

## 5 分間歩行後における血圧・脈拍数およびダブルプロダクトの変化

佐々木 裕子 無江 季次

キーワード：ダブルプロダクト、ウォーキング、運動強度

### Changes in blood pressure, heart rate and double products after 5 minutes walking exercise

Yuko Sasaiki Suetsugu Mue

#### Abstract

We studied the change of blood pressure (BP), heart rate (HR) and double products (DP) after 5 minutes walking exercise in 1170 persons who visited a public fitness club.

In man, systolic blood pressure (SBP) as mean increased after walking exercise and diastolic blood pressure (DBP) as mean significantly increased. There are no significant changes of SBP and DBP among all ages.

In women, SBP significantly increased in all ages, and there is a significantly higher increase in 50-60 years than in 20 years. DBP after walking exercise showed a tendency of more increase in relation of higher ages.

After exercise, DP showed a tendency of increase in all ages of both sexes. Especially DP that reflects the increase of coronary blood flow significantly increased in 50-60 years women compared with 20 years. The change of DP ( $\Delta$ DP) was correlated with the degree of BMI and the daily habit of sports.

We also studied the same changes in 17 patients with mild hypertension. Their SBP as mean lowered from 155 mmHg before exercise to 135 after walking and the lowering of SBP lasted for more than 15 min.

Thus, we showed the walking exercise lowered BP in the patients with hypertension.

Keyword : double product, walking, exercise prescription

#### I. 緒言

健康増進や生活習慣病予防のために、運動を志向する人々が増加しており、それらの人々への適切な運動強度の設定が必要となっている。

健常者において、運動時の心拍数の増加と酸素摂取量 ( $VO_2$ ; ml/分/kg) の間には強い正相関が認められている (Saltin, B., 1969) (山地啓司, 2001) ことから、簡便な運動強度設定方法には、心拍数を指標にしたもの

が多い。現在繁用されている方法は、「運動負荷試験に基づいた方法」と、「最大予測心拍数に基づいた方法」の2つがあるが、前者は被験者に負担をかけ、時間もかかるため、運動の現場では、カルボネン法 (Karvonen, M. J. et al., 1957) などが使用されている。しかし、これは健常者の最大心拍数は年齢以外に関与する要因が少ないという認識に基づいて作成されたもので、高齢者および有患者での運動強度設定の妥当性については、評価が

分かれている。カルボネン法は、日頃から活動レベルの低い高齢者においては、実際の適応に困難があり、安全性の面においても問題が残るという報告（武者春樹・小澤敦ほか，1997）（上村史朗・藤本伸一ほか，1997）や、有疾患者および中高年者においては、個人差も多く、単に心拍数のみによる処方では不十分な可能性もあるという報告もある。（牧田茂・野原隆司，1997）（David P. Swain, et al., 1998）

伊藤らの研究によれば、5分間歩行前後の血圧、脈拍数、冠動脈血流量を反映するといわれている（Robert A. Bruce, et al., 1974）（Yasumura ほか，1987）（Bruce, et al., 1999）D P、二重積（収縮期血圧×心拍数、ダブルプロダクツ：Double Product：以下D P）の変化は特に、50代女性で増加が著しいことを報告している。（伊藤智華ほか，2002）

そこで本研究は、これまで運動習慣を持たなかった中高年者や疾患を有する者に対する運動負荷設定の問題点を明らかにし、今後の中高年者の運動処方に資することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 研究1の対象

1994-97年の4年間で、健康増進施設に運動を目的に訪れた人の中から、20-60代1187人を無作為に抽出し、1170名（平均年齢35.9歳、標準偏差12.1歳）を研究の対象とした。

### 2. 研究1の方法

#### 1) 5分間歩行

5分間歩行は、室内150mトラックで、速度誘導灯（MODEL-BG、セノー社製）を使用して、時速6km（100m/分）の歩行運動を行なうもので、簡便に運動能力を測定するためにS施設で開発され、体力測定に使用されている。

#### 2) 身体計測

身長および体重は、ボディメジャー（TK-11868c、竹井機器工業社製）で測定した。身長と体重からBody Mass Index（以下BMI）を求めた。血圧は全自動血圧計（BP-203RVII、日本コーリン社製 全自動血圧計）により、座位で歩行前と歩行直後に収縮期血圧（systolic blood pressure, 以下SBP）、拡張期血圧（diastolic blood pressure, 以下DBP）、脈拍数（heart rate, 以下HR）を測定した。D PはSBP×HRで求め、脈圧（以下PP）はSBPからDBPを引いて求めた。平均血圧（以下MBP）は、SBPとDBPの差を3で除し、DBPを加えて求めた。

### 3) アンケート調査

上記の対象者に自記式のアンケート調査を行なった。質問項目は、体調、喫煙・飲酒習慣、睡眠時間、最近1ヶ月の日常運動、運動歴、仕事や日中の姿勢、既往歴、高血圧家族歴であった。

### 4) 統計処理

5分間歩行前後に測定したSBP、DBP、HR、D Pを、男女別、年代別（20代・30-40代・50-60代）に分けて比較した。歩行前後の比較には、対応のあるt検定（paired-t test）を用い、各年代間の平均値の比較には、一元配置分散分析を、その後の多重比較にはScheffe's Fの方法を用いた。

