

運動習慣が大動脈脈波速度に及ぼす影響

— 運動の開始時期および継続期間との関連 —

柿山 哲治*・松田 光生**・小関 迪***

The effects of habitual physical exercise on the aortic pulse wave velocity (PWV) in healthy male.

— Reference to the beginning age and the continuance period of training —

Tetsuji KAKIYAMA*, Mitsuo MATSUDA** and Susumu KOSEKI***

Abstract

The present study was to evaluate the effects of habitual physical exercise on the aortic pulse wave velocity index (PWVI : PWV adjusted for diastolic blood pressure), in relation to the beginning age and duration of training. The study groups consisted of 41 male runners (Presently Active) aged 30-66 years who had been involved in intense training for over 2 years (9.8 ± 4.8 , mean \pm SD), and 93 healthy inactive males (Presently Inactive) aged 30-69 years who had not engaged in regular exercise during the recent 10 years. The Presently Active and Presently Inactive groups were each divided into 2 subgroups depending on whether they participated in the vigorous sports activities as youths (10 to 25 years of age). The Presently Active group included 12 subjects who were active as youths and 29 subjects who were inactive as youths. The Presently Inactive group contained 16 subjects who were active as youths and 77 who were inactive as youths.

The Presently Active group showed a slower PWVI, i. e., higher extensibility of the aorta, as compared to those parameters in the Presently Inactive group, regardless of vigorous sports participation as youths. There was no significant difference in the PWVI value between the presently inactive subgroups with and without vigorous sports participation in youth.

It is suggested that vigorous physical exercise for several years may provide individuals with an extensible aorta independent of age at the beginning of training, but the effect of physical exercise cannot be perpetuated over the long-term, without continuing physical exercise.

Key words : aortic pulse wave velocity (PWV), physical exercise, beginning age of training, continuance period of training.

* 筑波大学体育研究科・現在, 大妻女子大学人間生活科学研究所 (〒102 東京都千代田区三番町十二番地)

* Master's Program in Health and Physical Education, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305 (Institute of Human Living Sciences, Otsuma Women's University, 12 Sanbancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102 Japan)

** 筑波大学体育科学系 (〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1)

** Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

*** 筑波記念病院日本体力医科学研究所 (〒300-26 茨城県つくば市要1187-299)

*** Japan Institute of Health and Medical Science, Tsukuba Memorial Hospital, 1187-299 Kaname, Tsukuba, Ibaraki 300-26 Japan

I. 緒言

動脈中膜の変性に基づく大動脈中膜硬化病変は、加齢とともに進行し、収縮期高血圧の発生原因になり得る¹⁶⁾。ラットにおける研究^{8)~11)14)18)}では、継続的運動習慣が、大動脈中膜のエラスチンへのカルシウム沈着を抑制し、動脈壁の柔軟性を保持する効果を持つことが明らかになっている。一方、大動脈脈波速度は、大動脈中膜の弾性線維の変性やカルシウム沈着に基づくエラスチンの減少とともに速くなり¹⁹⁾、加齢とともに速くなること¹⁹⁾も知られている。吉村²⁰⁾の報告では、市民マラソンに参加した中高年の大動脈脈波速度が、同年代の一般人と比較して遅い値を示したとされている。したがって、ヒトにおいても継続的運動習慣には、大動脈中膜硬化病変の進行を遅延、ないし予防する効果があると予測される。我々の20歳前後から60歳代の健常男性を対象にした最近の研究¹²⁾¹³⁾においても、数年間以上にわたる強度の高い走行トレーニングを継続している人達の大動脈脈波速度は、日常的に非活動的な人達と比較して有意に遅かった。

前述した我々の報告では、40歳以上の中高年者における活動群と非活動群をそれぞれ20歳前後までの強度の高い運動習慣の有無によって分けて検討した。その結果、中高年期になって始めた強度の高い運動習慣を持つ人々には運動の効果が認められたが、若い時期に強度の高い運動習慣を持っていた人でも運動を中断すれば効果が消失する可能性も示唆された¹²⁾¹³⁾。だが、活動群と非活動群をさらに分割した結果として確定的な結論を得るためには、群によって対象数が極端に少なく、統計学的検討が不十分と思われた。

