

原著論文

# ピラティスの初級者用エクササイズプログラムの運動強度と 運動中および運動後の心血管系応答 —速歩との比較から—

丹後亮子<sup>1)</sup>, 向本敬洋<sup>2)</sup>, 植田 央<sup>1)</sup>, 韓 一栄<sup>1)</sup>, 山口実由紀<sup>3)</sup>, 大野 誠<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 日本体育大学大学院体育科学研究科健康科学・スポーツ医科学系

<sup>2)</sup> 日本体育大学体育研究所

<sup>3)</sup> Owls & CO (ピラティススタジオ)

## Exercise intensity and cardiovascular responses during and after exercise on Pilates basic exercise program in comparison with those brisk walking

Ryoko Tango, Takahiro Mukaimoto, Hisashi Ueda, Ill-young Han,  
Miyuki Yamaguchi, Makoto Ohno

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate exercise intensity and cardiovascular responses during and after exercise on Pilates basic exercise program. Subjects were eleven women (age  $38.3 \pm 6.3$  years, height  $160.1 \pm 5.4$  cm, body weight  $51.6 \pm 5.4$  kg). They performed the following two exercises for 30 minutes on separate days; 1) Pilates basic exercise, 2) brisk walking (95 m/min). Oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ) was measured by breath-by-breath with monitoring of the heart rate (HR) during the exercise sessions and for 90 minutes subsequently. Exercise intensity is expressed in metabolic equivalents (METs), which were calculated as  $\dot{V}O_2$  during exercise.  $\dot{V}O_2$ , HR and energy expenditure during brisk walking were significantly higher than those in Pilates basic exercise. Exercise intensity of Pilates basic exercise ( $3.1 \pm 0.5$  METs) was significantly smaller than that of brisk walking ( $4.9 \pm 0.4$  METs). At fifteen minutes after finishing of Pilates basic exercise, HR decreased below the resting level and this low HR continued from 35 to 90 minutes after the exercise, however, HR didn't decrease below the resting level after brisk walking. These results indicate that Pilates basic exercise may be a moderate-intensity physical activity which exceeds 3 METs by devising contents of exercise program.

(Received: April 23, 2012 Accepted: July 18, 2012)

**Key words:** Pilates basic exercise, brisk walking, oxygen uptake, exercise intensity, energy expenditure

### I. 緒 言

ピラティスとはジョセフ・ピラティス(1880~1967年)が1900年代に開発した運動である。呼吸と動作の協同を重要視することで体幹の深層筋を鍛え、姿勢の改善を促すといわれる。当初、ピラティスはアスリートやダンサーのみが行っていたが、近年、リハビリテーションやフィットネスの分野にも導入されてきている<sup>1)</sup>。アメリカ合衆国では現在、約500万人がピラティスを行っており、200本以上のビデオテープが販売されていることがネットリサーチで明らかにされている<sup>2)</sup>。本邦においては、2003年に日本ピラティス協会が設立され、ピラティスの普及活動や指導者の育成

が盛んに行われている。また、運動指導の現場では、欧米のピラティスの手法を工夫して、心身の健康づくりやリハビリテーションのために一般人から低体力者、整形外科的疾患を有する者に至る幅広い対象においても活用されている<sup>3,4)</sup>。

Segal et al.<sup>1)</sup>は、成人47名(男性2名、女性45名)を対象にピラティスによる柔軟性、身体組成、健康状態に及ぼす影響について調査し、週1回、各1時間のトレーニングを6ヶ月間実施したことで柔軟性のみが改善されたと報告した。また、Jago et al.<sup>5)</sup>は、11歳の少女30名を対象に、ピラティスが身体組成、血圧に及ぼす影響について調べた結果、週5回、各1時間のトレーニングを4週間実施したところ、body mass index (以

下, BMI) の変化率のみが改善したと報告している. 欧米では, 腰痛や臀部・膝部傷害等のリハビリテーションにピラティスを導入し, 有効であったとする成績も報告されている<sup>6-9)</sup>. また, 国内の先行研究では, スポーツ選手の肩関節障害の治療におけるピラティスの有用性<sup>10)</sup>も報告されている. しかしながら, 私たちが知る限り, ピラティスの運動強度および心血管系応答に及ぼす影響などについて詳細に検討した研究報告は少ない<sup>5,11)</sup>.

ところで, これまでの種々の研究成果に基づいて, 生活習慣病を予防するための身体活動量・運動量および体力の基準値が策定され, 厚生労働省から健康づくりのための運動指針2006<sup>12)</sup>が発表された. この指針<sup>12)</sup>の中では, 健康づくりに役立つ身体活動量の目安として, 「週23エクササイズ(メッツ・時)の活発な身体活動(運動・生活活動). そのうち4エクササイズは活発な運動」を目標に掲げている. ここで, 活発な身体活動とは3 METs (metabolic equivalents) 以上の身体活動と定義されている. この活発な身体活動に該当する代表的な運動は平地での速歩(分速95~100 m程度)である. また, 速歩は, 安全かつ簡便に一人でも実施できるため, 一般人はもとより, 高齢者および有患者に至る幅広い対象者の健康維持・増進のために推奨されていることはよく知られている.

