本態性高血圧症女性に対する運動療法の血圧および活力年齢への効果

盧 昊 成* 田中喜代次** 竹田正樹***
海野英哉**** 檜山輝男****

EFFECTS OF EXERCISE CONDITIONING ON BLOOD PRESSURE AND VITAL AGE IN FEMALE PATIENTS WITH ESSENTIAL HYPERTENSION

HO SUNG NHO, KIYOJI TANAKA, MASAKI TAKEDA, HIDEYA UNNO and TERUO HIYAMA

Abstract

In order to assess the effectiveness of exercise conditioning from the standpoint of physical health, exercise-induced changes in the blood pressure (BP) and vital age (VA: an index of physical health and/or aging status) were investigated in 27 Japanese female patients with essential hypertension. They were allocated either to the experimental (E, $n = 18$; 50.1 ± 7.5 years) or a usual-care control (C, $n = 9$; 51.7 ± 9.6 years) group, according to their willingness. VA was derived from 11 physical and physiological parameters measured during exercise and at rest. The E group participated in a 4-month supervised exercise conditioning program with the intensity set at the lactate threshold level for 90 to 120 minutes twice a week and practiced self-controlled aerobic conditioning three times a week. The systolic (BPs) and diastolic (BPd) blood pressure of the E group decreased significantly from 160.6 ± 12.5 to 147.3 ± 12.9 and from 97.2 ± 10.1 to 89.3 ± 12.0 mmHg, respectively. Although the mean VA (60.4 ± 9.7 years) of the E group was significantly higher than the mean pre-conditioning chronological age (CA), it was reduced significantly (54.4 ± 11.8 years) post-conditioning. Furthermore, the VA change correlated significantly ($r = 0.74$) with the BPs, but not the BPd, change. No changes were observed in the C group. We concluded that (1) exercise conditioning improves not only the BP, but also the overall physical health status, of patients with essential hypertension and (2) the change in the health status induced during the 4-month exercise program was closely associated with the BP change.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1996, 45: 91~100)

Key words: vital age, hypertension, blood pressure, physical health index

I. 緒 言

高齢化が進む中、科学技術の発達による社会構造の変容はとくに人々のライフスタイルを大きく変化させることになり、その結果として運動不足傾向の人が増加している。運動不足のライフスタイル (sedentary lifestyle) は高血圧症 (hypertension: HYP) や冠動脈性疾患などの心血管系疾患、

糖尿病、高脂血症など各種の成人病的異常所見を招く一因になると同時に、運動能力・体力を減衰させていると考えるのが一般的であろう¹⁻⁵⁾。今日まで、HYP に対する運動療法は非薬物的手段として有効かつ安全であることが認識されるようになってきたが、こうした背景には、運動療法による降圧効果およびその降圧機序が明らかにされつつあることが指摘できる⁶⁻¹⁰⁾。また、HYP に

* 筑波大学大学院体育科学研究科
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

** 筑波大学体育科学系
〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

*** 同志社大学保健体育
〒610-03 京都府綴喜郡田辺町多々羅都谷1-3

**** 東取手病院
〒302 茨城県取手市井野246

Doctoral Program of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305
Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305
Department of Health and Exercise, University of Doshisha, 1-3 Miyakodani Tatara, Tanabe-cho, Tsuzuki-gun, Kyoto 610-03
Division of Cardiology, Higashi Toride Hospital, 246 Ino, Toride, Ibaraki 302

対する運動療法の一連の成果に基づき、最近では治療としての運動だけでなく、予防のためにも運動を実践し、体力を高める必要性が認められるようになった。HYP 患者に対する運動療法の効果を健康・体力の面から評価する価値は高いといえるが、今日までのHYP患者の運動療法に関する研究は降圧効果とその機序に着目しており、総合的な健康度・体力水準の評価はほとんどなされていない。

最近、田中たち^{11,12)}は従来から提案されている「生物学的年齢」なる老化度の概念を発展させ、「ヒトの生物学的活力の水準」と定義できる「活力年齢 (Vital Age)」を提案した。この活力年齢は概念的には種々の健康・体力関連指標をより総合化した一つの指標として位置づけられている。また、活力年齢と暦年齢 (chronological age) との差が健康状態や体力水準を反映することを前提にして、その平均値が一般健常者についてはほぼ完全に一致するように推定式が作成されており、主に一般健常者、CHD 患者、肥満者、高血圧症患者、運動習慣を有する者について詳細な検討がなされてきた¹²⁻¹⁵⁾。

本研究では、HYP 患者に対する院内監視型の運動療法プログラムに伴う身体のみならず、健康・体力関連指標をより総合化した活力年齢という側面からも評価しながら、運動療法の有用性を検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 対象者

対象は東取手病院の通院患者のうち、特に日常生活において特別な運動習慣のない39歳から65歳までの本態性 HYP の女性32名で、運動指導を希望する者21名を運動群、希望しない者11名を対照群に分類したが、研究途中に合計5名が脱落したことから、運動群18名 (50.1 ± 7.5 歳) と対照群 9 名 (51.7 ± 9.7 歳) の計27名 (50.6 ± 8.1 歳) となった。アメリカ高血圧合同委員会 (JNC-V) の基準¹⁶⁾ によると運動群の 6 名は軽症 HYP、12名は中等

