

原著

2ヶ月間の中鎖脂肪酸の継続摂取が国内トップレベルの男子ラグビー選手の体組成およびコンディションに及ぼす影響

石橋 彩^{*1,*2,*3}、牧野 慎二^{*4}、Jason Price^{*4}、石川 榛那^{*5}、小島 圭一^{*5}、高木 哲雄^{*5}、寺田 新^{*1}

^{*1} 東京大学 大学院総合文化研究科、^{*2} 日本学術振興会、^{*3} 東洋大学健康スポーツ科学部栄養科学科、^{*4} トヨタヴェルブリッツ、^{*5} 日清オイリオグループ株式会社

【目的】

我々は以前、習慣的に中鎖脂肪酸を摂取した国内トップレベルのラグビー選手では、皮下脂肪厚が減少し、主観的なコンディションも改善したという症例を報告している。しかしながら、この報告では対照群を設けておらず、これらの変化が中鎖脂肪酸の摂取によるものかどうかは不明であった。そこで本研究では、同様のトレーニングを実施する対照群を設け、習慣的な中鎖脂肪酸の摂取がラグビー選手に及ぼす影響について比較検討することを目的とした。

【方法】

実業団男子ラグビー選手29名を、2ヶ月間のトレーニング期間中に中鎖脂肪酸18 g/日を摂取する中鎖脂肪酸群と摂取しない対照群の2群に分けた。摂取前後に、体重および皮下脂肪厚の測定、食事調査、主観的なコンディションに関する質問紙調査を行った。

【結果】

介入期間中のエネルギーおよび主要栄養素の摂取量に両群間で大きな変化はみられなかった。体重の変化率は、両群間で差は認められなかったものの、中鎖脂肪酸群の皮下脂肪厚の減少率は、対照群に比べて有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、質問紙調査では、中鎖脂肪酸群の瞬発力・敏捷性、睡眠の質、便通に関する項目の変化量は、対照群よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

【結論】

2ヶ月間の継続した中鎖脂肪酸摂取は、トップレベルのラグビー選手の体組成および主観的なコンディションを改善させる可能性が示唆された。

キーワード：エリートスポーツ選手 中鎖脂肪酸 ウェイトコントロール ラグビー選手 介入研究

1 緒言

中鎖脂肪酸は、炭素が8~10個の脂肪酸であり、ココナッツオイルや牛乳などに含まれている。一般的な食用油に含まれる長鎖脂肪酸は、リンパ管、静脈を通過して脂肪細胞、筋、肝臓に運ばれて分解・貯蔵されるのに対し、中鎖脂肪酸は、門脈を経て直接肝臓に運ばれて分解される。このため、中鎖脂肪酸には、一般的な油よりも速やかに分解されてエネルギーになるという特性が有り、習慣的に摂取した場合には、体脂肪の蓄積を抑制できることが広く知られている^{1)~3)}。さら

に、体脂肪の蓄積予防以外にも、肝臓および骨格筋におけるたんぱく質代謝の調節⁴⁾および免疫機能の改善⁵⁾といった作用が中鎖脂肪酸にはあることが報告されており、有用な効果をもつ機能性油脂として近年注目されている。

そのような多種多様な機能をもつ中鎖脂肪酸をスポーツ選手でも活用しようとする動きがある。例えば、中鎖脂肪酸を4 g含む中・長鎖脂肪酸油を1日あたり20 g、3週間にわたって摂取した男子大学生ボート選手では、長鎖脂肪酸油を摂取した選手と比べて、体脂肪量が有意に低くなったことが報告されてい

る⁶⁾。同様に、オフシーズン期の男子大学生レスリング選手に対して、5 g/日の中鎖脂肪酸油を2ヶ月間にわたって摂取させた場合、下肢の筋厚が介入前に比べて有意に増加し、長鎖脂肪酸油を摂取した選手と比べて、有意に高い値であったことも報告されている⁷⁾。さらに最近、我々は、JAPAN RUGBY LEAGUE ONEの1部リーグに所属する国内トップレベルのラグビー選手が、シーズン前のトレーニング期において、中鎖脂肪酸のみで構成される中鎖脂肪酸油(18 g/日)を5ヶ月間にわたって習慣的に摂取した場合、皮下脂肪厚が摂取開始前に比べて有意に減少したことに加えて、主観的なコンディションも改善したという症例を報告している⁸⁾。この症例は、他の競技に比べて体格が大きく、さらに、これまでの研究における被験者に比べて競技レベルが極めて高い選手においても、中鎖脂肪酸の習慣的な摂取が身体組成およびコンディションを改善させるうえで有用な効果をもたらす可能性を示している。しかしながら、我々の症例報告では、中鎖脂肪酸を摂取せずに、同様のトレーニングを行うという対照群を設けておらず、このような身体組成および主観的なコンディションの変化が中鎖脂肪酸の摂取によるものかどうかは不明であった。そこで、今回は同じ国内トップレベルのラグビー選手を対象として、習慣的な中鎖脂肪酸摂取が身体組成ならびに主観的なコンディションに及ぼす影響を、中鎖脂肪酸を摂取せずに同じトレーニングを行う対照群を設けて比較検討することとした。なお、今回の研究では、対照群もシーズン開始前のトップレベルのラグビー選手であったことから、身体組成に悪影響を及ぼす可能性のある一般的な長鎖脂肪酸油をプラセボとして追加摂取させることが困難であったため、「不等価コントロール群・事前事後テストデザイン」として行うこととした。

