

## 高齢女性における左室の形態と機能

— 運動群と座業群の比較 —

芳賀脩光・折笠 敏\*・松田光生・小関 迪\*\*  
 中谷敏昭・富樫健二\*\*\*・藤井輝明\*\*\*\*  
 小島龍平・植屋悦男\*\*\*\*\*

### Left ventricular structure and function in elderly females

— Comparison between exercise group and sedentary group —

**Shukoh HAGA**, Satoshi ORIKASA, Mitsuo MATSUDA, Susumu KOSEKI,  
 Toshiaki NAKATANI, Kenji TOGASHI, Teruaki FUJII, Ryuhei KOJIMA  
 and Etsuo UEYA

The purpose of this study was to investigate the left ventricular structure and function in 33 elderly females (56~78 years) with M-mode echocardiography, and to compare them between physically active and sedentary females. All subjects had normal findings on medical examination and exercise stress test. They were divided into exercise group (n=18) and sedentary group (n=15). The subjects of exercise group had participated in moderate endurance training. The results were as follows;

1) Age, height, weight, body mass index (BMI: Katsura index) and body surface area (BSA) were almost the same values between exercise and sedentary group, respectively. Resting blood pressure and heart rate were the same results.

2) Aortic dimension (Ao), left ventricular end-diastolic dimension (Dd), and left ventricular mass (LVM) tended to be higher in exercise group than in sedentary group without statistical significance. Aortic dimension index (AoI), left ventricular end-diastolic dimension index (DdI), left ventricular thickness (TH) and relative wall thickness ratio (R/Th) were almost the same in both groups.

3) Stroke volume (SV), stroke index (SI), cardiac output (CO) and cardiac index (CI) were also almost the same in both groups.

4) Left ventricular fractional shortening (FS) and ejection fraction (EF) did not significantly differ in both groups, but tended to be lower in exercise group than in sedentary group.

\*日本バルカー工業

\*\*筑波記念病院付属

日本体力医学研究所

\*\*\*福岡大学

\*\*\*\*筑波大学大学院体育研究科

\*\*\*\*\*愛知大学

5) Left ventricular end-systolic wall stress (ESWS) was higher in exercise group without significance. The ratio of left ventricular end-systolic wall stress to left ventricular end-systolic volume index (ESWS/LVESVI) tended to be lower in exercise group than in sedentary group.

In conclusion, it was suggested that the mild endurance physical training did not induce the alternations of left ventricular structure and function at rest for healthy elderly females.

Key words : Echocardiography, Left ventricular structure and function, Elderly females, Moderate endurance training

## I. 緒 言

平均寿命の延長に伴い、高齢者層においては、日常の健康及び体力の維持増進という観点から、身体運動の重要性が注目されている。高齢者に占める死亡率は中年者層と比較し循環系疾患、特に虚血性心疾患の割合が増加していることが特徴とされている<sup>(15)</sup>が、同時に定期的な身体活動や日常の身体活動量の増加がこれらの疾患の予防や死亡率の低下に関連すると報告されている<sup>(16, 22, 23)</sup>。

このような観点から、高齢者を対象とした定期的な身体活動、特に持久性トレーニングが心臓脈管系機能にどのように影響するかは興味のあるところである。今日、心臓脈管系機能の検討には超音波心エコー図法が用いられてきており、持久性トレーニングの影響に関する報告として一流持久性競技者と一般健康成人の比較がなされている。男性の場合でも女性の場合でも、前者において左室拡張終期内径、左室壁厚や左室心筋重量が増大していることが報告<sup>(9, 21, 24, 25, 28, 33, 41)</sup>されている。Heath たち<sup>(13)</sup>や Child たち<sup>(4)</sup>は40～72歳のマスターズ競技者と同年代の非鍛練者を比較したところ、同様に前者において左室壁厚係数、左室拡張終期内径係数や左室心筋重量係数が有意に大きいことを観察している。しかし、高齢者(男性)の左室に対する持久性トレーニングの影響を検討した報告<sup>(19, 38)</sup>はごくわずかでしかなく、また、高齢の女性に関する報告はない。

そこで、本研究では長期にわたって定期的に適度な身体運動を実施している高齢女性を対象に、超音波心エコー図法を用い安静時の左室形態と機能を評価し、日頃特に運動等をおこなっていない者と比較検討することを目的とした。

## II. 方 法

被検者は56～78歳の女性33名で、運動群(15名：平均年齢 $64.7 \pm 3.7$ 歳)は3～10年間、週2回の体力づくり教室に自主的に参加し、またそのほか週1～3回程度ゲートボール運動を実施している者である。この体力づくり教室のトレーニング内容は、準備体操、ストレッチング、柔軟運動、軽度の筋力運動、ボール運動、急歩、軽いジョギングやダンスを含み、主に持久的な運動を中心にした1回1時間30分程度の運動であった。座業群(18名：平均年齢 $64.3 \pm 4.7$ 歳)はアンケートにより特に定期的な運動を実施していない者であった。各群の身体的特徴を表1に示した。座業群と運動群は一般的な医学検査及び運動負荷試験において特に異常を認めない者であり、安静時血圧は収縮期が $160 \text{ mmHg}$ 、拡張期が $95 \text{ mmHg}$ 未満であった。

