

第7章 中高年期以降に始める運動が大動脈伸展性に及ぼす影響

7.1 運動の開始時期および継続期間が大動脈伸展性に及ぼす影響

7.1.1 緒言

運動を行う時期についてのラットを用いた検討（松田ら 1992, 野坂ら 1990）では、動脈壁中膜のエラスチンへのカルシウム沈着が急速に進行する生後6ヶ月までに行なった運動が大動脈伸展性の増大ないし保持に効果的であり、増加速度が緩やかになる成熟期や老齢期に行なった運動ではあまり効果がみられなかったと報告されている。一方、ヒトの大動脈では、内膜のアテローム性病変は、30代までは比較的軽度であり、40代以降に増量、出現することが知られている（吉村ら 1978）。また、動脈壁中膜におけるカルシウムの含有量は0歳から90歳まで次第に増加し、ことに増加の著しい時期が10代から40代まで、および60代以降に認められる（Fleckenstein et al 1982）。この成績は、明らかなアテローム斑は除かれた組織の石灰沈着を示したものであり、主として中膜に生じた石灰化が平滑筋や弾性線維の変性と密接に関連して、弾力性の消失に関係する可能性を示している。したがって、もし、ヒトにおいても大動脈の伸展性に及ぼす運動の効果が、主として動脈壁へのカルシウム沈着の抑制によって得られるものであれば、エラスチンのカルシウム沈着は成人期以降にも著しいので、中高年期に始めた運動習慣でも有意の効果が得られる可能が考えられる。

本研究の目的は、中高年以降における運動でも、大動脈伸展性低下の進行を抑制できるという仮説を検証することである。したがって、運動習慣の開始時期および継続期間が大動脈伸展性に及ぼす影響を明らかにするため、30歳以上の健常男性を対象に、現在および若年期の運動習慣の有無によって4群間に分類し、APWVIを比較した。

7.1.2 方法

A. 対象

対象者は30歳～69歳の健常男性とした。市民マラソンなどに参加するため強度の高い走行トレーニングを2～21年（ 9.8 ± 4.8 年：Mean \pm SD）継続している41名を現活動

群 (Presently Active) とした。また、明らかな疾患と高血圧、高脂血症、耐糖能異常を持たない人間ドック (1泊2日) 受診者123名のうち、身体活動状況の調査結果より算出された週当たりの身体活動指数が1500kcal未満で、最近の10年間以上は規則的な運動を行なっていない93名を選び出して現非活動群 (Presently Inactive) とした。さらに、現活動群と現非活動群を若年期の運動習慣の有無によってそれぞれ分割した。すなわち、現活動群と現非活動群の対象者を、10歳から25歳 (以下若年期) における強度の高い継続的な運動習慣の有無にしたがって、現活動群中の若年期活動群12名および若年期非活動群29名と、現非活動群中の若年期活動群16名および若年期非活動群77名に分けた。

B. 身体活動状況の調査法

第3章 (3.3.2) で述べた手法を用いた。

C. 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。

D. 統計処理

各群におけるAPWVIは、年代別の比較に加えて、相関分析の結果を用いて全対象者の平均年齢44.7歳に基準化して比較を行った。すなわち、現活動群および現非活動群のそれぞれにおいて、年齢とAPWVIとの一次回帰直線を求めて年齢補正した。

統計学的検定として、2群間の平均値の差にはunpaired-t-test、多群間の平均値の差の検定には分散分析を行なった。いずれも統計学的有意水準を5%以下とした。

7.1.3 結果

Table 18.に、各群における身体的特性を示す。現活動群中の若年期非活動群の平均年齢が現非活動群中の若年期非活動群のそれより有意に高値を示したが、現活動群中の

Table 18. Physical characteristics of subjects.

Physical activity	N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
Presently In Youth					
Active	12	45.3 ± 13.5	168.7 ± 9.1	60.4 ± 7.6	21.3 ± 1.7
Inactive	29	49.6 ± 10.4*	168.1 ± 7.0	62.4 ± 7.8	22.1 ± 2.2
Inactive					
Active	16	44.1 ± 6.6	169.6 ± 5.6	65.1 ± 7.8	22.6 ± 2.3
Inactive	77	42.9 ± 8.1	167.7 ± 6.2	61.7 ± 6.8	22.0 ± 2.3

* differs from Presently Inactive & Inactive In Youth at P<0.05.

若年期活動群は現非活動群中の若年期活動群に対し有意な差を示さなかった。さらに、現活動群中の2群間および現非活動群中の2群間でも有意な差は認められなかった。また、身長、体重およびbody mass index (BMI) についても4群間で有意差は認められなかった。

10歳～25歳における愛好会や趣味で不定期に行なうスポーツを除いた強度の高い運動習慣の継続年数は、若年期活動群中の現活動群で7～15年 (10.0 ± 2.6 年, Mean \pm SD), 現非活動群で5～16年 (8.0 ± 2.8 年, Mean \pm SD) であり、両群間に有意差はみられなかった。一方、若年期非活動群の10歳～25歳における強度の高い運動の継続年数は、現活動群で 0.1 ± 0.4 年 (Mean \pm SD), 現非活動群で 0.1 ± 0.5 年であり、両群間に有意差はみられなかった。さらに、現活動群中における現在のランニング歴 (若年期以降における走行トレーニング) は、それぞれ若年期活動群が 8.7 ± 5.4 年、若年期非活動群が 10.3 ± 4.5 年であり、両群間に有意差は認められなかった。また、最近1年間の平均的な運動強度 (走行速度) は7METs以上 (時速8km以上) で行なわれていた。

Fig. 11.は、前述した4群のAPWVIを年代別に示したものである。年代ごとの各群の人数が一樣でないが、各群とも年代が上がるにつれてAPWVIも速くなる傾向にあった。また、現活動群中の2群は、現非活動群中の2群と比較して、各年代とも低い値を示した。現活動群中の若年期非活動群は30代～60代の現非活動群中の若年期非活動群との間、および40代・50代の現非活動群中の若年期活動群との間で有意差が認められた。一方、40代において現活動群中の若年期活動群は現非活動群中の若年期非活動群より有意に低い値を示し、60代においては現活動群中の若年期非活動群より有意に高値を示した。

また、現活動群および現非活動群のそれぞれで年齢とAPWVIの相関関係を調べると、現非活動群は有意な正相関を示した。しかし、現活動群は正相関を示したものの有意ではなかった (Fig. 12.)。

