

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K13204

研究課題名(和文) 習慣的な糖質摂取量の違いが運動後の筋グリコーゲン回復の個人差に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of daily carbohydrate intake on the variability in muscle glycogen recovery after exercise

研究代表者

塩瀬 圭佑 (Shiose, Keisuke)

宮崎大学・教育学部・講師

研究者番号：70708106

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、習慣的な糖質摂取量の多寡が高糖質食摂取時の代謝応答に及ぼす影響について検討した。本研究の結果、安静状態で高糖質食を負荷した場合、習慣的な糖質摂取量が少ない者では24時間以内の呼吸交換比が低く、血糖値が高かった。一方、運動後に高糖質食を負荷した場合、習慣的な糖質摂取量多寡により運動後24時間、72時間の筋グリコーゲン動態に違いは見られなかった。したがって、習慣的な糖質摂取量の多寡は高糖質食を摂取した際の血糖値及び基質酸化率に影響するが、運動後の筋グリコーゲン合成には影響を及ぼさない可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、習慣的な糖質摂取量の多寡は筋グリコーゲンの回復動態に影響を及ぼさない可能性が示された。このことは、今後アスリートらの運動後の糖質摂取量を検討する際に有用な科学的知見となる。一方、習慣的な糖質摂取量が安静時の血糖値や基質酸化率に影響を及ぼした点は、普段の食事の状況が個人間の代謝応答の差を説明する一要因となる可能性を示唆するものであり、今後他の栄養素やエネルギー摂取量が及ぼす影響を評価する試みが期待される。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated effects of daily carbohydrate intake on metabolic responses to high carbohydrate meal. Consequently, the amount of daily carbohydrate intake was associated with the variability in blood glucose and substrate oxidation ratio in response to high carbohydrate diet at a resting condition. On the other hand, the extent of glycogen recovery and glycogen supercompensation with high carbohydrate diet after exercise was not affected by the amount of daily carbohydrate intake. Therefore, daily carbohydrate intake associate with metabolic responses to high carbohydrate diet but seems unlikely to affect glycogen synthesis after exercise.

研究分野：スポーツ生理学

キーワード：グリコーゲン 糖質摂取量 血糖値 基質酸化

1. 研究開始当初の背景

筋グリコーゲンは運動時にエネルギー基質として消費され、貯蔵量が著しく低下することで筋収縮機構に障害が生じ、疲労が惹起される。そのため、トレーニングで消費された筋グリコーゲンをいかに回復させるかの“栄養学的戦略”が、試合やトレーニングでハイパフォーマンスを発揮するために重要となる。現在の国際的なガイドラインでは、トレーニングで消費されたグリコーゲンを補うため、運動強度に応じて体重あたり一定量の糖質をとることが推奨されている。

一方、従来のガイドラインに則り競技者らに体重あたり一定量の糖質を提供したとしても、筋グリコーゲンの回復程度に 2~3 倍の個人差が生じることが申請者のこれまでのデータから明らかになった。糖質摂取に対する代謝反応、特に筋グリコーゲン回復程度、が個々で大きく異なるとすれば、特にアスリートにとっては競技成績を左右されかねない大きな懸念材料となる。当問題を解決するため、グリコーゲン合成作用に影響を与える要因を明らかにし、全ての競技者に等しく有効な新しい糖質摂取基準を示していく必要がある。

日々の食事習慣は個人の糖・脂質代謝能を左右する可能性がある。これまで、糖質摂取量の異なる食事（高糖質食、または低糖質食）を数日~数週間摂取することで、筋組織の糖代謝関連酵素活性が変化することが報告されている。また、高糖質食を数週間摂取することで骨格筋の糖取り込み作用が減弱することもよく知られている。これらの背景から、習慣的な糖質摂取量の多寡が個々の糖代謝反応、ひいては筋グリコーゲンの回復作用に深く関連すると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、習慣的な糖質摂取量の多寡が筋グリコーゲンの回復作用に及ぼす影響について明らかにすることである。そのために、習慣的な糖質摂取量と下記の関連について検討する。

- (1) 安静状態における高糖質食摂取時の代謝応答（血糖値変動及び基質燃焼率）(研究1)
- (2) 運動後 24 時間の高糖質摂取時の筋グリコーゲン回復（研究2）
- (3) 運動後 72 時間の高糖質摂取時の筋グリコーゲン超回復（研究3）

