

箱根駅伝出場を目指した貧血予防対策

榎村修生*・川野 因**・田中越郎**・前田直樹***・関口 健****

(平成 16 年 5 月 24 日受付/平成 16 年 9 月 17 日受理)

要約: 本研究では、箱根駅伝出場をめざす大学陸上競技長距離選手において、短期的な高所トレーニング合宿時の栄養調査および Hb 濃度測定を実施した。ヘモグロビン濃度は 8 名が低下傾向を示す、いわゆる貧血症状であった。貧血傾向にある選手にヘム鉄剤を服用し、貧血の改善が可能かどうかを検討した。その結果、鉄剤服用選手は、合宿直後および 2 週間後においてヘモグロビン濃度が改善された。また、合宿前の Hb 濃度は、1 年生が 4 年生の濃度より有意に低かった。また、本合宿時における 1 日の鉄分摂取量は平均 10.5 mg であり、不足気味であった。我々は、貧血検査、鉄剤服用および栄養改善などの貧血予防対策により箱根駅伝出場を果たすことができたと推察する。

キーワード: 長距離選手, ヘモグロビン濃度, 高所トレーニング, 鉄剤, 栄養調査

1. はじめに

陸上競技長距離選手では、トレーニングにより貧血症状、つまりヘモグロビン濃度（以下、Hb 濃度）の低下を呈することがしばしば問題にされる¹⁾。この運動性貧血（以下貧血）には、鉄欠乏性貧血、溶血性貧血および骨髄機能の低下による貧血等が関与すると報告されている¹⁾。

今回、研究の対象となった東京箱根間往復駅伝競走を目指す大学陸上競技長距離選手は、秋から冬にかけて大会が集中するため、夏期における強化合宿は大変重要な位置づけにある。そのトレーニングは高い質と多量、つまり速い走行速度と長い走行距離が求められるため、貧血を惹起する可能性が十分に考えられ、貧血の予防対策は重要な課題となる。

一方、近年、長距離選手の合宿は、高所で実施されることが多くなり顕著な成果をあげている。この高所トレーニングは、肝臓などでの貯蔵鉄が減少すること、また赤血球を増加させることなどが低所でのトレーニングに比較して顕著であると報告されている²⁾。そのため、高所トレーニングは、栄養などに配慮しなければ平所よりさらに貧血を発症させる危険性があり、貧血の予防対策は競技成績に大きく関与することが考えられる³⁾。

本研究では、箱根駅伝出場をめざす大学陸上競技長距離選手において、短期的な高所トレーニング合宿が行われた際、栄養調査、形態測定および Hb 濃度を調査する機会を与えることができた。とくに本研究では、貧血傾向にある選手に対して、比較的短期間に鉄剤を服用し貧血の改善および予防が可能かどうかを検討した。

2. 方法

(1) 対象

本調査は 2003 年度の 8 月から 9 月にかけて行った。調査対象者は、某大学陸上競技長距離選手 28 名である。各選手には、実験前にこの調査の目的を把握させ、同意のもとに調査を行った。選手は、合宿前に下記で述べるヘモグロビン検査を行い、Hb 濃度が比較的低い傾向にある選手群（Hb 濃度 13.0 g/dl 以下 8 名）と Hb 濃度が比較的高い選手群（Hb 濃度 13.1 g/dl 以上 20 名）に分けた。

(2) 合宿中のトレーニング内容

合宿は、2003 年 7 月 31 日から 8 月 8 日の 9 日間であった。本合宿は、夏季合宿 4 回のうち最初の合宿であった。トレーニング内容の概略は、表 1 に示すとおりであり、8 日間の主となるトレーニングにおける総走行距離は、267 km であった。合宿の場所は、岐阜県高根村飛騨御岳高原高所トレーニングエリアで、宿泊施設の標高は 1,300 m、トレーニング場所の標高は、1,300、1,800 および 2,200 m の 3 カ所であった。また、宿泊施設は陸上競技専用に建設された施設であった。

