

# 遅発性筋肉痛および筋疲労感に対する 鶏胸肉抽出物 (CBEX) 摂取の影響

## Effects of Chicken Breast Extract (CBEX) Ingestion on Delayed Onset Muscle Soreness and Muscle Tiredness

体育学部体育学科

前村 公彦

MAEMURA, Hirohiko

Department of Physical Education

Faculty of Physical Education

日本ハム (株) 中央研究所

佐藤三佳子

SATO, Mikako

R & D Center, Nippon Meat Packers, Inc.

日本ハム (株) 中央研究所

森松 文毅

MORIMATSU, Fumiki

R & D Center, Nippon Meat Packers, Inc.

筑波大学

高松 薫

TAKAMATSU, Kaoru

University of Tsukuba

**キーワード** : カルノシン/アンセリン, 遅発性筋肉痛, 筋機能

**Abstract** : The purpose of this study was to examine the effects of consecutive chicken breast extract (CBEX) ingestion on delayed onset muscle soreness and muscle tiredness induced by squat exercise in human. Ten healthy male subjects performed two experimental trials (CBEX and placebo treatment). Squat exercise consisted of 10 sets of 20 squats / set, with 1-min intervals between each set. The subjects were given 100ml of experimental drink containing either 20g of CBEX or no CBEX 30-min before, immediately after, 1, 2, 3 and 4 days after squat exercise. The results obtained showed that consecutive CBEX ingestion decreased DOMS and muscle tiredness occurring for a few days after squat exercise. These results suggest that CBEX may be useful for muscle function recovery following exercise.

**Keywords** : Carnosine / Anserine, DOMS, muscle function

### I. 緒 言

遅発性筋肉痛 (Delayed Onset Muscle Soreness : DOMS) は, 運動後数時間から1日程度経過してから発現する。DOMSが生じるメカニズムについては, 様々な要因が考えられるが, 筋活動に伴って生じる筋および結合組織の損傷と炎症反応が主要な要因とされている<sup>1, 2)</sup>。また, その予防策としてマッサージ<sup>3)</sup> やストレッチ<sup>4)</sup>, 抗炎症薬<sup>5)</sup> などの効果が報告されているが,

近年, サプリメント摂取によるDOMSに対する効果について検討されてきている<sup>6, 7, 8, 9, 10)</sup>。しかし, 筋肉痛を誘発する運動, サプリメントの種類, 摂取する量やタイミングなど, 研究によって様々であるために, その効果については一致した見解が得られていない。

一方, 鶏肉は, 高タンパク質, 低脂肪, 低カロリーであるために, トップアスリートからスポーツ愛好家まで幅広い層の人々に重要な栄養源として利用されている。特に, ウエイトリフターやボディービルダーは, トレーニングによって微小な損傷を受けた筋線維内の

タンパク合成のために鶏肉を毎日の食事に積極的に取り入れている。また、鶏肉には、アミノ酸やペプチド、ミネラルなどの栄養源を豊富に含むこともわかっている。

我々はこれまでに、鶏胸肉からヒスチジン含有のジペプチドであるカルノシンとアンセリンを豊富に含むエキス (Chicken Breast Extract: CBEX) を効率よく抽出することに成功し、ラット<sup>11, 12)</sup> およびヒト<sup>13, 14, 15)</sup> にCBEXを摂取させることにより、運動性の筋疲労が軽減することを報告している。

そこで本研究では、運動後4日間にわたる継続的な鶏胸肉抽出物 (CBEX) の摂取が、運動後に発生する遅発性筋肉痛および筋疲労感に及ぼす影響について検討することを目的とした。

## II. 実験方法

### 1. 被 検 者

被検者には、定期的なトレーニングを行っていない健康な男子大学生および大学院生10名 (年齢: 25.0 ± 3.1歳, 身長: 174.8 ± 5.9cm, 体重: 70.7 ± 8.0kg, 体脂肪: 20.6 ± 3.1%) を用いた。本研究は、ヘルシンキ宣言の精神に則り実施され、被検者にはあらかじめ本研究の目的, 方法について詳細に説明し, 文章による参加の同意を得た。また, 本研究は日本ハム株式会社ヒト試験に関する倫理委員会の審議を受け, 承認を得た上で実施した。

