

短時間複数回の定常運動による脂質代謝の亢進

森田 憲輝¹ 藤井 慎¹ 中島 寿宏² 沖田 孝一³

Enhancement of fat metabolism by short repeated bouts of moderate exercise

Noriteru Morita¹, Makoto Fujii¹, Toshihiro Nakajima², Koichi Okita³

Abstract

Aerobic exercise leads to enhance fat utilization. The minimum duration of exercise-induced fat utilization is thought to be a 20-min continuous exercise. It is increasingly recognized that repeated bouts of exercise is effective way to enhance exercise-induced fat oxidation. However, the minimum duration of repeated bouts of exercise remains unclear. The purpose of this study was to compare the fat utilization between 'two repeated bouts of 10-min exercise' and 'a single bout of 20-min exercise' of the same intensity (55% maximal oxygen uptake) and total exercise duration (20 min). Seven healthy men participated in two trials: (1) a single 20-min bout of cycle exercise (Single), (2) two 10-min bouts of cycle exercise, separated by a 10-min rest (Repeated). Each exercise was performed with a cycle ergometer at 55% maximal oxygen uptake, followed by 60-min rest recovery. No significant difference was observed in the responses of oxygen uptake levels and the rating of perceived exertion during the cycle exercises. However, the values of respiratory exchange ratio during exercise and 60-min rest recovery were significantly lower in the Repeated trial than in the Single trial ($p < 0.05$). Total fat utilization during the 60-min rest recovery was greater in the Repeated trial than in the Single trial ($p < 0.05$). These results suggest that the two 10-min bouts of moderate exercise could lead to greater exercise-induced fat utilization compared with a single 20-min bout of continuous exercise.

Key words : multiple bouts of exercise, lipolysis, aerobic exercise

I. 緒 言

有酸素運動は肥満や糖尿病、高血圧などの生活習慣病やメタボリックシンドロームの予防・改善に有用である (Stewart et al., 2005; Nishijima et al., 2007; Kodama et al., 2009). 有酸素運動を実施する際、健康な成人では1日に30分以上の中強度運動を週3~5回行うことが推奨されている (Pate et al., 1995; American College of Sports Medicine [ACSM], 2011). しかし、体力レベルや運動への志向性は個人によって異なり、健康な成人で

あっても運動習慣の無い者や運動に苦手意識を持つ者ではそれだけの運動を実施すること自体にストレスを感じる者も少なくない. この実態を踏まえ、2006年に日本で策定された「健康作りのための運動基準2006」および「健康づくりのための運動指針2006」では、諸々の身体活動(生活活動)と運動を併せた活動量によって1週間の推奨身体活動量を提示している(厚生労働省, 2006). また、上述のACSMの運動ガイドラインも1日の推奨時間を30分以上としているが、その運動時間は1回10分以上であれば細切れにしても問題ないという記述に変遷してき

1. 北海道教育大学岩見沢校スポーツ教育課程
〒068-8642 岩見沢市緑が丘 2-34-1
2. 北海道工業大学空間創造学部
〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1
3. 北翔大学大学院生涯学習学研究科
〒069-8511 江別市文京台23

著者連絡先 森田 憲輝
morita.noriteru@i.hokkyodai.ac.jp

1. Hokkaido University of Education Iwamizawa
2-34-1 Midorigaoka, Iwamizawa 068-8642
2. Hokkaido Institute of Technology
4-1, Maeda 7-jo 15-chome, Teine-ku, Sapporo 006-8585
3. Graduate School of Program in Lifelong Learning Studies, Hokusho University
23 Bunkyo-dai, Ebetsu 069-8511

