

短時間トレッドミル用運動負荷プロトコールによって決定される 最大脂質酸化量を示す運動強度に関する検討

スポーツ医科学研究領域

5007A035-9 高木俊

研究指導教員： 坂本静男教授

【緒言】

最大脂質酸化量(maximal fat oxidation rate:MFOR)はこれまで、運動中に観察される脂質酸化量の最大値として定義されてきた。漸増負荷を用いた運動負荷試験によって決定された最大脂質酸化量を示す運動強度(MFOR level:MFORLV)は、VT(ventilatory threshold)、LT(lactate threshold)との関連が報告されている、総合的な脂質代謝機能の指標である。

これまで、MFORLV 決定のための多くの運動負荷プロトコールは、定常状態を再現し正確な脂質酸化量の定量化を主な目的としてきたため、テスト全体の時間が長くなり、実用的ではないとの指摘がなされている。その点で、短時間の運動負荷プロトコールによる MFORLV 決定は実用性に優れているが、非定常状態を含めた呼気ガス分析によって脂質酸化量を計算するため、どの程度正確に MFORLV を決定できているか明らかではなく、さらに、運動負荷プロトコールの影響を受けやすいかもしれない。これらのことは、脂質代謝指標としての MFORLV を評価する上で考慮すべき問題かもしれない。

また、MFORLV は漸増負荷中における脂質酸化量を最大にする運動強度である点で、MFORLV の再現が運動中の脂質酸化量を最大にするとしばしば表現される。実際、MFORLV のトレーニング効果も報告されているが、最も効果的であるという明らかな根拠は存在せず、それ以前に、MFORLV が長時間一定負荷運動時においても、脂質酸化量の最大値を導くかどうかは明らかではない。

本研究では、課題Ⅰにおいて短時間の異なる2つのトレッドミル用運動負荷プロトコールで決定される MFORLV、VT、LT に差が見られるかどうかを検討すること、課題Ⅱにおいて長時間一定負荷運動時および運動後回復期においてもランプ負荷で決定された MFORLV が脂質酸化量の最大値を導くかどうかを検討することを各課題の主な目的とし、短時間運動負

荷プロトコールによって決定される MFORLV の指標としての妥当性および MFORLV における運動の効果を検討することを最終的な目的とした。

【課題Ⅰ】

方法：

対象は、BMI<25、体脂肪率<20%を満たす、健康な若年成人男性 20 名とし、早朝空腹時においてトレッドミル用ランプ負荷(R 試行)および Bruce 負荷プロトコール(B 試行)を用いた運動負荷試験を行なった。各試行は3分の安静期と疲労困憊までの運動負荷試験から構成され、経時的な呼気ガス分析および採血を行うことにより MFORLV、VT、LT、PEAK を決定した。各運動強度の評価は $\dot{V}O_2$ を基準に行った。

結果：

VT 時(R 試行: 1.87 ± 0.26 (L/min), B 試行: 1.84 ± 0.27 (L/min))、LT 時(R 試行: 1.89 ± 0.40 (L/min), B 試行: 1.70 ± 0.25 (L/min)) および Peak 時(R 試行: 3.35 ± 0.50 (L/min), B 試行: 3.36 ± 0.45 (L/min)) にはプロトコール間で差を認めなかった。しかしながら MFORLV 時には、R 試行で高値を示した(R 試行: 1.52 ± 0.27 (L/min), B 試行: 1.36 ± 0.28 (L/min))。

考察：

短時間の非定常状態を含めて決定される MFORLV は組織溶解性 CO_2 の影響を受け、特に、VT や LT などの相対強度と比較して低強度に存在する MFORLV はその時点で代謝によって産生される CO_2 に対して組織溶解性 CO_2 の相対的な割合が大きいため、運動負荷プロトコールの影響を受けやすいことが推測された。

【課題Ⅱ】

方法：

課題Ⅰと同様の9名を対象に、プレテスト(課題ⅠのR試行)により決定された MFORLV および $\dot{V}O_{2peak}$ を基準に、5つの異なる運動強度(MFORLV(MF 試行)、

