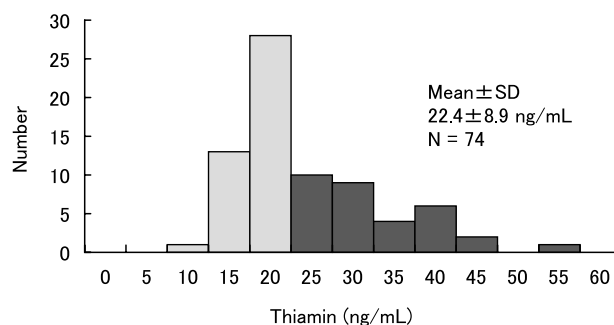


Fig. 1. The distribution of total thiamin concentration in whole blood for elderly people requiring nursing care.

as a non-deficiency group ($n=32$). We considered the relationship between thiamin concentration, anthropometric measurement values and blood examination values. The results are shown in Table 1.

For anthropometric measurement values like height, weight and BMI and thiamin concentration, there was no significant difference between the two groups. However, in the blood examination, factors such as WBC, RBC, Hgb, Hct, TG, and BUN showed a significantly low value in the thiamin deficiency group. On the other hand, the values of HDL-CHO and CRE showed significantly high values in the thiamin deficiency group.

Physical function and physical condition

In the same way, Tables 2 and 3 show the relationship between the participants' physical function and physical condition in the two groups, namely the thiamin deficiency group and non-deficiency group.

For the results, we found significant differences depending on care degree for the physical function in Table 2, so we conducted a residual analysis. The percentage of the thiamin deficiency group was high for level 3 of care degree and low for level 5. We also conducted a residual analysis as there were significant differences for bed-ridden degree. The percentage of those in the thiamin deficiency group was high for level B1 and B2 of bed-ridden degree and low for C1 and C2.

Conversely, regarding the physical condition, Table 3 shows the method of meal intake for all participants in the thiamin deficiency group was oral intake and for the non-deficiency group the percentage for tube feeding and intravenous supplemental nutrition was significantly high. In addition, for the people who were able to walk unaided, the thiamin deficiency group showed significantly high values.

Discussion

Currently, the most crucial task is to preserve elderly people's health in our ever evident ageing society in Japan. However, within this lies a tendency to miss trace nutritional elements such as vitamins.

In this study, where the participants were elderly people who require nursing care, we found 42 participants whose thiamin concentration was lower than 20 ng/mL, which is generally diagnosed as a deficiency disease (1, 22). The results showed more than half the partici-

Table 1. A comparison of laboratory test values between the thiamin deficiency group and non-deficiency group.

	Deficiency group (n=42)	Non-deficiency group (n=32)	Significant probability
	Mean ±SD		
Age	87.7±8.0	87.4±7.0	0.566
Height (cm)	144.6±9.7	145.8±11.9	0.541
Weight (kg)	43.6±7.7	40.4±9.6	0.108
BMI (kg/m ²)	20.9±3.4	19.1±4.3	0.093
Thiamin (ng/mL)	16.4±2.6	30.2±8.0	0.000***
WBC (/mm ³)	4,632±1,153	6,469±2,723	0.000***
RBC (10 ⁴ /mm ³)	367±49	396±53	0.021*
Hgb (g/dL)	11.1±1.3	12.3±1.4	0.002**
Hct (%)	34.7±4.3	38.1±4.7	0.003**
MCV (fL)	94.7±5.6	96.3±5.0	0.252
MCH (pg)	30.5±2.0	31.1±2.1	0.213
MCHC (%)	32.2±1.0	32.3±1.2	0.586
PLT (10 ⁴ /mm ³)	21.5±6.0	20.7±7.7	0.239
TG (mg/dL)	91.1±30.1	133.8±65.7	0.001**
HDL-CHO (mg/dL)	50.3±12.1	42.9±9.7	0.012*
LDL-CHO (mg/dL)	112.2±32.0	109.4±34.7	0.883
Alb (g/dL)	3.6±0.4	3.4±0.4	0.051
BUN (mg/dL)	15.3±6.3	19.8±9.6	0.017*
CRE (mg/dL)	0.8±0.3	0.6±0.2	0.003**
AST (IU/L)	20.6±9.0	23.5±17.1	0.255
ALT (IU/L)	12.4±11.3	13.6±7.0	0.082
Glc (mg/dL)	109.4±38.4	124.0±55.0	0.209
HbA1c (%)	5.4±0.5	5.4±0.6	0.947
γGTP (IU/L)	19.5±8.0	22.5±16.7	0.861
Na (mEq/L)	138.9±4.7	133.7±25.6	0.840
K (mEq/L)	3.9±0.6	3.9±0.5	0.822
Cl (mEq/L)	101.4±4.8	100.6±5.8	0.674