II 方法

1. 対象者

本研究では、国内リーグに所属する実業団男子ラグビー選手29名(年齢 27 ± 2 歳)を対象とした。シーズン前の2ヶ月間のトレーニング期間に1日あたり18 gの中鎖脂肪酸(オイルタイプまたはゼリータイプ)を毎日摂取する中鎖脂肪酸群(n = 16、内フォワード(FW); n = 6、バックス(BK); n = 10)と摂取しない対照群(n = 13、内FW; n = 5、BK; n = 8)の2群に分けた。シーズン前の重要な時期であったため、本研究では、選手を無作為に2群にわけのではなく、研究開始前に行った選手への事前説明会の際に中鎖脂肪酸を毎日継続して摂取できるかどうかの希望および意思を確認し、それを基に群分けを行った。これらの対象選手の中に投棄中の者、または既往歴のあ

る者は含まれていなかった。研究を開始するにあたり、すべての対象選手に対し、研究の目的、測定内容および参加に伴う危険性について十分に説明し、書面にて協力への同意が得られた者のみを対象とした。なお、本研究は東京大学に帰属するヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した(課題番号: 2021-778)。

2. 研究デザイン

本研究では、2ヶ月間の介入期間を設けた(2021年10月~12月)。中鎖脂肪酸群では、ゼリータイプ([1本あたりの栄養価] エネルギー: 57 kcal、たんぱく質、脂質、炭水化物: 0 g、6.2 g、0.2 g、中鎖脂肪酸油: 6 g) またはオイルタイプ([1本あたりの栄養価] エネルギー: 54 kcal、たんぱく質、脂質、炭水化物: 0 g、6 g、0 g、中鎖脂肪酸油: 6 g)の中鎖脂肪酸(日清オイリオグループ株式会社、東京)を毎日摂取することとした。中鎖脂肪酸は、1度に全て摂取せず、食事中または食後に複数回に分けて摂取することとした。1日あたりの中鎖脂肪酸の摂取量は、先行研究¹⁾および症例報告⁸⁾を参考に、18 g(ゼリータイプ、オイルタイプのいずれかを合計3本)とした。一方の対照群には同じエネルギー量の長鎖脂肪酸をプラセボとして摂取させることなく、中鎖脂肪酸群と同じ内容のトレーニングを実施させ、観察するのみとした。理由としては、本介入期間はシーズン開幕直前という選手にとって重要な時期であり、他の脂肪酸の摂取にとりまなう体脂肪の増加などの悪影響を避ける必要があったことが挙げられる。

3. 測定項目

(1) 栄養素摂取状況の評価

摂取前および摂取期間中(介入期間8週目)において、食物摂取頻度調査による栄養素摂取状況の評価を実施した。栄養素摂取状況の評価には、自記式の食物摂取頻度調査(Food Frequency Questionnaire: FFQ、エクセル栄養君食物摂取頻度調査 FFQgVer.6、建帛社製)を用いた。FFQは、栄養素摂取量を推定する方法として妥当性が認められている調査法である⁹⁾。本研究では、直近1ヶ月間のうちの1週間を単位として、食物摂取量と摂取頻度から栄養素摂取量を推定した。選手ごとに面接による聞き取りを行い、補食やサプリメントなどを習慣的に利用している場合には、評価対象として栄養素摂取量に加えた。なお、中鎖脂肪酸群の摂取期間中の栄養素摂取量の結果には、中鎖脂肪酸からの栄養素摂取量も含めた。

(2) 体重およびキャリパー法による皮下脂肪厚の測定

摂取前後において、体重およびキャリパー法による皮下脂肪厚の測定を実施した。体重は、大和製衡株式

会社の体重計 (DF-851APS) を用いて計測した。キャリパー法による皮下脂肪厚測定では、栄研式皮下脂肪厚計 (株式会社明興社) を使用し、The International Society for the Advancement of Kinanthropometry の基準¹⁰⁾に則り、8 部位を計測し、その合計値を算出した ($\Sigma 8$)。

(3) 主観的なコンディションに関する質問紙調査

以前、我々が報告した症例報告⁸⁾で実施したものと同様の主観的なコンディションに関する質問紙調査を、摂取前後において実施した。調査項目は「食欲」、「瞬発力・敏捷性」、「持久力」、「運動後の疲労感」、「睡眠の質」、「便通」の6項目であった。各項目について、5件法で回答を求めた (1:悪い、2:少し悪い、3:変わらない、4:少し良い、5:良い)。

(4) 腸内細菌叢検査

我々の症例報告⁸⁾において、習慣的な中鎖脂肪酸の摂取により、コンディションが改善し、特に便通が改善したと回答した選手が多く見られた。そこで、本研究では、それらの改善と関連があると言われている腸内細菌叢を、中鎖脂肪酸群においてのみ評価することとした ($n = 13$)。中鎖脂肪酸の摂取開始前と摂取終了後 (それぞれ1週間以内) に採取した便検体における細菌の16SリボソームRNA遺伝子配列を次世代シーケンサーにより網羅的に解析した。得られたシーケンスデータより、各細菌の門レベルにおける相対存在比を示した。なお、本研究の腸内細菌叢の解析は、検査会社 (株式会社テクノスルガ・ラボ、静岡) に委託した。

