

運動介入期間中の日常生活における身体活動量の変化が 活力年齢および体力年齢に及ぼす影響

片山 靖富¹⁾ 笹井 浩行²⁾ 沼尾 成晴³⁾ 新村 由恵²⁾
大河原 一憲⁴⁾ 中田 由夫²⁾ 田中 喜代次²⁾

EFFECTS OF CHANGE IN DAILY PHYSICAL ACTIVITY DURING AN EXERCISE INTERVENTION ON VITAL AGE AND PHYSICAL FITNESS AGE

YASUTOMI KATAYAMA, HIROYUKI SASAI, SHIGEHARU NUMAO, YUKIE SHIMURA,
KAZUNORI OHKAWARA, YOSHIO NAKATA and KIYOJI TANAKA

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effects of change in daily physical activity during an exercise intervention on health status and physical fitness.

Methods : Participants were 22 obese middle-aged men (BMI : $29.1 \pm 2.8 \text{ kg/m}^2$, $54.1 \pm 11.4 \text{ yr}$). They performed 90-min exercise sessions on a regular basis 3 days per week for 3 months. Physical activity (total energy expenditure, TEE ; activity energy expenditure, AEE ; and step counts) was measured using an accelerometer. Daily physical activity was defined as that which was performed outside of the exercise class. A 3-day food record was used to estimate energy intake.

Results : Body weight decreased ($-3.0 \pm 2.5 \text{ kg}$, $P < 0.05$). Vital age (VA), an index of comprehensive health status, and physical fitness age (PFA), an index of comprehensive physical fitness, significantly improved (VA : $-8.7 \pm 5.5 \text{ yr}$, PFA : $-8.5 \pm 5.1 \text{ yr}$, $P < 0.05$). Energy intake remained unchanged during the intervention ($+63.7 \pm 546.1 \text{ kcal/d}$). Daily physical activity increased (TEE : $+83.0 \pm 130.1 \text{ kcal/d}$, AEE : $+76.9 \pm 103.3 \text{ kcal/d}$, step counts : $+1789 \pm 2819 \text{ steps/d}$, $P < 0.05$). Change in daily physical activity was correlated with change in VA (AEE : $r = -0.52$, step counts : $r = -0.46$, $P < 0.05$), while change in daily physical activity did not correlate with change in PFA.

Conclusion : These results suggest that changes in daily physical activity during an exercise intervention are associated with improved health status.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2008, 57 : 463~474)

key word : daily physical activity, energy intake, weight loss, vital age, physical fitness age

I. 緒 言

近年、肥満に伴う循環器系疾患の患者数が増加しており¹⁾、その予防と改善が急務となっている。Paffenberger et al.²⁾や田中たち³⁾によると、疾病を予防し健康を維持・増進するためには運動を習慣化

することが大切であることを報告しており、Blair et al.⁴⁾や Talbot et al.⁵⁾、Katzmarzyk et al.⁶⁾は体力も生活習慣病の独立した危険因子であることから、体力を高めることが重要であると報告している。しかしながら、多くの運動介入研究の結果や症例報告を見ると、類似した運動種目、時間、強度、頻度で

¹⁾ 皇學館大学教育学部
〒516-8555 三重県伊勢市神田久志本町1704

²⁾ 筑波大学大学院 人間総合科学研究科
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

³⁾ 早稲田大学 スポーツ科学学術院
〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

⁴⁾ 国立健康・栄養研究所
〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1

Faculty of Education, Kogakkan University, 1704 Kodakujimoto-cho,
Ise, Mie 516-8555

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of
Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577

Faculty of Sports Sciences, Waseda University, 2-579-15 Mitsugashima,
Tokorozawa, Saitama 359-1192

National Institute of Health and Nutrition, 1-23-1 Toyama, Shinjyuku,
Tokyo 162-8363

介入をおこなっても, それぞれの研究で体重の減少量や健康度の改善度, 体力の向上の程度が異なるだけでなく, 個人間にばらつき(個人差)が認められる⁷⁾. 体重の減少について例を挙げると, 理論的には, エネルギー摂取量が不変であったと仮定すると, 運動介入によって消費されたエネルギー量に見合った体重減少が見込まれるはずだが, 結果は必ずしも一致しない. Mertens et al.⁸⁾は, 運動を実践したにも関わらず体重をはじめ, 中性脂肪や血糖値などが変化しないという結果を報告しており, その原因はエネルギー摂取量が増えたためと推察している. また, Leon et al.⁹⁾は, 運動教室に参加することで日常の身体活動量が減少してしまい, 結果的に運動教室で得られた身体活動量が相殺されてしまった可能性があると考えしている. これらの先行研究は, 運動を介入することによってこれまでの日常生活(運動習慣や食習慣)に変化が生じる可能性があり, 体重の減少や健康度の改善には介入した運動の効果のみならず, 日常生活における身体活動量(エネルギー消費量)や食事エネルギー摂取量の変化が影響することを示唆している. 介入した運動が体重や健康度の改善および体力の向上に及ぼす影響(運動実践のみの効果)を明らかにするためには, 日常生活の変化を除外した検討が必要である. そのためには, 介入した運動内容(種目, 頻度, 時間, 期間, 強度)や介入した運動による身体活動量, 介入期間中における身体活動の総量を示すだけでなく, 運動教室に参加した日と運動教室に参加していない日(日常生活)の身体活動量を分けて調査することや食事内容の変化を調査する必要がある. これらのことから, 本研究では介入した運動による効果を明らかにするための知見を得るべく, 介入期間中における身体活動の総量に加えて, 運動教室に参加していない日(日常生活)における身体活動量の変化と食事内容の変化を調査し, これらの変化が体重や健康度, 体力に影響を及ぼしているか否かを検討した.