ている。このように現在では一定時間の持続した運動だけでなく、細切れ、つまり短時間複数回の運動や身体活動による健康づくりの効果が重要視されてきている。

これまでの複数回反復する運動（分割運動）に関する研究においては、運動アドヒアランス（adherence）、体重や体脂肪、血圧そして脂質代謝に関して報告がなされている（Jakicic et al., 1995; Murphy and Hardman, 1998; Coleman et al., 1999; Jakicic et al., 1999; Asikainen et al., 2002a, 2002b; Goto et al., 2007; Goto et al., 2011）。脂質代謝への影響において、Goto et al. (2007, 2011) が持続運動と分割運動での脂質代謝応答の違いを検討し、分割運動を実施した後は単回の持続運動を実施するよりも脂質代謝が有意に亢進していることを報告した。しかしながら、これらの研究で用いられた分割運動プロトコルの総運動時間は、いずれもACSMの運動ガイドラインに従い30分間を超えて設定されている。一方で、ACSMの運動ガイドラインにおいては体力レベルの低い者では、ガイドラインで提示される身体活動量（運動量）以下の運動処方であっても効果が望めるとされ（ACSM, 2011）、実際に運動習慣のない中高齢者における生活習慣病の予防・改善のための運動介入試験初期の運動時間は20分に設定されている（Nishijima et al., 2007）。また、運動による脂質代謝の活性化はおおよそ20分を経過し顕著になる（Goto et al., 2007; フォックス, 1999）ことから、30分より短時間の総運動時間における分割運動の効果についても検討する必要性はあるといえる。

そこで本研究では、総運動時間を20分間とし、中強度の自転車運動を単回で実施する持続運動条件と、10分間の自転車運動を2回とその間に10分間の休息を挟んだ分割運動条件について、運動中及び運動後の脂質代謝を比較することを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は運動部に所属している男子大学生7名を対象とした。被験者の身体特性はTable 1に示した。表中の体組成は体組成計（タニタ社製、BC-I18E）によって測定した体重、体脂肪率である。実験に先立ち、全被験者に本研究の主旨および目的、安全配慮について十分な説明を行い、被験者はすべてを理解したうえで参加同意書に署名した。

2. 実験の概要

分割運動および持続運動実験に先立ち、自転車エルゴメーター（COMBI社製、AEROBIKE 75XL）を用いた症候限界性の漸増負荷運動試験により最高酸素摂取量（peak oxygen uptake, $\dot{V}O_{2peak}$ ）と最大作業負荷（W）を測定した。負荷の増加割合は1分間当たり25Wとした。最大作業負荷を基に定常運動実験中の負荷を設定した。

Table 1. Physical and Physiological characteristics.

Variables	N=7
Age, yr	19.6 ± 0.8
Height, cm	167.3 ± 3.5
Weight, kg	68.8 ± 6.2
Body fat, %	18.0 ± 5.3
BMI, kg/m ²	24.6 ± 2.4
$\dot{V}O_{2peak}$, mL/kg/min	49.0 ± 8.5
Peak watts, watt	271.4 ± 23.4

Mean ± SD. BMI, body mass index; $\dot{V}O_{2peak}$, peak oxygen uptake.

持続運動条件と分割運動条件は順不同で実施し、各定常運動条件の実施には6日間以上の間隔を設定した。各運動条件の実施時間帯は同様になるように、つまり午前中に初回の運動条件を実施した場合2回目の測定も午前中の同一時間帯に設定し、午後には運動実験を実施したものは両条件とも午後の同一時間帯で測定を実施した。初回の定常運動実験の前日3食と当日の朝食内容を被験者自身に記録してもらった。記載後の記録用紙を複写し、一方を被験者に返却し、他方を検者が保管した。それに基づき2回目の運動実験の前日に再度食事内容について被験者へフィードバックし、両日の食事内容が可能な限り同様になるよう指示した。なお、運動開始時間が午前中の場合は実験当日の朝食を欠食するよう指示し、開始時間が午後の場合は2時間以上前に食事を済ませるよう指示した。さらに、運動前日から運動終了まで、激しい運動や飲酒を行わないことも指示した。

3. 運動実験プロトコル

各運動実験のプロトコルを図1に示した。運動強度は最大作業負荷の40%とし、被験者は20分間の持続的な自転車運動（持続運動条件）、もしくは10分間の自転車運動を2度、その運動間に10分間の休息を挟む分割運動条件を行った。最大作業負荷の40%としたのは、先行研究（Goto et al., 2007）が60% $\dot{V}O_{2peak}$ で実施しており、本研究もそれと同等の強度とすべく、予備実験での検討からランプ負荷で得られた最大運動時の40%強度での定常運動は50-55% $\dot{V}O_{2peak}$ になることを確認していたためである。各運動条件においては安静開始時から回復期終了まで呼気ガスを採取した。また、運動中は5分毎に自

