

高校女子水泳選手の合宿訓練時の血中ビタミンB₁濃度、水泳記録および生体疲労に及ぼす新強化米投与の影響

村松成司¹ 山田哲雄² 高橋徹三²

¹ 千葉大学教養部

² 筑波大学体育科学系

Effect of administration of new-enriched rice on vitamin B₁ content, swimming record and fatigue during 2-weeks training camp of senior high school female swimmers

Shigeji MURAMATSU¹, Tetsuo YAMADA² and Tetsuzo TAKAHASHI²

¹ The College of Arts and Sciences, Chiba University

² Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba.

The present study was carried out to investigate the effect of administration of new-enriched rice on blood vitamin B₁ content, swimming record and fatigue during 2-weeks training camp of senior high school female swimmers. Twelve subjects were divided into two groups, one was new-enriched rice group(NER) and the other was placebo group(PLC). Subjects in NER group fed rice which was mixed with white rice and new-enriched rice(200:1) and subjects in PLC group fed white rice. Other foods were fed almost the same in both groups.

The results were as follows;

- 1) Vitamin B₁ in blood had no differences between before and after training camp in NER group, but significant decrease was found at final day compared at initial day in PLC group ($p < 0.05$).
- 2) In flicker test, tendency of increase were observed in both groups. Compared between both groups, PLC group kept higher levels than NER group throughout the training camp.
- 3) In "DAINO KATSUDO KENSA", tendency of increase were observed in both groups. At final day, the increase in NER group seemed to be more elevated than that in PLC group.
- 4) A number of subjective symptom for fatigue increased with every day which by in both groups. Compared between both groups, PLC group kept higher levels than NER group throughout the training camp.
- 5) Swimming records were made shorter of 0.20 sec in NER group and later of 0.44 sec, compared with those at 1st swimming test in each group,

on average for each six subjects.

ビタミンは身体の微妙な機能を調節する基本的な物質であり、特にスポーツ選手においては疲労回復、競技能力の維持、コンディショニング時において重要な栄養素である。これまでもスポーツ選手の運動能力に及ぼす各種ビタミンの効果について多くの研究がなされてきている(1-14)。しかしながら、スポーツ選手の運動能力に関してビタミン投与の効果を認める報告(1-5)に対して、なんら効果を認めない報告も多い(6-14)。この不一致の原因の一つとして、基本的にビタミンが不足の状況下にある場合はビタミン投与の効果は著しいが、不足のない状況下にさらに過剰のビタミンを投与しても効果はあまり期待できないということからきたものであると考えられる。いずれにしてもビタミンが不足の状況下であればスポーツ選手の運動能力は低下することは間違いない。

日本人の主食は米であり、その多くは白米として取られているが、白米は玄米と比較してビタミンB₁、B₂、B₆、E、ナイアシン、パントテン酸、カルシウム、鉄など数々の栄養素がその精米過程で失われることから、白米のみではこれら微量栄養素が不足がちになる。もちろん他の食品を取ることによってその不足は十分に補うことが可能であるが、激しいトレーニングを連日行っている運動選手の場合にはそれら栄養素の消耗も多いことが考えられる。

現在、玄米から白米になる過程で失われる栄養素を補い、中でもビタミンB₁を特に強化した新強化米(15)が市販されており、これらを運動合宿訓練中の選手に与えることにより、選手の疲労および訓練効果などにどのような影響を与えるかについて検討した。

実験方法

被験者は1983年7月11日から24日までの2週間、T大学にて強化合宿を行った高校女子水泳選手(年齢15-18歳)12名を用いた。これら12名の被験者を2群に分け、一群は白米に新強化米を重量比で200:1の割合に混合したもの、他群は精白米を摂取させた。これら主食の米以外は宿舎で与えられた食事を全員同じ様にするようにした。合宿期間中のトレーニング内容については特に規制はなく、通常の水泳選手のためのトレーニングをコーチの考えに基づいて自由に行わせた。なお7月18日は中日として休息日をおいた。