II. 方 法

A. 対象者

本研究の対象者は, 日本肥満学会¹⁰⁾の定める肥満の定義に基づく body mass index (BMI) が25以上の肥満者 ($29.1 \pm 2.8 \text{ kg/m}^2$) であり, かつ運動が禁忌となる疾患を有さない中高年男性とした. 対象者

は, 茨城県T市およびT市近隣の市町村自治体の広報誌や地域情報誌を通じて, 自らの意思によって集まった. 運動教室には30名が参加・登録したが, 出席率が50%に満たない者3名, 家庭の事情により教室を完遂できなかった者5名を除外し, 22名 (54.1 ± 11.4 歳) を本研究の対象とした. すべての対象者には教室参加に先立ち, 本研究の目的と運動教室および測定内容を説明し, 書面にて研究参加への同意を得た. なお, 本研究は筑波大学に帰属する倫理委員会の承認を得た.

B. 運動教室

運動教室は2006年5月から8月にかけて開催した. 開催頻度は週3回であり, 1回当たり90分のプログラムを3ヵ月間(全39回)提供した. 教室では, 徒手体操や柔軟体操(ストレッチ)によるウォーミングアップを15分間おこない, その後60分間の主運動, 15分間のクーリングダウンをおこなった. 主運動の内容は, ウォーキングやジョギングなどの有酸素性運動を中心とし, それら以外にも自体重を負荷とした腕立て伏せや腹筋などのレジスタンストレーニングやレクリエーション運動, ゲーム運動などをおこなった. クーリングダウンでは, 徒手体操や柔軟体操(ストレッチ)をおこなった. 運動中は怪我や事故に配慮し, 特に脱水症状が起らないように水分を十分に補給するように注意を呼びかけた. 主運動の運動強度は, Borg¹¹⁾の自覚的運動強度(ratings of perceived exertion, RPE)が13~15(ややきつい~きつい)になるよう導いた. また, 心拍数測定器(610i, Polar社製)を用いて主運動中の心拍数を確認した.

介入期間中における運動教室のない日の運動については特に指示を与えず, 対象者の自主性に任せた. また, 食習慣の変化が介入期間中の体重や健康度の変化に影響を及ぼすことが予想されるため, 対象者には介入前の食習慣を維持するよう指示した.

C. 加速度計によるエネルギー消費量, 運動量, 歩数, 運動強度別の活動時間の測定

対象者に, 加速度センサーを内蔵した一軸加速度計(ライフコーダ, スズケン社製)を配布し, 毎日の身体活動量(エネルギー消費量, 運動量, 歩数および活動強度別の活動時間とその割合)を測定した.

加速度計は、介入前の3週間と介入期間中の3ヵ月間にわたって腰部に装着するよう指示した。加速度計は起床から就寝まで入浴時を除き常時装着することとした。対象者には、加速度計の装着状況および毎日の運動実践状況を記録させた。その記録と加速度計によって測定されたデータを照らし合わせて、加速度計を装着していなかった日や装着時間が12時間に満たない場合、水中運動など加速度計を装着できない運動や自転車運動のように加速度計が感知できないような運動をおこなった日の身体活動を統計処理の対象から除外した(ただし、これらの運動を定期的におこなっていた者はおらず、除外したデータも僅かであった)。なお、本研究では、介入前と介入期間中で教室のない日(教室非参加日)を日常生活とした。

D. 食事・栄養調査

調査に先立ち、すべての対象者に、食事・栄養調査の記録の仕方について詳細に説明した。介入前と介入期間中(教室開始から9および10週目)のそれぞれにおいて、平日(仕事のある日)2日と休日(仕事のない日)1日の各3日分、計6日分の食事内容を詳細に記録させた。可能な限り通常の食習慣を反映するような日を選び、特別な行事などを含む日は記録日に含めないよう指示した。エネルギー摂取量の算出に際し、記録内容が不十分である場合は管理栄養士が個別に聞き取り調査をした。これを基に、食事療法栄養計算ソフト(エクセル栄養君 ver 4.0, 建帛社製)を用いて、熟練した管理栄養士がエネルギー摂取量を算出した。

E. 身体的特徴・形態

身長は身長計(YG200, ヤガミ社製)を用いて0.1 cm単位で測定した。体重は体重計(TBF-551, タニタ社製)を用いて0.1 kg単位で測定した。BMIは、体重(kg)を身長(m)の2乗で除すことで求めた。体脂肪率は体脂肪計(HBF-300, オムロン社製)を用いて、インピーダンス法により算出した。腹囲(臍位)は非伸縮性のメジャーを用い、0.1 cm単位で測定した。

F. 活力年齢・体力年齢

種々の疾病の要因となる血圧、血中脂質、血糖値

など、ヒトの健康や老化過程を反映する健康関連項目は複数あるが、それらが単独で健康を評価できるものではなく、複数の要因から健康度・老化度を評価すべきである。したがって、本研究では、ヒトの老化を如実に反映する運動時の生理的応答や体力水準から健康度・老化度を評価できるとされる活力年齢を用いて対象者の健康度を評価した¹²⁻¹⁴⁾。なお、活力年齢算出式には、乳酸性閾値(lactate threshold, LT)時の酸素摂取量と心拍数が用いられているが、本研究では、無酸素性代謝閾値(anaerobic threshold, AT)時の酸素摂取量と心拍数を代用し、活力年齢を求めた。最大酸素摂取量などが体力の指標として用いられることがあるが、活力年齢と同様に、体力においても複数の要因から評価することが望ましい。そこで、本研究では、体力年齢を算出した¹⁵⁾。以下、活力年齢や体力年齢の算出に必要な説明変数の情報を得るための測定項目とその測定方法を記す。なお、介入前および介入後におけるこれらの測定は、身体活動量および食事・栄養調査の終了後におこなった。

1. 血圧

血圧は水銀血圧計を用い、収縮期血圧と拡張期血圧を測定した。椅座位で15分間安静後に2回測定し、測定値は原則として低い値を採用した。

2. 血液生化学検査

対象者には、血液検査前日の激しい運動や採血前から12時間以内の食事を控えるよう指示し、空腹状態で午前中に採血をおこなった。血液生化学検査の項目は総コレステロールと中性脂肪であり、すべての分析を江東微生物研究所(つくば市)に依頼した。