重回帰分析は、歩行後のダブルプロダクツの増加（ $\Delta$ D P）を従属変数に、①性別（1：男，2：女）、②年齢、③BMI、④喫煙（0：なし，1：あり）、⑤飲酒習慣（0：なし，1：あり）、⑥睡眠時間、⑦最近1ヶ月の日常運動（0：なし，1：あり）、⑧最近の運動量（回数×時間）、⑨運動歴および運動の習慣化（0：なし，1：現在のみ，2：過去あり，3：過去も現在もあり）、⑩仕事や日中の姿勢（0：座位，1：歩行）の10要因を独立変数とした。各要因の単相関にはピアソン（Pearson）の相関係数を、重回帰分析にはステップワイズ法を用い、投入する水準 $p=0.05$ 以下、除去する水準 $p=0.10$ とし、解析にはソフトパッケージSPSS 10.0 J for Windowsを使用した。

### 3. 研究2の対象

S大学の学生と50-60代の地域一般住民で、研究の趣旨を説明し、同意を得られた60人を対象とした。

### 4. 研究2の方法

#### 1) 5分間歩行

対象者に、S大学の400mトラックで5分間歩行を行ない、血圧、HRを、歩行前安静時2回、歩行終了直後、歩行終了から1分後、3分後、5分後、10分後、15分後のあわせて連続8回測定した。歩行前2回の値は平均し、歩行前の血圧、HRとした。血圧とHRの測定には、携帯用血圧モニタシステム（血圧モニタ90217日本光電工業株式会社製）および24時間心電血圧記録器（デジタルウォークFM-200 フクダ電子株式会社）を使用した。血圧計の使用にあたっては、水銀血圧計との誤差が生じないように調整した。

#### 2) 解析

問診により、高血圧治療で $\beta$ -ブロッカーの服薬があった1人を除外し、59人を解析の対象とした。対象者を20代18人（男性9人、女性9人）、50-60代24人（男性7人、女性9人）、さらに、JNC-VI、国際高血圧学会

WHO/ISH のガイドラインに示される高血圧の定義 (Joint National Committee, 1997) (Guideline Subcommittee, 1999)により, 軽症高血圧者 (SBP 140-159mmHg, DBP 90-99mmHg) の17人 (男性7人, 女性10人) の3群に分け, SBP, DBP, MBP, HR, DPについて二元配置分散分析 (反復測定), 歩行前とその後の経時変化をDunnettの多重比較で検討した。

### III. 結果

#### 1. 歩行前の対象者の身体状況

表1-aに研究1における1170人の対象者の性別, 年代別の歩行前身体状況を, 表1-bに研究2の59人の身体状況を平均値±標準誤差 (SE) で示した。

#### 2. 研究1, 歩行前後の変化

歩行前後のSBP, DBP, HR, DP, PP, MBPの変化値を男女別に表2に示した。SBP, DBP, HR, DP, PP, MBPは, 男女とも, また, すべての年代で, 歩行後有意 (p<0.01) に上昇した。歩行前後の各値の差 (Δ) は図1に示した。

表1-a: 研究1の対象者身体状況

性別 年代 人数	男性 (N=541)						分散 分析
	20代 190		30~40代 234		50~60代 117		
	平均値	SE	平均値	SE	平均値	SE	
年齢 才	24.8 ±0.2		38.5 ±0.4		56.6 ±0.5		
身長 cm	171.0 ±0.4		170.4 ±0.4		165.2 ±0.6		
体重 kg	68.0 ±0.8		69.3 ±0.6		65.2 ±0.7		
BMI	23.3 ±0.3		23.9 ±0.2		23.8 ±0.2		N.S.
SBP mmHg	127 ±1.1		130 ±1.0		129 ±1.5		N.S.
DBP mmHg	73 ±0.7		78 ±0.7		78 ±1.0		**
HR b/m	80 ±1.1		79 ±0.9		76 ±1.1		N.S.
DP × 10 <sup>3</sup>	10.2 ±0.2		10.4 ±0.2		9.9 ±0.2		N.S.
PP mmHg	54 ±0.7		53 ±0.6		51 ±0.8		N.S.
MBP mmHg	91 ±0.8		95 ±0.7		95 ±1.1		**

表1-b: 研究2の対象者身体状況

性別 区分 人数	男性 (N=24)						分散 分析
	20代 9		50~60代 7		軽症高血圧者 8		
	平均値	SE	平均値	SE	平均値	SE	
年齢 才	20.8 ±0.8		56.4 ±3.0		38.4 ±5.7		
身長 cm	171.4 ±1.6		170.0 ±2.7		171.3 ±1.7		
体重 kg	61.7 ±2.9		70.1 ±3.0		71.4 ±2.2		
BMI	20.9 ±0.7		24.2 ±0.6		24.3 ±0.3		
SBP mmHg	128 ±2.5		118 ±2.5		155 ±2.5		
DBP mmHg	75 ±3.3		78 ±3.3		99 ±3.3		
HR b/m	68 ±2.1		69 ±2.1		72 ±2.1		
DP × 10 <sup>3</sup>	8.7 ±0.3		8.0 ±0.3		11.1 ±0.3		
PP mmHg	53.0 ±2.8		41.3 ±3.8		52.0 ±4.5		
MBP mmHg	92.7 ±2.7		90.9 ±4.7		117.5 ±3.8		

