<原 著>

運動負荷心エコー法による老齡者の心機能に関する研究

—健康老齡者の心収縮能について—

玉置 肇

<要 約> 老齡者における運動耐容量の低下が指摘され、その一要因として心収縮能低下が想定されている。しかしながら老齡者の心収縮能に関しては詳細な報告に乏しく、特にこれは潜在性心臓病変の存在を検出することに困難さがあると同時にその対照となるべき健康老齡者を選択する基準に問題が残りいまだ解決されていない。

本研究では一定条件で選択した健康若年者29名および老齡者18名を対象とし、運動負荷心エコー法をおこなひ、その駆出期心機能指標から心収縮能を比較検討した。すなわち、十分な安静仰臥位をとらせた後、多段階式仰臥位自転車エルゴメーター負荷を課し、75Watt 負荷時の恒常状態で心エコー図および頸動脈波の同時記録をおこない駆出期諸指標を測定・算出し、安静時の値と比較した。

脈拍数および全末梢血管抵抗は負荷前値および負荷に対する反応に若年群と差を認めなかった。一方、収縮期および拡張期血圧は負荷前値では両群間に差を認めなかったが、負荷により老齡群で上昇が大であった($p<0.01$)。

心収縮力に関する諸指標では、負荷前 stroke dimension (SD)・mean rate of circumferential fiber shortening (VCF) は両群間に差を認めなかったが、normalized VCF・ejection fraction (EF) は老齡群で低値を示した($p<0.01$)。しかしながらこの normalized VCF・EF は left ventricular end-diastolic dimension (D) と負の相関を示し、Dによる補正値を求めて比較すると両者とも両群間には差が認められなかった。また運動負荷によりこれら4つの駆出期心機能指標は両群のいずれでも有意に増加したが、その増加度は老齡群でより顕著であった($p<0.05\sim 0.01$)。この結果、負荷時の値としては normalized VCF・EF は両群間に有意差はなかった。

以上より、一定の条件で選択された健康な老齡者では心収縮力の低下はないことが示唆され、これらの結果は今後健康老齡者と潜在性心臓病変を有する老齡者とを鑑別するうえでも有用と思われた。

緒 言

近年老齡人口が著しく増加してくるにつけ、老齡者循環機能の病態・生理が大きくクローズアップされてきている¹⁾。病態・生理に関する従来の各種研究では、健康対照群として人口の大部分を占る青壮年（一部の老齡者を含めるにせよ）のそれが主に用いられている。しかし、今日では健康とみなされる老齡者が著しく多数となり、この健康老齡者群の諸種身体機能の特性について明確にしておく必要が生じてきた。

循環系に関しては古くから加齢による心機能の変化が注目されている。1945年 Courmand は Fick の原理に基

いて心拍出量を求め加齢に伴う心拍出量の低下を観察している²⁾。その後、Brandfonbrener (1955)³⁾、Bevegård (1960)⁴⁾らは同様な結果を報告しているが、Malmberg (1965)⁵⁾、Julius (1967)⁶⁾らは否定的な見解をだしている。さらに1964年 Strandell は運動負荷の条件下において Fick の原理による心拍出量の測定に加え、呼吸機能・血液ガス・心電図から心機能を詳細に分析追求した。彼は老齡者では加齢に伴い心拍出量および一回拍出量は低下し、しかもそれが酸素摂取量の低下より著明であり、その結果動静脈酸素較差 (AVO_2 difference) をさらに増大させていることをつきとめ、老齡者の心機能は hypokinetic な状態にあると結論している⁷⁾。しかしこれらの検索ではすべて観血的な方法が用いられ、対象の数も限られいまだ十分に検討されないまま現在に至っている。

H. Tamaki : 東京医科歯科大学第三内科

受付日1980. 9. 4.

