

## 第4章 運動習慣および大動脈伸展性が収縮期血圧に及ぼす影響

### 4.1 緒言

加齢に伴う大動脈壁伸展性の低下は、高齢者における収縮期高血圧症の発症に関与する大きな要因であると考えられる。動脈硬化性疾患の一次スクリーニング検査法としても用いられる大動脈脈波速度（長谷川 1987）は、非観血的に大動脈の伸展性を定量的に評価することが可能である。先行研究では、運動トレーニングが大動脈伸展性に及ぼす影響について大動脈脈波速度を用いて検討し、運動には加齢に伴う大動脈伸展性の低下を抑制する効果がある可能性が示唆されている（池上ら 1986, 佐竹ら 1989, Vaitkevicius et al. 1993, 吉村 1976）。したがって、習慣的な運動には高齢者における収縮期高血圧の発症を予防する効果を持つ可能性が期待できる。

一方、収縮期高血圧症の発生や動脈硬化の進展は、ある一つの要因によって促進されるものではなく、複数の因子が相互に関連しながら影響しているはずである。実際に、高血圧、痛風、腎疾患、虚血性心疾患、脳血管疾患、糖尿病、高脂血症等を持つ患者群の大動脈脈波速度は同年代の健常者群と比較して速い値を示すことが報告されている（荒井ら 1991, 長谷川ら 1987）。しかし、大動脈脈波速度法で評価された大動脈伸展性を含む複数の因子を同時に取り上げ、それぞれが血圧へ及ぼす影響の大きさや相互関連を検討した研究は行われていない。

本研究の目的は、収縮期高血圧症に関与すると考えられる複数の因子を取り上げ、各因子の収縮期血圧への関与の大きさを明らかにするとともに、習慣的運動が大動脈の伸展性に及ぼす影響を通じて収縮期高血圧症の発現に抑制的に働くという仮説を検証することである。すなわち、多数の成人病検診受診者を対象として、成人病検診測定項目に運動習慣と大動脈伸展性を加えた検討を行った。

### 4.2 方法

#### A. 対象

茨城県つくば市にある病院の成人病検診（1泊2日）における1992年6月から1993

年9月までの受診者のうち、大動脈脈波速度指数（APWVI）を測定し、ライフスタイルに関するアンケート調査（身体活動、喫煙、飲酒等の生活習慣に関する項目）で有効回答が得られた男性678名（30～69歳）を対象とした。

## B. 測定項目

### 1. 大動脈脈波速度の測定法

第3章（3.3.1）で述べた手法を用いた。APWVIは、一律に異常値が決めにくいですが、本研究では、内膜に高度（30%以上）の粥状硬化が認められる（吉村ら 1978, 荒井ら 1985）とされる9.0m/sec以上の者を異常者とした。

### 2. 生理・生化学検査

動脈硬化性疾患に関与し得る要因として、安静時血圧（収縮期血圧、拡張期血圧）、血清脂質（総コレステロール、中性脂肪）、尿酸、耐糖能（75g経口糖負荷試験後2時間の血糖値）を取り上げたが、これらのデータは全て人間ドックにおける検査測定値を用いた。

#### 1) 安静時血圧

血圧は水銀血圧計を用い、椅座位にて支持台にのせた左上腕で5分間の安静後測定した。収縮期血圧（SBP）は、コロトコフ音の第1音とし、拡張期血圧（DBP）は、コロトコフ音の消失点（第5音）とした（異常値：SBP $\geq$ 140mmHg, DBP $\geq$ 90mmHg）。

#### 2) 血清脂質（総コレステロール、中性脂肪）

総コレステロール（TC）、中性脂肪（TG）を血清脂質の指標として用いた。採血は早朝空腹時に肘静脈から行い、酵素法を用いて分析した（異常値：TC $\geq$ 220mg/dl, TG $\geq$ 170mg/dl）。

#### 3) 尿酸（UA）

採血は早朝空腹時に肘静脈から行い、酵素法を用いて分析した（異常値：UA $\geq$ 8.0mg/dl）。

#### 4) 耐糖能

耐糖能検査は、早朝空腹時に75g経口糖負荷試験を行った。今回は75g経口糖負荷試験後2時間の血糖値(2h-OGTT)を耐糖能の指標として用いた(異常値:2h-OGTT $\geq$ 120mg/dl)。

### 3. 体脂肪率(%Fat)

肥満の指標である体脂肪率は、インピーダンス法(BIA: Bioelectrical Impedance Analysis)にて測定した。セルコ社製のインピーダンス計(SIF-891)を用いて仰臥位における被験者の利き手甲部と足甲部に装着した電極より800 $\mu$ A, 50kHzの微弱な交流電流を通し、同時に手首と足首に装着した検出電極間の電圧を測ることにより求めた。体脂肪率(%Fat)は、年齢、性別、身長、体重およびインピーダンス値をインピーダンス計に入力し、算出された推定値(Lukaski et al. 1985, Nakadomo et al. 1990)を用いた(異常値:%Fat $\geq$ 25%)。