そこで本研究では、その目的を、運動習慣の開始時期・継続期間と運動効果の関係について、それらの報告により対象例を増加して結論を得ることとした。そのため、前述報告の対象者に新たな対象者42名を加えた約50%増上で、活動群および非活動群をそれぞれ現在および若年期の強度の高い運動習慣の有無によって分類し、大動脈脈波速度を比較した。

II. 実験方法

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±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量が1500kcal未満で、最近の10年間以上は規則的な運動を行っていない93名を選び出して現非活動群(Presently Inactive)とした。

B. 身体活動状況の調査法

全ての被験者には、質問表を用いて最近1年間における1週間当たりの平均的な身体活動状況を調査し、それに基づいて身体活動量を消費エネルギーとして算出した。消費エネルギーの算出は、Sallisら¹⁷⁾にしたがって身体活動を運動強度に分け、軽度の運動1.0-2.9 Mets(平均1.5)、中等度の運動を3.0-5.0(4.0)、比較的強い運動を5.1-6.9(6.0)、非常に強い運動を7.0以上(10.0)として行なった。また、現在のものを含めて小学校からこれまでに継続的に行なった運動種目、継続期間、強度を調査し、合わせて仕事の強度および職歴も記入させた。なお、農業や土木作業等の肉体労働に従事する人は、日常の身体活動が仕事に困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。

C. 大動脈脈波速度の測定法

大動脈脈波速度の測定は、長谷川⁴⁾らの方法に準じた。測定には、大動脈脈波速度計(フクダ電子社製PWV-200)を用い、安静仰臥位にて軽度の呼吸停止下に記録を行なった。本測定器で得られる脈波速度は、心電図、心音図、頸動脈波、股動脈波の同時記録から求まる大動脈弁口部から股動脈までの脈波伝播時間(T)と、あらかじめ計測し入力した第2肋骨胸骨右縁と股動脈波記録部位までの距離(AF)から自動的に算出される。心音図は胸骨左縁第2肋骨間に心音マイクロフォン(フクダ電子社製MA-240)を置き、頸動脈波は左頸動脈に頸動脈波トランスデューサー(フクダ電子社製TY-307)を軽く圧着して、股動脈波は左股動脈の拍動部にアモルファス脈波トランスデューサー(フクダ電子社製TY-501A)を付着させて記録した。大動脈弁口部から股動脈までの脈波伝播時間(T)は、頸動脈波と股動脈波の急峻な立ち上がり時間差(t)と心音の第2音の開始から頸動脈波切痕までの時間差(tc)から $T = (t + tc)$ として、また、伝播距離は

近似値に $1.3 \times AF$ として求められ、大動脈脈波速度 (PWV) は、以下の式によって算出される。

$$PWV \text{ (m/sec)} = 1.3 \times AF / T$$

記録は、連続した5心拍のうち3心拍分の安定した脈波波形と近似した脈波速度が得られるまで繰り返す。その3心拍の平均値を測定値とした。4心拍分以上の値が近似した場合は、最大値と最小値を除く3心拍の平均値を求めた。

大動脈脈波速度の測定の前直前に、血圧測定を上腕で聴診法により行なった。大動脈脈波速度は最小血圧に影響されるので、最小血圧80mmHgに基準化した大動脈脈波速度指数 (PWVI) に補正する表が公表されている⁵⁾。本研究で用いた大動脈脈波速度計は、第4点として測定した最小血圧を入力すると、自動的に基準化して大動脈脈波速度指数を算出する。

D. 測定結果の解析

大動脈脈波速度に対する運動の効果と開始時期の関連性、および効果の持続性を検討するために、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、両群の対象者を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若年期活動群 (Active in Youth)、若年期非活動群 (Inactive in Youth) に分けて (Table 1)、大動脈脈波速度指数を比較した。大動脈脈波速度は加齢とともに速くなることが知られているので、本研究においては、年代別の比較に加えて、相関分析の結果を用いて、各群の大動脈脈波速度指数の値を44.7歳に基準化した比較を行なった。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大動脈脈波速度指数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t検定、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。

III. 結果

Table 1は、現活動群と現非活動群を若年期における運動習慣の有無で、4群間に分類したものである。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 ± SD)、現非活動群で5~16年 (8.0 ± 2.8年, Mean ± 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継続年数の合計は、現活動群で0.1 ± 0.4年 (Mean ± 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つ

Table 1. Physical characteristics of subjects

Values are mean ± SD, BMI: Body mass index = Weight/ Height². Active in Youth: Active during 10-25yr., Inactive in Youth: Inactive during 10-25 yr
* : p < 0.05 Presently Active & Inactive in Youth vs. Presently Inactive & Inactive in Youth.