一方、1953年 Edler, Hertz らにより開発された心エコー法は非観血的に心機能を正確に測定し得る方法として注目され、近年これによる臨床研究が急速に発展してきている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。

そこで著者は健康高齢者に運動負荷を実施しその前後で心エコー図を記録、健康若年者の運動負荷前後の動態と比較した結果、健康高齢者の心機能の特性に関し二三の興味ある成績が得られたので報告する。

対 象

本研究の対象は下記の条件を満足するもののみとした。すなわちまず一般検索で心・肺・腎疾患を有せず健康な日常生活を送っているものを選択した。ついで潜在性心疾患を除くべく下記の検索をおこない、① 安静時心電図・胸部レントゲン・心エコー図で異常所見が認められない。② 安静時血圧140～100mmHg/90～60mmHg 内にある。③ トレッドミルテストにて亜最大負荷を実施し American Heart Association の基準¹¹⁾で陰性。④ 仰臥位エルゴメーター負荷テストの前後に記録した超音波心断層図にて心筋壁運動に異常が認められないことを確認した。

以上の条件を満たした20歳台および30歳台の男子29名(28.5±4.3歳, mean±SD)を若年群, 60歳台および70歳台の男子18名(68.5±5.1歳)を高齢群とし、計47名を本研究の対象とした。

方 法

食後1時間以上経過した時点で検索を行った。10分間の安静仰臥位をとらせた後血圧を測定、心エコー図・頸

動脈波・心電図を記録した。つづいて同じベッド上で木製の肩あてを用い上体を固定し、Siemens-Elema 社製380B 型自転車エルゴメーターにて運動負荷を実施した。当初 60～70rpm の速度でペダルをふませ 25Watt・3分間の運動負荷を与えた。以後3分毎に25Watt ずつ負荷量を増加しつつ運動負荷開始後8分45秒の時点、すなわち75Watt 負荷開始2分45秒より血圧測定および心エコー図・頸動脈波・心電図の同時記録を行った。

記録測定は1分以内に終了、この測定値を75Watt 運動負荷時の値とした。

心エコー図および頸動脈波は東芝製 01A 型超音波スコープを用い Honeywell 社製 ラインスキャンレコーダー FRO 6A 型で100mm/sec で記録した。使用した Transducer は直径10mm・波長2MHz を有し、被験者の胸骨左縁第3～4肋間にて心長軸に沿って入射し、Mモードスキャンをおこなって心尖部寄りの僧帽弁エコーの一部が僅かに記録され、しかも左室後壁心内膜エコーと左室側心室中隔エコーが明瞭に描出される角度で心エコー図を記録した(Fig. 1)。

測定部位・入射角度は精細に記録し、運動負荷時にもMモードスキャンをおこなって同様な解剖学的位置関係が得られたところで記録した。計測は呼吸時相にておこない、2～3心拍の平均値を採用した。さらに運動負荷前後において次の各項目につき測定をおこない、若年・高齢群間の比較検討をおこなった。

- 1) 血圧(収縮期圧 SBP・拡張期圧 DBP)
- 2) 心拍数(HR)
- 3) 左室駆出時間(ET): 頸動脈波から測定した。
- 4) 左室内径(収縮終期径 S・拡張終期径 D)

Fig. 1 Measurement of left ventricular dimension (See in text)

- 5) 一回拍出内径, stroke dimension (SD)
 6) 左室心筋収縮速度 (VCF) : SD/ET にて求めた.
 7) 標準化左室心筋収縮速度 (normalized VCF) : VCF/D にて求めた.
 8) 駆率率 (EF) : pombo 法¹¹⁾を用い, $(D^3-S^3)/D^3$ より求めた. さらに Teichholz 法¹²⁾・Gibson 法¹³⁾にても求め, これら3法による算出の相異も検討した.
 9) 全末梢血管抵抗 (TPR) : $MBP \times 1.332 \times 60 / CO \times 10^3$ より求めた. 但し $MBP = DBP + 1/3 (SBP - DBP)$, $CO = (D^3 - S^3) \times HR$ とした.

10) normalized VCF index および EF index : 安静時において心収縮能に関する諸指標, すなわち SD・VCF・normalized VCF・EF と, これらの指標算出に用いられる S・D・ET について各々の相互関係を相関行列および散布図から解析し, 両群間の比較検討をおこなった. さらにDの値に影響されない normalized VCF index・EF index を求め, 両群間で比較検討した.

