

身体トレーニングが高齢者の心臓機能、 形態に与える影響

国立健康・栄養研究所 松尾 史朗
(共同研究者) 同 樋口 満
国立病院医療センター 赤塚 宣治

Effect of Endurance Exercise Training on Cardiac Function and Structure in Older Men

by

Shiro Matsuo, Mitsuru Higuchi

National Institute of Health and Nutrition

Division of Health Promotion

Nobuharu Akatsuka

National Medical Center Hospital Division of Cardiology

ABSTRACT

It is known that endurance exercise training induce left ventricular (LV) structural and functional changes. But, there have been few reports regarding these changes in older athlete. So, we performed echocardiography in 4 groups : 11 older trained runners (OR ; age 65.1 ± 2.5 yrs, mean \pm SD), 15 young trained runners (YR ; 18.2 ± 0.4) and age-matched 10 older (OC ; 64.6 ± 4.2) and 18 young untrained men (YC ; 20.9 ± 1.3). All subjects had no evidence of hypertension and cardiovascular disease.

The trained runners had lower resting heart rate than the untrained subjects in the older and young groups, respectively. In M-mode study, YR had increased LV end-diastolic diameter and muscle thickness. But, these changes were not observed in OR. Indexes of LV systolic function (shortning fraction and ejection fraction) were not different among the 4 groups.

The results of this study suggested that endurance exercise training could not induce LV structural changes in older subjects.

要 旨

持久性トレーニングの継続により生じる心臓機能および形態の適応性変化に加齢が及ぼす影響を明らかにするため、高齢長距離走競技者 (OR: n = 10; 65.1 ± 2.5 yrs), 高齢対照者 (OC: n = 11; 64.6 ± 4.2), 若年長距離走競技者 (YR: n = 15; 18.2 ± 0.4) そして若年対照者 (YC: n = 18; 20.9 ± 1.3) の4群に対し、心臓超音波検査を行ない検討した。OR, YRの安静時心拍数は、それぞれOC, YCに比較し有意に低値であった。YRでは、左心室壁の肥大と左心房、左心室の拡大が認められたが、ORとOC間には、心形態に差は認められなかった。左心室収縮機能は4群間で差がなかった。持久性トレーニングの継続による安静時心拍数の低下は高齢者でも若年者の場合と同様に認められたが、心臓の形態的变化は高齢者では認められず、持久性トレーニングに対する心臓の形態的な適応現象は加齢により生じ難くなることが示唆された。

はじめに

持久性運動の継続により心臓にはスポーツ心臓 (Athletic heart) と呼ばれる機能的、形態的变化が生じることが知られている。スポーツ心臓はトレーニングに対する生理的適応現象と考えられているが、心電図、胸部レントゲン写真、心臓超音波検査などで器質的心疾患と類似した所見を呈するため、診療の場では、この両者の鑑別がしばしば問題となる¹⁻³⁾。

近年、健康増進に関する意識の高揚にともない高齢者にもジョギングなどの持久性運動を継続して行なう者が増えてきた。高齢者では若年者に比

べ疾患の発生頻度が高く、また加齢にともなった身体各器官の機能の低下も認められるため安全性の確保という観点から、若年者の場合以上にメディカルチェックの重要性が強調されている。

ところが、高齢者を対象として持久性運動が心臓血管系に与える影響について検討した研究は現在までのところ少ないため、高齢スポーツマンのメディカルチェックの際にも、若年者を対象とした研究から得られたスポーツ心臓の所見を基礎に器質的心疾患との鑑別を行なっているのが現状である。

しかし、高齢者では老化現象のために持久性運動に対する適応変化は若年者の場合と異なることも予想され、若年者において知られている所見をそのまま高齢者に当てはめることは危険であると考えられる。

そこでわれわれはメディカルチェックの際の基礎資料を提供することを目的として、持久性トレーニングにより生じる心臓形態および機能の適応性変化に対し、加齢がどのような影響を与えているかについて心臓超音波検査を用いて検討した。

方 法

(1) 対象

本研究は11名の高齢長距離走競技者 (OR) と10名の高齢対照者 (OC), 15名の若年長距離走競技者 (YR) と18名の若年対照者 (YC) の4群について行なった。対象はいずれも男性であり、長距離走競技者はそれぞれの年齢階級の国内競技会への参加者である。検査に先立ち問診、理学的診察、血圧測定を行なった。OR, OCに対しては、安静時臥位12誘導心電図の記録も行なった。

