

令和 7 年 6 月 9 日現在

機関番号：32692

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2024

課題番号：21K17580

研究課題名（和文）運動後の栄養摂取方法が消化吸收、代謝、身体回復に及ぼす影響

研究課題名（英文）The effects of post-exercise nutritional intake methods on digestion, metabolism, and physical recovery

研究代表者

藤平 杏子 (Fujihira, Kyoko)

東京工科大学・教養学環・講師

研究者番号：50884235

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000 円

研究成果の概要（和文）：運動後の身体機能回復には、速やかな栄養補給が不可欠である。本研究では、糖質・タンパク質を含む食品の摂取温度が消化吸收および筋回復に及ぼす影響を検討した。急性試験では、60 °C の飲料が4 °C よりも胃排出を促進し、胃の不快感を軽減することが示された。4週間の介入試験では、60 °C の飲料を摂取した群で膝伸展筋力の有意な増加が確認された。糖吸収に関する試験では、60 °C の食品を摂取した試行において食後血糖値の上昇が早い傾向が示された。これらの結果は、運動後の栄養摂取において食品温度が重要な要因であることを示唆し、効率的な身体回復を支える新たな戦略として、食品温度の最適化が有効である可能性を示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、運動後の栄養補給における食品温度の違いが、消化吸收や筋力に与える影響を明らかにした。特に、温かい飲料が胃排出や糖吸収を促進し、筋力向上に寄与する可能性を示したことは、栄養学・運動生理学の新たな知見となると考える。社会的には、アスリートや健康志向が高い人々に対し、食品温度を考慮した効率的な栄養摂取法の提案につながる点で実用的意義が高いと考える。

研究成果の概要（英文）：Rapid nutritional replenishment is essential for recovery of physical function after exercise. The study investigated the effects of the ingestion temperature of carbohydrate- and protein-containing foods on digestion, absorption, and muscle recovery. In acute trials, a 60 °C drink promoted faster gastric emptying and reduced gastrointestinal discomfort compared to a 4 °C drink. In a four-week intervention, participants who consumed the 60 °C drink showed a significant increase in knee extension strength. Additionally, the carbohydrate absorption showed a tendency for a more rapid postprandial increase in blood glucose levels when foods were consumed at 60 °C. These findings highlight the significance of food temperature in post-exercise nutrition and suggest that optimizing ingestion temperature may be an effective strategy to enhance physical recovery.

研究分野：運動生理学

キーワード：温度 消化 吸収 コンディショニング

1. 研究開始当初の背景

運動パフォーマンスをはじめとする身体機能の回復には、運動後の速やかな栄養補給による筋グリコーゲンや筋タンパクの回復が必須である。運動後に摂取した糖タンパク質は、胃から排出され、小腸からの吸収を経て、筋グリコーゲンや筋タンパクを回復させる。ところが、運動直後は胃から食物が排出される速度が遅延することが報告されており（Kashima, et al. 2017）、運動後の速やかな栄養摂取方法の構築がますます重要な課題となっている。

食品が胃から排出される速度は、摂取する食品の温度に依存することが報告されている（Mishima, et al. 2016）。冷たい飲料に対して、温かい飲料は消化管活動を活発にし（Fujihira, et al. 2020）、胃から速く排出されることが報告されている（Mishima, et al. 2016）。これらの研究から、運動後に摂取する糖タンパク質を温めることで、小腸への到達時間が速まり、より速い栄養吸収と筋の回復につながることが考えられる。現在までに、運動後に栄養摂取を行うタイミングや組成については検討が進められているが、栄養吸収に適した温度については明らかでない。

運動後の栄養補給における摂取温度の違いが、消化、筋の回復、吸収に及ぼす影響まで明らかにすれば、運動後の効率的な「からだづくり」を支える革新的な栄養摂取方法を示すことができる。

2. 研究の目的

運動後の栄養補給において、摂取する食品の温度が消化吸収や筋肉の回復にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするために、以下の3つの実験を実施した。

- (1) **運動後に摂取する飲料の温度が、消化速度および胃の不快感に及ぼす急性的な影響の検討**
本実験では、異なる温度の飲料を運動直後に摂取した際に、消化の進行速度および被験者が感じる胃の不快感の程度がどのように変化するかを評価した。
- (2) **一定期間にわたるトレーニング中の飲料温度が、筋量の増加および筋力パフォーマンスに及ぼす慢性的な影響の検討**
本実験では、4週間のトレーニング期間中に異なる温度の飲料を摂取し続けた場合に、筋肉量の増減や筋力パフォーマンスにどのような差異が生じるかを測定した。
- (3) **飲料の温度が糖の吸収速度および代謝プロセスに与える影響の検討**
本実験では、異なる温度の食品を摂取したあとの血中グルコース濃度や消化速度の測定を通じて、食品温度が糖の吸収および代謝へもたらす影響を明らかにした。

