

日常における身体活動が高齢者の動脈硬化度に及ぼす影響

活水女子大学 柿山哲治
(共同研究者) 東京都老人 青柳幸利
総合研究所

Effect of Habitual Physical Activity on Arterial Distensibility in the Elderly

by

Tetsuji Kakiyama

*Faculty of Wellness Studies,
Kwassui Women's College*

Yukitoshi Aoyagi

*Exercise Sciences Research Group,
Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

ABSTRACT

Habitual physical activity is an important inhibitory factor on age-related decreases in arterial distensibility, but the arterial segments affected by the inhibitory effect, or effective amount and quality of physical activity have not been clarified. We investigated the effect of the amount and quality of physical activity on the distensibility of different segments of arteries in the elderly. Subjects were 162 free-living Japanese aged 65-86 years (71 men, 91 women). An accelerometer provided step count (year-averaged daily step count) and physical activity intensity (year-averaged duration of physical activity > 3 METs) data throughout each 24-h period for one year. At the end of the year, arterial stiffness was evaluated by measuring pulse wave velocity (PWV) in the heart-carotid, heart-brachial, heart-femoral, and femoral-ankle segments using an automatic device. Significant negative correlations of

the year-averaged daily step count and duration of physical activity > 3 METs with hfPWV were noted. These relationships were marked even though the influences of gender, age, and SBP were excluded. When the year-averaged daily step count and duration of physical activity > 3 METs were divided into quartile, and hfPWV was compared, hfPWV was significantly higher only in the lowest quartile group compared to the other 3 groups in both parameters. Habitual physical activity is an independent aortic sclerosis-determining factor, and decreases in physical activity promote aortic sclerosis, but the findings suggested that maintenance of physical activity at a certain level maintains aortic distensibility, and both the amount and intensity of physical activity are important.

要 旨

習慣的な身体活動は加齢に伴う動脈伸展性の低下抑制に重要な規定因子であるが、抑制効果を及ぼす動脈部位、効果的な身体活動の量および質については明らかにされていない。本研究では、高齢者における身体活動量および質が部位別動脈硬化度に及ぼす効果について検討した。65歳～86歳までの高齢者162名（男性71名，女性91名）を対象に、加速度計付体動計を1年間装着し、身体活動量（1日当たりの平均歩数）および質（3METs以上の平均活動時間）を算出した。動脈硬化度の評価にはPWV法を用い、心臓—頸動脈（hc）、心臓—大腿動脈（hf）、心臓—上腕動脈（hb）、大腿動脈—足首（fa）間の脈波速度（pulse wave velocity：PWV）を測定した。その結果、年間平均歩数および3METs以上の平均活動時間はhfPWVとの間に有意な負の相関関係を示した。また、この関係は性、年齢、SBPの影響を除いても顕著であった。さらに、年間平均歩数および3METs以上の平均活動時間を少ないほうから四分位に分けhfPWVを比較すると、身体活動の量・質ともに最も少ないグループのhfPWVのみが他の3グループと比較して有意に高い値を示した。したがって、高齢者における日常の身体活動

が動脈硬化抑制に及ぼす部位は、大動脈のような弾性動脈で顕著であり、身体活動の低下は大動脈硬化を進展させるが、一定の身体活動を確保することにより大動脈伸展性が保持され、その身体活動は量・質の両者が重要である可能性が示唆された。

緒 言

加齢に伴い大動脈などの弾性動脈ではコンプライアンスが低下する¹⁾ため、高齢者では脈波速度が速くなると共に脈圧も増大する。特に、収縮期血圧、脈圧が高くなった高齢者では、心血管疾患の発症率や死亡率が高いことが確認されている^{2,3)}。したがって、高齢者の動脈コンプライアンス低下を抑制し、収縮期性高血圧症の罹患率を減少させ、心血管疾患の発症を予防することは緊急の課題である。