結 果

1) 血圧 : Fig. 2 に両群の負荷前後の血圧の変動を示す. 若年群・老齢群の安静時血圧はそれぞれ $123.0 \pm 9.9/73.2 \pm 8.0$ mmHg, $120.7 \pm 12.7/74.8 \pm 8.0$ mmHg で両群間に有意差はなかった. 運動負荷後血圧はそれぞれ $157.4 \pm 13.5/81.4 \pm 10.5$, $167.3 \pm 16.9/88.2 \pm 8.6$ と上昇し, 負荷前に比し有意の増加であった ($p < 0.01$). その上昇度は老齢群において著しく, 負荷後の血圧は老齢群の方が若年群に比し有意に高値を示した ($p < 0.01$, Table 1, Fig. 2).

2) 心拍数 : 安静時の HR は 58.6 ± 4.3 /min (若年

Fig. 2 Effect of ergometer exercise at 75 watts on systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) (Supine)

群), 59.1 ± 4.4 /min (老齢群) であったが, 負荷後はそれぞれ 101.5 ± 9.1 , 106.6 ± 9.4 と有意の増加を示した ($p < 0.01$).

しかし負荷前後においては若年, 老齢群の間には有意差は認められなかった (Table 1, Fig. 2).

Table 1 Cardiac response to exercise in young and old persons

	Mean±SD (No)	HR (bpm)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	TPR (dynes·sec·cm ⁻³)	SD (mm)	VCF (cm/sec)	EF (%)	norm-VCF (sec ⁻¹)
Before Ex.	Young (29)	58.6 ± 4.3	123.0 ± 9.9	73.2 ± 8.0	1508 ± 261	17.8 ± 2.1	6.0 ± 0.7	70.7 ± 5.3	1.14 ± 0.13
	Old (18)	59.1 ± 4.4	120.7 ± 12.7	74.8 ± 8.0	1402 ± 317	16.9 ± 1.9	5.7 ± 0.7	$65.4 \pm 5.7^{**}$	$1.01 \pm 0.12^{**}$
During Ex.	Young (29)	101.5 ± 9.1	157.4 ± 13.5	81.4 ± 10.5	898 ± 168	20.1 ± 2.8	7.8 ± 1.1	74.6 ± 5.9	1.44 ± 0.21
	Old (18)	106.6 ± 9.4	$167.3 \pm 16.9^{\dagger\dagger}$	$88.2 \pm 8.6^{\dagger\dagger}$	724 ± 181	$22.6 \pm 2.2^{\dagger\dagger}$	$8.7 \pm 0.9^{\dagger\dagger}$	$75.9 \pm 4.7^{\dagger\dagger}$	$1.46 \pm 0.46^{\dagger}$

** : comparison young and old group at rest

† : $P < 0.05$

†† : $P < 0.01$ } comparison of the response to exercise between young and old group

Abbreviations : HR=heart rate, SBP=systolic blood pressure, DBP=diastolic blood pressure, TPR=total peripheral vascular resistance, SD=stroke dimension, VCF=mean rate of circumferential fiber shortening, EF=ejection fraction, norm-VCF=normalized VCF, Ex=ergometer exercise in supine position

3) 左室駆出時間：安静時の ET は若年群 297 ± 18 msec, 高齢群 298 ± 17 msec と差がなかった。運動負荷後、それぞれ 258 ± 18 , 260 ± 21 と負荷前に比しいずれも有意の短縮を示した ($p < 0.01$) が、両群間には有意の差はなかった。

4) 左室内径：安静時の高齢群左室内径は 39.8 ± 4.7 (S)/ 56.8 ± 4.4 (D) であり若年群 $35.0 \pm 3.7/52.8 \pm 3.9$ mm に比し有意に大であった ($p < 0.01$)。しかし運動負荷後の若年群 S は 34.3 ± 3.8 と不変であるのに対し、高齢群 S は 37.2 ± 5.7 と縮小した ($p < 0.05$)。一方、D については 54.4 ± 3.5 , 59.7 ± 6.1 と両群ともに有意に拡大する結果を示した ($p < 0.05 \sim 0.01$)。

5) 一回拍出内径：SD の運動負荷による変動を Fig. 3 に示す。安静時の若年群・高齢群の SD はそれぞれ 17.8 ± 2.1 mm, 16.9 ± 0.7 mm で両群に差を認めなかった。負荷後両群ともにそれぞれ 20.1 ± 2.8 , 22.6 ± 2.2 と増加したが、この増加度は高齢群で有意に大であった ($p < 0.01$, Table 1, Fig. 3)。

