

1週間後の海馬グリコーゲン量を高める運動・栄養戦略を開発！ —認知機能を標的としたスポーツコンディショニング確立に光明—

研究成果のポイント

1. 運動と高糖質食を組み合わせたスポーツコンディショニングである「グリコーゲンローディング (Glycogen Loading; GL)」は1週間で筋グリコーゲン量と持久性能を向上させるが、今回、新たに、学習・記憶を担う海馬でもグリコーゲン量を増加させる効果を発見
2. その際、この GL 効果には筋グリコーゲンの増加効果とは異なり高糖質食は不要であり、「1週間前に一回だけ疲労を感じるキツめの運動」を行うことが必須条件となることが判明。海馬を標的とした新たなコンディショニングとしての「海馬 GL」を提案しました。
3. この成果は、アスリートはもちろん、大事なテストやプレゼン等で高い認知パフォーマンスを発揮したい受験生や社会人に対しても有用な運動・栄養戦略としての応用が期待されます。

- 国立大学法人筑波大学体育系 征矢英昭教授、松井 崇助教、征矢茉莉子院生、麻見直美准教授らの研究グループは、運動と高糖質食を組み合わせることで筋グリコーゲン量を増加させ、持久性能向上に資するグリコーゲンローディング (Glycogen Loading; GL) が、筋だけでなく、学習・記憶能 (認知機能) を担う脳部位である海馬のグリコーゲン量をも増加させることを初めて明らかにしました。
- GLは持久性アスリートのレース前1週間のコンディショニング法として古くから普及しており、筋内貯蔵エネルギーであるグリコーゲン量を増加させ、持久性能を高めます。我々は、海馬でもアストロサイト (神経を取り囲むグリア細胞の一種) に貯蔵されるグリコーゲン (海馬グリコーゲン) が、認知機能を高める長期間の運動トレーニングで増加することを報告 (2012)。そして今回は、1週間という短期間のGLが長期トレーニングと同様に海馬グリコーゲン量を増加させ、その効果は高糖質食ではなく、「1週間前のキツめの運動」によるものであったことから、「海馬GL」として新たに提案しました。
- 今後、海馬GLは、2020年東京オリンピック・パラリンピックに向けたアスリートのハイパフォーマンスはもちろん、受験生や社会人の認知パフォーマンス発揮を助ける新たな運動・栄養戦略として役立つことが期待されます。
- 本研究成果は、Nature publishing group発行のオンライン科学誌『Scientific Reports』に1月19日付 (英国時間) で先行公開されました。
- 本研究は、文部科学省特別経費プロジェクト「ヒューマン・ハイ・パフォーマンスを実現する次世代健康スポーツ科学の国際研究教育拠点」 (征矢英昭代表、平成26～30年度)、ならびに科学研究費補助金新学術領域研究「意欲と身心パフォーマンスを共に育む次世代運動プログラム (征矢英昭代表、16H06405)」、挑戦的萌芽研究 (征矢英昭代表、23650384)、若手研究 A (松井、16H05920)、学術振興会研究奨励費 (征矢茉莉子、16J05042) の助成を受けて実施されました。

研究の背景

- 来る 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックに向けた国際競技力の向上、並びにその後の健康長寿社会構築へ向けた身心の健康増進は地球的課題の一つである。これらの課題解決のため、身心のパフォーマンス(認知機能や持久性能力)を高める運動・スポーツをあらゆる階層の人々に生活化し、それを支援する栄養戦略をも包含する「スポーツライフイノベーション」に期待がかかります。近年、持久性能力と認知機能が互いに相関することが明らかとなり、持久性アスリートのコンディショニング法は認知機能向上にも有効である可能性があります。しかしながら、持久性アスリートが試合で最高のパフォーマンスを発揮するために事前のコンディショニングを行うのに対し、テスト前の受験生やプレゼンを控える社会人など高い認知機能が要求される大事なイベントの前に行う脳機能を標的としたコンディショニング策はこれまでにありませんでした。
- 持久性アスリートの試合前1週間のコンディショニング法で古くから親しまれている「グリコーゲンローディング(Glycogen Loading; GL)^{注1}」は、高糖質食と運動を組み合わせることで筋の貯蔵糖質であるグリコーゲン^{注2}を増加させ、持久性パフォーマンスの向上に寄与します。脳にも存在するグリコーゲンはニューロンの重要なエネルギー源であり、学習や記憶を司る海馬においては長期記憶形成に必須であることが明らかにされています。これまでに本研究グループは、海馬のグリコーゲンが一過性疲労困憊運動で減少し(文献1)、その後超回復^{注3}することを見出しており(文献2)、筋と同様のグリコーゲン超回復現象は GL に必須の条件であることから、GL が脳、とりわけ海馬に対しても有効であると仮説を立てました。実際に、長期間の運動トレーニングにより海馬グリコーゲンは増加し、海馬が担う認知機能を高めることが明らかにしており(文献3)、GL が海馬グリコーゲン量を増加させ、認知機能をも高めることが明らかとなれば、短期間で認知機能が高まる世界で初めての脳を標的としたコンディショニング法を確立することができます。
- 今回の研究では、GL が筋だけでなく海馬のグリコーゲンも増加させるかどうか、更に、海馬グリコーゲンを特異的に増加させるために必須となる運動・栄養条件を明らかにすることを目的としました。

