

コエンザイム Q10 摂取が 合宿期における大学剣道選手の溶血に及ぼす影響

The influence of coenzyme Q10 ingestion on hemolysis in college kendo athletes at a training camp

今有礼, 木村文律, 谷村祐子, 清水和弘, 河野一郎

M. Kon, F. Kimura, Y. Tanimura, K. Shimizu, I. Kono

筑波大学大学院人間総合科学研究科

Department of Comprehensive Human Sciences, Tsukuba University

キーワード: 溶血, ヘモグロビン, 剣道, 物理的衝撃, 赤血球

Key words: hemolysis, hemoglobin, kendo, physical impact, erythrocyte

Abstract

The purpose of this study was to determine serum haptoglobin concentration and hematocyte components, and to examine the effect of coenzyme Q10 (CoQ10) supplementation on hemolysis of collegiate kendo athletes during training camp.

The subjects were eighteen healthy males belonging to a college Kendo club. They were divided into two groups: CoQ10 ingestion group (CoQ10 group, n=10) and placebo ingestion group (placebo group, n=8). All Subjects took 300 mg of CoQ10 per day or placebo from 14 days before the training camp to end of training camp for a total of 20 days. All subjects practiced Kendo 5.5 hours a day for 6 days at a training camp. Blood samples were taken two weeks before, first day, third day, fifth day, and 1 week after the training camp.

In CoQ10 and placebo groups, serum haptoglobin, hemoglobin concentration, and hematocrit value were significantly lower during the training camp than before. Erythrocyte count was lower during the training camp than before in both groups. However, there is no difference between CoQ10 group and placebo group.

Therefore, it is thought that the CoQ10 ingestion was not able to reduce the hemolysis caused by practicing the kendo at a training camp.

スポーツ科学研究, 3, 78-87, 2006 年, 受付日: 2006 年 8 月 27 日, 受理日: 2006 年 9 月 22 日

連絡先: 今有礼, 〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院人間総合科学研究科

Tel: 029-853-5600-8362, Fax 029-853-2656, e-mail: michihiro@med.taiiku.tsukuba.ac.jp

I. 序論

剣道は、日本古来の武術である剣術を競技化したスポーツであり、今日では老若男女問わず幅広い年齢層の人々が剣道を行っている。1970 年には、国際剣道連盟が設立され、三年ごとに世界選手権が開催されている。現在、世界選手権には、40 を超える国と地域から選手が参加しており、剣道は世界的なスポーツとなってきている。それゆえ、剣道選手の身体のコンディショニングを把握することや、試合に向けてのコンディショニングが重要視されてきている。しかし、剣道選手のコンディショニングに関する研究は、他のスポーツ競技と比べて圧倒的に少ないのが現状である。

アスリートがコンディションを崩す要因は様々あるが、その一つとして運動性貧血が挙げられる。アスリートにみられる貧血の頻度は、一般人と比べて成人男性では約 10%, 成人女性では約 20%高いことが報告されている^{12, 21)}。さらに鈴木ら¹⁹⁾は、大学体育会スポーツ選手の貧血を調査した結果、剣道は他のスポーツ種目に比べ、貧血が多いことを報告している。運動性貧血は、運動能力やパフォーマンスを低下させるため、コンディショニングの面からも重要な問題である⁹⁾。

運動性貧血を誘発する原因の一つとして、足底部への物理的衝撃や酸化ストレス・乳酸の増加などによって引き起こされる溶血があげられる^{1, 13)}。溶血は、

赤血球膜が破れて、赤血球内のヘモグロビンが血液中に流出する現象である。血液中に流出したヘモグロビンは、非結合型ハプトグロビンと複合体を形成し、速やかに肝臓で処理される。それゆえ、ハプトグロビンは溶血の程度を反映する指標の一つとして考えられている。

運動とハプトグロビンとの関係を調べた研究はいくつか報告されている。Biancotti et al.²⁾とSchumacher et al.¹⁷⁾は、ランナーと自転車競技選手のハプトグロビン濃度を比較し、ランナーのハプトグロビン濃度の方が低値を示したことを報告している。また、田中と堀²²⁾は、長時間の歩行時にハプトグロビン濃度が低下したことを報告している。これらの研究結果は、運動による足底部への物理的衝撃が、溶血に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。我々は、足底部への物理的衝撃が大きい剣道が、血清ハプトグロビン濃度を減少させることを初めて報告した¹⁰⁾。この結果は、剣道が溶血を誘発しやすい競技であることを示唆している。しかし、我々が行った前回の研究は、剣道が誘発する溶血の軽減策の検討までには至っていない。剣道によって誘発される溶血の軽減策を検討することは、剣道選手のコンディショニングを考える上で非常に重要であると思われる。