さらに、APWVIを現活動群および現非活動群のそれぞれで求めた一次回帰直線を用いて、本研究における対象者の平均年齢44.7歳に基準化し、各年代を一括した4群間で

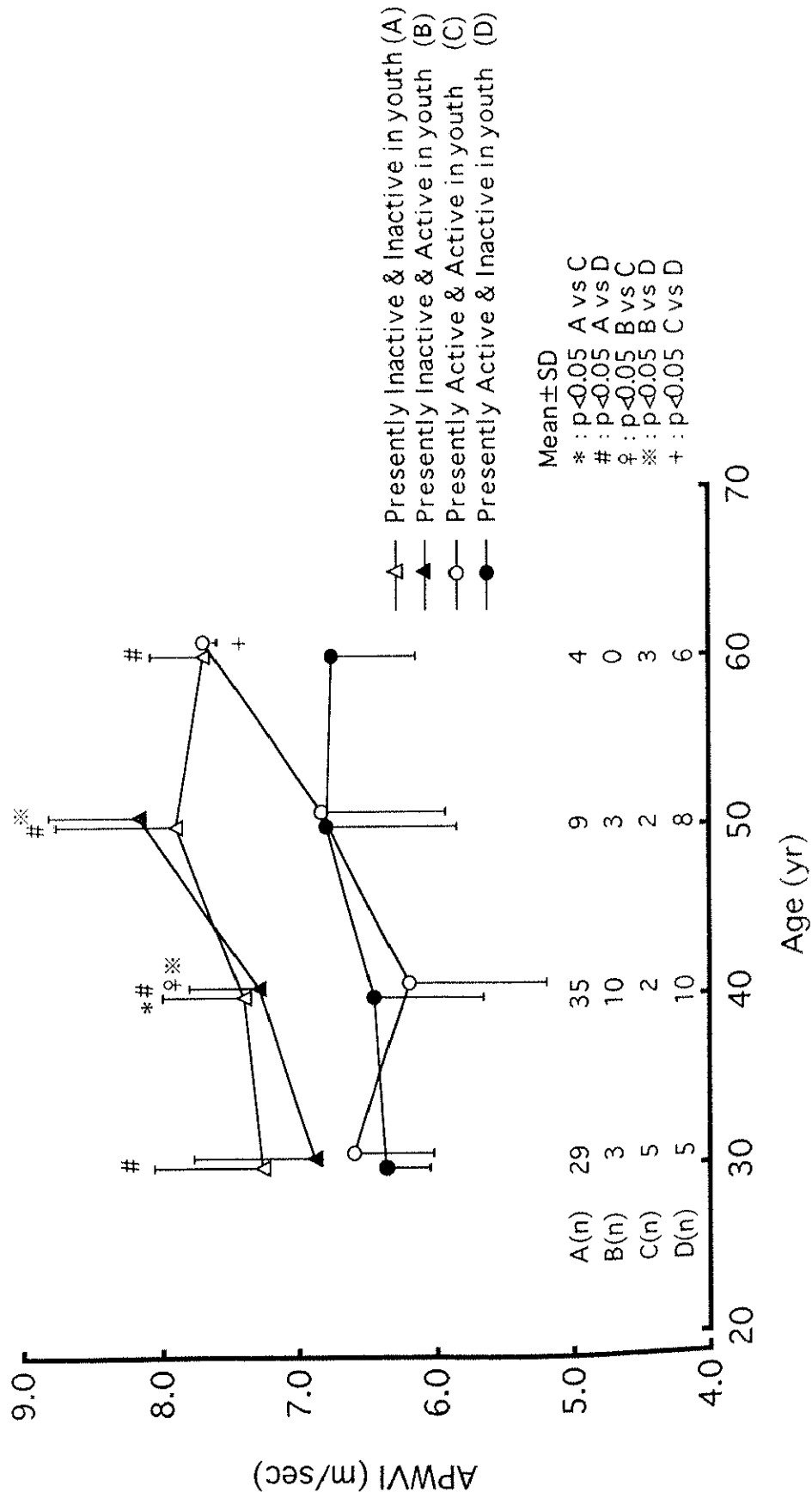


Fig. 11. Age-depending APWVI grouped by the habit of physical exercise.

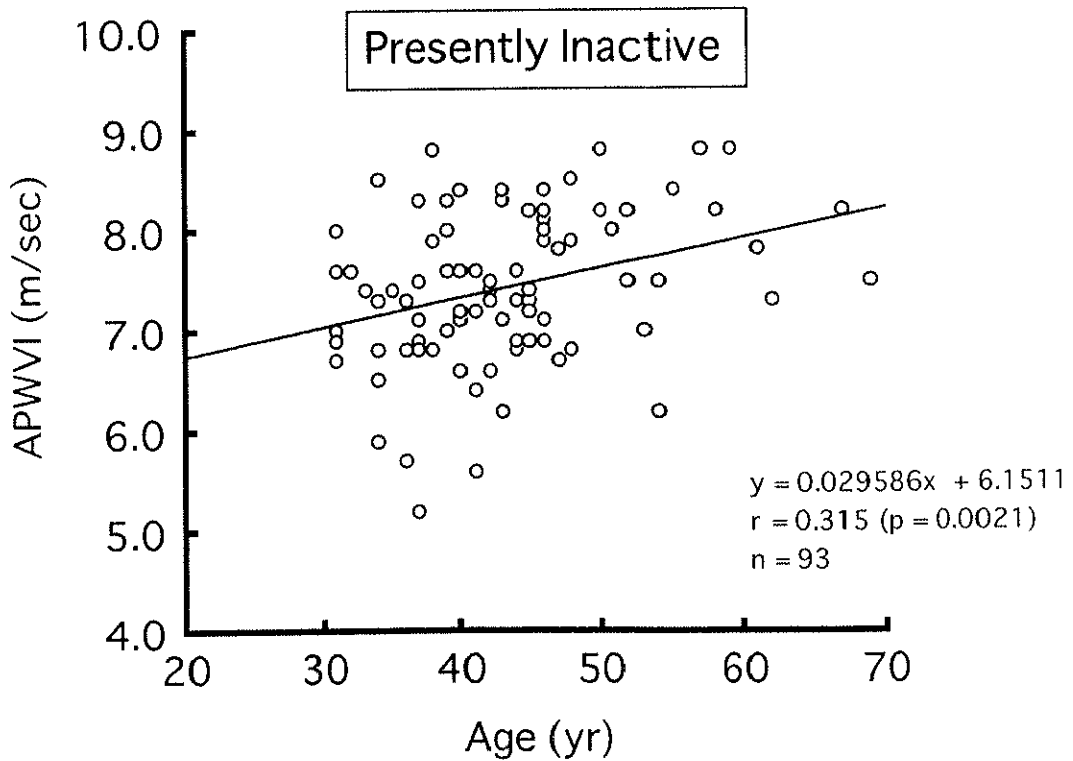
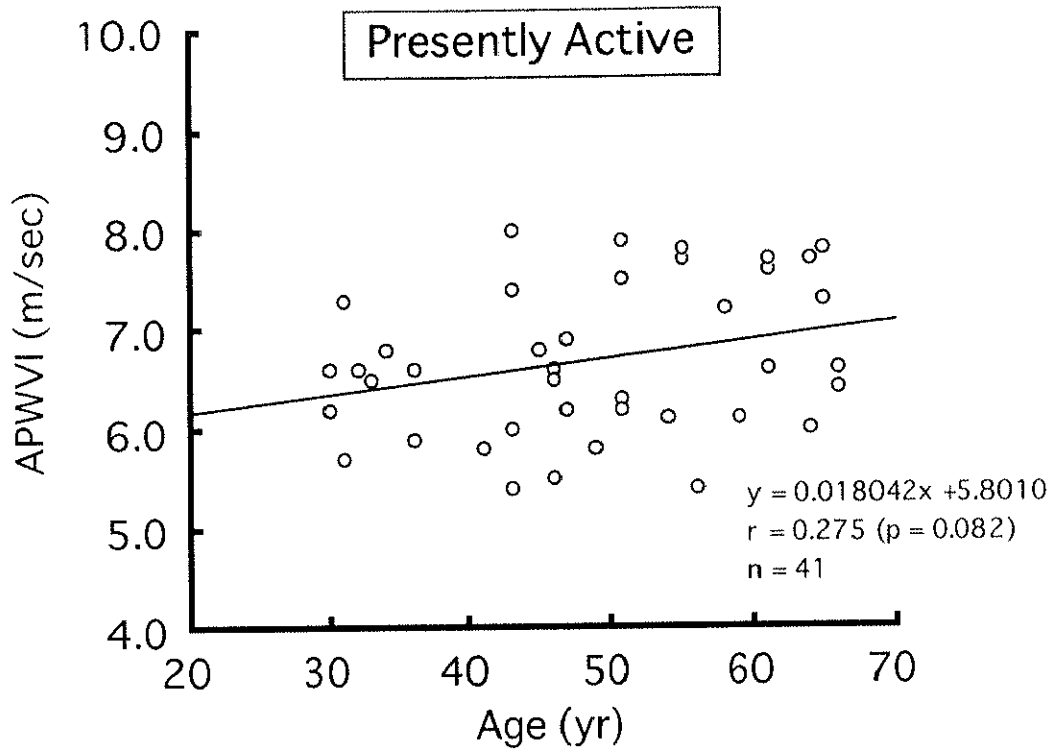