以上の結果より高血圧、虚血性心疾患などの心機能に影響を及ぼすと考えられる疾患の存在が疑われるものおよび薬剤の内服者を除外した。また心臓超音波検査にて計測に適する良好な画像の得られなかったものも対象から除外した。4群に対し身長および体重の測定を行い体表面積を算出した。長距離走競技者に関しては最近1年間における1週間当たりのトレーニング距離および競技成績について聞き取りを行なった。

(2) 心臓超音波検査

Hewlett-Packard 社 Series 77020 A の心臓超音波記録装置を使用し、2.5 MHz のトランスデューサを用いて M モード心臓超音波検査、断層心臓超音波検査を行なった。被験者を左側半臥位または仰臥位の状態にし、トランスデューサを胸骨左縁第 3 ないしは 4 肋間に置いて記録を行なった。計測はアメリカ超音波学会の方法に基づいて行ない、左心室拡張終期径、左心室収縮終期径、心室中隔厚、左心室後壁厚、左心房径を求めた⁴⁾。

これらの計測値から左心室短縮率、左心室重量を求めた⁵⁾。また、Pombo の方法により左心室拡張終期容量、左心室駆出率を計算した⁶⁾。内径、心重量、および心容量については体表面積にて除し、補正值(指数値)も求めた。

断層心臓超音波検査は胸骨左縁第 3 ないし第 4 肋間からの左心室長軸像、短軸像と心尖部からの四腔断面像について行なった。左心室壁運動を観察し、局所的な壁運動の異常を認める症例を対象から除外した。

(3) 統計処理

各群間の平均値の差の検定は Student-t 検定を用いて行なった。比率の差の検定は χ^2 検定を用いて行なった。P < 0.05 の水準をもって統計的に有意であるとした。すべての数値は平均値 ± 標準偏差で表した。

結 果

(1) 被験者の身体的特徴、心拍数、トレーニング量および競技成績(表 1)

YR と YC 間の比較では体重が YR において有意に大きかったが、身長、体表面積には有意な差を認めなかった。OR と OC 間では身長、体重、体表面積の値に有意な差は認めなかった。

心拍数は若年者群、高齢者群ともに長距離走競技者において、それぞれコントロールに比較して有意に少なかった。

トレーニング量については YR が OR より有意に多く、競技成績も YR が OR に勝っていた。

表 1 若年長距離走競技者、高齢長距離走競技者と非運動者の身体特性、トレーニング量

Group	N	Age	Height	Weight	BSA	Heart Rate	Training distances	Race time 5000 m
		yr.	cm	kg	m ²	beats/min	km/week	min
young runners	15	18.2 ± 0.4	170.5 ± 3.8	58.9 * ± 3.4	1.64 ± 0.06	55 ** ± 7	110.0 ± 0.0	15.7 ± 1.1
young controls	18	20.9 ± 1.3	171.3 ± 5.0	64.0 ± 7.9	1.70 ± 0.12	70 ± 9	—	—
older runners	11	65.1 ± 2.5	160.5 ± 4.9	53.3 ± 5.4	1.50 ± 0.09	53 ** ± 9	51.0 ± 33.0	21.3 ± 1.7
older controls	10	64.6 ± 4.2	159.2 ± 7.7	49.8 ± 5.1	1.45 ± 0.10	70 ± 14	—	—

*P < 0.05, **P < 0.01 vs age-matched untrained subjects.

表2 高齢長距離走競技者, 対照者の心電図所見

	HR	SV ₁	RV ₅	SV ₁ +RV ₅	RV ₅ > 26	SV ₁ +RV ₅ > 35
Older Runner	53 ** ± 9	9.0 * ± 3.9	26.7 * ± 5.6	35.9 ** ± 6.7	7 / 11 * (64%)	8 / 11 ** (73%)
Older Control	70 ± 14	6.0 ± 2.2	20.5 ± 6.2	26.5 ± 7.0	2 / 10 (20%)	1 / 10 (10%)

*P< 0.05, **P< 0.01 vs age-matched untrained subjects.

(2) 12誘導心電図所見 (表2)

波形に関する検討ではORでV₁誘導におけるS波の深さ(SV₁)およびV₅誘導のR波高(RV₅)がOCに比し有意に大きく, この両者の和(SV₁+RV₅)もORにおいて有意に大きかった. Minnesota codeによる高電位の基準(RV₅> 26, SV₁+RV₅> 35)を満たす者の割合は, ORで有意に多かった. 左側胸部誘導のST, Tに変化を認められたものはOR, OCともなかった.

リズムに関する異常所見としては, 安静時心拍数60/分以下の洞性徐脈はOR 11名中8名に認められたが, 洞性不整脈, 心室期外収縮, 上室性期外収縮, 不完全右脚ブロックおよび1度, 2度房室ブロック等は認められなかった.

