

パワーリフティング運動家における左室肥大と左室拡張機能

松田光生・芳賀脩光・野坂俊弥*・喜多尾浩代*
小島龍平**・杉下靖郎***・福島秀夫・柄田幸徳

Left ventricular hypertrophy and left ventricular early diastolic filling in power lifter

Mitsuo MATSUDA, Shukou HAGA, Toshiya NOSAKA*, Hiroyo KITAO*
Ryuhei KOJIMA**, Yasuro SUGISHITA***, Hideo FUKUSHIMA, Yukinori TOMODA

SUMMARY

An abnormal left ventricular early diastolic filling pattern has been revealed in subjects with different forms of left ventricular hypertrophy. To study left ventricular early diastolic filling in exercise induced left ventricular hypertrophy, we estimated the following in 45 male power lifter (aged 17-51 yrs), by using echocardiography: left ventricular wall thickness in diastole (WTd: interventricular wall thickness + posterior wall thickness), left ventricular filling volume (FV) and filling fraction (FF: FV/end-diastolic volume) during the first 0.1 sec of diastole, and cardiac index (CI: cardiac output/body surface area).

Eight of 45 subjects (18%) showed left ventricular hypertrophy (WTd > 22mm). There were no significant differences between subjects with left ventricular hypertrophy and subjects without hypertrophy in age (29 ± 9 vs 27 ± 10 , mean \pm SD), training period (78 ± 57 mo vs 57 ± 66), training time (7.2 ± 2.3 hrs/wk vs 6.7 ± 2.3), FV (19 ± 6 ml vs 19 ± 8), FF ($16 \pm 6\%$ vs 16 ± 5), and CI (3.1 ± 0.81 min/spM vs 2.9 ± 0.7). The significant difference was showed in systolic blood pressure (128 ± 12 mmHg vs 119 ± 11).

we conclude that the left ventricular hypertrophy in subjects involved in power training may not disturb the left ventricular early diastolic filling.

はじめに

運動トレーニングを継続することにより心臓が大きくなることは良く知られていて、大きくなった心臓は「スポーツ心臓」と呼ばれている。心エ

コー図を用いた研究^{1,2)}によると、動的な等張性運動を主体にする運動では左室内腔が拡大し、静的な等尺性運動を主体にする運動では左室壁が肥大するという。これらはそれぞれ病的な弁閉鎖不全などによる容量負荷心と高血圧などによる圧負荷心に対応している。「スポーツ心臓」は運動中の血行動態に適応した状態であるとみなせるが^{1,6)}、一方でその形態変化により何らかの不利なことが生じている可能性もある。

心室は血液を拍出するポンプである。しかし血液を拍出するためにはまず内腔が血液で満たされなければならない。心室の血液充満は拡張期にな

* 筑波大学体育研究科

** 昭和大学医学部

*** 筑波大学臨床医学系

* Master's Program of Physical Education, the University of Tsukuba

* Syowa University School of Medicine

*** Institute of Clinical Medicine, the University of Tsukuba

されるが、この充満は三相に分けることができる。すなわち拡張早期に血液が多量に流入する急速充満期、拡張中期の緩徐充満期および心房収縮による充満である。安静時には心房収縮までに全充満量の約80%が流入する⁹⁾。運動中などのように頻拍になり拡張期が短縮すると、拡張早期の充満の意義が一層増すことになる。血液が流入するためには左室壁が伸展しなければならないが、壁が肥大すればその伸展性は減少しそうに思える。また肥大して慣性が増すことも不利に働きそうである。

「スポーツ心臓」のうち内腔が拡大する型のものでも、内径拡大にもとづく応力の増大を代償するためにある程度は壁の肥大が生じる¹⁰⁾が、そのような肥大心の場合には拡張早期の充満は低下せず、運動中にはむしろ増大していた⁹⁾。しかし静的な運動を主体とする運動家にみられる、壁の肥大を主とする型の「スポーツ心臓」における左室の拡張機能に関する研究はまだなされていない。