Fig. 3 Effect of ergometer exercise at 75 watts on mean rate of circumferential fiber shortening (VCF) and stroke dimension (SD) (Supine)

6) 左室心筋収縮速度：VCF の運動負荷による変動を Fig. 3 に示す。SD と同様、安静時 VCF はそれぞれ 6.0 ± 0.7 cm/sec, 5.7 ± 0.7 cm/sec と両群間に差を認めないのに対し、負荷後両群ともに 7.8 ± 1.1 , 8.7 ± 0.9 と

増加し特に高齢群で著明であった ($p < 0.01$, Table 1, Fig. 3)。

7) 標準化左室心筋収縮速度：Fig. 4 に運動負荷による normalized VCF の変動を示す。安静時の若年群・高齢群の normalized VCF はそれぞれ 1.14 ± 0.13 sec⁻¹, 1.01 ± 0.12 sec⁻¹ と高齢群で有意の低値を示した ($p < 0.01$)。負荷後それぞれ 1.44 ± 0.21 , 1.46 ± 0.46 と両群とも有意の増加を示した ($p < 0.01$) が、この増加は高齢群でより顕著であった ($p < 0.05$)。従って運動負荷後の値には両群間で差はない結果が得られた (Table 1, Fig. 4)。

8) 駆出率：Fig. 4 に運動負荷による EF の変動を示す。normalized VCF と同様、安静時の若年群、高齢群の EF はそれぞれ $70.7 \pm 5.3\%$, $65.4 \pm 5.7\%$ と若年群に比し高齢群で有意の低値を示した ($p < 0.01$)。負荷後も normalized VCF と同様、両群ともに増加しそれぞれ 74.6 ± 1.1 , 75.9 ± 4.7 を示した。この増加度は高齢群で有意に大きく ($p < 0.01$)、その結果 normalized VCF と同様運動負荷後の両群の値には差が認められなくなる結果が得られた (Table 1, Fig. 4)。

9) 全末梢血管抵抗：安静時の若年群・高齢群の TPR はそれぞれ $1,508 \pm 26$ dynes $\cdot$ sec $\cdot$ cm⁻⁵, $1,402 \pm 317$ dynes $\cdot$ sec $\cdot$ cm⁻⁵ であり有意差はない。運動負荷後

Fig. 4 Effect of ergometer exercise at 75 watts on ejection fraction (EF) and mean normalized rate of circumferential fiber shortening (normalized VCF) (Supine)

Table 2 Correlation matrix before exercise

Parameter	S	ET	SD	VCF	norm-VCF	EF pombo	EF teichholz	EF gibson
D	0.904	0.006	0.119	0.119	-0.517	-0.515	-0.550	-0.534
S		-0.113	-0.318	-0.261	-0.777	-0.830	-0.851	-0.843
ET			0.250	-0.262	-0.251	0.203	0.173	0.204
SD				0.867	0.657	0.784	0.757	0.771
VCF					0.786	0.678	0.667	0.665
norm-VCF						0.894	0.906	0.893
EF pombo							0.997	0.996
EF teichholz								0.997

n=47, Critical value : $P<0.05$: $r=0.288$, $P<0.01$: $r=0.372$

両群ともそれぞれ 898 ± 168 , 724 ± 181 と負荷前に比し有意の減少を示した ($p<0.01$) が、両群間の減少度には差が認められなかった (Table 1).

10) normalized VCF index および EF index : 安静時において両群を一括した場合の $S \cdot D \cdot ET \cdot SD : VCF \cdot \text{normalized VCF} \cdot EF$ (Pombo 法) EF (Teichholz 法) EF (Gibson 法) の相関行列を Table 2 に示す. 左室内径である S と D は相互に $r=0.904$ と密な関係を示したが, ET とはそれぞれ $r=-0.113$, 0.006 と疎な相関関係を示した. また S および D と SD とはそれぞれ $r=-0.318$, 0.119 , VCF とは $r=-0.261$, 0.119 といずれもが疎な関係を示した. 一方 S および D と normalized VCF および 3 種類の EF とは $r=-0.851\sim-0.517$ と密な負の相関関係が得られた. ET に関しては左室内径との関係と同様, 他の指標に対しても $r=-0.262\sim0.250$ と疎な関係を示した. 心収縮能に関する指標のうち, $SD \cdot VCF \cdot \text{normalized VCF} \cdot EF$ (pombo 法) は相互に $r=0.657\sim0.894$ の正相関が得られ, 3 種類の EF は相互に $r=0.996$ 以上の極めて密な正相関を示した.