Fig. 12. Correlation between age and APWVI grouped by the present habit of physical exercise.

比較した。現活動群中でのAPWVIには若年期の運動歴の有無による差は認められず、現活動群2群は、それぞれ現非活動群2群に比べて有意に低い値を示した。一方、現非活動群中でも若年期における運動歴の有無による差は認められず、若年期活動群のAPWVIは若年期非活動群と同様の高い値を示した (Fig. 13)。なお、現活動群における年齢とAPWVIの相関関係が有意ではなかったため、現活動群のAPWVIとして年齢補正しない値を用いた比較も行ったが、同様の結果が得られた。

7.1.4 考察

本研究では、30歳以上の健常男性のAPWVIを測定し、大動脈壁の伸展性に及ぼす運動の効果を、運動の開始時期と継続期間に関連させて検討した。対象者を現活動群と現非活動群に分け、さらに各群を若年期活動群および若年期非活動群に分けて検討すると、各群とも年代が上がるにつれてAPWVIが速くなる傾向がみられた。年齢とAPWVIの相関関係を検討したところ、現非活動群は有意な正相関関係を示したが、現活動群においては正相関関係を示したものの有意差が認められなかった。荒井ら (1991) は大動脈波速度が加齢とともに増加すると報告している。本研究の結果からは、APWVIと加齢の関連は現非活動群では強いが、現活動群においては弱いことが示唆される。散布図 (Fig.10) を見ても、現活動群では40代以降においてもAPWVIの速い値を示す者が極めて少なく、このことは、現活動群の多くが大動脈の伸展性を十分保持していることを示すとも考えられる。

また、4群間で年代別のAPWVIの推移をみると、現活動群2群が、現非活動群2群より低値を示しているが、現活動群における若年期活動群の60代だけは、高値を示した。この理由として、この年代の対象数が少ないためAPWVIが高値を示す特異的な個体のみが対象となった可能性が考えられる。したがって、対象者不足を補うために、年齢を補正して比較を行うと、現在強度の高い走行トレーニングを続けている現活動群中では、若年期の運動習慣の有無による差は認められず、若年期に運動していなくても、現非活動群の2群よりもそれぞれ有意に低値を示した。また、現非活動群中においても、若年