3. AT時酸素摂取量, 最大酸素摂取量, AT時心拍数(全身持久性体力)

運動負荷テストは、自転車エルゴメータ(Model 828E, Monark社製)を用いておこなった。0 wattで2分間のウォーミングアップの後、主観的限界に至るまで毎分15 wattsずつ段階的に負荷強度を高める多段階漸増負荷を用いAT時酸素摂取量と最大酸素摂取量を測定した¹⁶⁾。このときのペダルの回転数(revolution per minute, rpm)は、メトロノーム音に合わせ60 rpmを維持するように指示した。ATは、V-slope法を用い、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)に対する二酸化炭素排出量($\dot{V}CO_2$)の上昇開始点および CO_2 換気当量の増加を伴わない O_2 換気当量の増加開始

点として決定した¹⁷⁾. この時点での心拍数(AT時に相当する心拍数)をAT時心拍数とした. 負荷テスト中の換気および呼気ガス諸量は自動呼気ガス分析器(Oxycon Alpha, Mijnhardt社製)を用いてbreath-by-breath法により分析し, 分時換気量, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ を30秒ごとの平均値として求めた. 負荷テスト中は心電計(DS-2150, フクダ電子社製)を用いて心電図と心拍数を, さらにRPEを連続監視し, データの収集とともに運動中の事故防止に努めた.

4. 反復横とび(敏捷性)

反復横とびは, 3本線(間隔1m)の中央線をまたいで立ち, 合図とともに左右どちらかに移動し, 外側の線を, 次に中央線を, 続いて逆側の線を踏むか越えるという一連の動作を20秒間続け, 何本(何回)線を踏むか越えることができたかを記録した. 測定回数は1回とした.

5. 閉眼片足立ち(平衡性)

閉眼片足立ちの測定では, 立位姿勢にて腰に両手をあてた後, 片方の足を床から前方に約20cmあげてバランスをとらせ, その直後に眼を閉じるよう指示した. 測定値は, その状態での静止時間として求めた. 測定値は支持足が定位置から動くまで, または非支持足が着地したり手が腰から離れたりするまでの時間とした(最高60秒間). 測定は2度おこない, 高い数値を採用した.

6. 握力(筋力)

握力は, 握力計(Grip-D, T. K. K. 5401, 竹井機器社製)を用いて測定した. 測定は左右2回ずつ合計4回おこない, 高い数値を採用した.

7. 立位体前屈(柔軟性)

立位体前屈は, 立位体前屈計(Flexion-A, T. K. K. 1229, 竹井機器社製)を用いて測定した. 測定は2回おこない, 高い数値を採用した.

8. 伏臥上体反らし(柔軟性)

伏臥上体反らしは, 伏臥上体反らし計(Extension-A, T. K. K. 1860, 武井機器社製)を用いて測定した. 測定は2回おこない, 高い数値を採用した.

9. 垂直とび(瞬発力)

垂直とびは, 垂直とび計(Jump-MD, T. K. K. 5106, 竹井機器社製)を用いて測定した. 測定は2回おこない, 高い数値を採用した.

10. 1秒量(呼吸・肺機能)

1秒量の測定は, 電子スパイロメータ(SP-310, フクダ電子社製)を使用し, 1秒量(forced expiratory volume in one second, FEV_{1.0})を求めた. 測定は2度おこない, 高い数値を採用した.

11. 肩甲骨下部皮下脂肪厚

肩甲骨下部の皮下脂肪厚は栄研式キャリパーを用いて測定した. 測定は2度おこない, その平均値を求めた. 肩甲骨下部の皮下脂肪厚の測定は, 教室介入前と介入後ともに熟練した検者1名が担当し, 検者間による測定誤差が小さくなるように努めた.

G. 統計処理

介入前後における対象者の身体的特徴, 活力年齢, 体力年齢およびその各構成要素の測定値の比較には, 対応のあるt検定を用いた. 介入前と介入期間中の教室非参加日, 教室参加日におけるエネルギー消費量, 運動量, 歩数, 活動強度別の活動時間の割合, エネルギー摂取量の差については, 対応のある一元配置の分散分析を用いて検定し, 有意差が認められた項目には, Bonferroniの事後検定を施した. 介入に伴う身体活動量の変化と介入前の身体活動量との関係は, Pearsonの積率相関係数によってあらわした. 体重や活力年齢, 体力年齢の変化量とエネルギー消費量, 運動量, 歩数の変化量における2変量間の相関関係は, エネルギー摂取量の変化量を制御変数とし, 偏相関係数によってあらわした. 表中の数値は, すべて平均値 ± 標準偏差で示した. また, すべての解析はSPSS 11.0J(SPSS社製)を用いておこない, 統計的有意水準はすべて5%未満とした.

III. 結 果

A. 身体的特徴・形態

体重やBMI, 体脂肪率, 腹囲は, 介入前から介入後にかけて有意に減少した(体重: -3.0 ± 2.5 kg, BMI: -1.1 ± 0.8 kg/m², 体脂肪率: $-2.2 \pm 1.3\%$, 腹囲: -4.4 ± 3.0 cm)(Table 1).

B. 活力年齢・体力年齢

活力年齢および体力年齢は介入前から介入後にかけて有意に低下した(活力年齢: -8.7 ± 5.5 歳, 体力年齢: -8.5 ± 5.1 歳). 活力年齢および体力年齢

Table 1. Physical characteristics at baseline and post the exercise intervention.

	Baseline	Post	Change
Age, yr	54.1 ± 11.4	—	—
Height, cm	167.8 ± 7.5	—	—
Weight, kg	82.2 ± 12.5	79.2 ± 12.0*	-3.0 ± 2.5
Body mass index, kg/m ²	29.1 ± 2.8	28.0 ± 2.9*	-1.1 ± 0.8
Waist circumference, cm	101.4 ± 8.1	97.0 ± 8.3*	-4.4 ± 3.0
Percentage of fat mass, %	29.2 ± 3.8	27.0 ± 4.0*	-2.2 ± 1.3

Values are means ± SD

*Significantly different from baseline value ($P < 0.05$)

の構成要素である立位体前屈は $+4.0 \pm 4.6$ cm, 肩甲骨下部皮脂厚は -7.6 ± 5.2 mm, 最大酸素摂取量は $+4.9 \pm 3.3$ mL/kg/min, AT 時酸素摂取量は $+2.8 \pm 2.8$ mL/kg/min, AT 時心拍数は -3.6 ± 8.0 拍/分, 反復横とびは $+6.0 \pm 6.1$ 回/20秒, 閉眼片足立ちは $+11.0 \pm 15.1$ 秒, 総コレステロールは -16.0 ± 22.2 mg/dL と介入前から介入後にかけて有意に変化した (Table 2).