Fig. 5 に両群の安静時における S と D の関係を散布図で示す. S および D はともに高齢群で大きい, S と D との関係は両群とも同様である. この両群に共通した S と D との関係は関数で表わすと

$$S=0.95 \times D-14.6$$

となり, SD は

$$SD=D-S=0.05 \times D+14.6$$

となり, D が $45\sim65\text{mm}$ の範囲では SD は $16.9\sim17.9\text{mm}$ とほぼ一定の値をとることがわかる. 一方, normalized VCF および EF と D との関係を示した散布図 (Fig. 6) から, これら両指標と D とはともに $r=-0.52$ と負の相関を示しこの関係は両群とも同様であることが

Fig. 5 Correlation between left ventricular end-systolic dimension (S) and end-diastolic dimension (D) at rest

Fig. 6 Correlation between ejection fraction (EF) and left ventricular end-diastolic dimension (D), and correlation between mean normalized rate of circumferential fiber shortening (normalized VCF) and left ventricular end-diastolic dimension (D), at rest

わかる。こうして安静時においては、Dは高齢群で大きくあり一方SDすなわちD-SはDの大小に拘らず両群ともに一定値をとり、ETは左室内径およびnormalized VCF・EFとは疎な関係にありかつ両群間で差がないことから、normalized VCF・EFは算出上Dと負の相関をもつ可能性が大きい。従って、これら両指標は両群のDの違いを考慮せずにただちに比較することは出来ない。そこで著者はFig. 6に示した回帰式を利用して一定のDにおける値で比較することを試みた。すなわち一定のDとして両群を一括した場合のDの平均値54mmをとりあげ、その場合のnormalized VCF・EFの値をそれぞれのindexとして表わし以下の式を用いて算出した。

normalized VCF index = $-0.017 \times (54 - D) + \text{normalized VCF}$

EF index = $-0.68 \times (54 - D) + \text{EF}$

Fig. 7はこの補正値を両群間で比較したものである。安静時高齢群で低値を示したnormalized VCF・EFは、Dで補正された各々のindexで比較すると、normalized VCFは若年群 $1.12 \pm 0.12 \text{ sec}^{-1}$ 、高齢群 $1.06 \pm 0.12 \text{ sec}^{-1}$ 、EFはそれぞれ $69.9 \pm 5.1\%$ 、 $67.2 \pm 5.0\%$ といずれも両群間で差は認められなかった。

Fig. 7 EF index and normalized VCF index at rest in young (Y) and old (O) groups

考 案

本研究では60歳以上で潜在性心臓病を有しない高齢者につき、その心機能特に心収縮能について検討を試みた。

心収縮能は安静時および運動負荷時の一回心拍出量を規定する主要な要因の一つであるとともに、心予備力を

よく反映することが知られている。またこの心収縮能を表わすと考えられる心機能指標としてはnormalized VCF・EFが最も頻用され、これらは心機能低下時に心拍出量低下に先立って低下することから鋭敏で有用な指標であると考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。しかしながら、これらの指標を得るために従来は観血的な左心室造影法を用いたので被験者に大きな精神的ストレスを与えまた急速に造影剤を左心腔内に注入することによる影響や心事故発生も無視しえなかった。一方、心機能の検索方法として左心室造影の結果が必ずしも絶対的な基準ではなく健康老人を対象としておこなうには適切とはいえない。また運動負荷法と左室造影法とを組み合わせることは実施困難な点が多く理想的であっても現実的ではない。このような背景から高齢者の心収縮能に関しては、血圧・心電図・心拍出量・心内圧記録などから間接的に類推した報告が大多数であり、normalized VCF・EFなどから直接的に心収縮能を検討した研究に乏しい。

一方これらの指標は最近開発発展してきた心エコー法から比較的容易に得られ、従来の左室造影法から得た値とも良い相関を示すことが明らかになってきた⁸⁾⁹⁾。そこで本研究では心エコー法で得られる有用な心機能指標を選び、運動負荷法を組み合わせることで高齢者の心収縮能の解明を試みたわけである。