### 4. ライフスタイルに関する調査

成人病検診受診者全員に質問票によるライフスタイルに関する調査を実施した。質問票は身体活動量、運動歴、喫煙習慣、飲酒習慣、仕事の強度などを含む生活状況に関する質問項目で構成された。質問票は職員による配布、説明の後、受診者本人の自己記入により回答された。この質問票の項目から受診者の身体活動指数、喫煙量、アルコール消費量を求めた。

#### 1) 身体活動指数(PAI)

第3章(3.3.2)で述べた手法を用いた。なお、農業や土木作業等の肉体労働に従事する者は、日常の身体活動が仕事に因るところが大きいので、この調査に基づいて対象から除外した。さらに、定期的な運動習慣の全くない者の割合を算出し、異常群として示した。

#### 2) 喫煙習慣

喫煙習慣(Cigarettes)は、現在1日あたりに吸うたばこの本数を、「全く吸わない」、

「10本未満」，「10～20本」，「21～40本」，「41本以上」の5段階に分類した。また，現在全く喫煙習慣の無い者でも，過去に喫煙習慣があった場合には，対象から削除した。

### 3) 飲酒習慣

1週間あたりに飲むアルコールの種類と量（ビールであれば具体的な容量と本数）を記入させ，四訂食品成分表1992（科学技術庁資源調査会編 1992）よりアルコール濃度（ビール5.0%，清酒16.0%，焼酎25.0%，ウイスキー40.0%，ワイン12.0%，ブランデー42.0%，ウォッカ50.0%）を仮定して，アルコール消費量（Alcohol）を算出した。

## C. 統計処理

### 1) 変数の分布

対象者の身体的特性として，各検討項目（年齢，収縮期血圧，拡張期血圧，大動脈脈波速度指数，総コレステロール，中性脂肪，尿酸，耐糖能，体脂肪率，身体活動指数）の平均値，標準偏差，異常者数の割合を算出した（Table. 1）。

### 2) 危険因子の関連性の検討

主要な収縮期高血圧症の危険因子の抽出，および危険因子間の関連性の分析にはパス解析を用いた。本研究では，収縮期血圧と各測定変数の関係を示す概念モデルを構成した。このモデルでは，収縮期血圧を従属変数（目的変数）とし，対する収縮期血圧の規定因子として拡張期血圧，大動脈脈波速度指数，インスリン抵抗性に関連する因子（耐糖能，中性脂肪，体脂肪率），その他の生化学因子（総コレステロール，尿酸），生活習慣因子（喫煙，飲酒，身体活動指数），および年齢を独立変数（説明変数）とした仮説モデル（Fig. 5.）を設定した。次にこの仮説モデルを，ステップワイズ重回帰分析（Stepwise Multiple Regression Analysis）により検討した。モデルの構成にあたり変数の精選を行ったが，この際の統計的基準を $F_0 \geq 1.5$ とした。こうしてそれぞれのステップごとに段階的にふるい落とされた従属変数を含むパスを仮説モデルから削除した。

Table 1. Subject characteristics (n=678). Mean, SD, and number of abnormality subjects (%).

Variables	Mean	SD	abnormality value ( $\geq$ standard)	number of abnormality subjects (%)
Age (years)	45.7	7.6	—	—
SBP (mmHg)	120.8	14.1	$\geq 140$	54 (8.0)
DBP (mmHg)	75.7	10.8	$\geq 90$	50 (7.4)
APWVI (m/sec)	7.6	0.8	$\geq 9.0$	38 (5.6)
TC (mg/dl)	191.2	33.5	$\geq 220$	121 (17.8)
TG (mg/dl)	149.3	122.9	$\geq 170$	173 (25.5)
UA (mg/dl)	5.9	1.3	$\geq 8.0$	40 (5.9)
2h-OGTT (mg/dl)	115.3	43.7	$\geq 120$	193 (28.5)
%Fat (%)	19.5	3.7	$\geq 25.0$	50 (7.4)
PAI (kcal/week)	1030	1790	$\leq 0$	138 (20.4)

SD; standard deviation,

SBP; systolic blood pressure,

DBP; diastolic blood pressure,

APWVI; aortic pulse wave velocity index,

TC; total cholesterol,

TG; triglycerid,

UA; uric acid,

2h-OGTT; glucose 2 hours postprandial of 75g OGTT,

%Fat; percentage body fat,

PAI; physical activity index.