C. 身体活動量と食事・栄養調査

エネルギー摂取量は介入前後で変化していなかった (2467 ± 532 kcal/day \rightarrow 2530 ± 454 kcal/day). 教室非参加日や教室参加日のエネルギー消費量 (非参加日: 2344 ± 276 kcal/day, 参加日: 2576 ± 317 kcal/day), 運動量 (非参加日: 330 ± 118 kcal/day, 参加日: 538 ± 142 kcal/day), 歩数 (非参加日: 9151 ± 2984 steps/day, 参加日: 13038 ± 3159 steps/day), 活動強度別の活動時間とその割合 (非参加日: 活動レベル 0, 21.6 ± 0.8 h, $90.1 \pm 3.5\%$; 活動レベル 1~3, 1.5 ± 0.6 h, $6.3 \pm 2.6\%$; 活動レベル 4~6, 0.8 ± 0.6 h, $3.4 \pm 2.3\%$; 活動レベル 7~9, 0.0 ± 0.0 h, $0.2 \pm 0.1\%$) (参加日: 活動レベル 0, 20.9 ± 1.0 h, $87.0 \pm 4.1\%$; 活動レベル 1~3, 1.6 ± 0.7 h, $6.8 \pm 2.8\%$; 活動レベル 4~6, 1.2 ± 0.5 h, $5.2 \pm 2.1\%$; 活動レベル 7~9, 0.3 ± 0.2 h, $1.1 \pm 0.9\%$) は, 介入前のエネルギー消費量 (2262 ± 264

kcal/day) や運動量 (253 ± 109 kcal/day), 歩数 (7361 ± 3054 steps/day), 活動強度別の活動時間とその割合 (活動レベル 0, 22.8 ± 0.5 h, $95.0 \pm 2.2\%$; 活動レベル 1~3, 0.9 ± 0.3 h, $3.6 \pm 1.3\%$; 活動レベル 4~6, 0.1 ± 0.3 h, $1.6 \pm 1.2\%$; 活動レベル 7~9, 0.0 ± 0.0 h, $0.1 \pm 0.1\%$) と比べて有意に高かった (Table 3).

D. 体重, 活力年齢および体力年齢の変化と身体活動量の変化との関係

エネルギー摂取量の変化量を制御変数とした体重の変化量と日常生活 (介入前と教室非参加日) における運動量の変化量 ($r = -0.47$) や活力年齢の変化量と日常生活における運動量の変化量 ($r = -0.52$) および歩数の変化量 ($r = -0.46$) との間には有意な相関関係が認められた. 一方で, 体力年齢と日常生活におけるエネルギー消費量, 運動量および歩数の変化量との間には有意な相関関係が認められなかった (Figure 1a-i).

E. 介入に伴う身体活動量の変化と介入前の身体活動量との関係

介入前の歩数と介入期間中の日常生活における歩数の変化量との間には有意な相関がみとめられた ($r = -0.49$). 介入前のエネルギー消費量とエネルギー消費量の変化量との間, 介入前の運動量と運動

Table 2. Vital age, physical fitness age and its components at baseline and post the exercise intervention.

	Baseline	Post	Change
Vital age, yr	61.6 ± 10.6	53.0 ± 10.9*	-8.7 ± 5.5
Physical fitness age, yr	55.9 ± 11.4	47.3 ± 11.8*	-8.5 ± 5.1
Right hand grip strength, kg	43.4 ± 7.4	43.8 ± 7.1	0.5 ± 3.5
Left hand grip strength, kg	42.2 ± 7.8	42.9 ± 7.0	0.7 ± 4.1
Trunk flexion, cm	-1.1 ± 7.0	3.0 ± 7.7*	4.0 ± 4.6
Trunk extension†, cm	39.1 ± 8.2	40.2 ± 8.2	1.1 ± 3.6
Vertical jump, cm	41.4 ± 8.5	41.7 ± 8.7	0.3 ± 5.3
Side-to-side steps, number/20 s	36.5 ± 8.3	42.5 ± 6.7*	6.0 ± 6.1
Single-leg balance with eyes closed, s	20.2 ± 15.6	31.2 ± 17.1*	11.0 ± 15.1
Skin-fold thickness at the subscapular site, mm	34.8 ± 7.9	27.2 ± 8.3*	-7.6 ± 5.2
$\dot{V}O_2$ max, mL/kg/min	29.5 ± 6.0	34.3 ± 7.5*	4.9 ± 3.3
$\dot{V}O_2$ @AT, mL/kg/min	18.1 ± 3.2	20.8 ± 4.2*	2.8 ± 2.8
HR@AT, beats/min	115.2 ± 15.3	111.6 ± 13.5*	-3.6 ± 8.0
Systolic blood pressure, mmHg	131.9 ± 12.7	132.3 ± 12.1	0.5 ± 11.1
Total cholesterol, mg/dL	216.7 ± 38.0	200.6 ± 27.6*	-16.0 ± 22.2
Triglycerides, mg/dL	128.5 ± 67.3	117.3 ± 61.4	-11.3 ± 39.6
Forced expiratory volume for 1 sec, L	3.05 ± 0.68	3.07 ± 0.82	0.02 ± 0.36

Values are means ± SD

*Significantly different from baseline value ($P < 0.05$); †N=21

$\dot{V}O_2$ max : maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_2$ @AT : oxygen uptake at the anaerobic threshold, HR@AT : heart rate at the anaerobic threshold

量の変化量との間には有意な相関が認められなかった(エネルギー消費量: $r = -0.15$, $P = 0.49$; 運動量: $r = -0.39$, $P = 0.08$) (Figure 2).

