

短 報 (short communication)

初期短時間高強度運動がその後の 軽強度運動での代謝に及ぼす影響

小 原 繁, 三 浦 哉

Effects of initial high intensity short-time exercise on metabolism during low intensity prolonged exercise

Shigeru OBARA and Hajime MIURA

*Behavioral Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences,
The University of Tokushima, Minami Josanjima-cho, Tokushima 770*

It is well known that high intensity and low intensity exercise facilitate carbohydrate and fat metabolism, respectively. Based on this view, two experiments were done in this study. Incremental and decremental loading method protocol (Fig. 1) were used in experiment I, and 5-minutes high intensity and following 30-minutes low intensity exercise (Fig. 2) were completed by two healthy adult men in experiment II. We measured oxygen intake, heart rate, lactate (one subject), and respiratory exchange ratio (RER) during exercise. All exercises were performed on a cycle ergometer. The results were as follows;

1) Oxygen intake and RER showed a hysteresis loop, but heart rate and lactate did not so in the experiment of the incremental and decremental loading method protocol.

2) The RER showed lower values at low intensity exercise of immediately after short-time high intensity exercise than that at constant load exercise, however, the RERs at both conditions were almost same at last 5 minutes of exercise.

キーワード：長時間運動, 運動強度

長距離走において、スピードは速くなったり遅くなったりと変化している。その変化の程度には個人差があり、ほとんど一定ペースを保つ人もいれば、絶え間なく変化している人も

*徳島大学総合科学部 行動科学

いる。ペースの変化は好記録の達成には不利であると考えられ、長距離走種目においては初めにやや速く走るが、中盤は一定ペースを保ち、最後にラストスパートと呼ばれているように再びペースアップしてレースは終了するのが一般的である。初期にペースを速くし過ぎるとオーバーペースということの後半に脚の筋肉疲労を起こしてスピードダウンしてしまう。このような現象はエネルギー代謝の面からは興味をそそられることであるが、実際の場面に合わせて条件を設定すると様々な要因が絡むために考察が難しくなるので、単純化したモデルを考え、本研究では初期の高強度運動がその後の軽強度運動時の代謝にどのような影響を及ぼしているのか調べた。

方 法

実験 I (漸増・漸減負荷運動の場合) : 被検者は成人男性 2 名である。サイクルエルゴメータを用いて、最初に軽い負荷から始め、その後負荷を 5 段階まで増加させ、最高負荷に達してから同じ負荷設定で負荷を減少させるプロトコルで運動を行わせた。即ち、40 ワット、3 分の運動から始めて、順次 80, 120, 160, 200 ワットの負荷で 3 分間のペダリング運動を行い、その後 160, 120, 80, そして 40 ワットと負荷を減少させていった。それを図 1 に示した。

実験 II (初期短時間高強度運動後の軽強度長時間運動の場合) : サイクルエルゴメータで 40 分間のペダリング運動を行った。ここでは 2 回の測定を行った。第 1 回目は、初めに約 50% VO_{2max} 強度で 5 分間、引き続いて約 70% VO_{2max} (被検者 A) あるいは約 80% VO_{2max} (被検者 B) 強度で 5 分間のペダリングを行い、その後 30 分間の 50% VO_{2max} 強度のペダリングを行った。第 2 回目は途中の強度を約 75% VO_{2max} (被検者 A) あるいは約 85% VO_{2max} (被検者 B) と変えただけで、他は強度、時間共に同じである。それを図 2 に示した。

測定項目は血中乳酸(実験 I のみ)、心拍数および酸素摂取量である。心拍数と酸素摂取量は自動呼気ガス分析装置(エアロモニター、AE-10、ミナト医科学 KK)で 1 分毎に記録した。被検者は成人男性 2 名である。

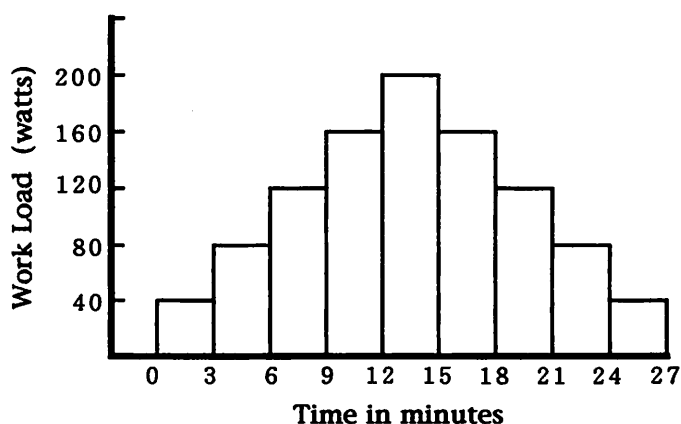


図 1 漸増および漸減負荷による運動のプロトコル
40 ワットから開始して 3 分毎に負荷を 40 ワットづつ高め、200 ワットに達したら次は 40 ワットづつ低くしていった。