安静時心エコー図の撮影には、アロカ社製SSD-81、フクダ電子社製連続記録装置及び3MHzの探触子を用いた。撮影の手順については、被検者を仰臥位に寝させ十分に安静をとらせた後、探触子を第3～4肋骨左縁に当てBモード法によりビームの入射方向が心室中隔、左室、左室後壁を左室腱索レベルにおいて直交することを確認した。そして、Mモード法に切り換え、心電図及び心音図とともに $50 \text{ mm/sec}$ の紙送り速度で記録した。安静時血圧はマンシェット法により心エコー図の記録後ただちに測定した。

計測項目及び方法については、著者たちが先に報告した同様の方法<sup>(10, 11)</sup>に従いおこなった。大動脈径(Ao)、左室拡張終期内径(Dd)、心室中隔壁厚(IVST)、左室後壁厚(LVPWT)は心電図上のQRS波の開始点で、左室収縮終期内径(Ds)は第II心音の開始点で測定した。心拍数(HR)は同期させた心電図のR-R間隔から計算した。

これらの計測値から以下の指標を算出した。

- 1) 左室拡張終期容量(LVEDV:ml) =  $Dd^{3(26)}$
  - 2) 左室収縮終期容量(LVESV:ml) =  $Ds^{3(26)}$
  - 3) 左室壁厚(WT:mm) = IVST + LVPWT
  - 4) 一回拍出量(SV:ml) = LVEDV - LVESV
  - 5) 心拍出量(CO:l/min) = SV × HR
  - 6) 左室内径短縮率(FS:%) =  $\{(Dd - Ds) / Dd\} \times 100$
  - 7) 駆出分画(EF:%) =  $(SV / LVEDV) \times 100$
  - 8) 左室心筋重量(LVM:g) =  $[1.04 \{Dd + LVPWT + IVST\}^3 - Dd^3] \times 0.8 + 0.6^{(7)}$
  - 9) 拡張終期の左室内径心筋壁厚比(R/Th) =  $Dd / (IVST + LVPWT)^{(37)}$
  - 10) 左室収縮終期圧(ESP:mmHg) =  $(0.66 \times SBP) + 13$
  - 11) 左室収縮終期壁応力(ESWS:10dynes/cm<sup>2</sup>) =  $0.334 \times ESP \times Ds / \{LVPWTs \times (1 + LVPWTs / Ds)\}^{(42)}$
- なお、LVPWTsは収縮終期の左室後壁厚であるが、Marsh *et al.*<sup>(18)</sup>の方法で算出した。
- 12) 左室収縮終期壁応力と左室収縮終期容量係数の比(ESWS/ESVI) =  $ESWS / ESVI^{(3)}$
  - 13) 総末梢抵抗(TPR) =  $MBP \times 1.332 \times 60 / CO^{(39)}$
- ただし、 $MBP = DBP + 1/3(SBP - DBP)$
- さらに、Ao, Dd, Ds, LVEDV, LVESV, SV, COやLVMについては、体表面積(BSA)で相対化した係数も算出した。
- 統計的解析はt検定を用いて平均値の差の検定

を行ない、有意水準は5%とした。

### Ⅲ. 結 果

両群の身体的特徴はTable 1に示した。年齢、身長に有意差はなく、各群でほとんど同じ値であった。体重、体格係数(桂の係数)や体表面積は座業群と運動群で有意差はなかった。安静時血圧については、収縮期及び拡張期血圧がともに座業群と運動群でほぼ同じ値であった。安静時心拍数も両群で有意差はなかった。

超音波心エコー図から得られた結果を座業群と運動群ともTable 2に示した。大動脈径、大動脈径係数、左室拡張終期内径(Fig. 1)、左室拡張終期内径係数(Fig. 1)、左室収縮終期内径、左室収縮終期内径係数は座業群よりも運動群で高い傾向にあったが有意差はなかった。心室中隔壁厚、左室後壁厚の左室壁厚は座業群と運動群でほぼ同じ値であった。この内径や壁厚値から算出した左室心筋重量(Fig. 2)や左室心筋重量係数(Fig. 2)は、座業群より運動群において高い値を示す傾向にあったが有意差はなかった。拡張期における左室の内径と壁厚の相対比を示すR/Th比はほぼ同じ値であった。

左室拡張終期容量、左室拡張終期容量係数、左室収縮終期容量や左室収縮終期容量係数は運動群が高い傾向を示したが有意差はなかった。一回拍出量(Fig. 3)、一回拍出係数(Fig. 3)、心拍出量や心係数は座業群と運動群でほぼ同じ値を示した。

Table 1 Physical characteristics for each group.