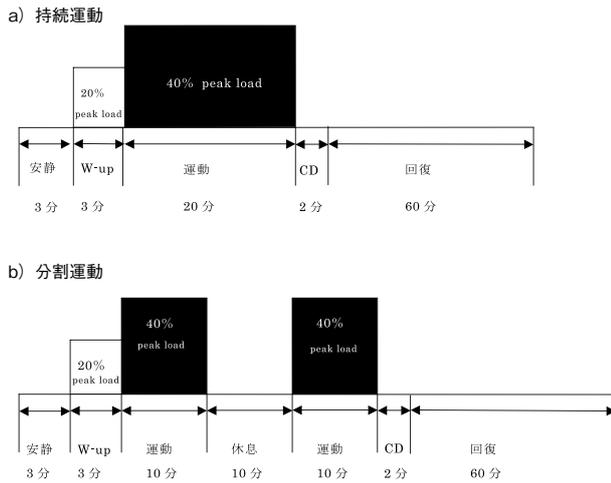


Fig. 1. 運動プロトコルの模式図. a. 持続運動条件の測定プロトコル. b. 分割運動条件の測定プロトコル. W-up, ウォームアップ; CD, クールダウン&リカバリー.

覚的運動強度 (Ratings of perceived exertion, RPE) を聴取した. 自転車エルゴメーターは最大負荷運動で用いたものと同一のものをを用いた. 両条件での自転車エルゴメーターのサドルの高さを統一し, 靴とペダルは粘着テープを用いて固定した. 着座後, 被験者は呼気ガス分析用のガスマスク, 血圧計および心拍計 (POLAR社製, S810i) を装着した. 自転車エルゴメーター上で3分間の安静状態を保持した後, ウォーミングアップ (W-up) として各被験者の最大負荷の20%で3分間自転車運動を行った後に, 60rpmで各運動プロトコルに沿った自転車運動を行った. 運動終了後は, エルゴメーターで設定できる最小負荷で2分間のリカバリー運動を行った. リカバリー運動終了後60分間の回復期は椅座位で安静を保持した. 各運動実験は同一の実験室で実施した (分割運動条件, $23.8 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$; 持続運動条件, $22.9 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$).

4. 呼気ガス分析

呼気ガス分析は自動呼気ガス分析装置 (ミナト医科学社製, AE-300S) を用いて行った. 安静時から60分間の回復期が終了するまで breath-by-breath 法で測定した. 酸素摂取量 (oxygen uptake, $\dot{V}\text{O}_2$), 二酸化炭素排出量 (output of carbon dioxide, $\dot{V}\text{CO}_2$), 呼吸交換比 (respiratory exchange ratio, RER) を測定・評価した. いずれの項目も30秒間の平均値を用いた. 糖質および脂質酸化量は, $\dot{V}\text{O}_2$ と $\dot{V}\text{CO}_2$ から以下の式によって推定した (Janyacharoen et al., 2009).

$$\text{Fat oxidation}(\text{mg}/\text{min}) = 1.695 \times \dot{V}\text{O}_2(\text{ml}/\text{min}) - 1.701 \times \dot{V}\text{CO}_2(\text{ml}/\text{min})$$

$$\text{CHO oxidation}(\text{mg}/\text{min}) = 4.585 \times \dot{V}\text{CO}_2(\text{ml}/\text{min}) - 3.226 \times \dot{V}\text{O}_2(\text{ml}/\text{min})$$

得られた糖質および脂質酸化量を体重で除して, 体格の影響を除外した値を分析に用いた. また, 脂質 (9 kcal/1g fat) および糖質酸化量 (4 kcal/1g glucose) からエネルギー消費量を推定し, それらから脂質依存

比 (Fat oxidation, %) を算出した. 運動開始10分目 (6-10min@Ex), 運動20分目 (16-20min@Ex), 休息期 (Rest), 回復期15分目 (15min@Recv), 回復期30分目 (30min@Recv), 回復期45分目 (45min@Recv), 回復期60分目 (60min@Recv) の各時点のデータは, 各時点の直前5分間の平均値を算出し, 用いた.