4. 統計

得られたデータの解析には、統計解析ソフト IBM SPSS Statistic ver. 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY) を用いた。測定値は、平均値 \pm 標準偏差で示し、主観的なコンディションに関する質問紙調査で得られた結果については、中央値と四分位範囲で示した。

摂取前後における各栄養素摂取量、体重および皮下脂肪厚の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 (条件 [中鎖脂肪酸群、対照群] \times 期間 [摂取前、摂取後])、交互作用および主効果の有無を検定した。二元配置の分散分析においては、Mauchlyの球面性の検定を行い、球面性が仮定できなかったときにはGreenhouse-Geisserのイプシロンを用いて、自由度を修正した。分散分析により交互作用が認められた場合は、それぞれの群における期間および摂取条件の主効果をBonferroni法による単純主効果検定により検討した。加えて、体組成については、それぞれの群で摂取前後における変化率を算出し、対応のない検定を用いて比較した。主観的なコンディションに関する質問紙調査では、各群の摂取前後の変化量

を算出し、Mann-WhitneyのU検定を用いて統計処理を行った。中鎖脂肪酸群における腸内細菌叢の摂取前後の変化については、対応のあるt検定を用いて比較した。有意水準は危険率5%未満に設定した。

III 結果

(1) 栄養素摂取量

表1に摂取前および摂取期間中の栄養素摂取量の結果を示した。エネルギーおよび主要栄養素摂取量に対する交互作用は認められず、条件および期間による主効果も認められなかった。

(2) 体重およびキャリパー法による皮下脂肪厚の測定

摂取期間前後における体重および皮下脂肪厚の測定結果およびそれらの変化率を図1に示した。体重に対する交互作用および条件や期間による主効果は認められなかった。摂取期間前後の体重の変化率にも、群間で有意な差は認められなかった (中鎖脂肪酸群: $1.03 \pm 2.19\%$ 、対照群: $0.01 \pm 1.10\%$)。一方、皮下脂肪厚に関して、合計値に交互作用が認められたため、期間の主効果に対する単純主効果検定の結果、対照群においては摂取期間前後で有意な変化が認められなかったのに対して、中鎖脂肪酸群では摂取前と比較して摂取後で有意に低い値を示した ($p < 0.001$)。条件の主効果に対する単純主効果検定では、有意な差は認められなかった。皮下脂肪厚の変化率には両群間で差が認められ、中鎖脂肪酸群の皮下脂肪の減少率は、対照群に比べて有意に大きかった (中鎖脂肪酸群: $-5.9 \pm 5.5\%$ 、対照群: $-1.0 \pm 6.9\%$ 、 $p = 0.048$)。

(3) 主観的なコンディションに関する質問紙調査

摂取期間前後に実施した主観的なコンディションについての質問紙調査の結果を表2に示した。中鎖脂肪酸群における「瞬発力・敏捷性」、「睡眠の質」、「便通」の変化量は、対照群のそれらの変化量よりも有意に大きかった (全て $p < 0.05$)。

(4) 腸内細菌叢 (門レベル) の相対存在比

表3には、中鎖脂肪酸群の摂取期間前後における腸内細菌叢 (門レベル) の相対存在比を示した。摂取期間後の腸内細菌叢では、バクテロイデス門 (Bacteroidetes) の相対存在比が摂取前に比べて有意に減少し、ファーミキューテス門 (Firmicutes) の相対存在比が有意に増加した。摂取後のファーミキューテス門/バクテロイデス門比 (F/B比) についても、摂取前と比較して有意な増加が認められた ($p < 0.05$)。加えて、摂取後のプロテオバクテリア門 (Proteobacteria) の相対存在比は減少する傾向が認められた。

表1 摂取前後におけるエネルギーおよび主要栄養素摂取量

| | | 中鎖脂肪酸群 | | 対照群 | | 主効果 | | 交互作用 |
|-------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|
| | | 摂取前 | 摂取期間 | 摂取前 | 摂取期間中 | 条件 | 期間 | |
| エネルギー | kcal | 3,861 ± 529 | 3,888 ± 434 | 3,748 ± 316 | 3,829 ± 358 | 0.360 | 0.422 | 0.661 |
| たんぱく質 | g | 224.1 ± 31.8 | 220.9 ± 37.8 | 224.1 ± 31.8 | 199.5 ± 29.1 | 0.247 | 0.480 | 0.104 |
| | g/kg 体重 | 2.3 ± 0.5 | 2.2 ± 0.2 | 2.3 ± 0.3 | 2.0 ± 0.3 | 0.253 | 0.189 | 0.573 |
| | % エネルギー | 23.4 ± 3.8 | 22.8 ± 2.3 | 23.6 ± 4.3 | 21.1 ± 4.1 | 0.287 | 0.075 | 0.713 |
| 脂質 | g | 139.2 ± 17.8 | 151.2 ± 17.4 | 130.9 ± 22.6 | 145.3 ± 30.3 | 0.217 | 0.065 | 0.997 |
| | % エネルギー | 32.6 ± 3.8 | 35.3 ± 4.0 | 31.3 ± 3.6 | 34.1 ± 5.2 | 0.180 | 0.072 | 0.876 |
| 炭水化物 | g | 419.5 ± 88.7 | 402.7 ± 51.6 | 422.4 ± 66.7 | 428.2 ± 55.6 | 0.622 | 0.979 | 0.501 |
| | g/kg 体重 | 4.2 ± 1.2 | 4.1 ± 0.6 | 4.4 ± 0.8 | 4.4 ± 0.8 | 0.599 | 0.832 | 0.328 |
| | % エネルギー | 44.1 ± 5.0 | 41.9 ± 4.6 | 45.1 ± 4.4 | 44.1 ± 4.7 | 0.291 | 0.254 | 0.510 |

