

異なる運動実施時刻が脂肪燃焼に与える影響

平田 圭*¹ 増田利隆*² 松本義信*³ 長尾光城*⁴ 長尾憲樹*⁴ 松枝秀二*³ 守田哲朗*³

要 約

運動を行う時間帯の違いが脂肪燃焼に与える影響について明らかにすることを目的として検討を行った。

1. 静脈血および指頭血の血中遊離脂肪酸 (FFA) 濃度の関係について

被験者は、健康な一般成人女性20名 (平均年齢 21.7 ± 0.9 歳) とした。早朝空腹時、座位安静状態において静脈血、指頭血の順に採血を行い、血中 FFA 濃度を測定した。全被験者の静脈血 FFA および指頭血 FFA の間に有意な正の相関 ($r=0.813$, $p < 0.001$) が認められ、血中 FFA 濃度の定量が指頭から採取した血液で可能であることが明らかとなった。

2. 空腹時および朝食・昼食摂取2時間後の運動中の呼吸商 (RQ) および血液性状の変化

被験者は、健康な一般成人女性5名とした。運動は自転車エルゴメータを用い、 $60\% \dot{V}O_{2max}$ の運動強度で30分間行った。運動実施時刻は、空腹時9:00a.m. (空腹時運動群)、朝食摂取2時間後 (朝食後運動群)、および昼食摂取2時間後 (昼食後運動群) の3回とした。運動中の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、呼吸商 (RQ) を測定した。採血は安静時 (0分)、運動開始20分後、25分後、30分後の計4回行い、血糖値、乳酸値、血中 FFA 濃度を測定した。

空腹時運動群の RQ は運動開始20分値、25分値がそれぞれ 0.83 ± 0.13 , 0.84 ± 0.12 であり3群間で最も低値を示した。しかし、運動開始30分後では昼食後運動群が空腹時運動群と同じ値となった。

空腹時運動群の血中 FFA 濃度は運動中に増加傾向を示した。昼食後運動群の血中 FFA 濃度は安静時 (0分) において朝食後運動群より低値であったが、運動開始後増加し、30分後には朝食後運動群より高値となった。

以上の結果から、空腹時、朝食摂取2時間後、昼食摂取2時間後の3条件において30分間運動を実施する場合、昼食摂取2時間後における運動開始30分後に空腹時と同様に脂肪燃焼が亢進することが明らかとなった。

緒 言

近年、糖尿病、高脂血症、動脈硬化、肥満等、生活習慣病は社会的問題である。その予防を目的として運動を行うものも少なくない。

適正な体脂肪量を維持することは、健康人においてもスポーツ選手においても重要であり、体脂肪の減少には運動の実施や食生活の改善が必要である。しかし、Wilmore ら¹⁾ は運動のみでは約1.6%しか体脂肪率は減少しないとしている。運動においては、低強度の運動を30分以上行うことにより体脂肪が燃焼すると言われている。しかし、一日のうちでいつ運動するのが体脂肪燃焼に最も効果があるのか、運

動前の食事摂取をどうするべきかについての検討は十分でない。一般的に、運動習慣のない者や疾病を有する者が日常生活において運動を実施する場合、運動時間や運動方法等に制限があるため短期間の効率のよい運動条件の検討が望まれる。24時間絶食後の運動は、遊離脂肪酸濃度を上昇させることが報告されている²⁾ が、生活行動の面からこのような運動の実践は困難である。また、長時間あるいは疲労困憊に至るまでの運動中の脂質代謝についての検討^{3,4)} は多いが、短時間の運動についての検討は少ない。そこで本研究は、体脂肪燃焼と運動実施時刻との関係を明らかにするために、食後の運動実施が空腹時と同様に運動中の高い脂肪燃焼効果が得られる

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 臨床栄養学専攻

*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床栄養学科 *4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先) 平田 圭 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

かどうかを検討した。

方 法

1. 静脈血および指頭血の血中遊離脂肪酸 (FFA) 濃度の関係

被験者は、健康な一般成人女性20名 (平均年齢 21.7 ± 0.9 歳) とした。被験者には実験の主旨および方法を十分に説明した後同意を得て行った。早朝空腹時、座位安静状態において静脈血、指頭血の順に採血を行った。サンプルは NEFA-C テストワコー (和光純薬社製) を用いて酵素比色法で血中 FFA 濃度を測定した。

