

パワーリフターにおけるスクワット運動中の 心室性不整脈と左室肥大

松田光生・西山智子*・芳賀脩光・堺 広志*
鈴木尚美*・山本啓之*・山口 巖**

Ventricular arrhythmias during squat and left ventricular hypertrophy in power lifter

Mitsuo MATSUDA, Tomoko NISHIYAMA*, Shukoh HAGA,
Hiroshi SAKAI*, Naomi SUZUKI*, Hiroyuki YANAMOTO*
and Iwao YAMAGUCHI**

The purpose of this study was to investigate the incidence of ventricular arrhythmias during heavy resistance exercise in power-lifters, especially in the subjects with left ventricular hypertrophy (LVH). Ventricular arrhythmias were evaluated with Holter ECG recorder in 45 male power-lifters (16-50yrs) during squat exercise performed at about 35%, 50%, 75%, 90%, and 100% of maximum. Left ventricular end-diastolic wall thickness (WTd: interventricular wall thickness + left ventricular posterior wall thickness) were measured at rest by using echocardiography. Ventricular premature contractions (VPC's) were recorded during exercise in 11 of 45 subjects (24%). Nine of 11 showed VPC's of left ventricular origin. WTd increased in 7 of 45 subjects (16%) to a mild extent (2.3-2.8 cm). There was no significant difference in the occurrence rate of VPC's of left ventricular origin between the power-lifters with LVH and those without LVH. WTd in the power-lifters with VPC's did not differ from that in those without VPC's. Ventricular ectopic activity might not be enhanced in the power-lifter with mild LVH.

Key words: ventricular arrhythmia (心室性不整脈), left ventricular hypertrophy (左室肥大), power lifting (パワーリフティング)

はじめに

スポーツ選手における運動中の突然死の剖検例を集計した Waller の報告¹⁾によれば、基礎疾患としては、肥大型心筋症および冠動脈の先天性奇型によるものが多いが、不明とされている例も多い。日本体育・学校健康センターの資料(日本体育・学校健康センター編:学校での事故の事例と防止の留意点—死亡・障害—。昭和56, 60, 61,

62年版)から、昭和57—60年度の体育授業ないし課外活動による運動中に起こった突然死例のうち、剖検ないし既往歴により心臓性突然死が疑われるもののみを選び出してまとめると²⁾、やはり肥大型心筋症、冠動脈異常とともに、器質的疾患が不明で急性心機能不全とされる例が多い。このような急性心機能不全とされる例における突然死の発生機序は不明であるが、可能性の一つとして心室細動などの致死的不整脈が関連していることが考えられる。

原因不明とされている例を検討すると、左室肥

*筑波大学体育研究科

**筑波大学臨床医学系

大があると記載されている例が多い⁶⁾¹³⁾。肥大型心筋症においては左室肥大の程度が強いほど心室性頻拍の発生頻度が高いという報告もある¹¹⁾。また高血圧においても、左室肥大例で不整脈や突然死の頻度が高いという成績が示されている²⁾⁴⁾⁸⁾。心エコー図を用いた研究⁹⁾によると、一般に重量挙げのような静的運動では左室壁厚が増大する型の心肥大が生じるとされている。運動中に心室性期外収縮が認められても、それらが直ちに致死的不整脈に結び付くわけではないが、スポーツ選手の運動中における不整脈の発生と左室肥大の関連はさらに検討を要するものと思われる。また、運動中における不整脈の発生状況については、ランニングのような動的な運動では先行研究⁷⁾¹⁰⁾¹²⁾が多いが、重量挙げなどの静的運動についてはほとんど報告されていない。本研究の目的は、静的運動のトレーニングを続けているパワーリフターにおいて、運動中の不整脈の発生状況、およびその左室形態との関連を検討することである。

