

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560334

研究課題名(和文) 運動時の脳グリコゲン利用は持久性パフォーマンスに關与するか？

研究課題名(英文) The role of brain glycogen in exercise endurance

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)： 脳の貯蔵糖質・グリコゲンが疲労困憊運動時に減少することから、脳でも筋同様に運動時にグリコゲンが利用される可能性がある。もしそうなら、脳グリコゲンが持久性に寄与する可能性があるが、持久性における脳グリコゲンの役割は全く不明である。そこで本研究では、この問題に迫ることを目的とし、脳グリコゲン利用阻害が持久性を低下させるかどうかを検討した。その結果、脳グリコゲン利用阻害が疲労困憊時の脳内ATPと持久性を低下させた。これは乳酸輸送阻害でも同様だった。これにより、脳グリコゲンが乳酸を通じたATP合成により運動時の脳機能を維持することで、持久性を担うことを初めて実証した。

研究成果の概要(英文)： Brain glycogen could be utilized during prolonged exhaustive exercise. However, the role of brain glycogen in exercise endurance is unclear. To address this issue, we examined the effect of inhibition of brain glycogenolysis on exercise endurance. Blockade of brain glycogenolysis and lactate transport during exercise decreased endurance capacity associated with brain ATP levels. Our results demonstrated that lactate from brain glycogen fuels the exercising brain to retain exercise endurance, providing a new understanding of brain energetics during exercise.

研究分野：運動生化学

キーワード：運動持久性 脳グリコゲン 脳内乳酸 ATP

1. 研究開始当初の背景

運動時の脳のエネルギー基質は血糖のみだとされてきたが、私どもは、脳の貯蔵糖質・グリコゲンが疲労困憊運動時に減少することから、脳でも筋同様に運動時にグリコゲンが利用される可能性を初めて明らかにした(*J Physiol*, 2011)。更に、その後の休息により脳グリコゲンは筋同様に超回復すること、そして、持久性パフォーマンスを高めるようなトレーニングを積むことでその貯蔵量が増加することも見出した(*J Physiol*, 2012)。これらは、脳グリコゲン超回復をトレーニングにより繰り返すことで脳の代謝適応が生じ、持久性パフォーマンスの向上に寄与する可能性を示唆するが、実際に運動時の脳グリコゲン利用が持久性パフォーマンスに關与するかどうかは不明である。

2. 研究の目的

この問題に迫るため、グリコゲン分解酵素阻害薬、並びに乳酸輸送阻害薬の脳内投与を通して、脳グリコゲン利用阻害が運動持久性を低下させるかどうかについて検討する。

3. 研究の方法

(1) 実験1

脳室内投与と運動中の連続採血を可能にするため外頸静脈にカテーテルを留置した独自のラットを運動群と非運動群に分け、グリコゲン分解阻害薬(DAB)が生理食塩水(vehicle)を脳室内投与し、分速20mのトレッドミル走運動を課した。個々に疲労困憊に至る時間を測定し、マイクロ波照射による屠殺後、脳のグリコゲンとATP濃度も測定した(図1)。

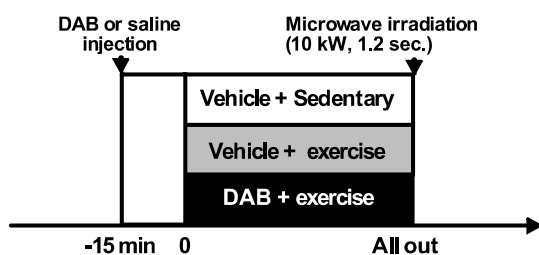


図1 実験1のプロトコール

(2) 実験2

実験1と同様のラットに、乳酸輸送担体阻害薬(4-CIN)が生理食塩水(vehicle)を脳室内投与し、分速20mのトレッドミル走運動を課した。個々に疲労困憊に至る時間を測定し、併せて脳のグリコゲンとATP濃度も測定した(図2)。

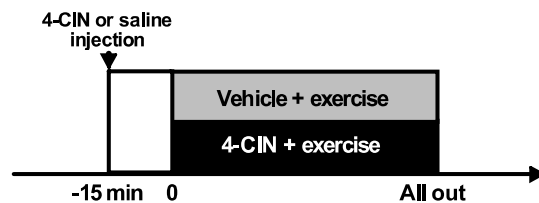


図2 実験2のプロトコール

4. 研究成果

(1) 実験1

DABの脳室投与は、疲労困憊時の脳グリコゲン減少を大脳皮質以外で阻害した(図3)。脳内乳酸は、疲労困憊運動時の上昇がDABにより抑制され、それは海馬で特に顕著だった(図4)。同時に、DABは疲労困憊時の脳内ATPと持久性を低下させた(図5、6)。