(3) 心臓超音波検査結果 (表3, 表4, 表5)

若年者では, YRはYCに比し心室中隔厚, 左心室後壁厚, 左心室拡張終期径指数, 左心房径, 左心房径指数が有意に大きく, 左心室重量, 左心室重量指数, 左心室拡張終期容量, 左心室拡張容量指数の各計算値も有意に大きかった. また1回拍出量, 1回拍出量指数もYRにおいて有意に大きかった. しかし, 左心室駆出率, 短縮率については差は認められなかった.

高齢者では, ORとOCの間に計測値では有意な差は認められなかった. M-モード計測値より得られた計算値では, 左心室重量と1回拍出量がORに於いて有意に大きかったが, いずれも対表面積にて除し補正した指数値では有意な差とはならなかった. 他の計算値には有意な差は認められなかった. 左心室駆出率, 短縮率についても有意

表3 心臓超音波検査M-モード計測値

		YOUNG		OLDER	
		runner	control	runner	control
Interventricular septal wall thickness	mm	11 ± 1 **	9 ± 2	10 ± 2	9 ± 3
Posterior left ventricular wall thickness	mm	10 ± 1 **	7 ± 2	9 ± 1	8 ± 2
left ventricular end-diastolic dimension	mm	51 ± 4	49 ± 2	50 ± 3	47 ± 4
left ventricular end-diastolic dimension index	mm/m ²	31 ± 2 **	29 ± 2	34 ± 3	32 ± 2
left atrial dimension	mm	35 ± 3 **	29 ± 4	32 ± 5	28 ± 5
left atrial dimension index	mm/m ²	22 ± 2 **	17 ± 3	21 ± 3	19 ± 3

**P< 0.01 vs age-matched untrained subjects.

表4 心臓超音波検査 M—モード計算値

		YOUNG		OLDER	
		runner	control	runner	control
left ventricular mass	gm	239 ± 48 **	159 ± 44	197 ± 35 *	152 ± 55
left ventricular mass index	gm/m ²	146 ± 27 **	94 ± 24	131 ± 21	105 ± 38
left ventricular end-diastolic volume	ml	127 ± 22 *	114 ± 12	121 ± 20	104 ± 20
left ventricular end-diastolic volume index	ml/cm ²	77 ± 12 **	67 ± 8	81 ± 14	71 ± 11
Stroke volume	ml	82 ± 18 *	71 ± 11	80 ± 15 *	66 ± 15
stroke volume index	ml/cm ²	50 ± 10 *	42 ± 7	53 ± 12	45 ± 9
shortening fraction	%	35 ± 4	33 ± 5	33 ± 5	35 ± 7
ejection fraction	%	64 ± 7	62 ± 7	65 ± 7	64 ± 8

*P< 0.05, **P< 0.01 vs age-matched untrained subjects.

表5 左心室肥大の頻度

	YOUNG		OLDER	
	runner	control	runner	control
LV mass index	146 ± 27 **	94 ± 24	131 ± 21	105 ± 38
LV hypertrophy present (LV mass index > 134 gm/m ²)	8 / 15 ** (53%)	1 / 18 (6%)	4 / 11 (36%)	3 / 10 (30%)

**P< 0.01 vs age-matched untrained subjects.

な差は認めなかった。

左心室重量指数値が 134 g/m²を越える値を示す者の割合は YC (6%) に比し YR (53%) で有意に高かったが、OR と OC の間には頻度に有意な差は認められなかった (表5)。

考 察

持久性運動の継続は心臓の形態および機能に変化をもたらす事が知られており、その変化はスポーツ心臓 (Athletic heart) と呼ばれている¹⁻³⁾。

スポーツ心臓は生理的適応現象と考えられるが、しばしば器質的心疾患との鑑別が問題となる

ような検査所見を呈する。

12誘導心電図ではQRS電位の増大、ST上昇、T波増高、陰性T波などの波形変化そして洞性徐脈、1度、2度房室ブロック、不完全右脚ブロック及び上室性期外収縮、心室期外収縮などのリズム異常がしばしば観察される^{1,7)}。

心臓超音波検査でも、左心室内腔の拡大、左心室肥大、左心室重量の増加そして左心房の拡大などが報告されている^{2,3)}。

本研究が対象とした長距離走競技者は高齢者、若年者のいずれもその年代の国内競技大会への参加者であり、そのトレーニング量、競技成績など

より、心臓に生理的適応現象が十分に生じ得る優れた競技者集団であると考えられる。

若年長距離走競技者では、心拍数は若年非運動者に比べて有意に少なく、心臓超音波検査の結果でも左心室心筋の肥大、左心房、左心室内腔の拡大と左心室1回拍出量(指数)の増大を認めた。また左心室重量指数が 134 g/m^2 を越える左心室肥大を示す者の頻度も高かった。これらの所見は今まで報告されているスポーツマン心臓の典型的な所見である。