一方, 先行研究<sup>11)</sup>によると, 一般的なピラティスの運動強度は3.0 METsと提示されている. しかしながら, ピラティスの運動内容は多岐に亘り, インストラクターによってその運動内容も異なる. したがって, 初心者に導入する際の基本的かつ比較的簡単なピラティスの運動強度や運動中および運動後の心血管系応答を, 健康維持・増進のために一般的に実施されている速歩と比較し, その特徴を明らかにすることで今後の運動指導の中でピラティスを処方する際の重要な基礎資料になると考えられる.

そこで本研究では, 初心者が行うことができるピラティスの初級者用の基本的なエクササイズプログラムにおける運動強度の概容を明らかにすると同時に, このプログラムと速歩における運動中および運動後の心血管系応答に及ぼす影響について, 酸素摂取量および心拍数, 血圧の面から比較・検討することを目的とした.

## II. 方 法

### A. 被験対象

被験対象は, 疾病異常を指摘されておらず, 服薬をしていない健康な30~40歳代の女性11名であった. 被験者の身体特性はTable 1に示したとおりである. 被験者の健康状態や既往歴については入念に聴き取り調

**Table 1.** Physical characteristics of subjects ( $n = 11$ )

Variable		Mean $\pm$ SD
Age	(yrs)	38.3 $\pm$ 6.3
Height	(cm)	160.1 $\pm$ 5.4
Body weight	(kg)	51.6 $\pm$ 5.4
Body mass index	(kg/m <sup>2</sup> )	20.1 $\pm$ 1.7
% body fat	(%)	26.2 $\pm$ 4.7

査を行った. 本研究では, 運動中の安全を考慮してピラティス経験者を被験対象とした. いずれの被験者もピラティス以外の運動習慣はなく, 週に1~2回の頻度でピラティス教室に通っていた. ピラティスの経験年数は3.8 $\pm$ 3.5年(1~13年)であった. 本研究は, 日本体育大学倫理審査委員会の承認(承認番号 第008-H02号)を得た後, ヘルシンキ宣言の精神に則って実施した. 研究の開始に先立ち, 研究の主旨, 内容および注意点について口頭および文書にて説明し, 研究へ参加する同意を書面により得た.

### B. 実験方法と測定項目

#### 1. 実験プロトコル

被験者には実験前日の激しい運動, 飲酒を禁止した. 実験当日は食後から3時間以上空けて測定を開始した. なお, 実験の間はミネラルウォーター以外の飲食を禁止した. 実験1では, 各被験者の身体組成と安静時代謝量を測定した. 身体組成は生体電気インピーダンス式体組成測定器(インナースキャン600, TANITA, Japan)を用いて測定した. 安静時代謝量の測定は, 安静座位を50分間保ち, 携帯型呼気ガス分析装置(METAMAX3B, CORTEX, Germany)を用いて, 酸素摂取量 oxygen uptake (以下,  $\dot{V}O_2$ ) を breath by breath 法にて測定した. 心拍数 heart rate (以下, HR) は心拍ベルト(POLAR, Finland)により測定した.

その後, 運動実験として, 実験2と3を別日に実施した. Fig. 1に実験2および3のプロトコルを示した. 実験2では, 安静座位を10分間保った後, ピラティスを開始した. 運動開始後10分間はピラティスのウォーミングアップを行い, その後, 主運動を20分間行い, 運動終了後90分間安静座位を保った.  $\dot{V}O_2$  および HR の測定は, 各運動開始10分前から運動中, そして運動終了後90分間継続して行った. なお, 実験2で実際に行ったピラティスの運動プログラムはTable 2に提示したとおりである. このプログラムは, カナダのピラティススタジオ(STOTT PILATES)のオリジナルプログラムを参考にしたものであり, 複雑な動作を少なくし, 基本的に初めてピラティスのレッスンを受ける人向けに作成されたものである<sup>13)</sup>.

実験3では実験2と同様に, マスクを装着し安静座

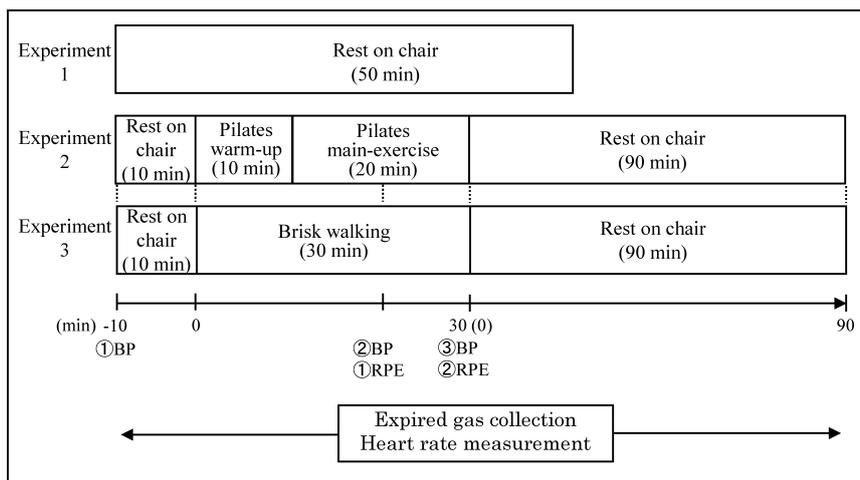


Fig. 1. Exercise protocol  
BP: blood pressure, RPE: rating of perceived exertion

