

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：34602

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17816

研究課題名（和文）高脂肪食摂取が運動中の脂質代謝および骨格筋・肝臓グリコーゲン濃度に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effect of high-fat diet on skeletal muscle and liver glycogen

研究代表者

岩山 海渡（IWAYAMA, Kaito）

天理大学・体育学部・講師

研究者番号：30781249

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：運動中に利用される主なエネルギー源は糖質（グリコーゲン）と脂質である。本研究は運動前の食事の違いが運動中に利用される糖質および脂質由来エネルギーの比率に及ぼす影響を検討した。食事内容は糖質の多い食事、飽和脂肪酸の多い食事、不飽和脂肪酸の多い食事の3種で比較した。その結果、糖質の多い食事より飽和脂肪酸または不飽和脂肪酸の多い食事は運動中のグリコーゲン利用が少なかった。飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の間には差が認められなかった。運動中のグリコーゲン利用低下は持久性運動にとって望ましいため、飽和/不飽和によらず運動前に脂質の多い食事をするのは有効であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フルマラソンなど長時間の持久性運動前にはご飯やうどんなど糖質の多い食事をするのが推奨されている。これは運動前にエネルギー源であるグリコーゲンを蓄えておくことで、終盤のパテを防ぐことが目的である。糖質の多い食事の代わりに脂質の多い食事をする、エネルギー貯蔵を増やすことはできないが、エネルギーの使い方が変わる（燃費が向上する）ことが指摘されている。一口に脂質といっても様々な種類があるため、本研究では燃費向上のためにどのような脂質が有効かを検討した。その結果、脂質の種類による差が認められなかった。したがって実践する場合はどのような脂質でも燃費向上が期待できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The main energy sources utilized during exercise are carbohydrates (i.e. glycogen) and fats. This study examined the effects of different pre-exercise diets on the ratio of carbohydrate- and fat-derived energy utilized during exercise. Three diets were compared: a diet high-carbohydrate, a diet high-saturated fatty acids, and a diet high-unsaturated fatty acids. Results showed that diets high-saturated or high-unsaturated fatty acids utilized less glycogen during exercise than diets high-carbohydrate. No difference was found between saturated and unsaturated fatty acids. Since lower glycogen utilization during exercise is desirable for endurance exercise, the results suggest that a diet high-fat prior to exercise is beneficial, regardless of saturated/unsaturated status.

研究分野：エネルギー代謝

キーワード：グリコーゲン 高脂肪食

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1960年代に考案された「グリコーゲン・ローディング」は、数日間高糖質食を摂取することで一時的に骨格筋の貯蔵グリコーゲンを増やす方法である。この方法では運動時のグリコーゲン利用の増大という持久性運動において望ましくないエネルギー代謝への影響が認められるものの、貯蔵グリコーゲンの増大による利点の方が大きく、結果として持久性運動パフォーマンスの向上につながる事が多くの研究により報告されている。一方、運動中のグリコーゲン利用を抑制することに着目した食事の方法として「ファット・アダプテーション」が知られている。これは数日から数週間の高脂質食摂取により、一時的に脂質のエネルギー利用が増える(つまりグリコーゲンの利用が減り、グリコーゲンが枯渇するのを遅らせる)という体の反応を利用するものである。しかし、この食事方法により運動中のグリコーゲン利用は抑制されるものの、それが持久性運動パフォーマンスの向上には結びつかないとの見解が複数報告されている。高脂質食はすなわち低糖質食と言い換えることができ、高脂質食を継続することによる貯蔵グリコーゲンの大幅な減少が背景にあると指摘されている。その結果、運動中のグリコーゲン利用が減少してもすぐに枯渇してしまうため、持久性運動パフォーマンスの向上に結びつかなかったと考えられる。このようなことから、「ファット・アダプテーション」は持久性運動に向けた食事方法として有効ではないと指摘されている (Burke and Kiens, J Appl Physiol, 2006.)