測定項目は以下の通りである。

- 1) 血中成分：合宿初日、中日休息日の1日前および最終日の早朝空腹時に肘静脈より採血し、白血球、赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット、平均赤血球容積(MCV)、平均赤血球血色素量(MCH)、平均赤血球血色素濃度(MCHC)を測定した。また合宿の初日と最終日の2回、血中ビタミンB₁量をチオクローム蛍光法(16)で測定した。
- 2) 疲労検査：午前の練習前にフリッカーテストを毎日行わせた。また大脳活動検査は隔日に測定した。疲労の自覚症状の調査は産業疲労研究に用いられる調査用紙を利用し、毎日早朝時に記入させた。
- 3) 水泳記録の測定：水泳の訓練効果をみるために7月11日と7月の14日の2回100m自由形の記録を測定した。被験者には100mを10本繰り返し泳がせた。1本は2分以内に泳がねばならず、残りの時間は休息とし、正確に2分後に次の100m泳にはいる。そして10本のタイムのうち1本目と10本目のタイムを除いた2本目から9本目までの8回のタイムの平均を取って比較した。
- 4) 最大酸素摂取量および運動持久時間の測定：回流水槽を用いて選手の最大酸素摂取量、運動持久時

間を測定した。まずウォーミングアップとして各被験者の400m自由形のベスト記録の60%のスピードで4分間行った。休息を2-3分取った後、2分ごとの漸増負荷法で4-6分後には各自の400m自由形のベスト記録時のスピードが設定されるようにした。その前段階は2分ごとに0.1m/秒ずつスピードが増加し、6分以降は0.05m/秒ずつスピードが増加するように流速を調節した。運動持久時間の測定は回流水槽後部にある安全ネットに足が触れるまで後退し、それ以上自力で前進できなくなった場合をExhaustionと判断し、運動を中止させた。採気は運動開始3分目から1分ごとにダグラスバッグに連続採気した。泳法は全ての被験者ともにクロールとした。

実験結果

合宿前後の全血中ビタミンB₁の測定結果を図1に示した。新強化米群では2週間の強化合宿の前後に全く差がみられなかった。プラセボ群では合宿前の値と比較して有意に減少した(P<0.05)。

フリッカーテストの結果を図2に示した。値は初日の測定値を100としてその相対変化で表した。初期においては新強化米群、プラセボ群の間にはほとんど差がみられなかったが、合宿を4日行った翌日の朝では新強化米群が高くなる傾向を示した。休息日の前日の朝では有意差は認められなかったが10%の確率で新強化米群が高い傾向を示した。休息日以後も新強化米群が高い傾向を維持していた。

大脳活動検査の結果を図3に示した。初期の測定値を100としてその相対変化で表した。大脳活動検査は0から9までの数値が一定のスピードで繰り返し電光表示されるが、その中で一ヶ所順番の異なるところがあり、その箇所を指摘させる。そして数字の繰り返す速さを徐々に速くし、異なる箇所を指摘できな

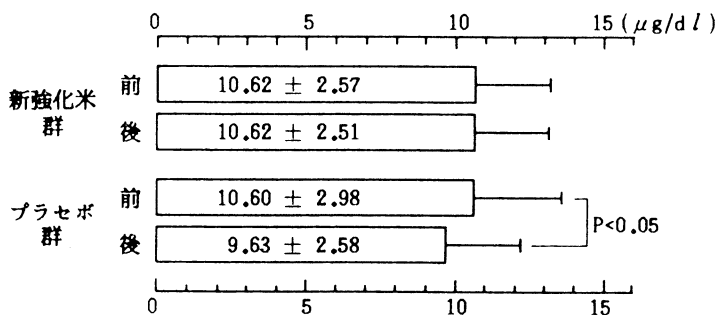


図 1. 合宿前後の全血中ビタミンB₁濃度の変化(μg/dl)

