

高齢有患者の総合的体力に対する well-rounded exercise program の有効性

山内 知子¹⁾ 山田 忠樹¹⁾ MOHAMMOD MONIRUL ISLAM¹⁾
 岡田 暁宜²⁾ 高橋 龍尚³⁾ 竹島 伸生¹⁾

EFFECTS OF WELL-ROUNDED EXERCISE PROGRAM ON OVERALL FITNESS IN OLDER OUTPATIENTS

TOMOKO YAMAUCHI, TADAKI YAMADA, MOHAMMOD MONIRUL ISLAM,
 AKIYOSHI OKADA, TATSUHISA TAKAHASHI and NOBUO TAKESHIMA

Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of well-rounded exercise program (WREP) on cardiorespiratory fitness, muscular strength, flexibility, body composition, and serum lipid concentration in a group of older outpatients. WREP was composed of programmed aerobic/anaerobic accommodating circuit exercise (PACE) and flexibility exercises. Twenty-two volunteers (69.6±3.2 yr) were used as subjects. All participants engaged in a supervised exercise program (50 min/day and 3 days/week) for 12 weeks. After 12 weeks of training, there was a significant increase in $\dot{V}O_2$ corresponding to lactate threshold (13.4%) but peak $\dot{V}O_2$ did not change. There were significant increases for knee extension (17.1%) and flexion (12.3%), chest pull (10.9%), low back flexion (26.6%), and shoulder press (14.6%) after training. Side stepping agility (13%), trunk flexion (129%) and trunk extension (19%) were also significantly improved. There were significant decreases in percent of body fat (-8.3%), total cholesterol (-7.1%) and low-density lipoprotein cholesterol (-9.7%). Blood pressure also decreased in SBP (-10 mmHg) and DBP (-5 mmHg). The decline in SBP was significant in thirteen hypertensive patients (-14 mmHg) compared to non-hypertensive patients (-5 mmHg). These results indicate that WREP elicits significant improvement of overall fitness in older outpatients.

(Jpn J Phys Fitness Sports Med 2003, 52 : 513~524)

key word : well-rounded exercise program, PACE, overall fitness, older outpatients

I. はじめに

近年、健康づくりのための運動プログラムとして well-rounded exercise program (WREP) が奨励されている¹⁾。これは、従来から勧められてきた呼吸循環器系に対して有効なエアロビクス(有酸素性運動)と、筋量や骨量を維持するレジスタンス(筋力づくり)運動、および怪我の予防や回復を目的とする柔軟性運動の3つを組み合わせ、均

整のとれた総合的運動をおこなうというものである。最近、アメリカ心臓学会やアメリカスポーツ医学会のガイドラインにおいて、有患者や高齢者、低体力者に対して機能的自立の維持を目的にしたレジスタンス運動が推奨されており、WREPの導入による総合的な体力や健康度の増進を図る必要性が示されている^{2,3)}。

一方、我が国における健常高齢者の運動処方についての基本的考え方は、中高年者と同様に動脈

¹⁾名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科
〒467-8501 名古屋市瑞穂区瑞穂町字山の畑1

²⁾愛知教育大学保健管理センター
〒448-8542 愛知県刈谷市井ヶ谷町広沢1

³⁾旭川医科大学医学部数理情報科学
〒078-8510 旭川市緑が丘東2条1-1-1

Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University
1-1 Yamanohata, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya 467-8501

Healthcare Center, Aichi University of Education 1 Hirosawa,
Igaya-cho, Kariya, Aichi 448-8542

Department of Mathematical Information Science, Asahikawa
Medical College 1-1-1, 2-jyo, Midorigaokahigasi, Asahikawa
078-8510

硬化性疾患の予防という観点からエアロビクスが推奨され, 具体的には主に歩行運動が勧められてきた. 1997年厚生省(現厚生労働省)によって「高齢期の生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方」⁴⁾において, 筋力づくりの重要性が示されたが, 高齢者におけるレジスタンス運動の定着はまだまだ十分とは言えない. 高血圧症, 虚血性心疾患, 高脂血症, 脳卒中, 糖尿病などの有疾患者に対しても, 治療や疾病の軽減などを目的とした運動療法の有用性が明らかにされてきている. しかし, 現状は, 歩行運動や固定式自転車運動などのエアロビクスが主であり, レジスタンス運動については血圧の亢進や循環器系への障害が憂慮されるとして積極的な導入がなされていないか, または低強度での運動方法が妥当であるとの考え方が主流とみられる. Singh⁵⁾は, 高齢者のエアロビクスの研究成果に比べてレジスタンス運動の研究が少なく, 具体的な運動処方確立が遅れていると指摘している. しかし, 欧米では, レジスタンス運動⁶⁾や WREP の運動による効果⁷⁾や安全性が徐々に明らかにされてきており, わが国での検討が待たれている.

