

## 抗酸化作用を有したサプリメントの摂取が スポーツパフォーマンスに与える影響

### Effects of consuming a supplement with antioxidant action on sports performance

須藤 明治\*, 岡田 雅次\*, 山田 健二\*\*, 矢澤 一良\*\*\*

Akiharu SUDO\*, Masaji OKADA\*, Kenji YAMADA\*\* and Kazunaga YAZAWA\*\*\*

#### Abstract

The current study examined subjective fatigue and sports performance while consuming a supplement with antioxidant action for 30 d. A questionnaire to gauge fatigue was administered prior to the study, 1 wk after its start, 2 wk after its start, 3 wk after its start, and upon conclusion of the study. One group of participants included 6 male college triathletes who routinely exercised by swimming for 2 hr 5 times a wk, biking for 4 hr once a wk, and running for about 3 hr 3 times a wk. Results indicated statistical improvement in fatigue, the legs, the torso, physical recovery, the lower back, the knees, the hips, the back, and the shoulders. In addition, participants completed a 400-m swim before and after the study. Results indicated that performance on the swim improved significantly ( $p<0.01$ ). Moreover, the total score for fatigue was 47.7 points after the study versus 35.6 beforehand, so fatigue improved significantly ( $p<0.01$ ). A second group of participants included 5 track and field athletes who routinely exercised 2 to 3 hr 5 times a wk. Their fatigue improved significantly ( $p<0.05$ ), as indicated by values before and after the study. These findings indicate that the “antioxidant action” of astaxanthin may actually involve antioxidant action, anti-fatigue action, antiinflammatory action, enhanced immunity, and enhanced endurance. Moreover, the supplement’s 2 actions, “production of energy” by reduced coenzyme Q10 and “antioxidant action” that inhibited physical deterioration, may have led to improved performance. Furthermore, leucine may have augmented muscle protein synthesis. Two amino acids, leucine and arginine, efficiently produce energy through the citric acid cycle (a system for energy metabolism) and hasten recovery from fatigue. Thus, the supplement may have helped athletes engaged in strenuous training like that in this study to recover from fatigue. Citrulline is a vasodilator that improves sports performance, and

\* 国士館大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士館大学体育学部附属体育研究所 (Institute of Health, Physical Education and Sport Science, School of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* 早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構 (Waseda University Research Organization for Nano & Life Innovation)

citrulline presumably helped participants improve their time on the 400-m swim. An essential fatty acid (an  $\omega$ 3 polyunsaturated fatty acid), DHA in phospholipid form is taken up by the cell membrane. DHA enhances cell and tissue function in the body by prompting cells to take up nutrients and quickly eliminate waste products, and DHA presumably helps the body to recover from fatigue.

*Key words: Antioxidant action, Sports performance, Supplement*

## I. はじめに

近年、高齢社会となり、高齢者の筋力低下、特にフレイル・サルコペニアといった運動不足や日常生活活動の減少により筋肉量が減少し、歩行をはじめとした日常生活が困難になってしまうロコモティブシンドロームを発症してしまうケースが多く見受けられ、介護施設での負担が大きな社会問題となっている。また、高齢化とともに日本では認知症の罹患率も高く、その対策も即急を要するといわれている。これらの筋力低下は、運動やトレーニング不足であり、若い時からのいわゆる「貯筋」活動が大切であることが近年叫ばれているが、日ごろの身体活動量も少ないことに加え、食事での咀嚼の減少から、食事が減ってしまい摂らなければならない食品を摂取できないこともある。食事や栄養を摂取し、身体の維持に努めることは重要であると考えられる。

さらに、活性酸素の存在は、遺伝子損傷からの癌の発生が問題視されている。それに対し、酸化物質は炎症作用抑制によってBDNF（脳由来神経栄養因子）の増加から認知症予防に貢献する<sup>1)</sup>とも言われている。このことから、抗酸化作用を有する食事を摂取することは活性酸素の増加を抑えることに繋がると考えられるが、食事だけでなく簡易に抗酸化作用を有するサプリメントなどを摂取することで、高齢者をはじめ運動習慣がある人にとっても有効であると考えられる。抗酸化作用を有するサプリメントの摂取は、老化予防、疲労回復、健康維持増進に対して重要な働きをもた

