日常生活での相対的中等強度の身体活動が体重, 体脂肪率, 最大下有酸素性作業能力と脚力の変化に及ぼす影響

松原 建史¹⁾²⁾ 柳川 真美¹⁾²⁾ 小池 城司¹⁾³⁾⁴⁾

Takeshi Matsubara^{*1,2}, Mami Yanagawa^{*1,2} and George Koike^{*1,3,4}: Effect of physical activity at relatively moderate intensity during daily life on body weight, percentage body fat, submaximal aerobic capacity, and leg extension power. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 56: 105-113, June, 2011

Abstract : Purpose: The present study was conducted to clarify the effect of physical activity (PA) at relatively moderate intensity (RMI) during daily life on body weight (BW), percentage body fat (%Fat), submaximal aerobic capacity, and leg extension power (LEP).

Methods: Sixty women (aged 57.2 ± 7.6 yr), who were participating in a health exercise training course, were studied. To determine the duration of PA at RMI in each subject, data derived from the double product break point (DPBP) and use of a pedometer with a uniaxial accelerometer (LC; Lifecorder, Kenz) were used. Since the LC can automatically determine the exercise intensity (on a 0-9 scale) during PA with its original algorithm, we defined the exercise intensity corresponding to DPBP as RMI, that above this DPBP equivalent as relatively vigorous intensity, and that below this DPBP as relatively light intensity. The exercise training course was carried out once a week for twelve weeks. The program consisted of lectures on exercise and nutrition, and exercise training. Statistical analysis was carried out to examine the relationship between LC data and parameters of interest, such as changes in BW, %Fat, metabolic equivalents at DPBP (METs@DPBP), and LEP per lean body mass (LEP/LBM).

Results: Stepwise regression analysis showed that the changes in BW and %Fat were significantly affected by the values of BW and %Fat at the beginning of the course, and also total PA energy expenditure ($p < 0.001$, respectively). The degree of METs@DPBP change was significantly affected by the total number of steps per day and the duration of PA at RMI ($p < 0.001$). The degree of change in LEP/LBM was significantly affected by its initial value ($p < 0.001$).

Conclusion: The present results demonstrate that PA volume, but not exercise intensity, has an impact on BW and %Fat. In addition, it is suggested that the duration of PA at a relatively moderate intensity is crucial for improvement of METs@DPBP.

Key words : quantity of physical activity, intensity of physical activity, double product break point, pedometer with a uni-axial accelerometer, intervention study

キーワード : 身体活動量, 身体活動強度, 二重積屈曲点, 加速度センサー付歩数計, 介入研究

1) 福岡市健康づくりセンター
福岡市中央区舞鶴 2-5-1

2) 株式会社 健康科学研究所
福岡市中央区天神 3-11-20-6F

3) 財団法人 福岡市健康づくり財団
福岡市中央区舞鶴 2-5-1

4) 九州大学大学院医学研究院循環器内科学
福岡市東区馬出 3-1-1

連絡先 松原建史

1. Fukuoka Health Promotion Center
2-5-1 Maizuru, Chuo-ku, Fukuoka

2. Laboratory of Physical Science Inc
3-11-20-6F Tenjin, Chuo-ku, Fukuoka

3. Fukuoka Health Promotion Foundation
2-5-1 Maizuru, Chuo-ku, Fukuoka

4. Kyushu University Graduate School of Medical
Sciences, Department of Cardiovascular Medicine
3-1-1 Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka

Corresponding author mtakeshi470717@yahoo.co.jp

I はじめに

エクササイズガイド2006では、これまでの計画的・意図的に実施する運動に加えて、日常の身体活動量を増やすことが推奨され、しかもそれを中等度（3 METs）以上の運動強度（以下、中等強度）で行うことが効果的であるとされている（運動所要量・運動指針の策定検討会，2006）。

これは、中等強度での日常身体活動量が多い者ほど健康度が高いという科学的エビデンスに基づいたものであるが、エクササイズガイド2006の策定にあたり引用された研究は全て、対象者個々の体力レベルに関係なく一律の絶対的な中等強度で検証した結果である（Lee and Paffenbarger, 2000; Bucksch, 2005）。このため、絶対的な中等強度（3 METs 以上）の活動では、体力レベルが高い者にとっては相対的に低強度に、体力レベルの低い者にとっては相対的に高強度になってしまい、仮に絶対的な中等強度の身体活動量が高まったとしても体力や健康度の変化には元々の体力レベルの違いで個人差が生じる可能性が高いと考えられた。