一般に高齢者では、明らかな臨床徴候が見い出せず支障なく日常生活を営んでいる場合でも動脈硬化症や高血圧などの様々な潜在性病変が存在する 경우가少なくない。Pomeranceは病理学的見地から検索し、一般に典型的老人心とみなされている所見のなかにも生理的老化でなく加齢にともなった病的プロセスの混在している場合が少なくないことを指摘している¹⁾。従って高齢者の心機能を検索する場合には、その結果が病的変化によるものであるか加齢自体の変化を反映しているかを考慮しておくことは大切である。本研究ではこの点を考慮してどの年代についてもできる限りの検索をおこない病的変化を除外したものを健康人として扱うように努めた。この場合、一番問題になりかつ鑑別困難な例が潜在性の冠動脈硬化症病変であった。これを除外するには冠動脈造影をおこなうのが望ましいのであろうが実際的ではない。Gerstenblithらは心エコー法を用いて加齢の影響を検討した際に健康の条件として用いた亜最大トレッドミルテストは比較的良好に冠動脈疾患を除外し得ることを示しており¹⁷⁾、本研究でもこれを準用した。

最近Feigenbaumらにより虚血性心疾患では左室心

筋壁の局所的異常運動が観測され、狭心症では狭心発作時にこの異常運動が出現することも明らかにされた。従って一部のビーム方向のみで記録された心エコー図の心機能計測値は、こうした壁異常運動がある場合には信頼度は低いとされている⁸⁾⁹⁾¹⁸⁾。そこで本研究では超音波心断像を運動負荷前後で記録し、亜最大トレッドミルテストが陰性でありしかも左室心筋壁に異常運動が認められないものを対象とした。このダブルチェックにより潜在性心疾患の除外に万全を期したので、得られた計測指標の信頼度を十分に高めたと考える。

このようにして選んだ対象で測定した安静時 SBP・DBP・HR・TPR は若年群と老齢群の間に差はなかったが、運動負荷後 SBP・DBP は老齢群で若年群より増加したのに対し HR の増加および TPR の減少には両群間で有意の差がなかった。従来報告によれば、亜最大負荷以下の負荷量では HR は若年群と差がなく血圧はむしろ老齢群で上昇度が大きいという結果を報告している⁴⁾⁶⁾⁷⁾が、本研究でも同様の成績であった。

老齢者の心収縮能に関する従来研究は、前述したように間接的な方法であるが、低下しているとの報告もあるが否定的な見解の報告もあり一致していない。今回著者がおこなった運動負荷前後の心エコー法からの検索では駆出期心機能指標の値から老齢者の心収縮能低下はないと思われる結果を得た。すなわち安静時 normalized VCF・EF は老齢群で若年群に比し有意な低値を示し老齢者の心収縮能低下を疑わせたが、SD・VCF に関しては両群間に差が認められなかった。この原因として前者が算出上 D の大小でかなり影響される指標でありこの D の影響を除外したそれぞれの index で比較すると両群の間には差は認められない。また、運動負荷後の値および負荷前後の増加量を比較してもこれらの駆出期心機能指標が若年群より老齢群で低下している事実は得られず、むしろいずれの指標も運動負荷により老齢群で有意に増加した。以上より、本研究では60歳以上の生理的加齢現象のみを有する老齢者においては心収縮力の低下はないことが示唆された。

1977年、Gerstenblith らは、25歳から84歳にわたる105名の健康男子を対象とし安静時の心エコー図を記録、加齢の影響について検討している¹⁷⁾。亜最大トレッドミルテストで陰性のものだけを対象としており、本研究の対象に最も近いと思われる。彼の報告によれば駆出期心機能指標としては normalized VCF および SD/D をとりあげ比較したが、65歳以上の老齢者と65歳未満の若

壮年群との間には有意差は認められず老齢者の心収縮能低下はないことを示唆している。しかしこの推論は安静時だけの観察によるものである。

1979年、非観血的で安定した観測が可能な仰臥位自転車エルゴメーターを用いた運動負荷心エコー法が注目され、normalized VCF・EF などからの心機能を検討した研究が報告され始めた。Weiss らは、27歳から50歳にわたる健康人12名を対象とし、最大負荷時には D および SD は増加するのに対し S は不変であることを認め、心収縮能が最大限に働く場合には Frank-Starling effect が明らかに認められることを示した¹⁹⁾。また Crawford らは、19歳から36歳にわたる健康人27名を対象とし動的小よび静的運動負荷を課し、動的小負荷時の特徴として S の減少をあげている²⁰⁾。

