

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：40127

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2023

課題番号：19K24328

研究課題名（和文）運動直後の筋グリコーゲン回復のためのアイスクリーム摂取の有効性に関する研究

研究課題名（英文）Research on the recovery of muscle glycogen for glucose-containing ice cream ingestion of immediately following high-intensity intermittent exercise

研究代表者

東郷 将成（Togo, Masanari）

旭川市立大学短期大学部・その他部局等・准教授

研究者番号：90846312

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：大会や合宿など1日に複数回の運動が実施されるような場面では、より良いパフォーマンスを発揮し続けるために、運動直後からエネルギー源である筋グリコーゲンを回復させる必要がある。本研究の目的は運動直後のブドウ糖特製アイスクリームの摂取が運動現場で常用されているスポーツドリンク、水と比較して、2時間後の筋グリコーゲンを回復させるのが、回復後の運動パフォーマンス発揮に有効かを検討することであった。その結果、ブドウ糖特製アイスクリームは筋グリコーゲンの回復に有効であるものの、2時間後の持久性パフォーマンスに影響を与えないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動直後の筋グリコーゲン回復のための糖質量や栄養素の組み合わせに関する研究は様々な知見が報告されている。しかしながら、ヒトを対象に運動直後の糖質と乳化した脂質の同時摂取が筋グリコーゲンの回復に有効か否かは検証されたことはない。本研究は、糖質と乳化した脂質を含む身近な食品であるアイスクリームに着目し、運動直後のブドウ糖特製アイスクリーム摂取が筋グリコーゲンの回復に有効であることを明らかとした。この結果は、運動直後の筋グリコーゲンの回復に革新的な方法であるとともに、運動現場に即時還元可能な知見であるといえる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to compare among the effects of ingesting glucose-containing ice cream, carbohydrate-electrolyte beverage and water immediately following exercise on subsequent endurance exercise performance two hours later. The results indicate that glucose-containing ice cream is more effective in promoting muscle glycogen recovery compared with water and carbohydrate-electrolyte beverage, but does not affect subsequent endurance exercise performance two hours later.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：アイスクリーム 乳化した脂質 筋グリコーゲン 回復 血糖値 インスリン インクレチン 運動パフォーマンス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

1日に複数回行われる持続的運動でより良いパフォーマンスを発揮し続けるためには、運動後に栄養補給を行い、エネルギー源である筋グリコーゲンを早期に回復させる必要がある。筋グリコーゲンの回復には、筋への糖取り込みを促進させるインスリンの分泌量を如何に高められるかが重要である。これまでの研究において、インスリンの分泌量を増大させる栄養素の量や組み合わせが明らかとなっている。運動後の早期の回復には、体格に見合った糖質量 (Ivy et al., 1988) が必要であること、糖質とたんぱく質の組み合わせ (Ivy et al., 2002) が糖質の単体摂取よりも有効であることが報告されている。加えて、運動直後の糖質と乳化した脂質の組み合わせによる同時摂取もインスリンを分泌を高め、筋グリコーゲンの回復に有効であることが新たに報告された (寺田, 2015)。応募者は、筋グリコーゲンの新たな回復法を応用し、乳化した脂質を含む牛乳にブドウ糖を加えて製造したアイスクリームの運動直後の摂取がインスリン分泌量を増大させることを明らかにした (東郷ら, 2020)。しかしながら、ヒトを対象に糖質と乳化した脂質の同時摂取が筋グリコーゲンをどの程度回復させるか、回復した筋グリコーゲンがその後の運動パフォーマンスにどの程度影響を与えるかは明らかとなっていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、運動直後におけるブドウ糖と乳化した脂質を含むアイスクリームの摂取が、1. 運動で消費した筋グリコーゲンを回復させるかを測定評価すること、2. 回復後の運動パフォーマンス発揮に有効かを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

対象は、定期的な運動 (トライアスロン、ラグビー、サッカー、陸上) を実施していた健康な男性競技者 5 名であった。全ての被験者は、予備実験として最高酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$  peak) および最大運動負荷を決定した。本実験は、高強度間欠的運動と中強度運動を組み合わせた運動の直後に 3 条件の試験食品を摂取させ 2 時間の回復後、回復後の持続的な運動パフォーマンスの評価を行った。運動直後は、3 条件のいずれかの試験食品を摂取したのち、2 時間まで座位安静状態を保持した。回復後の持続的な運動パフォーマンスの評価は、最高酸素摂取量の 60 % 強度の持続的な運動を実施し、疲労困憊に至るまでの運動継続時間を計測した。運動直後に摂取した試験食品は、競技現場で常用されている水条件、スポーツドリンクに筋グリコーゲン回復に必要な糖質量となるようブドウ糖を溶解したスポーツドリンク条件、ブドウ糖で特製したアイスクリーム条件とし、各条件において被験者は試験食品を任意の速さで摂取した。スポーツドリンク条件およびアイスクリーム条件は、体重 1kg 当たりの糖質量が 1.2 g となるように調整した。測定指標は、筋グリコーゲン、血中の糖質関連項目、脂質関連項目、呼気採集、主観的な感覚の測定を行った。筋グリコーゲンは、磁気共鳴診断装置 (MRI) を用いて非侵襲的に測定した。筋グリコーゲンの測定は、Pre EX 前、運動直後、試験食品摂取 1 時間時、2 時間時、回復後の持続的な運動直後に行なった。採血および呼気の採取は、運動直後、試験食品摂取 30 分時、45 分時、1 時間時、2 時間時に行った。全ての被験者は各条件の実験を 1 週間以上の期間をおいた別日にクロスオーバーかつランダムイズした順序で遂行した。また、各条件の実験は被験者のサーカディアンリズムを考慮し、同時間帯に実施した。

