

成人女性における運動後回復期余剰 \dot{V}_{O_2} (EPOC) に及ぼす食事のカロリー摂取制限の影響

広島女子大学 福場良之
(共同研究者) 同 三浦朗
同 加藤秀夫
同 國重智子
広島大学 菅 輝

The Effect of Dietary Restriction on Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC) in Young Japanese Women

by

Yoshiyuki Fukuba, Akira Miura, Hideo Kato, Tomoko Kunishige

School of Health Sciences, Hiroshima Women's University

Akira Kan

Faculty of Education, Hiroshima University

ABSTRACT

It has been recognized that oxygen consumption (\dot{V}_{O_2}) remains elevated for several hours following a certain exercise, and such prolonged excess \dot{V}_{O_2} has been recently called "excess post-exercise oxygen consumption (EPOC)". The magnitude of EPOC may have important implications for individuals, especially for women, who are employing physical exercise as part of a weight control and health promotion and usually who are restricting the dietary energy intake simultaneously. The EPOC studies involving female subjects, however, are very limited. Therefore, our purposes were 1: to examine whether the sedentary Japanese young women

also show the significant EPOC, and 2: to evaluate the effect of dietary restriction on EPOC in women in the same phase of the menstrual cycle. Six young women participated in the study for the purpose 1. They cycled 60-min bicycle ergometer exercise at the work rate corresponding approximately to 70 % of $\dot{V}_{O_{2max}}$ during their luteal phase. The exercise was performed in the morning and \dot{V}_{O_2} was measured every 1 hour for 7 hours after the exercise including the prior-exercise. As a control trial, \dot{V}_{O_2} was also measured according to the same time schedule without exercise. The significant elevated \dot{V}_{O_2} was found until 4 hours after the exercise, and the total amount of EPOC was approximately 4~5 l on the average. Four young women participated in the study for the purpose 2.

They performed essentially the same experimental design as study 1 under the different menstrual cycle (i.e., luteal and follicular phases) and dietary restriction status (i.e., standard and restricted diet conditions). The diet was precisely controlled for 2 days from the previous day of the experiment, and the standard diet was 1600 kcal/day, and restricted one was just half of the standard (i.e., 800 kcal/day). As a result of the two-way ANOVA, the EPOC was significantly affected by the dietary factor only, that is, the dietary restriction decreased the amount of EPOC compared with that in the standard dietary condition.

These data suggest that, while sedentary Japanese young women have a significant EPOC sustaining the following several hours after the intense and relatively long-term (1 hour) exercise, the EPOC is significantly lowered even by the acute dietary restriction.

要 旨

近年、運動後数時間に及ぶ酸素摂取量 (\dot{V}_{O_2}) の亢進が報告され、EPOCと呼ばれ始めている。このEPOCの存在は、減量や健康を目的として運動を取り入れている対象者、特にしばしば運動と同時に食事由来のカロリー制限を同時に行っているような女性にとっては、重要な意味をもつと考えられる。しかしながら現在まで、女性に関するEPOCの研究は極めて限られたものしか存在しない。そこでわれわれは以下の目的で実験を行った。まず実験1として、sedentaryな日本人の若

い成人女性でEPOCが存在するか否かを検討する。その結果もしも意味あるEPOCが存在したならば、次に実験2として、性周期を合わせたうえで、EPOCに及ぼすカロリー制限の影響を検討する。

実験1には6名の被験者が参加し、黄体期に、運動強度が70 % of $\dot{V}_{O_{2max}}$ で、60分間の自転車エルゴメータ運動を行った。運動は午前中に行われ、運動前と運動後7時間の各1時間ごとに \dot{V}_{O_2} が測定された。非運動日として、運動なしで同様なスケジュールの測定がなされた。結果として、運動終了後4時間目まで有意な余剰 \dot{V}_{O_2} が認められ、

EPOCの総量はおよそ4~5lであった。

実験2には4名の被験者が参加し、実験1と基本的に同様な実験が、性周期別(黄体期・卵胞期)、カロリー摂取制限別(基準食・制限食)の各条件下で行われた。食事は実験前日から2日間、厳密にコントロールされ、基準食は1600 kcal/day、制限食はそのちょうど半分、800 kcal/dayに設定された。2元配置分散分析の結果、EPOCはカロリー摂取制限の有無によって有意な影響を受けることがわかった。すなわち、制限食条件下でのEPOCは基準食でのものと比較して有意に減少した。