Female	SED. G.	EX. G.	Significance
n	18	15	SED.vs EX.
Age(years)	64.3 ± 4.70	64.7 ± 3.74	NS
Height(cm)	148.1 ± 4.62	149.2 ± 4.65	NS
Weight(kg)	50.1 ± 6.42	51.9 ± 6.62	NS
BMI(%)	16.0 ± 14.21	14.3 ± 15.7	NS
BSA(m <sup>2</sup> )	1.43 ± 0.09	1.45 ± 0.08	NS
SBP(mmHg)	135.5 ± 10.21	138.2 ± 20.39	NS
DBP(mmHg)	80.8 ± 4.89	75.4 ± 10.07	NS
HR(beats/min)	65.9 ± 7.67	64.6 ± 8.46	NS

Values are mean ± SD.

SED.G:sedentary group; EX.G:exercise group

BMI:body mass index(Katsura Index);SBP:systolic blood pressure

DBP:diastolic blood pressure at rest;HR:heart rate at rest

Table 2 Echocardiographic data for each group.

	SED. G.	EX. G.	significance
n	18	15	SED. vs EX.
Ao(mm)	27.2 ± 2.83	28.4 ± 3.11	NS
AoI(mm/m <sup>2</sup> )	19.1 ± 2.00	19.7 ± 2.33	NS
Dd(mm)	42.4 ± 3.98	43.5 ± 2.41	NS
DdI(mm/m <sup>2</sup> )	29.7 ± 2.17	30.0 ± 2.33	NS
Ds(mm)	26.1 ± 3.44	27.8 ± 2.37	NS
DsI(mm/m <sup>2</sup> )	18.3 ± 2.07	19.2 ± 1.90	NS
IVST(mm)	10.0 ± 1.89	9.7 ± 1.50	NS
LVPWT(mm)	9.7 ± 1.06	9.9 ± 0.91	NS
TH(mm)	19.7 ± 2.29	19.7 ± 1.93	NS
LVM(g)	137.3 ± 22.94	142.9 ± 23.84	NS
LVMI(g/m <sup>2</sup> )	96.3 ± 14.86	98.5 ± 16.86	NS
R/TH	2.18 ± 0.37	2.23 ± 0.22	NS
EDV(ml)	78.1 ± 21.67	82.9 ± 13.60	NS
EDVI(ml/m <sup>2</sup> )	54.4 ± 13.11	57.2 ± 9.74	NS
ESV(ml)	18.6 ± 6.86	22.0 ± 5.41	NS
ESVI(ml/m <sup>2</sup> )	13.0 ± 4.43	15.2 ± 3.77	NS
SV(ml/beat)	59.5 ± 16.49	60.9 ± 10.20	NS
SI(ml/m <sup>2</sup> /beat)	41.4 ± 10.03	42.0 ± 7.40	NS
CO(l/min)	3.85 ± 0.93	3.92 ± 0.77	NS
CI(l/m <sup>2</sup> /min)	2.68 ± 0.54	2.71 ± 0.58	NS
FS(%)	38.5 ± 4.74	36.0 ± 3.78	NS
EF(%)	76.4 ± 5.22	73.5 ± 4.50	NS
ESWS(10 <sup>3</sup> dynes/cm <sup>2</sup> )	38.5 ± 10.70	41.9 ± 8.66	NS
ESWS/ESVI	3.1 ± 0.78	2.9 ± 0.64	NS
TPR(dynes/sec/cm <sup>2</sup> )	2140 ± 597	2017 ± 478	NS

Values are mean ± SD.

SED.G, sedentary group; EX, G, exercise group.

Ao:aortic dimension; AoI:aortic dimension index; Dd:left ventricular end-diastolic dimension; DdI:left ventricular end-diastolic dimension index; Ds:left ventricular end-systolic dimension; DsI:left ventricular end-systolic dimension index; IVST:intra ventricular septum thickness; LVPWT:left ventricular posterior wall thickness; EDV:left ventricular end-diastolic volume; EDVI:left ventricular end-diastolic dimension index; ESV:left ventricular end-systolic dimension; ESVI:left ventricular end-systolic dimension index; FS: fractional shortening; EF:ejection fraction; SV:stroke volume; SI:stroke index; CO:cardiac output; CI:cardiac index; LVM:left ventricular mass; LVMI:left ventricular mass index; R/Th:relative wall thickness; ESWS:end systolic wall thickness; TPR:total peripheral resistance;

左室の駆出性指標である左室内径短縮率，駆出分画 (Fig. 4) は座業群よりも運動群で低い傾向にあったが，有意差はなかった。

左室収縮終期壁応力は後負荷をよく表す指標<sup>(29)</sup>とされているが，座業群よりも運動群でやや高い傾向を示したが有意差はなかった (Fig. 5)。心臓の負荷状態から独立し心筋の収縮能をみる左室収縮終期壁応力/左室収縮終期容量係数比<sup>(3)</sup>は座業群より運動群で低い傾向をみたが有