Table 2. Pilates basic exercise program

【Warming up】

No	Exercise	Comments
1	Breathing	ピラティスで用いる呼吸法の練習
2	Imprint	腹筋を使って肋骨と骨盤の引き寄せ動作
3	Hip Release	股関節の動きを滑らかにする運動
4	Spinal Rotation	体幹を回旋し、柔軟性を高める運動
5	Cat Stretch	背筋を伸ばし、背骨の連携を滑らかにする運動
6	Hip Rolls	5と同じく、背筋を伸ばし、柔軟に動かす運動
7	Arm Raise	上肢の上げ下げ動作
8	Scapula Isolation	肩甲骨まわりの筋を柔軟にする運動
9	Elevation and Depression	〃
10	AB prep	腹筋運動の準備となるエクササイズ

【10～20 min】

11	Breast Stroke	背筋を鍛える運動
12	Shell Stretch	11 で使った筋肉をストレッチし、調節する運動
13	Hundred	ボールをパウンドするように手を 100 回叩き、腹筋を鍛える運動
14	One Leg Circles	股関節の動きを滑らかにする運動
15	Spine Twist	腹斜筋を収縮させ、背骨を回旋する運動
16	Rolling Like a Ball	ボールのように転がり、背中を柔軟にする運動
17	Single Leg Stretch	腹筋を鍛える運動
18	Obliques	腹筋（特に腹斜筋群）を鍛える運動
19	Double Leg Stretch	腹筋を鍛える運動

【20～30 min】

20	Roll Over	腹筋を鍛える運動
21	Half Roll Back	腹筋と大殿筋を上手く使い、腰椎を滑らかに動かす運動
22	Obliques Roll Back	腹筋（特に腹斜筋群）と大殿筋を上手く使い、腰椎を滑らかに動かす運動
23	Side Kick	股関節を意識しながら、キックする運動
24	Single Leg Lift	股関節内転筋群と外転筋群を強化する運動
25	Leg Pull Front	腕立て伏せの状態、上肢を強化する運動
26	Side Bend prep	体幹を側屈する運動
27	Roll up	骨盤と背骨を滑らかに動かす運動

位を10分間保った後、一定の速度による「速歩」を30分間行い、運動終了後90分間安静座位を保った。本研究では、ピラティスの主運動(20分間)と比較するために、速歩は運動開始10分後から30分後までの20分間の測定値を分析対象とした。 $\dot{V}O_2$ およびHRの測定は、各運動開始10分前から運動中、そして運動終了後90分間継続して行った。速歩の歩行速度は分速95 mであり、トレッドミル(Health Jogger HJ3555, Chuoh-Health, Japan)を使用して、一定の歩行速度を維持させた。本研究で採用した歩行速度は、一般人の健康維持・増進のために推奨されている速度であり、さらに、「健康づくりのための運動指針2006<sup>12)</sup>」によると、この速度での歩行は「3~4 METs」に相当することが提示されている。

運動実験2,3では携帯型血圧計(FM-800, FUKU-DADENSHI, Japan)を用いて、運動開始前、運動開始20分後(ピラティスでは主運動開始10分後)と運動終了時に血圧を測定した。併せて、全身の主観的運動強度 rating of perceived exertion (以下, RPE)を記録した。RPEの測定は、各主運動の開始10分後と終了時の2回、Borg 指数を用いて評価した。実験2および3では、実験1での安静時代謝量と同等なレベルになったことを確認して、運動を開始した。なお、実験1, 2, 3は一週間以上の間隔を空けて、同一時刻、同一条件で行い、実験2と3の実施順序は被験者によりランダム化した。

## 2. エネルギー消費量と運動強度の算定

呼気ガス分析では、携帯型呼気ガス分析モニターの本体とボリューム・トランスデューサーを接続し、サンプルチューブをセンサーの上の呼気ガス送出口に差し込み、採取した呼気ガスをサンプルとした。得られた呼気ガスは1呼吸ごとに採取し、テレメトリーシステムを使用して、breath by breath方式にて連続的に測定し、その後1分間の平均値を毎分の値とした。実験2および3の運動前10分間の座位安静時の平均 $\dot{V}O_2$ を安静時 $\dot{V}O_2$ とした。運動中においては、ピラティスではウォーミングアップを除く主運動20分間の平均 $\dot{V}O_2$ を求めた。一方、速歩ではピラティスの算出する運動時間を統一するために、運動開始10分後から運動終了までの20分間の平均 $\dot{V}O_2$ を求めた。