これらの結果から、sedentaryな日本人の若い成人女性でも、ある程度以上の運動強度で、ある程度の長い時間にわたって継続された運動の後には、意味あるEPOCが数時間にわたって認められるが、それは急性のカロリー摂取制限で有意に減少させられるということがわかった。

はじめに

古くは O_2 負債、最近ではその成因に関する議論からExcess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC)と呼ばれる³⁾、運動後の回復期に認められる余剰の \dot{V}_{O_2} は、以前に'alactic'・'lactic'といわれていた運動後30分程度の間にも求められるfast・slow成分に加えて、課した運動の強度や時間によっては、運動後の数時間以上も続く'ultra-slow'な成分が含まれるといわれている⁴⁾。もしもこれが事実であるとすれば、たとえば現在、運動を始める典型的な動機付けの1つである、運動自体によるカロリー消費で体重を減少しようとするような目的に対して、運動自体のもつカロリー消費に加えて、付加的な価値(効果)を持つ可能性がある。すなわち、成人男性によるいくつかの先行研究^{1) 5) 6)}で認められたように、仮に安静時代謝の10%程度のEPOCが半日程度続くのであれば、これは100 kcal近いエネルギー

消費に相当し、運動自体によるエネルギー消費に比しても十分に大きな値であり、運動のもつ付加的な恩恵をさし示すことになると思われる。

しかし、EPOCの中でultra-slowな成分に関する先行研究で女性を対象としたものは、われわれの知りうる限り、競技選手を対象としたもののみ⁸⁾であり、果たして一般の成人女性でどの程度のEPOC値が得られるかは未だ明らかでない。そこでまず、本研究では実験1としてこの点を最初に確かめることとした。ただし、こういった細かな差異を測定する際には他の交絡要因をコントロールすることが重要であると考えられたので、ここではサーカディアン(概日)リズムと性周期を合わせたうえで検討した。

すでに広く本邦でも行われているように、一般成人女性が定期的な運動を実施する目的の1つは、運動でのエネルギー消費によるウェイトコントロールであろう。そのためには通常、運動実施に加えて食事のカロリー摂取制限が同時になされている場合が多いと予想される。しかし基礎代謝・安静時代謝に関する先行研究²⁾によれば、食事制限は基礎代謝の低下を招くといわれており、運動による余剰エネルギー消費、とくにEPOCに影響する可能性が極めて高い。そこで、実験1で一般成人女性を対象とした際のEPOCの出現の有無をまず確認した後に、実験2として本研究の主目的であるEPOCに対するカロリー摂取制限の影響について検討を行った。すなわち、減量を目的とした成人女性が通常、運動とあわせて行っているような一般的な食事のカロリー摂取制限といった操作が、果たしてEPOCに対してどういった影響を持つものなのかを、性周期の影響も含めて検討することとした。

1. 方法

1. 1 被験者

実験1の被験者は、継続的な運動習慣のない若い健康な成人女性6名であった。その年齢・身長・体重・体脂肪率は、それぞれ 22.5 ± 2.3 (歳), 158.2 ± 3.5 (cm), 50.3 ± 7.7 (kg), 23.3 ± 6.4 (%)であった (平均 \pm S.D.表示)。

実験2の被験者は、同様に継続的な運動習慣のない、実験1とは別の若い健康な成人女性4名であった。その年齢・身長・体重・体脂肪率は、それぞれ 21.8 ± 0.5 (歳), 156.8 ± 3.4 (cm), 50.3 ± 6.6 (kg), 26.8 ± 4.7 (%)であった。すべての被験者に対して循環器を中心とした健康診断を行ったうえで、実験の目的・内容、およびそれに伴うリスク等について十分に説明し、実験参加同意書を得た。なお両実験の被験者共に、月経異常、心臓疾患、重度の貧血の疑いのない女性であった。

1. 2 ランプ負荷運動テスト

被験者に対してまず、自転車エルゴメータ (コンビ社製 RS232c-XL) を用いたランプ負荷運動テストを行い、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ の値を測定した。そのプロトコールは、自転車で2分間の安静の後、4分間の20 W の運動強度 (WR) でウォーミングアップ運動を行い、その後10 W/min のペースで漸増するランプ負荷であった。運動テスト中は、breath-by-breath モードでガス交換諸量と心拍数を、エアロモニタ (ミナト社製) によって測定した。この測定によって、 \dot{V}_{O_2} - WR の直線関係を示す回帰式を算出し、本実験で用いる運動の強度を決定した。なお、結果として得られた $\dot{V}_{O_{2max}}$ ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ 表示) は、実験1の被験者では 32.1 ± 2.8 、実験2の被験者では 31.8 ± 1.8 であっ