平均値 ± 標準偏差

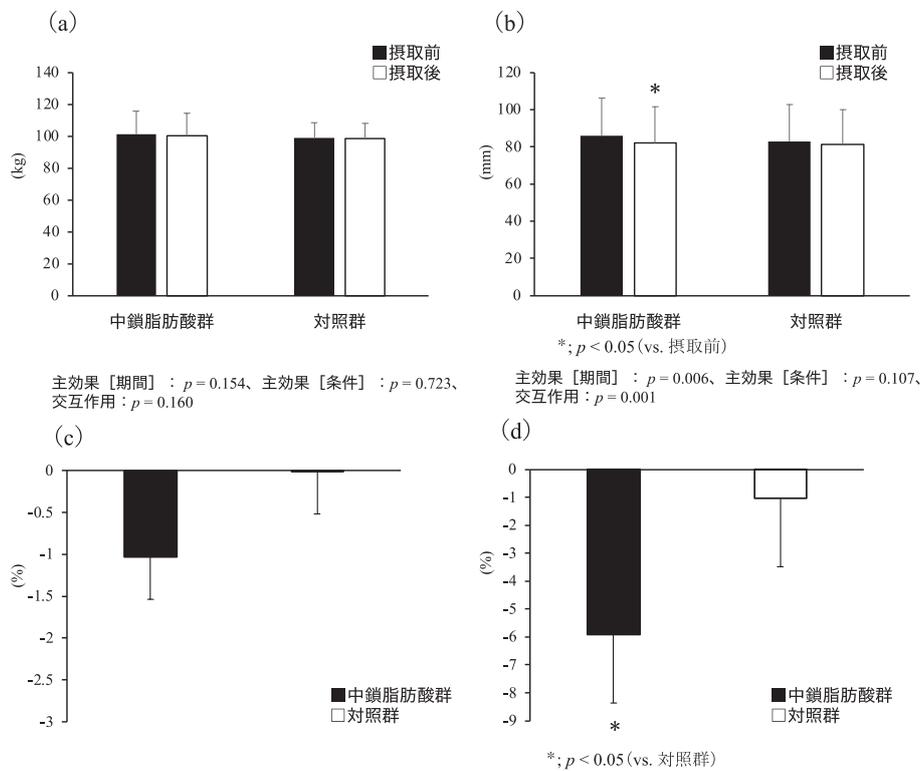


図1 摂取前後における体重および皮下脂肪厚の変化

(a) 体重、(b) 皮下脂肪厚の合計値 ($\Sigma 8$)、(c) 体重の変化率、(d) 皮下脂肪厚の変化率

IV 考察

大学生競技選手などを対象としてこれまでに行われた研究において、中鎖脂肪酸の摂取による体組成改善効果が確認されてきたが、さらに競技レベルの高い選手においても同様に中鎖脂肪酸による効果が得られる

かは不明であった。本研究では、完全な形での無作為化比較試験・二重盲検試験とはならなかったものの、同様のトレーニングを行う対照群を設けながら国内最高峰リーグで競技を行っているトップレベルの選手を対象として中鎖脂肪酸の効果を初めて検証した。その結果、2ヶ月間にわたって中鎖脂肪酸を継続的に摂取

した国内トップレベルの男子ラグビー選手では、体重は摂取期間前後では大きな変化がみられなかったものの、皮下脂肪厚は摂取前に比べて摂取後に有意に減少し、その減少量も対照群に比べて有意に大きなものであった。この結果は、トレーニングを長年にわたって行うことでその競技に適した体格を有し、かつ、競技能力が非常に高い選手でも、中鎖脂肪酸によって体組成を改善できる可能性を示唆する重要なデータであると考えられる。