5. 統計処理

データは, 全て平均値 \pm 標準偏差 (mean \pm SD) で表した. 各条件間の違いについては, 2要因 (対応あり \times 対応あり) の分散分析 (ANOVA; 時間 \times 運動条件) によって検定した. 運動中データも分析に用いたが, 時間経過によるデータの変動については解析結果には含めず, 運動条件間の比較 (主効果) と交互作用にのみ着目した. なお, 分割運動条件の休息期データについては「対応あり」条件としなければならないため除外して分析した. 回復期の総脂質酸化量の比較において対応のある t 検定を用いた. いずれの分析にも Dr. SPSS II for Windows (SPSS社製) を用い, 危険率は5%未満を有意とした.

III. 結果

1. 運動強度

持続運動条件と分割運動条件での $\dot{V}\text{O}_2$ の変化を図2に示した. 分割運動条件 ($54.4 \pm 9.1\%$ $\dot{V}\text{O}_{2\text{peak}}$, 運動20分目) と持続運動条件 ($50.4 \pm 5.4\%$ $\dot{V}\text{O}_{2\text{peak}}$, 運動20分目) の間に有意な差は認められなかった. 運動中の RPE の最高値は, 持続運動条件 (11.1 ± 1.5) と分割運動条件 (11.0 ± 2.1) で, 条件間に違いは認められなかった (図3).

運動中および回復期終了までの RER の変化を図4に示した. RER においては持続運動条件と分割運動条件との間に主効果, つまり条件間に有意差が認められた ($p = 0.021$). しかしながら, 両条件間に交互作用 (RER 動態の違い) は認められなかった. 運動終了直後から回復期45分までの間は統計学的に有意でないものの分割運動

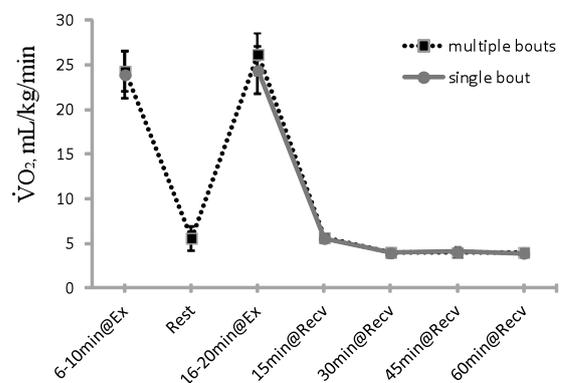


Fig. 2. $\dot{V}\text{O}_2$ (mL/min/kg) の変化. multiple bouts, 分割運動条件; Single bout, 持続運動条件: 6-10min@Ex, 運動開始10分目; 16-20min@Ex, 運動20分目; Rest, 休息期; 15min@Recv, 回復期15分目; 30min@Recv, 回復期30分目; 45min@Recv, 回復期45分目; 60min@Recv, 回復期60分目.

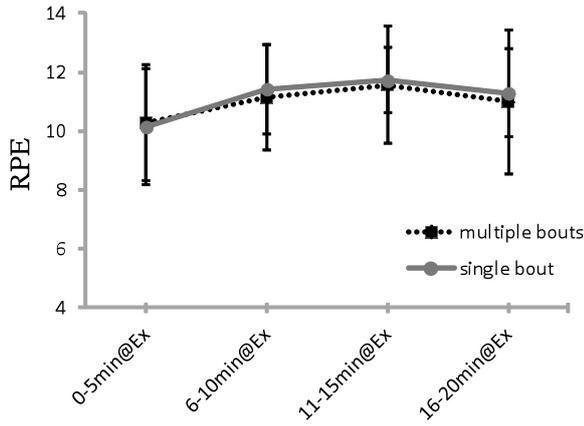


Fig. 3. RPEの変化. multiple bouts, 分割運動条件; Single bout, 持続運動条件; 0-5min@Ex, 運動開始5分目; 6-10min@Ex, 運動開始10分目; 11-15min@Ex, 運動開始15分目; 16-20min@Ex, 運動20分目.