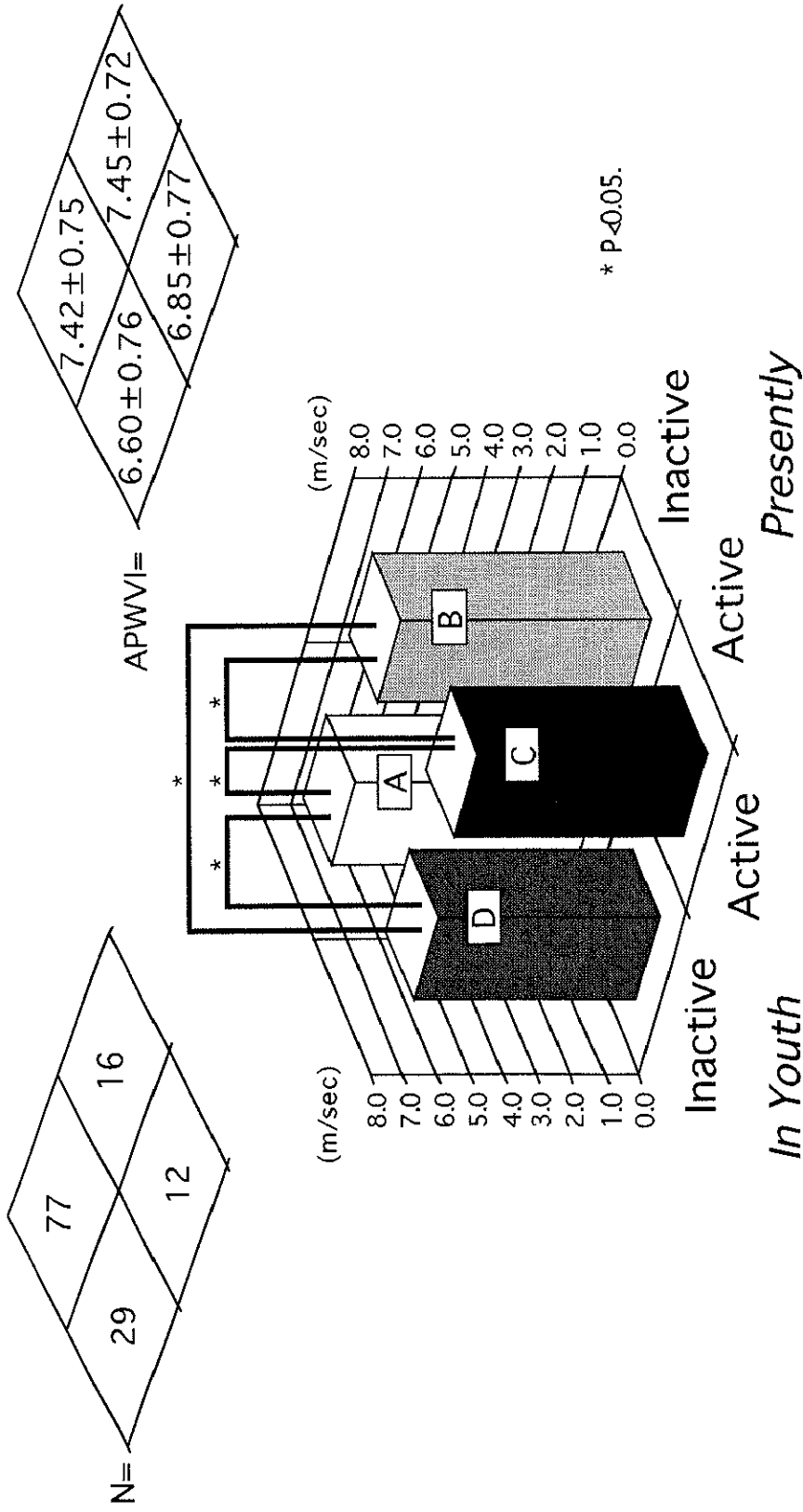


Fig. 13. Comparison of age-adjusted APWVI grouped by the habit of physical exercise.

期の運動習慣の有無による差は認められず、若年期に運動していても、現非活動群は現活動群の2群に比べて有意に高いAPWVIを示した。すなわち、中高年期になって開始した運動習慣でも効果が得られる可能性と、若年期の運動習慣で効果が得られたとしても、運動を中断すればその効果が消失する可能性が考えられた。

長谷川ら（1987）の示している成績のヒト年代別大動脈脈波速度分布を参照すると、10代前半から20代後半にかけて、大動脈脈波速度増加の著しい時期があることが示されている。先行研究（松田 1994）によると、20歳前後の大学生において、中学校卒業後体育の授業以外に定期的な運動を行っていない学生の大動脈脈波速度は、過去平均10年間の運動を継続していた長距離ランナーに比べて有意に高値を示している。一方、池上ら（1986）は、中学時代から5年間運動部に所属した高校生の大動脈脈波速度を同年代の非活動群と比較したが、明らかな差が認められなかったとしている。これらのことから、若年期における運動習慣はその継続が5年程度では明らかにならないにしても、中学から大学までの10年間程度継続すれば、この時期にも進行する大動脈硬度の増大を抑制する効果を持つ可能性が示唆される。本研究の現活動群および現非活動群における若年期活動群は、それぞれ 10.0 ± 2.6 年（Mean \pm SD）および 8.0 ± 2.8 年（Mean \pm SD）の運動歴を有していた。したがって、本研究で対象にした若年期活動群は、20歳代には動脈の伸展性を十分に保っていたとみなしてよいものと思われるが、若年期以降に運動習慣を継続しなかった現非活動群ではその効果が消失していることが示唆された。

Paffenberger et al.（1978, 1983, 1993）は、ハーバード大学の卒業生を対象に、身体活動とライフスタイルが寿命に及ぼす影響を検討している。その結果、日常生活における運動習慣と寿命の関係を見た場合、学生時代に運動習慣がなかった者でも、卒業後運動を習慣的に行っている者には、学生時代および卒業後も習慣的に運動を行なっている者同様に延命効果が認められている。一方、学生時代に習慣的な運動を行なっていた者でも、卒業後習慣的な運動を行っていない者には、学生時代も卒業後も運動習慣のない者と同様に延命効果は認められていない。さらに、4.5METs以上の運動習慣

を中年期以降に始めた場合の効果を検討した結果 (Paffenberger et al. 1993) によると、若い年代に開始した運動ほど寿命に及ぼす効果が大きいことは明らかであるが、中高年期に運動習慣を開始しても延命効果が得られることが示されており、中高年から運動習慣を開始しても効果が得られるという点において、本研究の成績と同様の結果であった。これらのことから、加齢に伴う大動脈伸展性の低下を予防するための運動効果を持続するには、運動を継続することが重要であり、運動の継続なしに、得られた効果の持続性は期待できない可能性が示唆された。

本研究では、対象例が少ないので、運動の開始時期および継続期間の効果を年代別に検討し明らかにすることができなかった。より明確な結論を得るためには、各年代における対象者を十分な数に増やして、運動習慣と大動脈伸展性との関連を検討する必要がある。

7.1.5 要約

運動習慣の開始時期および継続期間が大動脈伸展性に及ぼす影響を明らかにするため、30歳以上の健常男性を対象に、現在および若年期の運動習慣の有無によって4群間に分類し、大動脈脈波速度指数を比較した。若年期の運動習慣の有無に関係なく、現在運動習慣を継続している者の大動脈脈波速度指数は、現在運動習慣を持たない者に比べて有意に低値を示した。また、若年期に強度の高い運動習慣を保持していた者でも若年期以降に運動習慣を継続していなければ、その大動脈脈波速度指数は、現在運動習慣を持つ者に比べて有意に高値を示すことが明らかになった。したがって、加齢に伴う大動脈伸展性の低下抑制に及ぼす運動の効果は、若年期における運動習慣の有無に関わらず、中高年期以降に開始した運動習慣でも効果が得られること、およびその効果を持続するためには運動習慣を継続することが重要であり、それなしには得られた効果の持続性を期待できない可能性が示唆された。

7.2 短期間・低強度の運動トレーニングが大動脈伸展性に及ぼす影響

7.2.1 緒言

運動が大動脈伸展性に及ぼす効果について横断的に検討した報告はあるものの、縦断的な検討をしたものは少ない（池上ら 1983, 佐竹ら 1987）。特に、女性を含めた高齢者を対象にした検討は皆無に等しい。本研究では、中高年以降における運動でも、大動脈伸展性低下の進行を抑制ないし改善できるという仮説を検証するために、女性を含めた中高年者を対象に、運動トレーニングが大動脈伸展性に及ぼす効果について検討した。