IV. 考 察

本研究では、運動実践によって介入前から介入後にかけて、体重や BMI、活力年齢や体力年齢関連

Table 3. Physical activity and energy intake at baseline and during the exercise intervention.

	Baseline	During the exercise intervention		
		Total	Date without exercise class	Date with exercise class
Energy intake, kcal/day	2467 ± 532	2530 ± 454		
Total energy expenditure, kcal/day	2262 ± 264	2429 ± 289*	2344 ± 276*	2576 ± 317*†
Activity energy expenditure, kcal/day	253 ± 109	405 ± 123*	330 ± 118*	538 ± 142*†
Steps, steps/day	7361 ± 3054	10564 ± 2993*	9151 ± 2984*	13038 ± 3159*†
Activity level 0, h	22.8 ± 0.5	19.2 ± 0.9*	21.6 ± 0.8*	20.9 ± 1.0*†
Percentage of activity level 0, %	95.0 ± 2.2	89.0 ± 3.6*	90.1 ± 3.5*	87.0 ± 4.1*†
Activity level 1-3, h	0.9 ± 0.3	1.6 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.6 ± 0.7*†
Percentage of activity level 1-3, %	3.6 ± 1.3	6.5 ± 2.6*	6.3 ± 2.6*	6.8 ± 2.8*†
Activity level 4-6, h	0.1 ± 0.3	1.0 ± 0.5	0.8 ± 0.6	1.2 ± 0.5*†
Percentage of activity level 4-6, %	1.6 ± 1.2	4.0 ± 2.2*	3.4 ± 2.3*	5.2 ± 2.1*†
Activity level 7-9, h	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.2*†
Percentage of activity level 7-9, %	0.1 ± 0.1	0.5 ± 0.4*	0.2 ± 0.1	1.1 ± 0.9*†

Values are means ± SD

*Significantly different from the baseline value ($P < 0.05$)

†Significantly different from the value of the date without exercise class ($P < 0.05$)

項目に有意な改善がみられ、その結果、活力年齢および体力年齢が低下した (Table 1)。これらの項目の改善は、介入した運動実践の影響であるか、または日常生活 (教室非参加日) における身体活動量の変化や食習慣の変化による影響かを明らかにするため、運動教室に参加した日と日常生活における身体活動量の変化とエネルギー摂取量の変化を調査した。その結果、介入前と介入期間中のエネルギー摂取量に差はなかった (Table 2)。一方で、介入期間中の日常生活でのエネルギー消費量、運動量、歩数、活動強度別の活動時間とその割合は有意に増加していたことから (Table 3)、本研究における対象者の体重の減少や健康度の改善、体力の向上は、介入期間中の食習慣の変化による影響は小さく、身体活動量の増加によるものと考えられた。さらに、対象者の多くは日常生活におけるエネルギー消費量、運動量および歩数が増加しており、日常生活におけるエ

ネルギー消費量、運動量および歩数の変化と活力年齢の変化との間に有意な相関関係が認められた (Figure 1a-f)。これらのことから、対象者の体重の減少や健康度の改善、体力の向上は、介入した運動だけでなく日常生活における身体活動量にも影響を受けていると考えられた。次に、介入した運動によるエネルギー消費量と日常生活におけるエネルギー消費量が体重の減少に及ぼす影響について検討すると、本研究の運動教室に参加した日のエネルギー消費量が 2576 ± 317 kcal/day であり、介入前のエネルギー消費量よりも 314 kcal/day 増加していた。この 314 kcal/day の増加が運動教室で増加した純粋なエネルギー消費量と考えると、3 ヶ月間 (運動教室 39 回) の参加で 12168 kcal (314 kcal/day \times 運動教室 39 回) のエネルギーを消費したと推測できる。すべて脂肪 (7000 kcal/kg) の減少と仮定すると、 1.7 kg (12168 kcal \div 7000 kcal/kg) の減量となる。本研究