一方、運動強度管理の定量性が高いエルゴメータを用い、乳酸閾値や最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_2\text{max}$ ）の50%強度など個々人の体力レベルを基準にした相対的な中等強度（ニコニコペース）のトレーニングにより、降圧作用（Kiyonaga et al., 1985）、インスリン感受性や非インスリン依存の糖取り込み能の向上（Sakamoto et al., 1999）、HDL コレステロールの増加などが確認されている（Sasaki et al., 1987; Sunami et al., 1999）。そもそも有酸素性運動に限らず、運動トレーニングは対象者の体力に合わせた強度で実施した方が、体力の向上や健康の維持・増進に対して、より効果的なトレーニング適応をもたらすため（Gaesser and Rich, 1984; Matoba and Gollnick, 1984; Swain and Franklin, 2002）、日常の身体活動も絶対的な中等強度ではなく、相対的な中等強度で行うことが、個々人の状態を考慮したテーラーメイドの運動プログラムになると考えられるが、この

ような観点からの報告はない。

そこで本研究は、一般的な成人女性を対象に個々人の体力レベルを基準に評価した非監視下における日常生活の相対的運動強度別の身体活動時間の変化が、体重、体脂肪率や体力に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II 対象と方法

1. 対象者

本研究の対象は、F市健康づくりセンターで実施した健康づくり運動教室に参加した者のうち、日常身体活動を測定するために装着した多メモリ加速度計付歩数計（Lifecorder PLUS, KENZ, 以下、LC）のデータ採用条件を、教室前に連続10日間以上装着、かつ教室期間中の装着率が全教室日数の80%以上とし、それを満たした女性60名で、平均年齢は57.2±7.6歳であった（表1）。なお、全ての対象者へは教室参加時に、測定の方法と求められた測定値を研究目的で使用することを口頭で説明し、文書にて同意を得た。本研究は福岡市健康づくり研究委員会の承認を得て実施したものである。

2. 測定項目と方法

体重と体脂肪率の測定には、インピーダンス法体脂肪計付体重計（TBF-641, タニタ）を用い

表1 体重、体脂肪率とMETs@DPBP, 脚パワー/LBMの教室前後の比較

	教室開始前	教室終了時	変化率 (%)
年齢（歳）	57.2±7.6		
体重（kg）	57.3±9.1	55.5±9.2***	-3.0
体脂肪率（%）	30.4±8.1	28.3±8.1***	-6.9
METs@DPBP	4.3±0.7	4.9±0.8***	14.0
脚パワー/LBM (watts/kg)	8.4±1.9	9.8±1.9	16.4

対象者数は60名。数値は平均値±標準偏差で示した。教室開始前との比較：*** $p<0.001$

METs@DPBP, 二重屈曲点に相当する代謝当量脚パワー/LBM, 単位除脂肪体重当たりの脚伸展パワー

た。

相対的運動強度の指標には、乳酸閾値に相当する運動強度と近似して出現する二重積屈曲点 (double product break point, 以下, DPBP) を用い (Tanaka et al., 1997), これに相当する強度を相対的中等強度とした。DPBP の測定には自動運動負荷装置 (ML-3600, フクダ電子) を用いた。具体的には、自転車エルゴメータによる Ramp 式運動負荷試験を実施し、負荷試験中は自動血圧計 (Tango, Sun Tech) を用いて 20~30 秒ごとに収縮期血圧 (systolic blood pressure, 以下, SBP) と心拍数 (heart rate, 以下, HR) の測定を行い、SBP と HR から自動計算された二重積 (double product, 以下, DP) と仕事率との関係をモニター上で確認しながら、仕事率の増加に伴い DP の増加が急増する屈曲点 DPBP を目視法にて決定した。Ramp 負荷試験終了後、決定した DPBP 相当の仕事率による 4 分間の固定負荷試験を行い、3~4 分間における HR の平均値を DPBP に相当する HR (以下, HR@DPBP) とした。また、最大下有酸素性作業能力を評価するために、DPBP に相当する仕事率と体重から DPBP 相当の代謝当量 (以下, METs@DPBP) をアメリカスポーツ医学会・運動処方指針の代謝計算式 (日本体力医学会体力科学編集委員会, 2006) を用いて算出した; 代謝計算式: 酸素摂取量 (ml/分) = $1.8 \times \text{仕事率 (kg} \cdot \text{m/分)} / \text{体重 (kg)} + 3.5 \text{ (ml/kg/分)} + 3.5 \text{ (ml/kg/分)}$ 。