しかしながら、高齢長距離走競技者では、心拍数は高齢非運動者に比べ有意に低値であり、12誘導心電図所見でもQRS電位の増大を認めたが、若年者の心臓超音波検査で得られたような長距離走競技者と非運動者間の心臓形態の違いは観察されなかった。また左心室重量指数値が 134 g/m^2 を越える者の頻度も非運動者における頻度と差は無かった。

高齢スポーツマンの心臓形態に関する検討は少ないが、Nishimuraら⁸⁾やChildら⁹⁾により中高年男性を対象とした報告がなされている。彼らの報告では中年競輪競技者や中高年短距離走、長距離走競技者のいずれにおいても若年者と同様の心臓の形態的变化がトレーニングにより生じることを示しており、われわれの結果とは異なっている。

この結果の相違は本研究における高齢長距離走競技者が彼らの対象とした被験者より、年齢が平均10～20歳程高いこと、また20年以上にわたるような若年期からの長期にわたるトレーニング継続者が少なく、ほとんどが中高年になってから持久性運動によるトレーニングを開始した者であったことに由来すると考えられる。

本研究で対象とした高齢長距離走競技者の日常トレーニング量は若年者よりも少なく、そのため若年者の様な形態的变化が現われなかった可能性も否定し得ないが、60歳以上の高齢者においては

持久性運動に対する心臓の生理的適応能力の低下があり、若年者において起こる様な左心室肥大が生じ難いものである可能性も考えられる。

したがって、高齢長距離走競技者で12誘導心電図に認められたQRS電位の増高は左心室の肥大または拡大に由来するものではなく、他の要因によるものと考えられる。

また、高齢スポーツマンのメディカルチェック等の際に心臓超音波検査を行ない、左心室肥大、拡大等の心形態の変化を認めた場合には、スポーツ心臓を考慮する以上に高血圧や器質的心疾患などの疾病に由来する変化を考慮すべきであると思われた。

安静時における左心室収縮能力については、これ迄に多くの報告がなされており、持久性身体運動の継続によって生じたスポーツ心臓でも、安静時の左心室収縮能力は非運動者と違いは無いことが示されている^{1,2,3,9)}。本研究においても、短縮率、左心室駆出率にはORとOC、YRとYCの間で差はなく、持久性身体運動の継続は高齢者においても若年者の場合と同様に左心室収縮機能に対しては影響を与えないものであると考えられた。

ま と め

持久性運動の継続に対する心臓の生理的適応現象を高齢者において検討した。安静時心拍数の減少を認めたが、スポーツ心臓として知られているような心臓形態の変化は認められなかった。

謝 辞

本研究を行なうにあたっては、小林修平国立健康・栄養研究所健康増進部部長に研究の計画から終了に至るまで多くの助言を頂きました。ここに記して感謝致します。

文 献

- 1) Huston T. P., Puffer J. C., Rodney W. M.; The athletic heart syndrome, *N. Engl. J. Med.*, **313**, 24-32 (1985)
- 2) Douglas P. S., O' toole M. L., Hiller W. B., Reichek N.; Left ventricular structure and function by echocardiography in ultraendurance athletes, *Am. J. Cardiol*, **58**, 805-809 (1986)
- 3) Urhausen A., Kindermann W.; One-and two-dimensional echocardiography in body builders and endurance-trained subjects, *Int. J. Sports Med.*, **10**, 139-144 (1989)
- 4) The committee on M-mode standardization of the American Society of echocardiography ; Recommendations regarding quantitation in m-mode echocardiography : Results of a survey of echocardiographic measurements, *Circulation*, **58**, 1072-1083 (1978)
- 5) Devereux R. B., Reichek N.; Echocardiographic determination of left ventricular mass in man ; anatomic validation of the method, *Circulation*, **55**, 613-618 (1977)
- 6) Pombo J. F., Troy B. L., Russell R. O. Jr ; Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography, *Circulation*, **43**, 480-484 (1971)
- 7) Douglas P. S., O' toole M. L., Hiller W. B. , Hackney K. , Reichek N. ; Electrocardiographic diagnosis of exercise-induced left ventricular hypertrophy, *Am. Heart J.*, **116**, 784-789 (1988)
- 8) Nishimura T., Yamada Y., Kawai C.; Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists, *Circulation*, **61**, 832-840 (1980)
- 9) Child J. S., Barnard R. J., Taw R. L.; Cardiac hypertrophy and function in master endurance runners and sprinters, *J. Appl. Physiol.*, **57** (1), 176-181 (1984)