

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13188

研究課題名(和文)運動パフォーマンス向上のための脂質を用いた新たな栄養学的介入方法の開発

研究課題名(英文)Approches to improve exercise performance using dietary fat

研究代表者

東田 一彦(Higashida, Kazuhiko)

滋賀県立大学・人間文化学部・准教授

研究者番号：50634466

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高脂肪食を摂取することで骨格筋の基質酸化能が向上すること、さらに、高脂肪食摂取を中断することで急速に適応反応が消失することを明らかにした。また、低糖質食の摂取は、腸管での糖吸収速度を低下させること、さらに運動後の筋グリコーゲン回復に悪影響を及ぼす可能性が明らかとなった。一方、肝グリコーゲンの回復速度を高めることも併せて明らかになった。脂質や糖質摂取量の調節による、運動パフォーマンス向上を目的とした栄養摂取方法の開発に有用な基礎的知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

摂取する栄養素によって骨格筋をはじめとする各組織がどのような応答を示すかを明らかになることで、脂質などの栄養摂取とスポーツパフォーマンスとの関係性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：This study found that high-fat diet feeding improves muscle substrate oxidation capacity, and rapid reversal to base line after cessation of high-fat diet feeding in mice. Additionally, we found that low-carbohydrate diet feeding attenuates glucose asorption and glycogen recovery after a bout of exercise in mice.

研究分野：運動生理学、スポーツ栄養学

キーワード：脂質 ミトコンドリア グリコーゲン

## 成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

継続的な運動トレーニングが骨格筋の脂質代謝を亢進することはよく知られており、その主な要因として骨格筋で脂肪をエネルギーに変換するミトコンドリアが増加することがあげられる。しかしながら、運動トレーニングによる骨格筋ミトコンドリアの増加には生理的な限界があり、運動トレーニング以外で骨格筋のミトコンドリアを増加させる方法の開発が期待されている。骨格筋のミトコンドリアを増加させるための運動トレーニング以外の栄養学的手法として、脂質の摂取がある。食事中の脂質が骨格筋のミトコンドリアおよび脂質代謝を高めることは 30 年以上前から報告されており、申請者も脂質主体の食餌を摂取させた実験動物の骨格筋でミトコンドリアが増加し、脂質代謝の亢進や持久性運動パフォーマンスが向上したことを報告している。

しかしながら、脂質摂取によるミトコンドリアの増加には問題点がある。エネルギー摂取量が過剰となり体脂肪の増加を引き起こす。また、高脂質の長期間の摂取により、解糖系が抑制されることも知られている。したがって、脂質摂取による骨格筋ミトコンドリアの増加という知見を運動競技者に応用するためには、エネルギーの過剰摂取による体脂肪の増加や糖代謝への悪影響を伴わずに、骨格筋のミトコンドリアのみを高める栄養学的介入方法の開発が必要不可欠となる。

### 2. 研究の目的

本研究は、実験動物を対象として、様々な脂質・糖質含量の食餌を用いて、運動能力を向上させる栄養学的介入方法の開発に向けた基礎的データをを得ることを目的とした。高脂質の食餌を用いた研究では、脂質摂取中断後にどのように骨格筋のミトコンドリアが低下するかを検討した。また、腸管の栄養素吸収能やグリコーゲン回復速度に及ぼす影響について低糖質食を用いて検討を行った。

### 3. 研究方法

雄性 C57/BL6 に普通食 (CON) または高脂肪食 (HFD) を 4 週間摂取させた。4 週間後、HFD 群の食餌を CON に変更し、3 日および 7 日後に骨格筋サンプルを採取し、ミトコンドリアタンパク質およびミトコンドリア DNA 含量を測定した。

腸管での栄養素吸収能については、雄性 C57/BL6 に対し CON または低糖質食 (LC) を 2 週間摂取させ、腸管における糖輸送体発現量や筋および肝グリコーゲン含量を測定した。

### 4. 研究成果

(1) 高脂肪食摂取の中断が骨格筋ミトコンドリアタンパク質およびミトコンドリア DNA 含量に及ぼす影響

4 週間の高脂肪食摂取後に骨格筋ミトコンドリアタンパク質およびミトコンドリア DNA

含量を解析したところ、測定項目により減少速度が異なる可能性が示された。電子伝達系のタンパク質は、高脂肪食摂取中断 3 日目には CON 群と同じレベルに減少していた。一方、酸化の酵素である LCAD は中断 3 日目では CON 群と比較して高値を示したが、中断 7 日目は低下した。また、ミトコンドリア DNA 含量は、中断 7 日目であっても CON 群と比べ有意に高い値を維持していた。

## (2) 低糖質食摂取が骨格筋及び小腸に及ぼす影響

糖質含量が低い食餌を 2 週間摂取させた結果、小腸上皮細胞におけるグルコース輸送体の SGLT1 タンパク質発現量が顕著に低下した。SGLT1 減少に伴い、グルコース負荷後のインスリン分泌が低下することが明らかになった。

さらに、同様の食餌を摂取したマウスに対し、トレッドミルによる一過性の走行運動 (15 m/min, 30 分) を行わせたのち、グルコース (2 g/kg 体重) を摂取させ、骨格筋と肝臓のグリコーゲン回復速度を測定した。その結果、運動終了 2 時間後における筋グリコーゲン含量が、普通食と比較して低糖質食摂取群で有意に低値を示した。一方、運動終了 24 時間後においては両群に有意な差は認められなかった。運動終了 2 および 24 時間後における肝グリコーゲン含量は、普通食群と比較して低糖質食群において有意に高値を示した。これらの結果から、極端な低糖質食を摂取することで、小腸でのグルコース取り込みが低下し、運動後の筋グリコーゲン回復に悪影響を及ぼす可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 東田一彦	4. 巻 4
2. 論文標題 スポーツ栄養と油脂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 オレオサイエンス	6. 最初と最後の頁 151-155
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.5650/oleoscience.20.151">https://doi.org/10.5650/oleoscience.20.151</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Higashida K, Terada S, Li X, Inoue S, Iida N, Kitai S, Nakai N.	4. 巻 82
2. 論文標題 Low-carbohydrate high-protein diet diminishes the insulin response to glucose load via suppression of SGLT-1 in mice.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biosci Biotechnol Biochem.	6. 最初と最後の頁 365-371
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09168451.2018.1533803	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Li X, Higashida K, Kawamura T, Higuchi M.	4. 巻 64
2. 論文標題 Time Course of Decrease in Skeletal Muscle Mitochondrial Biogenesis After Discontinuation of High-Fat Diet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)	6. 最初と最後の頁 233-238
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3177/jnsv.64.233.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 東田一彦、寺田 新、中井直也
2. 発表標題 低糖質・高タンパク質食摂取が糖代謝能に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東田一彦
2. 発表標題 微量栄養素の欠乏・過剰と運動パフォーマンスとの関連
3. 学会等名 第4回日本スポーツ栄養学会大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----