表2: 歩行前後の変化

性別 年代 人数	男性						女性					
	20代 190		30~40代 234		50~60代 117		20代 256		30~40代 248		50~60代 121	
	歩行前 平均値	歩行後 平均値	歩行前 平均値	歩行後 平均値	歩行前 平均値	歩行後 平均値	歩行前 平均値	歩行後 平均値	歩行前 平均値	歩行後 平均値	歩行前 平均値	歩行後 平均値
SBP mmHg	127 ±1.1	136 ±1.3 **	129 ±1.0	139 ±1.2 **	129 ±1.5	141 ±1.7 **	114 ±0.9	123 ±0.9 **	118 ±0.9	131 ±1.1 **	123 ±1.3	140 ±1.8 **
DBP mmHg	73 ±0.7	78 ±0.8 **	78 ±0.7	82 ±0.7 **	78 ±1.0	83 ±1.0 **	67 ±0.6	72 ±0.6 **	70 ±0.6	76 ±0.7 **	74 ±0.8	80 ±1.0 **
HR b/m	80 ±1.1	90 ±1.1 **	79 ±0.9	96 ±0.9 **	76 ±1.1	88 ±1.4 **	80 ±0.8	95 ±1.0 **	80 ±0.7	95 ±1.0 **	78 ±1.0	95 ±1.6 **
DP × 10 <sup>3</sup>	10.2 ±0.2	12.3 ±0.2 **	10.4 ±0.2	12.1 ±0.2 **	9.9 ±0.2	12.5 ±0.3 **	9.2 ±0.1	11.7 ±0.2 **	9.5 ±0.1	12.6 ±0.2 **	9.6 ±0.2	13.3 ±0.3 **
PP mmHg	54 ±0.7	58 ±0.8 **	53 ±0.6	57 ±0.7 **	51 ±0.8	59 ±1.0 **	47 ±0.5	51 ±0.5 **	48 ±0.5	55 ±0.7 **	49 ±0.7	59 ±1.1 **
MBP mmHg	91 ±0.8	97 ±0.9 **	95 ±0.7	101 ±0.8 **	95 ±1.1	102 ±1.2 **	83 ±0.6	89 ±0.7 **	86 ±0.7	94 ±0.8 **	90 ±0.9	100 ±1.2 **

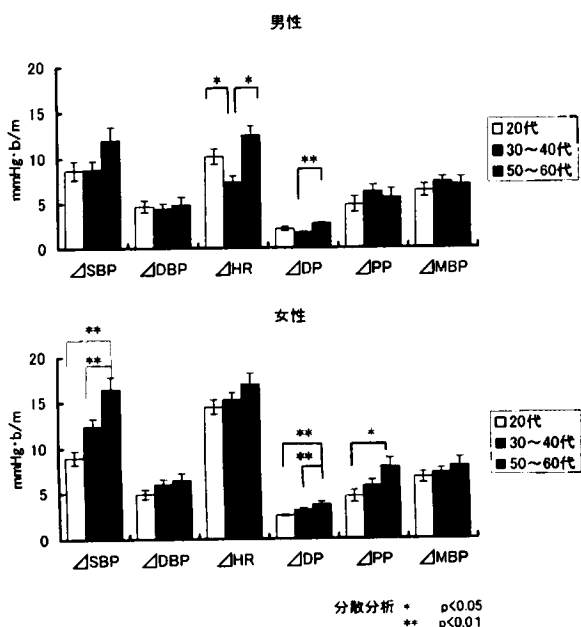


図1: 歩行前後における各値の差 (Δ)

## 1) 運動強度

## ①物理的指標

運動トレーニングに応用される運動強度の物理的指標には、kgm/分やワットなどの仕事率、m/分などの歩行速度およびカロリー/分などの消費熱量がある。今回の時速6 km (100m/分)の歩行は、一般に4-5 METSに相当するので、体重50kgの人の5分間歩行時における消費エネルギーは、11-21kcalと推定された。

## ②運動生理学的指標

カルボネン法  $\{(220 - \text{年齢} - \text{安静時心拍数}) \times (\text{パーセント}) + \text{安静時心拍数}\}$ により、5分間歩行の運動強度を求めた。20代では男性8.5%、女性12.5%、30-40代では男性6.9%、女性15.2%、50-60代では男性14.6%、女性20.3%であった。どの年代も女性が有意に高い値を示したが、5分間歩行は、きわめて軽い運動量であったことがうかがわれた。

## 2) 収縮期血圧 (SBP)

$\Delta$ SBPは、20代男性では9mmHg、30-40代男性では9mmHgであった。50-60代男性では12mmHgと20代・30-40代よりも増加傾向は見られたものの、男性の $\Delta$ SBPは、各年代間で有意な差は見られなかった。

一方、20代女性では9mmHg、30-40代女性では13mmHgであった。50-60代女性の $\Delta$ SBP 17mmHgは、20代女性に比較して有意に ( $p < 0.01$ ) 高値であった。