意差はなかった。また，総末梢抵抗も座業群よりも運動群で低い傾向にあったが有意差はなかった。

#### IV. 論 議

呼吸循環系能力として知られている最大酸素摂取量 (VO<sub>2</sub>max) は一般に加齢とともに減少する<sup>(27)</sup>が，定期的な運動を実施している者と座業者を比較した場合，その値は前者において高い値を示し，

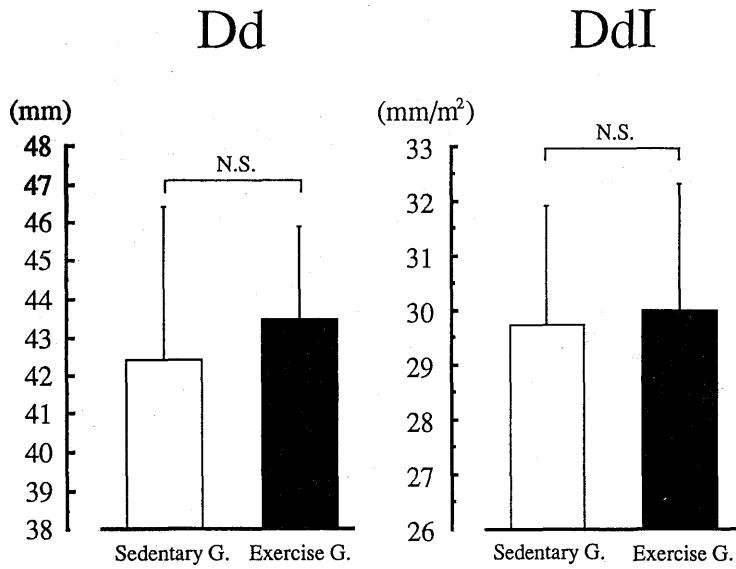


Fig. 1 Comparisons of Dd and DdI between sedentary G. and exercise G.

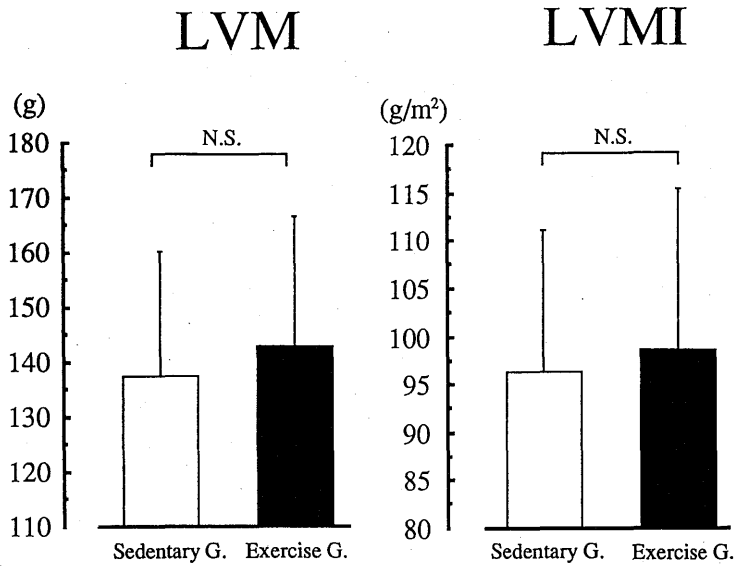


Fig. 2 Comparisons of LVM and LVMI between sedentary G. and exercise G.

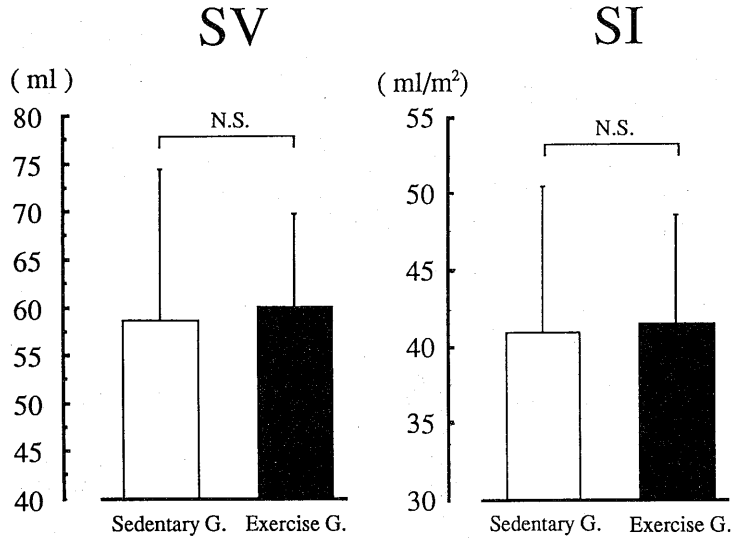


Fig. 3 Comparisons of SV and SI between sedentary G. and exercise G.