(3) 鉄剤の服用

上述したような Hb 濃度が比較的低い選手群は、合宿中ヘム鉄剤の補給を本人同意のもとに義務付けた（以下、鉄剤服用群）。ヘム鉄剤は、1 日 3 錠を毎食後に経口服用（1 日分 7 mg 摂取）した。また、Hb 濃度が比較的高い選手には、鉄剤の補給は行わなかった（鉄剤服用なし群）。このヘム鉄剤は、天然ヘム鉄素材で、無機鉄に比較して吸収性に

* 東京農業大学国際食料情報学部教養分野

** 東京農業大学応用生物科学部栄養科学科

*** 東京農業大学応用生物科学部教養分野

**** 伊藤ハムライフサイエンス株式会社機能食品部

表 1 合宿中における練習内容

月日	1日の練習回数(回/day)	1日の走行距離(km/day)	1日の走行時間(分)	備考
7月31日	1	18	90	
8月1日	3	48	186	
8月2日	2	31	118	
8月3日	2	40	172	午後練習標高1800m
8月4日	2	24	120	午前練習標高2200m
8月5日	3	48	186	
8月6日	2	40	213	午後練習標高1800m
8月7日	1	18	90	
合計	16	267	1,175	

優れ腸管において容易に吸収されるとともに、食物繊維、タンニン等の鉄吸収阻害物質による吸収阻害を受けないものである。なお、鉄剤服用群におけるヘム鉄剤服用は、10月の箱根駅伝予選会まで継続した。

(4) Hb 濃度の測定

Hb 濃度の測定には、Astrium 社製非侵襲型 Hb 濃度測定装置を用い⁴⁾、合宿前、合宿終了直後および合宿終了2週間後に実施した。この装置の測定原理は、Hb の吸収率が高い波長の光を指にあてて得られた光の像から血管を探し出して、その部分の光の吸収量から Hb 量を自動計測するものである。

(5) 体重および体脂肪率の測定

体重および体脂肪率の測定は、タニタ社製体重計型体脂肪計を用いて、合宿前、合宿終了直後に実施した。

(6) 栄養調査

毎食の食事調査は、品目と重量を記入用紙に記録してもらった。この記録は、合宿中のため、献立が同一であるため、代表一名が行った。その後、栄養分析ソフト (Healthy Maker 420, マッシュルーム) を用いて栄養成分分析、とくに摂取エネルギー量、タンパク質摂取量および鉄分摂取量を分析した。

(7) トレーニング時における消費エネルギー量の調査

山地が報告している男子ランナーにおけるランニングスピードと消費エネルギー量の関係式により⁵⁾、練習ごとのランニングスピードと距離から消費エネルギー量を推定し、一日のトレーニングによる消費エネルギー量を算出した。また、トレーニング時以外の消費エネルギー量は、生活時間調査により動作ごとの消費エネルギー量と時間から算出した。1日の総消費エネルギー量は、トレーニング時とその他の消費エネルギー量の和とした。

(8) 大会順位およびベスト記録の調査

2003年10月に行われた箱根駅伝予選会に出場した選手について、その大会での順位を調査した。また、その選手の中で平成14年10月に行われた予選会にも出場した選手

は、その大会の順位も調査した。

(9) 統計処理

同一群間における合宿前後の比較には、ノンパラメトリック法である Wilcoxon 検定を用い、鉄剤服用群と鉄剤服用なし群との間の比較には、ノンパラメトリック法である Mann-Whitney 検定を用いて有意差検定を行い、危険率5%以下を有意水準とした。

3. 結 果

(1) 合宿中の消費エネルギー量および摂取エネルギー量

表1は、合宿中の消費エネルギー量を練習時と1日のエネルギー量別に表した。1日の消費エネルギー量は、1日の練習量によって変動が大きく、3,500 kcal を超える場合から2,500 kcal 以下の場合までであった。8日間の平均消費エネルギー量は、 $2,895 \pm 646$ kcal/day であり、そのうち練習時の消費エネルギー量が平均 $1,695 \pm 12.4$ kcal/day で、総消費量に占める練習時の消費量の割合は、平均58.5%であった。31日と7日は、合宿地への移動で半日の練習のため、消費エネルギー量が少なかった。それに対し、1日摂取エネルギー量は、約3,100 から2,300 kcal/day であり、平均 $2,649$ kcal/day であった。