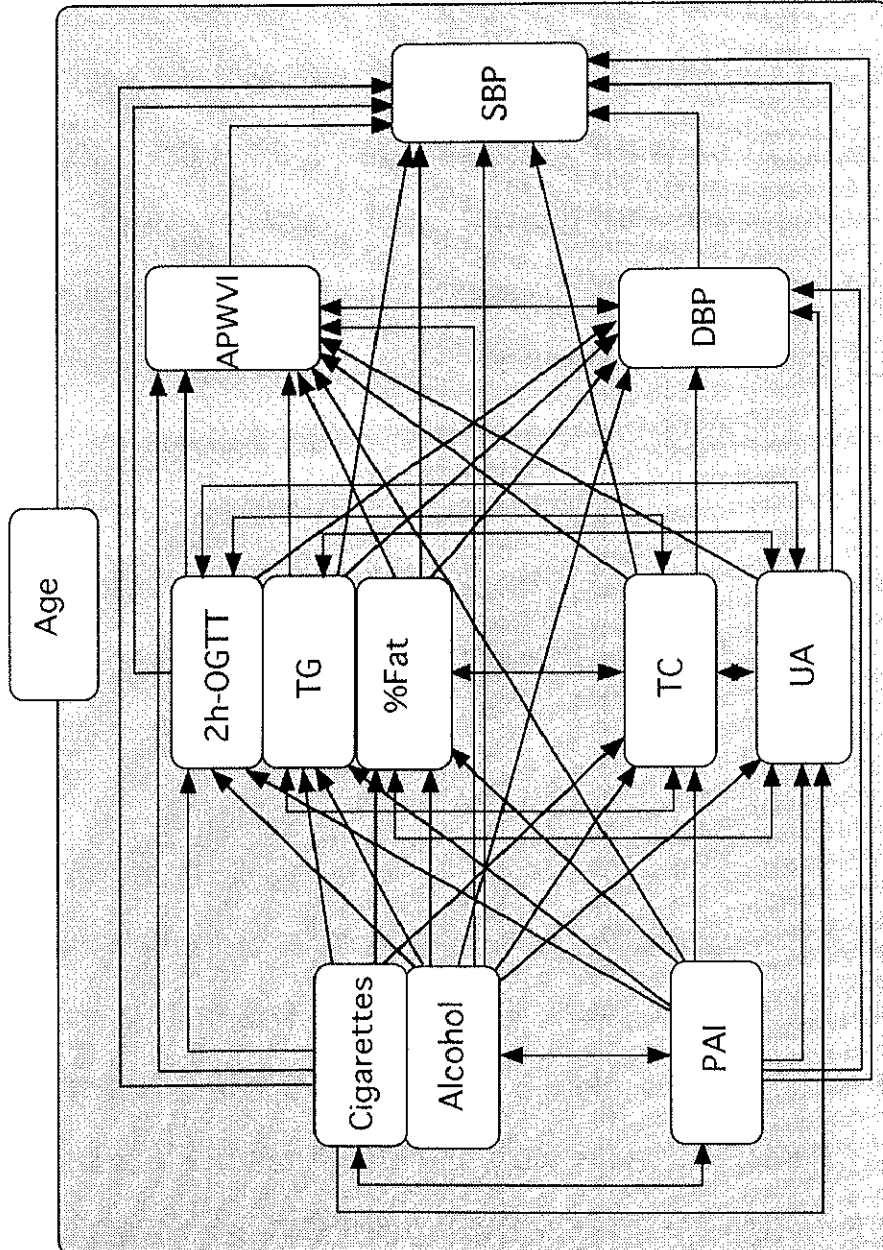


Fig. 5. A model of path diagram for SBP.

収縮期血圧と各危険因子間に存在する関係についての評価を統計的に直接効果（direct effect）、間接効果（indirect effect）、総効果（total effect）、単相関係数（correlation coefficients）、みかけの相関（spurious correlation）、貢献度（contribution rate）、相対貢献度（relative contribution rate）などの指標を総合して行った。ここで直接効果とは、パス係数そのものの値であり、このパス係数の絶対値が、0.05以上あれば変数間に関連性が存在すると判定した。間接効果とは、ある独立変数が他の独立変数を介しての従属変数に与える影響であり、通過した経路のパス係数の積によって求められ、そのパスは、独立変数の数や設定されたパス・モデルによって異なる。各パスでの間接効果の合計が最終的な間接効果となる。総効果は、直接効果と間接効果の和であり、みかけの相関は、単相関係数と総効果の差である。貢献度は、パス係数と単相関係数の積であり、貢献度の合計は従属変数による独立変数の説明率となる。相対貢献度は各貢献度を説明率で割った値である。

データの解析にはヒューリンクス社製の統計処理ソフトウェアStat View4.0J for Macintoshを用い、統計学的有意水準はいずれも5%以下とした。

### 4.3 結果

#### A. 対象者の特性

対象者の身体的特性として、検討項目（年齢、収縮期血圧、拡張期血圧、APWVI、総コレステロール、中性脂肪、尿酸、耐糖能、体脂肪率、身体活動指数）を変数の分布（平均値、標準偏差、異常者の割合）としてTable 1.に示した。対象者全体の平均年齢と標準偏差は $45.7 \pm 7.6$ 歳（30代181名、40代282名、50代158名、60代57名）であった。また、対象者のうち、喫煙習慣のある者は385名（55.6%）、飲酒の習慣がある者は524名（77.3%）であった。異常者の出現率をみると、耐糖能が28.5%で最も高く、ついで中性脂肪（25.5%）、総コレステロール（17.8%）が高かったのに対し、収縮期血圧および拡張期血圧、APWVI、体脂肪率においては異常者の出現率が10%未満であった。さらに、定期的な身体活動を全く行っていない者は138名（20.4%）で、身体