3. 研究の方法

- (1) **運動後に摂取する飲料の温度が、消化速度および胃の不快感に及ぼす急性的な影響の検討**
健常な成人男性を対象に、無作為化クロスオーバー試験を実施した。被験者は実験当日、空腹の状態で来研し、20分間の間欠的なサイクリング運動を行った。運動終了直後に、温度の異なる糖・タンパク質含有飲料（4°C、60°C）をそれぞれ200mL摂取し、その後90分間にわたり呼気サンプルを採取することで、胃排出速度を評価した。
- (2) **一定期間にわたるトレーニング中の飲料温度が、筋量の増加および筋力パフォーマンスに及ぼす慢性的な影響の検討**
健常な成人男女を対象に、並行群間デザインの介入試験を実施した。被験者は4週間にわたり、下肢を中心とした自重トレーニングを週3回実施し、併せて摂取飲料として60°Cまたは10°C以下の糖・タンパク質含有飲料を継続的に摂取した。介入前後で筋量および筋力パフォーマンスを測定し、飲料温度が筋量の増加および筋力パフォーマンスに与える影響を検討した。
- (3) **飲料の温度が糖の吸収速度および代謝プロセスに与える影響の検討**
健常な成人男性を対象に、無作為化クロスオーバー試験を実施した。被験者は実験当日、空腹の状態で来研し、炭水化物を主とする試験食（300g）を8°Cまたは60°Cで摂取した。摂取前から摂取後240分にわたり、毛細管血からの血糖測定を行うとともに、安定同位体を用いた呼気試験および呼気中水素濃度の測定を通じて、糖の吸収および代謝動態を評価した。

4. 研究成果

- (1) 運動後に摂取する飲料の温度が、消化速度および胃の不快感に及ぼす急性的な影響の検討
試験開始から飲料摂取 30 分後まで、運動後に 4°C の飲料を摂取した試行 (Cold) と比較して運動後に 60°C の飲料を摂取した試行 (Hot) において、胃排出速度を表す $^{13}\text{CO}_2$ の排出割合が高い値を示す傾向があった(図 1)。胃腸の不快感には試行の主効果があり Cold 試行と比較して Hot 試行において、低い値を示した(図 2)。

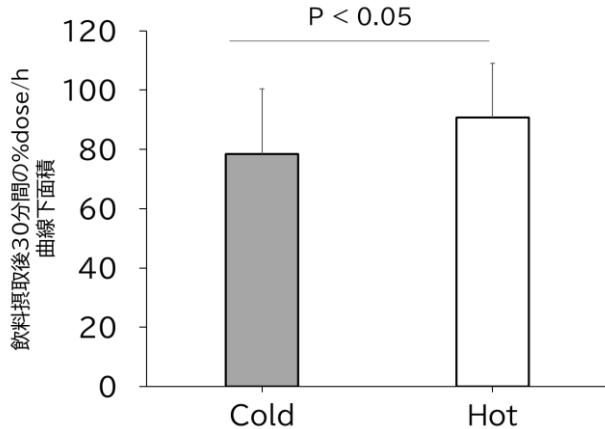


図 1. 飲料摂取 30 分後までの $^{13}\text{CO}_2$ の排出割合

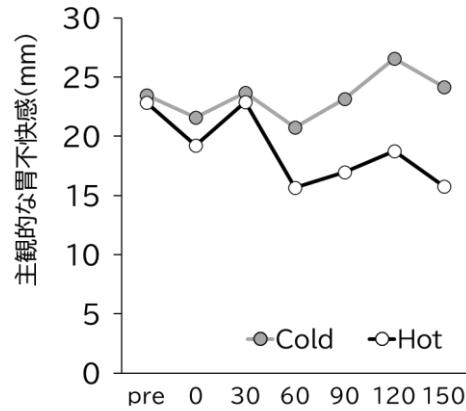


図 2. 飲料摂取 150 分後までの胃不快感

- (2) 一定期間にわたるトレーニング中の飲料温度が、筋量の増加および筋力パフォーマンスに及ぼす慢性的な影響の検討

4 週間の糖・タンパク質摂取と筋力トレーニングの組み合わせにより、糖・タンパク質飲料を 60°C で摂取した群 (Hot) は 10°C 以下で摂取した群 (Cold) に比べて膝伸展筋力が有意に増加した(図 3)。下肢筋量は、摂取温度による影響は観察されなかった(図 4)。

