

エイコサペンタエン酸摂取が運動機能に及ぼす効果

政安 祐紀・橋本 賢

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第63号抜刷）

エイコサペンタエン酸摂取が運動機能に及ぼす効果

Effect of Eicosapentaenoic Acid on Exercise Outcome

政安 祐紀¹⁾・橋本 賢²⁾†

要 約

競技スポーツのレベル向上は、日々のトレーニングによって達成することができる。日々のトレーニングは、その内容によって筋力の強化、反応性、もしくは持久力の向上につながるが、一方で筋肉痛や筋肉疲労などの炎症がもたらされる。それゆえにトレーニングの継続のためには、このような炎症を軽減させることが求められ、同時に、試合本番時は、十分に炎症を軽減させておく必要がある。炎症を軽減させるために種々の手段が用いられているが、本研究においては栄養学的なアプローチを調査すべく、女子ソフトボール選手を対象に、抗炎症作用を有するn-3系脂肪酸であるエイコサペンタエン酸摂取の効果について、体組成、ベース間ランニング成績および疲労度調査により評価した。

2週間にわたる400 mg/日のエイコサペンタエン酸の摂取により、体重および筋肉量に有意な減少が認められ、ベース間ランニング時間の有意な短縮が認められた ($p=0.001$, paired t-test)。疲労度の変化は、有意ではないが疲労部位の減少傾向が認められた ($p=0.092$, paired t-test)。炎症性物質の定量など、さらなる検証は必要であるが、少なくともエイコサペンタエン酸の習慣的な摂取が運動機能の向上に有効であることが示唆された。

キーワード：エイコサペンタエン酸、抗炎症作用、運動機能

序 論

競技スポーツの選手は、筋力の増強や技術の向上のために様々なトレーニングを骨格筋に負荷をかけながら実施している。それに付随して骨格筋炎症を発症し、炎症は疲労として顕在化することになる。疲労は、筋肉そのものに影響して競技パフォーマンスの低下につながるだけでなく、疲労不安による精神的な影響によるパフォーマンス低下につながる事が予想され、疲労の改善が求められる。

疲労の原因として挙げられるものとして乳酸、筋織

維の破壊、血行不良、異化亢進などがあげられる。しかし、これらは炎症の誘因、もしくは炎症が原因となって起こる症状である。炎症を抑える物質として、酸化作用を強化するビタミン群¹⁻³⁾、ポリフェノール⁴⁾やニンニクなどのアリル化合物⁵⁾、エイコサノイド生成に関わるn-3系脂肪酸⁶⁾などが報告されているが、今回は抗炎症作用を持つn-3系脂肪酸のエイコサペンタエン酸 (EPA) に注目した。

EPAは、血小板から凝集を抑制するトロンボキサン₃ (TXA₃) や血管壁から血小板凝集抑制作用を持つプロスタグランジン₃ (PGI₃) を生成することで、抗血栓に作用することがよく知られている多価不飽和

¹⁾ 美作大学生生活科学部食物学科

²⁾ 美作大学短期大学部栄養学科

†：責任著者

脂肪酸である⁷⁾。一方で、Leeらは、好中球や5-リポキシゲナーゼ系を阻害し、ロイコトリエンB₄ (LTB₄)による好中球機能を阻害することによって抗炎症作用が発現すること、さらに血液中のLTB₄が減少することで抗炎症作用が認められると報告している^{8,9)}。

EPAに関する報告は数多くあるが、これらは共通してEPAによる抗炎症作用にロイコトリエンが関与していることを示している。LTB₄は、好中球や好酸球といった白血球の集積を惹起するため、炎症性白血球と呼ばれている。このロイコトリエンが炎症を慢性化させ、周囲の細胞にダメージを与えるため炎症が起りやすくなると考えられている^{8,9)}。

このようなEPAの作用は、スポーツ栄養の観点においても炎症に起因するけがや疲労の抑制に有効であるかもしれない。そこで本研究は、ソフトボール選手におけるEPAの摂取が運動コンディションの向上に与える効果について女子ソフトボール部員を対象に、体組成変化、ベース間走行所要時間および疲労度調査を用いて検証することを目的とした。

方 法

(1) 対象

美作大学女子ソフトボール部選手14人を対象に行った。なお、本研究は本学倫理委員会の承認を受け、研究の概要を説明し、書面による同意を得た後に実施した。研究協力者は、体調や持病の調査を口頭で行い、問題がないと判断した者とした。