た。

1. 3 実験1

一般成人女性で EPOC が認められるか否かをみる目的の実験1では、先行研究¹⁾の結果を考慮して、運動の条件としては70% of $\dot{V}_{O_{2max}}$ の運動強度で60分間の継続時間を選択した。運動強度の値は、結果として 101 ± 20 W であった。各被験者で実験は2日行われ、少なくともその間は3日以上空けるように設定した。その2日とは、1日は運動を実施する日 (運動日)、もう1日は運動を行わない日 (非運動日) である。性周期の影響を避けるために全実験日は各被験者の黄体期に合わせるように考慮した。サーカディアンリズムの影響を避けるために、運動は朝9時前後から1時間実施した。さらに食事の内容の影響を避けるために、実験前日は午後8時までに夕食を摂り実験日の朝食まで絶食するように指示し、また実験日の朝食ならびに昼食はコントロールされた食事 (総カロリー: 1140 kcal) を提供し、測定終了時まで間食は制限された。朝食は運動開始前1時間までに摂るように、昼食はおおよそ運動終了1時間半後に摂るように設定した (図1)。

EPOC 算出のための安静時のガス交換諸量の測定は、気温25°Cに制御された測定室内で、エアロモニタによりすべて簡易ベット上の仰臥位安静状態で行われた。測定は基本的に1時間ごとに10分間行われ、運動終了後7時間目までなされた (図1)。被験者にはベット上で眠らずに覚醒状態を保つように指示した。各測定間隔で被験者は基本的に椅座位での安静を保ち、フロア間の移動はす

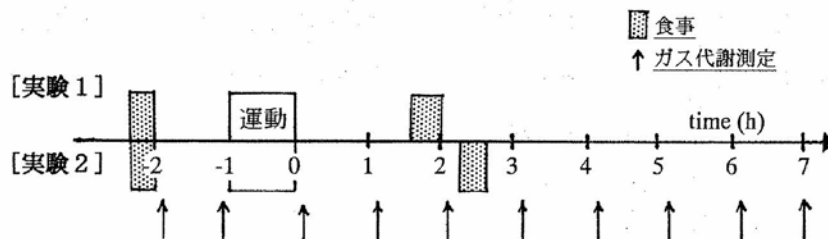


図1 実験のプロトコール

べてエレベータを使用するといったように身体活動は極力制限された。各測定時毎にエアロモニタは基準ガスで校正された。

1. 4 実験 2

実験 2 も基本的なプロトコールは実験 1 に準拠した。すなわち、運動は 70 % of $\dot{V}_{O_{2max}}$ の強度 (90±13 W) で 60 分間とし、実験日の朝 9 時頃より行った。EPOC 算出のためのガス代謝の測定は、1 時間ごとに 10 分間ずつ、運動終了後 7 時間目まで行われた。ただし昼食は運動後おおよそ 2 時間半後に摂るように設定された。各被験者での実験回数は、延べ 8 回で、その条件は、運動の有無 (運動日と非運動日)、性周期 (黄体期と卵胞期)、カロリー摂取制限の有無 (基準食と制限食) の各組み合わせから設定されたものである。後述の実験前日の食事提供を含めると、各被験者は延べ 16 日間にわたって実験のために拘束された。

各被験者は、実験開始の約 2 カ月前より、毎朝の基礎体温の測定・記録を行い、正確な性周期を同定した後に、黄体期・卵胞期の実験日が設定された。食事は、実験日の前日の 3 食と実験当日の 2 食 (昼食まで) はすべて用意した。基準食は PFC 比を考慮したうえで、一日の総カロリー量が 1600 kcal (日本人の栄養所要量：生活強度 1、軽い、20 歳女性に準拠) になるように設定して献立を作成した。カロリー制限のモデルとしての制限食は、基準食の分量をすべて半量としたもの (すなわち 800 kcal) とした。実験前日・実験当日の 2 日間は間食等はすべて禁じ、水とお茶の水分摂取のみを認めた。

1. 5 解析

EPOC は、運動日の運動終了後の \dot{V}_{O_2} と、対応する非運動日の一時間ごとに測定された \dot{V}_{O_2} の差を時間積分することで算出された。なお、1 時間おきの測定値であるのでその間は時間で直線補間したうえで計算に用いられた (図 4 を参照)。データの要約は、平均±S.D. として表示した。実験