活動指数は個人差が大きかった ( $1030 \pm 1790 \text{kcal/week}$ )。

## B. 測定項目間の相関関係

各測定項目間の単相関係数を求めた結果、収縮期血圧は、年齢 ( $r=0.133, p<0.001$ )、APWVI ( $r=0.095, p<0.05$ )、拡張期血圧 ( $r=0.760, p<0.001$ )、中性脂肪 ( $r=0.114, p<0.01$ )、尿酸 ( $r=0.133, p<0.001$ )、耐糖能 ( $r=0.104, p<0.01$ )、%Fat ( $r=0.148, p<0.001$ ) との間において有意な正相関関係を示した。また、APWVIは、年齢 ( $r=0.446, p<0.001$ )、収縮期血圧 ( $r=0.095, p<0.05$ )、耐糖能 ( $r=0.177, p<0.001$ ) と有意な正相関関係を示した。さらに、身体活動指数は尿酸 ( $r=0.081, p<0.05$ ) および飲酒 ( $r=0.195, p<0.001$ ) と有意な正相関関係を示した (Table 2.)。ただし、各変数間の相関係数は、収縮期血圧と拡張期血圧との間、およびAPWVIと年齢との間を除いて、いずれも統計学的には有意であったが、低値であった。

## C. 変数相互の関連性

### 1) 収縮期血圧と諸要因との関連

Table 3.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択 (年齢、総コレステロール、中性脂肪、尿酸、耐糖能、体脂肪率、喫煙、飲酒、身体活動指数は削除) された各要因の収縮期血圧に対する貢献度を示した。重相関係数  $R=0.764$  であり、貢献度は 58.4% であった。各要因の相対貢献度は拡張期血圧 98.7%、APWVI 1.3% であった。

### 2) 拡張期血圧と諸要因との関連

Table 4.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択 (耐糖能、喫煙、身体活動指数は削除) された各要因の拡張期血圧に対する貢献度を示した。重相関係数  $R=0.283$  であり、貢献度は 8.5% であった。各要因の相対貢献度は尿酸 30.6%、年齢 20.0%、体脂肪率 20.0%、中性脂肪 17.6%、飲酒 8.2%、総コレステロール 2.4%、APWVI 1.2% であった。

### 3) APWVIと諸要因との関連



Table 2. Simple correlation coefficients matrix between variables (N=678).

	Age	SBP	DBP	APWVI	TC	TG	UA	2h-OGTT	%Fat	Cigarettes	Alcohol	PAI
Age	1.000											
SBP	0.133 ***	1.000										
DBP	0.113 **	0.760 ***	1.000									
APWVI	0.446 ***	0.095 *	0.018	1.000								
TC	0.123 **	0.014	0.032	0.038	1.000							
TG	0.047	0.114 **	0.150 ***	0.022	0.295 ***	1.000						
UA	-0.021	0.133 ***	0.178 ***	0.035	0.170 ***	0.180 ***	1.000					
2h-OGTT	0.234 ***	0.104 **	0.115 **	0.177 ***	0.165 ***	0.319 ***	0.043	1.000				
%Fat	-0.059	0.148 ***	0.148 ***	0.008	0.206 ***	0.205 ***	0.222 ***	0.154 ***	1.000			
Cigarettes	-0.141 ***	0.032	0.001	-0.023	-0.110 **	0.190 ***	0.003	0.048	0.007	1.000		
Alcohol	-0.034	0.071	0.092 *	-0.004	-0.030	0.132 ***	0.052	0.028	-0.018	0.156 ***	1.000	
PAI	0.029	0.001	0.058	-0.057	0.007	-0.016	0.081 *	-0.021	-0.062	-0.043	0.195 ***	1.000

\*\*\* :  $p < 0.001$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ .

SBP; systolic blood pressure,

DBP; diastolic blood pressure,

APWVI; aortic pulse wave velocity index,

TC; total cholesterol,

TG; triglycerid,

UA; uric acid,

2h-OGTT; glucose 2 hours postprandial of 75g OGTT,

%Fat; percentage body fat,

Cigarettes; cigarette smoking habit,

Alcohol; alcohol consumption,

PAI; physical activity index.

Table 3. Contribution rates of each factor for SBP.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
SBP	DBP	0.758	–	0.758	0.760	0.002	57.6	98.7
	APWVI	0.081	–	0.081	0.095	0.014	0.8	1.3
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.764					58.4	100.0

SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure, APWVI; aortic pulse wave velocity index.

Table 4. Contribution rates of each factor for DBP.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)	
DBP	Age	0.153	0.116	0.269	0.113	-0.156	1.7	20.0	
	APWVI	-0.056	—	-0.056	0.018	0.074	0.1	1.2	
	TC	-0.061	0.018	-0.043	0.032	0.075	0.2	2.4	
	TG	0.101	0.112	0.213	0.150	-0.063	1.5	17.6	
	UA	0.145	0.161	0.306	0.178	-0.128	2.6	30.6	
	%Fat	0.118	0.143	0.261	0.148	-0.113	1.7	20.0	
	Alcohol	0.077	0.079	0.156	0.092	-0.064	0.7	8.2	
multiple correlation coefficient	0.283								
explanatory rate (%)								8.5	100.0

DBP; diastolic blood pressure, APWVI; aortic pulse wave velocity index, TC; total cholesterol, TG; triglycerid, UA; uric acid, %Fat; percentage body fat, Alcohol; alcohol consumption.

