

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650384

研究課題名（和文） 中枢性疲労を軽減する脳グリコゲンローディング法の開発

研究課題名（英文） The establishment of the brain glycogen loading to mitigate central fatigue during exercise

研究代表者

征矢 英昭 (SOYA HIDEAKI)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：50221346

研究成果の概要（和文）：グリコゲンローディング（筋グリコゲン量をも高める 1 週間の運動と高炭水化物食の混合処方）が脳グリコゲン濃度に及ぼす影響を検討した。その結果、グリコゲンローディングが海馬において筋同様にグリコゲンを増加させることが初めて明らかになった。この背景として海馬では、筋同様に、糖質摂取量に依存したグリコゲン合成機構が存在する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：We examined the effect of the glycogen loading, which is the prescriptions of exercise and high-carbohydrate diet for increasing muscle glycogen levels, on brain glycogen levels. As results, the glycogen loading increased glycogen levels in the hippocampus as well as in the muscle. These findings indicate that the hippocampal glycogen synthesis is regulated depend on the carbohydrate intake contents as like in the muscles.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：運動生化学

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：脳グリコゲン、筋グリコゲン、運動、高炭水化物食、筋グリコゲンローディング、脳グリコゲンローディング

1. 研究開始当初の背景

(1) 持久性パフォーマンスを高めるグリコゲンローディング：筋グリコゲンは活動筋の重要なエネルギー基質として代謝され減少し、運動後に十分な糖質を摂ると超回復する (Bergstrom と Hultman, Nature, 1966)。これを応用した「筋グリコゲンローディング」により、運動前の筋グリコゲン濃度を高めると持久性パフォーマンスは向上する (Rough ら、1995)。

(2) 脳グリコゲンローディングの可能性：一方、私どもはニューロン活動に不可欠とされる脳グリコゲンが長時間運動による疲労時に減少し、その後超回復することを見

出した (Matsui ら、J Physiol, 2011; 2012)。この現象を応用すれば、持久性パフォーマンスを高める脳グリコゲンローディングが実現する可能性がある。

2. 研究の目的

持久性パフォーマンスを高める脳グリコゲンローディング法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 実験 1：一過性運動後の糖質投与が脳グリコゲン超回復を筋同様に増強するかどうかを検討した。

(2) 実験 2-1：通常食下で飼育した雄ラッ

ト (Pre) に、グリコゲンローディング (疲労困憊運動とその後 5 日間の高糖質食+軽運動) を課し、脳・筋・肝グリコゲン量が Pre 値に比べて増加するかどうかを検討した。

(3) **実験 2-2** : グリコゲンローディング中の糖質摂取量の違いがその後の脳グリコゲン量に及ぼす影響を、糖質含量の異なる食餌条件 (高: 70%、中: 35%、低: 5%) により検討した

4. 研究成果

(1) **実験 1 結果** : 筋では、糖質摂取が安静群のグリコゲンを増加させ、運動群のグリコゲン超回復を引き起こした (図 1)。脳では、糖質摂取は安静群のグリコゲンを変化させず、糖質摂取無しでも生じた運動群のグリコゲン超回復を視床下部と脳幹で更に増強した (図 2)。血中インスリンは筋グリコゲンと正の相関を示したが (図 3)、脳グリコゲンとは相関しなかった (図 4)。



図 1. 運動と糖質摂取が筋グリコゲン濃度に及ぼす影響. ###: $p < 0.01$ vs saline.

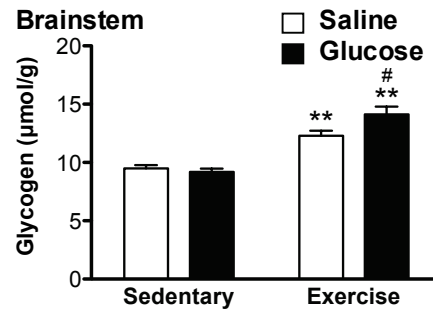
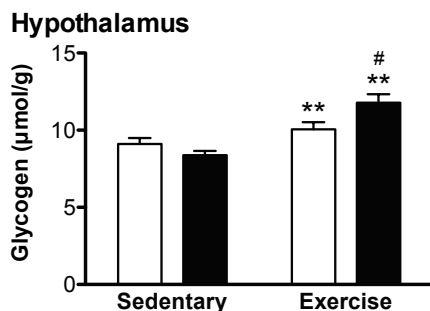
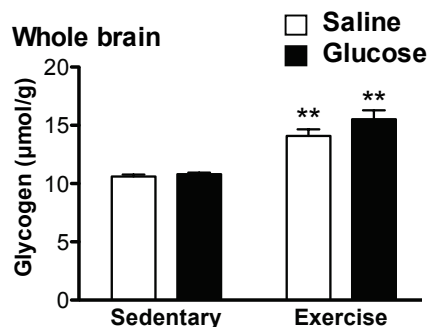


