

## 持久性運動中の筋疲労と血糖取り込みの関係

増田紘之<sup>1)</sup>、飯澤拓樹<sup>2)</sup>、川中健太郎<sup>3)</sup>

1) 新潟医療福祉大学 健康栄養学科

2) 新潟医療福祉大学 健康栄養学科 4年

3) 福岡大学 スポーツ科学部

【背景・目的】生活習慣病の一つである2型糖尿病患者は低体力者に多く、身体活動量の低下が問題とされている。低体力者は運動中に筋疲労を生じやすい。運動中の筋疲労を抑制できれば、生活習慣病の原因となる身体活動量の低下を防ぐことに繋がる。運動中に、活動筋はグルコース輸送担体4型 (GLUT4) の働きによって積極的に血糖を取り込む。これは運動中のエネルギー源となる。何らかの要因で GLUT4 の機能不全が生じると、筋は十分に血糖を取り込めなくなり、エネルギー不足を生じる。しかしながら、これまでに運動中に活動筋が十分に血糖を取り込めなくなり、エネルギー不足を生じるかは不明である。そこで本研究では、実験動物としてラットを用い、持久性運動疲労モデルを作り、運動中に筋疲労を生じさせ、この時に血糖取り込みが低下するか検討した。

【方法】実験動物には、5週齢のWistar系雄性ラット(40~45g)を用いた。対象を無作為に安静群(n=8)、1時間運動群(n=6)ならびに2時間運動群(n=6)の3群に分けた。各運動群にはトレッドミル走行(20m/分)を1時間ならびに2時間行わせた。なお、このトレッドミル走行の強度は50% VO<sub>2</sub>max(低強度運動)と推定される。各運動終了直後に頸椎脱臼を施し、下肢のヒラメ筋を摘出した。摘出筋は直ちに-80℃のフリーザーで凍結保存した。その後、摘出筋における細胞内エネルギー状態を評価するために、ATPならびにPCr濃度を酵素法を用いて測定した。その結果、2時間運動では安静時ならびに1時間運動と比べてATP量が低下したことから、この運動モデルでは2時間運動で筋疲労を引き起こすことが確かめられた。続いて、この持久性運動疲労モデルを用い、対象を無作為に上記と同様の匹数で安静群、1時間運動群ならびに2時間運動群の3群に分け、各運動群にはトレッドミル走行を行わせた。運動終了直後にヒラメ筋を摘出し、凍結保存した。そしてATPならびにPCr濃度の測定に用いた。また対足側のヒラメ筋も摘出し、直ちに40mM mannitolを含んだKHB中で20分間インキュベーションした後、8mM 2-deoxyglucose (2DG)を含むKHB中で20分間インキュベーションし、凍結保存した。その後、糖取り込み速度測定のために、細胞中における2DG6Pの蓄積量を酵素法を用いて測定した。ATP量ならびに糖取り込み速度の群間比較について、P値0.05を有意水準として統計処理を行った。本研究は新潟医療福祉大学動物実験委員会の承認を得て実施された。

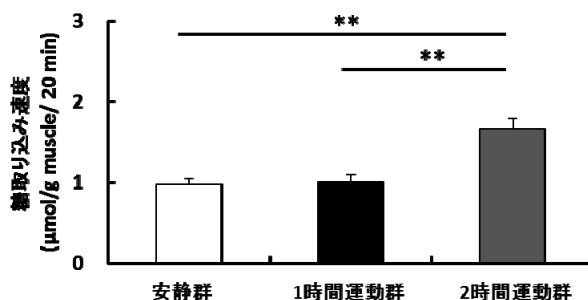


図1. 運動終了直後のヒラメ筋における糖取り込み速度  
Means ± SE (n=6-8), \*\*p<0.01

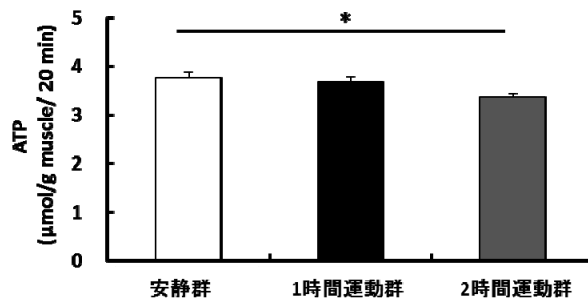


図2. 運動終了直後のヒラメ筋におけるATP濃度  
Means ± SE (n=6-8), \*p<0.05

【結果】ヒラメ筋のATP量では、2時間運動群が安静群と比べて有意な減少を示した(図2)。一方で1時間運動群は安静群との間にATP量の差は見られなかった。したがって、低強度運動を2時間行わせると筋疲労を生じたことが確かめられた。糖取り込み速度の測定では、2時間運動群が安静群ならびに1時間運動群より有意な増加を示した(図1)。一方で1時間運動群は安静群との間に糖取り込み速度の差は見られなかった。

【考察】本研究から、持久性運動の疲労時には、ヒラメ筋の糖取り込み速度が増加した可能性が示された。活動筋が疲労する状況において、筋は積極的に血糖取り込みを高めることで運動を継続しようとする働きがあるのかもしれない。今後、更にn数を増やして検討する必要がある。また活動筋の血糖取り込みに関与するシグナリングが低下するかを検討する必要がある<sup>1)</sup>。

【結論】本研究は、疲労困憊に至るような持久性運動終了直後において、ヒラメ筋の糖取り込みを増加させる可能性を示唆した。

### 【文献】

- 1) Cesar OF et al : Electrical stimuli release ATP to increase GLUT4 translocation and glucose uptake via PI3Kgamma-Akt-AS160 in skeletal muscle cells. Diabetes. 62:1519-1526, 2013.

【謝辞】本研究は2015年度新潟医療福祉大学研究奨励金(萌芽的研究費)の助成を受けて実施した。ここに感謝の意を表す。