対象と方法

対象：45名（16—50歳：平均年齢27.9歳）の男性パワーリフターを対象にした。身長および体重の平均値は、それぞれ170.0cm（標準偏差=5.8）、72.9kg（12.7）であった。トレーニングを継続した期間の平均値は52.9月（57.8）であり、最近は1週間に平均7.5時間（4.8）のトレーニングを行っていた。年齢の分布が広いので、対象を35歳未満の若年群（33名：平均24.0歳）と35歳以上の中高年群（12名：平均38.6歳）に分けた検討も行った。若年群における身長の平均値は171.3cm（5.9）、体重の平均値は72.4kg（14.0）、トレーニング歴の平均値は36.8月（43.2）、トレーニング時間の平均値は7.9時間/週（5.1）であった。中高年群では、それぞれ166.8cm（4.5）、74.2kg（8.7）、97.0月（70.6）、6.4時間/週（3.8）であった。なお、全例で自覚症、安静時心電図には異常を認めなかった。ただし、高血圧（収縮期血圧160mm Hg以上、または拡張期血圧95mm Hg以上）を示した者が、若年群に1名、中高年群に3名認められたが、全例降圧剤の服用はしていなかった。他の身体所見には特別な異常が認められず、継続的に薬剤投与を受けている者はいなかった。なお血圧の全対象者における平均値は132mm Hg（14）/76mm Hg（15）であり、若年者では128mm Hg（10）/71mm Hg（12）、

Table 1 Load of squat exercise

grade	subjects	load kg	%load %
1	total(n=45)	48±10	34±8
	young(n=33)	46±10	33±9
	older(n=12)	52±10	37±5
2	total	69±17	51±8
	young	68±19	50±9
	older	72±10	52±7
3	total	99±19	73±8
	young	99±20	73±9
	older	98±16	71±6
4	total	120±23	88±4
	young	119±22	88±5
	older	123±25	88±4
5	total	137±26	100
	young	136±25	100
	older	140±29	100

Values are mean±SD. young : age<35yrs, older : age≥35yrs.

中高年群では143mm Hg（18）/89mm Hg（13）であった。収縮期血圧および拡張期血圧とも、中高年群において有意に高値であった（ $P < 0.01$ ）。

運動負荷心電図：トレーニング室でスクワット（立位にてバーベルを肩に担ぎ、膝関節を大腿が床に平行になるまで屈曲させ、ついで伸展させる）の試技を行い、その間の心電図を記録した。試技は各被験者の競技力を考慮して、第一段階は20—40kgの重量で連続した10回の試行とし、以降は重量を漸増するとともに回数を漸減して、第5段階では最高重量を1回試行するようにした。各段階における全対象例および各年代別の平均負荷重量と、第5段階を100%とした場合の相対負荷強度を表1に示す。各階段の間には数分間の安静時間をおいた。

心電図の記録は、ホルター心電計（フクダ電子SM-29）を用いて、 CM_5 誘導（胸骨上端部と V_5 ）およびNASA誘導（胸骨上端部と下端部）で行った。全記録波形を解析装置（フクダ電子SCM-280）を用いて圧縮波形として記録紙に再生した。各段階におけるスクワット試行中および試行後の1分間における心室性期外収縮の発生状況を検討した。心室性期外収縮が認められた場合には、さらにその前後を拡大記録（25mm/sec）して詳細に検討した。心室性期外収縮が右脚ブロック型を示す場合を左室源性期外収縮、左脚ブロック型を示す

す場合を右室源性期外収縮とした。

心エコー図：スクワット負荷を実施する直前に、心エコー図による左室壁厚および左室内径の計測を行った。心エコー図は、3MHzの探触子を持つ機械走査型装置（アロカ製 SSD-81、またはフクダ製 SSD-118F）、および連続記録装置（フクダ電子 RF-81）を用いて記録した。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、拡張終期の左室内径、および心室中隔の壁厚と左室後壁の壁厚を測定した。いずれも測定は壁面エコーの立上りから立上りまでとして行った。左室後壁壁厚と心室中隔壁厚の和を左室壁厚とした。左室内径は、身長と体重から求めた体表面積で補正した。

統計学的検討：2群の平均値の差の検討には t 検定を用い、出現率の差の検討には χ^2 検定を用いた。有意水準は 5% とした。

結 果

各段階における心拍数の最高値、およびその年齢から予測される最高心拍数 ($\text{maxHR} = 220 - \text{年齢}$) に対する割合 $\{ \% \text{maxHR} = (\text{HR} - \text{安静時 HR}) / (\text{maxHR} - \text{安静時 HR}) \times 100 \}$ の平均値を表 2 に示す。心拍数からみると、第 1 段階が最高心拍数のほぼ 50%、第 2 段階以降が 60-70% の負荷であった。