図 2. 運動と糖質摂取が脳グリコゲン濃度に及ぼす影響. **: $p < 0.01$ vs sedentary, #: $p < 0.05$ vs saline.

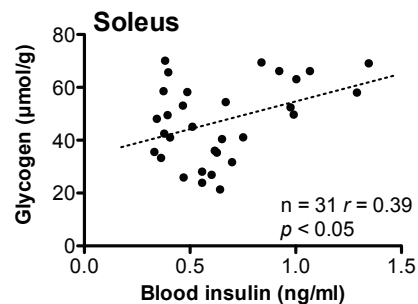


図 3. 血中インスリン濃度と筋グリコゲン濃度の相関.

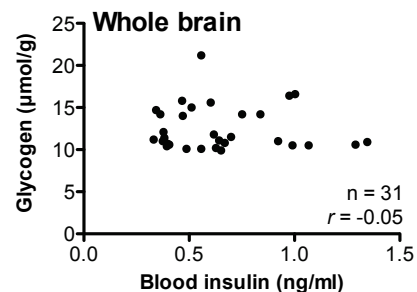


図 4. 血中インスリン濃度と脳グリコゲン濃度の相関.

(2) **実験 1 結論** : 糖質摂取は運動後の脳グリコゲン超回復に必須でないが、少なくとも視床下部と脳幹でグリコゲン超回復を増強することから、中枢疲労を軽減する脳グリコゲンローディングの可能性が初めて示唆された。この時、血中インスリンは筋グリコゲンと相関しないことから、脳は筋とは異なる血中インスリンと無関係なグリコゲン超回復機構を有する可能性がある。

(3) **実験 2-1 結果**：グリコゲンローディングは筋グリコゲン濃度を著しく増加させると同時に、脳グリコゲンを海馬でのみ増加させた (図 5)。

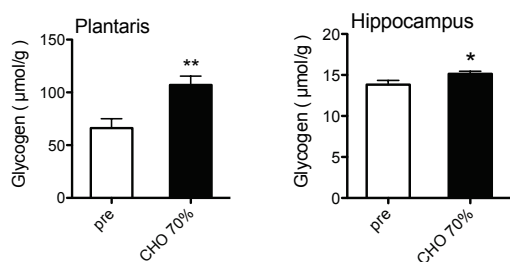


図 5. グリコゲンローディングが筋および海馬グリコゲン濃度に及ぼす影響. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ vs pre.

(3) **実験 2-2 結果**：グリコゲンローディング中の糖質摂取量は食餌の糖質含量依存的に高まり、それに応じて筋・肝グリコゲン量を増加させたが、脳グリコゲンは全ての部位で変化しなかった (図 6)。糖質摂取量は筋・肝グリコゲン量をと正の相関を示し (図 7)、海馬グリコゲン量とも同様の傾向を示した (図 8)。

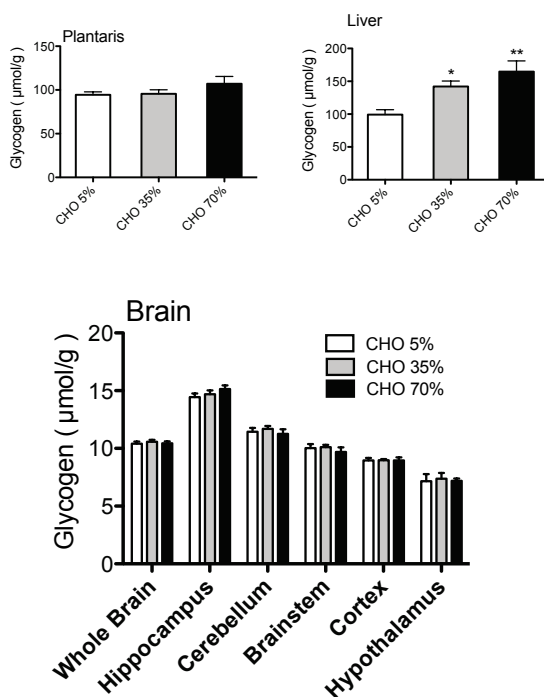


図 6. グリコゲンローディングが脳グリコゲン濃度に及ぼす影響.