本研究の中鎖脂肪酸群に対しては、普段摂取している食事に対して付加的に中鎖脂肪酸（18 g/日）を摂取するように指示していた。しかしながら、エネルギー摂取量は、摂取開始前に比べて摂取期間中に増加することはなかった。本研究で実施したコンディションに関する質問紙調査では、中鎖脂肪酸の摂取前後で食欲に大きな変化は認められなかったものの、中鎖脂肪酸には食欲を抑制する作用があることが知られており¹¹⁾、それによってその他の栄養素（炭水化物など）からのエネルギー摂取量を無意識のうちの一部減少させることで、中鎖脂肪酸によって付加的に増加したエネルギー量を相殺していたのかもしれない。また、表1に示したように、エネルギー摂取量だけではなく主要栄養素摂取量にも、両群間で差が認められなかった。さらに、摂取期間中は、両群ともに同じトレーニングプログラムを実施しており、エネルギー消費量も同等であったと考えられる。したがって、中鎖脂肪酸群で認められた皮下脂肪厚の減少は、中鎖脂肪酸を習慣的に摂取したことに起因すると考えられる。本研究における中鎖脂肪酸の摂取期間は、報告済みの症例報告⁸⁾での摂取期間と比較して短かったものの（5ヶ月間 vs. 2ヶ月間）、皮下脂肪厚の減少率はほぼ同程度であった（-7.3% vs. -5.9%）。中鎖脂肪酸による体組成改善効果を得るために必要となる最小期間は、現時点ではまだ明らかではないものの、少なくとも2ヶ月間程度摂取すれば、トップレベルの競技選手でも効果が得られる可能性が考えられる。

本研究の中鎖脂肪酸群では、体重には大きな変化が認められていないことから、体脂肪量が減少した一方で、除脂肪量が増加した可能性がある。動物実験において、中鎖脂肪酸には、たんぱく質の合成促進し、分解を抑制する効果があることが報告されており^{4), 12)}、そのような作用によって除脂肪量が増加した可能性が考えられる。表1に示したように、本研究の対象者における1日あたりのたんぱく質摂取量は、体重1 kgあたり2.0~2.3 gと、国際的なスポーツ栄養のガイドラインで示されているたんぱく質摂取量の上限もしくはそれを超える量であった¹³⁾。先行研究では、減量中にはたんぱく質の摂取量を増やすことが推奨されていることから¹⁴⁾、中鎖脂肪酸によって体脂肪量を減らしつつ、除脂肪量を増やそうとする場合にも、たんぱく

質も多く摂取しておくことが必要なのかもしれない。

本研究では、シーズン前の準備期にトレーニングを行いながら、中鎖脂肪酸を摂取した。その結果、期間による主効果が認められたことに加えて、皮下脂肪厚に期間と中鎖脂肪酸摂取の間に交互作用が認められたことから（図1）、トレーニングと中鎖脂肪酸の摂取を組み合わせることで相乗的に皮下脂肪厚（体脂肪量）が減少したと考えられる。ただし、一般人を対象とした先行研究では、運動と組み合わせなくても習慣的な中鎖脂肪酸摂取により体脂肪減少効果が得られたことが報告されている^{1), 3)}。したがって、本研究の対象選手においてもトレーニングを行わないオフシーズン中に習慣的に中鎖脂肪酸を摂取することで、体脂肪の蓄積を抑制する可能性もあるかもしれない。

ラグビー選手における体脂肪の過剰は、敏捷性などに悪影響を及ぼすことが知られている¹⁵⁾。本研究では、中鎖脂肪酸群において主観的なコンディションに関する質問紙では「瞬発力、敏捷性」の変化量は、対照群に比べて大きかった（表2）。この結果にも皮下脂肪および体脂肪量の減少が寄与している可能性が考えられる。しかしながら、本研究ではチームにとってシーズン前の重要な時期ということもあり、フィールドテストなどにより、実際の動きやパフォーマンスを評価することができなかったため、今後は瞬発力や敏捷性を客観的に評価することが必要だと思われる。また、対照群に栄養介入を行うことができなかったことから、中鎖脂肪酸群においてプラセボ効果が生じ、主観的なコンディションに関する質問紙調査の結果に影響が生じたという可能性は否定できない。今後は対照群に対しても同様に栄養介入を行う研究デザインを用いて中鎖脂肪酸摂取による効果を評価していくことが必要である。

瞬発力、敏捷性に加えて、「睡眠の質」および「便通」の項目についても、対照群に比べて中鎖脂肪酸群で変化量が大きく、改善が認められた。先行研究において、腸内細菌叢と睡眠¹⁶⁾や便通¹⁷⁾との間に関係性が認められており、さらに、中鎖脂肪酸を多く含む食事を摂取することにより、腸内細菌叢が変化するという知見が報告されている¹⁸⁾。そこで、本研究では中鎖脂肪酸群において、摂取期間前後の腸内細菌叢を予備的に評価した。その結果、摂取期間後において、ファーミキューテス門の相対存在比の増加とバクテロイデス門の相対存在比の減少によるF/B比の有意な増加が認められた（表3）。Grosickiら（2020）は、健康な成人において、F/B比の増加と睡眠の質（自己申告）との間に正の相関関係が認められたことを報告している¹⁹⁾。したがって、本研究で認められた中鎖脂肪酸の摂取による主観的な睡眠の質の改善にも、F/B比の変化が関連している可能性がある。先行研究において、睡眠と覚醒に関わる神経伝達物質（5-hydroxytryptamine：5-HT、