(2) EPAの摂取

EPAを含むサプリメント(DNS EPA, 株式会社ドーム)を夕食後1日2粒(EPAとして400 mg/日)摂取してもらった。調査期間中は、練習や食生活ともに普段と変わらないように過ごしてもらった。サプリメントの摂取期間は2週間とし、サプリメント摂取期間中の食物摂取状況を、食物摂取頻度調査(FFQg Ver. 4, 建帛社)で評価した。

(3) 身体組成の評価

立位身長と体重を測定した後、筋肉量、除脂肪体重、骨格筋量及び体脂肪量をInBody S20(株式会社インボディ・ジャパン)を用いて計測した。

(4) 疲労部位調査

日本産業衛生協会・産業疲労委員会の様式を用いた^{10,11)}。図1に様式を示す。全身を60か所と手のひら、足の甲に分けそれぞれ疲労が溜まっていると思うところに○をつけてもらい、○の個数で疲労部位を評価した。

(5) 疲労感アンケート

日本産業衛生協会・産業疲労委員会の疲労自覚症状調査票を用いた^{10,11)}。図2に様式を示す。疲労状況についての30個の質問に○×で答えてもらい○の個数を疲労度とした。

(6) 運動機能測定

女子ソフトボールにおけるホームベースから一塁ベースまでの18.29 mを走行し、所要時間を運動機能の指標とした。摂取前後各々で1人2回測定し、平均値で評価した。

(7) 統計処理

EPA摂取前後における各指標は、Microsoft Excel Ver.2013で集計し、結果は平均値±標準偏差で示した。EPA摂取による効果は、摂取開始前と摂取期間終了時点での平均値を比較し、対応ありのt検定を行い、有意水準5%未満を有意差ありとして評価した。

結 果

(1) EPA摂取期間中の摂食状況

EPA摂取期間中の摂食状況は、エネルギー35.2±8.1 kcal/kg/日、たんぱく質1.1±0.4 g/kg/日、脂質1.1 g/kg/日、飽和脂肪酸9.0±2.1%エネルギー比、n-3系脂肪酸1.4±0.6 g/日(サプリメントを含まず)、n-6系脂肪酸8.7±2.8 g/日であった。

(身体疲労部位調査表)

身体疲労部位調査票

年 月 日

名前 _____ 性別 (男・女) _____ 年齢 _____

つかれ、こり、いたみ、だるさ等のある部位に○印をつけて下さい。

図 1. 疲労部位調査用紙^{10,11)}

(疲労自覚症状調査表)

疲労自覚症状しらべ

年 月 日

名前 _____ 性別 (男・女) _____ 年齢 _____

今のあなたの状態について、お聞きします。
次のようなことがあったら○、ない場合は×のいずれかを、口のなかに必ずつけて下さい。

* 裏もありますので記入をお願いします

I	II	III
1 頭がおもい	11 考えがまとまらない	21 頭がいたい
2 全身がだるい	12 話をするのがつらい	22 肩がこる
3 足がだるい	13 いらいらする	23 腰がいたい
4 あくびがでる	14 気がちる	24 いき苦しい
5 頭がぼんやりする	15 物事に熱心になれない	25 口がかわく
6 ねむい	16 ちょっとした事が悪い出せない	26 声がかすれる
7 目がつかれる	17 することに間違いが多くなる	27 めまいがする
8 動作がぎこちない	18 物事が気にかかる	28 まぶたや筋肉がびくびくする
9 足もとがたよりない	19 きちんとしていられない	29 手足がふるえる
10 横になりたい	20 根気がなくなる	30 気分がわるい

図 2. 疲労感アンケート用紙^{10,11)}

表1. EPA摂取による身体計測スコアの変化

	摂取前	摂取後	p 値
体重 (kg)	53.0±5.9	52.2±6.0	0.026
筋肉量 (kg)	38.6±3.7	38.1±3.7	0.034
除脂肪体重 (kg)	40.9±3.9	40.3±3.9	0.030
骨格筋量 (kg)	22.5±2.3	22.1±2.4	0.020
体脂肪量 (kg)	22.6±3.3	22.6±3.0	0.910