BMI: body mass index, WBC: white blood cell, RBC: red blood cell, Hgb: hemoglobin, Hct: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, PLT: platelet, TG: triglyceride, HDL-CHO: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO: low-density lipoprotein cholesterol, Alb: albumin, BUN: blood urea nitrogen, CRE: creatine, AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanine aminotransferase, Glc: glucose, HbA1c: hemoglobin A1c, γGTP: γ-glutamyl transpeptidase, Na: sodium, K: potassium, Cl: chloride.

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the subjects into 2 groups, those lower than 20 ng/mL as a deficiency group (n=42) and those higher than 21 ng/mL as a non-deficiency group (n=32).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Probability was calculated by the non-parametric method Mann-Whitney *U* test.

pants were in a deficient condition. There are also various studies which have reported that there are people who show symptoms of deficiency diseases, despite their thiamin concentration being within the standard value. Due to this, there are some who feel that people whose thiamin concentration level is between 21 and 30 ng/mL may have a potential for avitaminosis (1, 22, 23). As a reference, in this study the number of those with lower than 30 ng/mL was 61 people which is more than 80% of the total; these were under the condition of deficiency or in danger of potential deficiency. From this it could be suggested that there is a serious thiamin deficiency among the elderly people who require nursing care.

On the basis of this result, we compared anthropometric measurement values and blood examination values in two groups, the thiamin deficiency group (lower than 20 ng/mL) and the non-deficiency group (more

than 20 ng/mL), and in Table 1 for the blood examination for blood cell system values (WBC, RBC, Hgb, Hct, etc.) the thiamin deficiency group showed significantly low values.

Generally internal thiamin in the human body is in the form of thiamin diphosphate (TDP) in the blood cell system. This is mainly an active form and the thiamin concentration in red blood cells especially reflects the internal reserve amount (1, 24). Therefore, it can be suggested that within the blood examination values, blood cells showed a low value, which in turn corresponded to thiamin deficiency. For other items among the anthropometric measurement values and the blood examination values, there was no significant difference relating to thiamin deficiency which we had considered in particular. However, we need to consider this hereafter.

On the other hand, as shown in Table 3 for physical

Table 2. The comparison of physical function between the thiamin deficiency group and non-deficiency group.

		Deficiency group	Non-deficiency group	χ^2	Significant probability
		Number (%)			
Gender	Male	8 (19.0)	6 (18.8)	0.01	1.000
	female	34 (81.0)	26 (81.3)		
Care degree	1	2 (4.8)	0 (0.0)	13.40	0.009**
	2	3 (7.1)	5 (15.6)		
	3*	14 (33.3)	2 (6.3)		
	4	13 (31.0)	8 (25.0)		
	5*	10 (23.8)	17 (53.1)		
Bed-ridden degree	J1 J2	0 (0.0)	1 (3.1)	17.68	0.001**
	A1 A2	14 (33.3)	5 (15.6)		
	B1 B2*	25 (59.5)	11 (34.4)		
	C1 C2*	3 (7.1)	15 (46.9)		
Dementia degree	Independent	1 (2.4)	0 (0.0)	4.46	0.348
	I	1 (2.4)	3 (9.4)		
	IIa IIb	7 (16.7)	4 (12.5)		
	IIIa IIIb	15 (35.7)	7 (21.9)		
	IV	18 (42.9)	18 (56.3)		

Bed-ridden degree

J1 J2: Some disabilities exist, but mostly independent in daily life and able to go out independently.

A1 A2: Life indoors mostly independent, but not able to go out without help.

B1 B2: Life indoors needs some form of nursing help. During the day, mostly stay in bed, but able to sit unaided.

C1 C2: Stay in bed all day and need nursing help for toilet needs, meals and changing clothes.

Dementia degree

I: Some dementia evident, but in daily life mostly independent within family and society.

IIa IIb: Despite evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication, if there is awareness of such they can be independent.