脚伸張パワーは脚伸張パワー測定器 (TKK4236 α , 竹井機器) により測定し、2 回測定したうちの良い方の値を採用値とし、除脂肪体重 (lean body mass, 以下, LBM) で除した値を算出した (以下, 脚パワー/LBM)。

3. 教室概要

教室は 12 週間で週 1 回ずつ実施した。教室では相対的中等強度に歩行速度を自己調節できる能力 (これをニコニコペース自己コントロール能力とした) を身に付けられるように定期的に屋外での歩行練習を行い、教室以外の日常生活での身体

活動を自己調節により相対的中等強度で実施するよう指示した。相対的中等強度の指標には HR@DPBP を用い、HR@DPBP になるよう歩行速度を調節できるように教室で繰り返し練習を行った。その他の教室での運動も自転車エルゴメータ、トレッドミルやエアロビクスダンスなど有酸素性運動を主体とし、全ての運動を自転車エルゴメータで求めた HR@DPBP で行うように指示した。

また、教室開始前から教室 11 回目まで LC を貸し出し、起床から就寝まで入浴や水中運動以外の時は装着するように指示した。そして、対象者自身が LC のモニターで相対的中等強度活動時間を随時確認できるように設定するとともに、2 週間ごとに LC を回収し、日常生活での相対的中等強度活動時間をグラフ化してフィードバックすることで、相対的中等強度活動への意識を高められるようにした (LC を用いた中等強度活動時間の評価方法については後述する)。

教室中の食事に関しては、教室の 2 回目に 60 分の講話として、食事バランスガイドを基に、摂取カロリーの制限は行わず、一日に 3 食をとること、野菜を多くとることおよび嗜好品をできるだけ減らすことに重点を置いた指導を管理栄養士が実施した。教室が始まる約 2 週間前と教室 11 回目 (期間は約 3 カ月) に体重、体脂肪率および DPBP と脚伸張パワーを測定した。

4. 中等強度での歩行練習

中等強度での歩行練習を教室の 2 回目、4 回目と 8 回目に実施した。まず 4 分間以上一定の歩行速度で周回コースを歩行した後、足を止めて腕時計型の光電式脈拍モニター (HR-40, NISSEI) で測定した脈拍数を確認した。この時の脈拍数が、目標 HR@DPBP と比較して -5 拍/分以下の場合は歩行速度を速めるように、+5 拍/分以上の場合は歩行速度を遅くするように指示し、目標 HR@DPBP での歩行速度に自己調節できるようにするまで歩行訓練を繰り返し行った。

5. 相対的・絶対的強度身体活動時間の評価

日常身体活動の運動強度別活動時間の測定に用いた LC は、運動強度別の活動時間を計測できるように、独自のアルゴリズムで判別する運動強度階級 0~9（以下、LC 階級）が設定されており、加速度計付歩数計の測定精度についてもレスピラトリーチャンバー法や二重標識水法との比較研究で明らかにされている（Kumahara et al., 2006; Trost et al., 2005）。そして、LC はイベントボタンを押すことで、その時に LC が示すどの運動強度階級で歩いていたかの確認機能を備えている。そこで、歩行練習で HR@DPBP で歩けるようになったことを確認後、イベントボタンを押し、その後 LC のデータを解析した。そして、仮に HR@DPBP での歩行が LC 階級の 4 であった場合、その対象者の相対的中等強度活動時間を LC 階級の 4 と 5 の積算時間とし、LC 階級 1~3 を相対的低強度活動時間、LC 階級 6~9 を相対的高強度活動時間と定義した（図 1）。そして、参加者の相対的中等強度活動に対する意識を高めることを目的に、データをグラフ化し、定期的に対象者へフィードバックした。

さらに、Kumahara et al. (2004) の先行研究に基づき、LC 階級 1~3 を絶対的低強度活動時間、LC 階級 4~6 を絶対的中等強度活動時間、LC 階級 7~9 を絶対的高強度活動時間として評価した。