症 HYP であり、対照群の 5 名は軽症 HYP、4 名は中等症 HYP であった。服用薬物は、降圧剤としてのカルシウム拮抗剤、アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害剤、 β 遮断剤、 α 遮断剤のいずれかまたは複数で、研究期間中に投薬内容の変更はなかった。被検者一人ひとりに本研究の目的および検査内容を説明し、研究参加への快諾を得た。

2. 活力年齢の算出および各項目の測定

活力年齢の算出に必要な検査項目は先行研究¹¹⁾ に従って選定し、同じ方法で測定した (Table 3)。血圧、身体計測、呼吸機能などの測定は、入室後直ちに安静状態を保持させ、運動負荷試験や体力テストに先立って項目ごとに同一検者が一括して行なった。身体組成の評価は生体電気抵抗法^{17,18)} を利用して求めた。血清脂質測定のための採血は、12時間以上の絶食状態のもとで行なった。行動体力要素の中で、敏捷性を反映する反復横とび、平衡性の指標である閉眼片足立ちは、一般的な方法に従って測定した。

血圧は、Riva-Rocci 型水銀血圧計 (カフ幅 12 cm, 長さ 22 cm) を用い、触診法 (palpatory method) による推定圧値や被検者の報告値より約 30~40 mmHg 上にあげてから、聴診法 (auscultatory method) で収縮期血圧 (systolic blood pressure: BPs) と拡張期血圧 (diastolic blood pressure: BPd) を測定した。測定条件は、あらかじめ排尿させ、20~30分の椅座位安静の後に 3 回実施し、平均値を採用することとした。測定時刻は午前 9 時~10 時であった。運動負荷時の血圧の測定には運動負荷用血圧監視装置 (コーリン製 STBP-780) を用い、原則として 2 分間隔で測定した。

以上のような測定は運動療法プログラム開始前 (pre)、16週経過時 (post) において同一機器で同様の手順にて実施した。

3. 運動負荷試験

症候限界性多段階運動負荷試験においては自転車エルゴメータ (Monark 818 E) を利用し、lactate threshold (LT) に相当する酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2LT}$) または LT に相当する心拍数 (HR_{LT}) を測定した。運動中は絶えず心電図、心拍数、血圧などの変化を監視し、臨床医学的に異常のないことを確

Table 1. Content of an at-hospital supervised physical conditioning program for patients with hypertension¹³⁾.

Content	Duration	Frequency
1) Warm-up: calisthenics, stretching	10-20 min	2 d/wk
2) Leg cycling ^{*1*} within work rates from 30 watts below lactate threshold (LT) to 30 watts above LT (on the average, at the work rate corresponding to LT), or Ground walking/jogging ^{*1} approximately at the level of LT	20-40 min	2 d/wk
3) Recreational activities	20-40 min	2 d/wk
4) Flexibility exercise	10-20 min	2 d/wk
5) Cool-down: stretching	5-10 min	2 d/wk

^{*1} Perceived exertion (11 ~ 14 in Borg's 15-grade scale ranging from 6 to 20), work rate, breathing pattern and/or blood pressure were periodically monitored as a sensitive training indicators in all patients.

^{*2} Continuous heart rate or electrocardiographic monitoring was also carried out during conditioning on patients judged to be at increased cardiac risk.

かめた。各負荷に対する呼吸循環系諸量の反応はフクダ産業製の代謝測定装置 (IS-6000) により分析し、換気量、酸素摂取量、二酸化炭素排出量、呼吸交換比などをコンピュータによる自動的演算処理に基づいて出力した。また、LT を決定するために運動中の血液は、各負荷の終了間際(つまり各分の55~59秒)に約 1 ml ずつ正中肘皮静脈より採取した。 $\dot{V}O_{2LT}$ は、採取した血液中の乳酸濃度が安静水準(または warming-up 時の水準)から急激に立ち上がる時点に相当する $\dot{V}O_2$ と定義し、対数変換した $\dot{V}O_2$ (x 軸)と、対数変換した血中乳酸濃度 (y 軸)を座標軸にプロットして視覚的に求めた(log-log transformation 法)¹⁹⁾。運動負荷試験における運動の中止基準は、本人が疲労困憊に達した時の判断で中止を望んだ場合は、血圧の急激な低下または上昇、心電図の異常、顔面蒼白など医師の判断で運動の継続が危険とされる症状の出現とした。

4. 運動プログラム内容

LT 水準あたりの運動強度での有酸素性運動 (RPE や HR をモニタ) が中心で、院内監視型 (Table 1) を 90~120 分/日、平均 2 日/週、自己統制型 (Table 2) を 10~60 分/日、平均 3 日/週

Table 2. An example of unsupervised exercise conditioning in a 59-year-old HYP woman^{*1}