IIIa IIIb: At times evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication and need nursing care.

IV: Frequently evidence of symptoms which hinder daily life activities and communication, need constant nursing care.

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the subjects into 2 groups, those lower than 20 ng/mL as a deficiency group ($n=42$) and those higher than 21 ng/mL as a non-deficiency group ($n=32$).

** $p<0.01$.

Probability was calculated by χ^2 test.

* Items from the result of residual analysis an absolute value higher than 1.96.

condition, the method of meal intake for all participants who are in the thiamin deficiency group was oral intake of food, while the percentage of those tube feeding or receiving nutritional supplementation intravenously showed significantly high values within the non-deficiency group. As a reference, we compared the average values of thiamin concentration depending on the method of meal intake, and this was shown as 19.3 ± 5.3 ng/mL for those eating through the oral intake of food. Conversely the figures were 38.1 ± 6.4 ng/mL for those feeding intravenously, showing a significant difference ($p<0.001$).

In the 1990s, there were various reviews of the method of non-oral nutrition, especially those receiving nutritional supplementation intravenously. These showed that when a high-calorie infusion containing no thiamin was administered, there were successive reports of serious cases of thiamin deficiency diseases, including cases of death. It was therefore advised that thiamin should be administered and included in the high-calorie infusion (25–28). It could therefore be considered that subjects in nursing homes at this time are also administered sufficient thiamin as supplements

and in the high-calorie infusions and as a result people who are fed intravenously avoid a thiamin deficiency (29, 30).

Practically, we investigated the thiamin intake amount of the participants according to the menu for 1 wk around the investigation day.

The results showed that those who had an oral intake had 0.82 ± 0.13 mg (approximately 0.47 mg/1,000 kcal) of thiamin a day and those who received nutritional supplementation intravenously had an intake of 1.15 ± 0.32 mg (approximately 1.41 mg/1,000 kcal). On the other hand, when we compared the intake amount according to the thiamin concentration deficiency group and non-deficiency group, we found the deficiency group consumed 0.82 ± 0.13 mg (approximately 0.47 mg/1,000 kcal) a day and the non-deficiency group consumed 0.95 ± 0.26 mg (approximately 0.70 mg/1,000 kcal). It is therefore necessary to consider the supply of thiamin fairly for those with an oral intake.

However, in this study, we didn't consider the state of eating, i.e. the amount of unconsumed food for those with an oral intake. It is therefore difficult to grasp cor-

Table 3. The comparison of physical condition between the thiamin deficiency group and non-deficiency group.

		Deficiency group Non-deficiency group		χ^2	Significant probability
		Number (%)			
Method of meal intake	Oral intake ¹	42 (100.0)	20 (62.5)	18.80	0.000***
	Tube feeding and/or intravenous nutritional supplementation	0 (0.0)	12 (37.5)		
General appetite	Have	39 (92.9)	28 (87.5)	0.61	0.457
	Do not have	3 (7.1)	4 (12.5)		
Average daily intake amount of water ²	Less than 1,000 mL	12 (28.6)	15 (48.4)	3.01	0.093
	More than 1,000 mL	30 (71.4)	16 (51.6)		
Walk unaided	Possible ³	21 (50.0)	6 (18.8)	7.65	0.007**
	Impossible	21 (50.0)	26 (81.3)		
History of smoking	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
History of drinking alcohol	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
Anamnesis diabetic ⁴	Yes	4 (9.5)	4 (12.5)	0.17	0.720
	No	38 (90.5)	28 (87.5)		
Anamnesis gastrointestinal diseases ^{4,5}	Yes	8 (19.0)	6 (18.8)	0.00	1.000
	No	34 (81.0)	26 (81.3)		
On medication	Less than 5 kinds	18 (42.9)	13 (40.6)	0.04	1.000
	More than 5 kinds	24 (57.1)	19 (59.4)		

¹ Including food finely chopped or blended.

² Excluding intravenous nutritional supplementation.

³ Including light level or mid level help.

⁴ Including current anamnesis.

⁵ Gastritis, stomach ulcer, stomach cancer, etc.

Based on the frequency distribution for all participants' thiamin concentration, we divided the subjects into 2 groups, those lower than 20 ng/mL as a deficiency group ($n=42$) and those higher than 21 ng/mL as a non-deficiency group ($n=32$).

** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

Probability was calculated by χ^2 test.

rectly the actual nutritional intake amount. We also did not consider the difficulty of thiamin assimilation due to anamnesis or current diseases, so in the future we need to investigate the individual accurate state of diet and the influence from the difficulty of thiamin assimilation and accurately consider the causality with the state of nutrition.

In this study in Table 2, for care degree, bed-ridden degree and dementia degree, there was no significant relationship between the level of illness and thiamin deficiency. As for the cause, it could be considered that generally people who require a high level of nursing care would have a higher tendency to be fed intravenously and as a result of that, the level of thiamin concentration shows a high value.

On the other hand, on the basis of this result, we considered physical status comparatively just for those with an oral intake; however, we were not able to see a significant difference. Generally when an energetic metabolism becomes active due to exercise, the necessary amount of thiamin is increased (31). However, research data supporting this argument is extremely rare and in this study the subjects were elderly people who require nursing. We can conclude that their physical activity didn't reach a level that would influence thiamin nutritional status. When the views of thiamin metabolism and its utilization become clear, we can hope for further

insights.

In addition to this there has been the problem of elderly people lacking nutritional intake such as oral vitamin. Conventional studies show that for long-term hospitalized elderly patients, the intake amount of thiamin is extremely low and at the same time, levels of thiamin in the blood are extremely low (15–18, 32, 33). This is due to the fact that the amount of elderly people's food intake is low when they fail to finish hospital meals, and this report states that we need to reconsider the nutritional care for elderly hospitalized patients. Therefore, hereafter we need to make a thorough study of the possibility of thiamin deficiency, taking into consideration the method of meal intake. There are also reports showing that individual elderly people's function levels for chewing and swallowing influence the nutritional intake amount (34–37). As a reference, for this study, we compared thiamin nutritional conditions according to serving forms (general meal, finely chopped meal, and liquidized meal); however, we could not find any significant difference. From now on, we need to consider adding the accurate intake amount according to chewing and swallowing functions and influences on thiamin status. Dental loss is thought to be one of the factors which influence chewing ability. Conventional studies show that dental loss influences total calorie intake and nutritional balance (34–37). Therefore, we

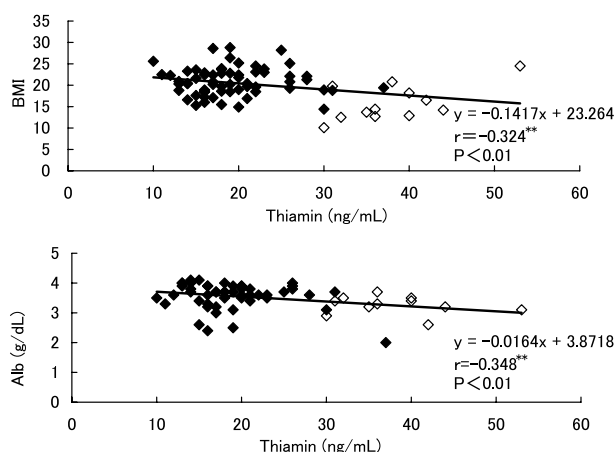


Fig. 2. The correlation between each nutrition state and total thiamin in whole blood. \blacklozenge , Oral intake; \diamond , Tube feeding and/or intravenous nutritional supplementation.

are planning to investigate the thiamin deficiency of the elderly in relation to the number of remaining teeth.

It also has been reported that possible causes among elderly people with thiamin deficiency diseases were health problems like the over consumption of alcohol, or anamnesis such as diabetes or gastric resection, or the administration of multiple medications (9–14). In this study, there weren't any significant differences in these items; however, it is necessary to consider the relationship between anamnesis and thiamin deficiency now and hereafter.

From these results, we have confirmed serious thiamin deficiency for elderly people who require nursing care, so we should attempt early detection. However, such detection is very difficult in current circumstances.

Firstly, many elderly people who need nursing care are bedridden or have serious dementia, so it is difficult for those individuals to complain of neurological symptoms or encephalopathy, which are characteristic symptoms for deficiency diseases.

Secondly, a general barometer for the early detection of elderly people's lack of nutrition is weight loss or BMI and the values of Alb in the blood (38, 39); these values do not necessarily correspond to the nutritional state of thiamin.

In this study, we can show in Fig. 2 that there is a significantly negative interrelation between BMI, the value of Alb in the blood and thiamin concentration. Therefore we should consider that even though BMI and the value of Alb in the blood are normal, thiamin deficiency may still occur.