Table 5.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（総コレステロール、中性脂肪、尿酸、体脂肪率、喫煙、飲酒は削除）された各要因のAPWVIに対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.457$ であり、貢献度は20.9%であった。各要因の相対貢献度は年齢91.9%、耐糖能6.2%、身体活動指数1.9%であった。

#### 4) 総コレステロールと諸要因との関連

Table 6.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（飲酒、身体活動指数は削除）された各要因の総コレステロールに対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.391$ であり、貢献度は15.3%であった。各要因の相対貢献度は中性脂肪52.9%、体脂肪率18.3%、尿酸10.5%、喫煙10.5%、年齢7.8%であった。

#### 5) 中性脂肪と諸要因との関連

Table 7.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（年齢、身体活動指数は削除）された各要因の中性脂肪に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.404$ であり、貢献度は16.4%であった。各要因の相対貢献度は総コレステロール54.3%、喫煙23.8%、尿酸13.4%、飲酒8.5%であった。

#### 6) 尿酸と諸要因との関連

Table 8.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（年齢、喫煙、飲酒は削除）された各要因の尿酸に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.293$ であり、貢献度は8.7%であった。各要因の相対貢献度は体脂肪率47.1%、中性脂肪24.1%、総コレステロール19.5%、身体活動指数9.2%であった。

#### 7) 耐糖能と諸要因との関連

Table 9.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（尿酸、飲酒、身体活動指数は削除）された各要因の耐糖能に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.288$ であり、貢献度は8.3%であった。各要因の相対貢献度は年齢65.1%、総コレステロール28.9%、喫煙6.0%であった。

#### 8) 体脂肪率と諸要因との関連

Table 10.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（喫煙、飲酒は削除）

Table 5. Contribution rates of each factor for APWVI.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
APWVI	Age	0.430	0.446	0.876	0.446	-0.430	19.2	91.9
	2h-OGTT	0.075	—	0.075	0.177	0.102	1.3	6.2
	PAI	-0.068	-0.068	-0.136	-0.057	0.079	0.4	1.9
multiple correlation coefficient		0.457					20.9	100.0
explanatory rate (%)								

APWVI; aortic pulse wave velocity index, 2h-OGTT; glucose 2 hours postprandial of 75g OGTT, PAI; physical activity index.

Table 6. Contribution rates of each factors for TC.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
TC	Age	0.099	0.100	0.199	0.123	-0.076	1.2	7.8
	TG	0.274	0.287	0.561	0.295	-0.266	8.1	52.9
	UA	0.093	0.153	0.246	0.170	-0.076	1.6	10.5
	%Fat	0.136	0.159	0.295	0.206	-0.089	2.8	18.3
	Cigarettes	-0.149	-0.094	-0.243	-0.110	0.133	1.6	10.5
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.391					15.3	100.0

TC; total cholesterol, TG; triglycerid, UA; uric acid, %Fat; percentage body fat, Cigarettes; cigarette smoking habit.

Table 7. Contribution rates of each factor for TG.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
TG	TC	0.300	0.316	0.616	0.295	-0.321	8.9	54.3
	UA	0.123	0.159	0.282	0.180	-0.102	2.2	13.4
	Cigarettes	0.206	0.158	0.364	0.190	-0.174	3.9	23.8
	Alcohol	0.103	0.103	0.206	0.132	-0.074	1.4	8.5
multiple correlation coefficient		0.404					16.4	100.0
explanatory rate (%)								

TG; triglycerid, TC; total cholesterol, UA; uric acid, Cigarettes; cigarette smoking habit, Alcohol; alcohol consumption.

Table 8. Contribution rates of each factor for UA.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
UA	TC	0.098	0.166	0.264	0.170	-0.094	1.7	19.5
	TG	0.115	0.151	0.266	0.180	-0.086	2.1	24.1
	%Fat	0.184	0.202	0.386	0.222	-0.164	4.1	47.1
	PAI	0.094	0.082	0.176	0.081	-0.095	0.8	9.2
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.293					8.7	100.0

UA; uric acid, TC; total cholesterol, TG; triglycerid, %Fat; percentage body fat, PAI; physical activity index.



Table 9. Contribution rates of each factor for 2h-OGTT.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
2h-OGTT	Age	0.229	0.217	0.446	0.234	-0.212	5.4	65.1
	TC	0.148	—	0.148	0.165	0.017	2.4	28.9
	Cigarettes	0.097	0.008	0.105	0.048	-0.057	0.5	6.0
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.288					8.3	100.0

2h-OGTT; glucose 2 hours postprandial of 75g OGTT, TC; total cholesterol, Cigarettes; cigarettes smoking habits.