先行研究において、脂溶性のサプリメントであるコエンザイム Q10 (CoQ10) は、溶血の軽減に効果があると報告されている¹⁸⁾。CoQ10 は、細胞膜を含むあらゆる細胞小器官に存在する脂溶性の抗酸化物質であり^{6, 14, 24)}、以前は、医療用医薬品として心不全の治療に使用されていたが、日本では 2001 年から食品としての使用が認可されたサプリメントである。また、CoQ10 は、抗酸化作用を持つだけでなく、細胞膜の安定化にも関わっていることが報告されている^{8, 15)}。さらに Sugiyama et al.¹⁸⁾ は、in vitro の実験にお

いて、赤血球の懸濁液内への CoQ10 添加が、赤血球膜の破壊を軽減したことを報告している。この結果は、CoQ10 が赤血球膜浸透圧抵抗性の増加に直接的な効果を持つことを示唆している。それゆえ、CoQ10 を合宿が始まる数週間前から摂取し、赤血球内の CoQ10 濃度を高めておくことで、赤血球膜の浸透圧抵抗性が増加し、溶血を軽減させることができる可能性があると思われる。しかしながら、ヒトを対象に CoQ10 摂取が運動によって引き起こされる溶血に及ぼす影響を検討した研究はない。それゆえ、溶血を誘発しやすい剣道で、CoQ10 摂取が溶血に及ぼす影響を検討することは、非常に意義深いと考えられる。

そこで本研究では、合宿期における大学剣道選手の血清ハプトグロビン濃度および血球成分の変動を調べ、CoQ10 摂取が溶血に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象

対象は、平成 18 年 3 月 25 日から同年 3 月 30 日の 6 日間に実施された、筑波大学剣道部春季強化合宿に参加した体育会剣道部に所属する健常男性 18 名とした。各被験者の身体特性を **Table 1** に示した。筑波大学体育会剣道部は全日本学生剣道優勝大会(団体戦)において、過去 9 回優勝しており、競技レベルは大学トップレベルである。全被験者はいずれも常用薬、サプリメントの服用はなかった。すべての被験者に本実験の趣旨、内容についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。なお、本研究は「筑波大学体育科学系研究審査委員会」の承諾を得て実施した。

Table 1. Characteristics of the subjects

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)	Athletic career (yr)
CoQ10 (n=10)	20.5±1.0	171.3±5.8	71.33±8.0	14.5±2.4	13.8±1.3
placebo (n=8)	19.7±1.0	172.0±5.4	70.5±7.9	14.3±1.9	12.4±1.9

2. CoQ10 および placebo の摂取

すべての被験者は CoQ10 摂取群 (n=10)、placebo 摂取群 (n=8) に分類された。被験者は、二重盲検法により無作為に CoQ10 入りカプセル(カネカ社, 大阪)またはプラセボカプセル(カネカ社, 大阪)を受け取った。CoQ10 摂取群は、強化合宿 2 週

間前から強化合宿終了日までの計 20 日間、CoQ10 入りカプセル(100 mg/capsule)を朝食後に 3 カプセル(300 mg/日)摂取した。Placebo 摂取群も CoQ10 摂取群と同様に、CoQ10 が入っていないプラセボカプセルを 20 日間、朝食後に 3 カプセル摂取した。CoQ10 を 1 日 300 mg、2 週間摂取する

ことにより, 血中 CoQ10 濃度の増加が最大限に達すると報告されている⁷⁾. なお, 強化合宿期間中の被験者の食事は, すべて同一であった.

3. 練習内容および室内環境

練習は, 午前 9 時から午前 11 時 30 分, 午後 2 時 30 分から午後 5 時 30 分の計 5 時間 30 分を行った. 午前の練習内容は, 準備体操, 素振り(20 分間), 切り返し及び基本練習(40 分間), 五角稽古(60 分間), 掛かり稽古(15 分間), 整理運動(5 分間)の計 140 分間とした. 午後の練習内容は, 準備体操, 素振り(20 分間), 試合練習(100 分間), 五角稽古(45 分間), 整理運動(5 分間)とした. なお, 午前の基本練習と五角稽古の間, 午後の試合稽古と五角稽古の間には 10 分間の休憩と水分補給を行った. 水分補給は自由飲水とした.