2. 空腹時および朝食・昼食摂取 2 時間後の運動中の RQ および血液性状の変化

被験者は、健康な一般成人女性 5 名とした (表 1)。体脂肪率の測定は BIA 法による体脂肪計 (タニタ社製) を用いて行った。運動強度の設定のため、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) を負荷漸増法により測定した。運動は自転車エルゴメータ (コンビ社製) を用い、運動強度は $60\% \dot{V}O_{2max}$ 、毎分 60 回転、30 分間とした。運動実施時刻は、空腹時 9:00 a.m. (空腹時運動群)、朝食摂取 2 時間後 (朝食後運動群)、および昼食摂取 2 時間後 (昼食後運動群) の 3 回とした。各実験は 3 日以上の間隔をあけて行った。運動中の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、呼吸商 (RQ) は、マグナ 88 型呼吸代謝測定装置 (モーガン社製) により測定した。指頭からの採血は安静時 (0 分)、運動開始 20 分後、25 分後、30 分後の計 4 回、自転車エルゴメータでの運動を中断することなく行い、血糖値、乳酸値、血中 FFA 濃度を測定した。血糖値、乳酸値の測定は分析器 (YSI 2300 STAT PLUS, YSI 社製) を用いた固定化酵素法で行った。血中 FFA 濃度は実験 I と同様に酵素比色法で測定した。

統計処理

結果はすべて平均値 \pm 標準偏差で示した。有意差の検定は Student の t 検定を用い、相関係数の検定

はピアソンの相関係数検定法を用いた。いずれの検定も有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

1. 指頭血と静脈血の FFA 濃度

全被験者 20 名の血中 FFA 濃度は、静脈血 0.422 ± 0.153 mEq/l、指頭血 0.464 ± 0.150 mEq/l であった。静脈血 FFA 濃度の増加に伴い指頭血 FFA 濃度が増加する傾向が示され、両者の間に有意な正の相関 ($r=0.813$, $p < 0.001$) が認められた (図 1)。

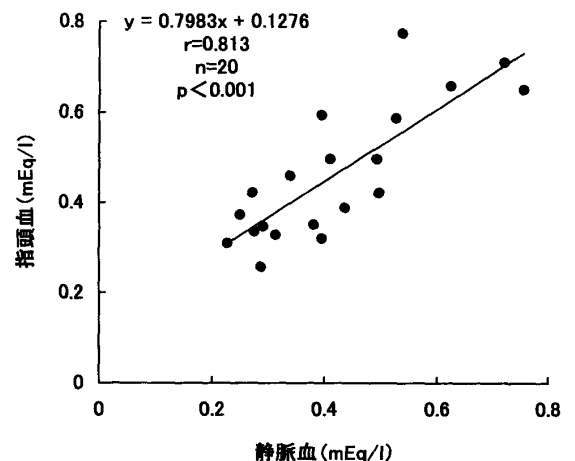


図 1 静脈血と指頭血の血中 FFA 濃度の関係

2. 空腹時、朝食・昼食摂取 2 時間後における運動中の RQ の変化

空腹時運動群、朝食時運動群、昼食時運動群の RQ の変化を図 2 に示した。安静時 (0 分) の RQ は、空腹時運動群 0.79 ± 0.11 、朝食後運動群 0.81 ± 0.14 、昼食後運動群 0.82 ± 0.04 であった。運動開始 20 分後、25 分後の RQ はそれぞれ空腹時運動群 0.83 ± 0.13 、 0.84 ± 0.12 、朝食後運動群 0.91 ± 0.19 、 0.92 ± 0.17 、昼食後運動群 0.86 ± 0.05 、 0.87 ± 0.04 であり、空腹時運動群が最も低値を示した。昼食後運動群の RQ は、運動開始 30 分後に減少し、空腹時運動群と同じ値を示した。

Zuntz ら⁵⁾ の方法を用い、RQ より脂肪からのエネルギー燃焼比率を求めた結果を表 2 に示した。空

表 1 被験者の身体的特徴

被験者	年齢 (歳)	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min)	体脂肪率 (%)
TS	21	F	157.9	57.1	46.3	28.8
MS	21	F	164.0	60.0	54.5	26.6
EA	21	F	159.4	58.1	53.1	28.2
MH	21	F	162.0	52.0	46.5	23.3
YM	22	F	166.2	57.1	40.2	28.5
Mean	21.2		161.9	56.9	48.1	27.1
SD	0.4		3.4	3.0	5.8	2.3

表2 空腹時、朝食・昼食摂取2時間後における運動中の脂肪燃焼比率の変化

	n	0分	20分	25分	30分
空腹時運動群	5	70.2±34.0	58.8±39.5	56.2±38.2	56.2±38.2
朝食後運動群	5	62.5±45.5	44.3±41.6	40.2±40.7	37.3±37.2
昼食後運動群	5	59.8±12.7	45.2±15.3	43.5±13.9	51.3±17.8