表2 摂取前後における主観的なコンディションの変化

| | 中鎖脂肪酸群 | | | 対照群 | | | p value |
|---------|---------|---------|------------------|------------|---------|----------------|---------|
| | 摂取前 | 摂取後 | 変化量 | 摂取前 | 摂取後 | 変化量 | |
| 食欲 | 5 (4-5) | 5 (4-5) | 0 (-0.25-0.25) | 4 (3-4) | 4 (3-4) | 0 (-1-0) | N.S. |
| 瞬発力・敏捷性 | 3 (3-4) | 4 (4-5) | 0.5 (-0.25-1.25) | 4 (3-4) | 3 (2-4) | -1 (-1-0) | 0.04 |
| 持久力 | 4 (2-4) | 4 (2-4) | 0.5 (0-1.25) | 4 (3-4) | 4 (2-4) | 0 (-0.25-0) | N.S. |
| 運動後の疲労感 | 2 (2-3) | 3 (2-3) | 0.5 (0-1) | 2 (1.75-3) | 2 (2-3) | 0 (0-1) | N.S. |
| 睡眠の質 | 3 (2-3) | 5 (4-5) | 1 (0.75-2) | 3 (2-3) | 3 (2-3) | 0 (-1.25-0.25) | 0.016 |
| 便通 | 3 (3-4) | 5 (4-5) | 2 (0.75-2) | 3.5 (3-4) | 3 (3-4) | 0 (-1-0) | 0.02 |

中央値 (第一四分位係数~第一四分位係数)

表3 中鎖脂肪酸群の摂取期間前後における腸内細菌叢 (門) の変化

| | 摂取前 | 摂取後 | P value |
|----------------|------------|------------|---------|
| アクチノバクテリア門 (%) | 10.9 ± 6.1 | 11.4 ± 7.6 | N.S. |
| バクテロイデス門 (%) | 28.7 ± 7.9 | 22.2 ± 6.1 | 0.002 |
| ファーミキューテス門 (%) | 56.9 ± 7.8 | 62.7 ± 6.7 | 0.025 |
| プロテオバクテリア門 (%) | 3.1 ± 1.6 | 2.8 ± 1.1 | 0.067 |
| F/B 比 | 2.2 ± 0.8 | 3.2 ± 1.1 | 0.001 |

平均値 ± 標準偏差

メラトニン、Gamma-Amino Butyric Acid : GABA など) が一部の腸内細菌によって産生され、それが脳腸軸を介して中枢に伝わることで、睡眠の質が変化する可能性が示唆されている²⁰⁾。F/B比の変化による睡眠の質の改善に関わるメカニズムについては現時点では不明であり、推察の域を出ないが、習慣的な中鎖脂肪酸摂取とそれに伴うF/B比の増加がこのような機序を介して睡眠に影響を及ぼしている可能性も考えられる。なお、本研究では、「主観的な睡眠の質」を5件法にて評価しただけであるため、今後は、多くの先行研究で用いられている質問紙 (Pittsburgh Sleep Quality Index) や脳波などを用いて、睡眠の質に対する更なる検証が求められる。

また、本研究では、プロテオバクテリア門の相対存在比が減少する傾向が認められた。プロテオバクテリア門には、炎症を促進する作用があり、大腸炎や炎症性腸疾患の発症と関連することが指摘されている²¹⁾。さらに、中鎖脂肪酸を投与した実験動物では、プロテオバクテリア門の存在比が減少したことも報告されている²²⁾。したがって、先述したように、本研究では習慣的に中鎖脂肪酸を摂取した選手において便通の改善

が認められたが、それにはプロテオバクテリア門の減少と、それに伴う大腸における炎症の軽減が関与していた可能性が考えられる。

腸内細菌叢の変化は肥満・身体組成にも影響を及ぼす可能性が示唆されている²³⁾。一般人を対象とした先行研究において、標準体重 (BMI : 18.5-24.9) の者では肥満者 (BMI : >25) に比べてF/B比が高値を示すことが報告されており²⁴⁾、本研究でも皮下脂肪厚の減少が認められた中鎖脂肪酸群では、F/B比の増加が認められた (表3)。したがって、中鎖脂肪酸による身体組成の改善にも、このような腸内細菌叢の組成 (F/B比) の変化が関係している可能性が考えられる。しかしながら、他の先行研究ではこれらの知見とは異なり、肥満者ではF/B比が高値を示すこと、および食事療法によりF/B比が低下することが報告されている²⁵⁾。加えて、日本人を対象として行われた先行研究においても、F/B比とBMIとの間に相関関係はみられなかったと報告がされている²⁶⁾。したがって、F/B比の変化による肥満・身体組成への影響ならびに中鎖脂肪酸による身体組成の改善効果における関与は現時点では不明であり、今後さらなる研究が必要だと

思われる。

本研究では、サンプル採取の煩雑さや費用面などの問題から、中鎖脂肪酸群の腸内細菌叢しか評価することができなかった。腸内細菌叢は、食事以外にも運動²⁷⁾、環境²⁸⁾などから影響を受け、それらへの短期間の曝露でも腸内細菌叢が変化することが報告されている²⁹⁾。特に、ファーミキューテス門は、運動トレーニングにより増加するという報告がある一方で、運動に対する腸内細菌叢の反応は個人差が大きく、一貫した結果が得られないという報告もあり^{30),31)}、一致した見解が得られていない。本研究の摂取期間中にもトレーニングが行われており、摂取期間後の腸内細菌叢の変化が中鎖脂肪酸摂取によるものなのか、もしくはトレーニングを含むその他の要因によるものなのかどうかを明らかにすることができていない。この点に関しても、先述した主観的なコンディションについてと同様に、対照群における腸内細菌叢の評価も行うことで、中鎖脂肪酸の効果を検討していく必要があると考えられる。