らすのではないかと考えられ、高負荷でのトレーニング後の超回復は、スポーツ選手のパフォーマンスを向上させるためにも重要であり、トレーニング効果の向上は選手にとっても重要なことであると考えられる。

そこで、本研究は、抗酸化作用を有するとされるアスタキサンチン<sup>6)</sup>、シミやくすみの発生を防ぎ、肌の白さ、美しさを保つことができる還元型コエンザイムQ10<sup>7)</sup>、筋タンパク質の合成に大きく関わっているとされるロイシン<sup>9)</sup>、肝臓内の尿素回路の働きを高めて、アンモニアを尿素に変えて体外に排出する作用を早めることにより、特に脳疲労の回復に貢献するアルギニン、血管拡張作用があり血流の促進によりトレーニング効果を高めるシトルリン<sup>3) 8)</sup>、青魚に含まれる血液サラサラ成分と動脈硬化や糖尿病の予防によって生活習慣病の予防に有効であるとともに、脳における情報伝達の活性化による認知症の改善に寄与すると考えられている必須脂肪酸（ $\omega$ 3系多価不飽和脂肪酸）のDHC<sup>2) 7)</sup>の6つの成分が配合されたサプリメントを作成し、30日間摂取した時の体調の変化を観察した。

## II. 方 法

本研究の被験者はトライアスロン選手6名と陸上選手5名とした。表1、2はトライアスロン選手および陸上選手の身体的特徴を示したものである。尚、トライアスロン選手は、日ごろからSwim週5回2時間、Bike週1回4時間、Run週3回

表1 トライアスロン選手の身体的特徴

n	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	筋肉量 (kg)	基礎代謝量 (kcal)
6	19.7±0.8	173.1±4.3	65.3±6.2	10.7±1.8	54.3±4.3	1672.3±147.9

平均値±標準偏差

表2 陸上選手の身体的特徴

n	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	筋肉量 (kg)	基礎代謝量 (kcal)
5	19.0±0.7	176.2±4.5	64.7±4.8	6.9±3.3	57.1±5.6	1792.4±206.3

平均値±標準偏差

表3 トライアスロン選手が摂取したサプリメント成分表

成分名	1回中の 配合量(mg)
ホエイプロテイン	23,727
L-シトルリン	201
L-アルギニン	201
L-ロイシン	1,002

一回の摂取は30g

3時間程度の練習を行っている男子大学生であった。また、陸上選手は、日ごろから週5回2～3時間の練習を行っている男子大学生であった。被験者には、研究の目的、内容等について十分な説明を行い、同意を得られた者を対象とした。また、本研究は、国士舘大学体育学部研究倫理委員会の審査の承認を受けて実施した。

本研究に用いたサプリメントの成分表を表3と表4に示した。トライアスロン選手には粉末状、陸上選手にはカプセル状のサプリメントを提供した。このサプリメントを30日間摂取させたときの主観的な疲労度についてアンケート用紙(表5)を用いて調査した。アンケートは実施前、1週間後、2週間後、3週間後、終了後に記入してもらった。調査項目は、疲労度、体調、睡眠、眼精疲労であり、5段階での評価を行った。さらに、トライアスロン選手には、測定の前後に400m泳のタイム測定を実施した。

本研究における測定値は、平均値±標準偏差で示した。主観的な疲労度及び体調の変化は、対応のあるt検定を用いて分析した。なお、有意水準は、危険率5%をもって有意とし、統計処理にはエクセル統計2010を用いて解析した。

### Ⅲ. 結 果

#### 1) トライアスロン選手の疲労度の変化及びパフォーマンス変化

表6にはトライアスロン選手のアンケート調査結果、図1、2には疲労度合計点の比較および400m泳タイムの比較の結果を示した。トライアスロン選手への調査の結果、調査前後における疲労度、脚、体幹、体の回復、腰、膝、股関節、背中、肩において、統計的に有意に改善していた。また、疲労度の合計では、PREに比べてPOSTが高値を示し、1%水準で統計上有意に向上して

いた。さらに、サプリメントの摂取前後のスポーツパフォーマンスの比較として行った400m泳のタイムでは、POSTがPREに比べて、1%水準において統計上有意に速く泳いでいることが分かった。そのタイム差は11秒であった。

