

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

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

Ventricular arrhythmias during 5000m time-trial running and left ventricular hypertrophy in long-distance runners

Mitsuo MATSUDA, Tomoko NISHIYAMA*, Jyun NAGAI, Iwao YAMAGUCHI**,
Shukoh HAGA, Yasuo SEKIOKA and Haruo IKEGAMI

The relation between the occurrence of ventricular arrhythmias during exercise and left ventricular hypertrophy in 26 long-distance runners (aged 19-26yrs) was studied. Ventricular arrhythmias were evaluated during 5000m time-trial running with Holter ECG recorder. Left ventricular end-diastolic diameter index (DdI: Dd/body surface area) and left ventricular end-diastolic wall thickness (WTd: interventricular wall thickness + left ventricular posterior wall thickness) were measured at rest by using echocardiography. Ventricular premature beats (VPB's) were found during running in 6 of the 26 runners. Eight runners showed increased DdI ($>3.2\text{cm}/\text{sqM}$), and 6 runners had increased WTd ($>2.2\text{cm}$). Seven of the 8 runners with increased DdI showed normal WTd, and 5 of the 6 runners with increased WTd showed normal DdI. There was no significant difference in the occurrence rate of VPB's of left ventricular origin between the runners with increased DdI and those with normal DdI (25% vs 17%). The occurrence rate of VPB's was higher in the runners with increased WTd (33%) than that in the runners with normal WTd (15%), although not statistically significantly. There were no significant differences in DdI and WTd between the runners with VPB's and without VPB's. The ratio of WTd and Dd was increased in the runners with VPB's compared with those without VPB's, although not statistically significantly. Ventricular ectopic activity might be enhanced in the endurance runners with the hypertrophic left ventricular wall thickened unproportionately with the left ventricular diameter, although the further studies should be recommended.

Key words: Long-distance runner, Ventricular arrhythmia, Left ventricular hypertrophy

I. はじめに

スポーツ活動中の突然死は、頻度は少ないが、その意外性から関係者にとっては大きな問題である。外傷、溺死などを除けば多くは心・血管系に原因がある内因性のものである。わが国においては1977年から4年半の間に一般主要新聞に報道されたスポーツ中の突然死は226例あり、運動種目としてはマラソン、ランニングに多い⁶⁾。スポーツ選

*筑波大学体育研究科

**筑波大学臨床医学系

* Master's Program of Physical Education,
Univ. of Tsukuba

** Institute of Clinical Medicine, Univ. of Tsukuba

手における運動中の突然死の剖検例を集計した Waller⁹⁾の報告によれば、競技種目としてはやはりランニングが多い。基礎疾患としては、肥大型心筋症、冠動脈の先天性奇形によるものが多いが、不明とされている例も多い。不明とされているものはおそらく器質的心疾患が認められず、わが国で急性心機能不全とされているものに相当しているものと思われる。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、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。

一方、原因不明とされている例を検討すると、左室肥大があると記載されている例が多い²⁹⁾。運動中に認められた心室性期外収縮が直ちに致死的不整脈に結び付くわけではないが、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。心エコー図を用いた研究³⁾によると、一般にパワーリフティング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が、長距離走のような動的な運動では左室内腔が拡大する型の心肥大が生じるとされている。本研究の目的は、動的運動のトレーニングを続けている長距離走者において、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。

II. 対象と方法

対象：26名（19—26歳：平均20.7歳）の男子長距離走者を対象にした。全例が競技に参加するために、高度のトレーニングを1年以上続けていた。

運動負荷心電図：野外の陸上競技場において5000mのタイムトライアルを実施して、走行中および走行前後の心電図を記録した。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、走行中および走行前後各3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。

心エコー図：タイムトライアルを実施する直前に、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、3 MHz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。

III. 結 果

5000m 走タイムトライアルの平均記録は15分53秒（標準偏差=33秒）であった。各被験者におけるこれまでの5000m 走自己最高記録と今回の記録の比をとると、その平均値は0.951（0.004）であり、かなり実際の競技に近い状況であったと思われる。走行中に到達した最高心拍数の平均値は191拍/分（5）であり、年齢から予測される最高心拍数の約95%であった。