一方、習慣的な身体活動⁴⁾や運動トレーニング^{5,6)}には、加齢に伴う動脈伸展性の低下を抑制する効果があることが報告されている。しかしながら、対象者、運動の形態、動脈部位、動脈コンプライアンス測定法の違いが研究者間で異なるため、必然的に、観察されたトレーニング効果も大小様々である。また、運動習慣の有無や日常の身体活動量を消費カロリーに換算して調べるために、

一般的に自記式または聞き取り法によるアンケートが用いられるが、どのように工夫しても精度上の問題を払拭することはできない。さらに運動が動脈伸展性に及ぼす効果を高齢者や動脈硬化性疾患を有する者を対象とした研究が少ない^{7,8,9)}。したがって、定期的な運動が加齢に伴う動脈伸展性の低下抑制に多かれ少なかれ重要な役割を演じるということは分かっているが、高齢者にとって具体的にどのような身体活動が最適なのかを推断することは非常に困難である。したがって、できる限り多くの高齢者が実行・継続でき、かつ動脈硬化予防に効果的な新しい身体活動指針を作成するためには、客観的で精確な身体活動の量と質を決定する必要がある。

本研究では、加速度センサー付体動計を用いて、長期間（1年間）に渡り客観的かつ精確に測定された高齢者の身体活動（量と質）が、部位別動脈硬化度に及ぼす影響を明らかにし、できる限り多くの高齢者が実行・継続でき、かつ動脈硬化予防に効果的な新しい身体活動指針を作成することを目的とした。

1. 研究方法

1.1 対象者

群馬県吾妻郡中之条町に在住する65歳以上の男女（寝たきりや認知症を除く）162名を対象に調査を実施した。すべての対象者には、本研究の趣旨を十分に説明し、参加に対する同意を得た。

1.2 身体活動のモニタリング

身体活動の測定には、アルゴリズムに独自の工夫を施した加速度センサー付体動計（modified Kenz Lifecorder, スズケン社製）を用いた¹⁰⁾。この体動計は、歩数と活動強度（安静時代謝の倍数：METs）を4秒ごとに最長で36日間連続して自動記録することが可能である。本研究では、1日当たりの歩数と中等度以上（>3METs）の活

動時間について1年間の平均を算出した¹¹⁾。

2. 安静時血圧、脈圧、部位別脈波速度（Pulse wave velocity : PWV）の測定

血圧脈波検査装置 form PWV/ABI（model BP-230RPE；コーリン社製）を用いて、5分間の仰臥位安静後、上腕収縮期血圧（SBP）、拡張期血圧（DBP）、脈圧（PP）および部位別脈波速度の測定を行った。血圧脈波検査装置は、心音図、心電図、部位別脈波、四肢血圧を同時に測定することで、動脈の硬化度を非侵襲的に測定することが可能である。なお、部位別PWVは、心臓-頸動脈間のPWV（hcPWV）、心臓-上腕動脈間のPWV（hbPWV）、心臓-大腿部動脈間のPWV（hfPWV）、大腿部動脈-足首間のPWV（faPWV）の4ヶ所を計測した。部位別PWVにおける測定値の再現性については、17名の健常者を別の日に2回測定し、それぞれの変動係数はhcPWV6.0%、hbPWV3.3%、hfPWV4.9%、faPWV3.3%であったことが先行研究で報告されている¹²⁾。

なお、本研究ではhbPWVを除き、動脈部位によりPWVの測定できない者が生じたので、各部位別の対象数は、hcPWV（男性67名、女性86名）、hfPWV（男性64名、女性75名）、faPWV（男性66名、女性77名）であった。

3. 統計処理法

測定値は全て平均値±標準偏差で示した。男女のデータを一括して、各部位のPWVと年齢、血圧、身体活動との相関関係を求めた。また、性、年齢、収縮期血圧を補正して各部位のPWVと身体活動との偏相関関係を求めた。さらに、1年を通した1日あたりの平均歩数および3METs以上の平均活動時間を四分位に分け、hfPWVと年間平均歩数および3METs以上の平均活動時間を従属変数、性、年齢、SBPを共変数として共分散分