また、消費エネルギーに対する摂取エネルギー量の充足率は、91.5%であった。1日のたんぱく質摂取量は、平均 102.9 ± 15.7 g/day であり、鉄分摂取量は、平均 10.5 ± 2.7 mg/day であった。

(2) 体重および体脂肪率の変化

合宿前後における体重および体脂肪率は、図1および2に示した。合宿において、体重は平均710gの減少、割合で1.3%の減少率であった。体脂肪率は平均1.46%の減少(818gの減少)、割合で11.1%の減少率であった。体重および体脂肪率は、合宿前に比較して合宿後でそれぞれ有意に減少した ($p < 0.05$)。

(3) ヘモグロビン濃度の変化

図3は、合宿前後における鉄剤服用の有無による Hb 濃度の変化を示した。合宿前の Hb 濃度は、服用群の方が服用なし群より有意に低い ($p < 0.05$)、合宿直後および2

表 2 合宿中における消費エネルギー量および摂取エネルギー量

月 日	消費エネルギー量(kcal/day)	練習時消費エネルギー量(kcal/day)	摂取エネルギー量(kcal/day)	たんぱく質摂取量(g/day)	鉄摂取量(g/day) ^{a)}
7月31日	2,196	896	2,310	80.2	10
8月1日	3,754	2452	3,104	108.2	12
8月2日	2,990	1590	2,440	87.9	9
8月3日	3,432	2029	2,601	98.7	7
8月4日	2,485	1195	2,379	96.9	8.2
8月5日	3,732	2452	2,526	112.9	15.5
8月6日	3,248	2051	3,021	107.4	9.8
8月7日	2,390	896	2,813	130.8	12.7
平均	3,028	1695	2649*	102.9	10.5
標準偏差	±613	±12.4	±297.9	±15.7	±2.7

^{a)}鉄摂取量は、ヘム鉄剤からの摂取を除く

* 消費エネルギー量と比較 (p<0.05)