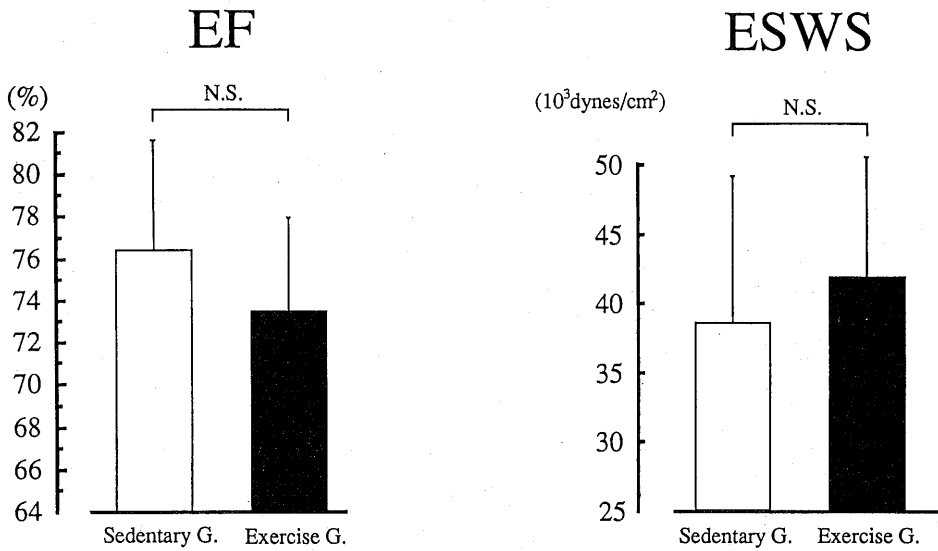


Fig. 4 Comparisons of EF between sedentary G. and exercise G.

Fig. 5 Comparisons of ESWS between sedentary G. and exercise G.

高齢者においても以下に述べたように同様の傾向を示すと考えられる。Yerg *et al.*<sup>(45)</sup>は58~80歳のマスターズ競技者と60~69歳の座業男性を比較したところ、前者においてVO<sub>2</sub>maxが64%高いことを示した。一般高齢者を対象として持久性運動を

実施させた場合、Seals *et al.*<sup>(32)</sup>やYerg *et al.*<sup>(45)</sup>はともに、60歳代の高齢者が1年間の持久性運動をした結果、VO<sub>2</sub>maxはそれぞれ25%増大したと報告している。芳賀たち<sup>(12)</sup>は、60~90歳(平均70歳)の高齢者86名を対象とし、週2回、4ヶ月、

軽運動から持久性運動による複合運動を用いて検討した結果、基礎代謝、最大下同一負荷に対する酸素摂取量、心拍数、血圧、ダブルプロダクトにその効果を観察し、また、心電図にみる心室性期外収縮の消失もみている。したがって、一般の高齢者を対象にして持久性トレーニングを実施した場合、有酸素性作業能や循環系に効果を生じる可能性があるかと推察される。

最近では心エコー図法の発達によって、心臓の形態や機能を悲観的に容易に評価できるようになってきている。この方法を用いて競技者と非鍛練者との比較や持久性トレーニングの影響を観察した研究<sup>(9,21,24,25,28,33,41)</sup>が多く行なわれ、高齢者を対象とした研究もごくわずかであるが報告<sup>(19,38)</sup>されている。本研究では心エコー図法によりこれまでまだ報告されていない女性の高齢者を対象として、週2回の頻度で、3～10年間体力づくり教室に参加している者を運動群とし、同年代の座業群と比較した。形態的な面からみると、心室中隔壁厚や左室後壁厚は両群でほぼ同じ値であった。大動脈径、左室拡張終期内径、左室収縮終期内径や左室心筋重量は、わずかに運動群で高い傾向にあったが、体表面積当たりで相対化すると座業群と運動群はほとんど同じ値を示した。Maron<sup>(17)</sup>は青年期の競技者は対象群と比較し左室拡張終期内径は約10%、心室中隔壁厚は約14%、左室後壁厚は約19%高く、左室心筋重量も有意に高いことが競技者の特徴であると述べている。女性競技者についても同様な報告<sup>(46)</sup>がある。また、40歳以上の中年男性競技者を対象としたものでは、Child *et al.*<sup>(4)</sup>やHeath *et al.*<sup>(13)</sup>は長距離選手を、Vollmer-Larsen *et al.*<sup>(40)</sup>は自転車選手を検討した場合、前述の結果と同様であったとしている。

機能的な面からみると、一回拍出量や心拍出量は運動群においてやや高い傾向がみられるが、それらの係数値はほぼ同じ値であった。Schaible and Scheuer<sup>(30)</sup>は一回拍出量を増大させる機序として、(1)心筋収縮率が同じで左室が拡張し、左室拡張終期容量が増大すること、(2)左室拡張終期容量が同じで心筋収縮率が増大すること、(3)二つの機序の組み合わせ、(4)心拍数が高く拡張早期充満速度が増加することをあげている。これに関して、一般成人を対象として持久性トレーニングが心臓の形態や機能にどのように影響するかについて概観すると、DeMaria *et al.*<sup>(6)</sup>