### 2. 試験飲料の製造

鶏胸肉よりカルノシンとアンセリンを豊富に含むエキス (Chicken Breast Meat Extract: CBEX) を抽出した。CBEXは独特の強いうまみと香りを有しており, そのまま摂取させるには困難であったため, 1本 (100ml) に約20gのCBEXを配合した飲料を製造し, これを試験飲料とした<sup>13, 14, 15)</sup>。また, Placebo飲料は, CBEX以外の成分はほぼ同様にし, 味を出来る限りCBEX含有飲料と同様に調整した (表1)。

**Table 1.** Nutrients of the experiment drink (/100ml).

Nutrient		CBEX	Placebo
Moisture	(%)	83.1	86.3
Protein	(%)	5.5	0.0
Lipid	(%)	0.2	0.4
Ash	(%)	0.4	0.0
Saccharide	(%)	10.8	13.3
Carnosine	(g)	0.6	0.0
Anserine	(g)	1.4	0.0
Calories	(kcal)	67	57

### 3. 実験デザイン

本研究は、ダブルブラインド・クロスオーバー法を用いて行った。第1回目の実験では、約半数の被検者はCBEX含有飲料を、その他の被検者はPlacebo飲料を摂取した。実験期間を通してどちらの飲料を摂取しているかは、被検者および実験協力者は知らされなかった。その約8週間後の第2回目の実験では、それぞれの被検者は第1回目とは異なる飲料を摂取した。なお、試験飲料は、運動開始30分前、運動直後および運動翌日から4日間各1本ずつの計6本摂取させた。

#### (1) 運動プロトコル

筋肉痛および筋疲労感を誘発させるための運動には、自重負荷によるスクワット運動を用いた。被検者には、手を腰に当てた姿勢で2秒に1回のペースで行うように指示し、20回を1セットとして合計10セット行わせた。なお、セット間の休息は1分間とし、動作のテンポはメトロノームの音によって規定した。

#### (2) 測定項目および測定方法

スクワット運動前 (Pre)、スクワット運動24, 48, 72, 96時間後に筋肉痛および筋疲労感の程度、スクワットジャンプ (squat jump: SJ) における跳躍高および血清クレアチンキナーゼ (CK) 活性を測定した。

筋肉痛および筋疲労感の程度は、visual analog scale (VAS) 法を用いて測定した。この測定では、10cmの直線にメモリを付し、無痛もしくは疲労感なしを“0”とし、最高の痛みもしくは疲労感を“10”とした。

SJの測定は、被検者に手を腰に当てた姿勢をとらせ、膝関節角度を90°に規定した状態から反動動作を用いずに全力で上方に跳躍させた。この際の滞空時間をマットスイッチ (CT-916, 武井機器社製) を用いて測定し、跳躍高を以下の式より算出した。

$$\text{跳躍高} = 1/8 \cdot \text{滞空時間}^2 \cdot \text{重力加速度}$$

採血は、CK活性の日内変動および直前の食事の影響を避けるために、測定前日より約12時間の夜間絶食後、常に同一時間 (午前9時) に行った。採血後、血液は4℃, 3000rpmにて15分間遠心分離し、血清を得た。これらは、その後の測定まで-80℃にて凍結保存した。後日、これらのサンプルからUV法を用いて血清CK活性を測定した。

#### 4. 統計処理

すべての測定値は平均値±標準誤差（SE）で示した。測定値の時間経過に伴う平均値の差の検定には、反復測定による二元配置の分散分析を用い、F値が有意であった場合には、Fisher's PLSD法により多重比較検定を行った。なお、有意性の検定には、いずれも危険率5%以下を採用し、すべての統計処理は、Stat View 5.0（SAS Institute Inc.）を用いて行った。

### Ⅲ. 実験結果

図1に、運動開始前および運動24, 48, 72, 96時間後の筋肉痛の経時的変化およびその曲線の曲線下面積（Area under the curve : AUC）をそれぞれ示した。筋肉痛の経時変化では、両条件ともに運動翌日にピークを示し、運動翌日から漸減したが、CBEX含有飲料摂取時では、Placebo飲料摂取時と比較して運動後48, 72, 96時間後に有意に低値を示した。また、AUCにおいてもCBEX摂取時において有意に低値を示した。

