ス ポ ー ツ 選 手 の 心 電 図

前 田 如 矢

ELECTROCARDIOGRAM IN WELL TRAINED ATHLETES

KAZUYA MAEDA

は じ め に

競技レベルの高い運動を長期間続けたスポーツ選手に大心臓が認められることが知られており、古くからスポーツ心臓 (athletic heart, athlete's heart) という概念が提唱されている。

心臓は、種々の血行動態的負荷に対して代償し得る予備能力を有するが、その範囲を上回る身体活動を継続した場合、心臓は肥大または拡張、あるいは両者の合併が発生する。スポーツ心臓が果たして正常か異常か、その発生機序及び肥大・拡張の特徴に関しては臨床的に未知の点もまだ多い。特に肥大・拡張が高度な場合には、生理的限界を越えた一種の異常状態が含まれる可能性もあり、overload or overuse syndrome に相当する例もあると考えられる。高度の心肥大を示す例については、何よりもまず病的肥大を臨床的に除外することが必要であり、特に若年者の突然死の原因疾患として重要な肥大型心筋症との鑑別が重要である。

スポーツ心臓は、徐脈、心拡大、収縮期雑音、不整脈をはじめとする心電図所見などを示し、スポーツ心臓症候群 (athletic heart syndrome) ともよばれている¹⁾。スポーツ心臓は、従来主として運動生理学的な側面から検討され、激しい運動に対する生理的適応の結果生じた労作性心肥大として肯定的に解釈される傾向があった。近年、スポーツ選手の突然死の事例が報告されるようになり、臨床医学的なアプローチの必要性がようやく認識されつつある。しかしながら、スポーツ選手はレベルが高い選手程競技やトレーニングのスケ

ジュールが過密であり、一般にメディカルチェックにゆっくり時間をかける余裕がない。たとえ異常が疑われる所見が発見されても、心疾患例の如く臨床的精査を実施し難いという大きな制約がある。したがって、スポーツ心臓の診断そのもの、スポーツ活動の可否決定は、精々胸部X線写真と負荷試験を含めた心電図などで判断せざるを得ないのが現状である。最近、心エコー図、X線CTなどが臨床的に応用されるようになり、病的心肥大との鑑別に有用な情報が得られるようになってきたが、基本的に健康と考えられるスポーツ選手に実施することは、必ずしも容易ではない。

心電図はその本質的な特性からみて、心臓の形態的な変化を把握する手段としては限界がある。しかし、過去より現在に至る長期間の心臓負荷の総和を表現するものであり、運動選手の循環器機能をチェックする基本手段として広く利用されている。

スポーツ選手の心電図に関する研究や解説は多数あるが、既出の国内外の文献を詳細に検討すると、対象にはかなり質的差異が認められる。すなわち、ひとくちにスポーツ選手といっても、国際的な競技に出場するスポーツエリートから、学校体育でクラブ活動する程度のレベルの者まで、文字通りピンからキリまでである。スポーツ選手に比較的特徴的な心電図所見は認められてはいるものの、臨床的に異常と判定される様な変化が認められても、その発現機序や意義に関して直接的な評価を下すことは難しい。したがって、高度な変化を示す場合でも、現象的に症例報告のような形で発表されたものが多い。臨床心電図の立場からは

異常と判定せざるを得ない所見についても、精々心エコー図や運動負荷心電図が付け加えられる程度で、その解釈については推論の域にとどまっている。特に、これらの選手が極めて優れた運動能力を有し、激しいトレーニングを日常的に実施してもななら異常を自覚しない場合には、スポーツ活動継続の可否を判断するのは困難である。