4. サンプル採取および保存方法

採血は, 合宿 2 週間前(pre), 合宿初日(1 d), 3 日目(3 d), 5 日目(5 d), および合宿終了 1 週間後(post)に行い, いずれも午後 1 時半に行った.

血液は, 5 ml ツベルクリン用注射器を用いて肘正中静脈より採取した. 採取した血液は, 血清分離剤入りの採血管(血清ハプトグロビン濃度測定用)と EDTA-2K 入りの採血管(血球成分測定用)に分注した. その後, 血清分離剤入り採血管を 3000 rpm (4°C) で 10 分間遠心分離し, 血清のみを取り出し, -40°C で冷凍保存した. 血球成分測定用のサンプルとして, 全血を 4°C で冷蔵保存した.

5. 測定項目及び測定方法

本研究では, 溶血を反映する指標として血清ハプトグロビン濃度, 血中ヘモグロビン濃度, 赤血球数及びヘマトクリット値を測定した. 血清ハプトグロビン濃度の測定には, ネフェロメトリー法を用いた¹⁶⁾. 検体を希釈液(PBS)で 20 倍に希釈し, 反応緩衝液(リン酸バッファー), N-抗血清ハプトグロビンを反応容器に分注し, 室温にてインキュベートした. その後, 自然光による散乱を対照とし, LED 照射による散乱強度を 840 nm として測定を行った. 血清ハプトグロビ

ン濃度の測定値が 10 mg/dl 以下の場合, 血清ハプトグロビン濃度を数値化することは不可能であるため, 測定値を 10 mg/dl で統一した.

血中ヘモグロビン濃度の測定には SLS 法, 赤血球数の測定にはシーフロー電気抵抗検出法, ヘマトクリット値の測定には赤血球パルス波高値検出法を用いた¹⁾. SE-9000 (Sysmex SE-9000, Sysmex 社, 兵庫)を用いて, 自動洗浄後に検体をサンプルラックにセットし, 測定を行った.

また, 午前と午後の練習の運動強度を客観的に評価するために, 血中乳酸濃度を午前と午後の練習直前および直後に測定した. なお, 血中乳酸濃度の測定に関しては, CoQ10 と placebo の摂取に関わらず無作為に 7 名を選び, 午前と午後の練習直前直後に測定を行った. 血中乳酸濃度の測定は, 簡易血中乳酸測定器(ラクテート・プロ LT1710, ARKRAY 社, 京都)を用いて行った.

なお, 脱水に伴う血液濃縮の影響を考慮し, 測定値は, Dill と Costill⁵⁾の方法を用いて補正された. これは, 運動前後におけるヘモグロビンとヘマトクリットの値を用いて, 血漿量の変化率を算出し, 各測定値を補正する方法である.

6. 統計処理

測定値は, 平均値 ± 標準偏差で示した. 合宿前(pre), 合宿中(1 d, 3 d, 5 d), および合宿後(post)の各測定値の差の検定は, 反復測定による二元配置の分散分析を用い, 有意差が認められた場合には Bonferoni/Dunn 法を用いて多重比較の検定を行った. いずれの場合も, 危険率 5 %未満をもって有意差ありとした.

Ⅲ. 結果

1. 体重及び体脂肪率の変動

体重及び体脂肪率の変動を Table 2 に示した. CoQ10 摂取群及び placebo 摂取群の体重及び体脂肪率は, 合宿前(pre), 合宿中(1 d, 3 d, 5 d), 及び合宿後(post)で有意な変動は認められなかった.

Table 2. The changes of weight and body fat in CoQ10 and placebo groups before (pre), during (1d, 3d, 5d), after (post) training camp.

		pre	1d	3d	5d	post
Weight (kg)	CoQ10	71.3±8.0	72.4±7.6	72.3±7.5	73.5±8.0	72.6±8.0
	placebo	71.9±8.3	73.1±8.7	71.6±7.7	73.7±8.0	73.0±8.2
Body fat (%)	CoQ10	14.5±2.4	15.0±2.3	13.9±2.2	14.9±2.2	14.6±2.4
	placebo	14.5±1.9	14.9±2.1	13.4±1.9	14.4±2.0	14.7±2.0

values are means ± SD

2. 血清ハプトグロビンの変動

血清ハプトグロビン濃度の変動を Fig. 1 に示した. CoQ10 摂取群の血清ハプトグロビン濃度は, pre と

比較し 3 d, と 5 d で有意な減少を示した (P<0.01). placebo 摂取群の血清ハプトグロビン濃度は, pre と比較し 3 d と 5 d で有意な減少を示した (P<0.05).