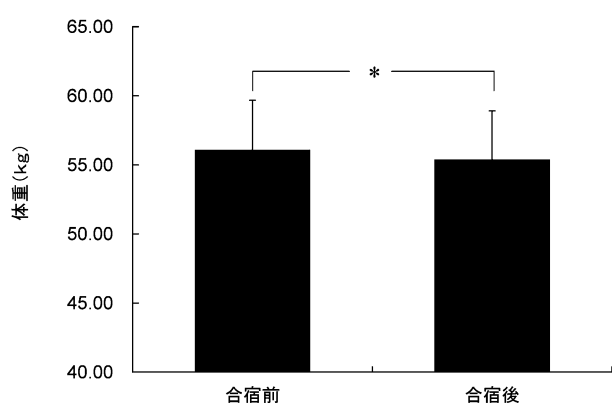


図 1 合宿前後における体重の変化

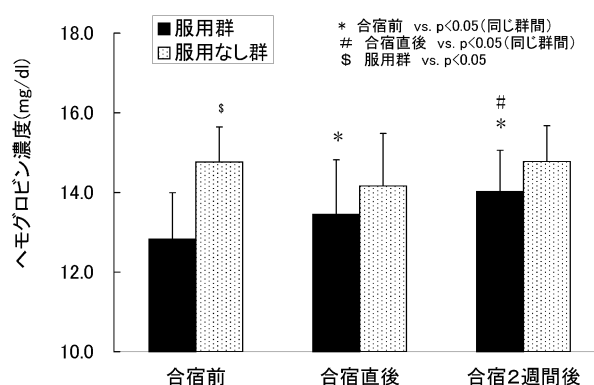


図 3 合宿時の鉄剤服用によるヘモグロビン濃度の変化

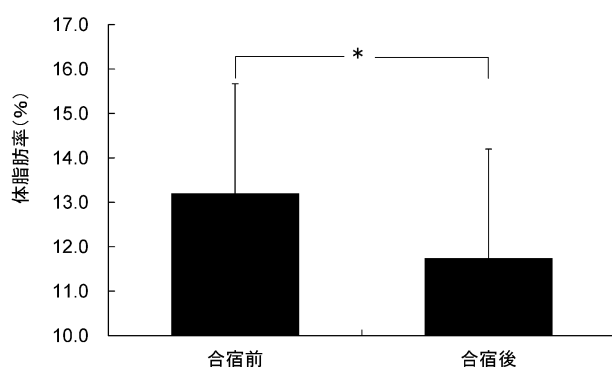


図 2 合宿前後における体脂肪率の変化

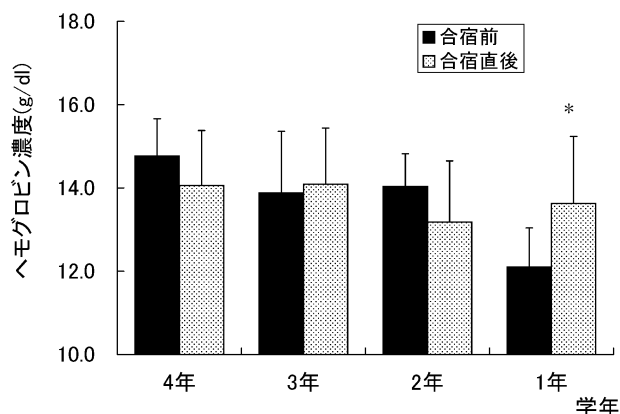


図 4 合宿前後における学年別ヘモグロビン濃度の比較

週間後では差がなかった。服用なし群における Hb 濃度は、合宿前、直後および 2 週間後の間で差はなかった。しかし、服用群における Hb 濃度は、合宿前および合宿直後より 2 週間後でそれぞれ有意に高かった (p<0.05)。

図 4 は、各学年別の合宿前および直後における Hb 濃度の変化を示した。合宿前の Hb 濃度は、1 年生が平均 $12.1 \pm 0.94 \text{ g/dl}$ に対して 4 年生が平均 $14.77 \pm 0.89 \text{ g/dl}$ で 1 年生が有意に低かった (p<0.05)。また、合宿前の HB 濃度

は、2 および 3 年生に比較して 1 年生で低い傾向を示したが、4 年生、3 年生および 2 年生の間にはそれぞれ差がなかった。また、1 年生 6 名中 4 名が鉄剤を服用したため、合宿直後に有意に増加した (p<0.05)。