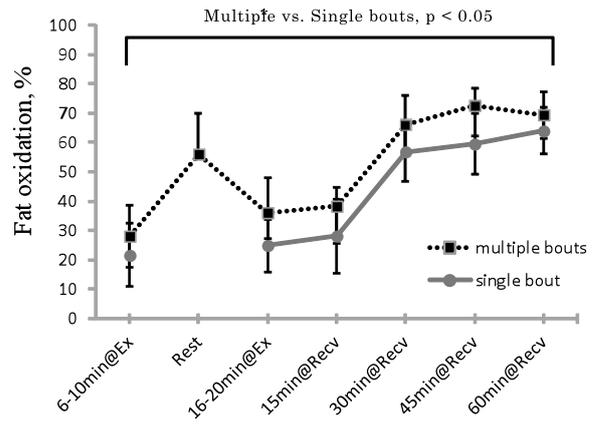


Fig. 5. 運動中および回復期の脂質依存比の変化. multiple bouts, 分割運動条件; Single bout, 持続運動条件; 6-10min@Ex, 運動開始10分目; 16-20min@Ex, 運動20分目; Rest, 休息期; 15min@Recv, 回復期15分目; 30min@Recv, 回復期30分目; 45min@Recv, 回復期45分目; 60min@Recv, 回復期60分目. $P < 0.05$, ANOVAによる分割運動条件 vs. 持続運動条件.

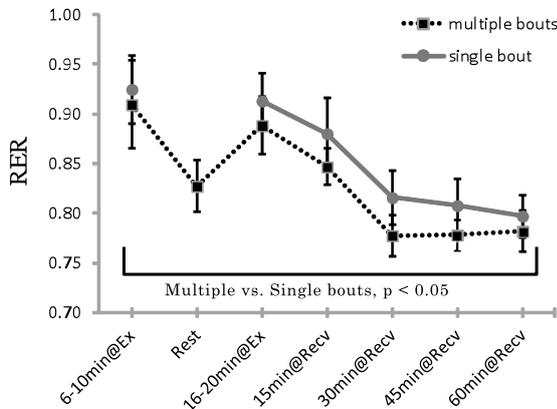


Fig. 4. 運動中および回復期のRERの変化. multiple bouts, 分割運動条件; Single bout, 持続運動条件; 6-10min@Ex, 運動開始10分目; 16-20min@Ex, 運動20分目; Rest, 休息期; 15min@Recv, 回復期15分目; 30min@Recv, 回復期30分目; 45min@Recv, 回復期45分目; 60min@Recv, 回復期60分目. $P < 0.05$, ANOVAによる分割運動条件 vs. 持続運動条件.

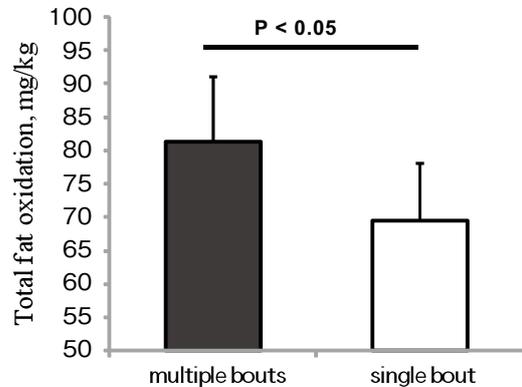


Fig. 6. 回復期60分間の総脂質酸化量. multiple bouts, 分割運動条件; Single bout, 持続運動条件. $P < 0.05$, t検定による分割運動条件 vs. 持続運動条件.

条件が持続運動条件よりも低値にあった。

2. 脂質代謝

図5に持続運動条件と分割運動条件における運動中から回復期60分間のエネルギー消費量に占める脂質依存比の変化を示した。運動中の脂質依存比には、持続運動条件と比較して分割運動条件の脂質依存比が有意に高いこと(主効果)が認められた($p = 0.029$)。しかしながら、脂質依存比における交互作用、つまり脂質依存比の動態における差は認められなかった。

持続運動条件と分割運動条件における回復期の総脂質酸化量を図6に示した。持続運動条件(69.4 ± 8.6 mg/kg)と比較して、分割運動条件(81.4 ± 9.6 mg/kg)がより多く脂質を酸化していた($p = 0.036$)。

IV. 考 察

本研究では、男子大学生を対象に、50-55% $\dot{V}O_{2peak}$ の総運動時間20分間の定常負荷運動を、単回

で実施する持続運動条件と10分間を2回実施する分割運動条件において運動中及び運動後60分間の回復期安静状態において脂質酸化を評価・比較した。その結果、持続運動条件と比較して分割運動条件において脂質酸化量および脂質依存比率の亢進が認められた。