最近, WREP の具体的内容として油圧抵抗マシンによるレジスタンス運動とフロア運動を組み合わせた programmed aerobic/anaerobic accommodating circuit exercise(PACE)がアメリカで開発された⁸⁾. PACE と柔軟性運動を組み合わせた WREP の高齢有疾患者に対する有用性についての検討は行われていない.

本研究では, 疾患を有するが現在日常生活に支障を来していない高齢者を対象に軽から中等度強度相当で1日50分の WREP を週3日, 12週間に亘って指導し, 機能的自立の維持という観点からみた総合的体力(overall fitness)への効果について検討した.

II. 方 法

A. 被験者

被験者は, 疾患を有するが医師によって運動が禁忌とされていないこと, 集団での運動が可能なことを条件として, 地方新聞の広告によって募集

した. 事前に研究の趣旨, 内容を説明し, 研究協力への依頼と許可を得た後に, メディカルチェックを実施し, 最終的に22名を対象とした. メディカルチェックは, 名古屋市立大学医学部附属病院とシステム自然科学研究科運動処方実験室にて, 問診, 病歴調査, 身体的所見, 安静時心電図, 血液生化学検査, 心エコーおよび運動負荷試験を行った. 本研究は, 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科倫理委員会の承認を得て実施した.

被験者の中で高血圧症患者(世界保健機構の分類で本態性高血圧症)は13名(このうち定期的に医療機関へ6名が通院)で, 6名が降圧剤を服用しており, その種類はカルシウム拮抗剤, β 遮断剤, α 遮断剤, アンギオテンシン転換酵素阻害剤であり, 5名が1剤, 1名が2剤を服用していた. 高血圧症以外の有疾患者9名の病名は, 前立腺肥大症(3名), 糖尿病(3名), 高脂血症(1名), 骨粗鬆症(2名)であった. いずれも定期あるいは不定期に治療を受けていた. すべての被験者には, 研究期間中に運動プログラム以外の特別な身体活動の実施, 食生活や薬の服用方法などを変えないように求めた. 被験者22名の運動前の体力テストの結果, 安静血圧のみに有意な差異を認めたため, 高血圧疾患(HTN)群と非高血圧疾患(NHTN)群との比較についても検討した.

B. 測定項目および測定方法

1. 形態(physique)

体脂肪率(%fat)は, インピーダンス法による体脂肪率自動測定装置(TBF-202, タニタ)により測定した. 体重は, トレーニングウエアーを着用したまま測定したために500gを測定結果から減じて求めた.

2. 肺機能(respiratory function)

肺機能は, 自動測定装置(マイクロポアー HI-298, チェスト)により測定した. 測定に際しては, マウスピースの使用や呼息の要領などの説明と練習をおこなった後に2回施行し, 最大値を個人のデータとした.

3. 全身持久性(cardiorespiratory fitness)

全身持久性は、乳酸性閾値 (lactate threshold: LT) とピーク時酸素摂取量 (peak $\dot{V}O_2$) によって評価した。運動負荷試験は、自転車エルゴメーター (Type 818-E, Monark, Sweden) を用いて 0 watts で 1 分間のウォーミングアップをおこなわせ、以後 1 分間毎に 12.5 watts ずつ増やす多段階負荷漸増法により被験者が可能な最高運動強度まで実施した。ペダルの回転数は、メトロノームにより 50 rpm とした。プロトコルは竹島⁹⁾の方法によった。運動中は、血中乳酸濃度 (La), 換気量 (VE), $\dot{V}O_2$, 心拍数 (HR), 収縮期血圧 (SBP), 拡張期血圧 (DBP), 主観的運動強度 (RPE) を測定した。すべての被験者に少なくとも 30 分前に研究室に来るように求め、椅座位にて 5 分間の安静後、自動血圧計 (BP203RVHC, コーリン) を用いて運動前の安静血圧, 心拍数を測定した。

LT は、 $\dot{V}O_2$ と La を対数変換する Beaver et al. の方法¹⁰⁾により求めた。La 測定のための血液サンプルは、1 分毎に右腕正中肘静脈より留置針 (テルモ社製, 21G) にて採取し、La は酵素電極法 (ダイヤグルカ HEK-L, 東洋紡) により測定した。

呼気ガス分析は、自動ガス分析器 (AT-1000, アニマ社, 東京) を用い、被験者毎に測定前後で較正を行った。HR は、胸部双極誘導によるテレメータ法 (Lifescope 8, 日本光電) により連続測定した。血圧は、自動血圧測定器 (STBP-680, コーリン) を用いて左上腕部で 1 分毎に測定した。

4. 筋力 (muscular strength)

筋力は、油圧式マシン (Hydra Omnitron, Henley Health Care Co., USA) を用いて測定した。油圧式マシンは、油圧シリンダーの大きさ (孔) を変えることにより速度 (または抵抗) が可変する。本研究では油圧孔ダイヤル (D) を 11 (低速高負荷) に設定し、被験者に自発的 maximum 運動をおこなわせた。測定は、ニーイクステンション & フレクション, ショルダープル & プレス, チェストプル & プレス, ローバックイクステンション & フレクションにて行った。測定の詳細は既報に譲る¹¹⁾。