Date	Content
3/19	Calisthenics and Stretching (27 min)
3/20	Brisk walking (20 min), Calisthenics and Stretching (27 min)
3/21	[Supervised exercise conditioning: see Table 1]
3/22	Calisthenics and Stretching (30 min), Cycling (35 min)
3/23	Calisthenics and Stretching (25 min)
3/24	[Supervised exercise conditioning: see Table 1]
3/25	Cycling (15 min), Calisthenics (7 min)

^{*1} From 1993 exercise diary

とした¹³⁾。院内監視型運動では、運動負荷試験の結果から求めた LT 水準を個人の平均的な運動強度としたが、4 カ月経過時点での運動負荷試験結果をもとに、新しい LT 強度を個人ごとに再設定した。LT 水準を運動強度としたのは、より長時間の運動を維持し、筋細胞内で顕著な代謝性アシドーシスを生起させないことを意図したためである。また、2~3 週間に 1 回の頻度で運動群全員および対照群の 4 名に対して「食事や日常活動のあり方に関する注意事項、HYP に関する知識」といった食事・栄養指導などを行なった。

5. データの分析

各検査項目について平均値と標準偏差を求めた。運動療法プログラム開始前と同プログラム終了時の平均値の差の検定は、対応のある t -test により行なった。相関関係はピアソンの相関分析により検討した。統計的有意水準は5%に設定した。

Ⅲ. 結 果

1. 活力年齢の変化

Base line study として運動群18名と対照群9名の暦年齢、身体計測、血圧、血清脂質、呼吸機能、有酸素能力、その他の体力要素、さらに活力年齢について平均値の差異の有意性を検討した。その結果、体重のみに有意差($P<0.05$)が認められた。HR_{LT}, BPs, TG, 腹囲では運動群が、暦年齢、 $\dot{V}O_{2LT}$, TC, LDLC, Hct, 反復横とび、閉眼片足立ちでは対照群が若干高い傾向を示したが、こ

れらを含むその他すべての変数に統計的有意差は認められなかった。

活力年齢の変化の程度は3.2～-14.0(平均-6.0 $\pm$ 4.1)歳であった。なお、活力年齢算出式を構成する11変数の中で活力年齢を低くする方向に貢献する-係数の変数では $\dot{V}O_{2LT}$ と反復横とびが有意な変化となり、それぞれ平均で3.5 ml/kg/min, 4.5回の増加を示した。活力年齢を高くする方向に貢献する+係数の変数の中ではBPsのみに平均で12.7 mmHgの有意な低下がみられた。それ以外の変数の中では、体脂肪率, BPdが有意な低下、 $\dot{V}O_{2max}$ が有意な増加を示した。活力年齢算出式を構成するそれぞれの変数について、両群におけるpreとpostの変化を平均値 $\pm$ 標準偏差で示して比較した(Table 3)。対照群の活力年齢(59.8 $\pm$ 6.4歳)は暦年齢(51.7 $\pm$ 9.6歳)より平均値で8歳ほど高く、post(61.0 $\pm$ 4.6歳)においても暦年齢との間に有意差が認められた。

Table 3. Descriptive statistics (mean $\pm$ SD) for selected variables measured before and after the supervised exercise conditioning program.

	Exercise Group (n=18)		Control Group (n=9)	
	Pre	Post	Pre	Post
Chronological Age, yr	50.1 $\pm$ 7.5		51.7 $\pm$ 9.6	
Vital Age, yr	60.4 $\pm$ 9.7	54.4 $\pm$ 11.8*	59.8 $\pm$ 6.4	61.0 $\pm$ 4.6
Weight, kg	60.1 $\pm$ 10.5	58.8 $\pm$ 9.9	64.2 $\pm$ 6.7	64.7 $\pm$ 6.0
X1 Abdominal Girth, cm	88.4 $\pm$ 12.8	87.5 $\pm$ 11.6	81.9 $\pm$ 5.9	83.4 $\pm$ 6.4
X2 BPs, mmHg	160.6 $\pm$ 12.5	147.3 $\pm$ 12.9**	150.0 $\pm$ 9.2	151.1 $\pm$ 10.7
X3 TC, mg/dl	213.9 $\pm$ 40.4	210.2 $\pm$ 37.8	227.1 $\pm$ 41.5	225.6 $\pm$ 34.9
X4 LDLC, mg/dl	134.1 $\pm$ 38.8	137.6 $\pm$ 34.3	155.7 $\pm$ 33.7	155.0 $\pm$ 34.0
X5 TG, mg/dl	134.4 $\pm$ 99.9	119.8 $\pm$ 36.7	108.4 $\pm$ 51.8	112.7 $\pm$ 45.8
X6 Hct, %	40.2 $\pm$ 3.0	39.9 $\pm$ 3.8	42.0 $\pm$ 3.4	42.0 $\pm$ 2.2
X7 $\dot{V}O_{2LT}$, ml/kg/min	12.9 $\pm$ 1.6	16.4 $\pm$ 2.2**	13.9 $\pm$ 2.5	13.4 $\pm$ 2.5
X8 HRLT, b/min	117.3 $\pm$ 21.5	119.1 $\pm$ 16.1	109.6 $\pm$ 11.0	108.2 $\pm$ 10.0
X9 Side Stepping, reps/20s	28.4 $\pm$ 7.5	32.9 $\pm$ 6.0**	31.2 $\pm$ 6.6	31.0 $\pm$ 6.0
X10 Leg Balance, s	12.7 $\pm$ 11.4	16.9 $\pm$ 8.9	15.2 $\pm$ 10.5	11.3 $\pm$ 7.5
X11 FEV1.0, l	2.16 $\pm$ 0.45	2.21 $\pm$ 0.38	2.21 $\pm$ 0.31	2.14 $\pm$ 0.33