本研究では、肥大型の「スポーツ心臓」における左室の拡張機能を検討することを目的として、パワートレーニングを継続している運動家の左室の形態と血行動態を心エコー図法を用いて評価した。

方 法

対象：45人の男性パワーリフティング運動家(17～51歳)を対象とした。運動歴は12月から252月にわたり、練習時間は1週間に4時間から15時間であった。

計測：心エコー図法を用いて、左室壁厚、左室拡張早期充満量、および心拍出量の計測を行った。

心エコー図装置はアロカ製SSD-81であり、3 MHzの探触子および連続記録装置(フクダ電子RF-81)を用いた。被験者を仰臥位にして、15分間の安静後カフ式血圧計にて血圧を測定した。ついで胸骨左縁において左室断層図を描出し、僧帽弁腱索部位にビーム方向を設定した後に、左室Mモードエコー図を心電図および心音図とともに、紙送り速度50mm/secにて記録した。

得られた記録から、室室中隔と左室後壁の厚さを心電図P波の開始時点において測定し、両者の和を左室壁厚とした。左室拡張終期内径(Dd)は心電図R波の頂点で、収縮終期内径は心音図第2音の開始点で測定した。心音図第2音から0.1秒後における内径を計測しDfとした。各時点における内径と心拍数(HR)を用いて、Pombo¹⁴⁾法により心拍出量および拡張早期の0.1秒間における左室充満量を次式のように求めた。なお心拍出量は身長と体重からノモグラムを用いて求めた体表面積(BSA)で補正し、心係数として表した。

$$\text{Cardiac Index} = (Dd^3 - Ds^3) \times \text{HR} / \text{BSA}$$

$$\text{Filling Volume} = Df^3 - Ds^3$$

拡張早期左室充満量は、左室の大きさに影響を受けることが考えられる。すなわち単位心筋当たりの伸展の長さが同じでも、左室が大きいほど充満量は大となるはずである。そこで充満量を左室拡張終期容積で補正した指数として、拡張早期左室充満率を次式のように定義した。

$$\text{Filling Fraction} = (Df^3 - Ds^3) / Dd^3 \times 100$$

統計的解析：t検定を用いて、平均値の差の検定を行った。有意水準は5%とした。

成 績

Table 1 Characteristics in each group

	LVH	non-LVH	P
No.	8	37	
WTd (mm)	25.0±2.4	19.5±1.9	
Age (yrs)	29±9	27±10	NS
Body surface area (sqM)	1.81±0.16	1.80±0.12	NS
Training period (mo)	78±57	57±66	NS
Training time (hrs/wk)	7.2±2.3	6.7±2.3	NS
Systolic blood pressure (mmHg)	128±12	119±11	<0.05

Values are mean ± SD. Each group consists of male subjects.

WTd: Left ventricular wall thickness in diastole (interventricular wall thickness + posterior wall thickness): LVH: Subjects with left ventricular hypertrophy: non-LVH: Subjects without left ventricular hypertrophy.

左室壁厚は15mmから30mmの範囲（平均値＝20.5）にあった。心室中隔と後壁の壁厚の差が2mmを越えるような不均一肥大を示す例はなかった。一般健康成人における心室中隔と左室後壁の壁厚の正常上限値は、それぞれ11mmとされるので²⁾、被験者のうち左室壁厚が22mmを越える例を肥大群、22mm以下の例を非肥大群とした。肥大群は8例（18%）で壁厚の平均値は25.0mm、非肥大群は37例で壁厚の平均値は19.5mmであった（表1）。両群における年齢、体表面積、運動歴および1週間の練習時間には、有意の差が認められなかった（表1）。安静時の収縮期血圧は100mmHgから144mmHgの範囲にあり境界高血圧の基準に入る肥大群の2例（144, 142mmHg）を除き、高血圧を示す被験者はいなかったが、肥大群の平均値は128（SD=12）mmHgであり、非肥大群の平均値である119（11）mmHgに比較して有意（ $p < 0.05$ ）に高かった（表1）。