Physical Activity Presently	Physical Activity in Youth	N	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/sqM)
Active	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

た。また、最近1年間の平均的な運動強度（走行速度）は7 Mets以上（時速8 km以上）で行なわれていた。

Figure 1は、前述した4群の大動脈脈波速度指数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様でないが、各群とも年代が上がるにつれて大動脈脈波速度指数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、各年代とも遅い値を示した。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遅い値を示し、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速い値を示した。

また、現活動群および現非活動群のそれぞれで年齢と大動脈脈波速度指数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（Figure 2）。

さらに、大動脈脈波速度指数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群間で比較した。現活動群中での大動脈脈波速度指数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群に比べて有意に遅い値を示し

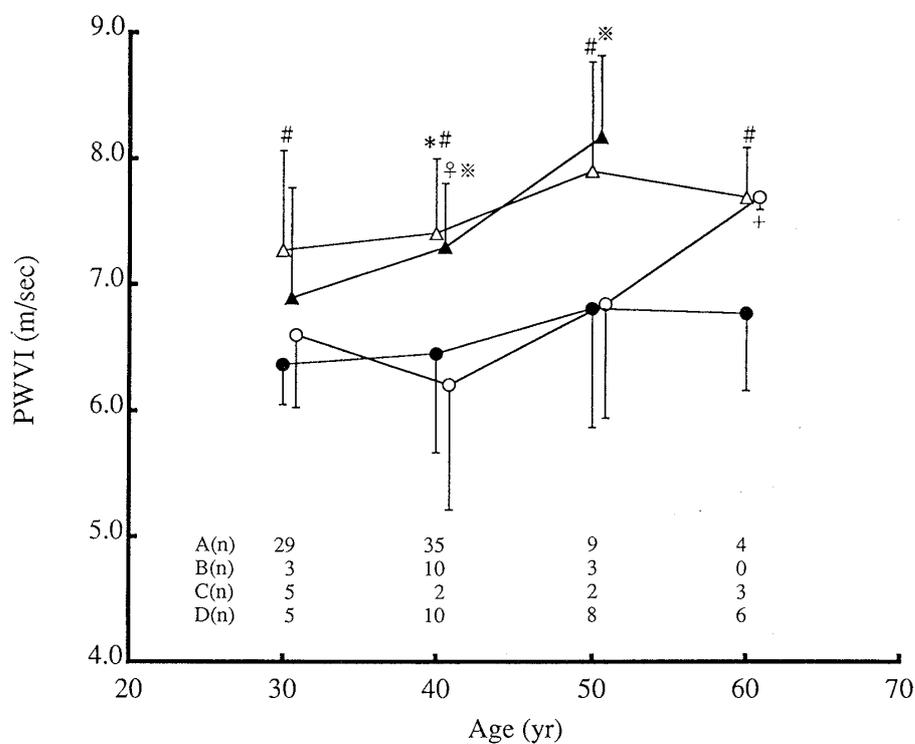


Figure 1. Age-dependent Pulse Wave Velocity Index (PWVI) grouped by the habit of physical exercise

- △— Presently Inactive & Inactive in Youth (A)
- ▲— Presently Inactive & Active in Youth (B)
- Presently Active & Active in Youth (C)
- Presently Active & Inactive in Youth (D)

Mean ± SD

- * : $p < 0.05$ A vs C
- # : $p < 0.05$ A vs D
- ♀ : $p < 0.05$ B vs C
- ※ : $p < 0.05$ B vs D
- + : $p < 0.05$ C vs D

