# 2011 年度修士論文

# 運動中および運動中止後の脂質酸化量の検討

## —最大脂質酸化量時運動強度に着目して—

スポーツ医科学研究領域
5010A053-6　田端　宏樹　　研究指導教員：坂本　静男 教授

【緒言】肥満症はⅡ型糖尿病、冠動脈硬化性心疾患のリスクを高めることから、その対策が急務である。肥満症は体内の脂肪組織に過剰に脂肪が蓄積された状態であるため、脂質をより多く酸化できる運動が効果的である。運動中に示される脂質酸化量の最大値は、最大脂質酸化量(maximal fat oxidation：MFO)と定義され、MFO を示す運動強度は最大脂質酸化量時運動強度($Fat_{max}$)と呼称されている。$Fat_{max}$ での運動は運動中の脂質酸化量が最大となり、肥満症の運動療法に最適な強度と考えられる。しかし、$Fat_{max}$ より高い強度の中等度強度や高強度の運動中止後には、運動前に比べて脂質酸化が亢進するなど代謝動態の変化が起こる。そして、脂質酸化の亢進を反映して運動中止後に運動前の安静時と比べて酸素摂取量が亢進する運動後過剰酸素消費量(excess postexercise oxygen consumption：EPOC)などの現象が引き起こされ代謝が亢進する。よって、運動を用いてより多くの脂質酸化を引き起こすためには、運動中の脂質酸化動態だけではなく、運動中止後の脂質酸化をあわせて検討する必要がある。しかし、運動中と運動後回復期をあわせて検討した研究は少ない。また、異なる運動強度で同時間運動をした場合は、強度が高い方がエネルギー消費量が大きくなることから、脂質酸化に最も効果的な運動強度を見つけるためには、運動中のエネルギー消費量をそろえた上で、運動中、運動後回復期の合計脂質酸化量を比較することが必要である。そこで本研究では、運動中の脂質酸化量が最大となる $Fat_{max}$ 強度と 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 強度で運動中のエネルギー消費量が等しくなるように運動を実施したときの、運動中および運動後の代謝動態について検討することを目的とした。運動中の脂質酸化量は $Fat_{max}$ の方が多いが、運動後回復期の脂質酸化量は 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 強度の方が多くなると予想される。

【方法】対象は心身ともに健康な定期的な運動習慣を持つ男性陸上競技長距離鍛錬者 8 名(21.4±1.3 歳、171.6±6.1cm、56.7±8.5kg、65.8±6.5ml/min/kg)である。実験前日の激運動およびアルコールの摂取は禁止として、実験前夜は同じ内容、量の食事を摂取するように指示し、それ以降は水以外の飲食を禁止として、全ての実験は 12 時間以上絶食した早朝空腹時に行った。プレ実験として、身体測定および座位安静時代謝測定を実施し、トレッドミルランプ負荷法を用いて、呼気ガス分析を含めた運動負荷試験を行い、最高酸素摂取量($\dot{V}O_{2peak}$)、MFO、$Fat_{max}$ を測定した。その後、最低 1 週間以上空けて、本実験を行った。本実験は、トレッドミルを用いて、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 強度(65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行)30 分あるいは $Fat_{max}$($Fat_{max}$ 試行)で 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行とエネルギー消費量が等しくなるように調節された時間(53±6 分 20 秒)ランニング運動を実施し、運動中および運動後 2 時間の回復期について呼気ガス分析を行った。呼気ガス分析より、$\dot{V}O_2$、呼吸交換比、脂質酸化量、グルコース消費量を測定し、運動中および運動後回復期の総脂質酸化量、総グルコース消費量を求めた。また、プレ実験の際に測定した安静時代謝を基準値として EPOC の量、継続時間について解析

した。運動前、運動中止直後、運動中止 30 分後、運動中止 1 時間後、運動中止 2 時間後に、正中静脈から採血を行い、血糖値、インスリン、中性脂肪(TG)、遊離脂肪酸(FFA)、成長ホルモン(GH)、アドレナリン、ノルアドレナリン、アセト酢酸、β ヒドロキシ酪酸を測定した。また、運動前～運動中止 30 分後まで 10 分ごとに指尖から微量採血を実施し乳酸を測定した。