測定後、得られた $\dot{V}O_2$ と二酸化炭素排出量から呼吸交換比 respiratory exchange ratio (以下, RER)を求め、Elia M and Livesey Gの式<sup>14)</sup>  $EE \text{ (kcal)} = \dot{V}O_2 \cdot (15.480 + 5.550 \cdot RER) / 4.184 / 1000$ を用いてエネルギー消費量 energy expenditure (以下, EE)を算出した。運動強度 (METs) は運動中の平均 $\dot{V}O_2$ を3.5 ml/kg/minで除して求めたものと事前に測定した実際の安静時 $\dot{V}O_2$

で除して求めたものを示した。

## C. 統計処理

全ての測定値は平均値 $\pm$ 標準偏差 (mean $\pm$ SD)で示した。運動条件間における運動中の平均 $\dot{V}O_2$ , HR, RERの平均値の差は、対応のあるt検定を用いた。運動条件間における運動後の時間経過に伴うHRおよび $\dot{V}O_2$ , RERの平均値の差は反復測定による二元配置分散分析を用いて比較し、F値が有意であった場合にはFisherの最小有意差法により多重比較検定を行った。なお、全ての統計処理における有意水準はそれぞれ5%未満とした。

## III. 結 果

### A. 運動中の生理的応答

#### 1. 平均酸素摂取量 (平均 $\dot{V}O_2$ ), 運動強度 (METs), 総エネルギー消費量 (総EE)

運動中の平均 $\dot{V}O_2$ , METs, 総EEをTable 3に示した。ピラティスによる平均 $\dot{V}O_2$ は $10.8 \pm 1.7$  ml/kg/min, 速歩では $17.3 \pm 1.3$  ml/kg/minであり、速歩の方がピラティスよりも有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。安静時 $\dot{V}O_2$ を3.5 ml/kg/minとして算出したピラティスの運動強度は $3.1 \pm 0.5$  METs, 速歩のそれは $4.9 \pm 0.4$  METsであり、前者と比べて後者が有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。各被験対象ごとに得られた安静時 $\dot{V}O_2$  (ピラティス:  $4.3 \pm 0.7$  ml/kg/min, 速歩:  $4.3 \pm 0.8$  ml/kg/min)をもとに算出した運動強度では、ピラティスが $2.6 \pm 0.7$  METs, 速歩が $4.1 \pm 0.8$  METsであった。20分間の総EEは、ピラティスが $50.5 \pm 6.9$  kcal, 速歩が $83.7 \pm 9.7$  kcalであり、速歩はピラティスよりも有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。

なお、運動中の $\dot{V}O_2$ およびMETsの経時変化をTable 4に示した。両項目とも5分間の平均値を算出し比較した。いずれの時点でも、両運動ともに安静時よりも有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。なお、両運動の比較においては、全ての時点でピラティスよりも速歩の方が有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。

**Table 3.** Average oxygen uptake, exercise intensity and energy expenditure during exercise

Exercise sessions	Average $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	Exercise intensity (METs)		Energy expenditure (kcal)
		/3.5 ml/kg/min	/Rest	
Pilates	$10.8 \pm 1.7$	$3.1 \pm 0.5$	$2.6 \pm 0.7$	$50.5 \pm 6.9$
Brisk walking	$17.3 \pm 1.3$	$4.9 \pm 0.4$	$4.1 \pm 0.8$	$83.7 \pm 9.7$

Values are mean  $\pm$  SD.  $\dot{V}O_2$ : oxygen uptake. \*  $p < 0.01$

**Table 4.** Changes in oxygen uptake and exercise intensity during exercise

	Oxygen uptake (ml/kg/min)		Exercise intensity (METs)	
			/3.5 ml/kg/min	/Rest
Pre exercise	Pilates : 4.3 ± 0.7	Brisk walking : 4.3 ± 0.8	Pilates : 1.2 ± 0.2	Brisk walking : 1.0 ± 0.0
5 min	Pilates : 8.7 ± 2.4 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 16.4 ± 1.5 <sup>†</sup> ] *	Pilates : 2.5 ± 0.7 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 4.5 ± 0.4 <sup>†</sup> ] *
10 min	Pilates : 11.5 ± 1.9 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 18.3 ± 1.4 ] *	Pilates : 3.3 ± 0.5 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 5.1 ± 0.4 <sup>†</sup> ] *
15 min	Pilates : 10.6 ± 2.1 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 16.5 ± 1.9 <sup>†</sup> ] *	Pilates : 3.0 ± 0.6 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 4.6 ± 0.5 <sup>†</sup> ] *
20 min	Pilates : 12.4 ± 2.0 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 18.1 ± 1.3 <sup>†</sup> ] *	Pilates : 3.6 ± 0.5 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 5.0 ± 0.4 <sup>†</sup> ] *

Values are mean ± SD.

\*  $p < 0.01$  between two exercise, <sup>†</sup>  $p < 0.01$  compared with pre exercise.

