

乳酸閾値を下回る低強度運動が骨格筋の糖取り込みに及ぼす影響

新潟医療福祉大学 健康栄養学科

川中 健太郎

1 背景

血糖の80%以上は骨格筋によって代謝される。したがって、筋の血糖取り込み能力が低下すると糖尿病が発症する。ところで、血中乳酸レベルが上昇し始める運動強度である乳酸性作業閾値(50~70%VO₂max、息が弾み始める強度)に相当する中強度の運動がII型糖尿病の予防手段として推奨されてきた。一般的には軽いジョギング程度の運動が中強度運動に相当するが、このような運動は骨格筋の血糖取り込みを促進することがよく知られているからである。しかし、歩行活動に相当するような乳酸閾値未満の低強度運動が骨格筋の糖取り込みに及ぼす影響は不明である。

2 目的

実験動物に乳酸閾値未満の低強度トレッドミル歩行運動を負荷することによって、このような強度の運動が骨格筋の糖取り込みに及ぼす影響を検討した。

3 実験動物と運動条件

実験には、3週齢のWistar系雄性ラットを用いた。これらのラットを、安静群、超低強度運動群、低強度運動群、ならびに中強度運動群に分け、運動群のラットには動物用トレッドミルを用いて運動を負荷した。超低強度運動群には毎分6mの速度で90、270、または360分、低強度運動群には毎分9mの速度で90、180、または360分、さらに、中強度運動群には毎分18mの速度で45、または90分の運動を負荷した。なお、この週齢のラットの乳酸閾値は毎分18m前後に存在することを予備実験において確認している。

4 被験筋ならびに測定項目

トレッドミル運動終了直後にラットの下肢に存在するヒラメ筋を摘出して以下の測定項目について検討した。なお、ヒラメ筋は主に遅筋線維から成り立つ筋であり、乳酸閾値以下の強度の運動に動員される筋である。

(1) 筋グリコーゲン濃度

運動直後に摘出した筋について生化学的な方法で測定した。

(2) 糖取り込み速度

運動直後に摘出した筋をプラスチック容器内で8mM 2-deoxyglucoseを含むbuffer中で20分間インキュベーションした。2-deoxyglucoseはグルコース類似体であり、20分間に筋中に取り込まれた2-deoxyglucose量を生化学的に測定することにより、糖取り込み速度を評価することができる。

(3) AMP依存性プロテインキナーゼ(AMPK)

運動直後に摘出した筋についてAMPK活性化の指標であるACCのリン酸化状態について生化学的に測定した。

5 結果

超低強度や低強度運動中には、一旦、減少した筋グリコーゲン濃度が回復する現象がみられた。中強度運動中にはこのような現象はみられず、運動時間依存的に減少した。運動直後の筋グリコーゲン濃度は強度依存的に低くなる傾向がみられた。

AMPK活性化の指標であるACCのリン酸化状態は運動時間ならびに運動強度依存的に上昇する傾向がみられた。

それぞれの強度の運動において、糖取り込み速度は運動時間依存的に上昇した後、ある運動時間でピークに達した。また、超低強度運動終了直後の糖取り込み速度のピーク値は、低強度や中強度運動によってみられるピーク値よりも高かった。

6 まとめ

同じ時間運動する場合、運動強度が低いほうがラットヒラメ筋の糖取り込みが高いレベルに上昇する可能性が示された。したがって、乳酸性作業閾値を下回る低強度運動は効果的に骨格筋の血糖取り込みを上昇させる可能性がある。乳酸閾値以上の運動はAMPKの活性化を介して筋の糖取り込みを促進させることがよく知られているが、本研究においてもAMPKの活性化は強度依存的であった。したがって、低強度運動の糖取り込みに対する顕著な効果はAMPKによっては説明できない。低強度運動はAMPK以外の細胞内情報伝達酵素を活性化することによって筋の糖取り込みを促進しているのかもしれない。

我々は、姿勢維持のための筋活動が筋の糖取り込みに対して重要な働きをしていることも実験的に確認している。今後、姿勢維持や歩行活動といった日常生活における筋活動が骨格筋の糖取り込みに及ぼす影響とそのメカニズムについて検討を進めたい。