大動脈伸展性に及ぼす運動トレーニングの影響についての先行研究（池上ら 1983, 佐竹ら 1987）では、若年男性のみが対象にされている。しかも、先行研究では強度の高い運動の効果が検討されているが、一般の高齢者の運動は、体力および安全性を考慮した場合、低強度であるほうが望ましいと思われる。一方、高血圧患者に対する運動療法では、低強度の運動でも有意な降圧効果が得られることが報告されている（Kiyonaga et al. 1985, Urata et al. 1985, Tanabe et al. 1989）ので、低強度の運動でも大動脈伸展性に及ぼす効果を期待できる可能性が十分考えられる。そこで、本研究では、中高年男女を対象に、低強度の運動トレーニングの効果を検討することにした。

7.2.2 方法

A. 対象

専門医による運動負荷試験を含めたメディカルチェックの結果、大きな異常が認められなかった60～71歳の男性14名（ 66.9 ± 3.2 歳, Mean \pm SD）と43～78歳の女性21名（ 62.7 ± 8.6 歳, Mean \pm SD）を対象とした。対象者のうち、男性では14名中6名（高血圧：4名、高血圧および高脂血症：1名、糖尿病：1名）、女性では、21名中11名（高血圧：5名、高脂血症：3名、低HDL血症：1名、高血圧および低HDL血症：1名、高脂血症および糖尿病：1名）の有疾患者が含まれており、病状にあわせて薬物を投与

していた。対象者全員に対して事前に測定およびトレーニング内容についての説明会を行い、文章をもとに十分な説明を行った上で、参加同意の署名を得た。

B. 生活習慣に関する調査

トレーニング前に質問票を用いて、生活習慣（運動、飲酒、喫煙の状況）、職歴、既往歴などを調査した。また、女性には閉経の有無、さらに、閉経者には閉経年齢を調査した。

C. 最大酸素摂取量の測定法

運動トレーニング前後に最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\max$ ）の測定を行った。測定は、自転車エルゴメーター（Combi社製）を用いて、ウォーミングアップの後、15～30wattから4分毎に負荷強度を漸増した。負荷漸増は3段階、最終段階での負荷強度は50～80wattとした。推定最大心拍数の80%を目安に運動を中止した。運動負荷中は心拍数、自覚的運動強度（RPE）を連続測定し、データの集積と共に安全性の確保に努めた。

$\dot{V}O_2\max$ は、4分間漸増負荷中の各負荷の最後の1分間の心拍数と仕事率から回帰式を導き、年齢別に推定した80% $\dot{V}O_2\max$ に相当する心拍数と仕事率からÅstrandらのノモグラムを用いて $\dot{V}O_2\max$ を推定し、さらに福岡大学修正式（進藤ら 1987）を用いて $\dot{V}O_2\max$ の補正を行った。

D. 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。

E. 安静時血圧および心拍数の測定法

運動トレーニング前後に安静時血圧および心拍数を測定した。安静時血圧（SBPおよびDBP）の測定は、大動脈脈波速度測定直後に臥位で行った。また、安静時心拍数（HR）の測定は、約15分間の臥位安静後、座位で行った。

F. 運動トレーニング

対象者35名を4グループに分けて、各グループとも週2回のトレーニングができるようにタイムテーブルを作成した。

トレーニングは、体力に応じた負荷による自転車エルゴメーターを用いた持久的運動と、ダンベルおよびウェイトトレーニングマシンを用いたレジスタンス運動とした。1回あたり約90分、6ヶ月間行った。自転車エルゴメーターは、50% $\dot{V}O_2$ max強度で20～30分間行った。また、レジスタンス運動は、スクワット、アーム・カール、チェストプレスなどを含めた7種目を、10回程度連続でできるような軽い負荷で行った。さらに、ステップエクササイズやボールゲームなどを、約40～50分間行った。これら全てのトレーニングは、健康運動指導士の管理下で行われた。

また、設定された時間以外にトレーニングを行った場合は、トレーニング日誌にその内容を記入するよう指示した。体調不良や諸事の都合で決められた日にトレーニングできなかった場合は、他の日にトレーニング実施を強制することなく、すべて本人の意思に任せた。

G. 統計処理

トレーニング前後における各項目の測定値は、全て平均値と標準誤差で示した (Table 19.)。トレーニング前後における差の検定には、paired-t-testを用い、有意水準は5%以下とした。

7.2.3 結果

実際に6ヶ月間でトレーニングを実施した回数の平均は、男性 39 ± 14 回 (range : 16～58回)、女性 43 ± 12 回 (14～70回) で、性差はみられないものの、個人差が大きかった。

トレーニング前後における各測定値を比較すると、体重 (body mass) は男性でほと

Table 19. Characteristics of subjects before and after 6 months of training.

	Male (n=14)		Female (n=21)	
	Before	After 6 months	Before	After 6 months
Age (years)	66.9 ± 0.8	—	63.0 ± 1.8	—
Body mass (kg)	59.5 ± 1.9	59.8 ± 2.0	53.7 ± 1.6	54.7 ± 1.6**
HR (b/m)	68.0 ± 3.0	61.6 ± 2.3***	69.3 ± 2.6	65.4 ± 2.0**
SBP (mmHg)	140.0 ± 5.6	123.4 ± 3.1**	126.2 ± 4.1	117.2 ± 3.3*
DBP (mmHg)	83.9 ± 2.2	77.7 ± 1.3*	74.0 ± 2.1	76.1 ± 1.4
$\dot{V}O_{2max}$ (ml)	2207.5 ± 105.0	2330.8 ± 107.5	1517.5 ± 51.4	1599.6 ± 48.7*

Mean ± SE, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001.

HR : heart rate,

SBP : systolic blood pressure,

DBP : diastolic blood pressure,

$\dot{V}O_{2max}$: maximum oxygen uptake.