5. 敏捷性 (agility)

敏捷性は、反復横跳び¹²⁾によって評価した。

テストは 2 回実施して、測定値の大きい方を個人のデータとした。

6. 柔軟性 (flexibility)

柔軟性は、立位体前屈と上体反らし¹²⁾によって評価した。立位体前屈は、竹井機器製測定機器 (T. K. K. 5111, 東京) を用いて測定した。上体反らしは、伏臥位にて測定し、竹井自動測定機器 (T. K. K. 5104, 東京) を用いて測定した。十分な準備運動をおこなわせ、練習後に測定を 2 回実施し、測定値の大きい方を個人のデータとした。

7. 血清脂質 (serum lipid concentration)

総コレステロール (TC), 高比重リポ蛋白コレステロール (HDL-C), 中性脂肪 (TG) を測定した。採血は 13~15 時間の絶食後の午前中におこなった。なお、低比重リポ蛋白コレステロール (LDL-C) は、 $TC - HDL-C - (TG/5)$ ¹³⁾ の式により算出した。

運動プログラム (exercise program)

1. PACE トレーニング + 柔軟性運動

運動様式が異なる油圧抵抗マシン 10 台とエアロバイク用のエアロボード 9 台と自転車 (Monark 社, Sweden) 1 台とを交互にかつ円形に設置し、PACE (サーキット運動) をおこなうように設定した。マシンの種類は、1) ニーイクステンション & フレクション, 2) ショルダープレス & プル, 3) チェストプル & プレス, 4) スクワット, 5) ヒップアダクション & アブアダクション, 6) ローバックフレクション & イクステンション, 7) レッグイクステンション, 8) アームカール, 9) ジョイスティック (上肢の運動), 10) ステアーエクササイズ (階段歩行) の計 10 台である。PACE はそれぞれのマシン, エアロボード等の位置 (ステーションと称する) で 30 秒間の運動をおこない、次々とサーキットしながら連続的に運動をおこなう形式が基本となっている。30 秒間で最大自発的 effort の運動を求め、30 秒間で 10~15 回のマシンによる運動をおこなうように指導し、エアロボードでのリズム運動は運動指導者の動きに合わせ、毎回同じ動作の繰り返しにより実施した。本研究では、高齢者用としてステーション間の移動時間を 10 秒間取り入れる Takeshima et al.¹⁴⁾ の方法に準じた

が, 対象が有疾患であることを考慮し, PACE マシンの油圧抵抗をダイヤル 2 (高速低負荷) に設定した. エアロビクス運動は大筋群を動かす動作を中心におこなわせた. 自転車は, 50 watts 一定の負荷で自由に漕がせた. 回転速度はおよそ 50~70 rpm の範囲であった.

2. 柔軟性運動 (flexibility)

PACE トレーニングの運動開始前と終了後に, 各々10分間のストレッチングを行った.

3. 運動内容・運動強度と期間

運動はすべて名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科運動処方実験室において実施した.

運動期間は12週間(2000年4月~6月), 運動頻度は週3日, 運動強度は軽から中等度とした. 毎回の運動は, 準備運動として柔軟性運動を10分間, PACE トレーニングを30分間, 整理運動として柔軟性運動を10分間, 総運動時間を50分間とした. 被験者は, 運動中連続 HR モニター (Aquirexplus, Polar, Finland) を装着し, 被験者および指導者によって随時 HR 水準を確認し, 運動中 100~120 beats/min の範囲になるようにエアロビクスとしての運動強度を調整した.

一方, それぞれの PACE 油圧マシンに筋力の最大値や平均値, 運動回数, 時間が表示されるモ

Table 1 Baseline characteristics of participants

Parameters	ALL	Hypertensive	Non- hypertensive
	n = 22	(HTN) n = 13	(NHTN) n = 9
Age (yr)	69.6 ± 3.2	69.4 ± 2.6	69.7 ± 3.7
Weight (kg)	56.9 ± 9.4	57.1 ± 10.1	56.7 ± 8.6
Height (m)	1.57 ± 0.07	1.56 ± 0.06	1.57 ± 0.07
%fat (%)	20.6 ± 7.6	21.0 ± 6.4	20.1 ± 8.8
SBPrest (mmHg)	141 ± 12	155 ± 15	126 ± 8*
DBPrest (mmHg)	82 ± 7	87 ± 9	76 ± 5*
HR rest (beats/min)	81 ± 10	82 ± 11	79 ± 9
FVC (L)	2.1 ± 0.6	1.9 ± 0.5	2.4 ± 0.7
VO ₂ LT (ml/kg/min)	16.3 ± 2.4	16.3 ± 2.7	16.3 ± 2.1
peak VO ₂ (ml/kg/min)	30.2 ± 4.3	28.9 ± 3.4	31.5 ± 5.1
Knee extension (Nm)	114.3 ± 26.3	113.0 ± 19.1	115.6 ± 33.5
Knee flexion (Nm)	105.6 ± 31.6	98.1 ± 40.4	113.1 ± 22.8
Chest pull (N)	370.6 ± 11.8	369.2 ± 127.3	371.9 ± 98.2
Low back flexion (N)	256.5 ± 102.6	243.6 ± 104.8	269.4 ± 100.3
Shoulder press (N)	186.5 ± 69.5	180.8 ± 81.2	184.9 ± 46.8
Side stepping (times/20sec)	29 ± 4	28 ± 4	30 ± 3
Trunk flexion (cm)	2.8 ± 10.0	4.2 ± 9.9	1.4 ± 10.0
Trunk extension (cm)	29.6 ± 6.3	27.7 ± 5.2	31.5 ± 7.3
TC (mg/dL)	238 ± 34	239 ± 38	237 ± 29
LDLC (mg/dL)	155 ± 30	160 ± 34	150 ± 26
HDLC (mg/dL)	61 ± 16	54 ± 13	67 ± 19
TG (mg/dL)	113 ± 39	124 ± 35	101 ± 43