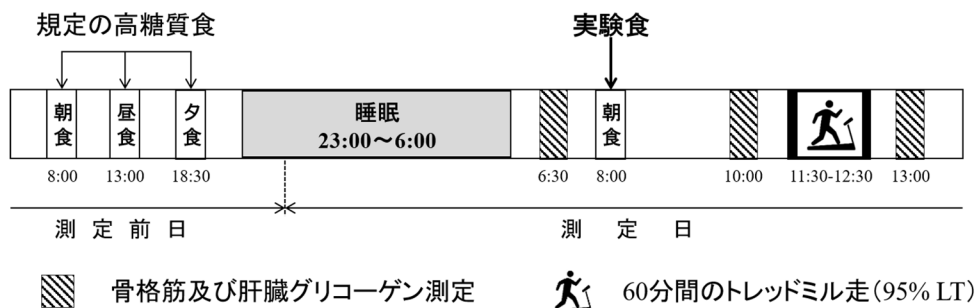
高脂質食がエネルギー代謝に及ぼす影響は単回摂取でも認められることから、これまで指摘されていた「高脂質食摂取による貯蔵グリコーゲンの低下」を最小限にすると同時に、運動中のグリコーゲン利用を抑制する食事方法があるとの考えから、研究代表者らは運動前の1食のみを高脂質食にすることの有効性を検討した。その結果、グリコーゲン・ローディング後に単回の高脂質食を摂取することが持久性運動中のグリコーゲン利用を抑制し、骨格筋および肝臓グリコーゲン量の減少を有意に抑制することを報告した (Iwayama et al., J Strength Cond Res, 2023)

2. 研究の目的

食品中の脂質は飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸に分類でき、体内での代謝速度が異なる。不飽和脂肪酸の中でも摂取後にエネルギーとして利用されやすい多価不飽和脂肪酸は、運動時の脂質エネルギー利用を亢進し、貯蔵グリコーゲンの利用を抑制することが期待できる。そこで本研究は持久性運動前に摂取する高脂質食として、飽和脂肪酸/不飽和脂肪酸の違いが運動時のエネルギー代謝に及ぼす影響を検討した。

3. 研究の方法

日頃から持久性トレーニングに取り組む男性9名を対象(年齢: 25.0 ± 1.6 歳、身長: 172.4 ± 1.5 cm、体重: 60.4 ± 1.5 kg、最大酸素摂取量: 55.6 ± 1.6 ml/kg/min)とし、乳酸性作業閾値(LT)の95%強度で60分間のトレッドミル走を行った。各被験者は脂肪酸組成の異なる実験食(高飽和脂肪酸、高多価不飽和脂肪酸または高糖質)を用いた3試行を順不同で実施し、いずれの試行においても食事前、運動前、運動後の3時点にて炭素磁気共鳴分光法(^{13}C -MRS)による下腿の骨格筋及び肝臓のグリコーゲン濃度測定を行った(図1)。