2) 陸上競技選手の疲労度の変化

表7には陸上選手のアンケート調査結果、図3には疲労度の合計点の比較の結果を示した。陸上選手の調査前後における疲労度、脚、上肢、体の回復、股関節において、統計的に改善していた。

表4 陸上選手が摂取したサプリメント成分表

成分名	1回中の配合量(mg)
還元型コエンザイムQ10	47
DHA	30
クリルオイル	30
アスタキサンチン	5

一回の摂取は2粒/日

表5 主観的疲労度のアンケート調査表

疲労度					
(脚)					
(体幹)					
(上肢)					
体の回復					
(腰)					
(膝)					
(股関節)					
(背中)					
(肩)					
睡眠					
眼精疲労					
	5	4	3	2	1
	5...非常に良い、4...良い、3...普通、2...悪い、1...非常に悪い				

表6 トライアスロン選手におけるサプリメント摂取前後の主観的疲労度

	Pre	Post	
疲労度	3.0±0.6	4.0±1.3	*
脚	2.5±1.0	3.5±1.0	*
体幹	3.3±0.5	4.2±0.8	*
上肢	2.8±1.0	3.7±1.0	
体の回復	3.2±0.8	4.0±0.9	*
睡眠	2.8±0.4	4.0±1.3	
腰	3.0±0.9	4.0±0.6	*
膝	2.7±1.5	4.5±0.8	*
股関節	3.0±1.1	4.2±0.8	**
背中	3.3±1.0	4.2±1.2	*
肩	3.0±1.4	3.8±1.0	*
眼精疲労	3.2±0.8	3.5±0.5	

\*:p<0.05, \*\*:p<0.01 平均値±標準偏差

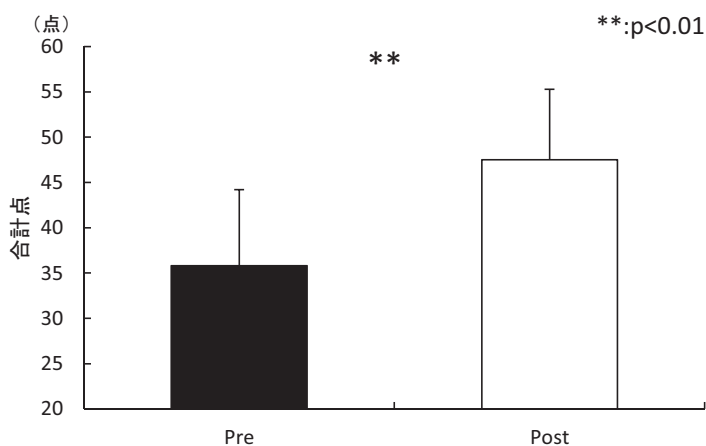


図1 トライアスロン選手におけるサプリメント摂取前後の疲労度合計点数の比較

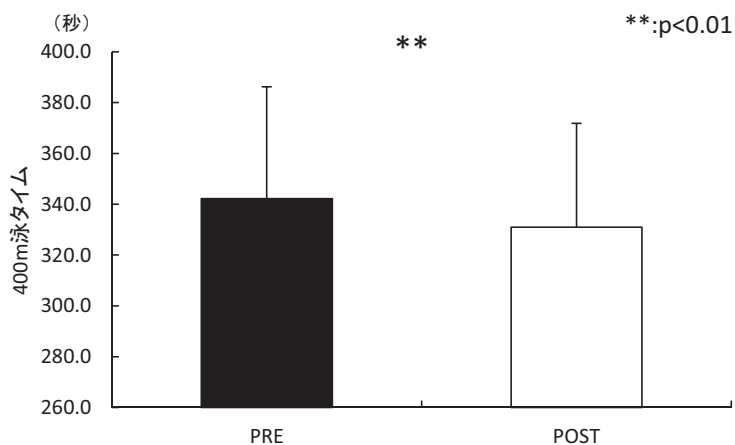


図2 トライアスロン選手におけるサプリメント摂取前後の400m 泳のタイム変化

表7 陸上競技選手におけるサプリメント摂取前後の主観的疲労度

	Pre	Post	
疲労度	3.0±0.0	3.8±0.4	**
脚	3.2±0.8	4.4±0.5	*
体幹	3.2±0.8	4.4±0.9	
上肢	3.2±0.4	4.0±0.7	*
体の回復	3.0±0.7	4.2±0.8	*
睡眠	3.0±1.4	4.0±1.0	
腰	2.8±1.3	4.0±0.7	
膝	2.6±1.1	3.4±0.5	
股関節	2.8±0.8	3.8±0.4	*
背中	3.0±1.2	3.2±0.4	
肩	2.8±1.1	3.8±0.8	
眼精疲労	3.2±0.4	3.4±0.5	