本稿では、従来からエリートスポーツ選手に比較的好く認められる心電図所見を取上げて、これらの所見が現状ではいかに解釈されているか述べることにする。

I. 調律に関する変化

1) 洞 徐 脈

よく鍛練されたスポーツ選手は一般に徐脈の傾向があり、安静時の心拍数40/分以下の例も珍しくない。Chapman²⁾は、心拍数25/分以下の例を報告しているが、筆者がこれまでに記録したトップクラスのスポーツ選手の中では、「裸足のマラソン王者」として有名であったアベベ選手(エチオピア)の心拍数28/分が最小であった。ただし、高度の徐脈はすべての競技選手にみられるとは限らず、種目・競技歴・レベルなどの要因が関与する。特にマラソン、競歩、自転車競技、距離スキー、ボートなど、動的で耐久性を要する種目の選手に特徴的である。洞徐脈の出現頻度は、同年代の一般健康人に比しはるかに高い。

スポーツ選手の徐脈の発生機序としては、従来から激しい日常的なトレーニングの継続による自律神経の調節機構の変化、すなわち、いわゆる「training vagotony」とよばれる副交感神経緊張状態に傾くことが原因とする解釈が支配的である。

持久性競技のスポーツ選手の心拍数は、同一量、強度の運動負荷では、その増加の程度は一般健康人に比し軽度で、しかも回復が早く、負荷中止後速やかに負荷前の心拍数に戻る傾向がみられる³⁾

2) PR(PQ)間隔

PR 間隔は一般に心拍数とよく相関するが、スポーツ選手の PR 間隔は延長傾向を示すのが特徴である。特によく鍛練された持久性スポーツの選

手では、PR 間隔の正常上限0.2秒を越える例は珍しくない。正常域を越える PR 延長例の頻度は、2~18%と報告者によりかなり差が認められる。前述の如く、報告者によって対象の運動選手のレベル、種目など必ずしも均質とはいえず、質的差が当然関与してくるものと推測される。

スポーツ選手の PR 間隔延長については、従来から心電図上の特徴的所見としてとりあげる者が多いが、その機序としては洞徐脈と同様に従来から training vagotony で説明されており、激しい運動に対する生理的適応の結果と解釈されている。心臓の刺激伝導系の器質的障害を原因としない PR 延長は、一般に運動負荷中および後には正常化する傾向がある。もちろんスポーツ選手の PR 延長は、運動中及び後には正常範囲に短縮し、負荷後短時間で再び延長する。しかも大部分の例では、負荷5分後にはすでに延長を示すことが多い。運動負荷により心拍数が増加し頻脈になるにもかかわらず、PR 間隔が延長したままで変化しないか、かえって長くなる場合には、心筋そのものの器質的障害の存在を否定し得ない。

3) QT 間隔

QT 間隔は心拍数に応じて変化することが認められている。矢野⁴⁾は QT_c を求めてスポーツ選手と同一年令層の一般対照とを比較しているが、 QT_c 延長例は選手に多いものの、計測値には有意差はなかったとしている。QT 間隔が長いのは心拍間隔が長いための相対的变化と解釈してもよいと思われるが、PR 間隔ほど特徴的な所見ではない。

II. 波形に関する変化

1) QRS

スポーツ選手の胸部誘導 QRS は一般に高電位を示す傾向がある。左室肥大の voltage criteria として汎用されている Sokolow & Lyon 基準 $SV_1 + RV_5 \geq 35 \text{ mm}$ をこえる例が多いという報告もあるが、対照との間に差がないという成績もある。一般に若年者では胸部誘導の QRS はしばしば高電位を示し、特に本邦人にこの傾向がみられる。第一線で活躍する運動選手の年令を考慮す

ると、QRS の高電位をただちに心室肥大と判定するのは妥当ではない。しかも、スポーツ選手の大部分は、ただ QRS の振幅が大きいくだけで、ST・T 波異常、P 波異常、軸偏位などの所見を伴わず、病的な心筋肥大例とは明らかに異なっている。スポーツ選手に ST・T 波異常を伴う高度の心筋肥大所見を認めた場合には、まず特発性心筋症などによる病的肥大を除外しなければならない。超音波心エコー図、心筋シンチ、CT などの診断法により、特発性心筋症など病的な心肥大を除外することが必要である。しかし、全く自覚的に異常を認めず、スポーツ選手としても優れたキャリアを有する選手に、観血的検査を含めた精査の実施は、現実には必ずしも容易ではない。QRS の voltage だけで心室肥大と診断すること自体、心電図の読み方として問題のあるところであり、他に ST・T 波変化など異常所見を伴わない場合には、病的肥大とは区別して評価すべきである。