(4) 箱根駅伝予選会結果

図 5 は、2002 年と 2003 年における本調査駅伝チームにおける箱根駅伝予選会順位の比較を示した。平均順位は、

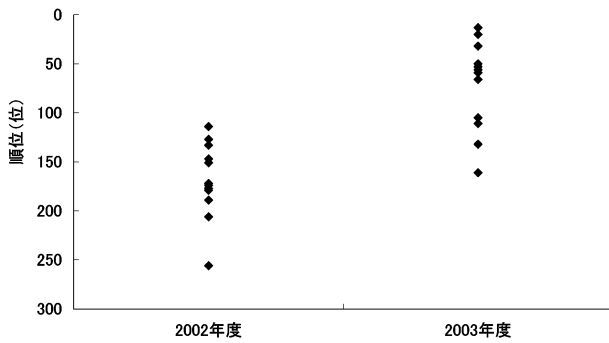


図 5 2002 年度と 2003 年度における箱根駅伝予選会の順位比較

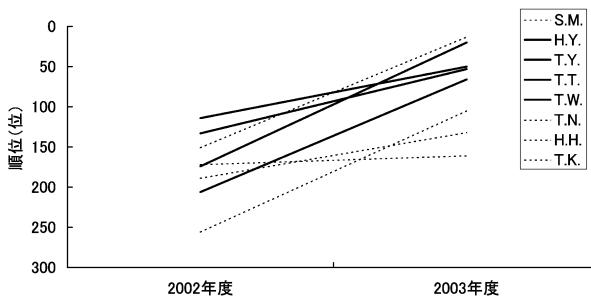


図 6 2002 年度と 2003 年度に連続出場した選手の順位の比較
実線は、ヘム鉄剤服用選手 4 名である

2002 年が 156 位に対して 2003 年が 59 位であり、有意に 2003 年の方が上位であった ($p < 0.05$)。また、図 6 は、本調査駅伝チームにおいて 2002 年と 2003 年の箱根駅伝予選会に 2 年連続出場した 8 名について、両年度の順位を比較した。順位は、8 名全員が 2003 年の方が上位を示した。また、今回の箱根駅伝予選会に出場した 12 名中 4 名は、鉄剤を服用した (図 6 中の実線の選手)。2002 年箱根駅伝予選会は、チーム順位が 15 位で個人順位は 100 位以内でゴールした選手はいない状態 (範囲 114 位から 256 位) であった。それに対して 2003 年予選会の結果は、チーム順位が 5 位で個人順位が 100 位以内でゴールした選手は 8 名 (範囲 13 位から 161 位) であった。

4. 考 察

本研究では、貧血傾向にある選手に対して、比較的短期間に鉄剤を服用し貧血の改善および予防が可能かどうか検討した結果、鉄剤服用群における Hb は、基準値以上に改善した。鉄剤による貧血状態からの改善が直接競技成績を向上させたかどうかの、因果関係を知ることはできないが、チーム全体として貧血対策を講じたことが正月の箱根駅伝出場を決めた一要因になったものと推察する。

本研究は、平成 16 年正月の箱根駅伝出場を目指し、スタッフおよび選手が一丸となり記録向上のために取り組んだ試みの一部である。平成 15 年度の目標のひとつに、生活面からの改善があげられ、とくに栄養面からのコンディ

ションづくりに取り組んだ。とくに、4 回の夏期強化合宿に重点をおき、食事内容の改善計画を立てた。その内容は、管理栄養士の栄養指導のもと、選手に栄養面の重要性を理解させ、徹底した食事管理を夏合宿中に行った。取り組みのはじめに、1 次合宿において現在の栄養状況を把握することを実施した。しかし、合宿前にすでに、貧血状態を呈する選手が存在したため、急きょ鉄剤服用を義務付ける措置をとり、貧血状態の改善を目指した。その後、この調査が基礎となり合宿時における栄養面での改善がなされた。結果的には、このチームは箱根駅伝予選会を 5 位で通過し、お正月の箱根駅伝出場を 7 年ぶりに決めた。

本調査期間の合宿における体重および体脂肪率の減少は、8 日間の短期間にもかかわらず顕著であった。とくに、体脂肪量の減少は明らかで平均 818 g であった。それに対して、体重全体の減少は平均 710 g であることから、筋肉量に相当すると思われる除脂肪部分の減少はなく、むしろ増加の傾向にあったと推察する。この合宿は、夏期一次合宿であり練習内容からもわかるように、スピードをおさえた距離中心の合宿であり、いわば体重とくに体脂肪率を減少させ基礎的なからだをつくるものであった。栄養調査の結果から、消費エネルギー量が摂取エネルギー量より大きいことが、体脂肪の減少につながったものと思われる。

合宿中の栄養調査から、鉄摂取量は平均 10.5 mg で一般成人男子の必要量程度であり、運動選手が必要とする 20 mg の半分であったため⁶⁾、貧血傾向にある選手にはヘム鉄剤一日 7 mg を服用させた。