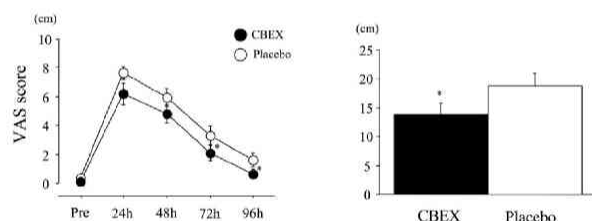


Figure 1. Changes in muscle soreness and area under the curve (AUC) of muscle soreness in CBEX and placebo drink. Values are means  $\pm$  SE (n = 10). \*: P < 0.05 vs. placebo.

図2に、運動開始前および運動24, 48, 72, 96時間後の筋疲労の経時的変化およびAUCをそれぞれ示した。筋疲労の経時変化では、筋肉痛と同様に両条件ともに運動翌日にピークを示し、運動翌日から漸減したが、CBEX含有飲料摂取時では、Placebo飲料摂取時と比較して運動後72, 96時間後に有意に低値を示した。また、AUCにおいてもCBEX含有飲料摂取時において有意に低値を示した。

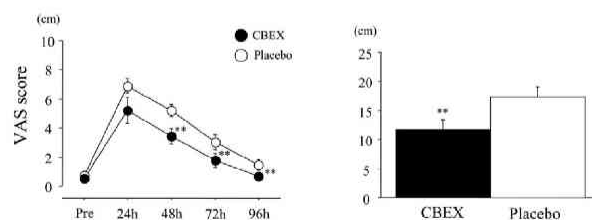


Figure 2. Changes in muscle tiredness and area under the curve (AUC) of muscle tiredness in CBEX and placebo drink. Values are means  $\pm$  SE (n = 10). \*\*: P < 0.05 vs. placebo.

図3に、SJの跳躍高の運動開始前に対する相対値の経時変化を示した。SJの跳躍高は、筋肉痛および筋疲労に伴い両条件ともに低下したが、CBEX含有飲料摂取時ではPlacebo飲料摂取時と比較して運動後24, 48時間後に有意に高値を示した。

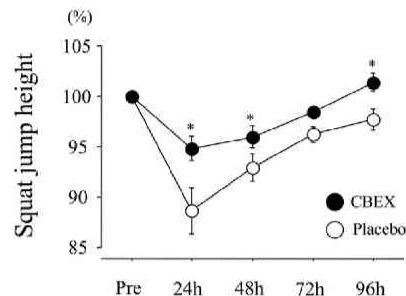


Figure 3. Changes in squat jump height in CBEX and placebo drink. Values are means  $\pm$  SE (n = 10). \*: P < 0.05 vs. placebo.

図4に、運動開始前および運動24, 48, 72, 96時間後の血清CK活性の経時的変化を示した。血清CK活性は、運動による有意な変動は認められず、CBEX含有飲料摂取時とPlacebo飲料摂取時の2条件間での有意差も認められなかった。

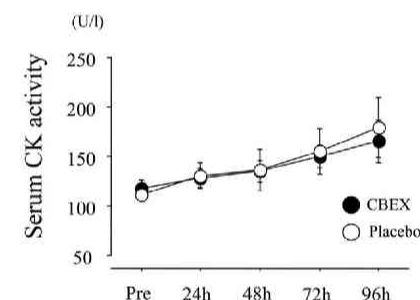


Figure 4. Changes in serum CK activity in CBEX and placebo drink. Values are means  $\pm$  SE (n = 10).