(Mean ± SD) *P < 0.05 Statistically significant between HTN and NHTN

ニター(ハイドラフォースモニター, ミズノ)がついており, 運動実施者がそれらのデータを見ながらレジスタンス運動を行うことが出来るようにした. 運動中の強度は, 油圧抵抗ダイヤル2(高速低負荷)での平均筋力値を測定し, トレーニング前にダイヤル6(最大低速高負荷)によって測定し

た個人の最大筋力値に対する百分率として求めた.

D. データ処理

測定値は平均値±標準偏差で表示した. 改善率(%)はトレーニング前後の測定値より算出した.

Table 2 Effects of WREP on body composition and cardiorespiratory variables in older outpatients

Parameters	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD	Change %	ANOVA time effect
Body Weight (kg)				
ALL	56.9 ± 9.4	56.6 ± 9.0	-0.5	<i>P</i> <0.05
HTN	57.1 ± 10.1	56.7 ± 9.9	-0.7	
NHTN	56.7 ± 8.6	56.4 ± 8.1	-0.5	
%fat (%)				
ALL	20.6 ± 7.6	18.8 ± 7.2	-8.3	<i>P</i> <0.05
HTN	21.0 ± 6.4	19.4 ± 7.0	-7.6	
NHTN	20.1 ± 8.8	18.2 ± 7.3	-9.5	
SBPrest (mmHg)				
ALL	141 ± 12	131 ± 14	-7.0	<i>P</i> <0.05
HTN	155 ± 15	141 ± 16	-9.0*	}
NHTN	126 ± 8	121 ± 11	-4.0	
DBPrest (mmHg)				
ALL	82 ± 7	77 ± 9	-6.0	<i>P</i> <0.05
HTN	87 ± 9	81 ± 10	-6.8	
NHTN	76 ± 5	73 ± 8	-3.9	
FVC (L)				
ALL	2.1 ± 0.6	2.3 ± 0.7	9.5	<i>P</i> <0.05
HTN	1.9 ± 0.5	2.1 ± 0.7	10.5	
NHTN	2.4 ± 0.7	2.5 ± 0.7	4.2	
VO₂LT (ml/kg/min)				
ALL	16.3 ± 2.4	18.5 ± 4.0	13.4	<i>P</i> <0.05
HTN	16.3 ± 2.7	17.8 ± 3.6	9.2	
NHTN	16.3 ± 2.1	19.2 ± 4.3	17.8	
VO₂peak (ml/kg/min)				
ALL	30.2 ± 4.3	29.9 ± 5.9	-1.0	N.S.
HTN	28.9 ± 3.4	28.8 ± 4.4	-0.3	
NHTN	31.5 ± 5.1	31.1 ± 7.4	-1.2	

**P*<0.05 Statistically significant between HTN and NHTN

トレーニング効果は、繰り返しによる分散分析 (repeated measures ANOVA) を用いて分析した。運動開始前の HTN 群と NHTN 群間の各変数の比較, および改善率の比較は対応のない t-検定によった。なお, 統計的有意水準は 5% とした。

Ⅲ. 結 果

A. 運動開始前の体力

トレーニング開始前の体力測定の結果を表 1 に示した。また, HTN 群と NHTN 群との間には, SBP, DBP に有意差を認めたが, 年齢, 体重, 身長, %fat, HR, FVC, $\dot{V}O_2LT$, Peak $\dot{V}O_2$, 筋力, 反復横跳び, 立位体前屈, 上体反らし, および血清脂質には有意差を認めなかった(表 1)。