研究内容と成果

- 本研究では、1週間の GL ラットモデル(カロリー比 70%の糖質を含む高糖質食摂取に加え、初日に激しい運動、その後3日間に軽い運動を課し、最後の3日間に休養)とマイクロ波照射装置(脳グリコーゲン測定のゴールドスタンダード)を用いて、GL が海馬グリコーゲン量に及ぼす影響を検討しました(図1A)。その結果、GL は、筋のみならず、脳でも海馬と視床下部のグリコーゲン量を増加させました(図1D)。また、GL の構成要素の一つである高糖質食については、筋グリコーゲン量の増加に必須であったのに対し、海馬グリコーゲンの増加には必須ではありませんでした。この結果を踏まえて、高糖質食ではなく通常糖質食(カロリー比 60%の糖質)を与えながら、もう一つの構成要素である運動について検討したところ(図2A)、筋や肝臓のグリコーゲンを増加させるためには高糖質食が必須だが(図2B)、海馬グリコーゲン量の増加には、筋や肝臓とは異なり、高糖質食ではなく GL 初日に行う激しい運動が必須であることを見出しました(図2C)。これらの結果から、認知機能を高めるコンディショニング法として「海馬 GL」を新たな提案できる可能性が示唆されました(図3)。

今後の展開

- 今後は、高い海馬グリコーゲン量が認知機能に及ぼす影響を解明しながら、1週間で認知機能を高める「海馬 GL」を確立することで、2020 年東京オリンピック・パラリンピックに向けたアスリートのハイパフォーマンスはもちろん、受験生や社会人の認知パフォーマンス発揮を助ける新たな運動・栄養戦略として役立つことが期待されます。