析を行った。なお、有意水準は5%未満とした。これらの統計処理は全てSPSS 14.0 for Windowsを用いて行った。

4. 研究結果

4. 1 男女別測定項目間の比較

平均年齢、安静時血圧 (SBP, DBP), 脈圧 (PP), 年間平均歩数, 3METs以上の活動時間に男女差は見られなかった。一方、男性のhcPWVとhbPWVは女性より有意に高値を示したが、hfPWVとfaPWVでは性差が見られなかった (表1)。

4. 2 相関関係

年齢はhfPWVとの間に有意な正相関関係を示

した。また、SBPはhfPWV, hbPWV, faPWVとの間に、DBPはfaPWVとの間にそれぞれ有意な正相関関係を示した。年間平均歩数と3METs以上の活動時間はhfPWVとの間にのみ有意な負の相関関係を示したものの、他の部位におけるPWVとの間とは有意な関係が見られなかった (表2)。さらに、年間平均歩数と3METs以上の活動時間は男女を一括した対象者の年齢との間に有意な負の相関関係を示した (それぞれ $r=-0.329$, $r=-0.293$, 両者とも $p<0.0001$)。

4. 3 身体活動(量・質)とhfPWVの偏相関関係

年間平均歩数と3METs以上の活動時間は性、年齢、SBPを補正してもhfPWVとの間に有意な負の相関関係を示した (それぞれ $r = -0.232$; $p<0.01$, $r = -0.175$; $p<0.05$) (図1, 2)。

表1 対象者の身体特性, 部位別PWV, 身体活動

Variables	Men (n=71)	Women (n=91)	P value
Age (year)	72.8 ± 4.6	72.6 ± 4.6	ns
Height (cm)	159.8 ± 5.9	147.3 ± 5.3	0.001
Body mass (kg)	59.3 ± 7.8	50.8 ± 7.9	0.001
BMI (kg/m ²)	23.0 ± 2.9	23.0 ± 3.2	ns
Systolic BP (mmHg)	137.1 ± 15.4	136.2 ± 17.6	ns
Diastolic BP (mmHg)	76.9 ± 10.3	75.7 ± 10.2	ns
PP (mmHg)	60.2 ± 13.6	60.5 ± 15.6	ns
hc PWV (cm/s) *1	1065.6 ± 218.5	957.9 ± 220.4	0.01
hf PWV (cm/s) *2	1289.3 ± 358.9	1272.4 ± 377.1	ns
hb PWV (cm/s)	677.8 ± 69.4	622.1 ± 62.0	0.001
fa PWV (cm/s) *3	1167.3 ± 138.0	1165.1 ± 143.6	ns
Year-averaged step count (steps/day)	7197.5 ± 2617.4	6368.6 ± 2740.7	ns
Year-averaged duration of physical activity > 3 METs (min/day)	19.0 ± 12.8	16.7 ± 10.7	ns

Mean ± SD.

BMI : body mass index; BP: blood pressure; PP: pulse pressure; PWV: pulse wave velocity;

hc : heart-cardio, hf : heart-femoral, hb : heart-brachial, fa : femoral-ankle.

*1 : Men (n=67), Women (n=86), *2 : Men (n=64), Women (n=75), *3 : Men (n=66), Women (n=77)

表2 部位別PWVと対象者の血圧脈圧および身体活動との相関関係

Variable	hc PWV (n=153)	hf PWV (n=139)	hb PWV (n=162)	fa PWV (n=143)
Age	ns	0.303 **	ns	ns
Height	0.217 *	ns	0.364 **	ns
Weight	ns	ns	ns	ns
BMI	ns	ns	-0.190 *	ns
SBP	ns	0.193 *	0.196 *	0.335 **
DBP	ns	ns	ns	0.237 **
PP	ns	0.240 **	0.202 *	0.224 **
Year-averaged step count	ns	-0.284 **	ns	ns
Year-averaged duration of physical activity > 3 METs	ns	-0.216 *	ns	ns

ns : indicates not significant.