Hereafter, it is necessary to study various factors in order to achieve early detection of thiamin deficiency for elderly people.

REFERENCES

1) The Vitamin Society of Japan. 2010. Vitamin Synthesis Dictionary, p 152–182. Asakura Shoten, Tokyo (in Japanese).

- 2) Kuriyama M, Nakagawa H. 2006. Thiamine deficiency in the aged. *Vitamins* **80**: 1–5 (in Japanese with English summary).
- 3) Bates CJ, Prentice A, Cole TJ. 1999. Micronutrients highlights and research challenges from the 1994–5 National Diet and Nutrition Survey of people aged 65 years and over. *Br J Nutr* **82**: 7–15.
- 4) Finch S, Doyle W, Lowe C. 1998. National Diet and Nutrition Survey—People Aged 65 Years and Over. Vol. 1—Report of the Diet and Nutrition Survey. Her Majesty's Stationery Office, London.
- 5) Bettendorff L, Mastrogiacono F, Kish SJ, Grisar T. 1996. Thiamine, thiamine phosphates and their metabolizing enzymes in human brain. *J Neurochem* **66**: 250–258.
- 6) Iber FL, Blass JP, Brin M, Leevy CM. 1982. Thiamin in the elderly—relation to alcoholism and to neurological degenerative disease. *Am J Clin Nutr* **50**: 1067–1082.
- 7) Yang FL, Liao PC, Chen YY, Wang JL, Shaw NS. 2005. Prevalence of thiamin and riboflavin deficiency among the elderly in Taiwan. *Asia Pac J Clin Nutr* **14**: 238–243.
- 8) Boiko ER, Potolitsina NN, Nilssen O. 2005. Thiamin and riboflavin status in populations of Arkhangelsk. *Vopr Pitan* **74**: 27–30.
- 9) Hashizume N. 1991. Role of alcohol in recent vitamin deficiencies. *Vitamins* **65**: 617–626 (in Japanese with English summary).
- 10) Tamai H. 1999. Diabetes and vitamin levels. *Nippon Rinsho (Jpn J Clin Med)* **57**: 200–203 (in Japanese with English summary).
- 11) Akira M, Aoshima S. 2008. Assessing the nutritional value of vitamin B₁ in the blood of type 2 diabetes patients. *Toyama College* **43**: 131–136 (in Japanese).
- 12) Suter PM, Vetter W. 2000. Diuretics and vitamin B₁: Are diuretics a risk factor for thiamine malnutrition? *Nutr Rev* **58**: 319–323.
- 13) McCabe-Sellers BJ, Sharkey JR, Browne BA. 2005. Diuretic medication therapy use and low thiamin intake in homebound older adults. *J Nutr Elder* **24**: 57–71.
- 14) Li SE, Jacob J, Feng J, Kulkarni M. 2008. Vitamin deficiencies in acutely intoxicated patients in the ED. *Am J Emerg Med* **26**: 792–795.
- 15) Itokawa Y, Kimura M, Nishino K, Miyata S, Mino M, Tamai H. 1993. Thiamin and riboflavin status in elderly—Effect of single administration of a multivitamin preparation—. *Vitamins* **67**: 675–679 (in Japanese with English summary).
- 16) Tomoe M, Iwakiri N, Sakai R. 2005. Improved nutritional status of the elderly from a nutrient supplement drink. *Eiyogaku Zasshi (Jpn J Nutr Diet)* **63**: 89–95 (in Japanese with English summary).
- 17) Itokawa Y, Kimura M, Sakamoto N. 1995. Thiamin and riboflavin status in long-term hospitalized elderly patients—Effect of long-term daily administration of a multivitamin preparation—. *Vitamins* **69**: 67–74 (in Japanese with English summary).
- 18) Miyake T. 2010. Dietary guidance for the elderly. *Kawasaki Iryofukushi Gakkaishi (Kawasaki Medical Welfare)* **20**: 57–67 (in Japanese).
- 19) Kimura M, Fujita T, Itokawa Y. 1981. High sensitive method for the determination of thiamine in blood by high performance liquid chromatography. *Vitamins* **55**: 185–189 (in Japanese with English summary).
- 20) Ishiwata Y, Oka H. 2011. Current situations and issues of vitamin B₁ measurement. *Vitamins* **85**: 338–345 (in Japanese with English summary).