## 3) 拡張期血圧 (DBP)

$\Delta$ DBPは、20代男性では5mmHg、30-40代男性では4mmHg、50-60代男性では5mmHgであった。20代女性では5mmHg、30-40代女性では6mmHg、50-60代女性では6mmHgであった。 $\Delta$ DBPは、男女とも各年代間に有意な差は見られなかった。

$\Delta$ PPは、50-60代女性で、10mmHgと20代女性の4mmHgに比較して有意 ( $p < 0.05$ ) であった。 $\Delta$ MBPは、男女とも各年代間に有意な差は見られなかった。

## 4) 脈拍数 (HR)

20代男性の $\Delta$ HRは、10 b/mと、30-40代男性の7 b/mに比較して有意 ( $p < 0.05$ ) の増加であり、50-60代男性の $\Delta$ HRは12 b/mで、30-40代に比較して有意 ( $p < 0.05$ ) な増加であった。

20代女性の $\Delta$ HRは15 b/m、30-40代女性では15 b/mであった。50-60代女性では17 b/mと増加傾向は見られたものの、女性の $\Delta$ HRは、各年代間に有意な差は見られなかった。

図2にカルボネン法による運動強度と $\Delta$ HRの関係を20代と50-60代を比較して示した。20代では、運動

強度と $\Delta$ HRの相関性が高いのに比べ、50-60代では、運動強度が強くなるに従い $\Delta$ HRにばらつきが見られた。運動時の $\Delta$ HRは、運動強度と統計学的に相関は認められるものの、加齢に伴い個人差が大きくなることがうかがわれた。

## 5) ダブルプロダクツ (DP)

歩行前後のDPの男女別、年代別の平均値は表2に示した。歩行後DPは、男性では、20代  $12.3 (\times 10^3)$ 、30-40代  $12.1 (\times 10^3)$ 、50-60代  $12.5 (\times 10^3)$  であった。女性では、20代  $11.7 (\times 10^3)$ 、30-40代  $12.6 (\times 10^3)$ 、50-60代  $13.3 (\times 10^3)$  であった。

歩行前後のDPの差 ( $\Delta$ DP) は図1に示した。

20代男性の $\Delta$ DPは  $2.1 (\times 10^3)$ 、30-40代男性の $\Delta$ DPは  $1.7 (\times 10^3)$ 、50-60代男性の $\Delta$ DPは  $2.7 (\times 10^3)$  であった。20代女性の $\Delta$ DPは  $2.5 (\times 10^3)$ 、30-40代女性の $\Delta$ DPは  $3.1 (\times 10^3)$ 、50-60代女性の $\Delta$ DPは  $3.7 (\times 10^3)$  であった。男女とも $\Delta$ DPは、歩行後有意に増加するとともに、男性は50-60代の増加が30-40代に比して有意 ( $p < 0.01$ ) に大きく、女性は、50-60代が20代と30-40代の両者に比較して有意 ( $p < 0.01$ ) に大きくなるなど、年代間に有意な差が見られた。

DPに影響を及ぼしている $\Delta$ HRと $\Delta$ SBPの関係を図3に示した。女性の $\Delta$ HRには各年代間で差がないにもかかわらず、 $\Delta$ SBPは50-60代と20代女性で有意の増加を示したことから、女性のDPの増加は、HRよりもSBPの増加をより多く反映していることが示された。

## 3. 重回帰分析

5分間歩行後の循環動態は、男女各年代によって様でない事が示された。5分間歩行は、20代にとっては、循環動態を大きく変化させない運動量であったが、一方、50-60代においては冠血流量増加の指標であるDPを有意に増加させた。そこで、性・年齢などの要因を補正した時、DPの増加の背景には、どのような運動・生活習慣の影響があるかを検討した。 $\Delta$ DPと対象者の性、体型、生活習慣、運動歴+運動量との関係をPearsonの相関係数と分散分析で検討した。重回帰分析の結果、DPの増加には、①BMIが高い、②現在も過去も運動の習慣がない、③女性の項目が関係する ( $r = 0.46$ ,  $p < 0.0001$ ) ことが示された。