本研究では軽度～中等度の動的小運動負荷時に若年群で D および SD の増加を認めたが S は不変であった。これは Crawford らの成績とは異なり、軽度～中等度の負荷量でも Weiss らが最大負荷時に認められたと同様 Frank-Starling effect が関与している可能性を示唆している。Weiss らおよび Crawford らの報告は、いずれも運動負荷心エコー法の有用性を支持しているものであるが、加齢の影響についての検討はおこなっていない。

杉下らは46名の健康人および47名の心疾患を対象とし、運動負荷心エコー法の有用性について検討している²¹⁾が、この中で加齢の影響についても言及している。本研究と同様安静時には老齢群の S と D は若年群に比し大きい傾向を認め、normalized VCF は有意差こそないが老齢群で最も低値を示したのに対し、運動負荷後には normalized VCF は老齢群で不変、若壮年群で増加の結果を示し、老齢者の心収縮能は低下していることを示唆した。しかし亜最大トレッドミルテストや冠動脈撮影の成績は記載されておらず、健康者の基準は明確にされていない。

老齢者では潜在性心疾患が高頻度に認められ、安静時に正常とみなされても運動負荷時に異常を示すことは少なくないと思われる。厳密にはこれを生理的加齢変化とみなすことには疑問がある。かくして本研究では可及的に潜在性心疾患を除外すべく対象を選択したが、これが他の研究の成績と異なる大きな要因となった可能性がある。今後老齢者の心機能の特性をさらに解明していくために、運動負荷時のみあるいは冠動脈造影で初めて異常が見出される見かけ上の健康老齢者との比較検討に焦点を合せたいと考える。その場合本研究で示唆された老

齢者における左室内径の拡大傾向および Frank-Starling effect の関与についても同時に検討を要すると思われる。

結 語

検査により諸疾患、ことに潜在性心疾患を除外した健康若年群29名および老齢群18名を対象とし、運動負荷心エコー法を用い 75Watt の恒常状態で得られた駆出期心機能指標から心収縮能を比較検討した。

1. 心収縮能を表わす指標には、安静時老齢群で低下しているもの (normalized VCF・EF) と若年群と差のないもの (SD・VCF) が認められた。

2. 安静時において normalized VCF・EF はDと負の相関を示した。一方、SD は一定値をとる傾向がありかつDは老齢群でより大きいことから normalized VCF・EF をDで補正したところ、老齢群の値は若年群の値と差を認めなかった。

3. 駆出期心機能指標すなわちSD・VCF・normalized VCF・EF は運動負荷後両群ともに有意に増加したが、増加傾向はいずれも老齢群でより大きく、この結果 normalized VCF・EF は負荷後には若年群との間に差を認めなかった。

4. これらの検索から60歳以上の潜在性心疾患をも有しない健康高齢者においては、心収縮能低下はないことが示唆された。

本論文の要旨は、第21回日本老年医学会総会、第3回臨床生理研究会で発表した。

文 献

- 1) Caird, F.I. et al.: Cardiology in Old Age, Plenum Press, New York and London, 1976.
- 2) Cournand, A. et al.: Measurement of cardiac output in man using the technique of catheterization of the right auricle or ventricle. J. Clin. Invest., **24**: 106, 1945.
- 3) Brandfonbrener, M. et al.: Changes in cardiac output with age. Circulation, **12**: 557, 1955.
- 4) Bevegård, S. et al.: The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. Acta Physiol. Scand., **49**: 279, 1960.
- 5) Malmberg, R.O.: A clinical and hemodynamic analysis of factors limiting the cardiac

performance in patient with coronary heart disease. Acta Med. Scand. Suppl. 426, 1965.