6. 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。教室前後の変化として、体重、体脂肪率、METs@DPBP および脚パワー/LBM は、教室前と教室終了時（11回目）の測定値を、LC データは、教室前と教室中の平均値を比較した。LC データの教室前の値は連続10日間装着した最初の3日間を除いた1週間の平均値を、教室中は装着した全日数の平均値を用い、分析項目は、活動消費エネルギー量 (kcal/日)、総歩数 (歩/日)、相対的低強度・中等強度・高強度活動時間 (分/日) と絶対的低強度・中等強度・高強度活動時間 (分/日) とした。

2群の差の検定には Paired *t*-test を用いた。相対的中等強度活動時間の経時的な変化を解析するために、教室開始前1週間と教室中1週間ごとの平均値を算出し、教室開始前との差について Dunnett 法を用いて検定した。2変数の関係については標準主軸回帰式で表し、その相関関係の検定には Pearson's correlation coefficient を用いた。また、体重、体脂肪率、METs@DPBP および脚パワー/LBM に対する LC で測定した身体活動指標の影響度について、Stepwise regression (変数増減法) を用いて分析した。採用値は F 値 4.0 以上、除外値 F 値 4.0 未満とした。全ての検定処理は SPSS (15.0J) を用いて行い、*p* 値 5% 未満をもって統計学的に有意と判定した。

III 結 果

教室前後で体重、体脂肪率と METs@DPBP に有意な改善を認め（全て、*p* < 0.001）、脚パワー/LBM には有意な変化を認めなかった（表 1）。

教室期間中の LC 装着率は 97.1 ± 3.0%（89.6%~100.0%）で、LC データの教室開始前から教室期間中の変化では、分析した全ての指標において有意な増加を認めた（表 2）。そして、LC データ各指標の変化率の中では、相対的中等強度活動時間の増加率が 84.2% と最も大きかった。

図1 各相対的(A)・絶対的(B)強度活動時間の算出方法
HR@DPBP、二重積屈曲点に相当する心拍数
LC、多メモリ加速度計付歩数計 Lifecorder

表2 LC データ各指標の教室開始前と教室期間中の比較

	教室開始前	教室期間中	変化率(%)
活動消費エネルギー量 (kcal/日)	200.5±79.9	268.6±76.2***	34.0
総歩数 (歩/日)	8,045±2,515	10,421±2,158***	29.5
相対的低強度活動時間 (分/日)	71.6±19.1	89.5±29.3***	24.9
相対的中等強度活動時間 (分/日)	10.3±7.2	19.0±10.1***	84.2
相対的高強度活動時間 (分/日)	1.7±2.9	3.0±3.2**	72.2
絶対的低強度活動時間 (分/日)	56.1±12.9	68.8±21.4***	22.8
絶対的中等強度活動時間 (分/日)	25.6±16.7	38.9±14.9***	52.2
絶対的高強度活動時間 (分/日)	2.0±3.7	3.7±3.9***	82.1

数値は平均値±標準偏差で示した。教室開始前との比較：*** $p<0.001$, ** $p<0.01$

LC, 多メモリ加速度計付歩数計 Lifecorder

表3 LC データ各指標の変化量と体組成ならびに体力の変化量の関係

	△体重	△体脂肪率	△METs@DPBP	△脚パワー/LBM
△活動消費エネルギー量	-0.422**	-0.345**	0.536***	0.018
△総歩数	-0.362**	-0.287*	0.543***	0.029
△相対的低強度活動時間	-0.083	-0.013	0.225	-0.156
△相対的中等強度活動時間	-0.386**	-0.258*	0.545***	-0.055
△相対的高強度活動時間	0.036	-0.084	-0.002	-0.037
△絶対的低強度活動時間	-0.045	0.028	0.182	-0.173
△絶対的中等強度活動時間	-0.329*	-0.265*	0.485***	-0.078
△絶対的高強度活動時間	-0.005	0.110	0.066	-0.031

相関関係の有意水準：*** $p<0.001$, ** $p<0.01$, * $p<0.05$

△, 変化量; LC, 多メモリ加速度計付歩数計 Lifecorder; METs@DPBP, 二重積屈曲点に相当する METs; 脚パワー/LBM, 単位除脂肪体重当たり脚伸展パワー