VA = 8.90VS + 49.0 + Z (for female)				
VS = - 1.035 + 0.016X1 + 0.011X2 + 0.004X3 + 0.004X4 + 0.004X5 + 0.034X6 - 0.064X7				
- 0.012X8 - 0.037X9 - 0.005X10 - 0.367X11;				
Z = 0.33CA - 16.17;				

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

また、対照群では、検査したすべての変数について有意な経月的変化はみられなかった。運動群については pre における活力年齢 (60.4 ± 9.7 歳) は、暦年齢 (50.1 ± 7.5 歳) に比べて平均値で10歳ほど高く、両者間に有意差が認められた。しかし、4カ月経過時ではほぼ全員の活力年齢が若齢化し、活力年齢 (54.4 ± 11.8 歳) と暦年齢の間に有意差が認められなくなった (Fig. 1)。

Fig. 1. Changes of blood pressure and vital age during 4-month exercise conditioning ($n=18$) in exercise and control groups. Values are mean $\pm$ SD * $P < 0.05$.

2. 血圧の変化

Fig. 2 は、運動療法前後における血圧の個人別変化および血圧分布状態をアメリカ高血圧合同委員会の基準 (JNC-V) による分類に従って示したものである。BPs と BPd は 4 例を除いて低下し、正常血圧域の方向に向かって変化した。このことは運動療法に伴って、血圧が降下する傾向にあることを示している。運動群の BPs, BPd および活力年齢の変化はいずれも有意であった (Fig. 1)。

Table 4 には pre から post にかけての活力年齢の変化 (Δ 活力年齢) と活力年齢算出式を構成する各項目の変化との相関関係を示した。その結果、 Δ BPs の寄与が最も大きく、 Δ 活力年齢との間に $r=0.74$ ($P < 0.05$) の有意な相関が認められた。

Fig. 2. Changes of blood pressure in each subject following 4-month exercise conditioning ($n=18$).

Table 4. Correlation coefficients between the change in vital age and the change in each physical or physiological variable after the 4-month exercise conditioning.

Exercise Group ($n=18$)		
Variables	Δ Vital Age	
	r	r^2
Δ Abdominal Girth, cm	.23	.05
Δ BPs, mmHg	<u>.74*</u>	.55
Δ TC, mg/dl	.25	.06
Δ LDLC, mg/dl	-.09	.01
Δ TG, mg/dl	.46	.21
Δ Hct, %	.28	.08
$\Delta \dot{V}O_{2LT}$, ml/kg/min	<u>-.73*</u>	.54
Δ HR _{LT} , b/min	-.31	.10
Δ Side Stepping, reps/20s	-.42	.17
Δ Leg Balance, s	-.36	.13
Δ FEV _{1.0} , l	<u>-.51*</u>	.26

* $P < 0.05$

しかし、拡張期血圧の変化 (Δ BPd) と Δ 活力年齢との間には有意な相関がみられなかった (Fig. 3)。また、対照群ではいずれの Δ 変数についても有意な相関はみられなかった。

Ⅳ. 考 察

従来からの疫学的研究¹⁻⁵⁾では、慢性的な運動不足は HYP や冠動脈性心疾患 (coronary heart

Fig. 3. Relationship between changes of vital age and of systolic and diastolic blood pressure after the 4-month exercise conditioning ($n=18$).

disease: CHD)の発症時期を早めることが指摘されている。例えば, Blair et al. は一万人余りの成人を対象に体力水準の程度から5群に分けて8年間追跡調査し, 運動量にはほぼ反比例して循環器系の合併症による死亡率が低下するという興味深い結果を発表した。また, 血圧が高値であっても体力水準を高く維持する人では, 血圧が低くても運動不足の人に比べれば, 死亡率が低いことを報告している⁵⁾。