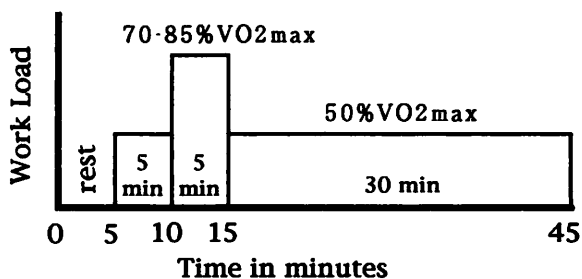


図2 初期短時間高強度運動に続く30分間の軽強度運動のプロトコール
5分間の安静時代謝を測定してから50% VO₂max強度で5分間運動を行い、次の5分間は被検者により異なるが、70-85% VO₂max強度の高強度運動を行った。それに引き続いて再び50%VO₂max強度で30分間の運動を行った。

結 果

実験Ⅰ（漸増・漸減負荷運動の場合）：酸素摂取量の変動については図3-Aに示したが、酸素摂取量は負荷の増大と共に増加してゆく。そして負荷を減少させると、ヒステリシスループのような様子を示し、酸素摂取量は負荷増加時の同一負荷の時の酸素摂取量よりも大きい値を示しながら減少していき、第一負荷に達したときにほぼ同じ値になった。心拍数も負荷の増加と共に上昇していくが、負荷減少の場面では低い負荷になるほど同一負荷における心拍数が離れる傾向を示し、低負荷で同値になることはなかった。例えば、第1負荷の40ワットでの心拍数は83拍/分であるが、第9負荷の40ワットでは111拍/分と大きな差が見られた(図3-B参照)。呼吸交換率は、図3-Cに示したように、酸素摂取量とは逆な形でヒステリシスループのような様子を示した。すなわち、負荷減少時に同一負荷で呼吸交換率の小さい値を示した。

血中乳酸の変動について1名のみ調べた。その結果を図4に示したが、下降期の第1, 2および3負荷では乳酸値は高い値を示しており、第4負荷で急に減少している様子が伺えた。

実験Ⅱ（初期短時間高強度運動後の軽強度長時間運動の場合）：酸素摂取量と心拍数は、図5に示したように、負荷が高まるとそれに比例して増加してゆき、また軽強度運動になると両者は共に減少して負荷を低下させた5分後からは運動終了40分までほぼ一定の値を示した。また呼吸交換率も同様な傾向を示して、負荷を低下させた5分後からは運動終了40分までほぼ一定の値を示した。この傾向は負荷強度の違いに関係なく同じで、また被検者2名とも同様な傾向を示した。尚、呼吸交換率は一定負荷で長時間運動した場合には図6に示したように徐々に減少する傾向を示すので、初期に高強度の運動を短時間行った場合には、その後軽強度運動になった時に直ちに呼吸交換率が低下する現象が起こることを示している。

考 察

実験Ⅰ（漸増・漸減負荷運動の場合）：運動強度を徐々に増加させていくと、心拍数、酸素摂取量そして呼吸交換率はいずれも強度に比例してほぼ直線的に増加していくが、高い強度