図2 中等強度活動時間の教室前から教室中の1週間ごとの変化
データは平均値±標準偏差。vs. 教室前：** $p<0.01$, * $p<0.05$

相対的中等強度活動時間の教室開始前から教室中の1週間ごとの変化では、教室開始前に比べて、教室3～5週目と7～10週目に有意な増加を認め、教室3週目以降に相対的中等強度活動時間が高まっていることが明らかになった(3～5週目, 8～10週目は $p<0.05$, 7週目は $p<0.01$) (図2)。

次に、LC データ各指標の変化量(以下、変化量を△と表す)と△体重、△体脂肪率、ならびに△METs@DPBP、△脚パワー/LBMとの関連性について検討した(表3)。その結果、△体重との関係では、△活動消費エネルギー量($r=-0.442$, $p<0.01$)と△総歩数($r=-0.362$, $p<0.01$)、△相対的中等強度活動時間($r=-0.386$, $p<0.01$)、△絶対的中等強度活動時間($r=-$

表4 Stepwise regressionにより解析した Δ 体重、 Δ 体脂肪率、 Δ METs@DPBPと Δ 脚パワー/LBMに対する初期値と身体活動指標の影響度

目的変数	説明変数	β	β 標準誤差	標準化係数 β	p 値	モデル r^2
Δ 体重	初期値	-0.012	0.003	-0.410	0.001	0.266
	Δ 運動消費エネルギー量	-0.059	0.023	-0.296	0.012	
Δ 体脂肪率	初期値	-0.132	0.038	-0.392	0.001	0.273
	Δ 運動消費エネルギー量	-0.013	0.004	-0.349	0.003	
Δ METs@DPBP	Δ 総歩数	0.000	0.000	0.345	0.012	0.364
	Δ 相対的中等強度活動時間	0.009	0.004	0.327	0.018	
Δ 脚パワー/LBM	初期値	-0.646	0.069	-0.776	0.000	0.602

説明変数には、各目的変数の初期値とライフコードで測定・分析した8項目の身体活動指標（活動消費エネルギー量、総歩数、相対的低・中等・高強度活動時間と絶対的低・中等・高強度活動時間）をとり解析を行った。

β , 偏回帰係数; Δ , 変化量; METs@DPBP, 二重積屈曲点に相当する代謝当量; 脚パワー/LBM, 単位除脂肪体重当たり脚伸展パワー

0.386, $p < 0.01$) との間に負の相関を認めた. Δ 体脂肪率との関係では, Δ 活動消費エネルギー量 ($r = -0.345$, $p < 0.01$) と Δ 総歩数 ($r = -0.287$, $p < 0.05$), Δ 相対的中等強度活動時間 ($r = -0.258$, $p < 0.05$), Δ 絶対的中等強度活動時間 ($r = -0.265$, $p < 0.05$) との間に負の相関を認めた. Δ METs@DPBP との関係では, Δ 活動消費エネルギー量 ($r = 0.536$, $p < 0.001$) と Δ 総歩数 ($r = 0.543$, $p < 0.001$), Δ 相対的中等強度活動時間 ($r = 0.545$, $p < 0.001$), Δ 絶対的中等強度活動時間 ($r = 0.485$, $p < 0.001$) との間に正の相関を認めた. Δ 脚パワー/LBM との間には, 有意な相関を認めなかった.

Δ 体重, Δ 体脂肪率, Δ METs@DPBP と Δ 脚パワー/LBM に対する初期値と身体活動指標の影響度を検討するために, 各変化量を目的変数に, 初期値と LC で測定・分析した身体活動指標 8 項目の変化量を説明変数にとり, Stepwise regression により解析した (表 4). その結果, Δ 体重と Δ 体脂肪率に対しては, それぞれの初期値と Δ 活動消費エネルギー量が影響因子として抽出された (それぞれ, $p < 0.001$). Δ METs@DPBP に対しては Δ 総歩数と Δ 相対的中等強度活動時間が ($p < 0.001$), Δ 脚パワー/LBM に対しては初期値が抽出された ($p < 0.001$).

IV 考 察

本研究の Stepwise regression の結果から, 体重と体脂肪率の変化には初期値に加えて活動消費エネルギー量の変化が, METs@DPBP の変化には総歩数と相対的中等強度活動時間の変化が影響していることが明らかになった. これらの結果は, 体重と体脂肪率の変化は活動強度に関係なく身体活動量の変化に, METs@DPBP の変化は相対的中等強度での身体活動量の変化に影響を受けることを示唆するものと考えられた.