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

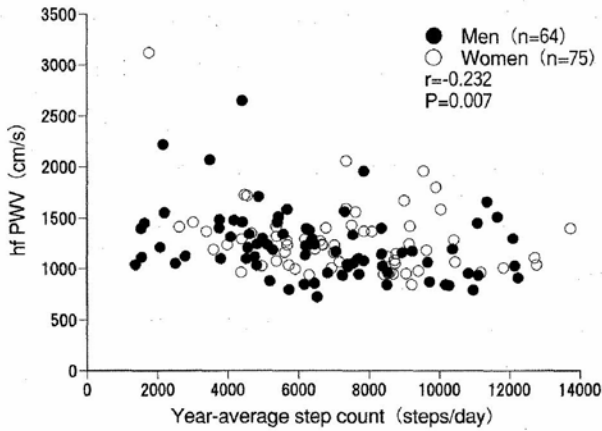


図1 年間を通した1日当たりの平均歩数とhfPWVの偏相関図(性, 年齢, SBPを補正)

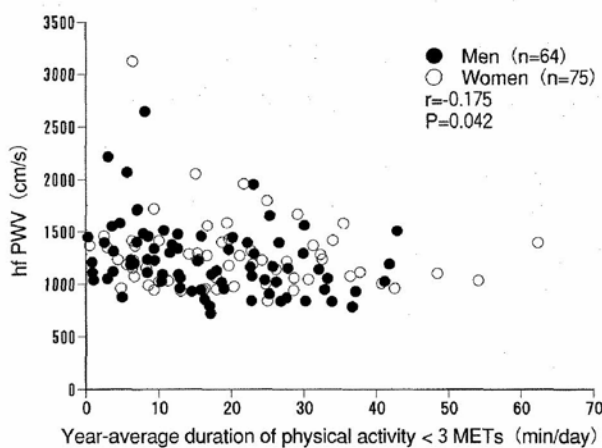


図2 年間を通した1日当たりの3METs以上の運動時間とhfPWV(性, 年齢, SBPを補正)

4. 4 四分位の身体活動(量・質)とhfPWVの関係

大動脈硬化予防に効果的な身体活動量および質を特定するため, 年間平均歩数と3METs以上の平均活動時間をそれぞれ少ないほうから多い順に四分位にグループ分けし(表3), 性, 年齢, SBPの影響を除いてhfPWVを比較した。その結果, 年間平均歩数の最も下位グループのhfPWV値(Q1: 1436.3 ± 55.3cm/s, p<0.01)は, 他の3グループ(Q2: 1211.2 ± 52.9cm/s, Q3: 1222.5 ±

52.9cm/s, Q4: 1211.2 ± 53.4cm/s)と比較して有意に高値を示した(図3)。また, 3METs以上の平均活動時間においても最も下位グループのhfPWV値(1421.8 ± 56.0cm/s, p<0.01)が, 他の3グループ(Q2: 1223.9 ± 53.1cm/s, Q3: 1266.9 ± 53.4cm/s, Q4: 1168.3 ± 54.0cm/s)よりも有意に高値を示した(図4)。なお, 両者とも上位3グループ間においてhfPWV値に有意差は認めなかった。