心係数（図1）、拡張早期左室充満量（図2）および充満率（図3）は、両群間において有意差を示さなかった。比較的高度の肥大（30mm）を示した一例においても、充満量は24ml、充満率は24%であり、低下は認められなかった。

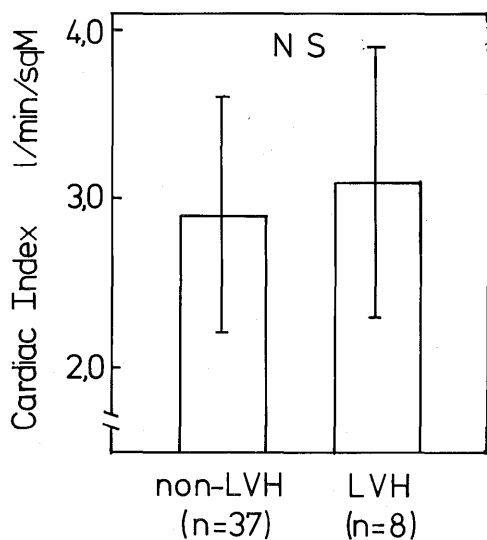


Fig. 1 Comparison of mean (SD) values of cardiac index between subjects with left ventricular hypertrophy (LVH) and without left ventricular hypertrophy (non-LVH).

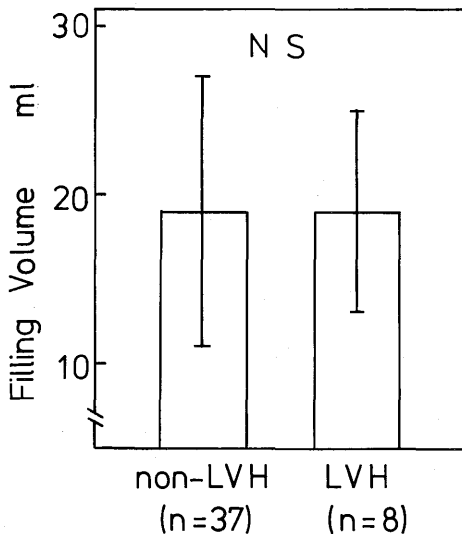


Fig. 2 Comparison of mean (SD) values of left ventricular early diastolic filling volume between subjects with left ventricular hypertrophy (LVH) and without left ventricular hypertrophy (non-LVH).

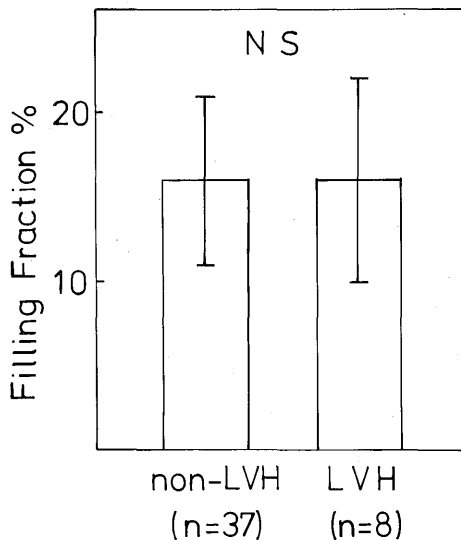


Fig. 3 Comparison of mean (SD) values of left ventricular early diastolic filling fraction between subjects with left ventricular hypertrophy (LVH) and without left ventricular hypertrophy (non-LVH).

考 案

左室肥大：本研究において対象にしたパワーリフティング運動家の18%に左室肥大が認められた。パワーリフティングのような等尺性運動を主体とするトレーニングを継続する人にみられる左室肥大は、等尺性運動中の血圧上昇が左室に対して圧負荷として働くために生じるとされている¹³⁾。実際の重量挙げ運動中にどの程度血圧が上昇するかを通常の方法で測定することは困難であるが、レッグプレス中に上腕動脈で観血的に測定した報告⁷⁾によれば、収縮期血圧が300mmHg以上にも達することがあるとされる。たとえ持続時間は短くとも、このような負荷が左室壁に反復して加われば、左室肥大が生じることは十分に考えられる。