## 4. 研究2. 歩行後の血圧・脈拍数の経時的変化

SBP, DBP, HR, DP, 各値の差 ( $\Delta$ ) は図4

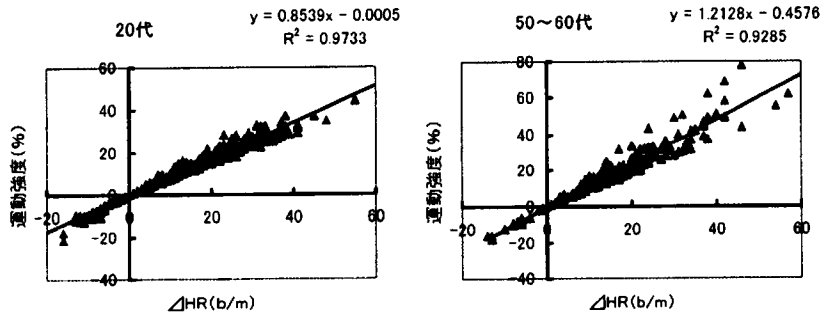


図2： Karvonen 法による運動強度とΔHRの相関関係

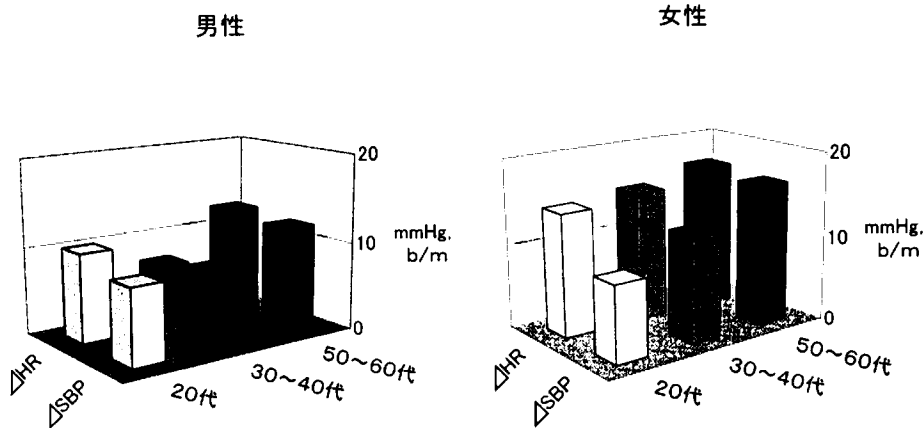


図3：男女年代別ΔHRとΔSBPの変化

に示した。20代、50-60代、軽症高血圧者では、それぞれ異なる変動パターンを示した。

#### 1) SBPの変化

男性のSBPは、歩行前に戻るまで20代、50-60代は平均で3分、軽症高血圧者は5分であった。女性のSBPは、歩行前に戻るまで20代では3分、50-60代は5分、軽症高血圧者は1分であった。女性の軽症高血圧者では、歩行直後わずかに上昇したが、1分以後は歩行前より有意 ( $p < 0.01$ ) に低くなり、15分以上続いた。一方、正常血圧者にはこのような変化は見られなかった。この女性の軽症高血圧者のΔSBPは、正常血圧者(20代、50-60代)の変化に比較して、有意 ( $p < 0.01$ ) な低下であった。

#### 2) DBPの変化

男性20代のDBPは、15分後も歩行前に戻らず、一方、50-60代は3分、軽症高血圧者は10分で歩行前に戻った。女性の20代および50-60代は、歩行前のDB

Pに戻るまで、3分、軽症高血圧者は1分であった。男女とも各年代でのDBPの変化率に統計的な有意差は認められなかった。

#### 3) HRの変化

男女とも軽症高血圧者は、20代、50-60代に比べて歩行後は増加したが、HRの変化率に統計的な有意差は認められなかった。

男性では、20代が歩行前のHRに戻るまで3分、50-60代は3分、軽症高血圧者は10分であった。女性では、歩行前のHRに戻るまで20代、50-60代、軽症高血圧者いずれも3分であった。

#### 4) DPの変化

男性では、歩行後のDPは有意に低下したが、その変化率に、統計的な有意差は見られなかった。一方、女性では、軽症高血圧者のDPは、正常血圧者(20代、50-60代)に比べ、有意 ( $p < 0.01$ ) に低下した。

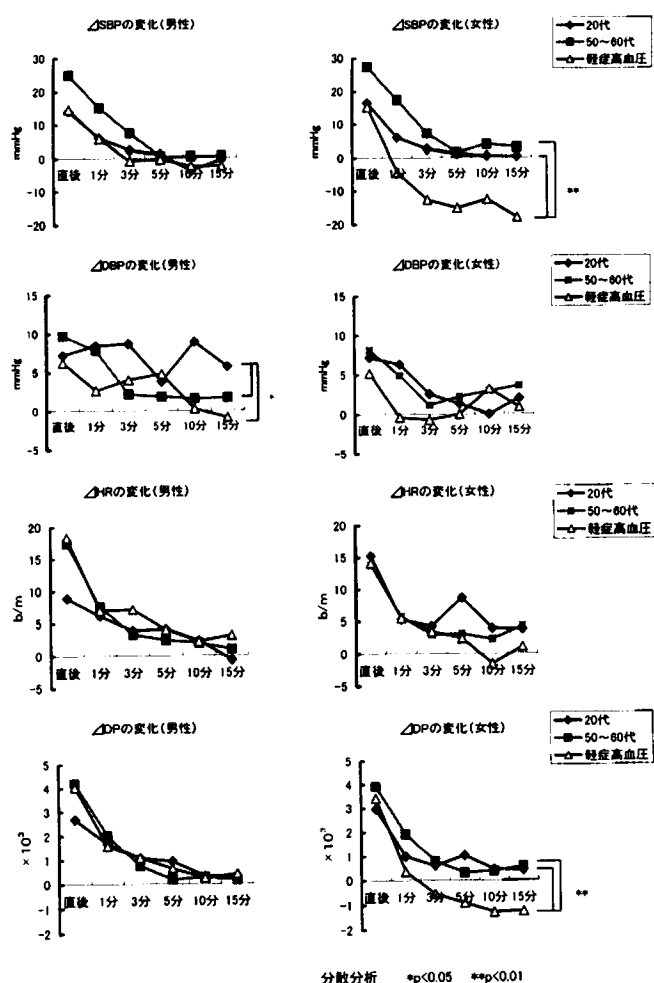


図4：各値の経時的変化(△)