- 21) The Subdivision on Resources, The Council for Science and Technology, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. 2005. Standard Tables of Food Composition in Japan, 5th revised and enlarged ed. National Printing Bureau, Tokyo (in Japanese).
- 22) Tietz NW. 1995. Thiamine—Clinical Guide to Laboratory Tests—, 3rd ed, p 582–585. WB Saunders Company, Philadelphia, PA.
- 23) Takeda A, Sakano M, Mizoguchi Y. 2004. Vitamin B₁ nutritional status assessed by blood vitamin B₁ values of middle-aged Japanese men and women. *Biryō Eiyōso Kenkyū (Trace Nutrients Research)* **23**: 124–127 (in Japanese with English summary).
- 24) Ihara H. 2007. The foundation of vitamin B₁. *Modern Physician* **27**: 1191–1193 (in Japanese).
- 25) Fujiyama J, Kinomoto K, Yamamura O. 2007. Water-soluble vitamin levels in the fasting patients during peripheral parenteral nutrition without addition of vitamins. *Jyomyaku Keicho Eiyō* **22**: 181–187 (in Japanese).
- 26) Yasuda K, Nomura H, Fujikawa H, Sogo Y, Sakai K. 2006. Perioperative nutritional management with 1 bag of the TPN-H solution per day investigation from the viewpoints of vitamin B₁ dynamics. *Jyomyaku Keicho Eiyō* **21**: 105–114 (in Japanese).
- 27) Ishimura K, Ushiyama T, Suzuki Y. 2008. Effectiveness and safety including the blood vitamin B₁ concentration of a total parenteral nutrition solution containing multiple vitamins at a dose of 1500 mL/day. *Shinyaku to Rinsho (J New Rem Clin)* **57**: 101–107 (in Japanese with English summary).
- 28) Asahara K, Goda Y, Shimomura Y, Fujiwara Y, Segawa K, Sasabe K, Yamamoto E, Tsukaguchi T. 1995. Stability of thiamine in intravenous hyperalimentation containing multivitamin. *Byōin Yakugaku (Jpn J Hosp Pharm)* **21**: 15–21 (in Japanese with English summary).
- 29) Bender DA. 1999. Optimum nutrition: thiamin, biotin and pantothenate. *Proc Nutr Soc* **58**: 427–433.
- 30) Gibson GE, Zhang H. 2002. Interactions of oxidative stress with thiamine homeostasis promote neurodegeneration. *Neurochem Int* **40**: 493–504.
- 31) Manore MM. 2000. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. *Am J Clin Nutr* **72**: 598–606.
- 32) Lee DC, Chu J, Satz W, Silbergleit R. 2000. Low plasma thiamine levels in elder patients admitted through the emergency department. *Acad Emerg Med* **7**: 1156–1159.
- 33) Keith ME, Walsh NA, Darling PB, Hanninen SA, Thirugnanam S, Leong-Poi H, Barr A, Sole MJ. 2009. B-vitamin deficiency in hospitalized patients with heart failure. *J Am Diet Assoc* **109**: 1406–1410.
- 34) Joshipura KJ, Willett WC, Douglass CW. 1996. The impact of edentulousness on food and nutrient intake. *J Am Dent Assoc* **127**: 459–467.
- 35) Krall E, Hayes C, Garcia R. 1998. How dentition status and masticatory function affect nutrient intake. *J Am Dent Assoc* **129**: 1261–1269.
- 36) Papas AS, Palmer CA, Rounds MC. 1998. The effects of denture status on nutrition. *Spec Care Dentist* **18**: 17–25.
- 37) Sheiham A, Steele JG, Marcenes W. 2001. The relationship among dental status, nutrient intake, and nutritional status in older people. *J Dent Res* **80**: 408–413.
- 38) Ooura Y, Yuzawa Y. 2007. The association between serum albumin and condition of the skin in the frail elderly: Early detection of malnutrition from skin observation. *Rounen Kangogaku (J Jpn Acad Gerontol Nursing)* **11**: 84–92 (in Japanese).
- 39) Yamashita K, Iyama Y, Hashimoto M, Kato S. 2005. A regional comparison of BMI, nutrition and diet through dietary record, serum albumin and lipids in elderly people. *Bulletin of Shimane Nursing College* **11**: 1–8 (in Japanese).