スクワット運動中に心室性期外収縮が 11 名 (24%) に発生した。若年群では 33 名中 6 名 (18%)、中高年群では 12 名中 5 名 (42%) であり、中高年群における発生率が高かったが、統計学的な有意差は認められなかった。各段階における発生者数は、第 1 段階で 1 名 (2%)、以下 3 名 (7%)、6 名 (13%)、2 名 (4%)、5 名 (11%) であった。若年群では、おのおの 0%、6%、12%、6%、12% であり、中高年では、8%、8%、17%、0%、8% であった。発生した期外収縮は、すべて単発性で 1 源性 (左室性が 9 名、右室源性が 2 名) のものであった。右室源性のものの中高年者にのみ認められた。

心室性期外収縮が発生した 11 名における安静時収縮期血圧の平均値は、非発生群に比べて統計学的に有意な高値を示したが ($P < 0.05$)、安静時心拍数および運動中の最高心拍数には両群間に有意

Table 2 Heart rate response to squat exercise

grade	subjects	HR beats/m	%maxHR %
1	total(n=45)	135±15	52±15
	young(n=33)	138±15	53±14
	older(n=12)	128±14	50±16
2	total	147±18	62±16
	young	150±17	63±14
	older	139±17	60±19
3	total	155±18	69±15
	young	158±18	69±15
	older	148±15	68±17
4	total	156±18	69±16
	young	159±19	70±16
	older	147±14	68±17
5	total	151±19	65±16
	young	155±19	67±16
	older	140±13	61±17

Values are mean±SD. young : age<35yrs, older : age≥35yr, HR : heart rate during exercise, %maxHR : $\{ \text{HR} - \text{HR}(\text{rest}) \} / \{ (220 - \text{age}) - \text{HR}(\text{rest}) \} \times 100$.

Table 3 Hemodynamic data of subjects with and without ventricular premature contraction

	VPC	no-VPC
n (%)		
total	11 (24)	34
young	6 (18)	27
older	5 (42)	7
BP(rest) mmHg		
total	139±17	129±12
young	135±13	126±9
older	155±23	141±17
HR(rest) beats/m		
total	67±8	72±14
young	66±5	72±11
older	69±10	72±22
maxHR beats/m		
total	162±21	159±17
young	171±20	161±18
older	150±15	150±14

Values are mean±SD. VPC : ventricular premature contraction, young : age<35yrs, older : age≥35yr, BP : blood pressure, HR : heart rate, maxHR : maximum heart rate during exercise.

差は認められなかった(表3)。安静時血圧を年代別にみると、若年群および中高年群とも発生群において高値を示すが、統計学的な有意差は認められなかった(表3)。年代別の安静時および運動中の心拍数についても、統計学的な有意差は認められなかった。なお、心室性期外収縮が発生した中高年者の1名(39歳)で、第2段階以降の試技中の心電図にJ型のST低下(0.1mV)が認められた。

図1に各例における体表面積で補正した左室拡張終期内径と左室壁厚を示した。左室壁厚の平均値は2.0cm(0.3)であった。若年群では2.0cm(0.3)、中高年群では2.0cm(0.2)であり、両群間に差は認められなかった。左室壁厚の正常上限を2.2cmとすると³⁾、肥大を示すものは若年群に5名、中高年群に2例、合計7名(16%)が認められた。肥大例における左室壁厚は2.3cmから2.8cmの範囲にあり、いずれも軽度の肥大であった。左室内径の平均値は2.8cm/sqM(0.3)であった。若年群では2.8cm/sqM(0.3)、中高年群では2.9cm/sqM(0.3)であり、両群間に差は認められなかった。補正した左室拡張終期内径の正常上限を3.2cm/sqMとすると³⁾、内径が正常上限を越える左室内腔拡大は若年群の1名に(2%)のみ認められた。

左室壁肥大群の7名中に左室源性心室性期外収縮が1名(14%)に認められた。非肥大群の38名中では左室源性期外収縮の発生例は8例(21%)であり、両群間に差は認められなかった。なお左室肥大群における発生例は中高年者(50歳)であるが、安静中および負荷中の心電図にSTの異常は認められなかった。左室源性期外収縮が発生した9名における左室壁厚の平均値は1.9cm(0.3)であった。一方、期外収縮が発生しなかった34名における平均値は2.1cm(0.3)であり、両群間に差は認められなかった。また若年群ではそれぞれ1.9cm(0.3)および2.1cm(0.3)、中高年群では2.1cm(0.2)および2.0cm(0.2)であり、それぞれ期外収縮発生群と非発生群の間に差は認められなかった。