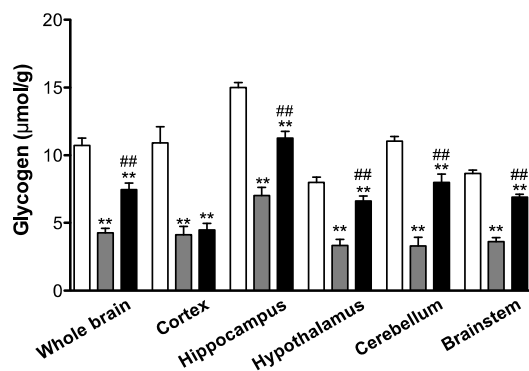


図3 長時間の疲労困憊運動による脳グリコゲンの減少とDABによる阻害。白がVehicle + 安静群、灰色がVehicle + 運動群、黒がDAB + 運動群。

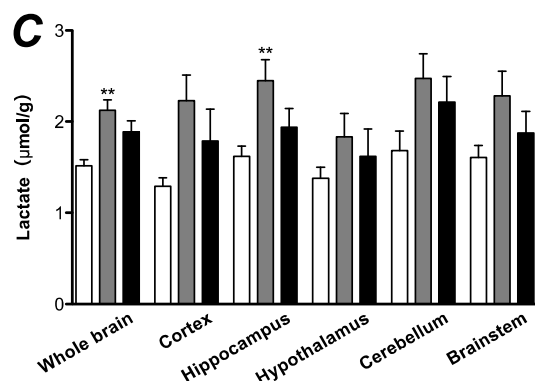


図4 長時間の疲労困憊運動による脳内乳酸の上昇とDABによる阻害。白がVehicle + 安静群、灰色がVehicle + 運動群、黒がDAB + 運動群。

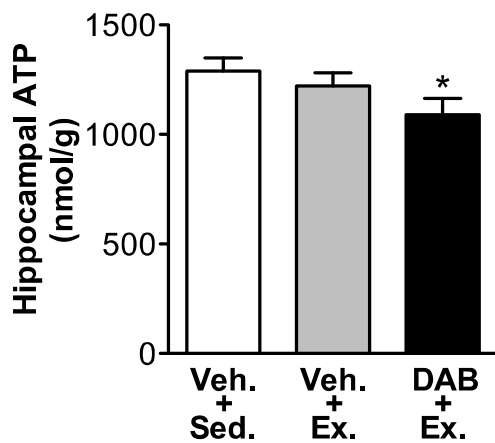


図5 脳グリコゲン分解阻害により破綻する長時間の疲労困憊運動時の脳 ATP 濃度維持機構。

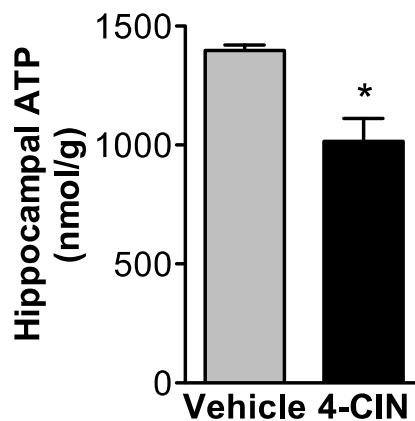


図7 脳内乳酸輸送の阻害により破綻する長時間の疲労困憊運動時の脳 ATP 濃度維持機構。

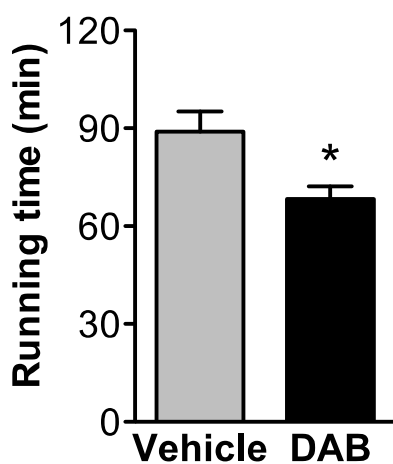


図6 脳グリコゲン分解の阻害による運動持久性の低下。

(2) 実験2

4-CIN の脳室投与は、DAB と同様、疲労困憊時の脳内 ATP と持久性を低下させた (図7、8)。これにより、脳グリコゲンが乳酸を通じた ATP 合成により運動時の脳機能を維持することで、持久性を担うことを初めて実証した (投稿準備中)。

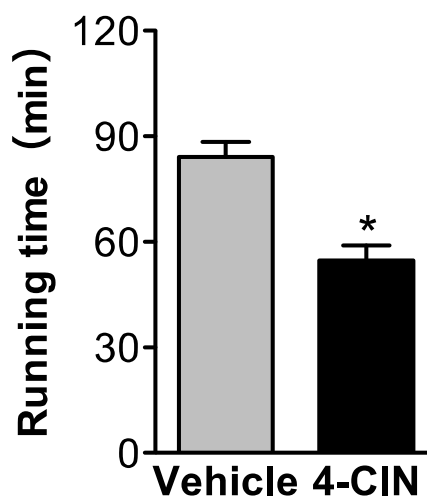


図8 脳内乳酸輸送の阻害による運動持久性の低下。

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

松井 崇, 大室秀樹, 征矢英昭 .

Exercise-induced brain glycogen decrease and supercompensation. 第120回日本解剖学会・第92回日本生理学会合同大会シンポジウム, 2015年3月21日, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市)

大室秀樹, 松井 崇, 島 孟留, 征矢茉莉子, 征矢英昭: 長時間運動時の脳グリコゲン利用と疲労耐性: 脂質代謝の関与. 第69回日本体力医学会大会, 2014年9月19日, 長崎大学(長崎県長崎市)

Omuro H., Matsui T., Shima T., Soya H.: Inhibition of brain glycogenolysis suppresses endurance performance: a physiological role of brain glycogen. The 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2014年7月6日, Amsterdam (Netherland)

〔その他〕

ホームページ等

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