V 結論

2ヶ月間の継続した中鎖脂肪酸摂取は、国内トップレベルの男子ラグビー選手の体組成および主観的なコンディションを改善させる可能性が示唆された。

謝辞

本研究を実施・報告する上で、多大なるご協力を頂きました実業団男子ラグビーチームの選手およびスタッフの皆様にご心より御礼申し上げます。

利益相反

以下の申告すべき利益相反状態がある：寺田 新(共同研究費：日清オイリオグループ株式会社)

本研究で選手が摂取していた中鎖脂肪酸は、日清オイリオグループ株式会社から提供されたものである。

著者貢献

著者A.I., H.I., K.K., T.T., S.T.は、研究計画の立案を行なった。著者A.I., S.M., J.P.は、データ収集を行った。著者A.I., S.T.はデータ解析および原稿の執筆を担当した。すべての著者は、原稿を批判的にレビューおよび修正し、投稿を承認した。

文献

1) St-Onge, M.P., Bosarge, A., Goree, L.L.T., et al.: Medium Chain Triglyceride Oil Consumption as Part of a

Weight Loss Diet Does Not Lead to an Adverse Metabolic Profile When Compared to Olive Oil, *J. Am. Coll. Nutr.*, 27, 547-552 (2008)

- 2) Ooyama, K., Wu, J., Nosaka, N., Aoyama, T., et al.: Combined intervention of medium-chain triacylglycerol diet and exercise reduces body fat mass and enhances energy expenditure in rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 54, 136-141 (2008)
- 3) Mumme, K., Stonehouse, W.: Effects of medium-chain triglycerides on weight loss and body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials, *J. Acad. Nutr. Diet.*, 115, 249-263 (2015)
- 4) Sekine, S., Terada, S., Aoyama, T.: Medium-chain triacylglycerol suppresses the decrease of plasma albumin level through the insulin-Akt-mTOR pathway in the livers of malnourished rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 59, 123-128 (2013)
- 5) Roopashree, P., Shetty, S.S., Kumari, N.S.: Effect of medium chain fatty acid in human health and disease, *J. Funct. Foods.*, 87, 104724 (2021)
- 6) Takeuchi, H., Kasai, M., Taguchi, N., et. Al.: Effect of triacylglycerols containing medium-and long-chain fatty acids on serum triacylglycerol levels and body fat in college athletes, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 48, 109-114 (2002)
- 7) 野坂直久, 久木留毅, 鈴木佳恵, 他: 中鎖脂肪酸を構成成分とするトリアシルグリセロール摂取が男子レスリング選手の筋肉厚と血液成分に及ぼす影響, 日本臨床栄養学会雑誌, 33, 12-21 (2011)
- 8) 石橋 彩, 牧野慎二, Price, J.: 習慣的に中鎖脂肪酸を摂取した実業団ラグビー選手の体重・皮下脂肪厚およびコンディションの変化, 日本スポーツ栄養研究誌, 16, 40 (2023)
- 9) 高橋啓子, 吉村幸雄, 開元多恵, 他: 栄養素および食品群別摂取量推定のための食品群をベースとした食物摂取頻度調査票の作成および妥当性, 栄養学雑誌, 59, 221-232 (2001)
- 10) Marfell-Jones, M.J., Stewart, A.D., De Ridder, J.H.: International standards for anthropometric assessment. (2012)
- 11) St-Onge, M.P., Mayrsohn, B., O'Keeffe, M., et al.: Impact of medium and long chain triglycerides consumption on appetite and food intake in overweight men, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 68, 1134-1140 (2014)
- 12) Nishimura, S., Inai, M., Takagi, T. et al.: Preventive effects of the dietary intake of medium-chain triacylglycerols on immobilization-induced muscle atrophy in rats, *J. Oleo Sci.*, 66, 917-924 (2017)
- 13) Thomas, D.T., Erdman, K.A., Burke, L.M.: Nutrition and athletic performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 48, 543-568 (2016)
- 14) Hector, A.J., Phillips, S.M.: Protein recommendations