2 のデータについては、性周期条件、カロリー制限条件を 2 要因とする二元配置分散分析や、それに運動日・非運動日の要因を加えた 3 要因での三元配置分散分析によって統計的な検討を行った。統計的な有意水準は 5 % とした。なお統計解析には SPSS for Windows を用いた。

2. 結果

2. 1 実験 1

運動日と非運動日の運動後回復期 7 時間の \dot{V}_{O_2} の経時変化を 6 名の被験者の平均として図 2 に示

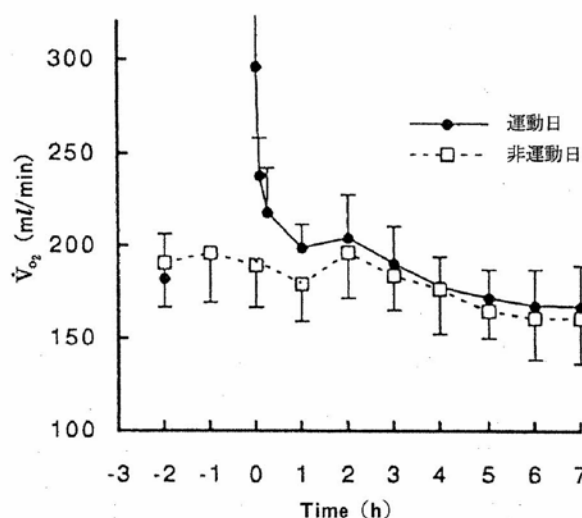


図 2 運動日と非運動日での EPOC 測定中 (運動後回復期 7 時間、時刻 0 が運動終了時点) の \dot{V}_{O_2} の経時変化 (実験 1 での 6 名の平均的变化)

した。運動日・非運動日での運動前の \dot{V}_{O_2} は、それぞれ 183±25, 187±26 (ml/min) で有意差は認められなかった。70 % of $\dot{V}_{O_{2max}}$ の運動負荷を 60 分間課した際の運動後回復期の \dot{V}_{O_2} は、非運動日と比較して、数時間にわたって高い値を示していることがわかった。その継続時間は、平均でおよそ 4 時間後まで続くものであった。各被験者での EPOC の平均値は、4 時間目まででは 3920±1870 (ml), 測定終了時点である 7 時間目まででは 4990±3110 (ml) であった。

運動後回復期での心拍数 (HR) と呼吸交換比 (RER) の経時変化を図 3 に示した。運動日はそ

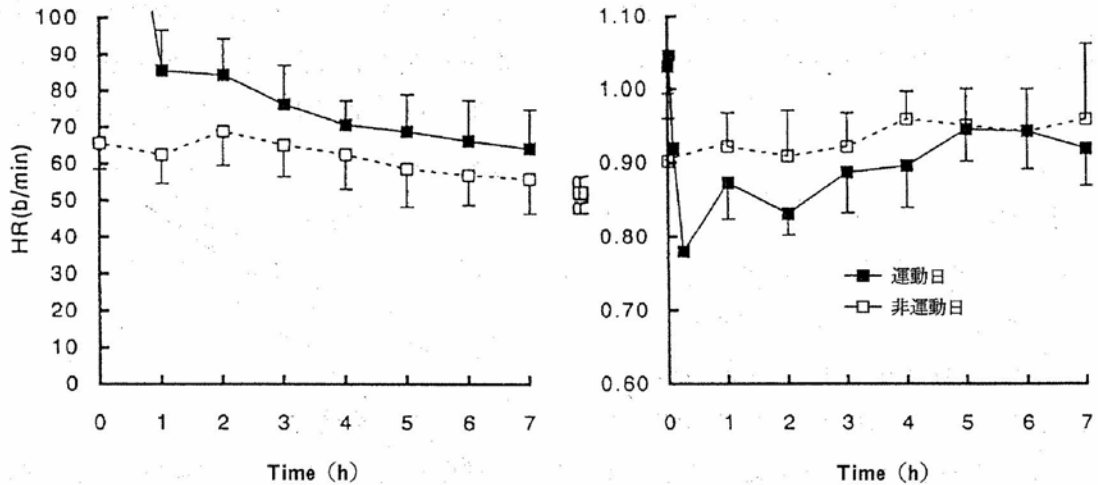


図3 運動日と非運動日でのEPOC測定中(運動後回復期7時間)の心拍数(HR:左)と呼吸交換比(RER:右)の経時的変化(実験1での6名の平均的变化)