1. 本研究の意義

これまでの運動分割法に関する研究は、いずれも総運動時間を30分間として実施されていた(Jakicic et al., 1995; Murphy and Hardman, 1998; Coleman et al., 1999; Jakicic et al., 1999; Asikainen et al., 2002a, 2002b; Goto et al., 2007; Goto et al., 2011)。この30分間という総運動時間はACSMの運動ガイドラインにおける健康な成人での中強度運動の1日当たりの下限時間にあたる(ACSM, 2008)。しかしながら、運動習慣のない低体力者においてはそれよりも短時間の設定で運動プログラムの処方なされる(ACSM, 2008; Nishijima et al., 2007)。本研究では、これまでの分割運動に関する研究より短時間の設定である総運動時間20分の分割運動プロ

グラムにおいても運動後の回復期における脂質代謝亢進効果がみられることを提示した。この結果は、低体力者や運動習慣のない者、特に糖尿病や肥満などの代謝異常症の患者やメタボリックシンドローム該当者における運動療法の初期において、これまでより負担の少ない運動プログラムとして分割運動を活用できる可能性を示す。

2. 脂質代謝亢進の生理学的機序

分割運動で脂質代謝が亢進する要因のひとつとして脂質代謝に作用するホルモンへの影響が考えられる。運動によって分泌量が変動し、かつ脂肪分解に作用するホルモンとしてエピネフリンがある。30分間もしくは60分間の定常運動を2回実施した先行研究では、2回目の運動時にエピネフリンがピーク値を示し、また、その値は持続運動でのエピネフリンのピーク値よりも高い水準に達していた (Goto et al., 2007; Stich et al., 2000)。本研究はそれらの先行研究に比較して1回の運動時間が10分間と短いものの、それらの先行研究において運動開始15分目の時点でもエピネフリンやノルエピネフリンの増加が観察されており、また10分間という短時間の運動実施時間ではあるものの分割運動条件の2回目の運動の際には20分間以上経過しているため、エピネフリンの増加が表れないとは考えにくい。本研究においても分割運動に関する先行研究同様に2回目の分割運動時には増強したエピネフリン分泌が生じ脂質代謝の亢進に作用したものと推測される。

分割運動のこれらの研究 (Goto et al., 2007; Stich et al., 2000) においては血中インスリンおよび血糖値も測定している。インスリンは脂質代謝において脂肪合成の促進に作用し、つまり脂肪分解に対する抑制作用を示すホルモンである。先行研究 (Goto et al., 2007; Stich et al., 2000) においては、分割運動の2回目の運動時には持続運動よりも大きなインスリンおよび血糖値の低下を観察している。これらの血液マーカーもエピネフリン同様に反応時間は短く、上述の先行研究では15分目の時点で反応がみられている。そのため、本研究でも先行研究と同様に脂質分解抑制作用を減弱させる応答を示し、さらに上述のエピネフリンの作用によっても脂質代謝亢進という結果が導かれたと推察する。

3. 研究の限界

本研究で血液生化学データによる代謝応答やホルモン動態を評価できなかったことは本研究の限界と考える。しかしながら、栄養状態や食事内容に関して本研究では初回の測定日の前日3食と当日の朝食を調査し、2回目の実験前日と当日の食事内容が初回時と同様になるように指示した。また、両運動実験の実施時間帯の統一、実験前日の激しい運動およびアルコールの摂取の節制など比較的厳密に条件設定ができたことから、血液生化学データによる検討はできなかったものの高い精度で代謝

応答を比較できたと考える。

V. 結 論

本研究では、男子大学生を対象に、50-55% $\dot{V}O_{2peak}$ の中強度の20分間の定常負荷運動を単回で実施する持続運動条件と10分間2回で実施する分割運動条件の2条件を実施し、運動時および運動後回復期の脂質代謝を評価・比較した。その結果、分割運動条件において運動中から回復期60分間にかけての脂質代謝の亢進が認められた。この結果から、体重減少や代謝異常症などの改善を目的とした運動習慣のない者に対する初期の運動プログラムとしては、本研究で実施した総運動時間20分間の分割運動は、心理的・身体的な負担や脂質代謝量の側面から判断し有効なプログラムとなりえると考えられる。