* 数値は平均値±標準偏差を示す。

(2) 身体組成の変化

結果を表1に示す。体重はEPA摂取前53.0±5.9 kgに対し、摂取後は52.2±6.0 kgでありEPA摂取前後で有意な減少が認められた (p=0.026)。筋肉量はEPA摂取前38.6±3.67 kgに対し、摂取後は38.1±3.68 kgでありEPA摂取前後で有意な減少が認められた (p=0.033)。除脂肪体重はEPA摂取前40.9±3.9 kgに対し、摂取後は40.3±3.9 kgでありEPA摂取前後で有意な減少が認められた (p=0.029)。骨格筋量はEPA摂取前22.5±2.3 kgに対し、摂取後は22.1±2.4 kgでありEPA摂取前後で有意な減少が認められた (p=0.019)。体脂肪量はEPA摂取前12.1±2.7 kgに対し、摂取後は11.9±2.6 kgでありEPA摂取前後で有意な差が認められなかった。

(3) 運動機能の変化

結果を表2に示す。ベースランニングのタイムはEPA摂取前3.01±0.13秒に対し、摂取後は2.87±0.13秒でありEPA摂取前後で有意に速くなった (p=0.001)。

(4) 疲労感の変化

結果を表2に示す。疲労感アンケートの総数はEPA摂取前11.0±4.3点に対し、摂取後は8.0±6.8点であり、EPA摂取前後で有意ではないが減少の傾向が認められた。

(5) 疲労部位数の変化

結果を表2に示す。疲労感部位調査の総数はEPA摂

表2. EPA摂取による運動機能スコアおよび疲労スコアの変化

	摂取前	摂取後	p 値
ベース間ランニングタイム (秒)	3.01±0.13	2.87±0.13	0.001
疲労感 (点)	11.0±4.3	8.0±6.8	0.096
疲労部位数(箇所)	5.4±2.5	3.6±3.3	0.092

* 数値は平均値±標準偏差を示す。

取前5.0±2.5個に対し、摂取後は4.0±3.3個であり、EPA摂取前後で有意ではないが減少の傾向が認められた。

考 察

本研究はEPA摂取における運動コンディションの向上を目的とし、EPAを摂取することにより疲労が減り運動能力が向上するのではないかと考えた。

まず、ソフトボール競技の運動能力を打撃力、守備力および走力によって評価することを考えた。打撃力や守備力では、打順や守備位置によって、個々人で求められている能力が異なり、評価が困難である。そのため本研究では、チームとして全員に求められる走力を評価基準とし、中でもホームベースから一塁ベースまでの18.29 mの直線走行とした。1周のベースランニングと異なり、直線であるため特別な技術を必要とせず、単純な足の速さで評価できると考えたからである。

また、疲労感アンケートに日本産業衛生協会・産業疲労委員会の疲労自覚症状調査票を用いた^{10,11)}。本来、このアンケート用紙は、労働者が対象のものである。本法は、筋疲労に注目した評価法であり、全身の疲労度を調査するときに簡便で、被験者にも負担が少ないと考えた。この様式はスポーツ選手にも共通する項目があると考え、採用することとした。

運動能力を評価するベースランニングでは、所要時間の短縮が認められた。また疲労調査でも減少の傾向が見られた。これらの結果から、疲労が減少したことで運動能力が向上したと推察された。一方で、体組成分析では体重、筋肉量の低下が見られた。体重が軽く

なったためスコアが向上したと考えられたが、並行して筋肉量は減少した。筋肉量の推定値はインピーダンス法を用いるため、筋肉水分量が影響する。筋炎症部位は、サイトカインによる血管透過性亢進がみられ、水分量増加が認められることが報告されている¹²⁾。EPA摂取前の骨格筋は日々のトレーニングにより慢性的な炎症状態であるとすれば、EPAによる抗炎症作用によって炎症部位の水分が減少し、結果としてインピーダンス法では、筋肉量の減少という測定値となったのかもしれない。

部位別疲労の評価では、EPA摂取により有意ではないが、減少の傾向が認められた。本研究では日本産業衛生協会・産業疲労委員会の疲労自覚症状評価法を流用したので、正確性を欠いたのかもしれない。そのため、精度の高い評価法を検証するなど、さらなる検証を行う必要があると考えられた。