心室性期外収縮の発生が、走行中および走行前後の各3分間に26例中6例（23%）の被験者に認められた。そのうち4例では走行により初めて心室性期外収縮が発生するか、あるいは走行前に見られた心室性期外収縮の発生頻度が増加した。残りの2例では走行前に心室性期外収縮が頻発していたが、走行中には発生頻度が減少した。ただし、そのうちの1例では走行開始直後に、R on T に発生した2連発性期外収縮が認められた。その他の心室性期外収縮は、他の5例に認められたものを含めて、いずれも単発性で1源性（5例は左室源

性、走行中に頻度が減少した1例は右室源性)のものであった。また全ての例で、心電図上に心筋虚血を疑わせるST部分の変化は認められなかった。

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。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¹⁾、内径が正常上限を越える左室内腔拡大例は8例(31%)で、左室内径の平均値は3.40cm/sqM(0.17:標準偏差)であった。正常例は18例で、左室内径の平均値は2.92cm/sqM(0.17)であった。左室壁厚の正常上限を2.2cmとすると¹⁾、肥大を示すものは6例(23%)であり、肥大群における左室壁厚の平均値は2.48cm(0.15)であった。また正常範囲にあるものは20例で、左室壁厚の平均値は2.06cm(0.12)であった。左室壁厚と左室

内径の関係をみると、壁厚が厚い例の多くは(6例中5例)内径が正常範囲にあり、また内径が大きい例の多くは(8例中7例)壁厚が正常範囲にあった。両者とも正常範囲を越える値を示すものは、1例のみであった。

左室拡大群における左室源性心室性期外収縮の出現率は25%(8例中2例)で、左室内径正常群では17%(18例中3例)であった。両群間に差は認められなかった。走行中に発生頻度が減少した1例を除くと、左室拡大群では13%(8例中1例)、正常群では17%(18例中3例)であり、やはり差は認められなかった。5例の期外収縮発生例における左室拡張終期内径の平均値は2.98cm/sqm(0.30)で、また走行中に発生の減少した1例を除いた4例では2.91cm/sqm(0.25)であり、いずれも心室性期外収縮が発生しなかった20例の平

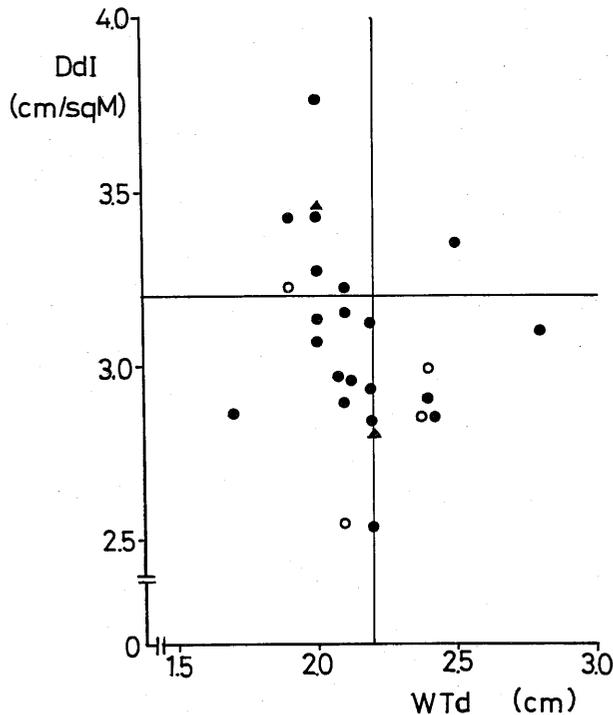


Fig. 1 Left ventricular diameter index (DdI: Dd/body surface area) and left ventricular wall thickness (WTd: interventricular wall thickness+left ventricular posterior wall thickness) in 26 long-distance runners. Ventricular premature beats (VPB's) were observed in 6 runners (○, ▲) during 5000m time-trial running. In 2 (▲) of the 6 runners, VPB's were observed at rest and the frequency of VPB's was decreased during running. The 20 remainder (●) did not showed VPB.