B. 運動の実施とトレーニング効果

1. 出席状況

運動プログラムの出席率は 94% であった。WREP トレーニング中の事故や怪我, および中止はなかった。

2 運動強度の妥当性

運動中の HR は, 平均 103 ± 9 beats/min であり, peakHR の 80% 以内 (peakHR 130 ± 5 beats/

min) であった。主観的運動強度 (RPE) は, 運動開始時 (1 ~ 4 週目) が 11.6 ± 0.9 であったが, 最終ステージ (9 ~ 12 週目) には 13.8 ± 1.6 と増加した。10 種類の油圧マシン使用においてそれぞれの発揮筋力は異なっていた。最終ステージにおける運動中の筋力発揮水準は, 運動開始前に測定した自発的的最大筋力に対しニーイクステンション & フレクションが 65%, 70%, ショルダープレス & プルが 50%, 23%, チェストプル & プレスが 44%, 36%, スクワットが 53%, ヒップアダクション & アブダクション 13%, 13%, およびローバックフレクション & イクステンションが 60%, 36% の相対的水準がそれぞれ示され, 軽から中程度の運動強度であった。

3. トレーニング効果

12 週間の WREP により, 体重, %fat は減少し, SBP, DBP は低下し, FVC, $\dot{V}O_2LT$ は増加を示した。反復横跳び, 立位体前屈, 上体反らしにおいても敏捷性や柔軟性が向上した。peak $\dot{V}O_2$ を除いたすべての指標でトレーニング効果が認められた(表 2, 3)。

筋力(フォース)は, ニーイクステンション & フレクション, チェストプル, ローバックフレクシ

Table 3 Effects of WREP on ADL related variables in older outpatients

Parameters	Pre Mean \pm SD	Post Mean \pm SD	Change %	ANOVA time effect
Side stepping agility (times/20sec)				
ALL	29 \pm 4	32 \pm 4	13	<i>P</i> < 0.05
HTN	28 \pm 4	31 \pm 4	11	
NHTN	30 \pm 3	34 \pm 3	13	
Trunk flexion (cm)				
ALL	28 \pm 10.0	64 \pm 8.4	129	<i>P</i> < 0.05
HTN	4.2 \pm 9.9	7.5 \pm 7.6	79	
NHTN	1.4 \pm 10.0	5.2 \pm 9.2	271	
Trunk extension (cm)				
ALL	29.6 \pm 6.3	35.3 \pm 6.3	19	<i>P</i> < 0.05
HTN	27.7 \pm 5.2	32.8 \pm 6.1	18	
NHTN	31.5 \pm 7.3	37.7 \pm 6.5	20	

Table 4. Effects of WREP on muscular strength in older outpatients

Parameters	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD	Change (%)	ANOVA time effect
Knee extension (Nm)				
ALL	114.3 ± 26.3	133.9 ± 26.7	17.1	<i>P</i> <0.05
HTN	113.0 ± 19.1	136.9 ± 25.3	21.2	
NHTN	115.6 ± 33.5	130.9 ± 28.0	13.2	
Knee flexion (Nm)				
ALL	105.6 ± 31.6	118.5 ± 31.1	12.3	<i>P</i> <0.05
HTN	98.1 ± 40.4	111.3 ± 37.6	13.5	
NHTN	113.1 ± 22.8	125.6 ± 26.2	11.1	
Chest pull (N)				
ALL	370.6 ± 11.8	411.1 ± 116.5	10.9	<i>P</i> <0.05
HTN	369.2 ± 127.3	402.0 ± 100.8	8.9	
NHTN	371.9 ± 98.2	420.2 ± 132.1	13.0	
Low back flexion (N)				
ALL	256.5 ± 102.6	324.8 ± 106.2	26.6	<i>P</i> <0.05
HTN	243.6 ± 104.8	316.9 ± 118.2	30.1	
NHTN	269.4 ± 100.3	332.6 ± 94.2	23.5	
Shoulder press (N)				
ALL	186.5 ± 69.5	213.8 ± 79.1	14.6	<i>P</i> <0.05
HTN	180.8 ± 81.2	204.3 ± 75.0	13.0	
NHTN	184.9 ± 46.8	215.0 ± 56.6	16.3	

ョン、ショルダープレスにおいてトレーニング効果が認められたが、チェストプレス、ローバックイクステンション、ショルダープルにはトレーニング効果が認められなかった。改善率は、ニーイクステンション&フレクションが17.1%、12.3%、チェストプルが10.9%、ローバックフレクションが26.6%、ショルダープレスが14.6%であった(表4)。

血清脂質関連指標では、TCが17 mg/dL(-7.1%)、LDLCが15 mg/dL(-9.7%)と低下し、トレーニング効果が認められた。一方、HDLCとTGには有意な変化が認められなかった(表5)。

また、トレーニング効果をHTN群とNHTN群に分けて検討したが、対象全体の場合と同様の結果であった。両群間のトレーニング効果の比較で有意差が認められたのは、SBPのみで、HTN