\*:p&lt;0.05, \*\*:p&lt;0.01 平均値±標準偏差

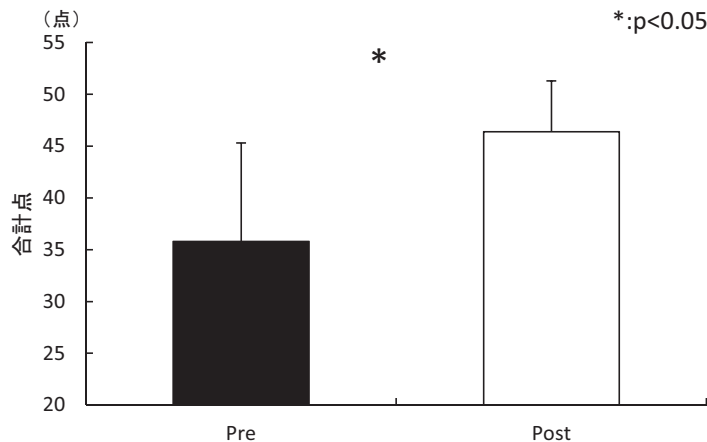


図3 陸上競技選手におけるサプリメント摂取前後の疲労度合計点数の比較

また、疲労度の合計では、PREに比べてPOSTが高値を示し、5%水準で統計上有意に向上していた。

#### Ⅳ. 考 察

トライアスロン選手は、Swim、Run、Bikeと普段の練習が多く常に疲労と回復を繰り返しながら競技力を向上させていることから、今回のサブリの効果は大変意味があるのではないかと考えられた。パフォーマンスの比較では、400m泳のタイムが11秒速くなったことが分かった。また、

陸上部選手においても高負荷でのトレーニングを行い、常に疲労と回復を繰り返しながら競技力を向上させていることから、疲労度が低下していないことに意味があるのではないかと考えられる。特に、アンケートの結果よりトライアスロン選手は体全域に回復傾向が見られ、陸上選手は上肢、体幹に改善傾向が見られた。これらは、運動負荷の違いにより改善傾向が異なったのでないかと考えられた。しかし、アスタキサンチンのもつ「抗酸化作用」である抗酸化、抗疲労、抗炎症、免疫強化、持久力強化といった生存の戦略として利用している物質により<sup>6) 9)</sup>、このような結果が得ら

れたのではないかと考えられた。また、還元型コエンザイム Q10 の主な働きは、摂取した栄養をエネルギーに変換する「エネルギーの生産」と、体の老化を抑制する「抗酸化」の 2 つがあり<sup>2) 6)</sup>、エネルギーをより多く必要とするアスリートにとっては高いパフォーマンスの発揮に不可欠ではないかと考えられた。運動することにより筋肉は疲労し、体内の酸性とアルカリ性のバランスがくずれすることで疲れが生じ、臓器の疲労はエネルギーが不足して臓器の働きが低下することで全身に疲れが生じるといわれている。それらの疲労に対して、ロイシン<sup>4) 9)</sup> の筋タンパク質の合成によってそれを補っているのではないかと考えられた。また、一般にアミノ酸のうち、ロイシン・アルギニン<sup>5)</sup> の 2 つは TCA 回路（エネルギー代謝システム）でエネルギーを効率よく生み出し、疲労の回復を早めるといわれていることから、本測定のようなハードなトレーニングを行っている選手に対して疲労回復に貢献したのではないかと考えられた。シトルリンには血管拡張作用があり、血流の促進により運動パフォーマンスを向上させる効果があること<sup>3)</sup> から、トライアスロン選手の 400m 泳のタイム向上につながったのではないかと推測された。また、必須脂肪酸（ $\omega$ 3 系多価不飽和脂肪酸）の DHA<sup>2)</sup> が細胞膜に取り込まれリン脂質となって、栄養素を細胞に取り込み、老廃物をすばやく排出することで、細胞や組織の機能を活発にし、疲労回復に貢献したのではないかと推察された。本研究は、スポーツパフォーマンスレベル向上のサプリメントの研究開発の成果を示したものであるが、近年社会問題となっている高齢社会におけるロコモティブシンドロームの改善や予防にも広く応用されるべき成果であると考えている。