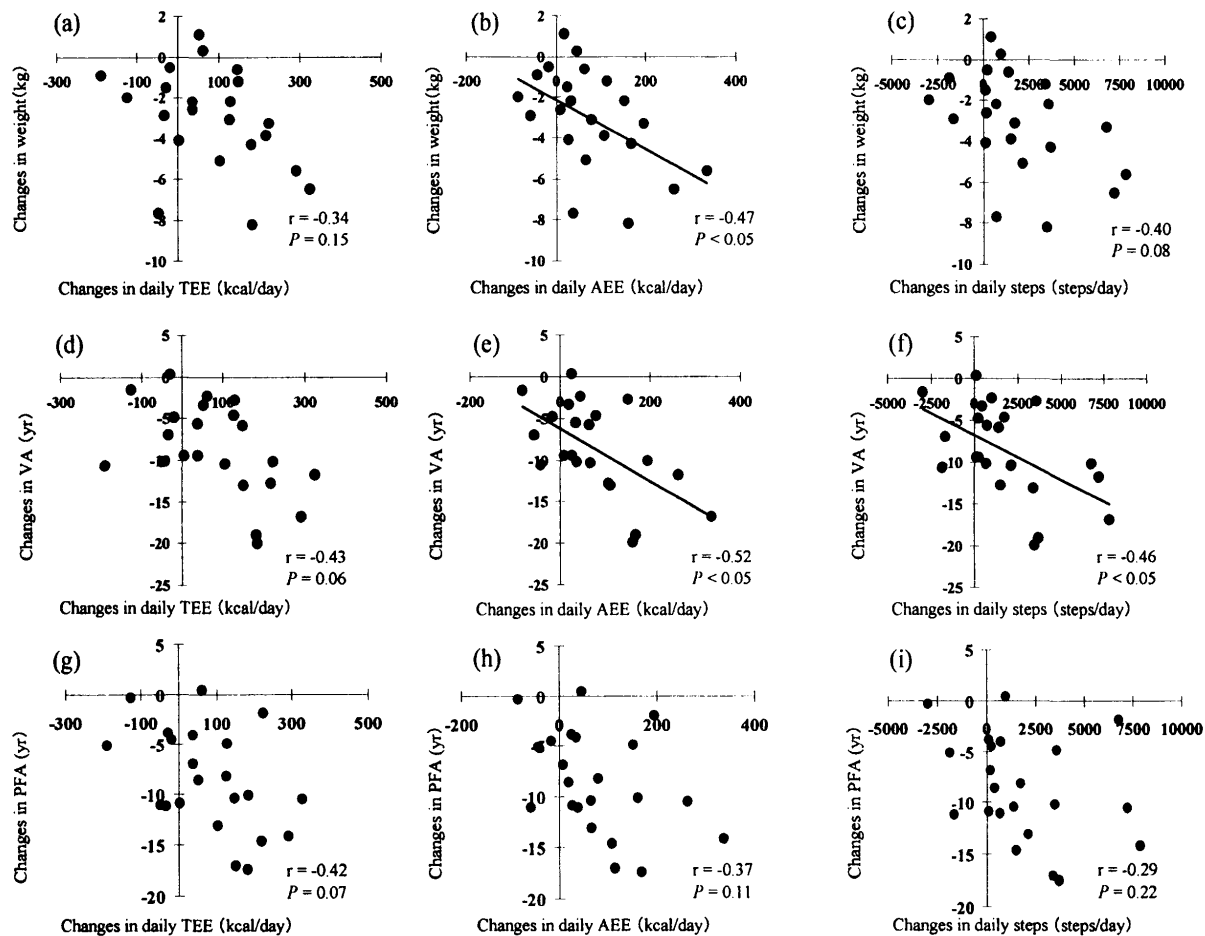


Figure 1. Relationship between changes in daily physical activity (total energy expenditure : TEE, activity energy expenditure : AEE, and steps) and changes in weight, vital age (VA), and physical fitness age (PFA).

Partial correlation coefficients (r) adjusted for change in energy intake were calculated.

では、平均 3.0 kg の減量であったことから、介入した運動と日常生活におけるエネルギーの増加による影響は同程度であると推察される。しかしながら、教室参加日の身体活動量を教室参加時間と教室参加時間以外に分けた詳細な調査ができていない

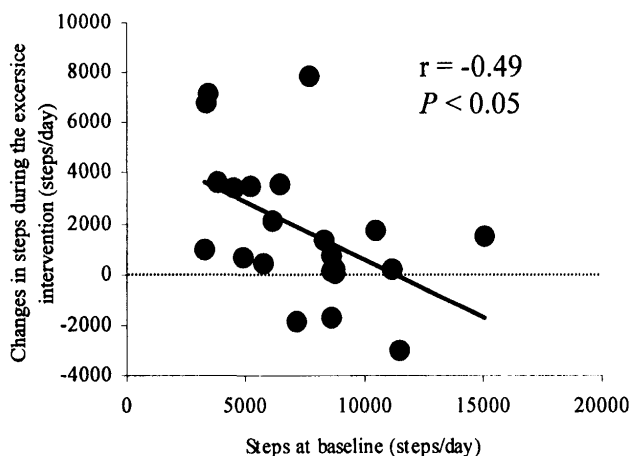


Figure 2. Relationship between daily physical activity (steps) at baseline and changes in daily physical activity (steps) following intervention.

ため、今後は、教室参加日の生活活動内容をさらに精査することが課題であり、運動による身体活動と日常生活の身体活動が、体重の減少量や健康度の改善、体力の向上に対する、より詳細な影響度・貢献度を明らかにできるであろう。

Ross et al.¹⁸⁾は、本研究と同様にエネルギー消費量とエネルギー摂取量を同時に調査している。介入した運動によるエネルギー消費量は心拍数と酸素摂取量の関係から算出し、日常生活における身体活動量は二重標識水法を用いてエネルギー消費量を測定している。その結果、運動群は1日あたり700 kcalの運動を実践し、体重の減少を伴わない運動群(体重の変化量: -0.5 kg)は、介入期間中におけるエネルギー摂取量(3335 kcal/day)とエネルギー消費量(3280 kcal/day)に差はなかった。一方、7.5 kgの体重減少が伴った運動群のエネルギー出納が -1039 kcal/dayであったことから、介入した運動量以上のエネルギーを消費していたと推察できる。

また、二重標識水法は本研究で用いた一軸加速度計の妥当基準となっているため、エネルギー消費量の推定精度は高いものであるが¹⁹⁾、この方法で求められたエネルギー消費量は日常生活の身体活動によるエネルギー消費量と介入した運動によるエネルギー消費量の総量である。日常生活におけるエネルギー消費量は、介入した運動によるエネルギー消費量を差し引いたものとなるが、運動によるエネルギー消費量と日常生活におけるエネルギー消費量は、異なる方法で推定されている。したがって、エネルギー収支の違いが体重や血液などの健康指標に及ぼす影響は明らかにできたが、介入した運動および日常生活における身体活動が体重や健康度、体力に及ぼす影響までは明らかにできるとは言えない。本研究では、一軸加速度計を用いて介入した運動による身体活動量と日常生活における身体活動量とを分けて調査でき、日常生活における身体活動量の増加が体重の減少や健康度の改善に影響している可能性が示唆されたことは意義深い。ただし、一軸加速度計は、上半身中心の活動や水中運動など加速度計を装着できない運動と自転車運動のように加速度計が感知できないような運動を反映できないことや、一軸加速度計によるエネルギー消費量や運動量は、体重などからによる推定値であり実測値ではないという限界から、二重標識水法よりも身体活動量の推定精度に欠けるため²⁰⁾、必ずしもすべての身体活動を把握できているものではない。したがって、Figure 1a-f が示すように、運動量の変化と体重の変化には有意な相関関係が認められ、一方でエネルギー消費量の変化と体重の変化には有意な相関関係が認められない結果が得られた原因に、推定値の誤差によるものが考えられる。