**Table 5.** Heart rate and respiratory exchange ratio during exercise

	Heart rate (beats/min)	Respiratory exchange ratio
Pre exercise	Pilates : 76.6 ± 7.5 Brisk walking : 76.2 ± 6.7	Pilates : 0.76 ± 0.05 Brisk walking : 0.77 ± 0.07
5 min	Pilates : 90.3 ± 19.2 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 116.5 ± 13.2 <sup>†</sup> ] *
10 min	Pilates : 97.4 ± 23.1 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 118.5 ± 13.9 <sup>†</sup> ] *
15 min	Pilates : 98.1 ± 25.1 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 116.6 ± 13.3 <sup>†</sup> ] *
20 min	Pilates : 96.4 ± 18.1 <sup>†</sup> ] *	Brisk walking : 120.0 ± 15.0 <sup>†</sup> ] *

Values are mean ± SD.

\*  $p < 0.05$  between two exercise, <sup>†</sup>  $p < 0.05$  compared with pre exercise.

**Table 6.** Rating of perceived exertion (RPE) and blood pressure during exercise

	RPE	Systolic pressure (mmHg)	Diastolic pressure (mmHg)
Pre exercise	Pilates : ——— Brisk walking : ———	Pilates : 105.8 ± 8.8 Brisk walking : 104.2 ± 7.7	Pilates : 72.0 ± 6.3 Brisk walking : 72.5 ± 7.5
10 min	Pilates : 12.0 ± 0.9 ] *	Brisk walking : 11.1 ± 1.4 ] *	Pilates : 114.8 ± 8.0 ] *
20 min	Pilates : 11.5 ± 1.4 ] *	Brisk walking : 12.1 ± 1.8 ] *	Pilates : 113.6 ± 9.7 ] *

Values are mean ± SD. \*  $p < 0.05$

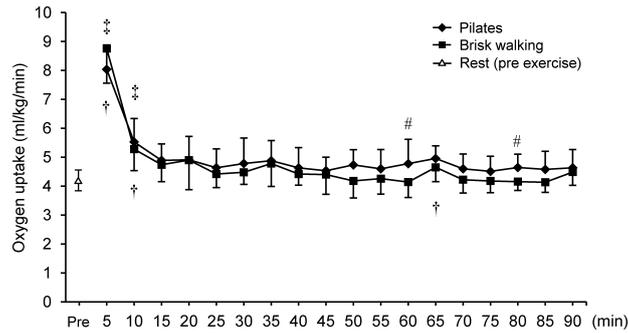
## 2. 心拍数 (HR) と呼吸交換比 (RER)

運動中の HR および RER を Table 5 に示した。両項目とも 5 分間の平均値を算出し比較した。HR に関しては、いずれの時点でも、両運動ともに安静時より有意に高値を示した。速歩は約 120 beats/min, ピラティスは 90~100 beats/min を維持し、速歩が有意に高値を示した ( $p < 0.01$ )。RER については、運動開始後 15 分で、ピラティスが安静時と比べ有意に高値を示し ( $p < 0.05$ )、運動終了時 (20 分) にはピラティスが速歩よ

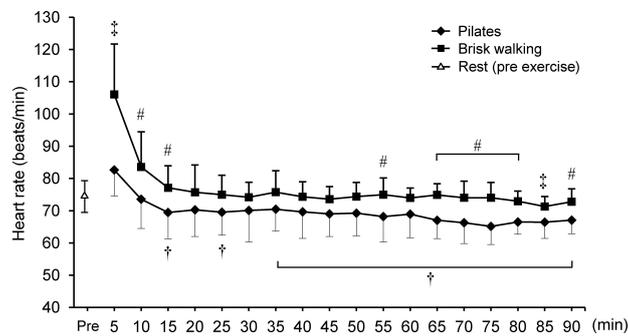
りも有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。速歩および安静時では、時間の経過とともに RER が低下したが、本研究で用いたピラティスのプログラムでは低下せず、運動開始後 15 分で安静時より、終了時では速歩と比べて有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

## 3. 自覚的運動強度 (RPE) と血圧

運動中の RPE と血圧を Table 6 に示した。RPE に関しては、ピラティスの運動開始後 10 分で速歩よりも有



**Fig. 2.** Changes in oxygen uptake after each exercise session. Values are mean  $\pm$  SD. # Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Pilates and Brisk walking. † Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Pilates and Rest (pre exercise). ‡ Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Brisk walking and Rest (pre exercise).



**Fig. 3.** Changes in heart rate after each exercise session. Values are mean  $\pm$  SD. # Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Pilates and Brisk walking. † Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Pilates and Rest (pre exercise). ‡ Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Brisk walking and Rest (pre exercise).