#### IV. 考察

本研究において、5分間歩行という9-20%（カルボーネン法）の軽い運動を负荷しても、男女とも各年代において、歩行後に血圧、脈拍数、ともに有意（ $p < 0.01$ ）に増加した。心筋の酸素需要量の指標となるDPも有意（ $p < 0.01$ ）に増加したことから、5分間歩行により冠血流量が増加したことが示唆された。しかし、性・年代別の分析をすると、この5分間歩行後の血圧、HRの増加は、性・年齢によって一様ではないことが示された。

##### 1. 血圧

研究1においてSBPの上昇は、男性においては、各年代間に有意な差は見られなかった。しかし、50-60代女性では、SBPは20代ならびに30-40代よりも有意（ $p < 0.01$ ）に増加した。DBPについては、男女間および各年代間で運動後の変化（△）に差は見られなかった。また、MBPについても男女間および各年代間で変化には差が見られなかった。なお、PPについては50-60代で有意（ $p < 0.05$ ）に増加した。

研究2において、女性の50-60代は20代の女性よりも増加し、さらに女性軽症高血圧者のSBPの増加は有意（ $p < 0.01$ ）に大であったことから、5分間歩行は、50-60代の女性の運動としては循環動態を変化させるに十分な運動量であったことがうかがわれた。一方、男性に年代差が見られなかったことは、この程度の歩行は、女性に比べ、男性にとっては運動量が軽度であったためと考えられる。

DBPの上昇は、SBPに比較して全年齢において少なく、年代間でも統計的有意差がみられなかった。このことは、5分間歩行は末梢血管抵抗が増加しない程度の運動であったことを示している。すなわち、歩行運動は、等張性運動であり等尺性運動に比べて末梢血管抵抗を増加させにくく、（太田壽城・川久保清 1993）（遠藤宗洋ほか、1997）また、ウォーキングは主として下肢筋群の運動であることが、末梢血管抵抗をより減少させたと考えられる。

研究2においては、5分間歩行が軽症高血圧症患者において、運動終了後、SBPが前値より有意に低下して、15分以上にわたって持続することが示された。これまでの研究では、中等度程度の運動後にSBPが一過性に低下することは示されていたが（荒川規矩男ほか、1992）、本研究により、軽症高血圧症患者において、軽い歩行も明らかにSBPを低下させることが示された。この運動によるSBPの低下は、歩行により①主として躯幹および下肢の筋肉の循環血流量が増大して心臓に対する後負荷を軽減し、②血管床の増加が血管抵抗を減少させ、③筋肉の収縮が静脈還流を増大させたためと考えられる。

##### 2. HR

HRは、歩行後、男女とも各年代で増加した。年代別の変化（△HR）では、50-60代男性が30-40代男性に比べて有意に上昇したが、20代男性とは有意な差は見られなかった。一方、女性の年代別の変化（△HR）に有意な差は見られなかった。

最大心拍数の予測式を基準とした運動処方決定方法には、①予測最大心拍数に対する割合を設定する方法（%HRmax）、②カルボーネン法（ $(220 - \text{年齢} - \text{安静時心拍数}) \times (\text{パーセント}) + \text{安静時心拍数}$ ）が繁用されている。

5分間歩行の運動強度と△HRの関係は、図2に示されたように、加齢に伴い運動時の△HRは個人差が大きくなることが明らかとなった。このことは、心拍数から運動処方を設定した場合、活動能力のある中高年では安静時心拍数が低く、最高心拍数はほとんど変わらないことから運動処方が低めに、逆に運動習慣のない中高年では高めに設定される可能性があることが予想された。すなわち、カルボーネンの式の定数（パーセント）を一定

にした場合、安静時心拍数の少なく活動レベルの高い者の処方心拍数が、活動レベルの低い者より低く処方されるという矛盾が生じる。このように、最大予測心拍数(HR max)のみから運動強度設定を行なうことは、中高年者では問題が多いことがうかがわれた。

### 3. DPの運動処方への利用

田中らの研究によれば、負荷強度の設定には、カルボネン法に加えて、高齢者や有患者など体力の低いものに対しては、DPの測定を行なうことが望ましいと報告されている。(田中宏焼, 1998) 今回の結果でも、5分間歩行は、男女とも各年代でDPを有意に増加させた。性・年代別の比較では、女性が加齢とともに $\Delta$ DPが増加する傾向が見られ、50-60代が最も増加した。この50-60代女性の $\Delta$ HRには各年代間で差がないにもかかわらず、SBPは50-60代と20代女性で有意の増加を示したことから、このDPの増加はHRの増加よりも、SBPの増加をより反映したものである。すなわち、中高年者ではHRより血圧が増大しやすいので、中高年および高齢者の運動処方や運動強度の設定には、運動前後の血圧の測定が必要と考えられる。また、DPは冠血流量増加の指標であることから、HRにDPを加えた運動処方を行なうことは、中高年者にはより適切と考えられる。