運動の量ならびに強度と体重, 体脂肪率の変化との関連性について, Jakicic et al. (2003) や Slentz et al. (2004) は肥満者や一般女性を対象に, 中等強度と高強度の運動により検討し, 運動量が同等であれば運動強度の違いで体重や体脂肪率の減少量には差がないことを明らかにしている. 同様に, Nicklas et al. (2009) もエネルギー出納バランスにおけるエネルギーの不足量を同じにして, 予備心拍数の 45~50% (中等強度) と予備心拍数の 70~75% (高強度) での運動トレーニングを実施したところ, 体重や体脂肪率, 内臓脂肪面積, 皮下脂肪面積の減少量には運動強度の違いで差がないことを報告している. 本研究でも

体重や体脂肪率は、運動強度に関係なく活動消費エネルギー量の変化量に依存して変化することが示唆され、先の報告を支持するものであった。

最大下有酸素性作業能力の変化の指標として用いた Δ METs@DPBPの影響因子として抽出されたのは、 Δ 総歩数と Δ 相対的中等強度活動時間であった。最大下有酸素性作業能力の指標である $\dot{V}O_2\text{max}$ を向上させるのに必要な運動強度について Gaesser et al. (1984) や Swain and Franklin (2002) は、その下限値として45% $\dot{V}O_2\text{max}$ を提唱している。そして、DPBPは乳酸閾値 (lactate threshold, 以下, LT) や換気閾値 (ventilatory threshold, 以下, VT) に近似して出現し (Tanaka et al., 1997; Riley et al., 1997), VTに相当する% $\dot{V}O_2\text{max}$ は個体差があるものの約40~60% $\dot{V}O_2\text{max}$ である (James et al. 1989; Posner et al., 1987; Thomas et al., 1985)。つまりDPBPは $\dot{V}O_2\text{max}$ を向上させるために必要な運動強度の条件を満たしていることになり、これが Δ METs@DPBPとの関係において、 Δ 絶対的中等強度活動時間ではなくDPBPから定義した Δ 相対的中等強度活動時間が影響因子として抽出された要因と考える。このことから、最大下有酸素性作業能力を向上させるためには個々人の体力レベルを基準にした相対的な運動強度に重点を置いた上で、身体活動量を増加させる指導が重要であることが示唆された。さらに、LT相当の $\dot{V}O_2/\text{wt}$ が高い者はインスリン感受性が高いことや (Tanaka et al., 1995), VT相当の $\dot{V}O_2/\text{wt}$ が高い者は血管コンプライアンスが高いこと (Otsuki et al., 2006) が報告されている。これらは、METs@DPBPが向上することで健康度が高まることを示唆するものである。すなわち、健康づくりという視点から考えた場合は特に、相対的中等強度という活動強度を基準にした身体活動量の増加を促すことで、有酸素性作業能力を高め、健康度の向上に繋げることが重要であると考えられる。

次に、歩行トレーニングにおける脚力の変化について、Nemoto et al. (2007) や Morikawa et al. (2009) は50% peak $\dot{V}O_2\text{max}$ での連続式歩行と70% peak $\dot{V}O_2\text{max}$ の間欠式歩行でトレーニング

効果の違いを検討し、有意な脚力の向上を認めたのは70% peak $\dot{V}O_2\text{max}$ の高強度運動のみであったことを報告している。本研究で Δ 脚パワー/LBMの影響因子として抽出されたのは初期値のみで、相対的中等強度の活動では脚力の向上を引き起こさない可能性が示唆された。また、 Δ 脚パワー/LBMと Δ 高強度活動時間との間にも関係性が認められなかったが、これは、 Δ 相対的高強度活動時間は1.3分/日、 Δ 絶対的高強度活動時間は1.7分/日と僅かであったことが要因と考えられた。

本研究対象者の相対的中等強度活動時間は、教室前に比べて教室3週目以降から増加しており、LCを用いたプログラムに一定の有効性を認めた。しかし、Ayabe et al. (2009) は横断的研究で総歩数が多い者ほど3~6 METsの中等強度活動時間が多いことを報告している。これは、総歩数が増加することで必然的に中等強度の活動時間が増加する可能性を示唆するものである。そこで、本研究でも Δ 相対的中等強度活動時間と Δ 総歩数との関連性を解析した (図3)。その結果、両者に有意な正の相関を認め、相対的中等強度活動時間の増加が総歩数の増加に依存している可能性が示唆された。しかし、両変数の寄与率は37.6%で個人差があったことから、本研究のように相対的中等強度での歩行指導と日常の身体状況をグラフ