左室内径が拡大した1例には、心室性期外収縮の発生は認められなかった。左室源性期外収縮発生群における左室内径の平均値が2.9cm/sqM(0.2)、非発生群の平均値が2.8cm/sqM(0.3)であり、両群間に差は認められなかった。また若年群ではそれぞれ2.8cm/sqM(0.1)および2.8cm/sqM(0.3)、中高年群では3.0cm/sqM(0.2)および2.9(0.3)であり、ともに発生群と非発生群の間に有意差は認められなかった。

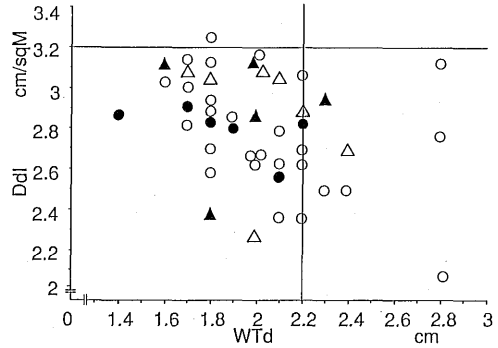


Fig. 1 Left ventricular end-diastolic dimension index and left ventricular wall thickness in power-lifter. ○ : young subject without ventricular premature contraction (VPC), ● : young subject with VPC, △ : older subject without VPC, ▲ : older subject with VPC.

左室壁厚と内径の比は、左室源性期外収縮発生群で0.38(0.07)、非発生群で0.40(0.06)であり両群間に有意差は認められなかった。また若年群ではそれぞれ0.37(0.07)および0.40(0.05)、中高年群では0.40(0.06)および0.40(0.06)であり、ともに両群間に有意差は認められなかった。

考 案

パワーリフターのスクワット運動中に、高率(24%)に心室性期外収縮の発生が認められた。ことに中高年群では42%にも達した。若年群では18%であるが、すでに報告した⁷⁾若年長距離走者の5000mタイムトライアル走中における発生率の23%とほぼ同様の発生率であった。5000m走に比べて運動持続時間が短く、また運動中に到達した最高心拍数が70%maxHRにしか過ぎない(5000m走では95%maxHR)ことを考慮すると、非常に高い発生率であると思われる。

従来から静的な等尺性運動においては、動的運動に比較して心室性期外収縮の発生率が高いとされてきた¹⁾。Atkinsら¹⁾は、等尺性握力負荷テストと自転車エルゴメーターによる動的運動負荷テストを、種々の心疾患を有する45人の患者に施行して不整脈の発生状況を比較した。その結果、最大

握力の50%負荷の運動中には38%の患者に心室性期外収縮が発生したが、症候限界性動的運動中の発生率は22%であった。しかも、危険な心室性不整脈である心室頻拍の発生率は静的運動では15%であったが、動的負荷における発生率は2%に過ぎなかった。このような差が生じた理由は必ずしも明らかではない。運動中の最高収縮期血圧は、静的運動では179mm Hg (6)であり、動的運動中の血圧167mm Hg (5)より高かった。しかし、静的運動中の最高心拍数は86拍/分(2)であり、動的運動中の心拍数である122拍/分(4)より低く、心拍数と収縮期血圧の積から推定される心筋の酸素需要量は静的運動の方が低いと思われた。Atkinsら¹⁾は動的運動では静的運動より心仕事量が高くても、心拍数が高いことによる overdrive suppression 効果が心室性期外収縮の発生を相対的に抑制するのではないかとしている。