DPの上昇要因を2変量の相関(Pearsonの相関係数)で検討した結果、性別、年齢、BMI、運動歴および運動の習慣化なし、日中の姿勢が相関していたが、重回帰分析の結果、DP増加の背景には、①BMIが高い、②現在も過去も運動の習慣がない、③女性の項目が関係する( $r=0.46$ ,  $p<0.0001$ )ことが示された。

運動負荷によるDPの上昇に関しては、年齢や普段の運動状況が大きく影響すると考えられるが、様々な要因を補正した結果では、年齢よりも性差やBMIによる影響がDP上昇に大きく関与していた。このことは、同じ運動を負荷した場合、女性は男性よりも、またBMIが高い人は低い人よりも、冠血流量の増加、すなわち心筋の仕事量がより大であったと考えられる。

一方、最近1ヶ月の運動や過去の運動歴単独での影響は見られず、現在過去ともに継続した運動習慣が関与することが示唆された。学生時代に運動歴があっても、現在継続していない人は、むしろ、DPが増加しやすく、これらの人にとっても心臓の仕事量がより大であったことがうかがわれた。

運動時の血流量は、血流量(F) = 環流圧差(動脈血圧 - 静脈血圧) / 末梢血管抵抗(R)で表されるため、DPは、心筋の酸素需要量、特に冠動脈血流量の増加の指標となる。HRとSBPの積で表されるDPは、乳酸閾値(LT)とほぼ一致して屈曲点が出現し、潜在的な心疾患

の有無と安全を確認できる。(Tanaka H, et al., 1997)したがって、運動前後のDPの変化を見ることにより、各人の運動能力をチェックし、また安全に運動が出来るかどうかの判断が可能となる。さらに、運動を継続していくと、トレーニングの効果は循環器系にも現われ、循環器の反応が変化していくので、DPを時々チェックすることにより、運動処方は簡便に変更しうるものと考えられる。

新たに運動を始める人々に対する正しい運動処方は、運動負荷テストを行ない、心電図と血圧のモニタリングが必須ではあるが、一般的に行なえる方法ではない。したがって、これまでのHRで行っていた運動処方に血圧とDPの測定を加えるならば、メディカルチェックには及ばないものの、安全と同時により正確な運動処方プログラム作成が可能になると考える。また、DPは、その後の運動の継続によっても変化するので、 $\Delta$ DPが適正な量かを随時検討し、常に $\Delta$ DPが増加するような運動量を処方することが望ましいと考える。

### 4. 身体運動の効果

平成8年に厚生省が提唱した生活習慣病(公衆衛生審議会意見書)の中では、生活習慣の一つとして運動という概念を使い、運動習慣に関連する疾患群として「インスリン非依存型糖尿病、肥満、高脂血症、高血圧」などをあげている。今回の結果から、5分間という軽度の運動であっても、女性の軽症高血圧患者においては、運動終了後、しばらく顕著な降圧効果が観察された。これまでは、30分以上や50%HR maxの様々な運動の降圧効果が報告されている(Pescatello LS, et al., 1991)

(Seals, D. R. et al., 1991)が、最近では歩行時間が10分増加すると、正常血圧の男性では高血圧のリスクが12%減少する(Hayashi T. et al., 1999)など、軽いウォーキングの高血圧予防作用も報告されている。今回の結果からは女性においても、5分という軽度の運動は、軽症高血圧者では、運動前安静時よりも降圧して、しかもかなりの時間持続することが示され、高血圧のリスクに対するウォーキングの効果について同様の結果が得られた。このことは、歩行により躯幹および下肢の筋肉の循環血流量が増大し、血管床の増大は左心への後負荷をも減少させることで、血圧が低下したものと推察される。今日の高血圧の薬物療法が、ACE阻害薬やカルシウム拮抗薬など、血管拡張性降圧作用を主な薬理効果とする薬剤が第1選択薬に多用されていることを考えると、軽い運動によって得られる降圧効果は、薬物療法の補助的物療法として積極的に行われるものと考えられる。今回の結果から、軽度の歩行でも、中高年の高血圧の予防と治療により効果が期待されることが示唆された。

平成12年に厚生省が推進した健康日本21(21世紀における国民健康づくり運動)の中でも、身体活動の

推奨は個人にも社会にも重要な課題であると考えられており、(川久保清, 2000) 身体活動と運動をよく行っている者は、総死亡 (Paffenbarger, R. S. et al., 1986) (Erikssen G, et al., 1998), 虚血性心疾患 (Paffenbarger, R. S. et al., 1984) (Morris JN, et al., 1980), 高血圧 (Paffenbarger, R. S. et al., 1983) (Ian B. Puddey, et al., 1995), 糖尿病 (Manson JE, et al., 1992) (Tuomilehto J, et al., 2001), 肥満, 骨粗しょう症, 結腸がんなどの罹患率や死亡率が低いこと, また, 身体活動や運動がメンタルヘルスや QOL の改善に効果をもたらすことが認められている。

このような背景から, 現在では, 生活習慣予防のため, 運動, 特に手軽なウォーキングやジョギングが勧められている。(水村真由美, 1998) 生活の中で自然に運動できるウォーキングの効果はすでに報告されており, 中高年者にとってもウォーキングは, 最初に推奨される運動であるといえる。しかし, 本研究の結果から, 運動を勧める際, 中高年者でこれまで運動習慣を持たなかった者や運動不足の者, 疾患を有する者に対しては, 詳細な運動強度の設定あるいは運動処方が必要となることが示唆された。