図3 Δ 総歩数と Δ 相対的中等強度活動時間の関係

化してフィードバックすることで中等強度活動時間の増加を、より強力に促せる可能性が高いと考える。但し、プログラムの有効性については、今後、対照群を設定して検討していく必要がある。

この他の限界として、①体重や体脂肪率の増減に対しては、エネルギーの出納バランスを考える必要があるが、本研究では食事指導は行ったものの摂取エネルギー量の変化については調査できていない；②本研究の対象者は教室への参加を自主的に希望した者で、健康意識が極めて高い集団というバイアスがかかっている；③12週間の教室の途中では DPBP 測定を行っていないため、有酸素性作業能力の向上に伴う相対的中等強度の修正が行えていない；④ LC は腰の上下動を伴わない活動や上肢を主体とする活動、水泳などの評価はできないのに加えて、階段についても上昇よりも下降の方が過大評価される（津下ほか、1998）；⑤血液生化学的検査による健康度の評価を行っていないため、相対的中等強度活動の増加が健康度に及ぼす実質的な効果については明らかにできていない、などが挙げられる。

V ま と め

本研究により、体重と体脂肪率の減少には、活動強度に関係なく身体活動量が影響すること、有酸素性作業能力の向上には相対的中等強度での身体活動量が影響することが明らかになった。健康づくり運動では有酸素性作業能力を向上させることで健康度を高めることも大きな目的の一つになる。そのためには、活動の質を伴った身体活動量の増加が必要であり、それを効率的に促す方法の一つとして、DPBP と LC を活用した本プログラムは有効である可能性が高いと考えられた。

謝辞

本研究の実施に際し、参加者としてご協力いただいた市民に感謝するとともに、食事指導を担当していただいた福岡市健康づくり財団・管理栄養士の肘井千賀氏、江上薫氏と運動指導を担当していただいた福岡市健康づくりセンター・株式会社

健康科学研究所・健康運動指導士の山口靖子氏、樋口ゆう子氏に深謝致します。

文 献

- Ayabe, M., Yahiro, T., Yoshioka, M., Higuchi, H., Higaki, Y., and Tanaka, H. (2009) Objectively measured age-related changes in the intensity distribution of daily physical activity in adults. *J. Phys. Act. Heal.*, 6: 1-8.
- Bucksch, J. (2005) Physical activity of moderate intensity in leisure time and the risk of all cause mortality. *Br. J. Sports Med.*, 39: 632-638.
- Gaesser, G.A. and Rich, R.G. (1984) Effects of high- and lowintensity exercise training on aerobic capacity and blood lipids. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 269-274.
- Jakicic, J.M., Marcus, B.H., Gallagher, K.I., Napolitano, M., and Lang, W. (2003) Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women. A randomized trial. *JAMA*, 290: 1323-1330.
- James, N.W., Adams, G.M., and Wilson, A.F. (1989) Determination of anaerobic threshold by ventilatory frequency. *Int. J. Sports Med.*, 10: 192-196.
- Kiyonaga, A., Arakawa, K., Tanaka, H., and Shindo, M. (1985) Blood pressure and hormonal responses to aerobic exercise. *Hypertension*, 7: 125-131.
- Kumahara, H., Schutz, Y., Ayabe, M., Yoshioka, M., Yoshitake, Y., Shindo, M., Ishii, K., and Tanaka, H. (2004) The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br. J. Nutr.*, 91: 235-243.
- Kumahara, H., Ishii, K., and Tanaka, H. (2006) Physical activity monitoring for health management: practical techniques and methodological issues. *Int. J. Sports Health Sci.*, 4: 380-393.
- Lee, I.M. and Paffenbarger, R.S.Jr. (2000) Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. *Am. J. Epidemiol.*, 151: 293-299.
- Morikawa, M., Okazaki, K., Masuki, S., Kamijo, Y.I., Yamazaki, T., Gen-No, H., and Nose, H. (2009) Physical fitness and indices of lifestyle-related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. *Br. J.*