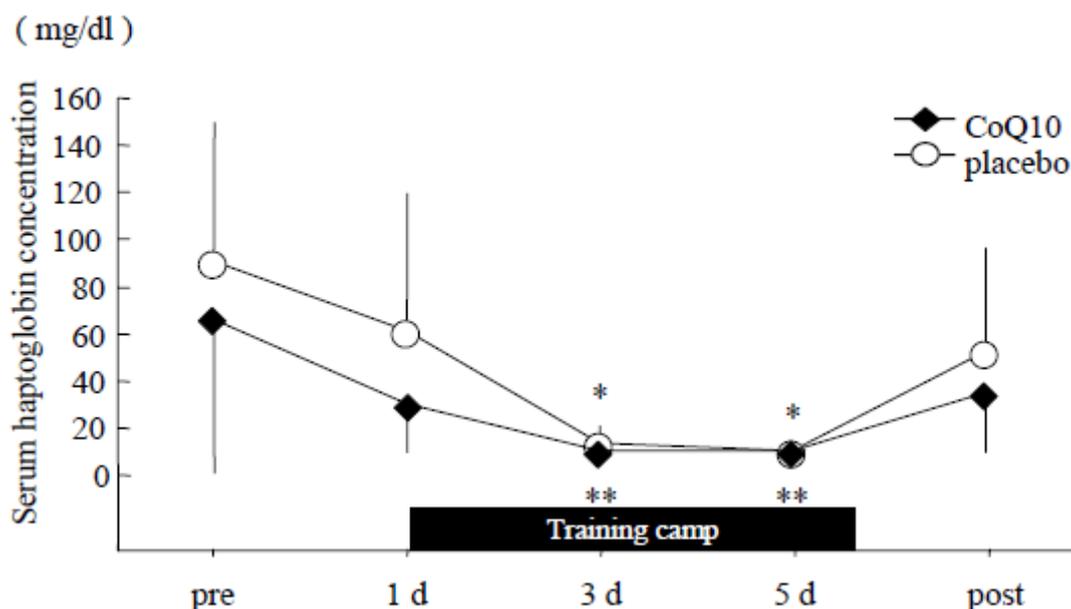


Figure 1. The changes of serum haptoglobin before (pre), during (1d, 3d, 5d), after (post) training camp.

Values are means ± SD. **P<0.01 vs pre, *P<0.05 vs pre.

3. 血球成分の変動

血球成分 (赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット) の変動を Table 3 に示した. CoQ10 摂取群の赤血球数は, pre と比較し 5 d で有意な減少を示した (P<0.01). placebo 摂取群の赤血球数は, pre と比較し 5 d で減少傾向 (P<0.08) を示した.

CoQ10 摂取群の血中ヘモグロビン濃度は, pre と

比較し 3 d と 5 d で有意な減少を示した (P<0.01). placebo 摂取群の血中ヘモグロビン濃度は, pre と比較し 5 d で有意な減少を示した (P<0.01). CoQ10 摂取群のヘマトクリット値は, pre と比較し 3 d と 5 d で有意な減少を示した (P<0.01). placebo 摂取群のヘマトクリット値は, pre と比較し 5 d で有意な減少を示した (P<0.01).

Table 3. The changes in RBC, Hemoglobin, and Hematocrit before (pre), during (1d, 3d, 5d), after (post) training camp.

		pre	1d	3d	5d	post
RBC ($1 \times 10^4 / \text{mm}^3$)	CoQ10	524.1 ± 29.9	511.6 ± 25.6	492 ± 20.4	473.1 ± 25.1**	508.2 ± 33.8
	placebo	513.5 ± 33.5	487.3 ± 31.8	502.5 ± 52.6	453.4 ± 45.5	476.6 ± 43.8
Hemoglobin (g/dl)	CoQ10	15.8 ± 0.7	15.5 ± 0.4	14.7 ± 0.3**	14.3 ± 0.6**	15.5 ± 0.7
	placebo	15.4 ± 0.5	15.1 ± 0.6	15.1 ± 1.2	13.9 ± 0.9**	14.8 ± 0.9
Hematocrit (%)	CoQ10	47.8 ± 2.0	47.5 ± 1.4	44.3 ± 1.9**	43.2 ± 1.8**	46.4 ± 2.0
	placebo	46.8 ± 1.5	46.5 ± 1.8	45.2 ± 3.0	42.4 ± 2.5**	44.5 ± 2.3

values are means ± SD. **P<0.01 vs pre.