日本における疾患構造は, 「国民衛生の動向」²⁰⁾からも明らかのように, 悪性新生物, 心疾患, 脳血管系疾患のいわゆる3大成人病によってその大部分が占められている。この中で CHD, HYP, 一過性の脳虚血発作, 脳出血, 脳梗塞など動脈硬化を誘因とする疾病の発症には遺伝的要因の関与が深い, 膨大な疫学的調査研究の成果によれば, 環境的要因の関与も大きいと指摘されている。動脈硬化症に関わるタバコやストレス以外の環境的要因は, 大別すると食生活のあり方と運動習慣の有無であるといえる。今日, 成人病の予防と運動習慣の形成が一对の用語として使われている背景には, 適度な身体活動の習慣化が動脈硬化性疾患を主因とする成人病の発症, ひいては早期死亡を遅らせ得るという仮説が受け入れられているからに他ならない²¹⁾。

HYP 患者に対して血圧を下げるという目的に

は, 一般に薬物療法が奨められ, 実際に多くの症例でそれが可能である。しかし, 薬物療法がすべての人にとって実際に生活の質 (QOL) を向上させ, HYP に起因する合併症を防いで豊かな生活を営むことに貢献するかどうかは明らかでない。身体運動を行なうことによって, 一部の HYP 患者の安静時血圧が正常域まで低下するとすれば, 日常生活において運動習慣の形成をいかに確保させるかが重要な鍵となる。また, 患者は自分の総合的な健康度・体力水準を知ることが大切であり, 情報のフィードバックにより健康に対する認識をより一層深めさせ, 健康の維持・増進のための動機づけを高めなければならない。

HYP 患者における健康状態の評価は, 一般に病院での病歴の聴取, 理学所見, 臨床検査を通して行なわれる。評価の対象となる医学的な情報のほとんどは, 安静時のものである。HYP などの有疾患者に対して運動を習慣化させることの狙いは, 単に降圧効果を期待するのではなく, 日常の生活行動範囲の拡大, 体力の増強を通して社会的復帰を達成することである。そこで本研究では, ヒトの健康度指標としてすでに妥当性の高いことが報告されている活力年齢を用い, HYP 患者に対する運動療法の意義を降圧効果のみからではなく, 総合的な身体的健康度の観点から評価することを目的としている。

1. 活力年齢の変化

活力年齢推定式の説明変数は、脂質代謝や加齢に伴って低下する $\dot{V}O_{2LT}$ 、その他の行動体力要素、さらに HYP 患者にとって重要な血圧などから構成されている。従って活力年齢は、ただ単に静的な状態での身体的健康度の評価にとどまらず、ヒトの行動力・体力の個人差をも考慮したより総合的な活力指標と考えられている^{11,13,15)}。運動療法前における運動群の活力年齢(60.4 ± 9.7 歳)は、暦年齢(50.1 ± 7.5 歳)に比べて有意に高く、対照群の活力年齢(59.8 ± 6.4 歳)も暦年齢(51.7 ± 9.6 歳)より平均値で 8 歳ほど高いことが認められた。田中たち¹³⁾が CHD 患者 21 名(40~69 歳)を対象として行なった際にも、運動プログラム参加前における活力年齢(62.3 ± 10.8 歳)は、暦年齢(56.6 ± 8.8 歳)よりも高かったという結果を報告しているが、本研究の結果もこれと一致する(Fig. 1)。運動群の活力年齢が運動療法への継続的参加に伴って有意に若齢化したのは、全体的にみて活力年齢推定式を構成する種々の要素が好転したことにはかならないが、本研究ではそれらの要素を活力年齢を高める方向に作用する+係数の変数と、活力年齢を低くする方向に貢献する-係数の変数とに分けて、両成分の運動療法参加に伴う変化を検討した。その結果、前者の中では BPs に有意な低下がみられ、後者の中では、 $\dot{V}O_{2LT}$ (有酸素性体力)、反復横とび(敏捷性体力)に有意な向上がみられた。骨格筋の呼吸能力を反映しうる指標であることが示唆されている $\dot{V}O_{2LT}$ は、 12.9 ± 1.6 から 16.4 ± 2.2 ml/kg/min へ有意に増加した。また、運動負荷試験終了時に観察した運動耐容能の指標である peak $\dot{V}O_2$ や症候限界に至るまでの運動時間は有意な増加を示した。 $\dot{V}O_{2LT}$ や peak $\dot{V}O_2$ の顕著な増加には、運動トレーニングの継続による酸素利用系の適応(骨格筋内のミトコンドリア量、酸化酵素活性、毛細血管密度などの増加)とそれらに付随する乳酸の酸化的除去能の高進が推察される¹³⁾。

リポ蛋白や脂質の状態が女性では、例えば HDLC < 45 mg/dl, LDLC > 170 mg/dl, TC > 220 mg/dl の場合、冠動脈硬化のリスクが高くなるこ

とから、これに該当する者は食事・運動・薬物などの総合的な治療の対象となりうる。食事については、摂取エネルギー量が消費エネルギー量を上回らないことを基本原則とし、脂質(とくにコレステロール)の制限、糖質の制限、体重 1 kg あたりタンパク質 1 g 以上の摂取を心掛けるよう指導した。このような内容の食事・栄養指導は運動群の全員に対して、しかし対照群では半数の者のみに対して行なわれた。両群間に条件差が存在したことは本研究の限界点であり、今後の検討課題としたい。運動は HDLC の増加など脂質代謝に望ましい変化をもたらすとされており²²⁾、危険因子状態の改善を可能にするが、本研究で観察した HDLC の増加傾向は有意な変化には至らなかった。HDLC の改善には運動量のさらなる増加が必要と思われる。TC および LDLC はほとんど変化がなく、TG は平均値の上で 15 mg/dl ($P < 0.05$) ほど減少した(Table 3)。