意に高値を示した ( $p < 0.05$ ) が、運動終了時には両運動間に有意な差はみられなかった。運動開始10分後と運動終了時の拡張期血圧は、速歩でピラティスよりも有意に高値を示した ( $p < 0.05$ ) が、収縮期血圧には運動間に有意な差はみられなかった。

**B. 運動後の生理的反応**

**1. 酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )**

各運動の運動後90分間の $\dot{V}O_2$ の経時的変化を Fig. 2 に示した。ピラティスも速歩も運動終了後10分間は $\dot{V}O_2$ が安静時のレベルよりも高値を持続した ( $p < 0.05$ ) が、その後は安静時と有意な差はみられなかった。速歩と比べ、ピラティスでは運動終了後56~60分、76~80分の時点で $\dot{V}O_2$ が有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

**2. 心拍数 (HR)**

各運動の運動後90分間のHRの経時的変化を Fig. 3 に示した。ピラティスでは、運動終了15分後からHRが安静時以下に低下し、35分から90分後まで継続し

て安静時よりも有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。速歩では、HRは運動終了85分で安静時よりも低値を示した ( $p < 0.05$ ) が、90分後には再び有意差はみられなかった。ピラティスでは運動終了時から15分までと、51~55分、66~80分、86~90分の時点でHRが速歩よりも有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。

**3. 呼吸交換比 (RER)**

各運動の運動後90分間のRERの経時的変化を Fig. 4 に示した。ピラティスのRERは、運動後15分から90分まで安静時レベルよりも有意に低値を示し ( $p < 0.05$ )、速歩のRERは運動後10分から90分まで安静時レベルよりも有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。また、両運動におけるRERには、運動終了後90分間して、有意な差はみられなかった ( $p < 0.05$ )。

**4. 運動終了後90分間の総エネルギー消費量(総EE)**

運動終了後90分間の総EEはピラティスが $101.6 \pm 7.7$  kcal、速歩が $101.1 \pm 9.7$  kcalであり、両運動間に有意な差はみられなかった。

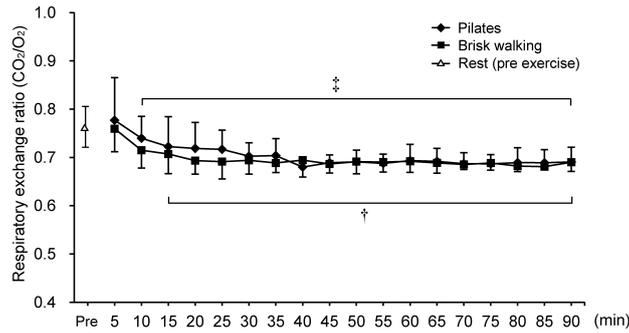


Fig. 4. Changes in respiratory exchange ratio after two exercise sessions. Values are mean  $\pm$  SD.

† Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Pilates and Rest (pre exercise).

‡ Significant difference ( $p < 0.05$ ) between Brisk walking and Rest (pre exercise).

#### IV. 考 察

##### A. 運動中の運動強度と生理的応答について

Ainworth et al. が報告した“2011 Compendium of Physical Activities”によると、一般的なピラティスの運動強度は3.0 METsと提示されている。しかしながら、ピラティスの運動内容は多岐に亘り、インストラクターによってその運動内容も異なる。したがって、初心者に導入する際の基本的かつ比較的簡単なピラティスの運動強度や運動中および運動後の心血管系応答を、健康維持・増進のために一般的に実施されている「活発な身体活動」に該当する速歩と比較し、その特徴を明らかにすることにより、運動指導の中でピラティスを処方する際に重要な基礎資料になると考えられる。そこで本研究では、ピラティスを処方する際の有用な基礎資料を得るために、一般的に実施されている速歩と、初心者に導入する際の基本的かつ比較的簡単なピラティスのエクササイズプログラムの運動強度や運動中および運動後の心血管系応答を比較・検討した。

本研究では、2011 Compendium of Physical Activities<sup>11)</sup>および健康づくりのための運動指針2006<sup>12)</sup>に準じて、安静時 $\dot{V}O_2$ を一律に3.5 ml/kg/minとしてMETsを算出したところ、初級者用の基本的なエクササイズプログラムでは $3.1 \pm 0.5$  METsであった。一方、各被験者の安静時 $\dot{V}O_2$ の実測値で除してみると、ピラティスの運動強度は $2.6 \pm 0.7$  METs、速歩の運動強度は $4.1 \pm 0.8$  METsと算定され、有意な差がみられた。本研究で採用したピラティスのエクササイズプログラムは初心者向けの低強度の基本的なエクササイズプログラムであったことと、安静時 $\dot{V}O_2$ の実測値が若干高値であったため、3 METsには至らなかったと考えられる。また、本研究の速歩の設定速度が高かったこともあり、速歩の運動強度の方が高値を示したと推察され

る。一方、運動中における運動強度の経時変化 (Table 2) をみても、主運動前半10分間は仰臥位にて緩やかな動きで主に腹筋群を使用する運動であったため、3.0 METsには至らなかったが、後半の10分間は仰臥位または四つん這いの姿勢で腰部周辺を自らの意識で固定させた状態で下肢を比較的ダイナミックに動かす運動内容であったため、主運動15~20分間は運動強度が3.0 METs以上を示したと考えられる。すなわち、ピラティスではプログラムの構成によって中もしくは低強度以下の範囲内での運動強度を提供できる可能性があるという一面を指摘することができよう。