4. 午前と午後の練習前後における血中乳酸濃度の変動

午前の練習前後における血中乳酸濃度は、練習前(1.9 ± 1.1 mM)と比較し練習後(8.1 ± 3.6 mM)で有意な増加を示した(P<0.01)。午後の練習前後においても血中乳酸濃度は、練習前(2.0 ± 0.5 mM)と比較し練習後(4.3 ± 2.3 mM)で有意な増加を示した(P<0.05)。

IV. 考察

本研究では、CoQ10 摂取が合宿期における剣道選手の血清ハプトグロビン及び血球成分の変動に及ぼす影響を経時的に調べた。その結果、血清ハプトグロビン濃度と血球成分は pre と比較し、合宿中(3 d, 5 d)で減少した。しかし、CoQ10 摂取群と placebo 摂取群の血清ハプトグロビン及び血球成分の変動に有意差は認められなかった。従って、血清ハプトグロビンおよび血球成分の変動は、剣道の練習によって溶血が引き起こされたこと、及び CoQ10 を摂取することで、剣道の練習によって引き起こされる溶血を防ぐことができなかったことを示している。

Sugiyama et al.¹⁸⁾は、単離した赤血球の懸濁液に CoQ10 を添加すると、赤血球内の CoQ10 濃度が、添加した CoQ10 の濃度に依存して増加することを報告した。また、彼らは、CoQ10 が赤血球膜浸透圧抵抗性に及ぼす影響について、単離した赤血球の懸濁液に赤血球膜の破壊を引き起こす Triton X-100 (界面活性剤)と NaCl を添加することによって調べた。その結果、赤血球膜の破壊は、赤血球内の CoQ10 濃度に依存して軽減されることが示された。この結果は、CoQ10 が赤血球膜浸透圧抵抗性の増加に直接的な効果をもつことを示しており、CoQ10 が溶血を軽減する可能性を示唆している。この in vitro の実験により、CoQ10 が溶血の軽減に直接的な効果を持っていることが証明された。しかし、in vivo の実験

において、CoQ10 摂取が溶血を軽減する効果を持つのかどうかについてはこれまで報告されていない。また、CoQ10 摂取が、運動誘発性の溶血の軽減に効果があるのかどうかについても検討されていない。Ikematsu et al.⁷⁾は、CoQ10 を 1 日 300 mg, 2 週間摂取することにより、血中 CoQ10 濃度の増加が最大限に達することを報告している。また、我々は、合宿期の剣道の練習が溶血を引き起こすことを報告している¹⁰⁾。

それゆえ、今回我々は、体育会剣道部に所属する大学トップクラスの男子大学生に、合宿が始まる 2 週間前から合宿終了日までの計 20 日間、CoQ10 を 1 日 300 mg 摂取してもらい、CoQ10 摂取が運動(剣道)誘発性の溶血の軽減に効果があるのかどうかを検討した。その結果、血清ハプトグロビン濃度と血球成分は pre と比較し合宿中で減少したが、CoQ10 摂取群と placebo 摂取群の血清ハプトグロビン及び血球成分の変動に有意差は認められなかった。それゆえ、CoQ10 を摂取することで、合宿期の剣道の練習によって引き起こされる溶血を軽減することはできないと考えられる。

本研究で、CoQ10 摂取により溶血が軽減されなかった要因の一つとして、剣道の練習による足底部への物理的衝撃が非常に大きいことが可能性として考えられる。田中ら²³⁾は、剣道の踏み込み動作時に足底部へかかる衝撃が、男性で 810 ± 102.3 kg 重にも達すると報告している。また、Davidson⁴⁾は硬い路面を走ると溶血し、柔らかい路面では溶血しないと報告している。これは、足底部への物理的衝撃が溶血を亢進することを示唆している。それゆえ、剣道時の踏み込み動作による足底部への物理的衝撃が非常に大きいため、溶血を軽減することはできなかったと考えられる。