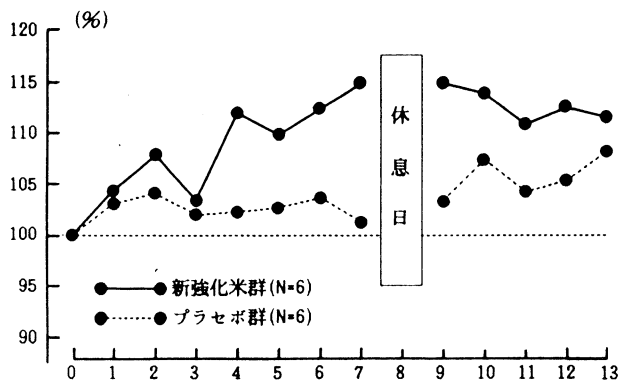


図 2. フリッカーテストの変化(平均値)
各群の初日の値を100として相対変化で示した。

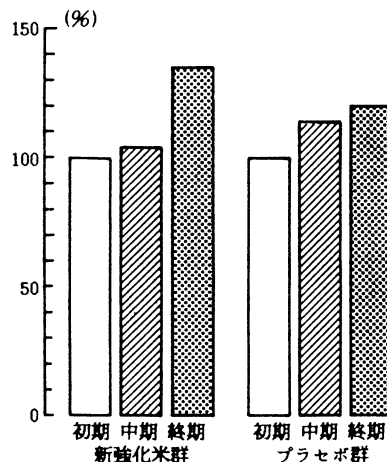


図 3. 大脳活動検査結果(%)
各群の初期の値を100として相対変化で示した。

くなるまでの速さの限界値を求めるものである。新強化米群は初期の値に比較して中期では変わらないが終期に高くなる傾向を示した。プラセボ群においても初期の値に対して中期、終期と徐々に高くなる傾向を示したが、新強化米群の終期の値ほどの増加ではなかった。

毎日の疲労の自覚症状調査の結果を図4に示した。値は初日の測定値を100としてその相対変化で表した。両群ともに被験者は6名ずつであるが特にプラセボ群において1名が初日の愁訴数が1であり、この被験者はその後愁訴数が徐々に増加したが初日に対する相対値を求めると極端に高い数値となってしまうことから、今回疲労の自覚症状調査の集計からは除外し、プラセボ群についてのみ被験者数5名で検討した。疲労の愁訴数は合宿の経過とともに両群ともに増加した。その増加傾向は特にプラセボ群が新強化米群を上回る傾向を示した。中日の休息日には両群ともに減少し、プラセボ群は初日の値にまでほとんどどる様子を示し、新強化米群は初日の値よりもさらに減少する傾向を示した。その後は両群ともに増加したが、その増加の程度はプラセボ群が新強化米群よりも大きかった。

100m自由形の記録を表1に示した。10回行った中の最初と最後を除いた8回のタイムの平均値をみると、新強化米群、プラセボ群ともに3名が速くなる傾向をそして他の3名が遅延する傾向を示したが、6名の平均値で見ると新強化米群が0.20秒の短縮傾向をまたプラセボ群は0.44秒の遅延傾向を示した。この両群の間には有意な差は見られなかったが新強化米群の方が優れている傾向が示された。

ガス代謝実験の結果および血中成分の変動を表2と表3にそれぞれ示した。これらの測定値には新強化米群とプラセボ群との間にまた合宿の前後あるいは前中後の間にも有意な差はみられなかった。

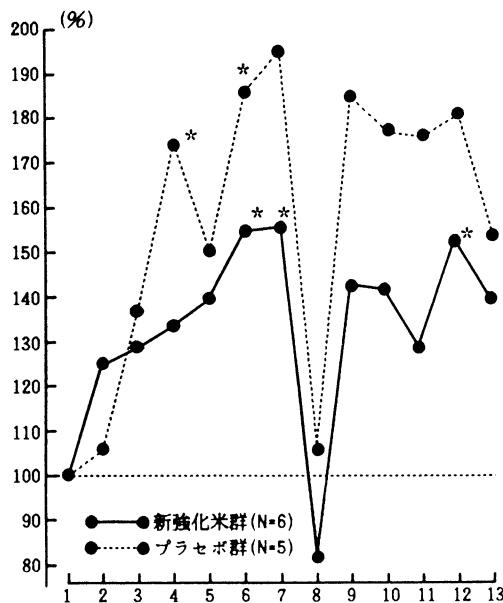


図4. 疲労の自覚症状調査における愁訴数の変化(平均値)各群の初日の値を100として相対変化で示した。

Significance compared with the initial day in each group(* $p < 0.05$).