この高所トレーニング合宿において、鉄剤服用なし群では合宿直後にヘモグロビン濃度が低下傾向を示した。Asano によれば、高所トレーニング中は赤血球産生のために血清鉄および貯蔵鉄が利用され、高所トレーニングでは通常ヘモグロビン濃度が増大すると報告されている²⁾。しかし、本調査においてみられるように鉄剤服用なし群では、合宿直後にヘモグロビン濃度が低下傾向を示していることから、この原因は鉄分などの摂取が長距離選手の必要量に達していなかったため、赤血球産生が間に合わない結果生じたものと推察する。これに対して、鉄剤服用群では合宿直後および 2 週間後においてヘモグロビン濃度が改善されたことから、鉄剤の服用の効果が認められたと考える。本研究は、箱根予選会の突破を目指すための、夏合宿の第一段階の合宿であり、その後 3 回の合宿を行っており、図 5 および 6 に示すような結果が、本研究の期間に行われた合宿のみの成果ではないと思われる。しかし、この合宿を基点として、選手一人一人の練習メニューの消化率を高め、ハードな高所トレーニングに耐えることができる持続的運動能力を向上させる結果につながり、予選会突破に寄与したものと推察する。貧血対策を行うことで、練習から脱落する選手を最小限に少なくできたことは、チーム全体の練習参加者を多くし、練習に対する士気を高めるとともに、選手間での多くの競争意識を高揚させるという相乗効果も生まれ、精神的な部分での大きな成果をあげることができたと考える。本研究は、夏期合宿の最初であり、この合宿で貧血の実態調査ならびに鉄剤服用による貧血対

策を行ったことにより、その後合宿の栄養指導がなされ、選手のコンディションづくりに役立てられ箱根駅伝出場のきっかけとなる意義深いものである。今回の研究では、貧血傾向にある選手において短期間の鉄剤服用による競技成績への効果の直接的な判定は、現場の調査のため困難であったが、今後、実験的に確かめる必要があると考える。

今回、貧血検査に用いた装置は非侵襲型ヘモグロビン濃度測定装置であった。この装置は、医療器具として認められていないものの、採血による血液検査データときわめて相関関係 ($n=200$, $r=0.859$) および再現性 ($CV=0.77\sim 3.34\%$) が高いと報告されている⁴⁾。しかし、現場、とくに陸上競技長距離選手への応用は少なく、データの公開もあまりされていないのが現状である。このような現状を踏まえ、我々は選手の貧血状態をモニタリングしコンディションづくりのために、この装置が現場で有効に利用できるかどうか検討した。その結果、今回のような高所で行われる合宿は、周辺に医療機関も少なく簡単に血液検査を実施できるような環境ではないため、この装置がいつでもどこでも負担をかけず簡単にヘモグロビン濃度を測定でき、日々刻々変わる選手の貧血状態をモニタリングできることに有効であることがわかった。しかし、ヘモグロビン濃度、つまり色素鉄は血液のみの状態を把握しているのに過ぎず、潜在性の鉄欠乏状態を把握することはできないと考える。むしろ、ヘモグロビン濃度が低下した状態は、かなり貧血の末期症状であり、すでに血清鉄や貯蔵鉄（フェリチン）など、ヘモグロビンを生成する原料が枯渇しつつある状態も考えられ、その回復には長期間かかる可能性が考えられる。そのため、その装置には、選手のもっている潜在的な貧血を把握するには限界があるとともに、貧血の末期症状までその発見を遅らせる可能性が考えられる。結果的には、選手の貧血状態を把握するためには、定期的な血液検査において血清鉄や貯蔵鉄の把握を義務付けることが重要であると考えられる。この装置の有用性は、貧血症状を呈していない選手に対して、練習の経過に合わせて逐次検査を実施し、正常値の範囲内でヘモグロビン濃度の低下傾向がみられる場合、医療機関へ血液検査をアドバイスするような利用方法が妥当ではないかと考える。

今回の調査で図4に示したように、合宿前において1年生のヘモグロビン濃度が上級学年に比較して顕著に低い傾向を認めたが、ヘム鉄剤服用によって短期間で回復がみられた。このような合宿前に低値を示した原因は、ひとつには夏期合宿前の梅雨時における暑さに順化していない環境で発汗によるミネラル分の喪失増大や血液濃縮による赤血