Table 10. Contribution rates of each factor for %Fat.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
%Fat	Age	-0.075	-0.078	-0.153	-0.059	0.094	0.4	4.4
	TC	0.183	0.202	0.385	0.206	-0.179	3.8	41.8
	UA	0.196	0.219	0.415	0.222	-0.193	4.4	48.4
	PAI	-0.077	-0.050	-0.127	-0.062	0.065	0.5	5.5
multiple correlation coefficient		0.300						
explanatory rate (%)							9.1	100.0

%Fat; percentage body fat, TC; total cholesterol, UA; uric acid, PAI; physical activity index.

された各要因の%Fatに対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.300$ であり、貢献度は9.1%であった。各要因の相対貢献度は尿酸48.4%，総コレステロール41.8%，身体活動指数5.5%，年齢4.4%であった。

#### 9) 喫煙と諸要因との関連

Table 11.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（削除なし）された各要因の喫煙に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.147$ であり、貢献度1.8%であった。各要因の相対貢献度は身体活動指数66.7%，年齢33.3%であった。

#### 10) 飲酒と諸要因との関連

Table 12.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（年齢は削除）された各要因の飲酒に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.195$ であり、貢献度3.8%であった。各要因の相対貢献度は身体活動指数100%であった。

#### 11) 身体活動指数と諸要因との関連

Table 13.には、ステップワイズ法による重回帰分析により選択（年齢は削除）された各要因の身体活動指数に対する貢献度を示した。重相関係数 $R=0.209$ であり、貢献度4.7%であった。各要因の相対貢献度は飲酒68.9%，喫煙31.2%であった。

### D. 収縮期血圧パス・ダイアグラム

ステップワイズ重回帰分析の結果から、収縮期血圧と主要な収縮期高血圧症の危険因子との関連を、パス・ダイアグラムとして総合的に示した（Fig. 6.）。パス（矢印）の太さは、相対貢献度の大きさを示し、矢印上の数値はパス係数を示している。収縮期血圧に対して、収縮期血圧の規定因子である拡張期血圧とAPWVIの二因子だけが直接的な関連を示した。APWVIには、年齢、耐糖能、身体活動指数が直接的な関連を示し、年齢と耐糖能は促進的に、身体活動指数は抑制的に作用していた。拡張期血圧には、尿酸、体脂肪率、年齢、中性脂肪、飲酒、総コレステロール、APWVIが直接的な関連を示し、前者五因子は促進的な作用を、後者二因子は抑制的な作用を及ぼしていた。

APWVIは、収縮期血圧には促進的に作用したが、拡張期血圧には抑制的に作用した。

Table 11. Contribution rates of each factor for Cigarettes.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
Cigarettes	Age	-0.134	—	-0.134	-0.043	0.091	0.6	33.3
	PAI	-0.071	—	-0.071	-0.164	-0.093	1.2	66.7
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.147					1.8	100.0

Cigarettes; cigarette smoking habit, PAI; physical activity index.

Table 12. Contribution rates of each factor for Alcohol.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
Alcohol	PAI	0.195	-	0.195	0.195	0.000	3.8	100.0
multiple correlation coefficient explanatory rate (%)		0.195					3.8	100.0

Alcohol; alcohol consumption, PAI; physical activity index.

Table 13. Contribution rates of each factor for PAI.

dependent variable	independent variable	direct effect	indirect effect	total effect	correlation coefficients	spurious correlation	contribution rate (%)	relative contribution rate (%)
PAI	Cigarettes	-0.075	-	-0.075	0.195	0.270	1.5	31.9
	Alcohol	0.207	-	0.207	0.156	-0.051	3.2	68.1
multiple correlation coefficient		0.209						
explanatory rate (%)							4.7	100.0

PAI; physical activity index, Cigarettes; cigarette smoking habit, Alcohol; alcohol consumption.