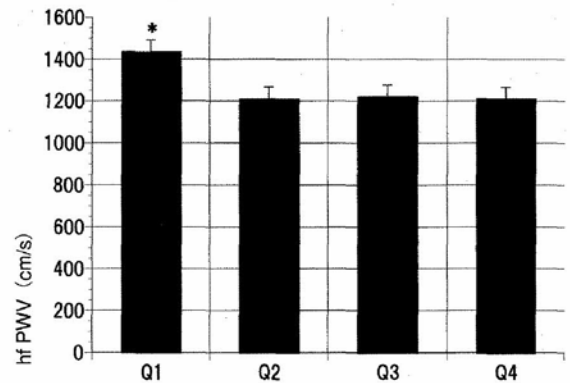


図3 年間を通した1日当たりにおける平均歩数の四分位とhfPWV(性, 年齢, SBPを補正)
Q1: 3,570 (1,144); Range 1,356-4,804, Q2: 5,838 (528); Range 4,858-6,648, Q3: 7,655 (626); Range 6,673-8,711, Q4: 10,401 (1,316); Range 8,728-13,712 steps/day

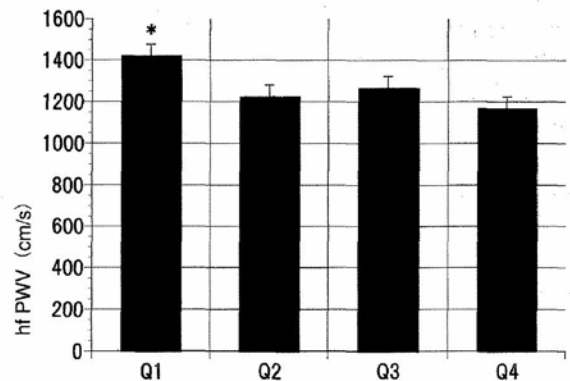


図4 年間を通した1日当たりにおける3METs以上の活動時間の四分位とhfPWV(性, 年齢, SBPを補正)
Q1: 4.8 (2.3); Range 0.3-8.1; Q2: 12.2 (2.8); Range 8.2-16.4, Q3: 21.0 (2.9); Range 16.6-25.7, Q4: 34.5 (8.1); Range 26.1-62.3 min/day

表3 年間を通した1日平均歩数と3METs以上の活動時間の四分位

	Year-averaged daily step count (steps/day)				Year-averaged duration of physical activity > 3 METs (min/day)			
	n	Mean	(SD)	Min. Max.	n	Mean	(SD)	Min. Max.
Q1	34	3570	(1144)	1356 4804	34	4.8	(2.3)	0.3 8.1
Q2	35	5838	(528)	4858 6648	35	12.2	(2.8)	8.2 16.4
Q3	35	7655	(626)	6673 8711	35	21.0	(2.9)	16.6 25.7
Q4	35	10401	(1316)	8728 13712	35	34.5	(8.1)	26.1 62.3

5. 考 察

本研究において得られた主要な新知見を以下に示す。第一に、日常の身体活動が高齢者の動脈硬化に及ぼす効果は動脈部位によって異なり、大動脈のような弾性に富む動脈で効果が顕著であることが明らかとなった。第二に、高齢者における日常の身体活動は量・質ともに性、年齢、SBPとは独立した大動脈硬化の規定因子となることが明らかとなった。第三に、高齢者において日常の身体活動量および質が低下すると大動脈硬化の進展が高まるものの、ある一定の量と質を確保すれば大動脈硬化進展を抑制できる可能性が示唆された。

大動脈のような弾性動脈は、心拍出によって心収縮期に拡張し、心拡張期にはリコイルする。大動脈の伸展性が保たれていれば、心臓から駆出された血液の60%以上が心収縮期に大動脈に蓄えられ、それが心拡張期に末梢に送られる¹³⁾。この作用はWindkessel効果と呼ばれ、左心室の後負荷を減らすと同時に末梢動脈の保護に役立っている。動脈壁の硬化は動脈コンプライアンス低下となり、動脈のWindkessel効果を減少させ、収縮期血圧は上昇、拡張期血圧は低下し、脈圧は増大する¹³⁾。また、動脈コンプライアンスの低下は脈波速度亢進を介して反射波をより早期に出現させ、収縮期に重なるようになり収縮期血圧をさらに上昇させる。これらは高齢者の収縮期高血圧の主原因になる。動脈コンプライアンスの低下は、中枢側には左室後負荷増加による左室肥大、さらには左室不全の原因となり、末梢側には脈圧の増大による末梢動脈障害、とくに内皮機能障害を介してさらなる動脈硬化進展を引き起こす。一方、上腕動脈や大腿動脈の四肢へ繋がる動脈は、伸展性が低いため筋性動脈と呼ばれる。筋性動脈は中枢から末梢への血液を運搬することが主な機能であり、弾性動脈のように血圧変動を緩衝する機能は低い。また、筋性動脈のコンプライアンスは、