腹時運動群の脂肪の燃焼比率はいずれの時間も3群間で高値であった。朝食後運動群の運動中の脂肪燃焼比率は減少傾向を示した。一方、昼食後運動群においては運動開始25分後までは脂肪燃焼比率は減少したが、運動開始30分後に増加を示した。

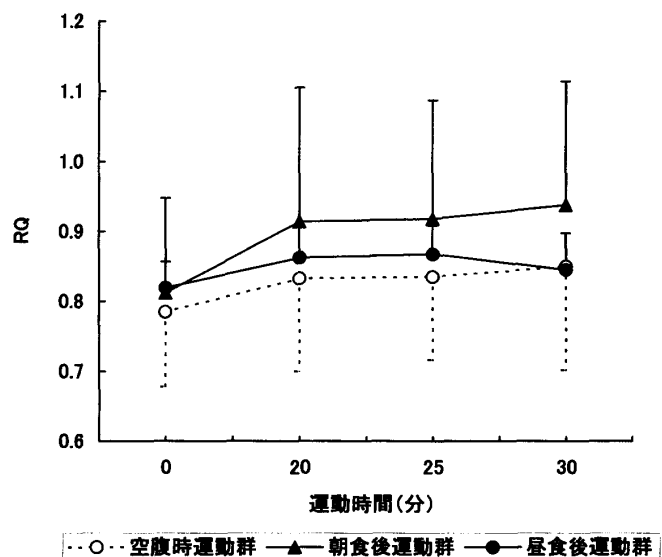


図2 空腹時、朝食・昼食摂取2時間後における運動中のRQの変化

3. 空腹時、朝食・昼食摂取2時間後における運動中の血液性状の変化

安静時(0分)および運動中の血液性状の変化を図3に示した。安静時(0分)の朝食後運動群、昼食後運動群の血糖値は、空腹時運動群と比較して有意に高かった。昼食後運動群、朝食後運動群の血糖値は運動開始20分後に著しい減少を示したが、空腹時運動群のそれは、わずかに増加する傾向を示した。その後は、3群ともに同様の値で変化はほとんどなかった。

安静時(0分)の乳酸値は空腹時運動群が最も低値であった。朝食後運動群の乳酸値は空腹時と比較して有意に高値であった。また、運動開始20分後の乳酸値は、3群ともにそれぞれ増加し、運動開始25分後以降減少する傾向を示した。運動開始20分後、25分後、30分後のいずれの時間においても空腹時運動群、朝食後運動群、昼食後運動群の順に高い値を示したが、それぞれに有意な差はなかった。

空腹時運動群の血中FFA濃度は、運動中に増加傾向を示し、3群間で最も高値であった。朝食後運動群の血中FFA濃度は、運動開始30分後に低値を示した。昼食後運動群は、運動時間の経過とともに