MFORLV $\pm 10\% \dot{V}O_{2peak}$ ($\pm 10\%$ 試行)、MFORLV $\pm 5\% \dot{V}O_{2peak}$ ($\pm 5\%$ 試行)および安静試行(CON 試行)による一定長時間運動を行った。各試行は安静期(5分)、運動期(60分)および回復期(30分)から構成され、全6試行で、試行中にわたり呼吸ガス分析を、MF試行、 $\pm 10\%$ 試行、CON試行の4試行では加えて肘前静脈より経時的な採血を行い、 $\dot{V}O_2$ 、RER、単位時間当たりの脂質酸化量、合計脂質酸化量、血糖(G)、遊離脂肪酸(FFA)、中性脂肪(TG)、乳酸(La)、アドレナリン(Ad)、ノルアドレナリン(NorAd)、インスリン(immunoreactive insulin:IRI)を測定した。

結果:

単位時間当たりの脂質酸化量は、10min 時には MF 試行において最大値(MF 試行 0.29 ± 0.07 (g/min), +10%試行 0.28 ± 0.04 (g/min))が得られたが、運動初期(20min)には +10%試行とほぼ同値(MF 試行 0.30 ± 0.08 (g/min), +10%試行 0.30 ± 0.03 (g/min))となり、運動終了時(60min)には +10%試行でより亢進した(MF 試行 0.41 ± 0.09 (g/min), +10%試行 0.47 ± 0.07 (g/min))。そのため、合計脂質酸化量は、運動期において +10%試行で最大(20.1 ± 2.5 (g))となった。一方で、回復期においては、わずかにより高強度で亢進する傾向を認めたものの、CON 試行でむしろ最大値(3.3 ± 0.8 (g))を示した。+10%試行は運動初期(20min)において La の高値を示し、運動終了時(60min)においては Ad、NorAd の高値、および IRI の低値を示した。

考察:

運動開始に伴う一時的な筋の oxygenation level の低下が、特に +10%試行における運動初期(20min)以前の脂質酸化量を抑制した結果であると考えられる。また、長時間運動時の脂質酸化量を大きくするためには、課題 II における MFORLV よりやや高強度の運動実施が必要であると考えられた。課題 II における +10%試行が長時間運動における真の最大脂質酸化量を示す運動強度であることを必ずしも示しておらず、少なくとも中等度強度の範囲では、+10%試行より高強度で脂質酸化量が亢進することも推測されるが、運動開始後初期の、より高強度運動時において脂質酸化量が抑制さ

れたことを考慮すると、60分という時間内に脂質酸化量を最大にする運動強度は明らかでない。

【総合考察および総括】

実用的と考えられる短時間テストにおける非定常状態を含めて決定された MFORLV は運動負荷プロトコールの影響を受けやすいが(課題 I)、R 試行によって決定された MFORLV は定常状態においても運動開始後初期には脂質酸化量を最大にした(課題 II)。特にランプ負荷法によって決定される MFORLV は、簡易に決定される指標として、有用である可能性が示唆された。

また、短時間テストにおける非定常状態を含めて決定された MFORLV は長時間運動時の脂質酸化量を最大にしないことが示唆された(課題 II)。しかしながら、長時間を運動に割くことができない場合等に R 試行における MFORLV は、特異的な効果をもたらすかもしれない。長時間運動時における真の最大脂質酸化量を示す運動強度、ならびにその運動の効果に関しては、更なる検討が必要である。

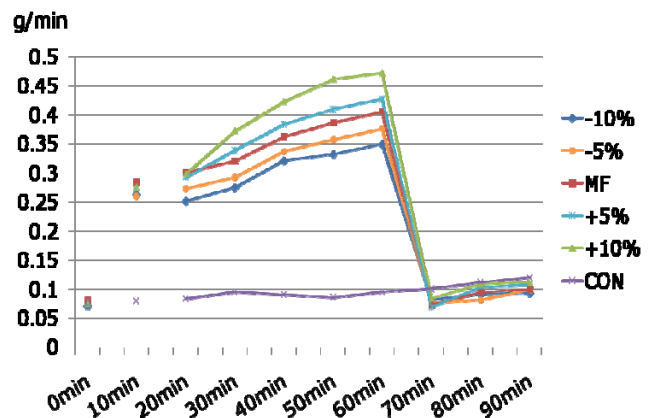


図. 6 試行における脂質酸化量の推移 (課題 II)