#### 結語

5 分間というわずかな運動でも, 中高年では, 心筋の酸素消費量を示すダブルプロダクツを有意に増加させ, 軽症高血圧者においては, 顕著な降圧効果が見られた。

この結果から, 運動を勧める際, 中高年者で過去に運動習慣を持たなかった者や現在運動不足の者, 疾患を有する者に対しては, 詳細な運動強度の設定あるいは運動処方が必要であることが示唆された。すなわち, 中高年や高血圧者のウォーキングにおける運動負荷強度の設定には, 年齢からの最大予測心拍数のみならず, 血圧を加える必要があり, 運動処方作成時には, BMI や運動習慣などの要因も反映するダブルプロダクツを測定することが望ましいと考える。

#### 参考文献

- 荒川規矩男・河合忠一 (1992) 運動療法の実際. 南江堂 : 39-41
- David P. Swain, et al. (1998) Relationship between % heart rate reserve and % Vo<sub>2</sub> reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 30 : 318-321
- Erikssen G, et al. (1998) Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet* Sep 5 : 352 (9130) : 759-762
- 遠藤宗洋ほか (1997) 高血圧の人の運動—適正な運動処方と降圧機序について—. *保健の科学* 39 (1) : 10-21
- Guideline Subcommittee (1999) 1999 World Health

- Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the management of Hypertension. *J Hypertens* 17 : 151-184
- Hayasi T. et al. (1999) Walking to work and risk for Hypertension in men: The Osaka Health Survey. *Ann Intern Med* Jul 6 : 21-26
- Ian B. Puddey, et al. (1995) Exercise in the prevention and treatment of hypertension. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*. 4 : 245-250
- 伊藤智華ほか (2002) 5 分間歩行後における脈拍数・血圧・およびダブルプロダクツの変化. 仙台大学紀要, (印刷中)
- Joint National Committee on Prevention, Evaluation, and Treatment of High Blood pressure (1997) The sixth report of The joint National Committee on Prevention, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Arch Intern Med* 157 : 2413-2446
- Karvonen, M. J. et al. (1957) The effects of training on heart rate. *Ann Med Exp Biol Fenn* 35 : 307
- 川久保清ほか (2000) 身体活動・運動. *公衆衛生* vol.64, No.8 : 583-587
- 牧田茂・野原隆司 (1997) 乳酸測定と呼気ガス分析からみた心拍数評価. *臨床スポーツ医学* vol.14, No.11 : 1223-1227
- Manson JE, et al. (1992) A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *JAMA* 268 : 63-67
- 水村真由美 (1998) 歩行習慣と健康, 寿命—歩く習慣のある人の方が健康で長生きである—. *臨床スポーツ医学* vol.15, No.9 : 975-979
- Morris JN, et al. (1980) Vigorous exercise in leisure time: Protection against coronary heart disease. *Lancet* Dec6:2 (8206) : 1207-1210
- 武者春樹ほか (1997) 高齢者における心拍数評価. *臨床スポーツ医学* vol.14, No.11 : 1229-1233
- 太田壽城・川久保清 (1993) 運動中の事故と安全対策—運動と血圧変化— *文光堂* : p.125-131
- Paffenbarger, R. S. et al. (1983) Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am J Epidemiol* 117 : 245-257
- Paffenbarger, R. S. et al. (1984) A natural history of athleticism and cardiovascular health. *JAMA* 252 : 491-495
- Paffenbarger, R. S. et al. (1986) Physical activity, other life-style patterns, cardiovascular disease and longevity. *Acta Med. Scand. Suppl.* 711 : 85-91
- Pescatello LS, et al. (1991) Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure.



- Circulation 83(5) : 1557-1561
- Robert A. Bruce, et al. (1974) Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. Am J Cardiology 34 : 757-763
- Robert A. Bruce, et al. (1999) Baroreflex stabilization of the double product. Am. J. Physiol. 277 : 1679-1689
- Saltin, B. (1969) Physiological effects of physical conditioning. Med Sci Sports 1 : 50-58
- Seals, D. R. et al. (1991) Effect of regular exercise on 24-hour arterial pressure in older hypertensive humans. Hypertens. 18 : 583-592
- Tanaka H, et al. (1997) Double product response is accelerated above the blood lactate threshold. Med Sci Sports Exerc 29 : 503-508
- 田中宏焼 (1998) 高血圧症. Mebio. Vol.15(5) : 48-53
- Tuomilehto J, et al. (2001) Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucozetolerance. N Engl J Med 344 : 1343-1350
- 上村史朗ほか (1997) 運動強度の評価を目的とした心拍数利用の妥当性. 臨床スポーツ医学 vol.14, No.11 : 1211-1215
- 山路啓司 (2001) 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院 東京, VO<sub>2</sub>max の決定因子と制御因子 p.272-280
- Yasumura Y. et al. (1987) Dissociation of pressure-rate product from myocardial oxygen consumption in dog. Jpn. J. Physiol. 37 : 657-6