介入期間中の日常生活における運動は対象者の自発性に任せた結果、対象者全体ではエネルギー消費量、運動量、歩数および活動強度別の活動時間とその割合が有意に増加していた。一軸加速度計から求められた活動強度と metabolic equivalents (METs) には関連性が認められており、加速度計の活動強度 1～3 は 3 METs 未満、活動強度 4～6 は 3～6 METs、活動強度 7～9 は 6 METs 以上に相当する²⁰⁾。微弱な運動強度(活動強度 0)の割合が有意に減少し、低強度(活動強度 1～3)や中強度(活動強度 4～6)が介入前よりも有意に増加していたこ

と (Table 3) や対象者が新たに運動習慣を確立した者は皆無であった。このことから、本研究では運動を介入しても日常生活における身体活動量は増加していた可能性が示唆される。一方で、Leon et al.⁹⁾ は対象者が教室に参加することで日常の身体活動量が減少してしまったことを考察している。彼らは、ウォーキングや階段昇降により 1 週間に 2000 kcal の運動を心疾患患者に処方しており、我々の運動と比べても 1 回あたりの身体活動量は同等かそれ以上の運動であった。その結果、疲労の蓄積や運動したことの満足感や達成感などから日常の身体活動量が減少してしまったと考えられる。また、Meijer et al.²¹⁾ も同様に、運動を介入することで体力の増加が見込めたが、1 日の身体活動量は運動以外での身体活動量の低下によって相殺され、増加しなかったことを報告している。Mertens et al.⁸⁾ は介入期間中のエネルギー摂取量が増大していたことを挙げているが、これとは逆に、健康の獲得のために対象者自らがエネルギー摂取量を減らすなど食習慣が変化することも考えられる。Heymsfield et al.²²⁾ が、介入研究で予想された結果が得られない原因のひとつに、対象者が介入方法や条件を遵守していないことを挙げているように、健康度の改善や体重の減少を目的とした介入研究をおこなう場合、監視下でない日常生活において身体活動量や食習慣を統制することは難しい。本研究のように多くの対象者で日常生活における身体活動量が増加していたことや、介入前の身体活動量が低かった者ほど介入に伴って身体活動量が増加したことは (Figure 2)、運動行動変容が認められた可能性を示唆するものであるが、Marcus et al.^{23, 24)} は、運動行動変容に対する動機付けの準備性レベルは各個人の間で異なり、運動行動変容の促されやすさもレベルによって異なることを報告している。本研究における対象者は公募によって自主的に集まった集団であることから、運動行動変容に対する動機付けの準備性レベルが高い集団であったと推察される。したがって、異なる条件下(集団)においても運動を介入すれば身体活動量が増加するとは限らない。介入のみの影響を明らかにするためには、対象者に条件を遵守させる指示だけでなく、介入以外の影響を同時に調査し、考慮する必要がある。

食事制限と運動実践を併用することで最も効果的

に体重の減少が可能であるが²⁵⁾, 食事制限を伴わずしても, 運動実践のみによる身体活動量の増加で体重の減少だけでなく健康度の改善および体力の向上をもたらすことが可能であることが明らかとなった. 中西ら²⁶⁾は本研究と同様の結果を得ており, また, Ohkawara et al.²⁷⁾は, 内臓脂肪面積を有意に減少させるためには, 10 METs · h/week 以上の有酸素性運動が必要であることを報告している. これらは, 健康の維持・増進に対する運動の有効性を示唆するものである. その一方で, 体力年齢と身体活動量との間に有意な相関が認められなかった (Figure 1g-i). 体力年齢は, 筋力や巧緻性, 俊敏性など複数の体力要素から総合的に評価していることから, 活力年齢と比べて, 身体活動量だけでなく運動強度や頻度の影響を大きく受けると考えられる. Huang et al.²⁸⁾は, 体力を高めるための運動強度には下限があることを報告しており, 運動実践のみで効果を出すためには長期にわたって運動実践を継続し, 身体活動量を増やすことが必要であるが, 必ずしも身体活動量の増加のみが健康度や体力の向上に寄与するものではないことにも理解すべきである.

最後に, 平成16年度国民健康・栄養調査報告²⁹⁾によると, 我が国の運動習慣者(週2回以上, 1回30分以上運動を1年以上継続している者)の割合は年々増加しているにも関わらず, 1日の歩数(身体活動量)は減少傾向にあり, 運動以外(日常生活)での身体活動量が低下していることが考えられる. このことから, 国民の運動習慣の定着による効果や介入のみの効果を明らかにする際は, 生活習慣(運動習慣や食習慣)の変化を同時に調査し, 考慮する必要がある. また, 日常生活での身体活動量の増加が大きいほど, 健康度の改善に貢献する可能性があることが本研究で明らかになったことから, 健康の維持・増進を目的とした運動教室を開催する場合, 教室に参加していることや教室での運動だけに満足させるのではなく, 日常生活における身体活動量が増えるよう, できる限り個人の体力レベル, 生活環境を考慮した汎用性のあるプログラムや対象者の行動変容を促すプログラムを準備し提供することが重要であると考えられる.

V. 結 語

本研究では, 介入した運動実践による身体活動量

を除いた日常生活における身体活動量の変化が体重や健康度, 体力の変化に及ぼす影響を検討した. その結果, 介入期間中の食習慣に変化はなく, 介入した運動以外の影響, すなわち日常生活における身体活動量が介入前よりも増加しており, その変化量と健康度の改善に関連性が認められた. したがって, 健康度の改善には, 介入した運動だけでなく, 日常生活における身体活動量の増加が影響している可能性が示唆された. このことから, 介入した方法のみの効果を明らかにする際は, 生活習慣(運動習慣や食習慣)の変化を同時に調査し, それらの変化を考慮する必要があると推察された.

謝 辞

本研究を遂行するにあたり, ご協力いただいた筑波大学体育専門学群 豊福允明氏には, この場をお借りして深く感謝申し上げます. なお, 本研究は, 研究拠点形成費補助金(21世紀 COE プログラム西平プロジェクト)および筑波大学先端学際領域研究センター(TARA 田中プロジェクト)の支援を受けておこなったものである.