2) ST・T 波

左側胸部誘導の軽度の ST 上昇をスポーツ選手の心電図所見の特徴の 1 つにあげるものもいるが、本所見は健康人、特に若年者において割合よくみられる変化で、むしろ normal variant と解釈すべきで、病的意義はない。

一方 ST 下降については、時にスポーツ選手で 1 mm 以下の下降を示す例がある。これはボーダーラインともいえる所見であり、判定に迷うケースも少なくない。スポーツ選手にみられる軽度の ST 下降はしばしば可逆的で、トレーニングなどとの関連性を十分に考慮すべきであり、異常所見としてスポーツを中止させる必要はない。しかし、激しい心負荷の持続による一過性の機能的冠不全の可能性もあり、心拡大が高度な例では、もちろん器質的な心疾患を除外しなければならない。特に 35 歳以上の年齢層では、過去のスポーツ経歴の有無に関わらず、冠状動脈疾患、器質的な心筋障害が潜在している可能性もある。

T 波の増高は、従来からスポーツ選手に最も特徴的な心電図所見としてとりあげられている。T 波高の増大は、急性心筋梗塞発症早期、電解質異常(高 K 血症)、容量負荷型左室肥大など病的状態

によるもので、原因の明らかな例を除けば、発生機序は不明なものが多い。若年者にみられるたんなる T 波増高は、一般に病的意義はないと解釈されており、スポーツ活動の継続は可能である。

また時にトップレベルのスポーツ選手に T 波異常、特に陰性 T 波を認めることがある。この所見は運動負荷により正常化し、その他 Valsalva 手技、過剰換気、各種薬剤(β 遮断薬、エルゴタミン、塩化カリウム、イソプロテレノールなど)の投与などでも正常化を示すという⁵⁾。また選手活動を中止すると改善するとされている。この所見の意義については、原因不明の再分極過程の異常であるという以外に、その成因については実証的な裏付けはない。心室の再分極過程は、種々の生理的な異刺激により変化しやすく、非特異性が強い。T 波異常は必ずしも心筋虚血や心筋障害の存在を意味しないが、一方心筋障害の唯一の所見である場合もある。運動選手の T 波異常についても経過観察は必要であり、特に 40 歳以上の例については慎重に対応することが望ましい。

Ⅲ. 不 整 脈

1. 刺激生成異常

1) 早期収縮(期外収縮)

早期収縮は、臨床的に最も高頻度に認められる不整脈で、心疾患を基礎に有する例に多い。しかし単源性、散発性の早期収縮は、健康人にもしばしば出現する。スポーツ選手にも時に安静時に上室性あるいは心室性早期収縮がみられるが、一般青年よりもやや高率であるという報告もある。早期収縮は、過労、過度の喫煙・飲酒、精神緊張などの心外性因子で誘発される。器質的な心疾患をもたない例の早期収縮は、一般に運動負荷により消失するが多い。スポーツ選手でも運動により消失する。したがって、早期収縮は必ずしも選手活動の中止条件にはならない。時にはきわめて激しいトレーニングや競技後に早期収縮が発生する場合もある。安静時に早期収縮が頻発する場合には、トレーニングがその例にとって相対的に過負荷になっていないか、トレーニング以外の誘因の有無などを検索する必要がある。特に運動中に増

加する場合には、基礎に心筋障害の存在する可能性がある。心室頻拍、心室細動への移行など、臨床的に運動突然死の要因となる危険な不整脈の前駆症候として、慎重に対応することが必要である。特に中年以降の成人スポーツ選手においては、頻発性の心室早期収縮は警戒を要する不整脈といえる。これは選手としての経歴とは関係なく、慎重に評価すべきである。