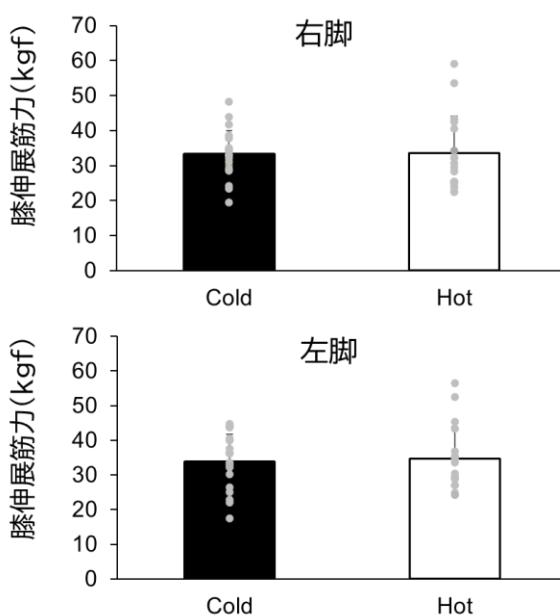


図 3. 介入後の膝伸展筋力

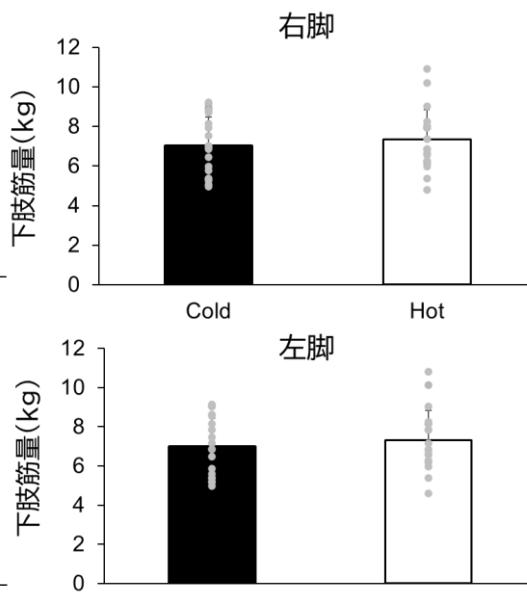


図 4. 介入後の下肢筋量

- (3) 飲料の温度が糖の吸収速度および代謝プロセスに与える影響の検討

本実験は解析途中の段階であるが、食後の血糖値は 8°C で摂取した試行と比較して、60°C で摂取した試行において血糖値の上昇が速い傾向が確認されている。

本研究を通じて、食品温度という制御しやすい変数が、運動後や回復期の栄養摂取における消化吸収効率や身体回復に対して有意な影響を及ぼす可能性が明らかとなった。これらの成果は、アスリートをはじめとする個人への効率的な栄養戦略の立案にも資するものである。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Fujihira Kyoko, Takahashi Masaki, Shimamura Kei, Hayashi Naoyuki	4. 巻 41
2. 論文標題 Effects of different temperatures of carbohydrate-protein-containing drinks on gastric emptying rate after exercise in healthy young men: randomized crossover trial	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physiological Anthropology	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40101-022-00311-2	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 -

[学会発表] 計6件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 藤平杏子
2. 発表標題 消化に適した運動後の栄養摂取方法
3. 学会等名 第31回日本運動生理学会大会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kyoko Fujihira, Masaki Takahashi, Atsushi Tahara, Naoaki Hayashi
2. 発表標題 Combination of 4 weeks of hot protein drink consumption and leg training increases knee extensor strength
3. 学会等名 International Conference on Environmental Ergonomics 2024(国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 藤平杏子、田原敦志、高橋将記、林直亨
2. 発表標題 4週間の温かいタンパク質飲料摂取と下肢のトレーニングの組み合わせは膝伸展筋力を増加させる
3. 学会等名 第78回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2024年

1 . 発表者名 藤平杏子, 高橋将記, 島村京, 林直亨
2 . 発表標題 運動後に摂取する糖-タンパク質含有飲料の温度が胃排出速度に及ぼす影響
3 . 学会等名 日本スポーツ栄養学会第8回大会
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 藤平杏子
2 . 発表標題 アスリートにおける栄養補給の最適化：食欲の概日リズムおよび季節リズムの活用
3 . 学会等名 第71回日本栄養改善学会学術総会（招待講演）
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 藤平杏子
2 . 発表標題 食欲のダイナミクス-時間栄養学からみた食欲の日内および季節変動-
3 . 学会等名 第11回日本時間栄養学会学術大会（招待講演）
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

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
---------	---------