に血中FFA濃度が増加し、運動開始30分後では朝食後運動群と比較して高値を示した。

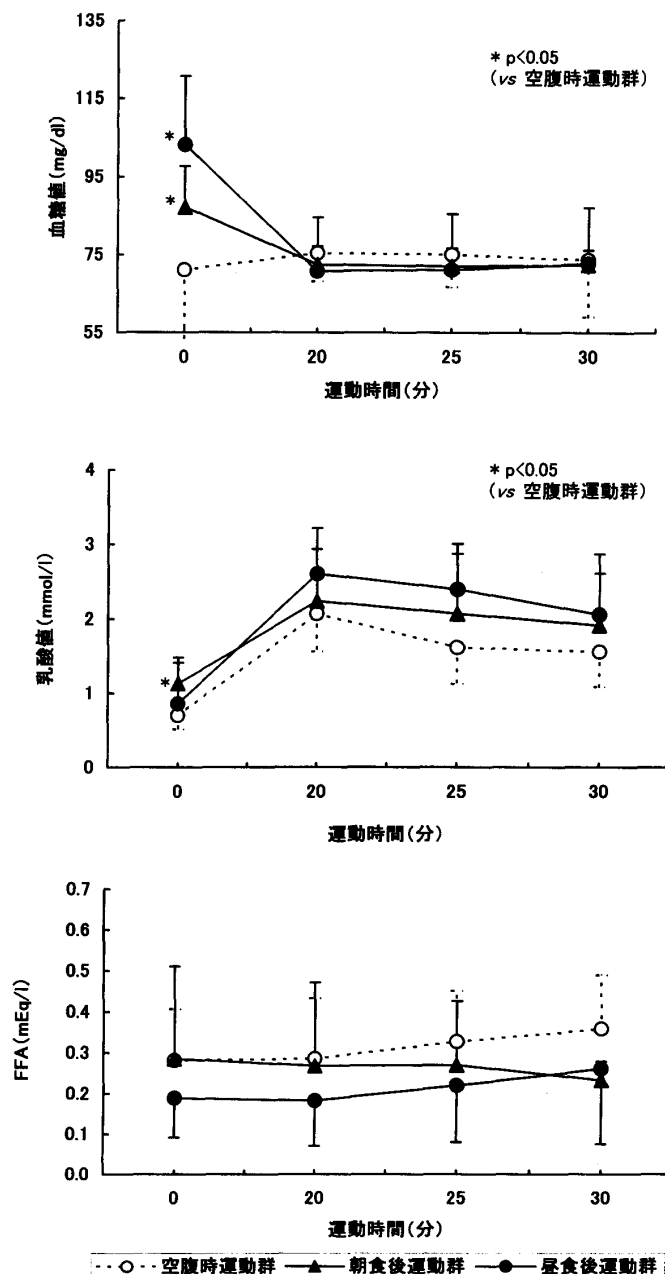


図3 空腹時、朝食・昼食摂取2時間後における運動中の血糖、乳酸、FFA濃度の変化

考 察

1. 血中FFA濃度測定における指頭血の有用性

一般的に、指頭からの採血は四肢の末端からの採血のため、静脈からの採血と比較して固定的姿勢の保持は必要としないことや、採取時間が短いことから運動中においては便利である。また、運動中に血液を採取する場合、静脈からの採血は運動を中断す

る必要があるが、指頭からの採血は運動の中断は不要である。そこで従来の静脈からの採取方法と同様に指頭からの血液による血中 FFA 濃度測定の有効性を検討する必要があることから、主実験に先立ち静脈血 (x) と指頭血 (y) の FFA 濃度の関係を見た。被験者20名における両者の FFA 濃度の測定値に有意な正の相関関係 ($r=0.813$, $p < 0.001$) が認められた。回帰式においては、 $y=0.7983x + 0.1276$ と指頭血の方がわずかに高値を示したが、脂肪燃焼の検討には影響しないと考えた。したがって本研究から、血中 FFA 濃度の定量が指頭から採取した血液で可能であることが明らかとなった。

2. 空腹時、朝食・昼食摂取 2 時間後における運動中の RQ と血液性状の変化

エネルギー供給源が脂質に依存していると RQ は低く、糖質に依存していると高くなることは知られている。本研究において、安静時 (0 分)、運動開始 20 分後、25 分後の空腹時運動群の RQ は 3 群間で最も低値であり、これまでの報告²⁾ と一致している。しかし、運動開始 30 分後の RQ は空腹時運動群と昼食後運動群が同じ値となった。この結果は、昼食摂取 2 時間後の運動による脂肪燃焼が、朝食摂取 2 時間後と比較して空腹時と同様の効果があることを示している。

安静時 (0 分) の血糖値は、朝食後運動群および昼食後運動群が空腹時運動群と比較して有意に高値であったが、運動開始 20 分後にはそれぞれ減少し 3 条件間の差はほとんど見られなかった。伊藤ら⁶⁾ の報告からも早朝空腹時における中等度の運動中の血糖値はほとんど変化はないと示され、本研究の結果と一致している。

血中 FFA 濃度は総脂肪酸の 4~5% であり、安静時血清 FFA 濃度の基準値は 0.2~0.6 mEq/l とさ

れている⁷⁾。一般的には、運動時エネルギー供給状態は運動時、運動後の血糖値、FFA 濃度および遊離グリセロールの血中動態から推測することができる。走行中、走行後の FFA 濃度が著しい上昇を示したことから運動時のエネルギー源として体脂肪が利用されているとの報告もある⁸⁾。本研究では、空腹時運動群の血中 FFA 濃度は運動開始 20 分以降 3 群間で最も高値を示し、経時的に増加したことから空腹時運動群の脂肪燃焼の亢進が認められた。安静時 (0 分) の昼食後運動群の血中 FFA 濃度は 3 群間で低値を示したが、運動開始 20 分以降空腹時運動群と同様に増加した。一方、朝食後運動群の安静時 (0 分) の FFA 濃度は空腹時運動群と同様に高値であったが、運動中は減少傾向となり、運動開始 30 分後は 3 群間で最も低値を示した。この結果から、昼食後運動群の脂肪燃焼は運動開始 20 分以降、空腹時運動群と同様に亢進することが明らかとなった。