参考図

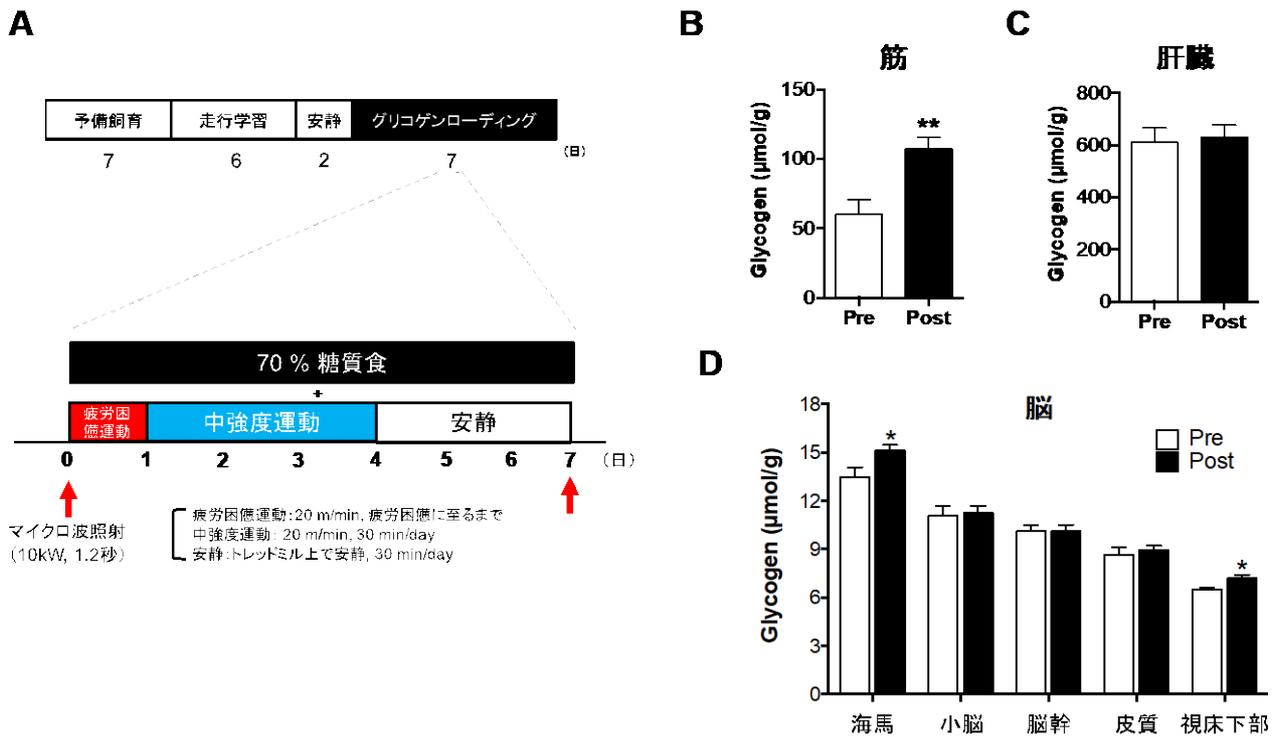


図1. GL は筋同様に海馬と視床下部のグリコーゲン量を増加させる

A: 実験デザイン。B: 筋グリコーゲン。C: 肝臓グリコーゲン。D: 脳部位別グリコーゲン。*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$ vs Pre。

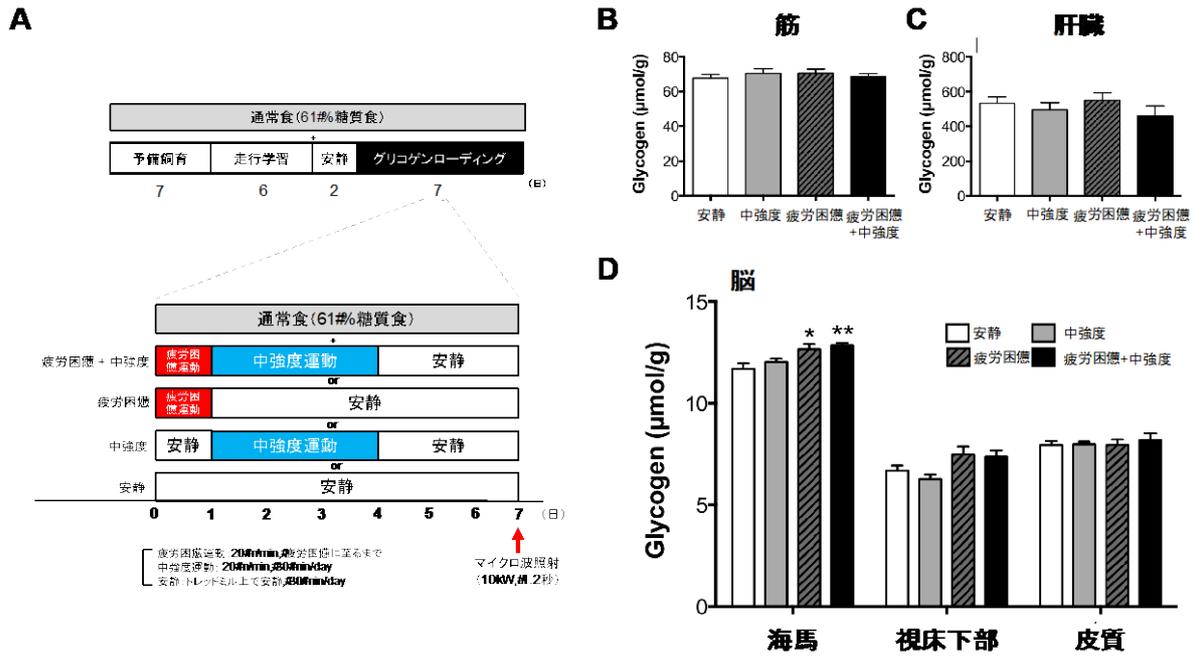


図2. 疲労困憊運動は GL による海馬グリコーゲン量の増加の必須条件である

A: 実験プロトコル。B: 筋グリコーゲン。C: 肝グリコーゲン。D: 脳部位別グリコーゲン。*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$ vs Sed.