以上の結果を総合すると、比較的短期間であっても、運動不足状態の HYP 患者が適切な院内運動療法プログラムへの参加や自己統制的な運動を長期間にわたって継続すれば、CHD 危険因子や $\dot{V}O_{2LT}$ などの体力要素から構成される活力年齢が低下するといえよう。このことは、他の有疾患者においても運動の習慣化が健康に有益な効果をもたらすことを示唆するものであり、運動の意義が認められるといえよう。

2. 血圧の変化

HYP 患者に対する運動療法の一連の成果に基づき、最近では治療としての運動だけではなく、予防のためにも運動を実践し、体力を高める必要性が認められるようになった。しかし、これまでの研究では、身体トレーニングによって血圧の改善効果が認められた報告^{6~10)}と認められなかった報告^{23~26)}があり、身体トレーニングが必ずしも有効であるとは断言できない。身体トレーニングによる HYP の改善を評価する場合は、少なくとも HYP の重症度、運動の種類、強度、量などの要因を考慮しなければならない。さらに、HYP の持続期間、降圧剤の服用の有無や服用期間、合併症、遺伝などの要因が複雑に関連し合っている

と考えられる。

本研究では、運動種目として自転車駆動、速歩、軽球技などを選び、運動負荷テストで得られたLT水準に相当するRPE、HRなどを強度の参考基準に設定し、週2回、運動時間90～120分の院内監視型運動療法を4カ月間にわたって行なった。一般に週3～5回の運動が望ましいとされていることから、週2～3回は自宅で自己統制的運動を実施するよう指示した。個人差はあるが、自己統制的運動の実施頻度は平均3回/週となった。その結果、安静時のBPsは 160.6 ± 12.5 mmHgから 147.3 ± 12.9 mmHg、BPdは 97.2 ± 10.1 mmHgから 89.3 ± 12.0 mmHgへと有意に下降した。一方、対照群についてはほとんど変化がみられなかった(Table 3)。Kiyonaga et al.⁷⁾、Miura et al.¹⁰⁾は強度が $\dot{V}O_2\max$ の50%前後の運動療法を1回30～60分、週2～3回、3～8カ月間実施した結果として安静時血圧の低下を観察しており、本研究の成績と同様、HYPに対する運動療法の有効性が報告されている。

トレーニング時における至適負荷強度の一つとしてATまたはLTがあるが、この強度の有用性は広く認められている^{7,8,19,27-32)}。 $\dot{V}O_2\max$ のほぼ40～60%に相当するLT水準は、従来から持久性体力を高めるためのトレーニング強度として採用されており、また減量策、降圧策としての有効性の高いことが報告されている^{7,8,28,31,32)}。LTを慢性疾患者の運動療法の強度設定に利用できる理由として、1) 乳酸の蓄積がわずかなので急激な疲労を引き起こさないこと、2) カテコラミンの増加がみられないこと、3) 血圧が異常に上昇しないこと、4) 下肢の関節などに過剰な負荷がかからないため、障害が起こりにくいことなどの利点がある³⁰⁾。しかし、LT水準での運動療法を長期間にわたって行なう場合、増加したLT水準を運動強度とする(つまり、物理的負荷強度をLTの増加分だけ高める)従来の一般的方法が必ずしも適正とはいえない。さらに負荷を上乗せした形の再設定、または負荷を下げる形の再設定についても検討を加えるべきであろう。対象がとくに有疾患者の場合、安易に負荷を高めると一般

に危険性が高まると考えられるため、この点は今後さらに検討すべき課題である。

血圧は種々の影響を受けやすく、正確な判定は困難である。特に、血圧は呼吸に伴う数秒単位の短時間の変動から、24時間周期の日内変動、季節的変動、加齢による変動などさまざまな周期が重なり合って測定される³³⁾。血圧の季節的変動として気温との間に相関があり、春先から夏にかけて血圧は低下し、秋口から冬にかけ上昇する。また、これは若年者より中高年者の方が顕著である³⁴⁾。本研究は、3～7月の期間にかけて行なったことから、観察された降圧の程度には季節変動が上積みされているとも考えられる。血圧値は連続量であるために、正常と異常を明確に区別することは容易ではなく、それらの境界に関しては古くから議論の多いところである。アメリカ高血圧合同委員会(JNC-V)の報告¹⁶⁾では、血圧の分類基準の変更が示された。この新規分類は身体への危険度に及ぼす影響力という視点に基づいて作成されたものである。すなわち、正常高値血圧を1つのカテゴリとして設定しているのは、BPsおよびBPdの両方または一方がこの範囲にある場合、この範囲よりも血圧が低い人と比較すると、HYP症の発生危険度、さらには心血管系疾患に至る危険度も高いためである。Trials of Hypertension Prevention Collaborative Research Group³⁵⁾は、正常高値の場合には血圧を経過観察し、血圧を下げるための生活様式について指導すべきであって、薬物療法はほとんど必要としないと述べている。血圧に及ぼす運動の効果については、多くの機序が関与しているものと考えられるが、本研究では安静時および運動中の血圧の変化に関する生理学的機序を検討することは困難であった。