また、CoQ10 摂取により運動誘発性の溶血が軽減されなかったもう一つの要因として、赤血球膜への

CoQ10 の吸収効率が考えられる. Sugiyama et al.¹⁸⁾ の *in vitro* の研究において, 溶血を軽減させるのに効果があった CoQ10 濃度は, 約 85 $\mu\text{g/ml}$ であった. 一方で, Ikematsu et al.⁷⁾ の研究での血中 CoQ10 濃度は約 3 $\mu\text{g/ml}$ であり, 本研究における血中 CoQ10 濃度も同様であったと推測される. *In vitro* の実験と *in vivo* での実験を単純に比較することはできないが, 運動誘発性の溶血を軽減するためには, CoQ10 の投与量を増やして検討する必要があると思われる. しかしながら, CoQ10 は脂溶性の物質であるため, 過剰摂取による副作用の危険性も考慮しながら, 今後検討を重ねていく必要がある.

また, これまでの研究では明らかにはなっていないが, 外因性の CoQ10 が細胞内に取り込まれるのには, CoQ10 に特異的な結合タンパク質などが存在している可能性も考えられる. もし存在するならば, そのような結合タンパク質が細胞内への CoQ10 の吸収効率に影響している可能性がある. 今後は CoQ10 に特異的な結合タンパク質が存在するの否かについても検討していく必要がある.

運動によって引き起こされる溶血の原因としては, 他に高強度運動によって生じる乳酸による血中 pH の低下や, 運動時の酸素摂取量の増加に伴って生成量が増加する活性酸素による赤血球膜の破壊が考えられる. 本研究では, 午前および午後の練習前後に血中乳酸濃度を測定した. その結果, 午前, 午後ともに練習前と比較し練習後に血中乳酸濃度が有意に増加した. それゆえ, 合宿期の午前および午後に行った剣道の練習は, 高強度であったと考えられる. 剣道によって生じた乳酸による血中 pH の低下も, 溶血の要因の一つとして考えられる. しかしながら, 今回我々が乳酸を測定した目的は, 合宿期に行った午前及び午後の練習の運動強度を客観的に把握するためであり, CoQ10 摂取群と placebo 摂取群に分けて測定を行っておらず, CoQ10 摂取による影響については考慮していない. それゆえ今後は, CoQ10 摂取による乳酸への影響も考慮した検討が必要であると思われる.

赤血球は, 常に多くの酸素に曝露され続けているのに加え, 鉄や不飽和脂肪酸であるリン脂質を多く含んでいる. それゆえ, 極度に酸化ダメージを受けやすく, 過酸化脂質を生成しやすいと報告されており³⁾, 運動時の酸素摂取量の増加に伴って生成量が増加する活性酸素も溶血の要因の一つとして考えられている. しかし, 鈴木ら²⁰⁾は, 女性アスリートを対象に自転車エルゴメーターを用いて急性運動を行わせたところ, 運動後に血清ハプトグロビンが減少し, 過酸化脂質の指標である TBARS は有意な増加を示さなかったことを報告している. この結果は, 運動後に溶血は引き起こされるが, 溶血に対する酸化ストレスの影

響は小さい可能性を示唆している. 本研究では, 酸化ストレスマーカーの測定を行っていないため推測の域を脱していないが, 溶血に対する酸化ストレスの影響は小さいと考えられる.

本研究の結果から, CoQ10 の摂取は, 剣道で引き起こされる溶血を軽減することができない可能性が示唆された. また, 剣道によって誘発される溶血の要因として, 足底部への物理的衝撃の影響が非常に大きい可能性がある. 今後は, 剣道が溶血を引き起こす要因について更に追及し, 剣道によって誘発される溶血の軽減策を検討していく必要がある.

V. まとめ

本研究では, CoQ10 摂取が, 合宿期における大学剣道選手の血清ハプトグロビン濃度と血球成分の変動に及ぼす影響を検討した. 血清ハプトグロビン濃度および血球成分は剣道の練習によって減少したが, CoQ10 摂取群と placebo 摂取群の間に有意な差は認められなかった. 従って, CoQ10 摂取は, 合宿期の剣道の練習によって引き起こされる溶血を軽減することはできなかったと考えられる.