(受理日 平成20年5月14日)

文 献

- 1) 厚生統計協会. 国民衛生の動向・厚生指標(2005), **52**, 43-55.
- 2) Paffenbarger, R. S. Jr., Lee, I. M. Intensity of physical activity related to incidence of hypertension and all-cause mortality: an epidemiological view. *Blood Press Monit.* (1997), **2**, 115-123.
- 3) 田中喜代次, 中村容一, 坂井智明. ヒトの総合的 QOL (quality of life) を良好に維持するための体育科学・スポーツ医学の役割. *体育学研究*, (2004), **49**, 209-229.
- 4) Blair, S. N. Revisiting fitness and fatness as predictors of mortality. *Clin. J. Sports Med.* (2003), **13**, 319-320.
- 5) Talbot, L. A., Morrell, C. H., Metter, E. J., Fleg, J. L. Comparison of cardiorespiratory fitness versus leisure time physical activity as predictors of coronary events in men aged ≤ 65 years and > 65 years. *Am. J. Cardiol.*, (2002), **89**, 1187-1192.
- 6) Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Blair, S. N. Cardiorespiratory fitness attenuates the effect of the metabolic syndrome on all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Arch. Intern. Med.* (2004), **164**, 1092-1097.
- 7) Bouchard, C., Rankinen, T. Individual differences in response to regular physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* (2001), **33**, S446-S451.

- 8) Mertens, D. J., Kavanagh, T., Campbell, R. B., Shephard, R. J. Exercise without dietary restriction as a means to long-term fat loss in the obese cardiac patient. *J. Sports Med. Phys. Fitness* (1998), **38**, 310-316.
- 9) Leon, A. S., Casal, D., Jacobs, D. Jr. Effects of 2000 kcal per week of walking and stair climbing on physical fitness and risk factor for coronary heart disease. *J. Cardiopulmonary Rehabil.* (1996), **16**, 183-192.
- 10) 日本肥満学会肥満症診断基準検討委員会. 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準. *肥満研究*, (2000), **6**, 18-28.
- 11) Borg, G. A. V. Perceived exertion: a note on "history" and methods. *Med. Sci. Sports* (1973), **5**, 90-93.
- 12) 田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生, 中村栄太郎. 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定. *体育学研究*, (1990), **35**, 121-131.
- 13) 田中喜代次, 吉村隆喜, 前田如矢, 中塘二三生, 竹島伸夫, 浅野勝己, 竹田正樹, 熊崎泰仁, 渡邊 寛, 檜山輝男. CHD 危険因子に基づく健康評価尺度としての成人女性用の活力年齢の妥当性. *動脈硬化*, (1991), **19**, 303-310.
- 14) 田中喜代次. 壮年者の老化度診断のための指数の作成. 松浦義行(編). *数理体力学*. 朝倉書店, 東京, (1993), 76-83.
- 15) 李 美淑, 田中喜代次, 松浦義行, 早川洋子, 竹田正樹, 盧 昊成, 浅野勝己. 冠動脈疾患を有する中高年男性の体力年齢と運動療法に伴う変化. *体力科学*, (1993), **42**, 371-379.
- 16) Tanaka, K., Takesima, N., Kato, T., Niihata, S., Ueda, K. Critical determinants of endurance performance in middle-aged and elderly endurance runners with heterogeneous training habits. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1990), **59**, 443-449.
- 17) Beaver, W. L., Wasserman, K., Whipp, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J. Appl. Physiol.*, (1986), **60**, 2020-2027.
- 18) Ross R., Dagnone D., Jones P. J. H., Smith H., Paddags A., Hudson R., Janssen I. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. *Ann. Intern. Med.*, (2000), **133**, 92-103.
- 19) Ohkubo, H., Sasaki, S. Underreporting of energy intake among Japanese women aged 18-20 years and its association with reported nutrient and its association with reported nutrient and food group intakes. *Public Health Nutr.*, (2004), **7**, 911-917.
- 20) Kumahara, H., Schutz, Y., Ayabe, M., Yoshioka, M., Yoshitake, Y., Shindo, M., Ishii, K., Tanaka, H. 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.* (2004), **91**, 235-243.
- 21) Meijer, E. P., Westerterp, K. R., Verstappen, F. T. J. Effect of exercise training on total daily physical activity in healthy humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1999), **80**, 16-21.
- 22) Heymsfield, S. V., Harp, J. B., Reitman, M. L., Beetsch, J. W., Scholler, D. A., Erondy, N., Pietrobelli, A. Why do obese patients not lose more weight when treated with low-calorie diets? A mechanistic perspective. *Am. J. Clin. Nutr.*, (2007), **87**, 346-354.
- 23) Marcus, B. H., Banspsch, S. W., Lefebvre, R. C., Rossi, J. S., Carleton, R. A., Abrams, D. B. Using the stages of change model to increase the adoption of physical activity among community participants. *Am. J. Health Promot.*, (1992), **6**, 424-429.
- 24) Marcus, B. H., Rakowski, W., Rossi, J. S. Assessing motivational readiness and decision-making for exercise. *Health Psychol.* (1992), **12**, 257-261.
- 25) Catenacci, V. A., Wyatt, H. R. The role of physical activity in producing and maintaining weight loss. *Nature Clin. Pract.*, (2007), **7**, 518-529.
- 26) 中西とも子, 田中喜代次, 李 美淑, 磯野香代子, 早川洋子, 佐久義昭, 中垣内真樹, 青山正恵, 張美蘭, 細川淳一. 肥満女性に対する院内監視型運動指導の有用性について—健康度指標“活力年齢”の改善という視点に着目して—. *肥満研究*, (1996), **2**, 28-33.
- 27) Ohkawara, K., Tanaka, S., Miyachi, M., Takata-Ishikawa, K., Tabata, I. A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials. *Int. J. Obes.*, (2007), **31**, 1786-1797.
- 28) Huang, G., Gibson, C. A., Tran, Z. V., Osness, W. H. Controlled endurance exercise training and $\dot{V}O_2\text{max}$ changes in order adults : a meta-analysis. *Prev. Cardiol.*, (2005), **8**, 217-225.
- 29) 厚生労働省 健康・栄養情報研究会. 平成16年度国民・栄養調査報. 第一出版. 東京, (2006), 286-287.