は20～34歳の男女26名を11週間、最高心拍数の70%、一回1時間、週4回の条件でトレーニングさせたところ、左室壁厚や左室拡張終期内径、左室心筋重量が増大し、左室収縮終期内径が減少した結果、左室内径短縮率も増大したことを報告した。そのほか青年層を対象とした研究では、Stein *et al.*<sup>(36)</sup>、Shapiro and Smith<sup>(34)</sup>、Ehsani *et al.*<sup>(8)</sup>もDeMaria *et al.*<sup>(6)</sup>と同様の結果をみている。

中年者を対象とした研究では、Davidson *et al.*<sup>(5)</sup>は33～55歳の座業男性を対象として、1週間あたり2～34kmの歩行量からなる持久性トレーニングを1年間実施した結果、拡張期および収縮期の左室内径、一回拍出量や左室心筋重量は有意に増大したとしている。また、Wolfe *et al.*<sup>(43)</sup>は平均年齢36歳の中年男性に6ヶ月、最高心拍数の60～80%、週3～4回の頻度で持久性トレーニングを実施させた場合、左室の構造や収縮状態に変化がなかったと述べている。しかし、高齢者に関しての報告はほとんどみることなく、その特性を論ずることは困難である。

高齢者を対象とした本研究の結果、左室機能に対して持久性トレーニングの影響が観察されなかったことは、加齢の要素が最も大きな要因と考えられる。本研究の心エコー図法による測定値や算出値はほとんど成人の正常範囲内であったが、その中でも心室中隔壁厚や左室後壁厚はともに約10mmと正常範囲の上限にあった。芳賀たち<sup>(11)</sup>は日本人の一流競技者を、山中たち<sup>(44)</sup>は大学運動選手の左室壁厚の平均値をそれぞれ7.0、8.8mmと報告しており、その差は約2～3mmとなっている。松尾たち<sup>(20)</sup>は長期間にわたってランニングを実施し、競技会に出場するような高齢者と座業生活をする健常な高齢者の左室の形態と機能を検討している。そのいずれにも両群間で差はなかったことをみており、青年者にみられるような持久性トレーニングによる心臓の変化は高齢者には生じにくいことを報告している。特にその中で、左室の収縮性に差がなかったが、左室拡張機能は高齢者において有意に低下し、トレーニングによっても加齢の影響を抑制することはできないと報告している。Schocken *et al.*<sup>(31)</sup>はRI心アングログラフィーを用いて65歳以上の高齢者を対象に、週3回、20～30分、最高心拍数の70～85%強度、12週間の運動を実施した。その結果、安静時では左室拡張終期容量係数、心係数や駆出分画に

変化がなかったが、運動負荷中において左室拡張終期容量係数が増大したことをみている。これは、運動時の左室機能の改善を導く可能性があるが、安静時での変化には現われにくいことを示すものであろう。以上の点からみれば、高齢者のトレーニングにおいては、加齢の要素が大きく関与するものと考えられる。しかしながら、本研究の結果からみると運動群、座業群において有意差はなかったが、左室の駆出期における収縮能の指標である左室内径短縮率や駆出分画は、座業群より運動群で低い傾向にあった。これまでの研究報告においては、持久性トレーニングはこれらの指標には有意に影響しない<sup>(2,14,40,41)</sup>というものが多く、報告<sup>(37)</sup>によっては安静中には運動群で収縮能の低下が認められるとするものもある。駆出期における収縮能の指標は、心臓の前負荷および後負荷状態の影響を受ける<sup>(35)</sup>とされている。本研究におけるこれらの指標のわずかな差は、後負荷の差によって説明されるかも知れない。ラプラスの定理から、後負荷となる左室壁内応力は収縮期圧と心内径と壁厚の比に比例する。本研究においては、収縮期圧および左室内径と左室壁厚の比が運動群において大きい傾向にあったことから、運動群において左室後負荷の増大をもたらし、左室内径短縮率および駆出分画のわずかな低下を生じた可能性もある。

以上のことから、健康な高齢者を対象とした場合、適度な持久性トレーニングが心臓の形態や機能に影響するかどうかについて、今後は縦断的検討や性別も考慮して十分に検討する必要があるであろう。

## V. まとめ

高齢者の心臓に対する持久性トレーニングの影響をみるために、本研究では定期的に適度な身体運動を実施している高齢女性を対象に、超音波心エコー図法を用い、安静時の左室形態と機能の評価し、同年代の座業群と比較検討することを目的とした。被検者は56~78歳の一般的な医学検査及び運動負荷試験において特に異常を認めない女性33名を用い、座業群(18名:64.3歳)、運動群(15名:64.7歳)とした。運動群は3~10年間、週2回、90分間の体力づくり教室や週1~3回のゲートボール運動を実施しているものであった。

結果は以下のとおりである。

1) 年齢、身長、体重、体格係数(桂の係数)や体重面積は座業群と運動群で有意な差はなかった。安静時血圧や心拍数も同様であった。

2) 大動脈径、左室拡張終期内径、左室収縮収縮内径、左室収縮終期内径係数や左室心筋重量は、有意差はなかったが絶対値において座業群よりも運動群で高い傾向にあった。大動脈径係数、左室拡張終期内径係数、左室壁厚、左室心筋重量や左室の内径と壁厚の比は両群ではほぼ同じ値であった。