【結果】運動中および運動後のエネルギー消費量は試行間で有意差はなかった。運動中の総脂質酸化量は、$Fat_{max}$ 試行の方が 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行よりも有意に多かった($Fat_{max}$ 試行：15.6±5.1g、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行：8.0±3.4g P<0.01)。しかし、運動後回復期の総脂質酸化量について、試行間に有意差はなく($Fat_{max}$ 試行：7.8±3.4g、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行：8.7±2.6g )、運動中，運動後回復期をあわせた合計総脂質酸化量では、$Fat_{max}$ 試行の方が 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行よりも有意に多くなった($Fat_{max}$ 試行：23.4±7.6g、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行：16.6±4.8g P<0.01)(Fig.1)。回復期全体の EPOC 量は、試行間で有意差は認められなかった($Fat_{max}$ 試行：4.05±2.50L、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行：6.52±3.89L P<0.01)。しかし、基準値と運動後回復期 30 分毎の酸素消費量の比較では、有意な交互作用が認められた。post hoc テストの結果、運動中止後 0～30 分間において $Fat_{max}$ 試行で 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行より有意に小さかった（$Fat_{max}$ 試行：9.05±1.22L、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行：11.41±1.69L P<0.01)。また、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行では、運動中止後 0～30 分間（11.41±1.69L)、運動中止後 30～60 分間（6.98±1.37L）において、基準値（5.97±0.71L)に比べて有意に大きかった(それぞれ P<0.01、P<0.05)。$Fat_{max}$ 試行では、運動中止後 0～30 分間（9.05±1.22L)、運動中止後 60～90 分間 (6.66±1.04L) において、基準値に比べて有意に大きかった(それぞれ P<0.01、P<0.05 )(Fig.2)。

【考察】中等度強度や高強度の運動において運動中止後に脂質酸化が亢進される機序は、運動中に、消費された筋グリコーゲンを運動後に補償するためにグルコースが用いられることにより、代償性に脂質酸化が主要なエネルギー源になるためである。脂質の方がグルコースより酸化するために多くの酸素を必要とするため、酸素消費量がそれに伴い増加する(EPOC)。本研究では、65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行では、$Fat_{max}$ 試行よりも長く大きな EPOC が引き起こされたが、運動中止後に脂質酸化の亢進は起きていなかった。65%$\dot{V}O_{2peak}$ 強度 30 分の運動では、グルコース消費量は多かったものの、血中グルコースで十分に対応でき、筋グリコーゲンを減少させるまでに至らなかったため、脂質酸化の亢進が引き起こされなかったと推察される。

【結論】

65%$\dot{V}O_{2peak}$ 強度と $Fat_{max}$ で運動中のエネルギー消費量を等しくした条件では、運動中と運動中止後の合計総脂質酸化量は $Fat_{max}$ 試行の方が 65%$\dot{V}O_{2peak}$ 試行より多くなることが示唆された。

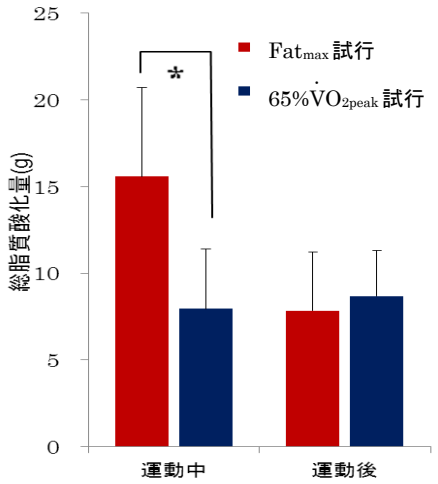


Fig.1 運動中と運動中止後の総脂質酸化量の比較

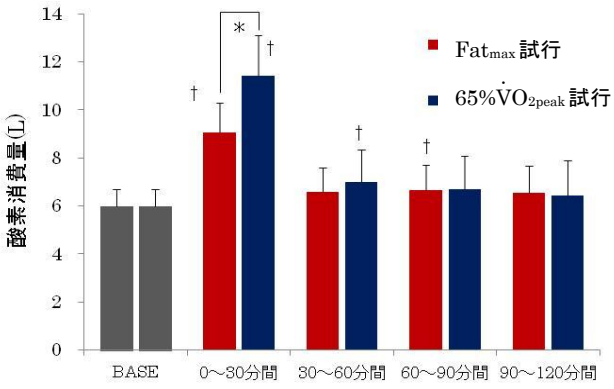


Fig.2 安静時および運動中止後 30 分毎の EPOC 量の比較

*：$Fat_{max}$ vs 65%$\dot{V}O_{2peak}$ P<0.05，†：vs BASE P<0.05