の回復7時間目でさえ、非運動日と比較して高い心拍数水準を示していた。運動後のRERは、非運動日と比較して低い傾向にあった。とくに運動直後が低く、徐々に非運動日の水準へ漸近していくことが認められた。

2. 2 実験2

朝食後の運動前 \dot{V}_{O_2} は、性周期別(黄体期・卵胞期)、カロリー摂取制限の有無別(基準食・制限食)、運動日と非運動日の別をそれぞれ3要因とした分散分析の結果、いずれの要因にも有意な影響は認められなかった(運動日: 183 ± 20 , 非運動日: 182 ± 17 ml/min)。性周期別(黄体期・卵胞期)、カロリー摂取制限の有無別(基準食・制限食)での運動日と非運動日の運動後回復期の15分目から7時間目までの \dot{V}_{O_2} の経時変化の一例について図4に示した。われわれの注目している数時間に及ぶEPOCが、実験1の結果と同様にほぼすべての条件で認められた。

実験2では、回復期15分までをEPOCの速い部分(従来の酸素負債に相当する部分)としてfast EPOC、15分から昼食前である2時間目までの成分をslow EPOC、2時間目以降で測定終了時点までの成分をultra-slow EPOCと定義して、それぞれのEPOCを算出した。また全成分の総計をEPOCの総量とした。図5に4名で平

均されたEPOCの各成分ならびに総量を示した。

EPOCの各成分と総量に対して、性周期別とカロリー摂取条件別を2要因とする分散分析を行った結果、EPOC総量に対してはカロリー摂取条件の影響のみが認められ、これはslowとultra-slowの両成分でも認められた。すなわち、カロリー制限を行った条件(制限食摂取条件)では、基準食摂取条件と比較して、EPOC総量は有意に小さく、それは主に運動後回復期15分目以降の成分(すなわちslowとultra-slow EPOC)の違いに起因したものであった(基準食条件: 1636 ± 311 (fast), 2755 ± 964 (slow), 4182 ± 3493 (ultra-slow), 8573 ± 3997 (総量), 制限食条件: 1729 ± 374 (fast), 1535 ± 1006 (slow), 1104 ± 722 (ultra-slow), 4369 ± 1566 (総量), ml表示)。性周期の違いはEPOCいずれの成分に対しても影響を与えていなかった。

カロリー制限の要因がEPOCに対して影響をもつ要因であることがわかったため、その観点からさらにRERを検討してみた。非運動日で一時間ごとに測定されたRERの平均水準には、性周期による影響は認められなかったが、カロリー摂取条件の違いでは影響が認められ、基準食: 0.912 ± 0.051 であったのに対して、制限食: 0.792 ± 0.027 と有意に低かった。