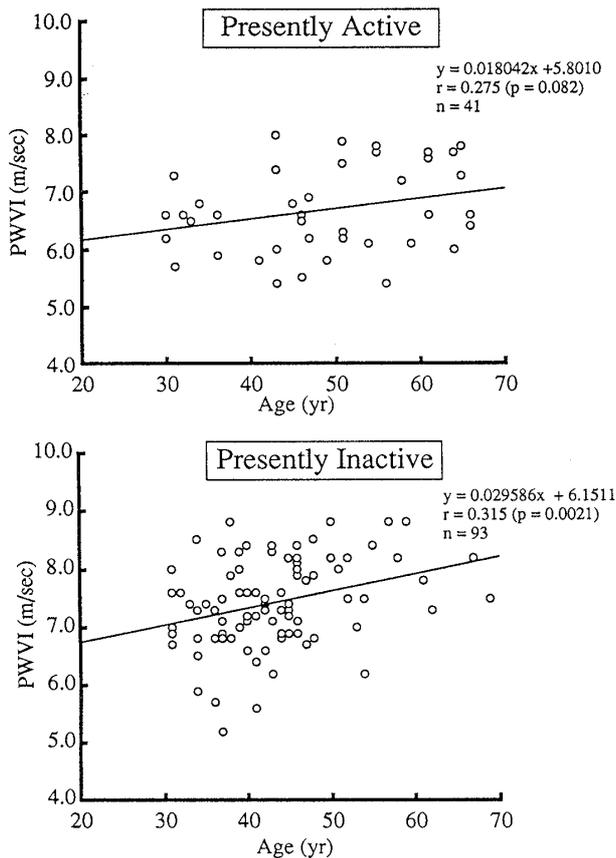


Figure 2. Correlation between age and Pulse Wave Velocity Index (PWVI) grouped by the present habit of physical exercise

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、若年期活動群の大動脈脈波速度は若年期非活動群と同様の速い値を示した (Figure 3)。なお、現活動群の大動脈脈波速度指数として年齢補正しない値を用いても同様の結果が得られた。

IV. 考 察

本研究では、30歳以上の健常男性の大動脈脈波速度を測定し、大動脈壁の柔軟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。

大動脈脈波速度は、大動脈壁の弾性をよく反映し、弾性に富む大動脈では大動脈脈波速度が遅い。大動脈中膜の弾性線維の変性やカルウシム沈着に基づくエラスチンの減少¹⁹⁾により弾性が失われた大動脈では、速い値を示す¹⁾¹⁹⁾。また、大動脈脈波速度は加齢とともに速くなる²⁾こともよく知られている。

本研究においても、現活動群と現非活動群をそれぞれ若年期活動群および若年期非活動群に分け、4群間で大動脈脈波速度指数を年代別に比較したところ、各群とも年代が上がるにつれて大動脈脈波速度指数が速くなる傾向が見られた。年齢と大動脈脈波速度指数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。このことは、大動脈脈波速度指数が加齢とともに増加する²⁾という従来の報告が、本研究の現非活動群では一致するものの、現活動群においては一致しないことを示している。すなわち、現活動群では40代以降においても大動脈脈波速度の速い値を示すものが極めて少なく、未だその多くが大動脈の柔軟性を十分保持していることを示すと考えられる。

また、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遅い値を示した。すなわち、若年期以降に開始した運動習慣でも効果が得られる可能性が示唆された。一方、現非活動群中においても、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ても、現非活動群は現活動群の2群に比べて有意に速い大動脈脈波速度を示した。すなわち、若年期の運動習慣で効果が得られたとしても、その効果は永続せず、運動を中断すれば効果が消失する可能性が考えられた。

長谷川ら⁵⁾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。このことは、比較的若い年代において血管の硬度が加齢によって増大することを示している。我々のこれまでの検討¹²⁾¹³⁾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非活動群の大動脈脈波速度指数は、陸上競技部で長距離を専門としている活動群の大動脈脈波速度指数に比べて有意に速い値を示した。この活動群の学生は過去平均10年間の運動を継続していた¹²⁾¹³⁾。一方、池上ら⁶⁾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