- for weight loss in elite athletes: A focus on body composition and performance, *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 28, 170-177 (2018)
- 15) Darrall-Jones, J.D., Jones, B., Till, K.: Anthropometric, sprint, and high-intensity running profiles of English academy rugby union players by position, *J. Strength. Cond. Res.*, 30, 1348-1358 (2016)
 - 16) Sen, P., Molinero-Perez, A., O'Riordan, K. J., et al.: Microbiota and sleep: awakening the gut feeling, *Trends. Mol. Med.*, 27, 935-945 (2021)
 - 17) Tanabe, A., Adachi, K., Yamaguchi, Y., et al.: Gut environment and dietary habits in healthy Japanese adults and their association with bowel movement, *Digestion.*, 101, 706-716 (2020)
 - 18) Rial, S.A., Karelis, A.D., Bergeron, K.F., et al.: Gut Microbiota and Metabolic Health: The Potential Beneficial Effects of a Medium Chain Triglyceride Diet in Obese Individuals, *Nutrients.*, 8, 281 (2016)
 - 19) Grosicki, G.J., Riemann, B.L., Flatt, A.A., et al.: Self-reported sleep quality is associated with gut microbiome composition in young, healthy individuals: a pilot study, *Sleep. Med.*, 73, 76-81 (2020)
 - 20) Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S. M., et al.: The microbiota-gut-brain axis, *Physiol. Rev.*, 99(4), 1877-2013 (2019)
 - 21) Rizzatti, G., Lopetuso, L., Gibiino, G., et al.: Proteobacteria: a common factor in human diseases, *BioMed. Res. Inter.*, 9351507 (2017)
 - 22) Gebhardt, J. T., Thomson, K. A., Woodworth, J. C., et al.: Effect of dietary medium-chain fatty acids on nursery pig growth performance, fecal microbial composition, and mitigation properties against porcine epidemic diarrhea virus following storage, *J. Anim. Sci.*, 98, skz358 (2020)
 - 23) Bakker, G. J., Zhao, J., Herrema, H., et al.: Gut microbiota and energy expenditure in health and obesity, *J. Clin. Gastroenterol.*, 49, 13-19 (2015)
 - 24) Schwartz, A., Taras, D., Schäfer, K., et al.: Microbiota and SCFA in lean and overweight healthy subjects, *Obesity.*, 18, 190-195 (2010)
 - 25) Ley, R. E., Turnbaugh, P. J., Klein, S., et al.: Human gut microbes associated with obesity, *Nature.*, 444, 1022-1023 (2006)
 - 26) Takagi, T., Naito, Y., Inoue, R., et al.: Differences in gut microbiota associated with age, sex, and stool consistency in healthy Japanese subjects, *J. Gastroenterol.*, 54, 53-63 (2019)
 - 27) Boytar, A.N., Skinner, T.L., Wallen, R.E., et al.: The Effect of Exercise Prescription on the Human Gut Microbiota and Comparison between Clinical and Apparently Healthy Populations: A Systematic Review, *Nutrients.*, 15, 1534 (2023)
 - 28) Huang, L., Li, T., Zhou, M., et al.: Hypoxia improves endurance performance by enhancing short chain fatty acids production via gut microbiota remodeling, *Front. Microbiol.*, 12, 4375 (2022)
 - 29) Hughes, R.L., Holscher, H.D.: Fueling gut microbes: a review of the interaction between diet, exercise, and the gut microbiota in athletes, *Adv. Nutr.*, 12, 2190-2215 (2021)
 - 30) Zhao, X., Zhang, Z., Hu, B., et al.: Response of gut microbiota to metabolite changes induced by endurance exercise, *Front. Microbiol.*, 9, 765 (2018)
 - 31) Munukka, E., Ahtiainen, J. P., Puigbó, P., et al.: Six-week endurance exercise alters gut metagenome that is not reflected in systemic metabolism in overweight women, *Front. Microbiol.*, 9 (2018)

(受付日：2024年1月22日)
採択日：2024年4月8日)

Original Article

Effects of 2 months' intake of medium-chain fatty acids on the body composition and physical condition of elite male rugby players in Japan

Aya ISHIBASHI ^{*1, *2, *3}, Shinji MAKINO ^{*4}, Jason PRICE ^{*4}, Haruna ISHIKAWA ^{*5},
Keiichi KOJIMA ^{*5}, Tetsuo TAKAGI ^{*5}, Shin TERADA ^{*1}

^{*1}The University of Tokyo

^{*2}Japan Society for the Promotion of Science

^{*3}Toyo University

^{*4}Toyota Verblitz

^{*5}The Nisshin Oillio Group, Ltd.

ABSTRACT

[Aim]

We had previously reported that consumption of medium-chain fatty acids (MCFA) for 2 months by elite Japanese rugby players may improve the body composition and physical condition of the players. In the present investigation, we performed an interventional study to evaluate and confirm the effects of daily MCFA intake on the skinfold thickness and subjective physical condition in elite rugby players by comparing the effects with the findings in a control group who engaged in a similar training program, but without daily MCFA consumption.

[Methods]

A total of 29 Japanese elite male rugby players were divided into two groups: 1) the MCFA group, consisting of players who consumed 18 g/day of MCFA during the 2-month training period, or 2) the control group, consisting of players who did not consume MCFA during this period. The body weight and skinfold thickness were measured before and after the intervention. In addition, a dietary survey as well as a self-report questionnaire survey for evaluating the physical conditions of the players were conducted.

[Results]

No significant difference in the energy or macronutrient intake during the intervention period was observed between the two groups. While the [A1] body weight did not differ between the two groups, the decrease in the skinfold thickness in the MCFA group was significantly greater than that observed in the control group. In terms of the results of the self-reported questionnaire survey, the changes in the scores for "agility," "sleep quality" and "bowel movements" were significantly greater in the MCFA group as compared with those in the control group.

[Conclusion]

Our results suggest that daily intake of MCFA for 2 months may improve the body composition and also the subjective condition in elite Japanese rugby players.

Keywords: elite athletes, medium-chain fatty acids, weight control, rugby players, interventional study