VII. 引用・参考文献

- American College of Sports Medicine. (2011) 運動処方
の指針[第8版:日本体力医学会体力科学編集委員
会監訳], 南江堂, 東京, pp. 168-169.
- Asikainen, T.M., Miilunpalo, S., Oja, P., Rinne, M.,
Pasanen, M., and Vuori, I. (2002a) Walking trials in
postmenopausal women: effect of one vs two daily
bouts on aerobic fitness. *Scand. J. Med. Sci. Sports*,
12 : 99-105.
- Asikainen, T.M., Miilunpalo, S., Oja, P., Rinne, M.,
Pasanen, M., Uusi-Rasi, K., and Vuori, I. (2002b)
Randomised, controlled walking trials in
postmenopausal women: the minimum dose to
improve aerobic fitness? *Br. J. Sports Med.*, 36 :
189-194.
- Coleman, K.J., Raynor, H.R., Muller, D.M., Cerny, F.J.,
Dorn, J.M., and Epstein, L.H. (1999) Providing
sedentary adults with choices for meeting their
walking goals. *Prev. Med.*, 28 : 510-519.
- フォックス:朝比奈一男監訳・渡部和彦訳(1999) 選
手とコーチのためのスポーツ生理学. 大修館書店:
東京, p. 43. < Fox, E.L. (1982) *Sports Physiology*.
Saunders Company. >
- Goto, K., Ishii, N., Mizuno, A., and Takamatsu, K. (2007)
Enhancement of fat metabolism by repeated bouts
of moderate endurance exercise. *J. Appl. Physiol.*,
102 : 2158-2164.
- Goto, K., Tanaka, K., Ishii, N., Uchida, S., and Takamatsu,
K. (2011) A single versus multiple bouts of
moderate-intensity exercise for fat metabolism.
Clin. Physiol. Funct. Imaging, 31 : 215-220.
- Janyacharoen, T., Auvichayapat, P., Tsintzas, K.,
Macdonald, I.A., and Leelayuwat, N. (2009) Effect

- of gender on fuel utilization during exercise at different intensities in untrained Thai individuals. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 107 : 645-651.
- Jakicic, J.M., Wing, R.R., Butler, B.A., and Robertson, R.J. (1995) Prescribing, exercise in multiple short bouts versus one continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory, fitness and weight loss in overweight women. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 19 : 893-901.
- Jakicic, J.M., Winters, C., Lang, W., and Wing, R.R. (1999) Effects of intermittent exercise and use of home exercise equipment on adherence, weight loss, and fitness in overweight women: a randomized trial. *JAMA.*, 282 : 1554-1560.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., and Sone, H. (2009) Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA.*, 301 : 2024-2035.
- 厚生労働省. (2006) 健康づくりのための運動基準2006.
- 厚生労働省. (2006) 健康づくりのための運動指針2006 (エクササイズガイド2006) .
- Murphy, M.H., and Hardman, A.E. (1998) Training effects of short and long bouts of brisk walking in sedentary women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30 : 152-157.
- Nishijima, H., and Satake, K., Igarashi, K., Morita, N., Kanazawa, N., and Okita, K. (2007) Effects of exercise in overweight Japanese with multiple cardiovascular risk factors. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39 : 926-933.
- Pate, R.R., Pratt, M., Blair, S.N., Haskell, W.L., Macera, C.A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G.W., King, A.C., Kriska, A., Leon, A.S., Marcus, B.H., Morris, J., Paffenbarger, Jr, R.S., Patrick, K., Pollock, M.L., Rippe, J.M., Sallis, J., and Wilmore, J.H. (1995) A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA.* 273 : 402-407.
- Stewart, K.J., Bacher, A.C., Turner, K., Lim, J.G., Hees, P.S., Shapiro, E.P., Tayback, M., and Ouyang, P. (2005) Exercise and risk factors associated with metabolic syndrome in older adults. *Am. J. Prev. Med.*, 28 : 9-18.
- Stich, V., de Glisezinski, I., Berlan, M., Bulow, J., Galitzky, J., Harant, I., Suljkovicova, H., Lafontan, M., Riviere, D., and Crampes, F. (2000) Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. *J. Appl. Physiol.*, 88 : 1277-1283.

(平成24年4月10日 受付)
(平成24年6月25日 受理)