20分間の運動中の総EEは、速歩がピラティスよりも有意に高値を示した。RPEは運動開始10分で、ピラティスが有意に高値を示し、終了時には両運動間で有意な差はみられなかった。ピラティスによるエネルギー消費量は速歩よりも低値を示した反面、RPEは高値を示した。運動開始10分の時点でピラティスのRPEが、高値を示した理由として、この研究で行ったエクササイズプログラム (Table 2) は運動開始時から10分間まで、仰臥位でとくに腹筋群を使った運動が多く取り入れられており、本プログラムの中でも局所的運動負荷が高いことが一因として考えられる。しかしながら、本研究では全身的なRPEを評価したため、ピラティス中の局所的なRPEについて詳細に言及することは困難であるため、今後、多様なプログラムごとの全身のRPEはもとより、活動筋における局所のRPEについてさらに詳細に検討する必要があると思われた。

HRに関しては、運動開始5分、10分、15分、終了時 (20分) のいずれの時点でも、速歩はピラティスよりも有意に高値を示した。これは本研究で用いた速歩の運動強度が高かったこともあり、また、一般的なピラティスの呼吸法<sup>9,13)</sup>はゆっくり長く行うため、呼吸・循環系の調節機序が乱れ難いことも考えられる。これらの要因が重複して、本研究におけるピラティス中の

HRが速歩に比べ低値を示した可能性があると考えられた。収縮期血圧において、両運動間に有意な差はなかったが、拡張期血圧のみ、運動開始10分後と終了時に速歩がピラティスよりも有意に高値を示した。したがって、この研究で採用したピラティスのエクササイズプログラム (Table 2) は速歩と比べて、血圧上昇に対する影響も少ないことが明らかになり、プログラムの内容や動作の内容および順序を更に工夫することにより、初心者や運動不足の中高齢者にとって、安全に行いうる運動である可能性が示唆された。

## B. 運動終了後の生理的応答について

ピラティスと速歩のいずれの運動においても  $\dot{V}O_2$  は、運動終了時から10分後まで安静時よりも高値を示した。運動後も引き続き代謝が亢進し、 $\dot{V}O_2$  が安静時よりも増加した状態が一定時間持続することがあり<sup>15)</sup>、これは運動後余剰酸素消費 excess post-exercise oxygen consumption (以下、EPOC) と呼ばれているが、本研究で採用した2種類の運動ではEPOCが10分間継続した。EPOCは、近年とくにウェイトコントロール・トレーニングプログラムにおいて注目されているが、未だ統一的な見解は得られていない。先行研究では、運動強度と運動時間に比例してEPOCが大きくなることが報告されている<sup>16~19)</sup>。レジスタンス運動におけるEPOCについての研究としては、高強度の大筋群を使用するレジスタンス運動によって、2時間にわたってEPOCがみられたとする報告<sup>20)</sup>や38時間後においても安静時より有意に $\dot{V}O_2$ が高値を示したという報告<sup>21)</sup>がある。しかしながら、これらの先行研究に比べ、本研究では両運動ともに運動強度があまり高くなく、運動時間も短時間であったことなどの要因により、EPOCの継続時間が短かった可能性が想定される。今後、ピラティスのエクササイズプログラムの構成を変えて、さらに検討してみる必要があると考えられた。

ピラティスにおいて、運動終了後にHRが安静時のレベル以下に低下する現象が観察された点は興味深いと思われる。ヨーガに関する先行研究<sup>22)</sup>では、ヨーガ呼吸は呼吸・循環器系の調節機序を自律神経調節にも応用し、呼吸を意識的に長くし、心臓の迷走神経機能を亢進状態に導くことにより、ヨーガ呼吸終了後にHR、呼吸数、血圧値の減少、皮膚温の上昇(交感神経機能の抑制による血管の拡張)等がみられたことが報告されている。また、ヨーガ呼吸により、白血球動態と心拍変動から求める自律神経機能評価指標 ratio of leukocytes and the time-domain (%RR50) が回復時に安静時より35%上昇し、尿中ノルアドレナリン排泄量は安静時より16%、ドーパミン排泄量は29%の減少を

みたことが報告されている。これらの報告より、ヨーガ呼吸は自律神経機能を調節し、リラクゼーション状態に導く可能性が指摘されている<sup>22)</sup>。

ピラティスの呼吸法<sup>13)</sup>は、呼吸を意識的に吸息よりも長くするというのではなく、吸息と呼息を意識的に同じ長さでゆっくりと行っていく。しかし、ヨーガと同様に一呼吸毎にゆっくりと長く行っていく。このことにより、ヨーガと似たような機序で自律神経系を介して、HRの低下をもたらした可能性が推察される。しかしながら、本研究では採用した一般的に実施されている速歩とピラティスは運動強度と運動様式が異なるため、ピラティスで運動後のHRが安静時以下に低下した機序については本研究では明確な説明はできない。したがって、この点については今後さらに詳細に検討すべき課題であると思われた。

## V. 総 括

本研究では、30~40歳代の女性11名を対象に、ピラティスの初級者用プログラムにおける運動強度 (METs) の概容を明らかにすると同時に、このプログラムと一般的に実施されている速歩における運動中および運動後の心血管系応答に及ぼす影響について、酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) および心拍数 (HR)、血圧の面から比較・検討した結果、以下の知見が得られた。