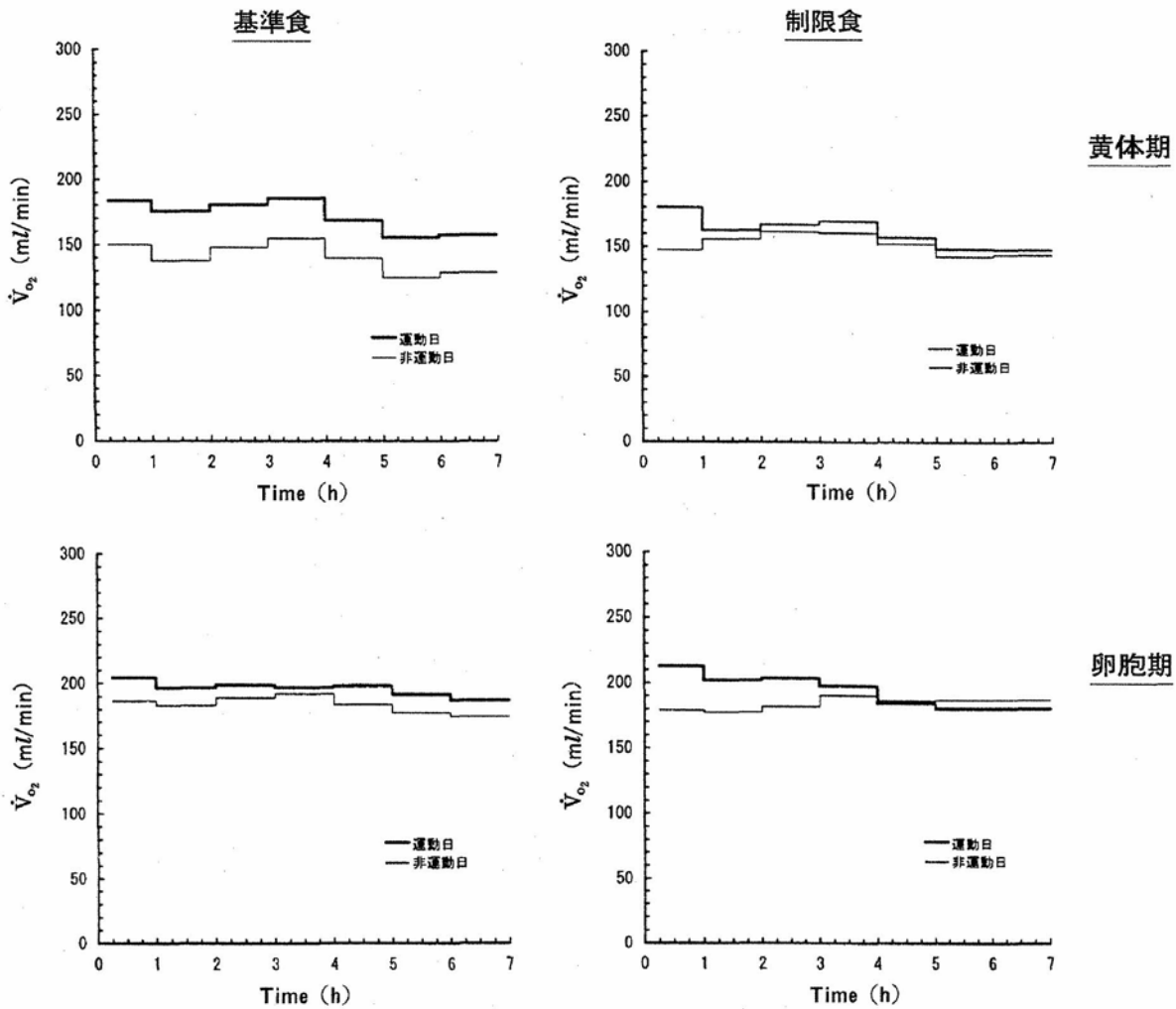


図4 カロリー摂取制限の有無別（基準食・制限食）と性周期別（黄体期・卵胞期）に設定された条件下での運動日と非運動日での EPOC 測定中（運動後回復期7時間）の \dot{V}_{O_2} の経時的変化（実験2での1名の被験者の例）

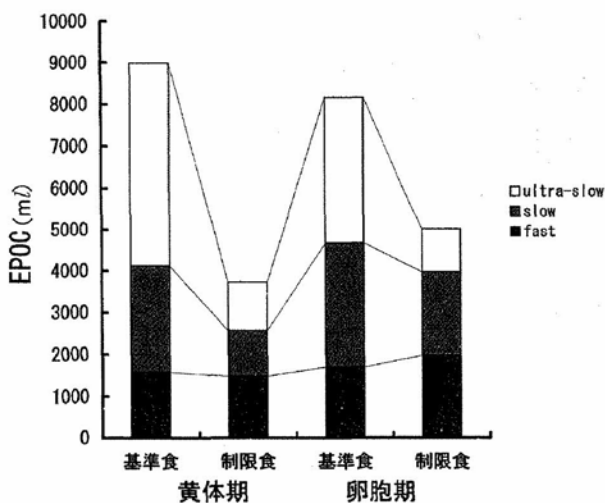


図5 カロリー摂取制限の有無別（基準食・制限食）と性周期別（黄体期・卵胞期）に設定された条件下での EPOC 総量とその内訳 [実験2での4名の被験者の平均値]

3. 考 察

運動実施後の酸素摂取量 (\dot{V}_{O_2}) は、従来その成因の仮説から提案された用語、「酸素負債 (O_2 debt)」として、すでに古くから認識されている⁷⁾。すなわち、運動初期の酸素不足 (O_2 deficit) を運動終了後に返却するという考え方に基づいたもので、主に phosphagen や O_2 貯蔵の再充填のための速い 'alactic' 成分と、乳酸の消長に起因するゆっくりとした 'lactic' 成分の和として、酸素負債は捉えられてきた。しかしその継続は、数十分程度までのことを想定した議論であった。その後、運動後の \dot{V}_{O_2} 亢進の成因に関する検