文献

1. Ashenden MJ, Fricker PA, Ryan RK, Morrison NK, Dobson GP, Hahn AG. (1998) The haematological response to an iron injection amongst female athletes. *Int J Sports Med.* 7: 474-478
2. Biancotti PP, Caropreso A, Di Vincenzo GC, Ganzit GP, Gribaudo CG. Hematological (1992) status in a group of male athletes of different sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 32:70-75
3. Clark MR. (1998) Senescence of red blood cells: progress and problems. *Physiol Rev.* 2: 503-554
4. Davidson RJ. (1964) Exersional haemoglobinuria: a report on three cases with studies on the haemolytic mechanism. *Journal of Clinical Pathology.* 17:536-540
5. Dill DB, Costill DL. (1974) Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol.* 37: 247-248
6. Ericsson J, Dallner G. (1993) Distribution, biosynthesis, and function of mevalonate pathway

- lipids. *Subcell Biochem.* 21:229-272
7. Ikematsu H, Nakamura K, Harashima S, Fujii K, Fukutomi N. (2006) Safety assessment of coenzyme Q10 (Kaneka Q10) in healthy subjects: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Regul Toxicol Pharmacol.* 44:212-218
 8. Kambara N, Takagi K, Satake T, Sugiyama S, Ozawa T. (1983) Mechanism responsible for endotoxin-induced lung microsomal dysfunction in rats. *Lung.* 161:361-368
 9. 川原貴(1989) スポーツ選手の貧血の問題と対策, *臨床スポーツ医学*, 489-492
 10. 今有礼, 中村久美子, 夏井裕明, 木村文律, 李虎城, 赤間高雄, 河野一郎: 夏季合宿期における大学剣道部員の血清ハプトグロビン変動, *武道学研究*(印刷中)
 11. 光田篤司, 他: 血液日常検査へのNE-7000 の導入とその評価, *System Journal*, 13, 82-99, 1990.
 12. 河野一郎(1989) 女子スポーツ選手の貧血の状況, *臨床スポーツ医学*, 6, 489-492
 13. Lehmann M, Wieland H, Gastmann U. (1997) Influence of an unaccustomed increase in training volume vs intensity on performance, hematological and blood-chemical parameters in distance runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 37:110-116
 14. Low P, Peterson E, Edlund C, Brunk U, Appelkvist EL. (1992) Nonmembrane associated dolichol in rat liver. *Lipids.* 27:1-9
 15. Nagai S, Miyazaki Y, Ogawa K, Satake T, Sugiyama S, Ozawa T. (1985) The effect of Coenzyme Q10 on reperfusion injury in canine myocardium. *J Mol Cell Cardiol.* 17:873-884
 16. 桜林郁之介, 河合忠(1983) ネフェロメトリー関連測定法, (臨床検査のための免疫アッセイ-技術と応用-免疫アッセイの原理と応用)(臨床増刊), 53, 71-81
 17. Schumacher YO, Schmid A, Grathwohl D, Bultermann D, Berg A. (2002) Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Med Sci Sports Exerc.* 34: 869-875
 18. Sugiyama S, Miyazaki Y, Nagai S, Ozawa T. (1985) Protective effect of coenzyme Q10 on erythrolysis induced by octoxinol or hypotonic salines. *Arzneimittelforschung.* 35:26-27
 19. 鈴木美貴, 大林千代美, 常川尚美, 八木紫, 味村純, 木下訓光, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎元(1998) 大学体育会スポーツ選手の貧血, *慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要*, 31-36
 20. 鈴木光実, 朱美賢, 鈴木なつ未, 目崎登(2006) 女性アスリートにおける急性運動が溶血と酸化ストレスに及ぼす影響, *体力科学*, 55, 259-268
 21. 田中信雄, 辻田純三, 黛誠, 東隆暢, 山田敏男, 堀清記(1980) 身体鍛錬者と非鍛錬者の激運動時における赤血球数, ヘマトクリット値, エリスロポエチン濃度の変化の比較, *体育学研究*, 25, 119-126
 22. 田中信雄, 堀清紀(1989) 運動による貧血に関する研究とその動向, *臨床スポーツ医学*, 6, 473-482
 23. 田中幸夫, 藤田紀盛, 百鬼史訓, 橋爪和夫, 横山直也(1980) 剣道における打撃動作中の足底力に関する研究-踏み込み動作について(その3)-, *武道学研究*, 12, 33-34
 24. Zhang Y, Turunen M, Appelkvist EL (1996) Restricted uptake of dietary coenzyme Q is in contrast to the unrestricted uptake of alpha-tocopherol into rat organs and cells. *J Nutr.* 126, 2089-2097