表1. 100M自由形の記録の変化

群	被験者	7月11日	7月14日	差
新強化米群	A	1分13秒23	1分12秒44	-0.79
	B	1 12 55	1 12 15	-0.40
	C	1 17 46	1 17 54	+0.08
	D	1 15 31	1 13 95	-1.36
	E	1 10 25	1 10 31	+0.06
	F	1 10 81	1 12 05	+1.24
	平均	1 13 27	1 13 07	-0.20
プラセボ群	G	1分17秒45	1分16秒95	-0.50
	H	1 12 63	1 12 70	+0.07
	I	1 17 10	1 17 08	-0.02
	J	1 13 22	1 15 14	+1.92
	K	1 11 66	1 13 11	+1.45
	L	1 12 42	1 12 14	-0.28
	平均	1 14 08	1 14 52	+0.44

値は100m自由形を10本繰り返し、2本めから9本めまで8本の平均値で示した。

表 2. ガス代謝測定値の比較 (平均±標準偏差)

項目	新強化米群		フラセボ群	
	前	後	前	後
最大酸素摂取量 (l/min)	2.69±4.0	2.75±2.3	2.69±2.9	2.69±2.4
〃 (ml/kg/min)	50.1±5.94	51.9±3.97	50.3±3.45	51.5±4.80
心拍数 (beats/min)	184±9.75	192±5.37	187±9.27	187±4.52
呼吸数 (frequency/min)	48.5±6.12	51.0±8.27	50.5±6.12	61.0±14.9
血中乳酸 (mmoles/dl)	6.54±1.36	5.78±2.14	5.71±1.22	4.81±1.58
遊泳持続時間 (sec)	319±61.7	334±62.2	281±77.6	351±77.0
換気量 (STPD) (l/min)	63.6±11.6	75.0±9.7	61.5±7.3	71.3±7.2
〃 (BTPS) (l/min)	77.0±14.1	91.4±11.8	78.6±16.7	86.9±8.7
呼吸商	1.06±0.10	1.13±0.06	1.03±0.07	1.09±0.03
一回換気量 (ml)	1.58±0.17	1.81±0.18	1.55±0.17	1.50±0.37

表 3. 血液成分の変化 (平均±標準偏差)

項目	新強化米群			フラセボ群		
	前期	中期	終期	前期	中期	終期
白血球 ($10^2/\mu l$)	60.0 (11.5)	58.0 (18.1)	57.5 (21.4)	55.3 (8.9)	50.7 (9.0)	51.5 (8.5)
赤血球 ($10^4/\mu l$)	428.5 (22.1)	438.5 (14.3)	432.7 (16.8)	455.0 (23.9)	464.0 (35.0)	453.0 (28.7)
H b (mg/dl)	13.2 (0.35)	14.4 (0.38)	14.0 (0.40)	13.4 (0.60)	14.5 (0.60)	13.9 (0.68)
H t (%)	40.5 (1.90)	43.8 (0.82)	41.0 (1.10)	41.3 (2.16)	44.1 (1.96)	41.0 (2.30)
M C V (μm^3)	94.7 (1.63)	100. (2.28)	94.5 (1.76)	90.8 (2.86)	95.2 (4.26)	90.8 (2.14)
M C H (pg)	31.1 (0.88)	32.8 (0.78)	32.5 (0.98)	29.5 (1.34)	31.3 (1.39)	30.8 (1.59)
M C H C (%)	32.8 (0.81)	32.9 (0.65)	34.2 (0.71)	32.6 (1.02)	32.9 (0.54)	33.9 (0.99)