球の溶血が一時的に増えたことが考えられる。もうひとつは、高校までの練習に比較して走行量の多さとスピードの速さにより、足底における衝撃の繰り返しや循環速度の上昇による血管壁での摩擦増加などにより赤血球の脆弱や溶血が増加するのに対して、一時的に赤血球の生成が追いつかない状態にあったことが予想される。そのため、材料である鉄の摂取を鉄剤服用により増加させた結果、短期間でヘモグロビン濃度の回復傾向がみられたことは、運良く貯蔵されている鉄の枯渇によるような重篤な貧血状態でなかったことが推測できる。今後は、とくに1年生において入学当初から夏合宿までの期間、貧血について十分な定期検査を行いコンディショニングに注意することが必要と考える。

今後は、鉄剤の服用だけでなく他の栄養面からの検討も加え、さらに運動性貧血になりにくい選手のコンディションづくりをめざしていきたいと考える。

謝辞：この研究は、平成2003年度総合研究所プロジェクト研究「農学を基盤とする“食と健康”科学の展開」スポーツ分野における食品機能の開発（代表 荒井綜一）から助成を受けた。ヘモグロビン濃度測定装置は、平成2001年度東京農業大学スポーツ奨励金（陸上競技部）により購入した。また、貴重なヘム鉄剤を惜しまず提供くださいました伊藤ハムライフサイエンス株式会社のご協力に深謝いたします。寮および合宿中の食事管理には、（有）デリカコスモの石川秀一社長をはじめ管理栄養士の板垣香織さん（東京農業大学栄養科学科2002年度卒業）のご協力に感謝申し上げます。

文献

- 1) 川原 貢, 2003. スポーツと貧血. *Sportsmedicine*, 53, 6-10.
- 2) ASANO, K., MASAOKA, T., TAKAMATSU, K., KOHNO, I. and KOBAYASHI, K., 1991. Effects of altitude training on aerobic work capacity in Japanese athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, Suppl, S, 128.
- 3) ROBERTSON, R.J., 1984. Hemoglobin concentration and aerobic work capacity in women following induced erythrocythemia. *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 57, 568-575.
- 4) 米村 勝, 1999. 末梢血管モニタリング装置アストリムの性能について. *System J.*, 22, 249-254.
- 5) 山路啓司, 1983. マラソンの科学. 大修館, 64-65.
- 6) 豊岡示朗, 2003. 長距離ランナーの貧血とその予防. *Sportsmedicine*, 53, 11-15.

Prevention Measure for Anemia Aiming at the Finals of Hakone's Long-Distance Relay

By

Osamu KASHIMURA*, Yukari KAWANO**, Etsuroh TANAKA**,
Naoki MAEDA*** and Takeshi SEKIGUCHI****

(Received May 24, 2004/Accepted September 17, 2004)

Summary : The purpose of this study was to carry out a nutrition survey and also ascertain hemoglobin (Hb) concentrations at the time of a short high-altitude training camp, in the collegiate long-distance runners aiming for the finals of Hakone's long-Distance relay. The hemoglobin concentrations in eight runners showed a declining trend, which is a symptom of anemia. Those runners who were in an anemia trend took hem iron and we examined whether or not the improvement of anemia was a possibility. As a result, hemoglobin concentrations in the iron recipient runners improved just after and also 2 weeks after this camp. Also, the Hb concentrations before this camp in the first year students were significantly lower than the concentrations of the fourth year student. The iron intake on this training camp averaged 10.5 mg per day and was felt to be insufficient. It was considered that we were able to achieve the finals of Hakone's long-distance relay by the anemia inspection, iron recipe and also subsequent nutrition improvement.

Key words : Long distance runner, hemoglobin concentration, high-altitude training, iron take, nutritional measurement

* Faculty of International Agriculture and Food Studies, Tokyo University of Agriculture

** Department of Nutritional Science, Faculty of Applied Bio-Science, Tokyo University of Agriculture

*** Faculty of Applied Bio-Science, Tokyo University of Agriculture

**** Department of Functional Foods, Ito Life Sciences