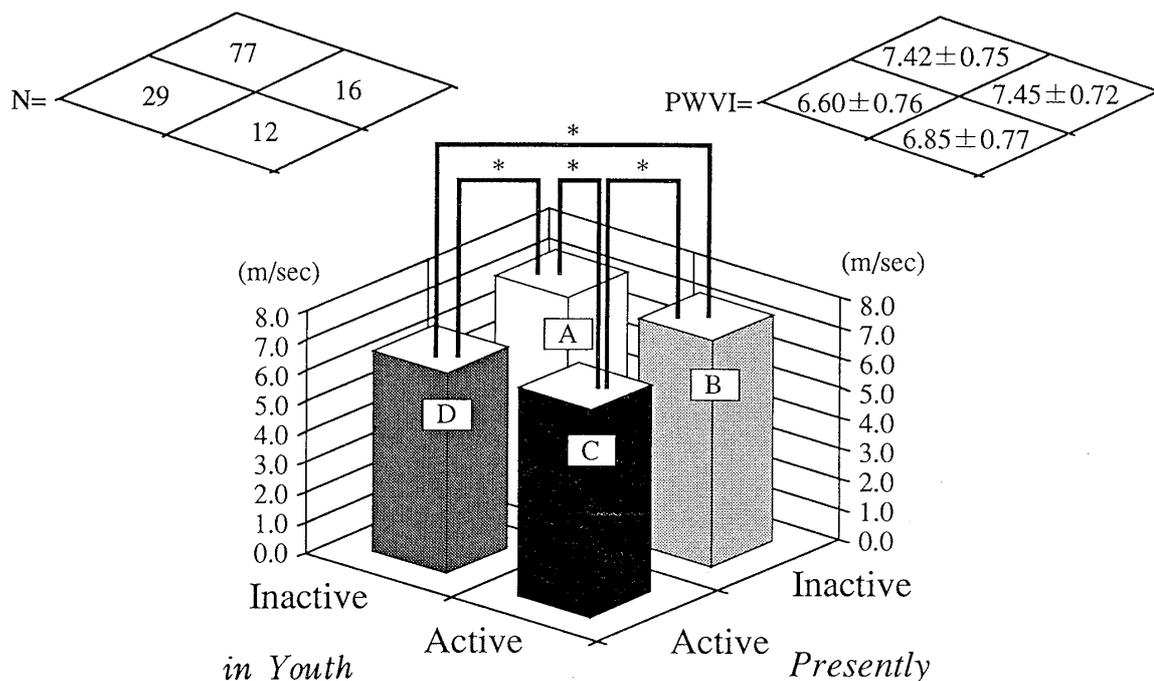


Figure 3. Comparison of age adjusted Pulse Wave Velocity Index (PWVI) grouped by the habit of physical exercise

- Presently Inactive & Inactive in Youth (A)
- ▨ Presently Inactive & Active in Youth (B)
- Presently Active & Active in Youth (C)
- ▩ Presently Active & Inactive in Youth (D)

Mean ± SD

* : $p < 0.05$

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 ± SD) および 8.0 ± 2.8 年 (Mean ± SD) の運動歴を有していた。したがって、今回我々が対象にした若年期活動群は、20歳代には動脈の柔軟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。

ラットを用いて運動の効果について検討した報告^{8)~11)14)}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⁷⁾生後6ヶ月までに行なった運動が大動脈柔軟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。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¹⁹⁾。一方で、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³⁾。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柔軟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という本研究の成績を説明することが可能であると考えられる。

Paffenbergerら¹⁵⁾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の改善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(4.5 Mets以上)の導入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なっている者には、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なっていない場合には、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、4.5 Mets以上の運動習慣の開始時期と寿命との関係を年代別に示した結果によると、若い年代に開始するほど寿命に及ぼす効果は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いる。Paffenbergerら¹⁵⁾の研究の中には運動の継続期間の記載が不明であるが、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、加齢に伴う大動脈中膜硬化病変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。

V. 結 論

運動習慣の開始時期および継続期間が大動脈の柔軟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群間に分類して、大動脈脈波速度指数を比較した。大動脈脈波速度指数は、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では、現在運動習慣を持たない者に比べて有意に遅い値を示した。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速い値を示すことが明らかになった。したがって、加齢に伴う大動脈中膜硬化病変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。