んど変わらなかったが、女性で有意に増加した。また、HRおよびSBPは男女とも有意に低下したが、DBPにおいては女性で変化はみられず、男性のみ有意な低下が認められた。一方、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は男女とも増加し、一括して検討するとその変化は有意であったが (Fig. 14.)，男女別に分析すると女性のみ統計学的に有意であった (Table 19.)。

男女を一括して、APWVIを比較すると、6ヶ月間のトレーニングにより有意な低が認められた (Fig. 15.) が、男女別に分析すると女性のみで有意な低下となり、男性では有意差がみられなかった (Fig. 16.)。また、個別に観察すると6ヶ月間のトレーニングにより低下した者が、男女ともに半数以上みられ、有病者および女性における閉経者の中にも低下する者が確認された。さらに、APWVIの初期値と変化率との関係を調べると、男性のみ有意な逆相関関係 ($r=-0.587$, $P<0.05$) がみられたが (Fig. 17.)， $\dot{V}O_2\text{max}$ の変化率とAPWVIの変化率との間には、男女とも有意な関係は認められなかった (男性： $r=0.178$ ，女性： $r=0.048$ ，共にns)。

7.2.4 考察

比較的短期間で低強度の運動トレーニングにより、中高年者のAPWVIに改善例が認められた。大動脈脈波速度に及ぼす運動の影響について縦断的に検討した報告は、30歳前後 (池上ら 1983) および40歳前後 (佐竹ら 1987) の航空自衛隊幹部候補生学校に入校して訓練を受けた男性を対象にしたもののみである。この研究においても、10ヶ月あるいは4ヶ月の比較的短期間の運動トレーニングで大動脈脈波速度が低下したことを報告している。その中で、大動脈脈波速度の初期値が高い者ほどその低下率も大きく、低い者ではほとんど変化が見られなかったとしているが、このことも、本研究の男性対象者と同様の結果であった。しかし、先行研究 (池上ら 1983, 佐竹ら 1987) で行われた運動は、長距離走、水泳、サッカー、ハンドボール、バレーボール、銃剣道、断郊など多種にわたっていて、運動の定量化がなされていないが、週6回、1日約2時間の運動であり、恐らく一般の人や高齢者が余暇時間に行う運動と比べると運動量が多く、強度の高いトレーニングであったと思われる。したがって、本研究により、中高年者に

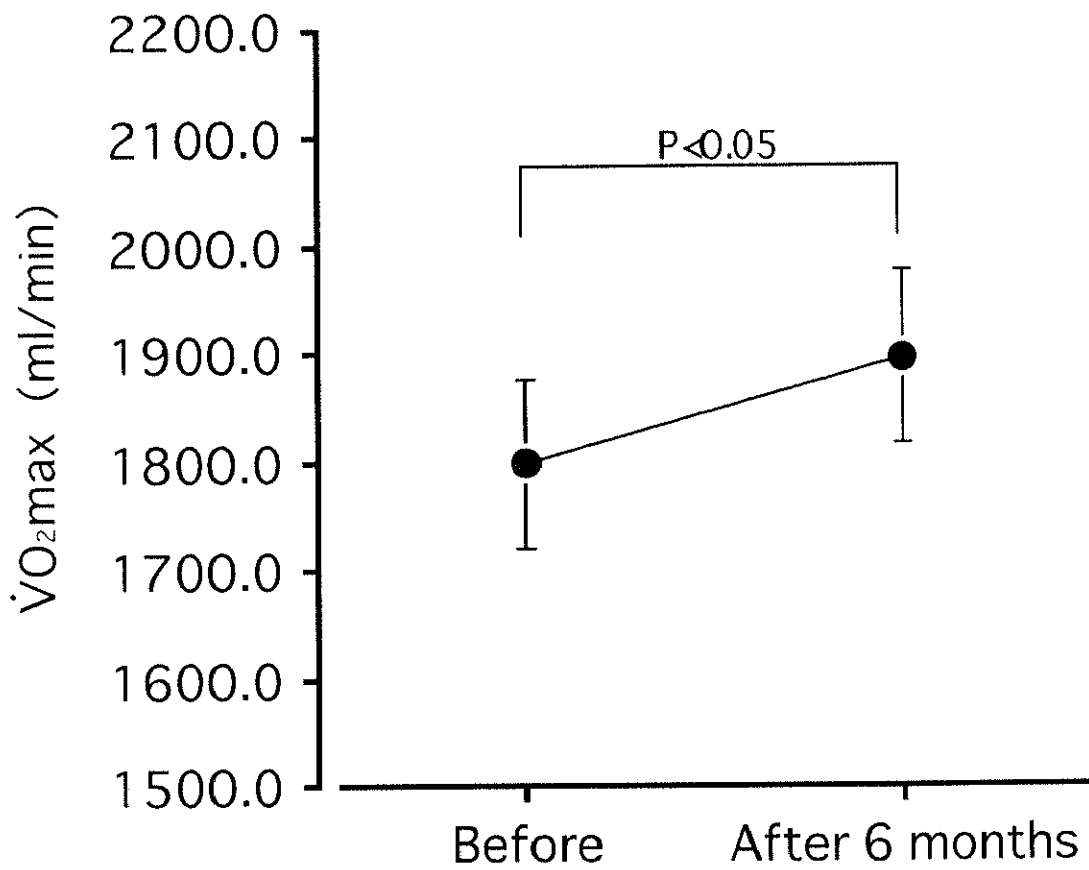


Fig. 14. Changes in the $\dot{V}O_2\text{max}$ by mild exercise training for 6 months.

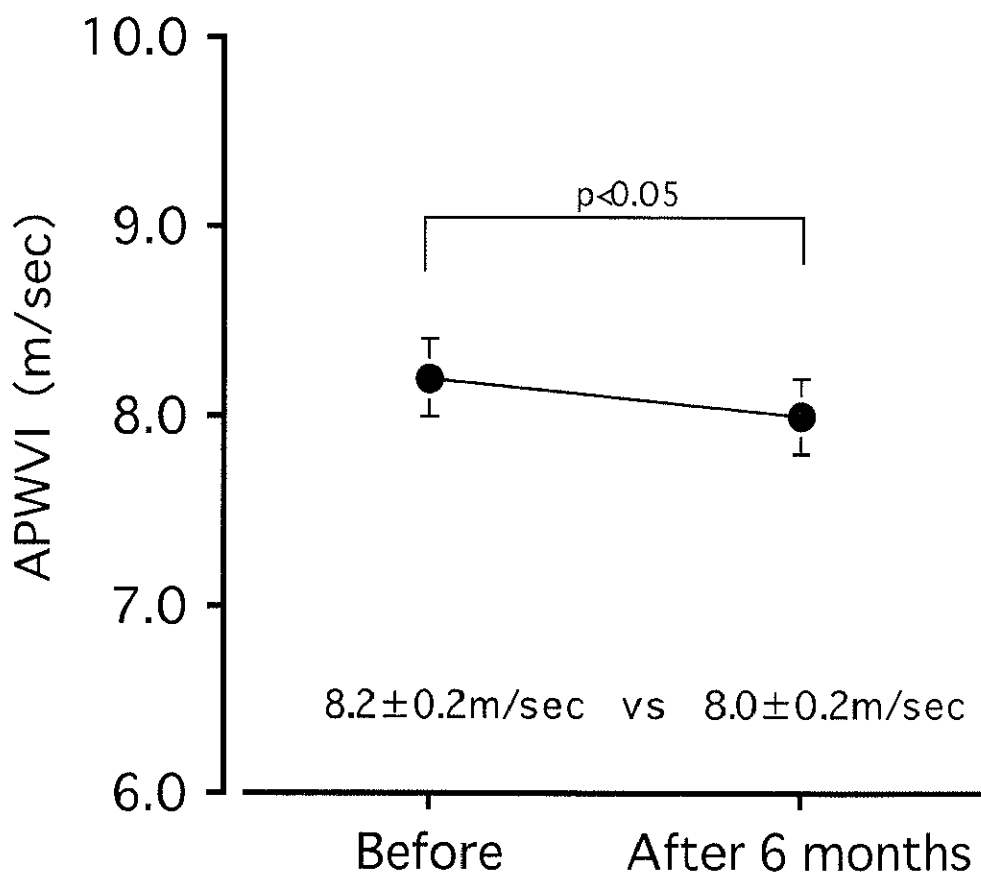


Fig. 15. Change in the APWVI by mild exercise training for 6 months in all subjects.