- Sports Med. 21: in press.
- Matoba, H. and Gollnick, P.D. (1984) Response to skeletal muscle to training. *Sports Med.*, 1: 240–251.
- Nemoto, K., Gen-no, H., Masuki, S., Okazaki, K., and Nose, H. (2007) Effects of high-Intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clin. Proc.*, 82: 803–811.
- Nicklas, B.J., Wang, X., You, T., Lyles, M.F., Demons, J., Easter, L., Berry, M.J., Lenchik, L., and Carr, J.J. (2009) Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.*, 89: 1043–1052.
- 日本体力医学会体力科学編集委員会 (2006) 代謝計算. アメリカスポーツ医学会, 編. 運動処方指針—運動負荷試験と運動プログラム— (原著第7版). 東京: 南江堂, 299–305.
- Otsuki, T., Maeda, S., Sugawara, J., Kesen, Y., Murakami, H., Tanabe, T., Miyauchi, T., Kuno, S., Ajisaka, R., and Matsuda, M. (2006) Age-related reduction of systemic arterial compliance relates to decrease aerobic capacity during sub-maximal exercise. *Hypertens. Res.*, 29: 759–765.
- Posner, J.D., Gorman, K.M., Klein, H.S., and Cline, C.J. (1987) Ventilatory threshold: measurement and variation with age. *J. Appl. Physiol.*, 63: 1519–1525.
- Riley, M., Maehara, K., Porszasz, J., Engelen, M.P., Bartstow, T.J., Tanaka, H., and Wasserman, K. (1997) Association between the anaerobic threshold and the break-point in the double product/work rate relationship. *Eur J Appl Physiol*, 75: 14–21.
- Sakamoto, M., Higaki, Y., Nishida, Y., Kiyonaga, A., Shindo, M., Tokuyama, K., and Tanaka, H. (1999) Influence of mild exercise at the lactate threshold on glucose effectiveness. *J. Appl. Physiol.*, 87: 2305–2310.
- Sasaki, J., Shindo, M., Tanaka, H., Ando, M., and Arakawa, K. (1987) A long term aerobic exercise program decrease the obesity index and increases the high density lipoprotein cholesterol concentration in obese children. *Intern. J. Obesity.*, 11: 339–345.
- Slentz, C.A., Duscha, B.D., Johnson, J.L., Ketchum, K., Aiken, L.B., Samsa, G.P., Houmard, J.A., Bales, C.W., and Kraus, W.E. (2004) Effects of the Amount of Exercise on Body Weight, Body Composition, and Measures of Central Obesity. *Arch. Intern. Med.*, 164: 31–39.
- Sunami, Y., Motoyama, M., Kinoshita, F., Mizooka, Y., Sueta, K., Matsunaga, A., Sasaki, J., Tanaka, H., and Shindo, M. (1999) Effect of low-intensity aerobic training on the high-density lipoprotein cholesterol concentration in healthy elderly subjects. *Metabolism.*, 48: 984–988.
- Swain, D.P. and Franklin, B.A. (2002) VO(2) reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34: 152–157.
- Tanaka, H., Kakiyama, T., Takahara, K., Yamauchi, M., Tanaka, M., Sasaki, J., Taniguchi, T., Matsuo, H., and Shindo, M. (1995) The association among fat distribution, physical fitness, and the risk factors of cardiovascular disease in obese women. *Obes. Res.*, 3: 649S–653S.
- Tanaka, H., Kiyonaga, A., Terao, Y., Ide, K., Yamauchi, M., Tanaka, M., and Shindo, M. (1997) Double product response is accelerated above the blood lactate threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29: 503–508.
- Thomas, S.G., Cunningham, D.A., Thompson, J., and Rechnitzer, P.A. (1985) Exercise training and “ventilation threshold” in elderly. *J. Appl. Physiol.*, 59: 1472–1476.
- Trost, S.G., McIver, K.L., and Pate, R.R. (2005) Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37: S531–543.
- 津下一代・横地正裕・新実光朗 (1998) 肥満患者の運動療法実施状況—多メモリー加速度計装置付歩数計を用いての検討—. *肥満研究*, 4: 162–167.
- 運動所要量・運動指針の策定検討会 (2006) 健康づくりのための運動指針2006. —生活習慣病予防のために—. (平成22年6月28日受付)
(平成23年1月7日受理)