均値3.09cm/sqm (0.27) より小さいが、統計学的な有意差は示さなかった。

左室壁肥大群および左室壁厚正常群における左室源性心室性期外収縮の出現率は、それぞれ33% (6例中2例), 15% (20例中3例) であった。左室肥大群にやや発生が多い傾向があるが、統計学的に有意な差ではなかった。走行中に心室性期外収縮の発生頻度が減少した1例を除いて、走行中に心室性期外収縮が増加ないし始めて発生した4例についてのみ検討すると、左室肥大群では心室性期外収縮の出現率が33% (6例中2例), 正常群では10% (20例中2例) であり、やはり左室肥大群に発生が多い傾向があるが、統計学的に有意なものではなかった。またこの4例における左室壁厚の平均値は2.20cm (0.21) であり、これに走行中に心室性期外収縮が減少した1例を加えると平均値は2.17cm (0.19) となり、いずれも心室性期外収縮の発生しなかった20例における平均値の2.15cm (0.23) に比べて、有意な差は示さなかった。左室壁厚と左室内径の比 (WTd/Dd) の平均値は、左室源性期外収縮が発生した5例では0.44 (0.05), 走行中に期外収縮が減少した例を除いた4例では0.46 (0.05) であり、正常群における平均値の0.43 (0.05) に比べ僅かに高値を示したが統計学的に有意な差ではなかった。

走行中に2連発の心室性期外収縮を生じた例の左室壁厚は2.0cmと正常範囲内にあり、一方、左室内径は3.37cm/sqMと軽度に拡大していた。この例を含めて他の例においても、心エコー図上に軽度の左室拡大ないし肥大以外の器質的心疾患を示す所見は認められなかった。

IV. 考 按

本研究における長距離走者のタイムトライアル中の心室性期外収縮の出現率は23%であり、競技を目的にしてトレーニングをしている若年者においても、運動中にはかなりの頻度で心室性期外収縮が発生していることが明らかになった。Viitasalo⁸⁾の成績では、一般健常者の2.5kmのジョギングにおける心室性期外収縮の出現率は33%で、また Pantano⁹⁾の成績では、良くトレーニングしたジョガーの5-32kmの走行では60%の出現率であった。我々の成績に比べると高い出現率を示すが、これは前者では対象が中高年者であること、後者ではやはり年齢がやや高いことに加

え、走行距離が長いことによると思われる。またこれらの報告では、連発性や多源性など危険性が大きいとされている期外収縮の頻度も高い。我々が対象にした長距離走者では期外収縮が発生しても、単発性で一源性のものが大部分であり、一例に連発性の心室性期外収縮が認められたのみであった。安静中に期外収縮が発生していても、運動中に頻度が減少するようなのは、一般的には病的意義が少ないものと考えられるが、連発性の期外収縮が発生した例では、走行前に頻発していた期外収縮が走行中には減少した。

中高年者では、運動中の突然死例の大部分に冠動脈硬化症が認められたとされている⁹⁾。突然死の直接の原因が致死的不整脈であるとしても、その誘因に冠動脈硬化症による心筋虚血が関連している可能性が高い。若年者においても、運動中の突然死例には冠動脈の先天性異常や川崎病などの後天的異常が高率に認められる²⁾⁹⁾。若年者の突然死例に見られる疾患として、肥大型心筋症も占める割合も多い²⁾⁹⁾。肥大型心筋症において突然死が起こる機序は未だ不明だが、不整脈がその原因の一つである可能性は高い。ただし本研究の対象者では、運動中の心電図から見る限り心筋虚血があった可能性は低い。また心エコー図の所見からは、肥大型心筋症のような器質的心疾患を持つことも否定的であった。器質的心疾患を持たない例における心室性期外収縮、特に単発性の期外収縮は、一般的には致死的不整脈を誘発するような危険なものとは考えられない。しかし若年者の突然死例のなかには、原因不明で急性心機能不全とされるものも多い²⁾⁹⁾のであるから、器質的心疾患が認められない例における運動中の心室性期外収縮もなお検討される必要があると思われる。

Waller⁹⁾、およびわが国における小・中・高校生²⁾の運動中の突然死の検討でも、原因不明あるいは急性心機能不全とされる例の中には左室肥大と記載されている例が高率に認められる。本研究における長距離走者では、31%の例に左室内腔が拡大する型の左室肥大が認められた。一般に、長距離走のような動的運動のトレーニングを主体に継続すると、運動中の心拍出量の増大 (容量負荷) に対応して左室内腔が拡大するとされている⁹⁾。一方、筋力トレーニングのような静的運動のトレーニングを主体に継続すると、運動中の血圧上昇 (圧負荷) に対応して左室壁厚が増大するとさ