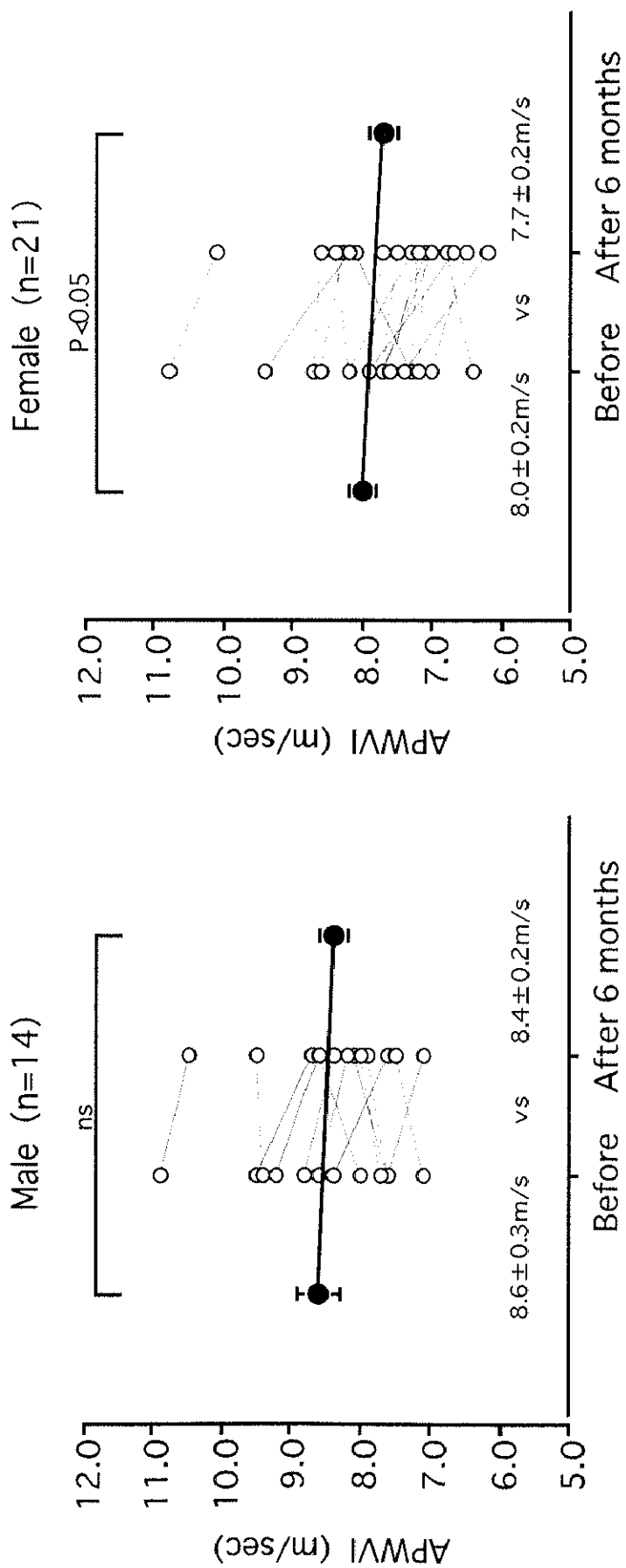


Fig. 16. Changes in the APWVI by mild exercise training for 6 months.