考 察

2週間の合宿訓練により血中ビタミンB₁含量は新強化米群が合宿前後でほとんど変化しなかったのに対して、プラセボ群は合宿前の値に比べて合宿後で有意に低値を示した (P<0.05)。運動は生体内でのビタミンB₁消費量を増加させることから、古くから脚気発生の重要な因子となりうることが指摘されている(17)。大森(18)、阿部(19)、沢田ら(20)はいずれも運動することにより血中B₁含量が減少することを報告している。今回、主食の米以外は新強化米群、プラセボ群ともに同じものをとっており、プラセボ群が減少の、新強化米群は維持された事実は、合宿訓練によりビタミンB₁消費は増加したが、新強化米を取ることによって血中ビタミンB₁の減少を防ぐことが可能であったことを示唆している。

フリッカーテスト、大脳活動検査はいずれも視覚的な機能の低下から生体の疲労状況を把握するものである。一般にビタミンB₁が欠乏状態にあると生体の疲労状態が比較的速く現れること、また疲労の回復も遅れることが知られている。今回、フリッカーテストの結果では新強化米群、プラセボ群ともに合宿の経過とともに高くなる傾向を示し、むしろ疲労が軽減する方向にあった。これは被験者が測定に対してなれてきたことも影響したことが考えられる。しかしながら、両群の傾向を比較すると全体的には新強化米群がプラセボ群よりも高い値を示しており、有意な差は得られなかったが新強化米群の方が好影響のあったことが認められる。大脳活動検査においても同様に両群ともにより速い速度の所で認識が可能になり、測定法に対する慣れが十分に考えられる。しかし合宿後半における伸びは新強化米群の方が大きく、少なか

らず新強化米投与の効果が認められたものと考えられる。

疲労の自覚症状の愁訴数は両群共に合宿の経過とともに増加しており、合宿により自覚的な疲労感が高まっていることがうかがえる。その増加傾向を両群で比較すると新強化米群はプラセボ群よりも低く抑えられている傾向がみられ、有意な差ではなかったが新強化米群においては自覚的な疲労感の増加防止に効果のあったことが推察された。これまでも、一般にビタミンB₁が不足すると全身の倦怠感、下肢の脱力感にはじまり、四肢のしびれ、心悸亢進、腱反射低下、浮腫などの一連の症状が起こることが知られているおり、また糸川はB₁欠乏の脚気による多発性神経炎が若者の間に見られ、特に激しい運動をしている人や肉体的労働をする人に多いと指摘している(21)。これらのことから今回新強化米群に比べてプラセボ群が高くなった原因の一つとしてビタミンB₁の不足が考えられる。

池上(22)はさきのビタミンB₁不足によってもたらされる症状が潜在している時点においても運動能力には影響があり、特に有酸素性運動能力が低下したりすると指摘している。今回運動能力の指標として100 m泳の記録を測定した。この測定は100 m泳を2分以内で泳ぎ、残りの時間は休息とし、正確に2分後に2本目の100 m泳にはいる。そして合計10本泳いで、1本目と10本目のタイムを除いて2本目から9本目までの8本のタイムの平均値をその人の代表値とした。したがって、100 m泳は嫌気的要素が強いが、今回の測定方法では好気的要素がかなり多く占めていると考えられる。今回の結果は個人でみると短縮したもの、遅延したもの、変化のみられないものと様々であったが、6人の平均値で比較してみると新強化米群は0.20秒の短縮傾向を示し、プラセボ群は0.44秒の遅延傾向を示した。この両群の間には有意な差は見られなかったが、両群を比較した場合、新強化米群において新強化米添加により運動能力に好影響があったことがうかがわれる。

ガス代謝機能、血液分析などは個人差が大きく一定の傾向が得られなかった。

今回数多くの測定をしたのにもかかわらず新強化米群とプラセボ群との間に差がみられたのはほんの数項目に限られた。これは主食である白米以外は両群ともに同じ食事を取り、また内容的にも白米に欠けている栄養素を十分に補うような副食であったことが少なからず影響したものと考えられる。我々は先にラットを用いて白米に新強化米に重量比で200:1の割合に混合したものを、玄米そして白米をそれぞれ粉状にして2ヶ月間与え、遊泳持続時間を測定し、新強化米を添加した群は玄米群とほとんど同じ遊泳持続時間を示したのに対して、白米群ではこの両群よりも有意に短いことを観察した(23)。これは白米のみで飼育したラットは極端なビタミン不足の状態であったことが原因である。激しい訓練を連日行っているようなスポーツ選手においてはビタミン類が不足しないように摂取することが重要である。