- 6) Julius, S. et al.: Influence of age on the hemodynamic response to exercise. Circulation, **36**: 222, 1967.
- 7) Strandell, T.: Circulatory studies on healthy old men, with special reference to the limitation of the maximal physical working capacity. Acta Med. Scand. Suppl. 414: 1, 1964.
- 8) Feigenbaum, H.: Echocardiographic examination of the left ventricle. Circulation, **51**: 1, 1975.
- 9) Ratshin, R.A. et al.: Quantitative echocardiography: Accuracy of ventricular volume analysis by area-length, linear regression and quadratic regression formulae. Amer. J. Card., **35**: 165, 1975.
- 10) Hirshliefer, J. et al.: Influence of acute alterations in heart rate and systemic arterial pressure on echocardiographic measures of left ventricular performance in normal human subjects. Circulation, **52**: 835, 1975.
- 11) Kattus, A.A. et al.: Exercise testing and training of apparently healthy individuals: A handbook for physicians, American Heart Association, Dallas, p. 35, 1972.
- 12) Pombo, J.E., et al.: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation, **43**: 480, 1971.
- 13) Teichholz, L.E. et al.: Problems in echocardiographic volume determinations: Echo-angiographic correlations. Circulation Suppl. **46**: 75, 1972.
- 14) Gibson, D.G.: Estimation of left ventricular size by echocardiography. Brit. Heart J., **35**: 128, 1973.
- 15) Grossman, W.: Cardiac Catheterization and Angiography, Lea & Febiger, Philadelphia, p. 188, 1974.
- 16) Quinones, M.A. et al.: Influence of acute changes in preload, afterload, contractile state and heart rate on ejection and isovolumic indices of myocardial contractility in man. Circulation, **53**: 293, 1976.

- 17) Gerstenblith, G. et al.: Echocardiographic assessment of normal adult aging population. *Circulation*, **56**: 273, 1977.
- 18) Ludbrook, P. et al.: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of left ventricular performance in patients with and without wall motion abnormalities. *Brit. Heart J.*, **35**: 1026, 1973.
- 19) Weiss, J.L. et al.: Evidence of Frank-Starling effect in man during severe semisupine exercise. *Circulation*, **59**: 655, 1979.
- 20) Crawford, M.H. et al.: Echocardiographic evaluation of left ventricular size and performance during handgrip and supine and upright bicycle exercise. *Circulation*, **59**: 1188, 1979.
- 21) Sugishita, Y. and Koseki, S.: Dynamic exercise echocardiography. *Circulation*, **60**: 743, 1979.

Abstract

Evaluation of Myocardial Contractility in Healthy Elderly Men by Dynamic Exercise Echocardiography

Hajime Tamaki

The aim of this study is to compare the myocardial contractility of the healthy elderly men to that of healthy young men, all of them underwent submaximal treadmill stress tests which were negative. The study population consists of 29 healthy young (young group) and 18 old men (old group). Their average ages were 28.5 ± 4.3 (mean $\pm$ SD) in the former and 68.5 ± 5.1 in the latter. All of them performed the graded exercise of bicycle ergometer in the supine position. Echocardiograms of the left ventricular internal dimensions with simultaneous measurements of external pulse recording were successfully obtained from all of them at rest and during the steady state of the exercise level of 75 Watts.

Changes in heart rate and peripheral vascular resistance during exercise compared to resting state showed no significant difference in both groups. Systolic and diastolic blood pressure, however, increased more markedly in the old than the young group during exercise ($P < 0.01$), while the values at rest were not different in both groups. As to the

ejection phase indices at rest, the values of stroke dimension (SD) and of mean rate of circumferential fiber shortening (VCF) in both groups were not statistically different, while those of ejection fraction (EF) and of normalized VCF were significantly smaller in the old ($65.4 \pm 5.7\%$, $1.01 \pm 0.12 \text{ sec}^{-1}$, respectively) than in the young group (70.7 ± 5.3 , 1.14 ± 0.13 , respectively) ($p < 0.01$). It revealed, however, that EF and normalized VCF did not show any significant difference in both groups of values, when they were corrected by the left ventricular end-diastolic internal dimension. During exercise, all of these four indices increased their values significantly in both groups and the changes were more marked in the old than the young group ($p < 0.05 \sim 0.01$). Therefore, the values in EF and normalized VCF during exercise showed no significant difference in both groups.

These results suggest that healthy elderly men have no reduction in myocardial contractility as compared to that in healthy young subjects, judged by the echocardiographic measurements. It is also suggested that these measurements can be used as the tool to differentiate the normal heart and the latent cardiac dysfunction.