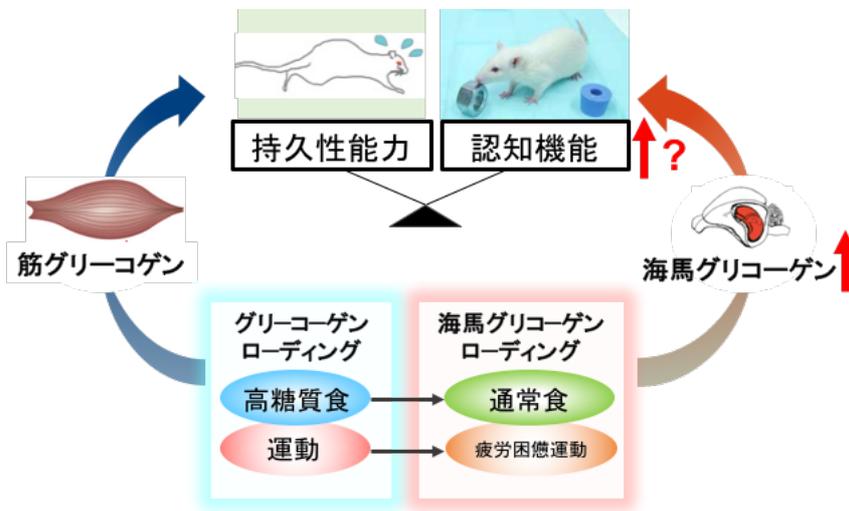


図3. 本研究のまとめ

高糖質食摂取と運動を組み合わせたアスリートのスポーツコンディショニングである GL は筋グリコーゲン量を増加させ、持久性能力を向上させる。本研究では、この GL のラットモデルにおいても筋のみならず脳では海馬および視床下部のグリコーゲン量を増加させることを明らかにしました。さらに、認知機能を高める新たなコンディショニング法の確立にむけ、海馬特異的にグリコーゲン量を増加させる運動・栄養条件を検討したところ、高糖質食は必要なく、GL 初日に行う激しい運動が必須であることを見出しました。今後、海馬特異的にグリコーゲン量を増加させる GL が認知機能に及ぼす影響を解明し、1週間で認知機能を高める新たなスポーツコンディショニング「海馬 GL」の確立をめざします。

用語解説

注1) グリコーゲンローディング (Glycogen Loading; GL):

持久性アスリートの試合前約1週間のコンディショニング法であり、高糖質食摂取と運動を行うことで筋グリコーゲン量を増加させ、持久性を高める効果がある。これは、一過性の疲労困憊運動後に筋グリコーゲン量が減少し、その後、高糖質食を摂取することで一時的に運動前より増加する「グリコーゲン超回復」を基盤としている。

注2) グリコーゲン:

グルコースが α 1、4-および α 1、6-結合により連なった生体における貯蔵糖質。末梢組織では筋や肝臓などの細胞内に多く存在している。脳ではグリア細胞の一種であるアストロサイト内に貯蔵されている。脳グリコーゲンは活動に伴い乳酸へと分解され、モノカルボン酸トランスポーターを介してニューロンに取り込まれ、エネルギー基質として利用される。近年、脳グリコーゲンは記憶形成や持久性能力において重要な役割を担うことが明らかとなり注目される。

注3) グリコーゲン超回復:

疲労困憊運動により筋グリコーゲンは減少するが、その後の高糖質食摂取により、運動前よりも増加すること。近年、グリコーゲン超回復は脳でも起こり、筋より早いタイミングで生じることが明らかとなった。

参考文献

1. Matsui T. et al. PNAS. 114: 6358–6363, 2017.
2. Matsui T. et al. J Physiol. 590:607–616, 2012.
3. Shima T. et al. Diabetologia. 60:597–606, 2016.

掲載論文

【題名】 **Hyper-hippocampal glycogen induced by glycogen loading with exhaustive exercise
激運動を利用したグリコーゲンローディングで高める海馬グリコーゲン**

【著者名】 **Mariko Soya¹, Takashi Matsui^{1,2}, Takeru Shima¹, Subrina Jesmin¹, Naomi Omi^{3,4}, and Hideaki Soya^{1,2}**

¹Laboratory of Exercise Biochemistry and Neuroendocrinology, Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305–8574, Ibaraki, Japan.

²Department of Sport Neuroscience, Advanced Research Initiative for Human High Performance (ARIHHP), Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305–8574, Ibaraki, Japan.

³Laboratory of Exercise Nutrition, Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305–8574, Ibaraki, Japan.

⁴Department of Body, ARIHHP, Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

【掲載誌】 **Scientific Reports**

DOI: 10.1038/s41598-018-19445-4

問い合わせ先

征矢英昭 (そや ひであき)
筑波大学 体育系 教授(運動生化学研究室)
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
Tel: 029-853-2620
E-mail: soya.hideaki.gt@u.tsukuba.ac.jp

松井 崇 (まつい たかし)
筑波大学 体育系 助教(運動生化学研究室)
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
Tel: 029-853-2750
E-mail: matsui.takashi.ga@u.tsukuba.ac.jp