### 4. 研究成果

筋グリコーゲンを効率的に消費させるために用いた高強度間欠的運動と中強度運動を組み合わせた運動は、高強度間欠的運動の走行パフォーマンス、筋グリコーゲン濃度、運動直度の心拍数、主観的運動強度、血中乳酸値の値が 3 条件で有意な変化が認められなかったことから、筋グリコーゲン濃度の減少および生体に与える影響についても条件間で同程度であったことが考えられる。運動直後に 3 条件の試験食品を摂取し、2 時間の回復期を設け、筋グリコーゲンの回復動態を検証した。その結果、回復期における筋グリコーゲン濃度の曲線下面積 (AUC) は、スポーツドリンク条件とアイスクリーム条件が水条件よりも有意な高値を示した ( $p < 0.05$ )。加えて、運動前の筋グリコーゲン濃度を 100% とした筋グリコーゲンの回復率の AUC は、アイスクリーム条件が水条件およびスポーツドリンク条件よりも有意な高値を示した ( $p < 0.05$ )。血漿インスリン濃度の AUC は、スポーツドリンク条件およびアイスクリーム条件が水条件よりも有意な高値を示した ( $p < 0.05$ )。血漿 GIP 濃度の AUC は、アイスクリーム条件が水条件およびスポーツドリンク条件よりも有意な高値を示した ( $p < 0.01$ )。指標間の関連では、筋グリコーゲン濃度の AUC と血糖値の AUC ( $r = 0.725$ )、血漿インスリン濃度の AUC ( $r = 0.740$ )、血漿 GIP 濃度の AUC ( $r = 0.670$ ) との間に正の相関関係がみられた。一方で、回復後の持続的な運動パフォーマンスを評価するため最高酸素摂取量の 60 % 強度の持続的な運動の運動継続時間を計測したところ、3 条件で有意な差はみられなかった。

当該研究によって、ブドウ糖で特製したアイスクリームの運動直後の摂取が、筋グリコーゲンの回復に有効か否か、またその後の運動パフォーマンスにどのような影響を与えるかを検討し

た .本研究で得られた知見として ,筋グリコーゲンの回復に必要とされる糖質量を付加したブドウ糖で特製したアイスクリームの運動直後の摂取は ,1 .同糖質量のスポーツドリンクよりも 2 時間後の筋グリコーゲンの回復率が高いことから ,筋グリコーゲンの回復に有効な食品であること ,2 .回復後の持久性運動パフォーマンスに影響を与えないことが明らかとなった .

ヒトを対象に運動直後の糖質と乳化した脂質の同時摂取が筋グリコーゲンの回復に有効であることを本研究にて世界で初めて明らかとすることができた .加えて ,運動現場において ,身近な食品であるアイスクリームは ,ブドウ糖で特製することで運動直後の筋グリコーゲンの回復に有効である食品であることを明らかとした .アイスクリームは ,運動現場においては ,嗜好品と位置付けられており ,体重管理を行っている選手においては摂取制限を行わなければならない食品であった .しかしながら ,本結果により体格に見合ったブドウ糖で調整されたアイスクリームであれば ,運動直後の摂取は筋グリコーゲンの回復に有効であることから ,選手が摂取する食品の選択肢の一つになりうるということが考えられる .今後は ,筋グリコーゲンの回復をより高められる栄養組成の検討を行うことにより ,運動現場に即時還元できる知見になりうるといえる .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 東郷将成, 有光琢磨, 犬伏俊郎, 照本慎, 上村宗平, 山口太一
2. 発表標題 運動直後のブドウ糖特製アイスクリームの摂取は筋グリコーゲンを回復させる
3. 学会等名 日本スポーツ栄養学会 第10回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 東郷将成, 有光琢磨, 犬伏俊郎, 照本慎, 上村宗平, 山口太一
2. 発表標題 ブドウ糖特製アイスクリーム摂取が摂取2時間後の持久性運動のパフォーマンスに与える影響
3. 学会等名 第78回 日本体力医学会
4. 発表年 2024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
研究協力者	有光 琢磨  (Arimitsu Takuma)  (00616021)	八戸学院大学・健康医療学部・講師    (31105)	
研究協力者	犬伏 俊郎  (Inubushi Toshiro)  (20213142)	立命館大学・総合科学技術研究機構・教授    (34315)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	山口 太一  (Yamaguchi Taichi)  (40438362)	酪農学園大学・農食環境学群・教授    (30109)	

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