3. 研究の方法

- (1) 研究1では、20名の健常成人男性を対象に、習慣的な糖質摂取習慣の多寡が安静状態で高糖質食を摂取した際の代謝応答に及ぼす影響を調査した。対象者の糖質摂取量を3日間の食事記録法と秤量法を用いて算出し、糖質摂取量の中央値を基準に習慣的な糖質摂取量が多い群(H-CHO, n = 10, 糖質 5.8 ± 0.6 g/kg/日)と少ない群(L-CHO)に分けた(L-CHO, n = 10, 糖質 3.9 ± 0.6 g/kg/日)。対象者は、耐糖能を調査するために75gブドウ糖経口糖負荷試験を実施した。また、持続血糖測定システムとヒューマンカロリメータを用いて、体重あたり一定量(8g/kg/日)の糖質を含む高糖質食を摂取した際の24時間血糖値変動と呼吸交換比を調査した。ヒューマンカロリメータ内では、座位中心の生活を過ごすよう指示した。
- (2) 研究2では、12名の健常成人男性を対象に、習慣的な糖質摂取習慣の多寡が運動後24時間以内の筋グリコーゲン回復に及ぼす影響を調査した。対象者の糖質摂取量を3日間の食事記録法と秤量法を用いて算出し、糖質摂取量が少ない群(L-CHO, n = 6, 糖質 4.5 ± 0.6 g/kg/日)と多い群(H-CHO, n = 6, 糖質 6.4 ± 0.6 g/kg/日)に分けた。対象者は、高強度持久性運動により筋グリコーゲン量を枯渇させた後、24時間で7g/kgの糖質を摂取した。運動前、運動直後、運動24時間後において、炭素磁気共鳴分光を用いて大腿部の筋グリコーゲン量を評価した。
- (3) 研究3では、14名の健常成人男性を対象に、習慣的な糖質摂取習慣の多寡が運動後72時間の筋グリコーゲン超回復(カーボローディング)に及ぼす影響を調査した。成人男性12名は、食事記録法及び秤量法により習慣的な糖質摂取量を調査し、糖質摂取量 5 g/kg/日を基準とし、習慣的な糖質摂取量が多い群と少ない群に分けた(各群 n = 7)。対象者は長時間高強度運動により筋グリコーゲンを枯渇させた後、72時間高糖質食(糖質量 12 g/kg/日; 12 g条件, n = 8 [各群 n = 4]、または糖質量 8 g/kg/日; 8 g条件, n = 6 [各群 n = 3])を実施した。運動前、運動直後、運動72時間後において、炭素磁気共鳴分光を用いて大腿部の筋グリコーゲン量を評価した。なお、当研究では糖質摂取量が異なる2種類のカーボローディングの結果を併せて検討するため、筋グリコーゲン量の変化をZスコアに換算して評価した。

4. 研究成果

- (1) 研究1では、75gブドウ糖経口糖負荷試験において、H-CHOとL-CHOで血糖値の変化に群間差は認められなかったが、L-CHOでは糖負荷後30分、60分後の血中インスリン濃度がH-

CHO に比べ有意に高値を示した ($p < 0.05$)。また、経口糖負荷試験の結果から算出される Muscle resistance index¹⁾は H-CHO と L-CHO に差はなかったが、Liver insulin resistance index¹⁾は H-CHO と比べ L-CHO で高値を示した ($p < 0.05$)。

24 時間代謝応答について、高糖質食摂取時の平均呼吸交換比は H-CHO に比べ L-CHO で低い傾向にあり ($p = 0.070$)。午前中の時間帯 (0830-1230) では有意に低値を示した。24 時間の平均血糖値は、H-CHO に比べ L-CHO で有意に高く ($p < 0.05$)、午後 (1230-2300)、睡眠時 (2300-0700)、翌朝 (0700-0800) の時間帯における平均血糖値も H-CHO に比べ L-CHO で有意に高かった ($p < 0.05$)。