## V. ま と め

本測定のサプリメントを 30 日間摂取させたときの主観的な疲労度とパフォーマンスレベルを検

討した。疲労度判定アンケート用紙は、実施前、1 週間後、2 週間後、3 週間後、終了後とした。その結果、日ごろから Swim 週 5 回 2 時間、Bike 週 1 回 4 時間、Run 週 3 回 3 時間程度の練習を行っているトライアスロン競技男子大学生 6 名は、疲労度、脚、体幹、体の回復、腰、膝、股関節、背中、肩において、統計的に改善していた。また、400m 泳の測定を PRE と POST の間において行った結果、1%水準で統計上有意に向上していた。また、疲労度の合計では、PRE と POST の間において 1%水準で統計上有意に向上していた。次に、日ごろから、週 5 回 2～3 時間の練習を行っている陸上競技 5 名は、PRE と POST の合計点において 5%水準で統計上有意に疲労度の改善を示した。これらの結果は、アスタキサンチンのもつ「抗酸化作用」である抗酸化、抗疲労、抗炎症、免疫強化、持久力強化の作用ではないかと考えられた<sup>6)</sup>。また、還元型コエンザイム Q10 の「エネルギーの生産」と、体の老化を抑制する「抗酸化」の 2 つの作用から高いパフォーマンスの発揮<sup>7)</sup> にはつながったのではないかと考えられた。次に、ロイシンが筋タンパク質の合成により補っていた<sup>9)</sup> ののではないかと考えられた。そして、一般にアミノ酸のうち、ロイシンやアルギニンなどは TCA 回路（エネルギー代謝システム）でエネルギーを効率よく生み出し、疲労の回復を早めるといわれていること<sup>9)</sup> から、本測定のようなハードなトレーニングをこなしている選手に対しても疲労回復に貢献したのではないかと考えられた。さらに、シトルリンには血管拡張作用があり、運動パフォーマンスを向上させた効果があること<sup>3)</sup> から本測定 400 m のタイム向上につながったのではないかと推測された。最後に、必須脂肪酸（ $\omega$ 3 系多価不飽和脂肪酸）の DHA が細胞膜に取り込まれリン脂質となって、栄養素を細胞に取り込み、老廃物をすばやく排出することで、体内の細胞や組織の機能を活発にし、疲労回復に貢献した<sup>2)</sup> ののではないかと推察された。

## 参考文献

- 1) 橋本道男：食事・運動と認知症予防．老年期認知症研究会誌, 20 (4), 26-31, 2016.
- 2) 韓力・辻智子：n-3系脂肪酸素材クリルオイルの機能性．脂質栄養学, 23 (1), 23-28, 2014.
- 3) 大森肇：高強度運動により出現する疲労をシトルリン投与が抑制する機序．日本体育学会大会予稿集第67回2016.
- 4) 竹垣淳也・近藤浩代・藤野英己：悪液質による筋萎縮に対する抗酸化物質を用いた栄養サポートの予防効果．41 Suppl. (2) (第49回日本理学療法学会大会 抄録集)
- 5) 田川辰也・青木るみ子・境田靖子・石本祐子・近江雅代：アルギニンによる血管拡張機能増強効果に対する 抗酸化ビタミンの影響に関する研究．西南女学院大学紀要, 21, 125-134, 2017.
- 6) 塚原寛樹・松山明正・阿部哲朗・許鳳浩・太田富久・鈴木信孝：アスタキサンチン含有飲料の肌におよぼす影響．日本補完代替医療学会誌, 13 (2), 57-62, 2011.
- 7) 菅野直之：コエンザイム Q10．日歯周誌, 59 (2), 63-67, 2017.
- 8) Suzuki T., Morita M., Kobayashi Y. and Kamimura A.: Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 13 : 6, 2016.
- 9) 鈴木良雄：スポーツにおけるアミノ酸の使用法とその効果．順天堂医学, 57, 95-99, 2011.