文 献

- 1) 荒井親雄, 安部信行, 竹内光吉, 斉藤光代, 長谷川元治, 高山吉隆, 間崎民夫, 森下健, 白井達男, 川下治仁, 鈴木賢二(1985): 生前大動脈脈波速度と死後組織対比 —アテローム, 石灰化, 内・中膜エラスチン, コラーゲンとの関連について— 動脈硬化, Vol.12, No.6, 1419-1425.
- 2) 荒井親雄(1991): 大動脈脈波伝達速度および関連検査, 現代医療, Vol.23, No.1, 67-75.
- 3) Fleckenstein, A., Frey, M., von Witzleben, H. (1982): vascular calcium overload — a pathogenic factor in arteriosclerosis and its neutralization by calcium antagonists. Proceedings, 5th International Adalat Symposium (Kaltenbach, M., H. N. Neufeld, ed.), Excerpta Medica, Amsterdam-Oxford-Princeton, 36-52.
- 4) 長谷川元治(1970): ヒト大動脈脈波速度に関する基礎的研究, 慈医誌, 85:742-760.
- 5) 長谷川元治, 荒井親雄, 竹内光吉, 安部信行, 斉藤光代, 鈴木賢二, 川下治仁(1987): 生物物理的動脈硬化診断法 —大動脈脈波速度検査法— 臨床編(2). エレクトロニクスの臨床, 11:87-98.
- 6) 池上晴夫, 藤原勝夫, 西保岳, 小沢治夫(1986): 高校生の課外スポーツ活動と体力および大動脈脈波速度の関係. いばらき体育・スポーツ科学, 1:2-6.
- 7) Ito, H. (1982): Age-related alteration of aortic elastin and effects of hypertension in SHRSP. Acta Med Kinki Univ, 7:29-45.
- 8) 松田光生, 野坂俊弥, 佐藤正明, 大島宣雄, 福島秀夫(1988): 長期自発走運動がラット大動脈の生化学および力学的特性に及ぼす効果. 脈管学, 28:477-480.
- 9) Matsuda, M., Nosaka, T., Sato, M., Iijima, J., Ohshima, N., Fukushima, H. (1989): Effects of exercise training on biochemical and biomechanical properties of rat aorta. Angiology 40:51-58.
- 10) 松田光生, 野坂俊弥, 佐藤正明, 大島宣雄(1992): 大動脈の弾性特性と弾性成分に及ぼす継続的運動の効果. 脈管学, 32:39-42.
- 11) 松田光生(1992): 大動脈中膜硬化症に及ぼす継続的運動の効果. 臨床スポーツ医学, 9:635-657.
- 12) 松田光生, 柿山哲治, 小関迪(1994): 継続的運動が大動脈の柔軟性に及ぼす効果 —大動脈脈波速度による検討— 臨床スポーツ医学, 11:336-341.
- 13) 松田光生(1994): 動脈の老化におよぼす運動の影響, 日本運動生理学雑誌, 1:21-24.
- 14) 野坂俊弥, 松田光生, 佐藤正明(1990): 運動が成

- 熟ラット大動脈の力学的および生化学的特性におよぼす効果, 体力研究, No.75:100-104.
- 15) Paffenberger, R.S., Jr., Robert T.Hude, Alvin L.Wing, I-Min Lee, Decter L. Jung, James B.Kampert (1993): The association of changes physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N.Engl. J.Med.*, Vol.328, No.8: 538-545.
- 16) Pickering GW (1968): *High Blood Pressure*, Churchill, London, 23-25.
- 17) Sallis, J.F., W.L.Haskell, P.D.Wood, S.P.Fortmann, T.Rogers, S.N.Blair, R.S.Paffenberger, Jr. (1985): Physical activity assessment methodology in the five-city project. *Am. J. Epidemiol.* 121: 91-106.
- 18) 鈴木尚美, 松田光生, 境広志, 野坂俊弥(1990): ラット頸動脈における運動の効果. —組織学的検討—. *体力科学*, 39:745.
- 19) 吉村正蔵, 長谷川元治, 中山淑, 八木晋一, 林知己夫, 駒沢勉, 矢部喜正, 荒井親雄, 柏倉義弘, 相沢義則, 川崎健, 阿部正威, 木下重博(1978): 動脈硬化に関する研究 —脈波速度法による大動脈硬化の定量的評価と病態について—. *脈管学*, Vol.18, No.7, 863-870.
- 20) 吉村正蔵(1986): 中高年の動脈硬化, 第8回国際高齢者走世界最高大会の測定結果を中心として. 国際中高年者スポーツ医学シンポジウム報告集, 新体育社, 24-30.

(平成6年7月8日受付)
(平成7年3月27日受理)