3) 一回拍出量、一回拍出係数、心拍出量や心係数は座業群と運動群でほぼ同じ値を示した。

4) 左室の駆出性指標である左室内径短縮率や駆出分画は有意差はなかったが、運動群が座業群より低い傾向を示した。

5) 左室収縮終期壁応力は有意差はなかったが、座業群よりも運動群でやや高い傾向を示す傾向があった。心筋の収縮性をみる左室収縮終期壁応力と左室収縮終期容量係数の比も有意差はなかったが、座業群より運動群で低い傾向を示した。

以上のことから、健康な高齢女性を対象とした場合、適度な持久性トレーニングは左室の形態や機能に影響しないと考えられる。しかしながら、形態および機能の各測定値の相対値は運動群の方が大きい傾向を示したことから、高齢者であっても長期にわたる持久性トレーニングによる影響をなお十分検討する必要があるであろう。

## 引用文献

- 1) Åstrand I (1958): The physical work capacity of worker 50-64 years old. *Acta Physiol Scand* 42: 73-86.
- 2) Beart I, Pannire JL, Van De Weghe C, Van Durme JP, Clement DL, and Pannier R (1981): Noninvasive evaluation of cardiac function in professional cyclist. *Br Heart J* 45:213-218.
- 3) Carbello BA and Span JF (1985): Clinical assessment of left ventricular function: recent advances in the use of end-systolic indexes. *Cardiovascular Review & Report* 6:1190-1205.
- 4) Child JS, Barnard RJ, and Taw RL (1984): Cardiac hypertrophy and function in master endurance runners and sprinters. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol* 57:176-181.
- 5) Davidson DM, Popp RL, Haskell WL, Wood PD, Blair S, Ho P (1981): Echocardiographic changes



- during a 1 year exercise program in previously sedentary middle aged men. *Am J Cardiol* 47: Abstracts 477.
- 6) DeMaria AN, Neumann A, Lee G, Fowler W, and Mason (1978): Alterations in ventricular mass and performance induced by exercise training man evaluated by echocardiography. *Circulation* 57:237-244.
  - 7) Devereux RB(1987): Detection of left ventricular hypertrophy by M-mode echocardiography: anatomic validation, standardization, and comparison to other methods. *Hypertension* 9 (Suppl II): II 19-26.
  - 8) Ehsani AA, Hagberg JM, and Hickson RC (1978): Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning. *Am J Cardiol* 42:52-56.
  - 9) Gilbert CA, Nutter DO, Felner JM, Perkins, JV, Heymsfield SB, Schlant RC (1977): Echocardiographic study of cardiac dimension and function in endurance trained athlete. *J Amer Cardiol* 40: 528-533.
  - 10) 芳賀脩光, 小関 迪, 宮下充正, 植屋悦男 (1984) : 動的運動負荷心エコー図法による筋運動時, 怒責時および全身持久性運動時の血行動態. 筑波大学体育科学系紀要 7 :135-147.
  - 11) 芳賀脩光, 松田光生, 植屋悦男, 小島龍平, 鶴木秀夫, 梨羽茂, 富樫健二, 中谷敏昭, 城所邦昌 (1988) : 男子スポーツ競技者の左室内腔と最大酸素摂取量. 筑波大学体育科学系紀要 11: 229-238.
  - 12) 芳賀脩光 (1990) : 有酸素運動のトレーナビリティ, 第7章 高齢者における有酸素性作業能力および心臓脈管系機能のトレーナビリティ. 第1節 高齢者の定期的な全身持久性トレーニングの効果, 真興交易医書出版部 pp.109-131.
  - 13) Heath GW, Hagberg JM, Ehsani AA, and Holloszy JO (1981): A physiological comparison of young and older endurance athletes, *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol* 51: 634-640.
  - 14) Ikaheimo MJ, Palatsi IJ, and Takuen JT (1979): Noninvasive evaluation of athletic heart: sprinters versus endurance runner. *Am J Cardiol* 44: 24-30.
  - 15) 厚生省の指標 (1988) : 臨時増刊「国民福祉の動向」 35.
  - 16) Leon AS, Cunett J, Jacobs DR Jr (1987): Leisure time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death. *JAMA* 258: 2388-2395.
  - 17) Maron BT (1986): Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 7:190-203.
  - 18) Marsh JD, Green LH, Wynne J, Chon PF, and Grossman W (1979): Left ventricular end-systolic pressure-dimension and stress-length relations in normal human subjects. *Am J Cardiol* 44:1311-1317.
  - 19) 松尾史朗, 樋口満 (1989) : 老化に伴う左心室拡張能の低下に及ぼす持久的運動の効果. 体力研究 72:121-127.
  - 20) 松尾史朗, 樋口満, 岩岡研典, 小林修平 (1989) : 持久性身体運動が高齢者の心臓形態及び心臓機能に与える影響. 体力科学 38:374.
  - 21) Nishimura T, Yamada Y, and Kawai C (1980): Echocardiographic evaluation of long term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *circulation* 61:832-840.
  - 22) Paffenbarger RS Jr and Hale WE (1975): Work activity and coronary heart mortality. *N Engl J Med* 292:545-550.
  - 23) Paffenbarger RS Jr, Wing AL, and Hyde RT (1978): Physical activity as an index of heart attacks risk in college alumni. *Am J Epidemiol* 108:161-175.
  - 24) Paker BM, Londeree BR, Cupp GV, Dubiel JP (1978): The noninvasive cardiac evaluation of long-distance runner. *Chest* 73:376-381.
  - 25) Paulsen W, Boughner DR, Ko P, Cunningham DA, and Persaud JA (1981): Left ventricular function in marathon runner. *J Appl Physiol* 51: 881-886.
  - 26) Pombo JF, Troy BL, and Russell RO Jr (1971): Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 43:480-490.
  - 27) Robinson S (1938): Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeits Physiologie* 10:251-323.
  - 28) Roeske W R, O'Rourke RA, Klein A, Leopols G, and Karliner (1976): Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athlete. *Circulation* 53:286-292.
  - 29) Sasayama S and Kotoura H (1979): Echocardiographic approach for the clinical assessment of left ventricular function: the analysis of end-systolic pressure (wall stress)-diameter relation and force-velocity relation of ejection ventricle. *J*