### Ⅳ. 考 察

本研究における最も重要な知見は、CBEX含有飲料摂取時ではPlacebo飲料摂取時と比較して、スクワット運動後における筋肉痛および筋疲労感が運動後24, 48, 96時間後に有意に低値を示したこと、およびSJの跳躍高が運動後24, 48時間後に有意に高値を示したことである。このことは、CBEX含有飲料の継続的な摂取は、スクワット運動後の筋肉痛および筋疲労感を軽減させ、その結果、筋機能の速やかな回復に貢献する可能性を示唆するものである。

近年、サプリメント摂取によるDOMSに対する効果について検討されてきているが<sup>6, 7, 8, 9, 10</sup>、筋肉痛を誘発する運動、サプリメントの種類、摂取する量やタイミングなど、研究によって様々であるために、その効果については一致した見解が得られていない。ま

た、DOMSは、収縮している筋が伸ばされる伸張性（エキセントリック）筋活動を伴う運動によって生じやすいために<sup>1)</sup>、ダウンヒルランニング<sup>6)</sup>やエキセントリック<sup>7, 8, 9)</sup>な筋収縮を伴う運動形態を用いてサプリメント摂取によるDOMSへの影響について検討している。しかし、これらの研究の多くは、筋損傷の指標である血清CK活性に対する効果は示されているものの、DOMSに対する効果は示されていない。この理由としては、これらの運動様式は筋に対する負荷が高すぎるために、DOMSの程度が各種サプリメントの効果が生じる範囲を上回っている可能性が考えられる。このことに関して、Shimomura et al.<sup>10)</sup>は、分岐鎖アミノ酸（Branched-chain amino acids : BCAA）摂取によるDOMSの効果について、運動負荷が緩やかな自重負荷によるスクワット運動を用いて検討しており、運動前のBCAAの摂取でスクワット運動後のDOMSが軽減されたことを報告している。すなわち、サプリメント摂取によるDOMSへの効果には、運動負荷の程度が関与しており、筋損傷の激しい条件下では期待する効果が得られない可能性が考えられる。実際、本研究において、筋損傷の指標である血清CK活性は、スクワット運動による上昇は観察されなかった（図4）ことからも支持されるであろう。

また、サプリメントを摂取するタイミングと量もDOMSを軽減させる重要な要因となるものと考えられる。野坂は<sup>7)</sup>、混合アミノ酸摂取によるDOMSに対する効果について、摂取するタイミングと量の観点から検討しており、運動30分前と運動直後に摂取した際にはDOMS軽減作用は認められなかったのに対して、運動後4日間にわたる継続的な摂取においては、DOMSの軽減作用が認められたことを報告している。DOMSは、運動負荷後に起こる筋および組織の炎症反応が原因とされていることから、DOMSの軽減には、継続的なサプリメント摂取による筋の炎症反応を緩和させることが重要であると推察される。

本研究において、CBEX含有飲料の継続的な摂取によって、スクワット運動後の筋肉痛および筋疲労感が軽減された理由には、いくつかの要因が考えられるが、その一つにCBEX含有飲料中に含まれるカルノシンとアンセリンが持つ活性酸素（ROS）消去作用<sup>16)</sup>があげられる。運動によるROSの発生は、筋および結合組織の損傷とその後の炎症反応に深く関与するために<sup>17)</sup>、運動後に起こるDOMSの程度にも関係するものと考えられる。先行研究によると、脂質膜がROSによって酸化されると膜の流動性が低下し、イオン勾配が維持できず、細胞の膨脹および炎症が引き起こされることが報告され

ている<sup>18, 19, 20)</sup>。一方、カルノシンとアンセリンは、膜脂質の酸化を抑制することが報告されている<sup>21)</sup>。これらのことを考慮すると、CBEX含有飲料摂取によるスクワット運動後のDOMSの軽減には、CBEX中に含まれるカルノシンとアンセリンが持つROS消去作用によって、筋および結合組織の損傷を低減した結果と推察される。また、鶏胸肉中には、カルノシンとアンセリン以外の成分も含まれている。以前、我々はCBEXの分析値について、固形分中の80%がタンパク質やアミノ酸等の窒素化合物であること、およびその他の成分としてタウリン、クレアチンなどを含むことを報告している<sup>11)</sup>。したがって、これらの成分が複合的に筋のタンパク合成の促進および分解の抑制に関与し、DOMSの軽減作用をもたらした可能性も考えられる。

しかしながら、CBEX含有飲料摂取によるDOMS軽減作用の作用機序については、現時点では不明な点が多く、明確なデータによる立証は行っていない。また、摂取するタイミングや量によっても効果は異なることが予想される。さらに、日常での食事や体格、性差などDOMSに対する効果に影響を与える要因になると思われる。これらの可能性については、今後さらなる検討が必要であろう。