群14 mmHg(-9.0%)、NHTN群5 mmHg(-4.0%)であり、SBPについてはHTN群のトレーニング効果が大きかった(表2)。

IV. 考 察

PACEトレーニングは、当初 progressive aerobic circuit exercise と呼ばれ、アメリカ Henley Health Care 社(Texas)が開発した運動様式であるが、これまではエアロビクスの運動方法として位置づけられており、短時間で実施する歩行やダンスより高いエネルギー消費量を得るなどの利点が強調されてきた⁸⁾。しかし、最近ではPACEの呼び方が programmed aerobic/anaerobic accommodating circuit exercise と変更されており、レジスタンス運動としての有用性、さらに well-rounded exercise としての有用性が強調され

Table 5 Effects of WREP on serum lipid concentration in older outpatients

Parameters	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD	Change (%)	ANOVA time effect
TC (mg/dL)				
ALL	238 ± 34	221 ± 30	-7.1	<i>P</i> <0.05
HTN	239 ± 38	220 ± 37	-7.9	
NHTN	237 ± 29	223 ± 23	-5.9	
LDLC (mg/dL)				
ALL	155 ± 30	140 ± 29	-9.7	<i>P</i> <0.05
HTN	160 ± 34	140 ± 34	-12.5	
NHTN	150 ± 26	140 ± 23	-6.7	
HDLC (mg/dL)				
ALL	61 ± 16	61 ± 18	0	N.S.
HTN	54 ± 13	56 ± 15	3.7	
NHTN	67 ± 19	65 ± 21	-3.0	
TG (mg/dL)				
ALL	113 ± 39	104 ± 45	-8.0	N.S.
HTN	124 ± 35	122 ± 58	-1.6	
NHTN	101 ± 43	85 ± 32	-15.8	

TC: Total cholesterol, LDLC: low density lipoprotein cholesterol, HDLC: high density lipoprotein cholesterol, TG: triglycerides

てきている。竹島ら¹⁵⁾は、健常高齢者による30分間のPACEトレーニングは、エアロビクスとしては乳酸性閾値(LT)レベルの運動強度となることや、筋力発揮水準は中等度であると報告している。

本研究では、過去に特別な運動習慣のない高齢有疾患に対してPACEと柔軟性運動を組み合わせたWREPを実施し、全身持久性(LTのみ改善)、筋力、柔軟性、敏捷性などに改善を認め、総合的体力を高めるという結果が得られた。Wood et al¹⁶⁾は、健常高齢者を対象にエアロビクスとレジスタンス運動を組み合わせた運動プログラムを実施し、それぞれ単独でおこなった場合よりも有効であったと報告している。また、Maiorana et al¹⁷⁾は、心疾患を対象に8週間のWREPを実施し、peak $\dot{V}O_2$ 、筋力および生活機能が改善したことを報告し、特に生活機能の改善は患者の自立や行動範囲を広げる上で有用なものとしている。本研究の対象者は、高血圧症、前

立腺肥大症、糖尿病、高脂血症、骨粗鬆症をもつ高齢者であり、運動が制限されていない高齢有疾患患者においても健康度と機能的自立を高めることを目標とする運動方法としてWREPの有用性と安全性が示唆された。

これまでに世界で唯一 $\dot{V}O_{2max}$ が全身持久性の指標として認められているが、虚弱者や中高年者では必ずしも $\dot{V}O_{2max}$ を測定することができず、peak $\dot{V}O_2$ で評価することも少なくない。健常高齢者を対象にPACEを実施した先行研究^{14,15)}では、peak $\dot{V}O_2$ に改善を認めたが、本研究ではその改善が認められなかった。一方、最大下運動で評価が可能な嫌気性閾値やLTも $\dot{V}O_{2max}$ に代わる指標としてその有用性が認められている。LTは、有酸素的エネルギー供給系にのみ依存した、長時間運動が可能な最高強度に近いものと考えられており、全身持久性を表す指標として有用性が認められている¹⁸⁾。また、LTは、骨格筋のslow twitch fiberに占める割合や毛細血管密度、

コハク酸脱水素酵素活性との間に相関が認められており、呼吸能力を総合的に反映するものと考えられている^{19,20)}。被験者が実施可能な最大負荷という目的で運動を実施したが、ピーク時の運動終了の理由は体力のみによるものだけでなく、精神的な影響やその他の要因も考えられ、とくに有疾患者の場合にその傾向が大きい可能性も考えられる。今回 LT の改善が認められたことから、本トレーニングでは全身持久性の改善が認められたという見方が可能と思われた。しかし、高齢有疾患者における peak $\dot{V}O_2$ と LT の結果の不一致については今後の課題とされる。