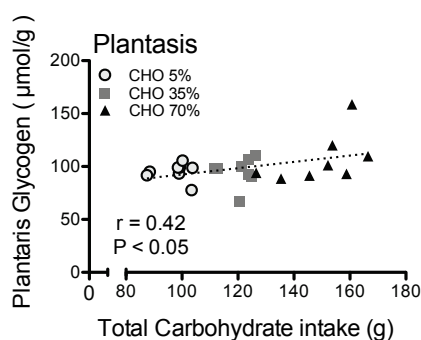


図 7. 糖質摂取量と筋グリコゲン濃度の相関.

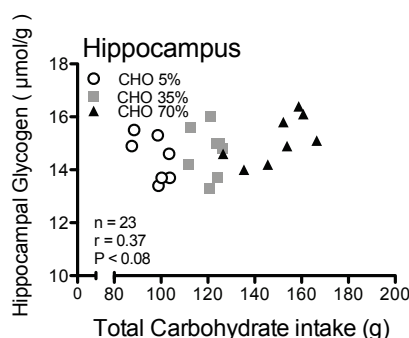


図 8. 糖質摂取量と脳グリコゲン濃度の相関.

(4) **実験 2 結論**：脳グリコゲン合成は筋のそれとは異なり、中期 (1 週間) の糖質摂取量と無関係に制御されることが初めて示唆された。脳グリコゲンローディングには、更に短期の運動とその後の栄養処方が有用かもしれない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- (1) Takashi Matsui, Soya Hideaki. Brain glycogen decrease and central fatigue during prolonged exercise. *Physiology News*, 査読無 (Invited review), 87 巻, 2012, 19-22
DOI:
<http://edition.pagesuite-professiona1.co.uk/launch.aspx?eid=f76e37fa-2a6c-4698-8ecc-14ff22957493>

[学会発表] (計 4 件)

- ① Takashi Matsui, Soya Hideaki. The involvement of hypoglycemia in brain

glycogen decrease during exhaustive exercise. Experimental Biology 2012, 2012年4月21日, San Diego (USA)

- ② Takashi Matsui, Kentaro Kawanaka, Soya Hideaki. Brain glycogen supercompensation following exercise is enhanced with glucose supplementation: Implications for brain glycogen loading. The 17th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2012年7月4日, Bruges (Belgium)
- ③ 松井 崇、川中健太郎、征矢英昭. 糖質摂取は疲労困憊運動後の脳グリコゲン超回復を増強する: 脳グリコゲンローディングの可能性. 第67回日本体力医学会大会、2012年9月14日~2012年9月16日、長良川国際会議場 (岐阜県)
- ④ 松井 崇. 長時間運動による脳グリコゲンの減少と超回復. 第4回分子骨格筋代謝研究会 (招待講演)、2012年06月16日、京都大学 (京都府)

[図書] (計1件)

- (1) Takashi Matsui, Soya Hideaki. Springer Publishers, Social Neuroscience and Public Health: Foundations of the Emerging Discipline, 2013, 318

[その他]

ホームページ等

<http://soyalab.taiiku.tsukuba.ac.jp/index.html>

<http://bamis.taiiku.tsukuba.ac.jp>

受賞

第67回 日本体力医学会大会 大塚スポーツ医・科学賞 特別賞

<http://www.tsukuba.ac.jp/update/awards/20121012094256.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

征矢 英昭 (SOYA HIDEAKI)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号: 50221346

(2) 研究分担者

川中 健太郎 (KAWANAKA KENTARO)

新潟医療福祉大学・健康科学部・准教授

研究者番号: 80339960

(3) 研究協力者

松井 崇 (MATSUI TAKASHI)

日本学術振興会特別研究員 SPD