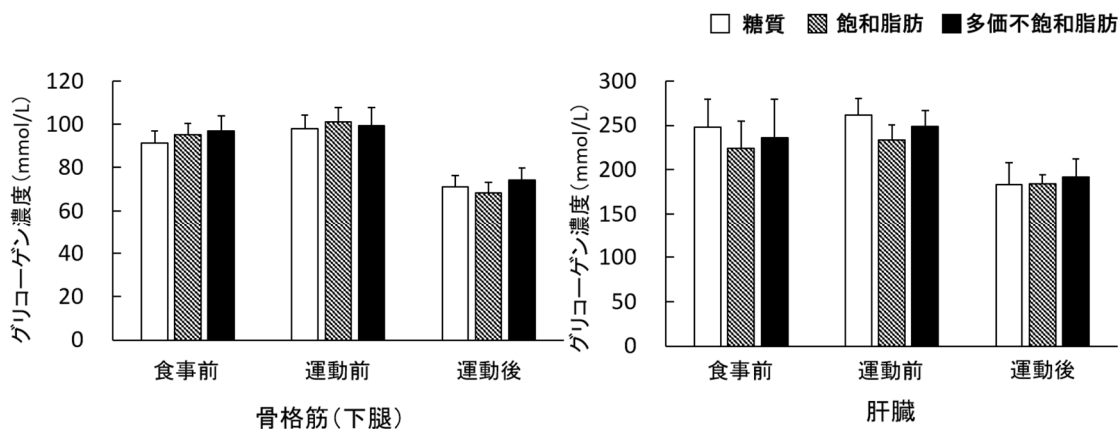


[図1 実験プロトコル]

実験食は先入観を排除するため、原材料の異なるマフィンを作成して摂取させた。実験食はすべての対象者で共通とし、エネルギーは高糖質食が979 kcal、高飽和脂肪酸が976 kcal、高多価不飽和脂肪酸が989 kcalであった。三大栄養素(たんぱく質:脂質:糖質)の比率は、高糖質食が8:15:77、高飽和脂肪酸が8:52:40、高不飽和脂肪酸が8:52:40であった。不飽和脂肪酸の摂取源は -リノレン酸が豊富な亜麻仁油を使用した。

4. 研究成果

対象者の 95%LT に相当する走速度は 215.7 ± 10.2 m/min であった。60 分間のトレッドミル走における平均呼吸交換比は 3 群に有意な差が認められなかった (高糖質: 1.00 ± 0.02 、高飽和脂肪酸: 0.97 ± 0.01 、高多価不飽和脂肪酸: 0.99 ± 0.02)。¹³C-MRS で評価した骨格筋および肝臓のグリコーゲンは、いずれの時点でも 3 群に有意な差は認められなかった (図 2)。運動時に利用したグリコーゲン量の評価として、運動前から運動後におけるグリコーゲン濃度の変化量を算出して比較したが、3 群に有意な差は認められなかった。



[図 2 各時点における骨格筋および肝臓グリコーゲン濃度の変化]

本研究の結果から、持久性運動前に多価不飽和脂肪酸の豊富な食事を摂取することによって、運動中のグリコーゲン利用の抑制にはつながらないことが示唆された。また、 ω -3-リノレン酸は短時間に多量摂取することによって腹痛を引き起こす可能性が指摘されており、本研究においても 2 名が腹部の違和感を訴えていたことから、消化吸収の面で不都合が生じていた可能性がある。これらのことから持久性運動前の食事として、少なくとも本研究で使用した量の ω -3-リノレン酸を摂取することは有効ではない可能性が考えられる。飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の混合食を利用した先行研究と異なる結果になったことから、今後は ω -3-リノレン酸の適切な摂取量が存在するかの検討や、他の多価不飽和脂肪酸を利用した検討が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kaito Iwayama, Takahiro Onishi, Katsuya Maruyama, Hideyuki Takahashi	4. 巻 33
2. 論文標題 Diurnal variation in the glycogen content of the human liver using 13C MRS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NMR in Biomedicine	6. 最初と最後の頁 e4289
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/nbm.4289	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 Kaito Iwayama, Jaehoon Seol, Kumpei Tokuyama	4. 巻 15
2. 論文標題 Exercise Timing Matters for Glycogen Metabolism and Accumulated Fat Oxidation over 24 h	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 1109
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/nu15051109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔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 岩山海渡、田名辺陽子、丹治史弥、大西貴弘、丸山克也、高橋英幸
2. 発表標題 運動するタイミングの違いが骨格筋および肝臓グリコーゲン濃度の変動に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩山海渡、田名辺陽子、矢島克彦、丹治史弥、大西貴弘、丸山克也、高橋英幸
2. 発表標題 運動前の高脂肪食摂取がグリコーゲン利用に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------