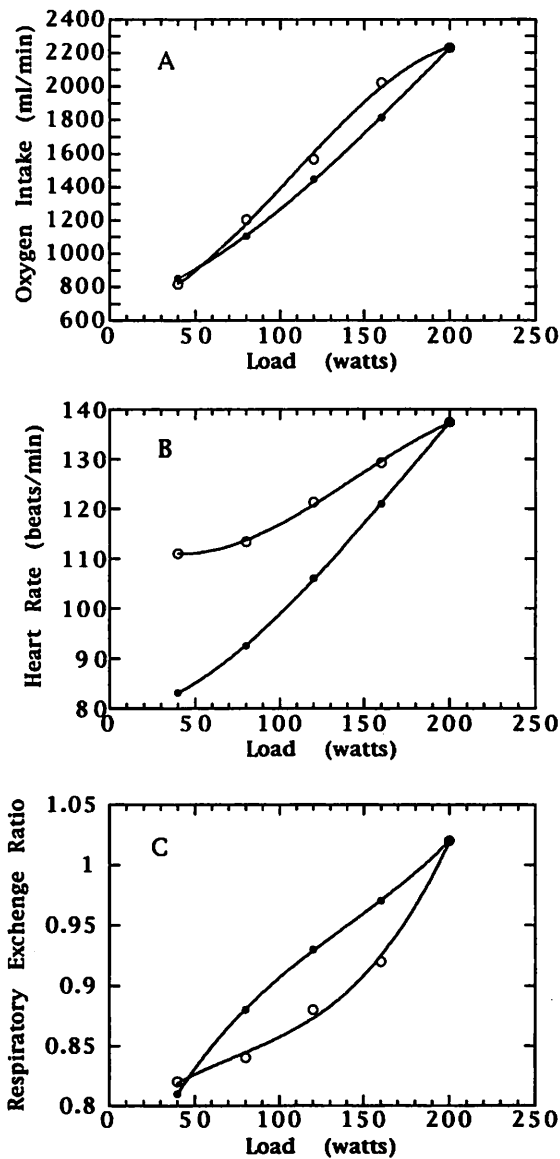


図3 漸増・漸減負荷運動時の負荷の変化に伴う酸素摂取量 (Oxygen Intake : A), 心拍数 (Heart Rate : B) 及び呼吸交換率 (RER : C) の変動
 黒丸は漸増負荷時の、白丸は漸減負荷時の各値を示す。

から徐々に強度を低下させた場合はこれら3つのパラメーターに違いが見られた。負荷の下降期に心拍数の減少が小さくなり、負荷増大期の心拍数増加傾向線より離れる様子が見られたが、これは体温の影響が出ているものと考えられる。運動により体温が上昇するのはよく知られた事実である(伊藤, 1985)。本研究の実験Iでは漸増負荷で15分間運動を行っており、この時に体温が上昇し、その影響が負荷下降期に現れたと言えよう。酸素摂取量は負荷下降

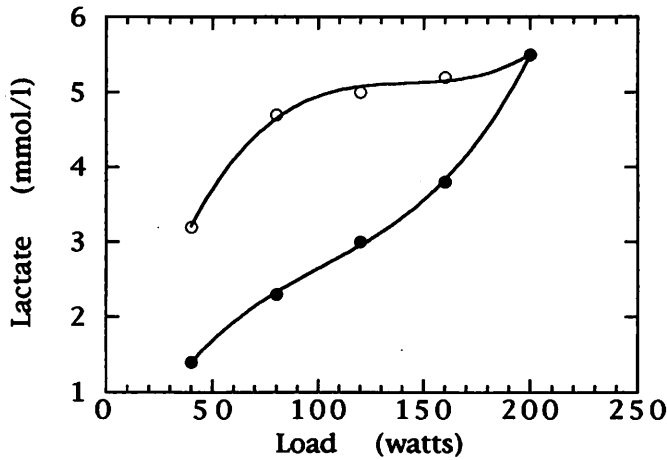


図4 漸増・漸減負荷運動時の負荷の変化に伴う血中乳酸 (Lactate) の変動
黒丸は漸増負荷時の、白丸は漸減負荷時の各乳酸値を示す。

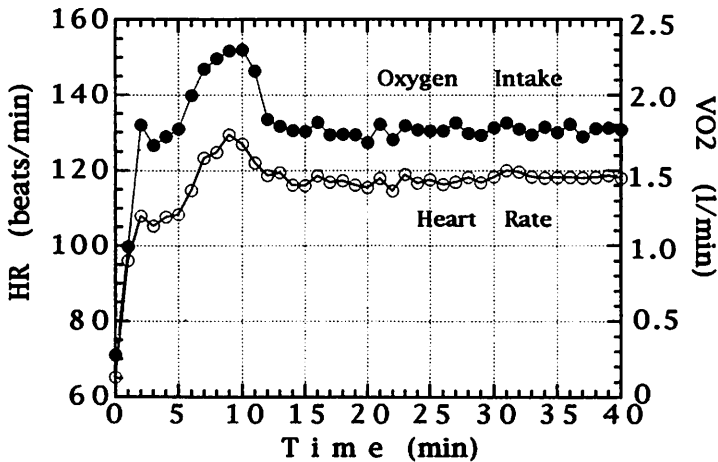


図5 実験IIにおける初期に負荷を高めた場合の酸素摂取量 (VO₂) と心拍数 (HR) の時間経過に伴う変動。
黒丸が酸素摂取量、白丸は心拍数である。この例は負荷を、50% VO₂max (5分間)、70% VO₂max (5分間)、そして50% VO₂max (30分間) と変化させた場合を示している。