3. まとめ

運動療法の継続に伴い、降圧効果のみならず活力年齢からみた身体的健康度に改善が認められたが、対象一人ひとりについて血圧値の変化と活力年齢の変化との関係をみた結果、BPdについては有意な相関がみられなかった。一方、BPsの変化には有意な相関($r=0.74$)がみられた。また、 $\dot{V}O_{2LT}$ の変化と活力年齢の変化との間にも $r=$

0.73 ($P < 0.05$) の関係が観察された。これらの結果は、運動を実践しても降圧や $\dot{V}O_{2LT}$ の増加の認められない者では活力年齢が若くなりにくいことを意味する。健康度の改善には個人差が大きく、季節変動などの関与もあり、血圧の変化と従属な関係にない可能性も否定できないことから、HYP 患者の運動療法の有効性を血圧への効果のみならず総合的な健康度の改善という面からもさらに詳細に評価することが重要であろう。

V. 結 語

HYP 女性に対して LT 水準の強度を中心とした院内監視型+自己統制型の運動療法プログラムに伴う身体のさまざまな変化を縦断的に観察し、その効果を降圧のみから捉えるのではなく、健康・体力関連指標を総合化した活力年齢という側面からも評価しながら、運動療法の有用性を検討した。その結果、一部の先行研究と同じく、運動療法の効果(血圧、体脂肪率、中性脂肪などの低下、有酸素性体力の向上など)が確認されたが、新たに活力年齢からみた総合的な健康度という面からも運動の習慣化による恩恵が認められた。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、メディカルチェック、運動負荷試験、運動指導の監視など全面的にご協力いただきました東取手病院のスタッフの方々、および筑波大学の大学院生に深く感謝の意を表します。

(受理日 平成7年7月11日)

引 用 文 献

- Morris, J. N., Everitt, M. G., Pollard, R., Chave, S. P. W., & Semmence, A. M. Vigorous exercise in leisure-time protection against coronary heart disease. *Lancet*, (1980), **2**, 1207-1210.
- Kannel, W. B., Belanger, A., D'Agostino, R. & Israel, I. Physical activity and physical demand on the job and risk of cardiovascular disease and death: The Framingham Study. *Am. Heart. J.*, (1986), **112**, 820-825.
- Pekkanen, J., Marti, B., Nissinen, A., Tuomilehto, J., Punsar, S. & Karvonen, M. J. Reduction of premature mortality by high physical activity: a 20-year follow-up of middle-aged Finnish men. *Lancet*, (1987), **1**, 1473-1477.
- Ekelund, L. D., Haskell, W. L., Whaley, F. S., Criqui, M. H. & Sheps, D. S. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men: the Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study. *N. Engl. J. Med.*, (1988), **319**, 1379-1384.
- Blair, S. N., Kohl, H. W. III, Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H. & Gibbons, L. W. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *J. A. M. A.*, (1989), **262**, 2395-2401.
- Ressel, J., Chrastek, J. & Jandoba, R. Haemodynamic effects of physical training in essential hypertension. *Acta. Cardiol.*, (1977), **32**, 121-133.
- Kiyonaga, A., Arakawa, K., Tanaka, H. & Shindo, M. Blood pressure and hormonal responses to aerobic exercise. *Hypertension*, (1985), **7**, 125-131.
- Urata, H., Tanabe, Y., Kiyonaga, A., Ikeda, M., Tanaka, H., Shindo, M. & Arakawa, K. Anti-hypertensive and volume depleting effects of mild exercise in an essential hypertension. *Hypertension*, (1987), **9**, 245-252.
- Reiling, M. J., Bare, L. A., Chase, P. B. & Seals, D. R. Influence of regular exercise on 24-hour blood pressure (BP 24) in middle aged and older persons with mild essential hypertension (EH). *Med. Sci. Sports Exerc.*, (1990), **22** (2), S48.
- Miura, S., Tashiro, E., Sakai, T., Koga, M., Kinoshita, A., Sasaguri, M., Ideishi, M., Tanaka, H., Shindo, M. & Arakawa, K. Urinary kallikrein activity is increased during the first few weeks of exercise training in essential hypertension. *J. Hypertens.*, (1994), **12**, 815-823.
- 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.
- 田中喜代次, 吉村隆喜, 前田如矢, 中塘二三生, 竹島伸生, 浅野勝己, 竹田正樹, 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の活力年齢の妥当性. *動脈硬化*, (1991), **20**, 303-310.
- 田中喜代次, 渡邊 寛, 檜山輝男, 竹田正樹, 吉村隆喜. 冠動脈硬化性心疾患患者の活力年齢および院内個別監視型運動療法の効果. *動脈硬化*, (1992), **20**, 597-603.
- 田中喜代次, 中塘二三生, 渡辺完児, 角田 聡, 城越幸一, 中嶋輝雄. 冠危険因子状態および体力水準からみたランナーの活力年齢. *ランニング学研究*, (1992), **4**, 6-13.
- Tanaka, K., Takeda, M., Hayakawa, Y., Asano, K., Matsuura, Y., Watanabe, Y., & Hiyama, T. Aerobic exercise lowers biological age of middle-aged and elderly patients with coronary heart disease or hypertension. In: *Physical Activity, Aging and Sports. Volume III: Towards Healthy Aging - International Perspectives - Part I. Physiological and Biomedical Aspects.* (Ed) by S. Harris, H. Suominen,