## 引用文献

- 1) Armstrong RB (1984) Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness. *Med Sci Sports Exerc* 16, 529-538.
- 2) MacIntyre DL, Reid WD, McKenzie DC (1995) Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med* 20, 24-40.
- 3) Rodenburg JB, Steenbeek D, Schiereck P, Bar PR (1994) Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med* 15 (7) 414-419.
- 4) Lund H, Vestergaard-Poulsen P, Kanstrup IL, Sejrnsen P (1998) The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 8 (4) 216-221.
- 5) Francis KT, Hoobler T (1987) Effects of aspirin on delayed muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness* 27 (3) 333-337.
- 6) Miller PC, Bailey SP, Barnes ME, Derr SJ,

- Hall EE (2004) The effects of protease supplementation on skeletal muscle function and DOMS following downhill running. *J Sports Sci* 22 (4) 365-372.
- 7) 野坂和則 (2005) 遅発性筋肉痛に対するアミノ酸サプリメントの効果. *臨床スポーツ医学* 22 (7) : 829-835.
- 8) Close GL, Ashton T, Cable T, Doran D, Noyes C, McArdle F, MacLaren DP (2005) Effects of dietary carbohydrate on delayed onset muscle soreness and reactive oxygen species after contraction induced muscle damage. *Br J Sports Med* 39 (12) : 948-953.
- 9) Close GL, Ashton T, Cable T, Doran D, Holloway C, McArdle F, MacLaren DP (2006) Ascorbic acid supplementation dose not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. *Br J Nutr* 95 (5) 976-981.
- 10) Shimomura Y, Yamamoto Y, Bajotto G, Sato J, Murakami T, Shimomura N, Kobayashi H, Mawatari K (2006) Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr*. 136 (2) 529-532.
- 11) 原田理恵, 田口靖希, 浦島浩司, 佐藤三佳子, 大森 丘, 森松文毅 (2002) トリ胸肉抽出物 (チキンエキス) のマウス遊泳持久力に対する効果. *日本栄養・食糧学会誌* 55 (2) 73-78.
- 12) 原田理恵, 浦島浩司, 佐藤三佳子, 大森 丘, 森松文毅 (2002) カルノシンおよびトリ胸肉抽出物 (チキンエキス) のマウス遊泳疲労回復力に対する効果. *日本栄養・食糧学会誌* 55 (4) 209-214.
- 13) 佐藤三佳子, 鈴木康弘, 森松文毅, 高松 薫 (2003) トリ胸肉抽出物 (CBEX<sup>TM</sup>) 長期摂取が骨格筋カルノシン濃度と短時間高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響. *体力科学* 52, 255-264.
- 14) 鈴木康弘, 佐藤三佳子, 森松文毅, 高松 薫 (2004) トリ胸肉抽出物 (CBEX<sup>TM</sup>) の経口摂取が高強度間欠的運動パフォーマンスに及ぼす影響. *体育学研究* 49, 159-169.
- 15) Maemura H, Goto K, Yoshioka T, Sato M, Takahata Y, Morimatsu F, Takamatsu K (2006) Effects of carnosine and anserine supplementation on relatively high intensity endurance performance. *Int J Sport and Heal Sci* 4, 86-94.
- 16) Begum G, Cunliffe A, Leveritt M (2005) Physiological role of carnosine in contracting muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 15, 493-514.
- 17) Sacheck JM, Blumberg JB (2001) Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition* 17, 809-814.
- 18) Buege JA, Aust SD (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52, 302-310.
- 19) Maridonneau I, Braquet P, Garay RP (1983) Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transport damage induced by oxygen free radicals in human red cell membranes. *J Biol Chem* 258 (5) 3107-3113.
- 20) Merry P, Grootveld M, Lunec J, Blake DR (1991) Oxidative damage to lipids within the inflamed human joint provides evidence of radical-mediated hypoxic-reperfusion injury. *Am J Clin Nutr* 53, 362-369.
- 21) Boldyrev AA, Dupin AM, Bunin AYa, Babizhaev MA, Sererin SE (1987) The antioxidative properties of carnosine, a natural histidine containing dipeptide. *Biochem Int* 15 (6) 1105-1113.

(平成19年11月28日受理)