期の第1, 2 および3 負荷で高い値を示しており、最後の負荷である第4 負荷ではほとんど同じ値を示している。この下降期での高い酸素摂取量の値は負荷増加期の運動による酸素負債の影響と考えられる。酸素負債については古くから知られた事実であるが(進藤, 1973), 本研究で1名について血中乳酸を測定した結果を見ると下降期の第1, 2 および3 負荷では乳酸値は高い値を示しており、第4 負荷で急に減少している様子が伺えたが(図4 参照), この結果が負荷下降期での高い酸素摂取量の値の意味を裏づけているものと考えられる。呼吸交換率は負荷下降期で小さい値を示している。呼吸交換率の低下が即、脂肪代謝の促進を意味しているのかはわからない。血中の脂肪酸等の同時測定などから検討する必要がある。

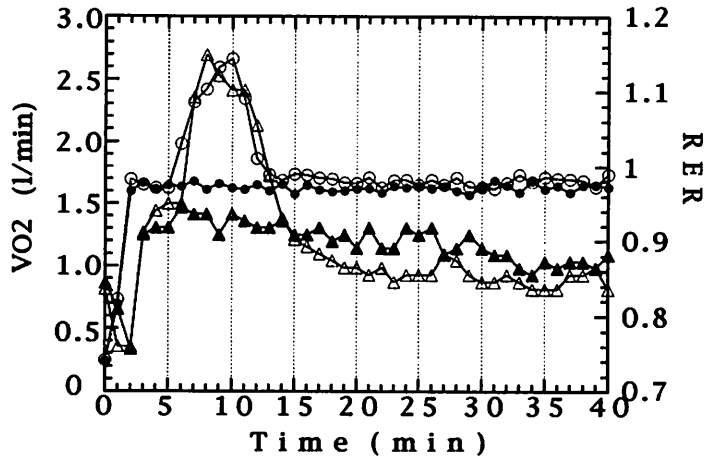


図6 実験IIにおける初期に負荷を高めた場合と一定負荷の場合の酸素摂取量 (VO₂) と呼吸交換率 (RER) の時間経過に伴う変動の比較。丸印は酸素摂取量 (VO₂) で三角印は呼吸交換率 (RER) である。また各印で黒印は一定負荷の場合で白印は初期高強度 (75% VO₂max) の場合を示している。酸素摂取量は同強度の時はほぼ同じ値になっているが、呼吸交換率は初期に強度を高め、また強度を軽くした時に(白三角印の場合)、一定負荷の時よりは早い時期から小さい値を示す傾向がうかがわれる。

実験II (初期短時間高強度運動後の軽強度長時間運動の場合)：本研究では初めに約50%VO₂max 強度で5分間運動し、次の5分間を75-85%VO₂max 強度で運動してその後再び約50%VO₂max 強度で30分間運動を行い、その時の酸素摂取量、心拍数そして呼吸交換率の変動を調べたわけであるが、酸素摂取量と心拍数には負荷を5分間だけ高めた影響は見られなかった。しかし、呼吸交換率は強度を再び低下させたときに直ちに減少するという点が特徴的であった。この結果は実験Iから予想されたとおりであるが、前述したようにこの呼吸交換率の低下が脂肪代謝の促進を意味しているかどうかは検討の余地がある。これまでの報告をみると、長時間運動では血中脂肪酸濃度が上昇するという報告がある (Chad and Quigley, 1989; Falk et al., 1989)。これらの知見から本実験での40分間の持続的運動でも脂肪代謝が促進されている可能性は高く、それを示唆するものとして、図6に示したように一定負荷で運動を続けた場合に呼吸交換率が徐々に低下していく様子が見られた。実験IIの初期に短時間高強度運動を行い、その後再び軽強度長時間運動を行った時に呼吸交換率が直ちに減少したのは、脂肪代謝が増大したということを示めているのか不明である。もし、この呼吸交換率の変化が脂肪代謝の増大を反映しているとすれば、興味ある結果であるが、この点については血中の脂質分析等を加えて検討する必要がある。

文 献

Chad, K. and B. Quigley (1989): The effects of substrate utilization, manipulated by caffeine, on post-exercise oxygen consumption in untrained female subjects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59:48-54
 Falk B., R. Burstein, et al. (1989): The effects of caffeine ingestion on physical performance after prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59: 168-173
 伊藤静夫 (1985)：スポーツ中の水の補給, 体育の科学, 第35巻4号, 275-279

初期短時間高強度運動がその後の軽強度運動での代謝に及ぼす影響

進藤宗洋(1973)：身体運動の生理学(猪飼道夫編著)，第4章 酸素摂取量と酸素負債，杏林書院，東京，185-196