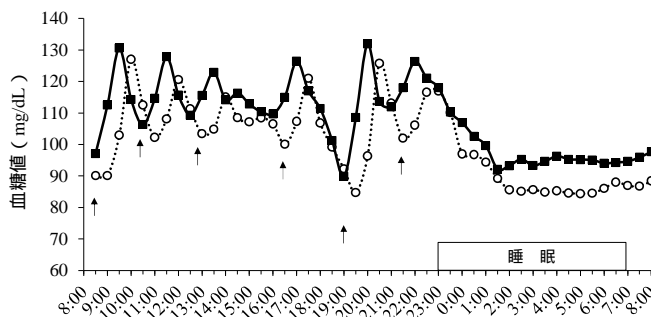


図. 高糖質食摂取時の24時間血糖値変動

値は平均値。● L-CHO, ○ H-CHO.

: 食事または間食 (糖質量, 各1~2g/kg/日)

- (2) 研究 2 では、L-CHO、H-CHO とともに運動後の筋グリコーゲン量は運動前に比べて有意に低下し (両群 $p < 0.05$)。運動後の筋グリコーゲン量に群間差はなかった。運動 24 時間後の筋グリコーゲン回復率は L-CHO が H-CHO に比べ運動 24 時間後に 10%高値を示したが、両群の筋グリコーゲン回復率に統計的に有意な差は認められず、運動前と同程度まで回復した。一方、習慣的な糖質摂取量 (g/kg/日) と 24 時間後の筋グリコーゲン回復率の間に負の関連がある傾向 ($p = 0.09$) が認められた。
- (3) 研究 3 では、L-CHO、H-CHO とともに運動後の筋グリコーゲン量は運動前に比べて有意に低下し (両群 $p < 0.05$)。運動後の筋グリコーゲン量に群間差はなかった。運動 72 時間後の筋グリコーゲン量は、運動前に比べて 8g 条件では 1.4 ± 0.1 倍、12g 条件では 2.4 ± 0.8 倍まで増加した (いずれも $p < 0.05$)。運動 72 時間後の筋グリコーゲン増加率 (Zスコア) に L-CHO と H-CHO で有意な違いは認められなかった。

以上のことから、本研究では習慣的な糖質摂取量の多寡は、高糖質食摂取時の代謝応答として、血糖値及び基質燃焼反応に影響を及ぼす可能性があることが明らかになった。一方、本研究では習慣的な糖質摂取量の多寡が運動後の筋グリコーゲン回復、超回復程度に及ぼす影響を示す統計学的に十分な証拠を得ることはできなかった。

<引用文献>

1. Abdul-Ghani M, Matsuda M, Balas B, DeFronzo R. Muscle and liver insulin resistance indexes derived from the oral glucose tolerance test. Diabetes care 30: 2007.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3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 塩瀬圭佑, 市川麻美子	4. 巻 35
2. 論文標題 疲労を回復、予防するための糖質摂取	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 臨床スポーツ医学	6. 最初と最後の頁 1134-1140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Shiose K, Yamada Y, Motonaga K, Takahashi H	4. 巻 124
2. 論文標題 Muscle glycogen depletion does not alter segmental extracellular and intracellular water distribution measured using bioimpedance spectroscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1420-1425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jappphysiol.00666.2017	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 Shiose K, Kondo E, Takae R, Sagayama H, Motonaga K, Yamada Y, Uehara Y, Higaki Y, Takahashi H, Tanaka H	4. 巻 17
2. 論文標題 Validity of Bioimpedance Spectroscopy in the Assessment of Total Body Water and Body Composition in Wrestlers and Untrained Subjects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 9433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17249433	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3件（うち招待講演 1件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 塩瀬圭佑、高江理恵、畑本陽一、檜垣靖樹、上原吉就
2. 発表標題 高糖質食に対する代謝反応と血糖値変動 日常的な糖質摂取量の違いによる検討
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 Shiose K, Yamada Y, Motonaga K, Takahashi H.
2. 発表標題 Muscle glycogen depletion and body water status assessed with segmental bioimpedance spectroscopy
3. 学会等名 ACSM's 66th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩瀬 圭佑
2. 発表標題 運動と筋疲労の科学：運動時の疲労に及ぼす筋グリコーゲンの影響
3. 学会等名 第27回 日本運動生理学会 (招待講演)
4. 発表年 2019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