PACE トレーニングは、油圧式マシンを使っての運動であることからすべての動作様式が運動実施者の自発性に依存した運動が特徴といえる。油圧マシンは、付属の油圧シリンダーの大きさ(孔)を変えることにより速度(または抵抗)が可変する。同時に、運動実施者がマシンをより速く強く動かすことにより、発揮筋力に応じた抵抗力が順応し、往復抵抗がかかるため運動量が増大するようになっている。このために、運動を効果的におこなうためには、運動実施者がその特徴を理解し慣れ、可能な限りの自発的な最大運動が求められる。本研究では、高齢有疾患者であるために PACE トレーニングプログラムは、油圧マシンのダイヤル抵抗を小さくすること、ダンスの運動様式をハイインパクトと称するジャンプ系の動作などを含まないようにすることにし、健常者に比べて低い強度に設定した。先行研究(高齢健常者)において peak $\dot{V}O_2$ と HDLC の改善を認めたが、本研究では peak $\dot{V}O_2$ と HDLC の改善を認められなかったことやその他の指標の改善率も健常高齢者に比較してやや低い傾向にあった点は採用したトレーニング強度設定の違いが生じさせた可能性が考えられるが、高齢有疾患者を対象とした運動療法は、運動メニュー、運動強度、運動量など、効果の発現と安全性を両立させるためにさらなる検討が必要と考えられる。

運動療法の血圧に及ぼす影響については、これまでに多くの検討がなされている。本研究では、HTN 群で SBP が 14 mmHg、DBP が 6 mmHg の

低下を、NHTN 群で SBP が 5 mmHg、DBP が 3 mmHg の低下を認め、血圧低下の程度は HTN 群の方が大きかった。Pescatello & DiPietro²¹⁾は、高齢者におけるエアロビクスの先行研究をレビューし、SBP で 5~25 mmHg、DBP で 3~25 mmHg の低下が期待できると推察している。一方、Kelley & Kelley²²⁾は、高齢者におけるレジスタンス運動の先行研究をレビューし、SBP、DBP 共にトレーニング後に 3 mmHg 程度低下すると予測している。さらに、Hagberg et al.²³⁾や廬ら²⁴⁾は若・中年齢の高血圧者を対象として PACE の降圧効果を報告している。本研究に用いた WREP が、高齢有疾患者や高齢高血圧者においても安全に降圧効果を得るのに有用であることが示唆された。

今回 WREP を実施するにあたり、PACE はエアロビクス運動とレジスタンス運動が主であると考え、PACE 前後に準備運動と整理運動を柔軟性運動として組み合わせた。その結果、柔軟性運動の指標として立位体前屈値が顕著な改善を示した。Fatourous et al.²⁵⁾は非活動的な高齢者を対象に16週間のエアロビクスとレジスタンス運動を実施し、柔軟性と関節の可動域についてはレジスタンス運動の効果が大きかったことを報告しているが、PACE の柔軟性に及ぼす影響についての検討は見当たらない。本研究では、最大可動範囲での油圧マシンによる運動をおこなう PACE の柔軟性改善への可能性が示唆された。

高齢者においては、運動やスポーツがコミュニケーションの手段として大きな意義をもつと考えられているが、本様式は集団でかつ個人の能力にあったサーキット運動を短時間でおこなうことができるという長所もっている。このためか運動が楽しい、気分がよいという感想を述べる高齢者が多く、教室への参加率(94%)も高かった。高齢有疾患者における身体運動の意義は、疾病の改善、軽減とともに健康度や体力の維持改善と精神的、社会的健康の保持にあり、本研究のプログラムが集団で行う運動療法として有用であることを示唆している。しかし、PACE は、個々の体力やコンディションに応じて運動量や強度を調節する

ことができる利点を持っているが, 高価で特別な機器を使用するため普及という点からは課題があり, より簡便で有効な運動方法の検討が今後の課題と考えられる。

V. 結 語

本研究では, 高齢有疾患者を対象にして PACE と柔軟性運動を組み合わせた WREP を軽から中等強度相当で1日50分週3回の頻度で12週間に亘って指導し, 総合的体力に対する効果について検討した。その結果, 本プログラムにより全身持久性(乳酸性閾値), 筋力, 柔軟性, 敏捷性, 血清脂質(TC, LDLC)および血圧に改善が認められた。血圧の改善は, 高血圧者の方が大きかった。従来から健常高齢者における WREP の有用性は報告されているが, 本研究で高齢有疾患者においても総合的体力の向上に有効かつ安全であることを認めた。WREPは高齢有疾患者の運動プログラムとして健康づくりと機能的自立の維持に有用であると考えられた。

謝 辞

本研究に際して多大なご協力をいただきました被験者の皆様に深謝申し上げます。また, 始終研究にご協力いただきました名古屋市立大学医学部第3内科早野順一郎助教授(現名古屋市立大学病院・臨床研修センター, 特任教授)始め同医局の先生方に深くお礼申し上げます。ならびに, 運動を指導していただいた僕原良江さんほかインストラクターの皆さんに感謝致します。

(受理日 平成15年6月17日)