Keulら⁵⁾によると、重量挙げや砲丸投げなどの静的運動とパワートレーニングを主体とする運動家の左室は、高血圧患者にみられるものと同様に求心性肥大を生じていた。この論文中に報告された左室壁厚は、我々が対象にした被験者における値とほぼ同様であり、後壁の平均値が10.2mm、心室中隔が12.6mmであった。Longhurstら⁶⁾の報告によっても、重量挙げ運動家の左室筋重量は非鍛練者に比し有意に大であった。彼等が示している運動家の左室壁厚も、我々の結果とほぼ同程度であると思われる。いっぽうMorganrothら¹³⁾によると、同様に等尺性運動を主体とするレスラーでも左室の求心性肥大を生じるが、心室中隔と左室後壁の壁厚は平均13.0(0.5)mmおよび13.7(0.4)mmであり、12人中10人において心室中隔の壁厚が正常値を越え、左室後壁は11人で肥大を示した。我々が対象にした被験者より、あきらかに左室肥大の程度が強い。この差は運動の持続時間などに起因するかもしれないが、我々が対象にした重量挙げ運動家のみをなかで比較すると、左室肥大の有無によって練習時間や運動歴に差は認められなかった。

肥大の有無と練習時間や運動歴との間には関係が認められなかったが、肥大群では収縮期血圧が非肥大群にくらべて有意に高かった。その程度は肥大群の2名が境界高血圧にはいる程度の高さであり、高血圧の基準にはいる例はなかった。安静時の血圧が高い例において、等尺性運動負荷を加えた場合の収縮期血圧の増加分は、低い例とほぼ同程度か¹⁾、あるいは大きい¹²⁾とされる。したがって

安静時血圧の高い例ほどトレーニング中の血圧が高いことが考えられ、このことが肥大の発生と関係しているかもしれない。実際に我々は、重量挙げ運動家に等尺性握力負荷を加えた際の収縮期血圧と、左室壁厚の間に有意の相関関係があることを認めている¹⁰⁾。

左室拡張機能とポンプ機能：本研究で用いた拡張早期の0.1秒間における左室充満量は、拡張早期に左室に流入する血液の平均流入速度に相当する指標である⁹⁾。本研究の被験者における値は、すでに報告した成人健常男性における平均値15(12)ml、および中・長距離走者における平均値21(12)mlに比較して有意差はない。心係数も報告されている正常値⁸⁾の2.9(0.9)l/min/sqMと同様である。

拡張期の左室血液充満の大部分をしめる拡張早期における左室への血液の流入は、単に静脈還流により上昇した左房圧にもとづく、受動的な左房と左室間の圧較差によるものではなく、拡張早期における左室の能動的な吸引作用が関与しているとされる¹⁵⁾。もしそのような作用がなければ、運動中のように心拍数が増して拡張期が短縮する際に、拍出量を増大するように十分な充満を得ることはできないであろう。したがって拡張早期の血液流入が障害されれば、左室のポンプ機能に重大な影響を及ぼすことになる。また左室の流入障害は、肺静脈圧を高め肺のうっ血をきたすことにもなる。左室肥大は、左室壁の伸展性低下および慣性の増大などにより、拡張期充満にとって障害になることが考えられる。実際に高血圧症や左室壁に著しい肥大をきたす特発性肥大型心筋症において、拡張早期の充満が障害されていることが示されている^{4,11)}。肥大心を持つ例における運動耐容能の低下は、このような左室の拡張障害によって説明されている。

本研究において、拡張早期左室充満量および充満率には肥大の有無による差は認められなかった。また心係数にも差がなかった。本研究における肥大の程度が軽度であったために、拡張早期の充満に障害とならなかった可能性もあるが、比較的高度の肥大を示した例でも充満の低下は認められなかった。高血圧症においては、肥大例ほど拡張早期の充満の低下は著しいが、肥大がなくとも充満の低下が認められた¹¹⁾。このことは高血圧症における充満障害には、肥大以外の因子も関与し