ま と め

高校女子水泳選手の2週間にわたる合宿訓練時の血中ビタミンB₁濃度、水泳記録および生体疲労に及ぼす新強化米投与の影響について検討した。12名の被験者を新強化米群とプラセボ群の2群(各群6名)に分けた。新強化米群の被験者には白米と新強化米を重量比で200:1に混合したものを、プラセボ群には白米を与えた。他の食品については両群ともにほとんど同じものを摂るようにした。

結果は以下のとおりである。

1. 血中ビタミンB₁濃度は新強化米群は合宿前後でほとんど変化がみられなかったのに対して、プラセボ群では合宿前に比較して合宿後で有意に低下した。
2. フリッカーテストは新強化米群、プラセボ群ともに高くなる傾向を示したが、両群間では全体的に

新強化米群の方がプラセボ群よりも高い様子にあった。

3. 大脳活動検査は両群ともに高くなったが、合宿後半における増加傾向はプラセボ群よりも新強化米群の方が大きかった。
4. 疲労の自覚症状の愁訴数は両群ともに増加したが、両群を比較するとプラセボ群の方が新強化米群よりも多い傾向にあった。

参考文献

- 1) McCornick, W.J.: Medical Record, 152, 439(1940)
- 2) Richardson, J.H. and Chenman, M.: J.Sports Med., 21, 119(1981)
- 3) Dam, B.: Br.J.Sports Med., 12, 74(1978)
- 4) Howald, H. and Segesser, B.: Ann.NY.Acad.Sci., 258, 458(1975)
- 5) Frankau, I.: Br.Med.J.: 2, 601(1943)
- 6) Read, M.H. and McGuffin, S.L.: J.Sports Med., 23, 178(1983)
- 7) Keys, A. and Henschel, A.: J.Nutr., 23, 259(1942)
- 8) Keys, A.: Am.J.Physiol., 144, 5(1945)
- 9) Than, F.M., May, M.W., Aung, K.S. and Tu, M.M.: Br.J.Nutr., 40, 269(1978)
- 10) Keith, R.E. and Merrill, E.: J.Sports Med., 23, 253(1983)
- 11) Gey, G.O., Cooper, K.H. and Bottenberg, R.A.: J.Am.Med.Assoc., 211, 105(1970)
- 12) Keren, G. and Epstein, V.: J.Sports Med., 20, 145(1980)
- 13) Folts, E.: J.Lab.Clin.Med., 27, 1296(1942)
- 14) Robertson, E.C., Jatham, C.M., Walker, N.F., Weaver, M.R.: J.Nutr. 34, 691(1947)
- 15) 安松克治: 日本栄養と食糧学会誌, 38, 15(1985)
- 16) 藤原元典: ビタミン, 9, 148(1955)
- 17) 深山: Acta.Schol.Med.Univ.Imper.Kioto, 13, 412(1931) (伊藤信義著“運動とビタミン” p28. 永井書店(1979)東京)
- 18) 大森: 日本医事新報, 1126, 3(1944) (伊藤信義著“運動とビタミン” p25. 永井書店(1979)東京)
- 19) 阿部: ビタミン, 1, 54(1949) (伊藤信義著“運動とビタミン” p25. 永井書店(1979)東京)
- 20) 沢田, 宮地, 佐藤: ビタミン, 1, 54(1951) (伊藤信義著“運動とビタミン” p25. 永井書店(1979)東京)
- 21) 糸川嘉則: ビタミンB₁のすべて(1982), 千曲秀版社(東京)
- 22) 池上晴夫: スポーツと栄養, p333 (石河利寛・松井秀治編“スポーツ医学”(1978)杏林書院(東京))
- 23) 高橋徹三、村松成司、小尾裕志、柴原百合子: 栄養学雑誌, 40, 303(1982)

(昭和60年12月20日受付)