れる³⁾。本研究が対象にした長距離走者では、軽度ではあるが23%の例に左室壁厚が増大する型の左室肥大が認められた。容量負荷により左室内腔が拡大した場合にも、内径の拡大による壁応力の増大に対応して、それを代償するように壁厚の増大が生じる⁷⁾。しかし、左室壁壁厚の認められた長距離走者の多くの例で、左室内腔は正常範囲にあった。すなわちこのような例では、左室壁が内径に対していわば不均衡に肥厚していることになる。このような不均衡な肥厚が生じていた理由は不明だが、考えられる機序の一つとして筋力トレーニングの影響がある。種々のスポーツにおいて、基礎体力の向上のために筋力トレーニングが取り入れられているが、本研究の対象者でもそれぞれある程度の筋力トレーニングを行っていた。

本研究の対象者においては、運動中の心室性期外収縮の発生と左室肥大の有無との間に有意の関連は認められなかった。すなわち、左室内腔の拡大例と正常例の間に、心室性期外収縮の出現率の差は認められず、また期外収縮の発生の有無による左室内径の差も認められなかった。一方、期外収縮の有無による左室壁厚の差は認められなかったが、左室壁厚の増大例では正常例に比べて、統計学的に有意ではないが、期外収縮の出現率がやや増加していた。また期外収縮の発生例では、左室壁厚と左室内径の比が非発生例に比較して、統計学的に有意ではないが、僅かに増大していた。すなわち、期外収縮の発生例では左室壁厚が不均衡に肥大している傾向を示した。このことから直ちに左室壁肥大例には心室性期外収縮が発生し易いと推論することは、そもそも統計学的検討を行うには不整脈の発生例数が少なすぎることであって、差し控えるべきであろう。しかし、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⁹⁾。したがって、さらに例数を増やした検討とともに、スポーツマンにおいて運動中に発生する心室性期外収縮の危険性の有無についても長期的な追跡調査が必要であろう。

V. 結 語

競技を目的に高度のトレーニングを続けている若年長距離走者において走行中の心室性不整脈の発生状況を検討したところ、比較的高い頻度で心室性不整脈が発生していることが明らかになった。

不整脈発生と左室肥大の有無との関連を検討したところ、統計学的に有意な関連は認められなかった。しかし左室肥大例のうちでも内腔の拡大なしに壁厚が増大している例に心室性期外収縮の発生が多い傾向があり、今後さらに検討を続ける必要があると思われた。

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)、および筑波大学学内プロジェクト研究助成金によるものである。

引 用 文 献

- 1) Feigenbaum, H.: Echocardiography. 3rd Edition: 550, Lea and Febiger, 1981.
- 2) 松田光生: スポーツと心臓性突然死, 最新医学 43: 2181-2184, 1988.
- 3) 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.
- 4) Pantano, J. A., Oriel, R.O.: Prevalence and nature of cardiac arrhythmias in apparently normal well-trained runners. *Am. Heart J.* 104: 762-768, 1982.
- 5) Spirito, P., Watson, R.M., Maron, B.J.: Relation between extent of left ventricular hypertrophy and occurrence of ventricular tachycardia in hypertrophic cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.* 60: 1137-1142, 1987.
- 6) 杉下靖郎, 松田光生, 飯田啓治, 伊藤 巖, 越永重四郎, 上野正彦: スポーツと心臓突然死, 臨床成人病, 12: 1605-1612, 1982.
- 7) Sugishita, Y., Koseki, S., Matsuda, M., Yamaguchi, T., Ito, I.: Myocardial mechanics of athletic hearts in comparison with diseased hearts. *Am. Heart J.* 105: 273-280, 1983.
- 8) Viitasalo, M.T., Kala, R., Eisalo, A., Halonen, P.I.: 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.
- 9) Waller, B.F.: Exercise-related sudden death in young (age \leq 30years) and old (age $>$ 30 years) conditioned subjects. Wenger, N.K. ed. *Exercise and the Heart*. 2nd Edition: 9-73, F.A. Davis Company, Philadelphia, 1985.