2) そ の 他

早期収縮以外にも、表に示すような種々の調律異常がみられることがあるが、いずれもその出現頻度は高くない。

2. 興奮伝導障害

1) 洞房ブロック

持久性競技スポーツの選手で安静時に認められることがある。運動負荷を実施すると、通常正常伝導を示す。

2) 房室ブロック

① 第1度ブロック(PR 延長)

すでに述べた。

② 第2度ブロック

I 型の第2度ブロック(Wenckebach 型)を示す選手が時に認められる。陸上長距離など持久性種目の選手にみられる。II 型を示すことはない。もしあれば精査を要する。発生機序は、おそらく長期間に及ぶトレーニングの持続により、心臓の自律神経系の調節にもとづく適応現象、すなわち迷走神経緊張により房室結節における刺激伝導の抑制がより高度になり、心室収縮の脱落が生じるものと推測される。Mobitz II 型の場合には、経過を慎重に観察することが必要である。

3) 房室解離

稀ではあるが、一流の運動選手にみられることがある。運動負荷試験を行うと、正常の洞調律になる。

以上の伝導障害は、運動によって正常化するのが特徴である。徐脈性不整脈は、マラソン、競歩、陸上長距離など、持久性種目の選手に多いのが特徴である。

4) 右脚ブロック

不完全右脚ブロックを示す例があり、運動選手

に比較的多い所見といえる。出現頻度は報告者によりかなり異なるが、差が生じる理由は対象の運動選手としての質的レベル、不完全右脚ブロックの判定基準の相違などが考えられる。本所見は、運動負荷後により著明になることから、右室の容量負荷の表現と解釈するものもある。日時を変えて記録すると右脚ブロックの程度が変化し、またかなり可逆的な例もみられる。運動を中止すると軽減あるいは消失する。この所見の解釈、発生メカニズムについては不明点が多い。

非可逆的な不完全右脚ブロックは、器質的心臓病を原因とすることがある。特に、心雑音やX線上心陰影拡大を示す場合、心電図以外の臨床検査を行う必要がある。また、もともと不完全右脚ブロックのあった者が選手活動を続けていたのか、運動を実施しているうちに新たに出現したものが、確認し得ないことも多い。臨床検査により心疾患が否定されれば、運動を中止させる必要はない。

症 例

トップクラスの運動選手の心電図を呈示する。

症例1 22歳、男子。

優秀な競技経歴を有する長距離ランナー。持久性競技選手に特徴的な心電図所見が認められる。心拍数50/分で洞徐脈。V2—V6に軽度ST上昇(下方に凸状)、T波の高電位を示す。

症例2 21歳、男子。

最盛期に800メートルの日本記録を作ったトップランナー。心拍数60~65/分。PR間隔は延長傾向が認められ、0.18~0.32秒とかなり変動する。V1のQRS波形は、RSr'型を示すが、幅は0.1秒程度。V2—V5にST上昇を認める。T波はV1—V3で陰性、胸部誘導のR波の振幅が大きい。

症例3 23歳、男子。

自転車競技選手。運動に関して特に異常を自覚しないが、検診を受けると常に心電図異常を指摘される。

図はV1誘導のリズムストリップである。左側からPR間隔をみていくと、次第に延長し、左

図1. 症例1 22歳 男子 長距離ランナー

図2. 症例2 21歳 男子 中距離ランナー

図3. 症例3 23歳 男子 自転車競技選手

から5拍目のP波の後にQRS波が脱落している。すなわち第2度I型(Wenckebach型)の不完全房室ブロックである。

運動負荷中は正常洞調律を示し、負荷直後から5分目まではPR間隔は正常範囲。7分後から再び元の第2度I型の房室ブロックに戻っている。

ま と め

トップクラスの運動選手は、特徴的な心電図所見を示すと考えられがちだが、実際には大部分がいわゆる normal variant に含まれるものであり、精査を要する例はそれ程多くない。しかしながら、従来の報告の中には、非常にレベルの高い選手の中に、臨床心電図の立場で解釈すると異常と診断せざるを得ない例が認められる。時には、スポーツ活動の可否を決めるのが困難な例もある。特にQRSの高電位、ST・T波変化や調律異常などがみられる例については、少なくとも運動負荷試験、心エコー図を実施して、肥大や心筋異常の有無を除外することも必要である。