弾性動脈とは対照的に、加齢により低下しないとされている¹⁴⁾。したがって、高齢者における動脈硬化あるいはそれに伴う心血管合併症の進展を予防するためには大動脈伸展性を保持することが重要である。すなわち、高齢者における日常の身体活動は大動脈のような弾性動脈にのみ硬化抑制が顕著であるという本研究結果は、高齢者の心血管障害の予防策を講じる上で極めて重要な知見である。

加齢に伴う大動脈伸展性の低下を、日常の身体活動量の増加や運動トレーニングで予防ないし抑制することができれば、高齢者における循環器系疾患の発症を予防し、さらには循環機能と運動機能を増進する上で、その意義は大きい。これまでに行われた横断的研究では、強度の高い持久性運動トレーニングをしているアスリートなどの動脈伸展性は一般の対照者より大きいことが示されている^{4, 5, 15-17)}。レジャーとしてのスポーツを継続している程度では対照者と比較して差が無いという報告⁵⁾もあるが、われわれの先行研究では一般の健常者でも日常の身体活動が多いと大動脈伸展性の加齢に伴う低下が抑制されていることが示された⁴⁾。また、行う運動の強度が高いほどその効果が大きいことも報告している⁴⁾。それらの知見は重要なものではあったが、身体活動はアンケート調査によるもので、対象者の身体活動を客観的かつ精確に評価できている確信がもてなかった。また、対象者が19歳～67歳の健常男性に限られていたため、女性や有患者を含む高齢者についての知見が得られていない。一方、日常の身体活動量を把握するためのアンケートの多くは、仕事の強度と日々の各動作に費やす時間を記入させ、各動作時のエネルギー代謝率から推定されるエネルギー消費量に当てはめ、週当たりで身体活動指数を合計するものである。自己申告式の身体活動量の信頼性についても検討されているが¹⁸⁾、対象者に偏りがあり、高齢者では回答の正確性がや

や欠ける可能性があること、これらのエネルギー消費量は運動強度から概算した数値の総和であるため、個人差としては体重のみで、個人の運動耐用量や性別、年齢の影響が反映されないことなどの問題があり、得られた身体活動を指針として用いるには限界がある。したがって、本研究では、身体活動や運動の実態を客観的かつ精確に把握するために、加速度センサー付体動計を用いた。この体動計は、腰部に装着するだけで、毎日の歩数や11段階の活動強度を加味した消費カロリー、数秒ごとの活動パターンなどを自動的に約1ヶ月間連続して記録が可能である。本研究において1年間を通して測定された高齢者の1日の平均歩数および3METs以上の平均活動時間は、大動脈硬化の進展に抑制的な効果を及ぼすことが明らかとなった。すなわち、客観的かつ精確に評価された身体活動でも大動脈硬化の抑制には量・質の両者が重要な規定因子であることが見出され、先行研究をさらに発展させる結果が得られた。