ていることを示唆する。特発性肥大大型心筋症では、肥大した心筋が正常の配列をせず錯綜配列を示すが、このような異常な配列が心筋の拡張障害の一因となっている可能性もある。いずれにせよ運動トレーニングによって生じた左室肥大は、病的な肥大と異なり、左室の拡張障害をきたすことはなさそうである。

結論：対象にしたパワーリフティング運動家の18%に比較的軽度な左室肥大を認めたが、病的な肥大心とは異なり、拡張早期の左室充満機能には異常を認めず、ポンプ機能も正常であった。

参 考 文 献

- 1) Bronson, L., Wasir, H. and Sannerstedt: Haemodynamic effects of static and dynamic exercise in males with arterial hypertension of varying severity. *Cardiovasc. Res.* 12: 269-275, 1978.
- 2) Feigenbaum, H.: *Echocardiography*. 3rd Edition: 550, Lea and Febiger, 1981.
- 3) Hammermeister, K. E., and Warbasse, J. R.: The rate of change of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* 49: 739-747, 1974.
- 4) Hanrath, P., Mathey, D. G., Siegert, R., Bleifelt, W.: Left ventricular relaxation and filling pattern in different forms of left ventricular hypertrophy: An echocardiographic study. *Am. J. Cardiol.* 45: 15-23, 1980.
- 5) Keul, J., Dickhuth, H.-H., Simon, G., Lehmann, M.: Effect of static exercise and dynamic exercise on heart volume, contractility, and left ventricular dimensions. *Circ. Res.* 48 (Supp. I): 162-170, 1981.
- 6) Longhurst, J. C., Kelly, A. R., Gonyear, W. J., Mitchell, J. H.: Echocardiographic left ventricular masses in distance runners and weight lifters. *J. Appl. Physiol.* 48: 154-162, 1980.
- 7) MacDougall, J. D., Tuxen, D., Sale, D. G., Moroz, J. R., Sutton, J. R.: Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 58: 785-790, 1985.
- 8) 町井 潔, 古田昭一, 尾本良三, 山口 徹, 松田光生, 梅田 徹, 松崎 中, 高橋久子: 心臓の超音波検査法. 412, 中外医学社, 1977.
- 9) Matsuda, M., Sugishita, Y., Koseki, S., Ito, I., Akatsuka, T., Takamatsu, K.: Effect of exercise on left ventricular diastolic filling in athletes and nonathletes. *J. Appl. Physiol.* 55: 323-328, 1983.
- 10) 松田光生, 芳賀脩光, 福島秀夫, 喜多尾浩代, 杉下靖郎, 小関 進: スポーツ心臓の成因に関する研究. 等尺性負荷に対する反応と左室肥大. 第40回日本体力医学会大会予稿集. 327, 1985.
- 11) 松田先生, 杉下靖郎, 小関 進, 山口 徹, 田村勤, 伊藤 巖, 沢田 進, 佐藤利平: 高血圧心における左室拡張機能. *高血圧* 2: 44, 1979.
- 12) McAllister, R. G. Jr.: Effect of adrenergic receptor blockade on the responses to isometric handgrip: Studies in normal and hypertensive subjects. *J. Cardiovasc. Pharmacol.* 1: 253-263, 1979.
- 13) Morganroth, J., Maron, B. J., Henry, W. L., Epstein S. E.: Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann. Intern. Med.* 82: 521-524, 1975.
- 14) Pombo, J. F., Troy, B. L., Russel, R. O. Jr.: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 43: 480-490, 1971.
- 15) Sabba, H. N., Stein, P. D.: Pressure-diameter relation during early diastole in dogs. Incompatibility with the concept of passive left ventricular filling. *Circ. Res.* 48: 357-365, 1981.
- 16) Sugishita, Y., Koseki, S., Matsuda, M., Yamaguchi, T., Ito, I.: Myocardial mechanics of athlete's heart, comparisons with diseased hearts. *Am. Heart J.* 105: 273-280, 1983.