討が進むにつれて、酸素負債の成因はそれほど単純なものではなく、むしろその複雑な成因に関する議論を円滑に進めるために、「運動後回復期余剰酸素摂取量 (EPOC)」と呼ぶべきであると提案され、今日では広く使用されるようになりつつある (たとえば Gaesser and Brooks の総説³⁾ を参照)。

すでに述べたように、EPOCに関する議論は主に運動後数十分以内程度の回復期に認められる余剰 \dot{V}_{O_2} を中心に考えられてきていたが、1980年代になって、運動後数時間以上にもわたって継続する EPOC が報告され始めた^{5, 6)}。こういった運動後の長期にわたって持続する EPOC は、従来の酸素負債と同様な比較的短時間内の EPOC と区別するために、'prolonged' な EPOC とか 'ultra-slow' な EPOC とかよばれ始めている。その成因に関しては、いくつかの候補があげられているが、現在でもはっきりとはしていない¹⁾。

いずれにしても、体重減少・エネルギー消費の拡大等の目的で日常の身体運動を行っている個人にとっては、運動自体で消費するエネルギー量に加えて、運動後の数時間も続く代謝亢進によるエネルギー消費があるとすれば、それは極めて重要な点であろう。すなわち、運動処方を行ううえで、いかに EPOC を最大限に引き出すような運動を与えるかという観点もまた重要になってくることを意味する。

今日まで、prolonged EPOC の出現に関する運動の様式、強度、持続時間の影響に関しては、いくつかの報告がなされてきており^{4, 9)}、強度が重要で、少なくとも % of $\dot{V}_{O_{2max}}$ 表示で、50~60% 以上の強度が必要であるといわれている。また運動継続時間はいくらかの異論はあるものの、基本的にはその継続時間に比例するようである。しかし、Bahr¹⁾ がまとめているように、それぞれの実験には、差し引く側の非運動日の測定がある／ない、被験者の選択、また測定継続時間の違い

やその間の食事も含めた被験者のコントロールといった問題が混在している。

そういった問題点を考慮したうえで女性を対象として行われた研究は、われわれの知りうる限り、よくトレーニングされた被験者を対象としたもののみで⁸⁾、少なくとも sedentary な本邦の成人女性に関しては、数時間にも及ぶような EPOC が出現するものか否かについてさえも、未だにはっきりとした結果をえていないのが現状である。そこでわれわれはまず、実験 1 として、特別な運動習慣をもたない一般的な若い成人女性 6 名を対象として、先行研究¹⁾ の運動負荷条件を参考にして、70% of $\dot{V}_{O_{2max}}$ の運動強度で 1 時間の自転車エルゴメータ運動を行い、その後 7 時間の \dot{V}_{O_2} を 1 時間ごとに測定した。その結果、非運動日の \dot{V}_{O_2} に比較すると、運動後回復期のおおよそ 4 時間目くらいまで余剰な \dot{V}_{O_2} 亢進が観察され、その差し引き分である EPOC の平均的な量は \dot{V}_{O_2} 表示で約 4~5 l で、これはおよそ 20~25kcal に相当した。すなわち、日本人の若い、とくに継続的な運動習慣をもたない成人女性でも、数時間に及ぶ EPOC が出現することが確認された。本実験で課したような運動では、その後の数時間にわたって RER の持続的な低下が認められ、脂質代謝への依存が相対的に大きくなっていった。このことも運動に付随する効果といった点では、意味のあることと考えられる。

そこで本研究の主要な目的である、EPOC に及ぼすカロリー摂取制限の影響に関する検討を実験 2 として行った。女性を対象としているので性周期の問題も無視できない。事実、いくつかの先行研究^{10, 11)} によれば、終日 24 時間のエネルギー代謝量は、卵胞期で低く、黄体期で高くなりその程度は平均で 10% にも及ぶといわれている。すなわち、基礎代謝や安静時代代謝に及ぼす女性の性周期も無視できない交絡要因であるので、その点もあわせて検討した。

その結果として、実験1と同様なEPOCが認められた。そこでEPOCに及ぼすとわれわれが想定した2つの要因の影響を解析してみたところ、運動後回復初期の部分(15分目まで)を除いた、いわゆる prolonged なEPOCに、カロリー摂取制限の影響が認められた。すなわち、EPOCの総量は基準食の場合に比して、カロリーを半分に制限した食事を前日から摂取した場合には有意に低下し、それは主に非運動日の \dot{V}_{O_2} 水準に漸近していく数時間に及ぶ部分に起因したものであった。そのメカニズムについては現在のところ明らかではない。