高齢者における大動脈硬化予防を促進するためには、効果的な身体活動の量と質、継続期間を具体的に示すのが望ましい。中高齢者を対象に短期間で低強度の運動トレーニングを行い、大動脈伸展性に改善が得られた研究は既に報告されている⁵⁾。また、山田ら¹⁹⁾は、閉経前後の健康な女性を対象に身体活動が部位別動脈に及ぼす影響について検討し、身体活動が上腕あるいは大腿動脈硬化の独立した規定因子であるという結果を導いている。しかし、その場合の身体活動がアンケート調査により評価してあるため、歩行や階段昇降のようなものとまでは提示されても、その量や質について言及するには至っていない。すなわち、身体活動をアンケートのような曖昧な手法で評価している限り、具体的な身体活動指針として提示することは不可能である。本研究では、高齢者の動脈硬化予防に最適で明確な身体活動指針を提示するために、年間平均歩数および3METs以上の平

均活動時間を少ない方から順に四分位に分類し、性、年齢、SBPの影響を除いたhfPWV値を比較した。その結果、年間平均歩数の最も少ないグループのhfPWV値のみ、他の3グループより有意に高値を示した。同様に、3METsの平均活動時間の最も少ないグループのhfPWV値のみ、他の3グループより有意に高値を示した。しかし、両者ともその他の3グループ間ではhfPWV値に有意な差を認めなかった。すなわち、高齢者において年間を通した1日の平均歩数と3METs以上の平均活動時間が極端に不足すると大動脈硬化を進展させるが、一定の身体活動の量と質を確保することにより、大動脈伸展性の低下を抑制する効果が得られる可能性が示唆された。年間平均歩数の最も少ないグループQ1には、5000歩/日以上を満たす者がいなかった。また、3METs以上の平均活動時間の最も少ないグループQ1でも、10分/日以上を満たす者がいなかった。身体活動の両者間には高い相関関係が示されることから考えると、1年間を通して1日5,000歩以上、その中で3METs以上の活動時間を10分以上確保することが、高齢者の大動脈硬化抑制に最適な身体活動指針となり得る可能性が示唆された。これらの身体活動は、両者とも男女の平均値を下回ることから、多くの高齢者で安全に無理なく達成できるものと考えられる。

今後、対象者を増やし、総合検診の場における部位別動脈硬化度の測定精度を上げるとともに、男女別、前後期高齢者別に動脈硬化予防のための最適な身体活動指針を作成することが課題として残されている。

6. 結 論

本研究では、高齢者における身体活動量および質が部位別動脈硬化度に及ぼす効果について検討した。その結果、①高齢者における日常の身体活動が動脈硬化抑制に及ぼす部位は、大動脈のよう

な弾性動脈で顕著である。②高齢者における身体活動は量・質ともに、大動脈硬化の独立した規定因子となり得る。③高齢者において身体活動が量・質ともに極端に低下すると大動脈硬化が進展するものの、一定の身体活動量（5000歩／日以上）および質（10分／日以上）を確保（年間を通して継続）することにより大動脈伸展性の低下が抑制される可能性が示唆された。以上のことから、高齢者の大動脈伸展性低下に伴う心臓血管病の罹患率や死亡率を抑制するには、量と質を考慮したある一定水準の身体活動を保持することが重要であると考えられた。

謝 辞

本研究は、東京都老人総合研究所運動科学研究グループによる中之条研究の一部である。本研究に絶大なるご協力を頂いた、安永明智氏、吉内一浩氏、朴眩泰氏、東郷史治氏、渡辺英次氏、朴晟鎮氏と被検者の皆様、本研究の一部に助成を頂いた財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に謝意を表する。