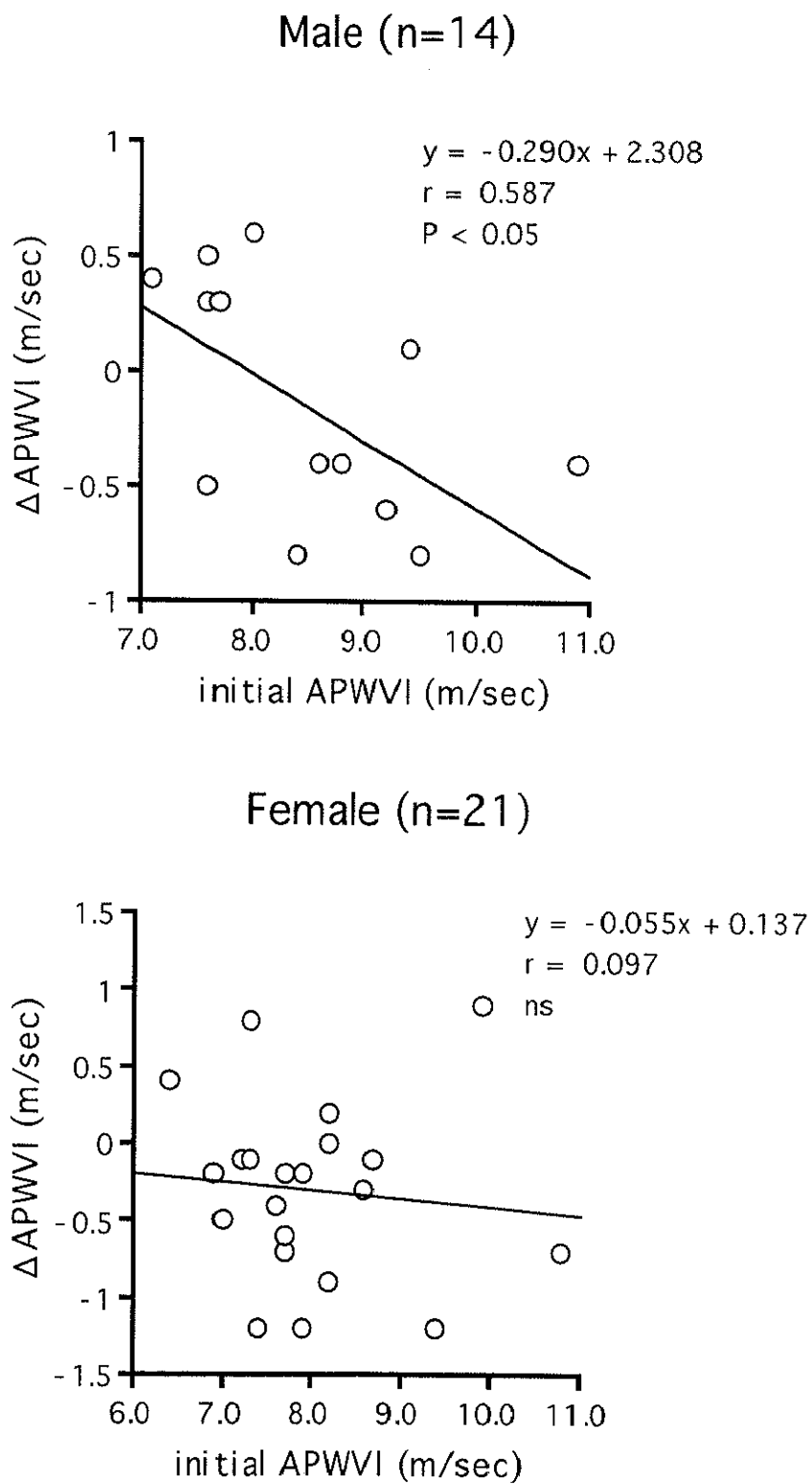


Fig. 17. The correlation between the initial APWVI level and changes in the APWVI at the end of a 6-month training program.

おける低強度の運動でも、大動脈伸展性の改善が得られる可能性が初めて示唆された。

池上ら（1983）は、トレーニング後の大動脈脈波速度の低下と赤血球の減少に正の相関があることから、運動による赤血球の破壊は造血組織を刺激してその作用を盛んにし、直接あるいは間接的に何らかの過程を経て血管の若返りを促進させるのではないかと推察している。本研究では、トレーニング前後で赤血球の測定を行っていないため、その関連性について検討することはできないが、6ヶ月という比較的短期間で生じた大動脈伸展性の増大を、中膜構成蛋白に及ぼす運動の影響のみによるとして説明することは困難である。動脈壁の弾性率は、主として中膜を構成する線維蛋白によって規定される（吉村ら 1978）が、生体では中膜平滑筋のトーンスもまた弾性率の規定因子である。したがって、短期間に生じた大動脈伸展性の変化は運動トレーニングにより血管のトーンスが低下したことによるという可能性も考えなくてはならない。血管トーンスの低下は、自律神経活動水準、すなわち交感神経活動の低下（Ekblom et al. 1973）や副交感神経活動の亢進（Scheuer et al. 1977, De Meersman 1992）、あるいは一酸化窒素（NO）などの血管内皮細胞由来の血管拡張物質の産生能向上（Wang et al. 1993）など、運動トレーニングにより生じる可能性のあるもので起こり得る。

本研究において、男女ともトレーニングにより安静時心拍数の有意な減少がみられた。また、女性では、運動トレーニングにより $\dot{V}O_2\text{max}$ に有意の改善が得られるとともに、APWVIにも有意な改善が得られた。最近、Goldsmith et al.（1997）は、最大酸素摂取量を指標とした体力水準と副交感神経活動水準の関係を、22～44歳の対象者で検討し、副交感神経活動は年齢よりも体力水準とより強い相関関係にあることを報告している。すなわち、高齢者に見られる副交感神経活動の低下は、加齢そのものが直接の原因ではなく、加齢に伴う体力水準の低下が原因である可能性を示唆している。また、菅原ら（1996）は、大学生で7ヶ月の持久性トレーニングにより副交感神経活動水準が上昇したことを示している。これらのことから、本研究で認められたAPWVIの低下には、運動トレーニングによる副交感神経活動の亢進により、血管トーンスを低下させたことが関与している可能性も考えられる。したがって、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の有意な向上がみられた女

性のみ，APWVIも有意な改善を得ることができたのかも知れない。また，心循環系の適応力には年齢依存性があり，若年者ほどトレーニングに対して優れた適応を示すとされている（Frick et al. 1970）。本研究において，男性では60歳未満の者は含んでいなかったが，女性では有経者3名を含む60歳未満の者が9名含まれていたため，年齢によるトレーナビリティの違い，或いは，エストロゲンによる抗動脈硬化作用の違いが，APWVIの改善率の男女差につながった可能性も否定できない。

Matsukawa et al. (1993) は，副交感神経末端から分泌されるアセチルコリンは，血管内皮のムスカリニック受容体に結合すれば，血管平滑筋を収縮させるが，細胞内でL-アルギニンからNOを合成し，一般にはその効果が大きいので，細胞外に放出されたNOは隣接する血管平滑筋に作用して弛緩させることを明らかにしている。高齢者では，一般にNO産生能が低下するが，副交感神経活動の亢進によりNO分泌能の方がより大きくなる一方で，運動が何か別の機序によりNO産生能を高めれば，血管トーンスの低下も十分起こりうると思われる。

本研究の結果は，中高年者において，比較的短期間で低強度のトレーニングでも大動脈伸展性の改善が得られることを示すものであり，推察の域は越えないが，その改善が血管トーンスの低下による可能性を示唆するものであった。したがって，先に示した運動を継続した時期による効果の差に関する断面的な研究結果も，今後，血管トーンスの低下に関わる諸因子を加えて検討する，あるいは運動の中断の影響を検討するなどの必要があると思われる。

7.2.5 要約

女性を含めた中高年者を対象に，短期間で低強度の運動トレーニングが大動脈伸展性に及ぼす効果について検討した。44～79歳の男女35名を対象に，体力に応じた負荷を与えて，自転車エルゴメーターを用いた持続的運動，ダンベルおよびウェイトトレーニングマシンを用いたレジスタンス運動を，1回約90分間，週2回の頻度で6ヶ月間継続した。その結果，心拍数および収縮期血圧は男女とも有意に低下し，拡張期血圧は男性

のみ有意な低下が認められた。さらに、最大酸素摂取量は男女とも増加したが、女性のみ統計学的に有意であった。また、6ヶ月間のトレーニングにより、大動脈脈波速度指数は男女とも低下したが、女性のみ統計学的に有意であった。動脈壁の弾性率は、主として中膜を構成する線維蛋白によって規定されるが、生体内では中膜平滑筋のトーンスもまた弾性率の規定因子であるので、短期間に生じた大動脈伸展性の変化は、運動トレーニングによって血管のトーンスが低下したことによる可能性が考えられた。すなわち、中高年者において、比較的短期間で低強度の運動トレーニングでも大動脈伸展性の改善が得られる可能性が示唆され、その改善が血管トーンスの低下による可能性が推察された。