カロリー制限に伴う安静時代謝の減少が最近では報告されている²⁾。しかしRERを観察するとカロリー制限食の方が有意に低く、脂質代謝への依存が大きくなっていることがうかがわれる。同一のATP回転に対しては脂質の方が効率(P:O ratio)が悪いので、むしろ \dot{V}_{O_2} は上昇する方向に動くものと予測されたが、運動負荷前の \dot{V}_{O_2} レベルには有意な差は認められなかった(基準食: 180 ± 16 , 制限食: 184 ± 20 ml/min)。本研究の結果の解釈、すなわちそのメカニズムの解明には、さらに次なる研究が必要である。

いずれにしてもこの実験2の結果は、実際の健康志向の運動処方と食事摂取制限といった今日的な課題に示唆を与えるものであると考えられる。すなわち、カロリー摂取を本研究のような前日と当日といった急性に制限した条件下でさえ、運動後数時間にわたって観察される余剰 \dot{V}_{O_2} が有意に減少する。

4. まとめ

われわれは実験1として、まず sedentary な日本人の若い成人女性でEPOCがあるものか否かを検討した。結果として、運動終了後4時間目まで有意な余剰 \dot{V}_{O_2} が認められ、EPOCの総量はおよそ4~5lであった。次に実験2として、性周期

を合わせたうえで、EPOCに及ぼすカロリー制限の影響を検討した。実験は、性周期別(黄体期・卵胞期)、カロリー摂取制限別(基準食・制限食)の各条件下で行われた。食事は実験前日から2日間、基準食(1600 kcal/day)と制限食(800 kcal/day)に設定された。結果として、EPOCはカロリー摂取制限の有無によって有意な影響を受けることがわかった。すなわち、制限食条件下でのEPOCは基準食でのものと比較して有意に減少した。これらの結果から、sedentary な日本人の若い成人女性でも、70% of $\dot{V}_{O_{2max}}$ 程度の運動強度で、1時間といった比較的長時間にわたって継続された運動後では、意味あるEPOCが数時間にわたって認められるが、それは急性のカロリー摂取制限で有意に減少させられるということがわかった。

謝 辞

本研究を行うに当たっては、広島女子大学の川島順子、村上晴香、矢野裕子諸氏から多大なる協力を賜り、とくに矢野裕子氏には本稿をまとめる際におおいに手を煩わせた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Bahr, R.; Excess postexercise oxygen consumption-magnitude, mechanisms and practical implications, *Acta. Physiol. Scand.*, **144** (suppl.605), 3-70 (1992)
- 2) Ballor, DL., Poehlman, ET., A meta-analysis of the effects of exercise and/or dietary restriction on resting metabolic rate, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **71**, 535-542 (1995)
- 3) Gaesser, GA., Brooks, GA.; Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **16**, 29-43 (1984)
- 4) Gore, CJ., Withers, RT.; The effect of exercise intensity and duration on the oxygen

- deficit and excess post-exercise oxygen consumption, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **60**, 169-174 (1990)
- 5) Hermansen, L., Grandmontagne, S., Moehlum, S., Ingnes, I. ; Postexercise elevation of resting oxygen uptake: possible mechanisms and physiological significance, *In: Medicine and Sports Sciences*, vol.17, p p.119-129 (1984)
- 6) Maehlum, S., Grandmontagne, M., Newsholme, E., Sejersted, OM. ; Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subjects, *Metabolism*, **35**, 425-429 (1986)
- 7) Margaria, R. ; Biomechanics and energetics of muscular exercise, Oxford University Press, New York (1975)
- 8) Quinn, T., Vroman, NB., Kertzer, R. ; Post-exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **26**, 908-913 (1994)
- 9) Sedlock, DA., Fissinger, JA., Melby, CL. ; Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure, *Med. Sci. Sports Exerc.* ; **21**, 662-666 (1989)
- 10) Solomon, SJ., Kurzer, MS., Calloway, DH. ; Menstrual cycle and basal metabolic rate in women, *Am. J. Clin. Nutr.* ; **36**, 611-616 (1982)
- 11) Webb, P. ; 24-hour energy expenditure and the menstrual cycle, *Am. J. Clin. Nutr.* ; **44**, 614-619 (1986)