静的運動負荷テストによる心室性期外収縮の発生は健常者では稀であるとされ、Atkinsら¹⁾の成績では60人中2人にみられたのみであった。我々の成績はこれよりはるかに高い。しかし、Atkinsらの行った負荷テストの負荷量は最大筋力の50%までである。本研究においても、負荷量の少ない第2段階までにおける発生頻度は低く、負荷強度が50%を越える第3段階以後に発生頻度が急増している。Atkinsら¹⁾の有疾患患者における成績でも、負荷強度を増すにしたがって不整脈の発生頻度が増加している。また本研究では、心拍数は負荷強度が30%である第1段階においても135拍/分であり、Atkinsら¹⁾の有疾患患者における心拍数(健常者における値は示されていない)よりはるかに高値である。小筋群を用いる握力負荷テストと大筋群を用いるスクワット負荷では、交感神経系の活動度に差があることも考えられる。

今回高率に認められた運動中の心室性期外収縮はいずれも単発性で1源性のものであった。したがって、この不整脈がただちに突然死に関連するとは考えられない。しかし、中高年者において発生頻度が高いことあるいは発生群の血圧が高いことなどから、認められた不整脈が全く病的なものではないとはいき切れないと思われる。今後、ことに高齢者で血圧の高い者に関しては、長期的に経過を追うことが必要であろう。

本研究の対象者においては、左室肥大の有無により心室性不整脈の発生頻度に差は認められな

かった。また心室性期外収縮の発生の有無により左室壁厚に差は認められなかった。今回の対象者に認められた左室肥大はいずれも軽度で、いわばトレーニングに伴う生理的な肥大の範囲に留まる程度のものであると思われた。Maronら⁹⁾が報告したスポーツ選手の突然死例に認められたような、生理的範囲を越え肥大大型心筋症の1亜型も疑えるような例は含まれていなかった。したがって、パワーリフティングなどの静的運動トレーニングを続けて左室肥大が生じて、それが生理的な範囲に留まる限り、心室性期外収縮の発生頻度が増加するという事はなさそうである。ただし、左室肥大を示す例が少ないので、十分な検討が出来たとはいえない。今後さらに対象者を増やすことと、病的な肥大が疑えるような例についても検討をすることが必要であろう。

本研究に要した費用の一部は、科学研究費補助金一般研究B(課題番号62480444)によるものである。

引用文献

1. Atkins JM, Matthews OA, Blomqvist CG, Mullins CB: Incidence of arrhythmias induced by isometric and dynamic exercise. *Br Heart J* 38: 465-471, 1976.
2. Borhani NO: Left ventricular hypertrophy, arrhythmias and sudden death in systemic hypertension. *Am J Cardiol* 60: 131-181, 1987.
3. Feigenbaum, H.: *Echocardiography*. 3rd Edition: 550, Lea and Febiger, 1981.
4. Kannel WB, Dannenberg AL, Levy D: Population implications of electrocardiographic left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 60: 851-931, 1987.
5. Maron BJ, Epstein SE, Roberts WC: Causes of sudden death in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 7: 204-214, 1986.
6. 松田光生: スポーツと心臓性突然死. *最新医学* 43: 218-2184, 1988.
7. 松田光生, 西山智子, 永井純, 山口巖, 芳賀脩光, 関岡康雄, 池上晴夫: 長距離走者における5000mタイムトライアル走中の心室性不整脈と左室肥大. *筑波大学体育科学系紀要* 12: 223-227, 1989.
8. McLenachan JM, Henderson E, Morris KI, Dargie HJ: Ventricular arrhythmias in patients with hypertensive left ventricular hypertrophy. *N Engl J Med* 317: 787-792, 1987.

9. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein S E. : Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med* 82 : 521—524, 1975.
10. Pantano JA, Oriol RO : Prevalence and nature of cardiac arrhythmias in apparently normal well-trained runners. *Am Hear J* 104 : 762—768, 1982.
11. Spirito P, Watson RM, Maron BJ : Relation between extent of left ventricular hypertrophy and occurrence of ventricular tachycardia in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 60 : 1137—1142, 1987.
12. Viitasalo MT, Kala R, Eisalo A, Halonen PI : Ventricular arrhythmias during exercise testing, jogging, and sedentary life. A comparative study of healthy physically active men, healthy sedentary men, and men with previous myocardial infarction. *Chest* 76 : 21—26, 1979.
13. Waller BF : Exercise-related sudden death in young (age \leq 30 years) and old (age $>$ 30 years) conditioned subjects. In : Wenger NK, ed. *Exercise and the heart*. 2nd ed : F.A. Davis Co, Philadelphia, 1985, pp 9-73.