空腹時の運動による不整脈の発現⁹⁾、狭心痛発作発現閾値の低下¹⁰⁾ が報告されており、脂肪燃焼率の高い運動実施時刻を空腹時以外の時間帯で検討することは有用である。また、血中 FFA 濃度⁷⁾、RQ¹¹⁾ は食事の影響を受けるとの報告もある。本研究では食事を指定しなかったこと、運動を実施しない対象群を設定しなかったことから、今後検討する必要がある。本研究で食後の経過時間を 2 時間と設定したのは、食後 1 時間までは食事の消化吸収が十分ではなく、食後 3~4 時間以上であると空腹時に近い条件になると考えたためである。

以上の結果から、空腹時、朝食摂取 2 時間後、昼食摂取 2 時間後の 3 条件において 30 分間運動を実施する場合、昼食摂取 2 時間後における運動開始 30 分後に空腹時と同様に脂肪燃焼が亢進することが明らかとなった。

文 献

- 1) Wilmore JH (1983) Appetite and body composition consequent to physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **54**(4), 415-425.
- 2) 鈴木政登, 塩田正俊, 杉浦崇夫, 松原 茂, 中川種栄, 町田勝彦 (1993) 33 時間絶食時運動負荷後の血漿ホルモン, 血糖, 乳酸, 遊離脂肪酸およびグリセロール濃度の消長. *体力科学*, **42**, 429-445.
- 3) Felig P and Wahren J (1975) Fuel homeostasis in exercise. *New England Journal of Medicine*, **293**(21), 1078-1084.
- 4) 田畑 泉, 跡見順子, 宮下充正 (1984) 長時間運動中の血清 ACTH と Cortisol の増加と血糖値との関係. *Japanese Journal of Sports Sciences*, **3**(6), 480-484.
- 5) McArdle WD, Katch FI and Katch VL (1992) 運動生理学, 田口貞善, 矢部京之助, 宮村実晴, 福永哲夫監訳, 第一版, 東京, p130.
- 6) 伊藤 朗 (1987) 図説・運動生化学入門. 初版, 医歯薬出版, 東京, pp38-41.
- 7) 鈴木政登 (1990) 血液の検査 遊離脂肪酸. *臨床スポーツ医学*, **7**, 194-195.

- 8) Keul J, Kohler B, Glutz G, Luthi U, Berg-A and Howald-H (1981) Biochemical changes in a 100km run : carbohydrates, lipids, and hormones in serum. *European Journal of Applied Physiology*, **47**(2), 181-189.
- 9) Hoak JC, Connor WE and Warner ED (1968) Toxic effects of glucagon-induced acute lipid mobilization in geese. *Journal of Clinical Investigation*, **47**(12), 2701-2710.
- 10) 石田良雄, 安東明夫, 大河内寿一, 尾崎 仁, 谷 昭博, 武田 裕, 堀 正二, 北畠 顕, 井上通敏, 鎌田武信 (1987) 生体リズムと運動効果に関する研究 : 早朝運動の効果とリスクについて. *体力研究*, **65**, 1-7.
- 11) Christensen EH and Hansen O (1939) Arbeitsfähigkeit und Ernährung. *Skandinavisches Archiv fur Physiologie*, **81**, 160-171.

(平成12年12月12日受理)

Effects of Differences of Exercise Time on Fat Combustion

Kei HIRATA, Toshitaka MASUDA, Yoshinobu MATSUMOTO, Mitsushiro NAGAO, Noriki NAGAO,
Shuji MATSUEDA and Tetsuro MORITA

(Accepted Dec. 12, 2000)

Key words : EXERCISE, BLOOD FROM THE FINGERTIPS, FAT COMBUSTION, TIMING OF EXERCISE

Abstract

The purpose of this study was to determine the possibility of measuring free fatty acid (FFA) levels in blood samples from the fingertips and the effects of different exercise times on body fat combustion. Twenty healthy female college students participated in one study. Blood FFA levels in blood from the vein and fingertips showed a significant correlation, indicating that FFA can be measured in blood from the fingertips. In a second experiment, the subjects were five healthy female. Respiratory quotient (RQ), blood glucose, blood lactic acid and FFA were measured during exercise after fasting and two hours after breakfast and lunch. Fasting RQ were lower those two hours after breakfast and lunch. The RQ 30 minutes after initiation exercise after lunch was also low. FFA levels tended to increase after initiation of exercise after fasting and two hours after lunch. The findings indicated that fat combustion after 30 minutes of exercise is higher during fasting and two hours after lunch compared to two hours after breakfast.

Correspondence to : Kei HIRATA

Doctoral Program in Health Science, Graduate School of
Medical Professions, Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.10, No.2, 2000 341-345)