最近スポーツによる急性心臓死が問題となっているが、もちろん一般人が健康維持やレジャーを目的として実施するスポーツと運動選手の場合と

を混同してはならない。一般に急性心臓死の原因として、心室性不整脈、急性心不全、急性心筋虚血などが考えられている。トップクラスの運動選手の心臓突然死は稀であり、したがって系統的な究明がされていない。ただ、肥大型心筋症の発生素因を有する者が、激しいスポーツトレーニングを継続することにより、心筋肥大が高度に進展する可能性はある。運動により心愁訴を自覚したり、検査で正常範囲をこえる所見を示す場合には、事故防止という点においても、臨床的に充分検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) Gott, P. H., Roselle, H., Crampton, R. S.: The athletic heart syndrome. Five-year cardiac evaluation of a champion athlete. Arch. Int. Med. **122**:340-344, 1968.
- 2) Chapman, J. H.: Profund sinus bradycardia in the athletic heart syndrome. J. Sports Med. Phys. Fitness **22**:45-48, 1982.
- 3) Maeda, K.: Arrhythmia in well trained athletes. 16th International Congress of Internal Medicine, 1982.
- 4) 矢野敏夫: 体力科学, **14**: 113, 1965.
- 5) Lichtman, J., O'Rourke, R. A., Klein A. et al.: Electrocardiogram of the athlete. Alterations simulating those of organic heart disease. Arch. Int. Med., **132**:763, 1973.
- 6) Strauzenberg, S. E. & Olsesn, G.: The occurrence of electrocardiographical abnormalities in athletes. An expression of cardiovascular adaptation or a sign of myocardial lesionh?, Sports cardiology, ed by Lubich, T. & Venerando, A., Aulo Gaggi Publ., Bologna, 1980.
- 7) 前田如矢: スポーツ心臓症候群, 内科, **57**:741, 1986.
- 8) Huston, T. P. et al.: N. Engl. J. Med. **313**:24, 1985.
- 9) Hanne-Paparo N, Kellermann JJ: Med. Sci. Sports Exerc. **13**:294, 1981.
- 10) 前田如矢: スポーツ心臓, 心電図学, P.748, 南山堂, 東京, 1986.
- 11) 前田如矢: スポーツ心, 新心臓病学, P.499, 医学書院, 東京, 1986.
- 12) 小堀悦孝: 内蔵諸器官のスポーツ医学, 1. 循環器, 最新スポーツ医学, P.125, 文光堂, 東京, 1994.
- 13) Cantwell, J. D.: The athlete's heart. Comprehensive Therapy **11**:26, 1985.
- 14) Zehender M. et al.: ECG variants & cardiac arrhythmias in athletes: Clinical relevance and prognostic importance, Am. Heart J. **119**:1378, 1990.
- 15) 南谷和利: スポーツ心臓, 循環科学, **42**:1026, 1982.

表 スポーツ選手の不整脈³⁾

総 例 数	475
洞 徐 脈 (50/min 以下)	153 (32.2)
洞 不 整 脈	86 (18.1)
ペ ー ス メ ー カ ー 移 動	13 (2.7)
上 室 性 早 期 収 縮	5 (1.1)
心 室 早 期 収 縮	22 (4.6)
異 所 性 心 房 調 律	4 (0.8)
接 合 部 補 充 収 縮	2 (0.4)
接 合 部 調 律	1 (0.2)
P Q 延 長	27 (5.7)
第 2 度 (I型) 房 室 ブ ロ ッ ク	3 (0.6)
洞 房 ブ ロ ッ ク	2 (0.4)
完 全 房 室 解 離	2 (0.4)
不 完 全 右 脚 ブ ロ ッ ク	27 (5.7)
完 全 右 脚 ブ ロ ッ ク	3 (0.6)
W P W パ タ ー ン	2 (0.4)
short P Q	1 (0.2)

() : %