参 考 文 献

- 1) American College of Sports Medicine The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults *Med Sci Sports Exerc.* (1988a), **30**, 975-991
- 2) Fletcher, G. F, Balady, G J, Amsterdam, E A., Chaitman, B, Eckel, R, Fleg, J, Froelicher, V F, Leon, A, Pina, I L, Rodney, R, Simons-Morton, D A, Williams, M A and Azzarre, T Exercise standards for testing and training a statement for healthcare professionals from the American Heart Association *Circulation*, (2001), **104**, 1694-1740
- 3) American College of Sports Medicine Exercise and physical activity for older adults Position stand *Med Sci Sports Exerc.*, (1998b), **30**, 992-1008
- 4) Ohta, T, Tabata, I, and Mochizuki, Y Japanese national physical activity and health promotion guidelines JAPA, (1999), **7**, 231-246
- 5) Singh, M A. Exercise comes of age Rationale and recommendations for a geriatric exercise prescription *J Gerontol.* (2002), **57**, 262-282
- 6) Pierson, L M, Herbert, W G, Norton, H J, Kiebzak, G M Griffith, P, Fedor, J M, Ramp, W K and Cook, J W, Effects of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in cardiac rehabilitation *J Cardiopulm Rehabil.* (2001), **21**, 94-100
- 7) Puggaard, L. Effects of training on functional performance in 65, 75 and 85 year-old women Experiences deriving from community based studies in Odense, Denmark *Scand J Med Sci Sports.* (2003), **13**, 70-76
- 8) 田中喜代次, 野田洋平編, ベーストレーニングのすべて PACE, ミズノ, 大阪, (1998), 16-20
- 9) 竹島伸生. 高齢者の乳酸性閾値ならびに最大酸素摂取量による有酸素性作業能に関する研究. 愛知医科大学医学会雑誌, (1990), **18**, 403-416
- 10) Beaver, W, Wasserman, K and Whipp, B J Improved of lactate threshold during exercise using a log-log transformation *J Appl. Physiol.* (1985), **59**, 1936-1940
- 11) Takeshima, N, Rogers, M E, Brechue, W F, Okada, A, Yamada, T, Islam, M M and Hayano, H Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women *Med Sci Sports Exerc.* (2002), **34**, 544-551
- 12) 東京都立大学体育学研究室編. 日本人の体力標準値, 第四版, 不昧堂, 東京, (1989), 160-163 & 204-209
- 13) Friedwald, W, Lavy, R J and Fredrickson, D S Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge *Chm Chem.* (1972), **18**, 499-502
- 14) Takeshima, N, Brechue, W F, Watanabe, E, Okada, A and Tanaka, K Hydraulic circuit exercise improves cardiorespiratory fitness, strength, body composition and HDL-cholesterol in older adults JAPA, (1999), **7**, 332
- 15) 竹島伸生, 池田哲哉, 魯 東仁, 小泉大亮, 渡辺英児, 田中喜代次. 高齢者における PACE トレーニング中の酸素摂取量, 心拍数水準ならびにエネルギー消費量について. 第52回日本体育学会予稿集, (2002), 333.
- 16) Wood, R H, Reyes, R, Welsch, M A, Sabatier, J F, Sabatier, M, Lee, C M, Johnson, L G and Hooper, P F Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults *Med Sci Sports Exerc.* (2001), **33**, 1751-1758

- 17) Maiorana, A , O'Driscoll, G , Cheetham, C , Collis, J , Goodman, C , Rankin, S , Taylor, R. and Green, D. Combined aerobic and resistance exercise training improves functional capacity and strength in CHF *J Appl Physiol.*, (2000), **88**, 1565-1570
- 18) 竹島伸生, 田中喜代次, 小林章雄. 高齢者の健康づくり, 初版, 高齢者の健康・体力評価. メディカルレビュー社, 東京, (1997), 89-112
- 19) Ivy, J L , Withers, R T , Handle, J V , Elger, D H. and Costill, D. L Muscle respiratory capacity and fiber type as determination of the lactate threshold *J Appl Physiol* , (1980), **48**, 523-527
- 20) Rusko, H., Rakkila, P. and Karvinen, E Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers *Phys Scand.*, (1980), **108**, 263-268
- 21) Pescatello, L. S and Di Pietro, L Physical activity in older adults an overview of health benefit *Sports Med* , (1993), **15**, 353-364
- 22) Kelley, G A and Kelley, K S Progressive resistance exercise and resting blood pressure a meta-analysis of randomized controlled trials *Hypertension*, (2000), **35**, 838-843
- 23) Hagberg, J M , Ehsani, A A., Goldring, D , Hernandez, A , Sinacore, D. R and Holloszy, J Effects of weight training on blood pressure and hemodynamics *J. Pediatrics*, (1984), **104**, 147-151.
- 24) 廬 昊成, 田中喜代次, 宮本香名, 檜山輝男. 有酸素性運動とレジスタンス運動を組み合わせたクロストレーニングが高血圧女性の血圧および活力年齢に及ぼす影響. *教育医学*, (1999), **45**, 732-739
- 25) Fatouros, I G , Taxildaris, K , Tokmakidis, S P , Kalapotharakos, V., Aggelousis, N., Athansopoulos, S , Zeeris, I and Katrabasas, I. The effects of strength training, cardiovascular training and their combination of flexibility of inactive older adults *Int J. Sports Med.*, (2002), **23**, 112-119