文 献

- 1) Nichols W.W. and O'Rourke., McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles, 4th Ed. London: Arnold (1998)
- 2) Kannel W.B., Gordon T., Schwartz M.J., Systolic versus diastolic blood pressure and risk of coronary heart disease. The Framingham study. *Am. J. Cardiol.*, 27 (4) :335-346 (1971)
- 3) Laurent S., Boutouyrie P., Asmar R., Gautier I., Laloux B., Guize L., Ducimetiere P., Benetos A., Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension*, 37 (5) :1236-41 (2001)
- 4) Kakiyama T., Matsuda M., Koseki S. :Effect of physical activity on the distensibility of the aortic wall in healthy males. *Angiology*, 49: 749-757 (1998)
- 5) Tanaka H., Dinunno F.A., Monahan K.D., Clevenger C.M., DeSouza C.A., Seals D.R., Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102: 1270-1275 (2000)
- 6) Kakiyama T., Sugawara J., Murakami H., Maeda S., Kuno S., Matsuda M., Effects of short-term endurance training on aortic distensibility in young males. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 37 (2) : 267-271 (2005)
- 7) 柿山哲治, 横山典子, 前田清司, 久野譜也, 高石昌弘, 松田光生 : 6ヶ月間の低強度運動トレーニングが中高年女性の大動脈伸展性に及ぼす影響. *日本臨床スポーツ医学誌*, 9 (2) :226 - 233 (2001)
- 8) Ferrier K.E., Waddell T.K., Gatzka C.D., Cameron J.D., Dart A.M., Kingwell B.A., Aerobic exercise training does not modify large-artery compliance in isolated systolic hypertension. *Hypertension*, 38 (2) :222-6 (2001)
- 9) Seals D.R., Tanaka H., Clevenger C.M., Monahan K.D., Reiling M.J., Hiatt W.R., Davy K.P., DeSouza C.A., Blood pressure reductions with exercise and sodium restriction in postmenopausal women with elevated systolic pressure: role of arterial stiffness. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 38 (2) :506-513 (2001)
- 10) Kumahara H., Tanaka H., Schutz Y., Daily physical activity assessment: what is the importance of upper limb movements vs whole body movements? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28 (9) :1105-1110 (2004)
- 11) Yoshiuchi K., Nakahara R., Kumano H., Kuboki T., Togo F., Watanabe E., Yasunaga A., Park H., Shephard R.J., Aoyagi Y., Yearlong physical activity and depressive symptoms in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo study. *Am. J. Geriatr Psychiatry.*, 14 (7) :621-4 (2006)
- 12) Kimoto E., Shoji T., Shinohara K., et al., Preferential stiffening of central over peripheral arteries in type 2 diabetes. *Diabetes.*, 52: 448-452 (2003)
- 13) London G.M., Guerin A.P., Influence of arterial pulse and reflected waves on blood pressure and cardiac function. *Am. Hear. J.*, 138: 220-224 (1999)
- 14) Tanaka H., DeSouza C.A., Seals D.R., Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 18 (1) :127-132 (1998)
- 15) Mohiaddin R.H., Underwood S.R., Bogren H.G., et al.: Regional aortic compliance studied by magnetic resonance imaging: The effects of age, training and

- coronary artery disease. *Br. Heart J.*, 62: 90-96 (1989)
- 16) Vaitkevicius P.V., Fleg J.L., Engel J.H., O'Connor F.C., Wright J.G., Lakatta L.E., Yin F.C., Lakatta E.G., Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation*, 88 (4 Pt 1) :1456-1462 (1993)
- 17) Kingwell B.A., Cameron J.D., Gillies K.J., Jennings G.L., Dart A.M., Arterial compliance may influence baroreflex function in athletes and hypertensives. *Am. J. Physiol.*, 268 (1 Pt 2) :H411-H418 (1995)
- 18) Sallis J.F., Haskell W.L., Wood P.D., Fortmann S.P., Rogers T., Blair S.N., Paffenbarger R.S. Jr., Physical activity assessment methodology in the five-city project. *Am. J. Epidemiol.*, 121: 91-106 (1985)
- 19) Yamada S., Inaba M., Goto H., Nagata-Sakurai M., Kumeda Y., Imanishi Y., Emoto M., Ishimura E. Nishizawa Y., : Associations between physical activity, peripheral atherosclerosis and bone status in healthy Japanese women. *Atherosclerosis.*, 188 (1) :196-202 (2006)