- P. Era, and W. Harris, Center for the Study of Aging, New York, (1994), 235-245.
- 16) The Fifth Report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (JNCV) Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Arch. Intern. Med.*, (1993), **153**, 154-183.
 - 17) Nakadomo, F., Tanaka, K., Hazama, T., & Maeda, K. Validation of body composition assessed by bioelectrical impedance analysis. *Jpn. J. Appl. Physiol.*, (1990), **20**, 321-330.
 - 18) Tanaka, K., Nakadomo, F., Watanabe, K., Inagaki, A., Kim, H. K. & Matsuura, Y. Body composition prediction equations based on bioelectrical impedance and anthropometric variables for Japanese obese women. *Am. J. Hum. Biol.*, (1992), **4**, 739-745.
 - 19) Beaver, W. L., Wasserman, K. & Whipp, B. J. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J. Appl. Physiol.*, (1985), **59**, 1936-1940.
 - 20) 厚生統計協会. 国民衛生の動向, 東京, (1992), **39**, 49-58.
 - 21) Paffenbarger, R. S., Jr., & Hyde, R. T. Exercise in the prevention of coronary heart disease. *Prev. Med.*, (1984), **13**, 3-22.
 - 22) Haskell, W. L. The influence of exercise training on plasma lipids and lipoproteins in health and disease. *Acta. Med. Scand.*, (1986), (Suppl) **711**, 25-37.
 - 23) Johnson, W. P., & Grover, J. A. Hemodynamic and metabolic effects of physical training in four patients with essential hypertension. *Can. Med. Assoc. J.*, (1967), **96**, 842-864.
 - 24) De Plaen, J. F., & Detry, J. M. Hemodynamic effects of physical training in established arterial hypertension. *Acta. Cardiol.*, (1980), **35**, 179-188.
 - 25) Seals, D. R., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Ehsani, A. A. & Holloszy, J. O. The effect of exercise training on human hypertension. A review. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1984), **16**, 207-215.
 - 26) Gilders, R. M., Voner, C. & Dudley, G. A. Endurance training and blood pressure in normotensive and hypertensive adults. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, (1989), **21**, 629-636.
 - 27) Tanaka, K., Yoshimura, T., Sumida, S., Mitsuzono, R., Tanaka, S., Konishi, Y., Watanabe, H., Tamada, T., & Kazuya, M. Transient responses in cardiac function below, at, and above anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1986), **55**, 356-361.
 - 28) Kim, H. S., Tanaka, K., & Maeda, K. Effects of exercise training at an intensity relative to lactate threshold in mildly obese women. *Ann. Physiol. Anthropol.*, (1991), **10**, 229-236.
 - 29) Kim, H. S., Tanaka, K., & Maeda, K. Metabolic and cardiorespiratory responses during cycling exercise below, at, and above lactate threshold. *Jpn. J. Appl. Physiol.*, (1992), **22**, 307-315.
 - 30) 吉田敬義. Anaerobic threshold について. *臨床スポーツ医学*, (1992), **9**, 729-743.
 - 31) Takeshima, N., Tanaka, K., Kobayashi, F., Watanabe, T. & Kato, T. Effects of aerobic exercise conditioning at intensities corresponding to lactate threshold in the elderly. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1993), **67**, 138-143.
 - 32) 田中喜代次, 浅野勝己. 肥満・高血圧症の運動療法とAT, 関連指標. 心肺運動負荷テスト, 谷口興一(編), 南江堂, 東京, (1993), 365-370.
 - 33) 田村康二, 河埜 功. 高血圧の新しい視点, *Modern Physician*, 新興医学出版社, 東京, (1993), **13**, 1103-1108.
 - 34) Brennan, P. J., Greenberg, G., Miall, W. E., & Thomson, S. G. Seasonal variation in arterial blood pressure. *Br. Med. J.*, (1982), **285**, 919-923.
 - 35) Trials of Hypertension Prevention Collaborative Research Group. The effects of nonpharmacologic interventions of blood pressure of persons with high normal levels: Results of the Trials of Hypertension Prevention, phase I. *J. A. M. A.*, (1992), **267**, 1213-1220.