食物摂取頻度調査による食物摂取状況をみると、n-3系摂取量の平均値は日本人の食事摂取基準2015年版の目安量1.6 gに達していなかった。欠乏症は呈さないが、十分量ではない可能性がある。EPA摂取によって目安量に近づけることができたが、その影響については不明であり、今後の検討が期待される。

本研究ではEPAを食事とサプリメントで摂取した。しかし、実際にはEPA以外に摂取するサプリメントを含め、トレーニング期間もしくは試合期間を想定した摂取の優先性を考慮しなければならない。一般的にオフシーズンは筋肉量の増量が求められる。本研究ではEPA摂取により筋肉量が減少したことを考慮すると、摂取の時期やタイミングを考えなければならない。そもそも、筋肉の増量メカニズムには、筋面積の増大と筋繊維の増量といったふたつの説が報告されている¹³⁻¹⁵⁾。筋線維の増加は、筋原線維の破壊によって引き起こされたものとされている。激しいトレーニングは、筋線維の破壊を起し、その際に炎症を惹起すると考えられる。そのため筋肉量の増強時には筋線維の破壊による炎症も必要となる可能性がある。このようなトレーニング期間におけるEPA摂取の是非についても更なる検討が求められる。

本研究における一連の検証は、EPA摂取前後の比較によって評価している。そのため、EPA摂取によるプラシーボ効果は否定できない。本来ならばクロスオーバー法によって検証すべきであったが、被験者のトレーニングや試合のスケジュールの都合上、クロスオーバー法を採用できなかった。今後はその可能性も踏まえ、さらなる検証を行う必要があると考えられるが、少なくとも本検証によりEPA摂取により運動コンディションの向上の可能性が示唆された。

結 語

EPAの摂取により運動コンディションの向上が認められた。部位別疲労の主訴も含め、有意ではないが減少の傾向が認められたことの関係性を考慮し、さらなる検証を行う必要があると考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたりご助言を賜りました美術大学女子ソフトボール部の土谷文乃監督、ならびに被験者としてご協力頂きました部員の皆様に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) Zbinden, G. Therapeutic use of vitamin B1 in diseases other than beriberi. *Ann N Y Acad Sci* 1962; 98: 550.
- 2) 佐々木彰. Vitamin B1およびその類縁体の抗炎症作用. *昭和医学会雑誌* 1972; 32: 533-42.
- 3) 高木敬次郎, 萱岡節子. ビタミンB1およびその誘導体の抗炎症作用. *薬学雑誌* 1968; 88: 14-20.
- 4) Sutherland, B. A., Rosanna M. A., Rahman, I. A. Mechanisms of action of green tea catechins, with a focus on ischemia-induced neurodegeneration. *J Nutr Biochem* 2006; 17: 291-306.
- 5) 川岸舜朗. 香辛料中に含まれる抗血小板因子. *日本食品工業学会誌* 1991; 38: 445-53.
- 6) Tomobe, Y. I., Morizawa, K., Tsuchida, M., et al. Dietary docosahexaenoic acid suppresses

- inflammation and immuno-responses in contact hypersensitivity reaction in mice. *Lipids* 2000; 35: 61-9.
- 7) 秦和彦, 三ヶ尻昭博, 藤田孝夫. 青魚とEPA. 調理科学 1983; 16: 155-60.
- 8) 鈴木平光, 和田俊. EPA及びDHAの代謝と機能. 油化学 1988; 37: 781-7.
- 9) Lee, T. H., Hoover, R. L., Williams, J. D., et al. Effect of dietary enrichment with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on in vitro neutrophil and monocyte leukotriene generation and neutrophil function. *N Engl J Med* 1985; 312: 1217-24.
- 10) 酒井一博. 日本産業衛生学会産業疲労研究会撰「自覚症しらべ」の改訂作業2002. 労働の科学 2002; 57: 295-8.
- 11) 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構. 製造業における高齢者活用モデルの構築に関する研究報告書資料 第一・第二モデル企業調査 評価指標の概要. 資料1: 11-2.
- 12) Yanagisawa, O., Niitsu, M., Yoshioka, H., et al. The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 53-62.
- 13) 北浦孝. 筋肥大発生のメカニズム. *J Phys Fit Sports Med* 1991; 40: 258.
- 14) 青木高, 太田壽城 監修. 健康・スポーツの生理学. 建帛社 1998; 22-3.
- 15) Hoffman, J. スポーツ生理学から見たスポーツトレーニング. 大修館書店 2011; 13-4.