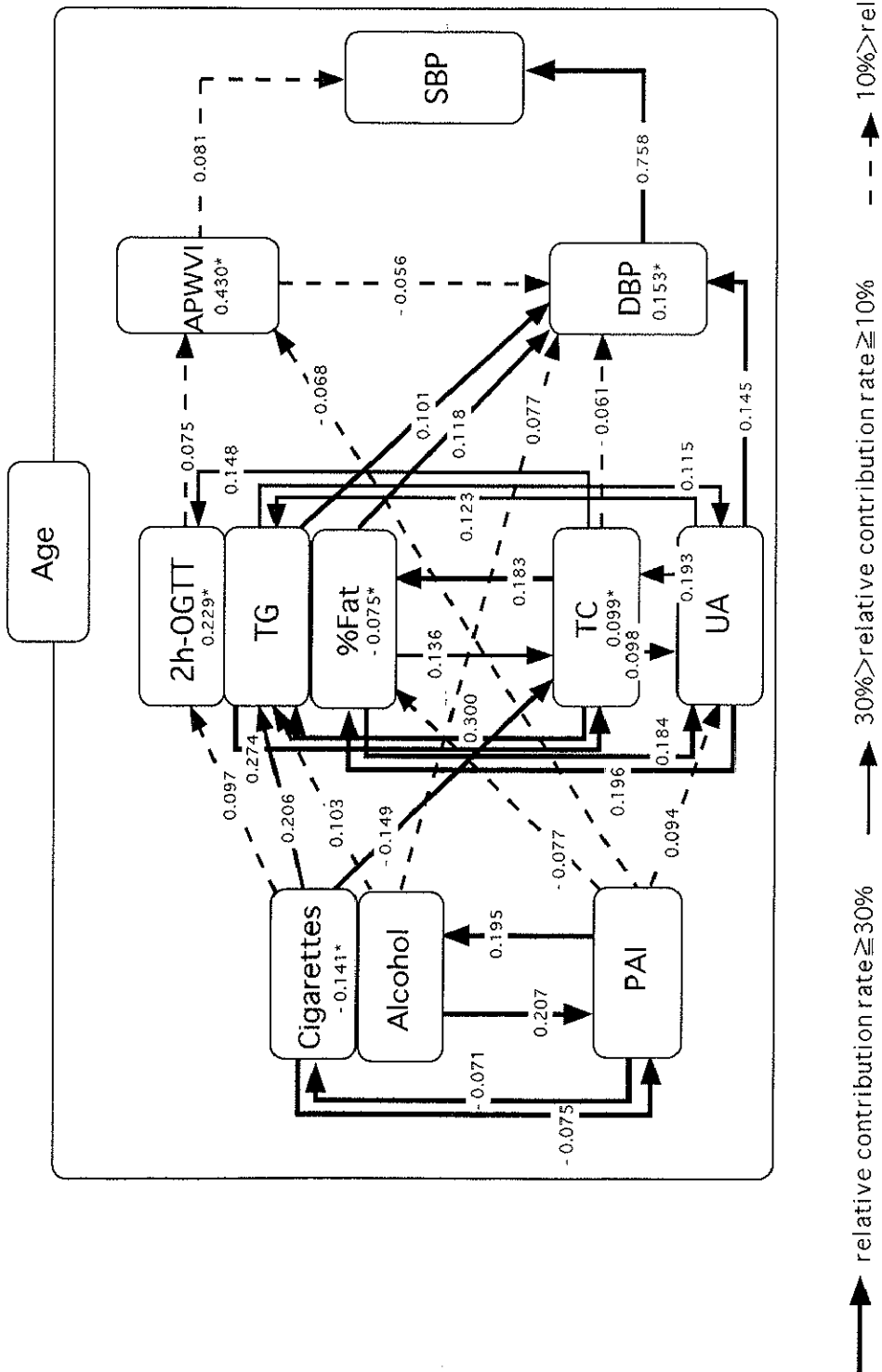


Fig. 6. Path diagram for SBP.

一方、仮説モデルで設定した年齢、生活習慣因子（喫煙・飲酒・身体活動指数）、インスリン抵抗性に関連する因子（耐糖能、中性脂肪、体脂肪率）、その他の生化学因子（総コレステロール、尿酸）から収縮期血圧への直接的関連は見られなかった。しかしながら、年齢はAPWVIと拡張期血圧との関連を介して、収縮期血圧に促進的な作用を及ぼしていた。また、生活習慣因子は主にインスリン抵抗性に関連する因子に直接的関連を示し、さらに、インスリン抵抗性に関連する因子からは、拡張期血圧に対する直接的な関連がみられた。特に、身体活動指数は、相対貢献度は比較的低いものの、APWVIと体脂肪率に抑制的な直接的関連を有するので、収縮期血圧に対して、APWVIを介して、およびインスリン抵抗性に関連する因子から拡張期血圧に及ぼす影響を介して抑制的に働く効果が示された。

#### 4.4 考察

本研究では、習慣的運動が大動脈の伸展性に及ぼす影響を通じて収縮期高血圧症の発現に抑制的に働くという仮説を検証するために、収縮期血圧を規定する因子として拡張期血圧、大動脈脈波速度指数、インスリン抵抗性に関連する因子、その他の生化学因子、生活習慣因子、および年齢の複数の因子を取り上げ、パス解析を用いて各因子の影響の大きさと因子間の関連を検討した。収縮期血圧に直接的な関連を示したのは拡張期血圧、大動脈脈波速度指数の二因子のみであり、ともに促進的に作用していた。すなわち、拡張期血圧が高い、或いは大動脈が硬いほど、収縮期血圧が高いという結果であった。身体活動指数は、大動脈脈波速度指数と体脂肪率に直接的関連を示し、抑制的に作用していた。したがって、習慣的運動は大動脈の硬さを減少させ、また体脂肪率の減少を介して拡張期血圧を低下させることにより、収縮期血圧の上昇に抑制的な効果を持つことが示された。

血圧の変動は、血行動態的には心拍出量と大動脈壁の弾性および総末梢血管抵抗によって決定されており、特に収縮期血圧は、心拍出量と大動脈の弾性の影響が大きい（池上1994）とされている。大動脈伸展性の臨床的な指標として用いられている大動脈脈