1. 安静時  $\dot{V}O_2$  を 3.5 ml/kg/min をもとに算出したピラティスの運動強度は、 $3.1 \pm 0.5$  METs、速歩のそれは  $4.9 \pm 0.4$  METs であり、前者と比べて後者が有意に高値を示した。各被験対象ごとに得られた安静時  $\dot{V}O_2$  をもとに算出した運動強度は、ピラティスが  $2.6 \pm 0.7$  METs、速歩が  $4.1 \pm 0.8$  METs であった。
2. ピラティスによるエネルギー消費量は速歩より少ない半面、RPEは高いという特徴が明らかになった。しかし、HRや血圧上昇に対する影響は少ないことから、ピラティスは初心者や運動不足の中高齢者にとって、プログラムの内容や動作の内容および順序を更に工夫することにより、安全に行いうる運動である可能性が示唆された。
3. ピラティスも速歩も運動終了後10分間は  $\dot{V}O_2$  が安静時のレベルよりも高値を持続したが、その後は安静時と有意な差はみられなかった。
4. ピラティスでは運動終了15分後からHRが安静時以下に低下し、35分から90分後まで継続して安静時以下のレベルを推移したが、速歩ではHRは安静時以下へ低下しなかった。

## 参考文献

- 1) Segal NA, Hein J, and Basford JR (2004) The effects of Pilates training on flexibility and body composition: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil*, **85**: 1977–1981.
- 2) Chang Y (2000) Grace under pressure. Ten years ago, 5,000 people did the exercise routine called Pilates. The number now is 5 million in America alone. But what is it, exactly? *Newsweek*, **28**: 72–73.
- 3) 酒井里枝 (2004) ピラティスボディコンディショニング. 東京: 永岡書店.
- 4) 浅井隆彦 (2008) 治療に生かせる 世界の癒しハンドテクニック ピラティス・ヨガ・マッサージ. 医道の日本, **67**: 107–115.
- 5) Jago R, Jonker ML, Missaghian M, and Baranowski T (2006) Effect of 4 weeks of Pilates on the body composition of young girls. *Preventive Medicine*, **42**: 177–180.
- 6) Levine B, Kaplanek B, Scafura D, and Jaffe WL (2007) Rehabilitation after total hip and knee arthroplasty: a new regimen using Pilates training. *Bull NYU Hosp Jt Dis*, **65**: 120–125.
- 7) Donzelli S, Di Domenica E, Cova AM, Galletti R, and Giunta N (2006) Two different techniques in the rehabilitation treatment of low back pain: a randomized controlled trial. *Eura Medicophys*, **42**: 205–210.
- 8) Maher CG (2004) Effective physical treatment for chronic low back pain. *Orthop Clin North Am*, **35**: 57–64.
- 9) Blum CL (2002) Chiropractic and pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. *J Manipulative Physiol Ther*, **25**: E3.
- 10) 杉本和隆 (2006) プロスポーツ選手の肩関節障害に対するピラティスの有用性についての検討. 整スポ学誌, **26**: 47.
- 11) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, and Leon AS (2011) 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*, **43**: 1575–1581.
- 12) 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～ (エクササイズガイド 2006). 厚生労働省.
- 13) 山口 実由紀 (2003) ピラティスのすべて. 体の芯から美しくなるアンチ・エイジングメソッド. 東京: 株式会社アスコム出版, 28–65.
- 14) Elia M and Livesey G. (1988) Theory and validity of indirect calorimetry during net lipid synthesis. *Am J Clin Nutr*, **47**: 591–607.
- 15) Gaesser GA and Brooks GA (1984) Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc*, **16**: 29–43.
- 16) Bahr R and Sejersted OM (1991) Effect of intensity of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. *Metabolism*, **40**: 836–841.
- 17) Bahr R, Inghes I, Vaage O, and Sejersted OM (1987) Effect of duration of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. *Am J Clin Nutr*, **62**: 485–490.
- 18) Quinn TJ (1994) Postexercise oxygen consumption in trained females: Effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc*, **26**: 908–913.
- 19) Smith J (1999) The effects of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, **67**: 420–425.
- 20) Schuenke MD, Mikat RP, and McBride JM (2002) Effect of acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *Eur J Appl Physiol*, **86**: 411–417.
- 21) Williamson DL and Kirwan JP (1997) A single bout of concentric resistance exercise increases basal metabolic rate 48 hours after exercise in healthy 59–77-year-old men. *J Gerontol*, **52A**: M352–M355.
- 22) 坂木佳壽美 (1999) ヨーガ呼吸法とそのからだへの影響. 体育の科学, **49**: 388–393.

---

〈連絡先〉

著者名: 大野 誠

住 所: 東京都世田谷区深沢 7-1-1

所 属: 日本体育大学大学院体育科学研究科健康科学・スポーツ医科学系

E-mail アドレス: m\_ohno@nittai.ac.jp