Cir J 43:357-366.

- 30) Schaible TF and Scheuer J (1985): Cardia adaptations to chronic exercise. *Progress in Cardiovascular Disease* 27:297-324.
- 31) Schocken DD, Blumenthal JA, Port S, Hindle P, and Coleman E (1983): Physical conditioning and left ventricular performance in elderly: Assessment by radionuclide angiography. *Am J Cardiol* 52:359-364.
- 32) Seals DR, Hagberg JM, Hurley BF, Ehsani AA, and Holloszy JO (1984): Endurance training in older men and women I. Cardiovascular responses to exercise. *J Appl Physiol* 57:1024-1029.
- 33) Shapiro LM (1984): Physiological left ventricular hypertrophy. *Br Heart J* 52:130-135.
- 34) Shapiro LM, and Smith RG (1983): Effect of training on left ventricular structure and function. An echocardiographic study. *Br Heart J* 50:534-539.
- 35) 篠山重威 (1984): 心機能. 中外医学社, pp. 125-133.
- 36) Stein RA, Michelli D, Diamond J, Horwits B, and Krasnow N (1980): The cardiac response to exercise training: echocardiographic analysis at rest and during exercise. *Am J Cardiol* 46:219-225.
- 37) Sugishita Y, Koseki S, Matsuda M, Yamaguchi T, and Ito I (1980): Myocardial mechanics of athletic hearts in comparison with diseased heart. *Am Heart J* 105:273-280.
- 38) 玉置肇 (1981): 運動負荷心エコー法による高齢者の心機能に関する研究. *日本老年医学会誌* 18:88-96.
- 39) 土屋雅之, 川崎英, 弁谷一弘, 松井忍, 石瀬昌三, 原重樹, 船津敏朗, 竹内伸夫, 前田正博, 小野江為久, 金武雄, (1972): 加齢の血行動態に及ぼす影響. *日本老年医学会誌* 9:364-369.
- 40) Vollmer-Larson A, Vollmer-Larson B, Kelbel H, and Godtfredson J (1989): The veteran athlete: an echocardiographic comparison of veteran cyclists, former cyclists and non-athletic subjects. *Acta Physiol Scand* 135:393-398.
- 41) William R R, O'Rourke R A, Klein A, Leopold G, and Katlinerer J S (1976): Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes. *Circulation* 53:286-292.
- 42) Wilson JR, Reichek N, Hirshfeld J, and Keller CA (1980): Noninvasive assessment of load reduction in patients with asymptomatic aortic regurgitation. *Am J Med* 68:664-674.
- 43) Wolfe LA, Cunningham DA, Redhntizer PA, and Nichol PM (1979): Effects of endurance training on left ventricular dimensions in healthy men. *J Appl Physiol* 47:207-212.
- 44) 山中邦夫, 芳賀脩光, 小関 迪, 松田光生, 植屋悦男, 宮下充正, 平井淳 (1985): 超音波心エコー図および有酸素的作業能からみた一流大学サッカー選手の全身持久性. *筑波大学体育科学系紀要* 8:47-54.
- 45) Yerg JE II, Seals DR, Hagberg JM, and Holloszy JO (1985): Effects of endurance exercise training on ventilatory function in older individuals. *J Appl Physiol* 58:791-794.
- 46) Zeldis SM, Morgenroth J, and Rubler S (1978): Cardiac hypertrophy in response to dynamic conditioning in female athletes. *J Appl Physiol:Respirat Environ Exercise Physiol* 44:849-852.