波速度は、アテローム硬化症や大動脈中膜の変性により弾性が失われた大動脈では速い値を示す。すなわち、大動脈脈波速度が9.0m/sec.を越える例では内膜に高度の粥状硬化症が認められ、8.0m/sec.以下の例では粥状硬化症が出現しても軽度であり、そのような例では、大動脈脈波速度と中膜弾性線維の変性やカルシウム沈着に基づくエラスチン量の減少との間に密接な関係があることが示されている（吉村ら 1978, 荒井ら 1985, 吉村ら 1976）。本研究では、大動脈脈波速度指数と収縮期血圧との間には正の相関関係が認められた。パス解析においても直接的な関連を示し、収縮期血圧に促進的な作用が認められた。一方、大動脈脈波速度指数は、拡張期血圧には抑制的に作用していたが、この作用は、加齢などにより大動脈が硬くなると脈圧が大きくなることを反映しているのであろう。すなわち、大動脈脈波速度法により評価した大動脈の伸展性が収縮期高血圧症、ひいては動脈硬化性疾患の重要な規定因子である可能性を示す結果であった。本研究で示された収縮期血圧に対する貢献度は低かったが、本研究では収縮期血圧において異常群とみなされた対象者が54名（8.0%）と少数であったことが貢献度に影響しているかも知れない。

松田ら（1989, 1992）は運動習慣が大動脈壁に及ぼす影響について、ラットを用いた実験によって縦断的に検討し、継続的運動には大動脈の線維蛋白を増加させてその強度を高め、エラスチンのカルシウム沈着とその変性を減少させて壁の伸展性を増す効果があることを報告している。また、ヒトにおける横断的研究（Vaitkevicius et al. 1993, 吉村 1976）では、マラソンなどの持久的トレーニングを継続的に行っている人達では、非活動的な一般人に比べて大動脈脈波速度が遅い値を示すことから、大動脈の伸展性が優れていることが示唆されている。さらに、池上ら（1983）は、30歳前後の健常な男性が、毎日約2時間の激しい運動トレーニングを10ヵ月間行って、トレーニング前後の大動脈脈波速度を比較した縦断的検討を行い、大動脈脈波速度の初期値の高い者程顕著に低下し、正常化する傾向があったことを報告している。本研究でも、身体活動指数は大動脈脈波速度指数への直接的関連が認められ、大動脈の硬さに抑制的に作用することが示されたので、運動が加齢にともなう大動脈の伸展性低下の予防に

効果的であることは、ほぼ確実と思われた。Horan et al. (1990) は、高血圧症の危険因子を示した項目の中で運動不足もその一要因であるとし、またTipton (1991) は高血圧症に対する有効な対策を6つあげ、運動をその一つに数えている。本研究において示された結果は、習慣的運動が高血圧症の予防に有効であり、その効果の機序の一つは、習慣的運動が大動脈伸展性を保持することにある可能性が示された。

最近、Reaven (1988) はインスリン抵抗性、耐糖能異常、高インスリン血症、高VLDL-TG血症、低HDLコレステロール血症、高血圧を有する病態としてsyndrome Xなる概念を提唱し、これらすべての症候がしばしば同一個体にみられ、冠動脈疾患に重要な意味をもつことを報告し注目を集めている。また、Kaplan (1989) は上半身肥満、耐糖能異常、高TG血症、高血圧を死の四重奏 (deadly quartet) と呼び、これらは合併しやすく、冠動脈硬化を起こす病態であるとしている。本研究においても、インスリン抵抗性に関連する耐糖能、中性脂肪、体脂肪率は、拡張期血圧あるいはAPWVIに直接的に関連し、それらを介して間接的に収縮期血圧を上昇させる方向に作用していた。一方、身体活動指数は拡張期血圧に促進的効果を持つ体脂肪率に対して直接的な関連を示し、抑制的な作用を及ぼしていた。すなわち、習慣的運動はインスリン抵抗性を改善することを介しても、拡張期血圧、ひいては収縮期血圧を低下させる効果を持つ可能性が示唆された。ただし、本研究の対象者においては耐糖能や高TG血症に対する影響は有意ではなかった。関連の有無を明確にするためには、さらに異常者を多数含む集団を対象にするなど、幅を広げた検討が必要であろう。

#### 4.5 要約

大動脈脈波速度法で評価された大動脈の伸展性と、収縮期血圧の上昇に関連しうる他の要因との相互関連および関連の大きさを比較検討し、さらに、身体活動で保持された大動脈伸展性が収縮期血圧にとって有意な規定因子となるという仮説を検証するため、成人病検診の測定項目に、身体活動指数と大動脈脈波速度指数を加え、収縮期血圧を従属変数としてパス解析を用いた因子分析を行った。収縮期血圧を完全な従属変数として、

諸要因との関連をパス・ダイアグラムの形で総合的に示すと、直接的な関連を示したのは、拡張期血圧と大動脈脈波速度指数の二因子のみであった。他の諸要因間の相互関連は多種多様であったが、二つの主要因子への影響を通して、間接的に収縮期血圧に影響を及ぼしていることが推察された。身体活動指数は、大動脈脈波速度指数に対して抑制的な作用を及ぼし、収縮期血圧には、大動脈脈波速度指数を介した間接的な関連が示された。すなわち、身体活動が大動脈伸展性を保持し、大動脈伸展性の大きいことが収縮期血圧上昇に対して抑制的に働く可能性が示唆された。