

# トライアスロン競技後の左室機能の変化

山崎 元\* 関原 敏郎\* 永野 志朗\*

近年わが国におけるスポーツ人口は急増し、彼らの関心は観るスポーツから自らが行うスポーツへと移行している。それに伴い、スポーツによって起こる事故が増し、スポーツに関する医学的知識の必要性が強調されるようになった。さらには、スポーツが盛んになるにつれて、より激しい体力の酷使を行う競技に興味をもたれるようになっている。なかでもトライアスロンは、自分自身の体力を究極まで追い込む競技として、スポーツを行っている者にとって極めて魅力的なものであるという。

一方、運動が心臓の機能や形態に及ぼす影響は今日まで広く検討されてきた。しかしながら長時間の運動が心臓の機能に与える影響を臨床的に検討した成績は数少ない<sup>1-4)</sup>。今回我々は、トライアスロン競技に参加した選手の競技前後における心機能の変化を心エコー法を用いて観察する機会があり、長時間の消耗的な運動が心機能の指標に無視できない変化を及ぼす成績を得た。

## 対象と方法

対象は、1986年8月31日に行われた琵琶湖

アイアンマンジャパントライアスロンレース(3.2Km水泳, 161Kmサイクリング, 32Kmマラソン)に参加し競技を完了した平均年齢30±9歳(mean±SD: 20-46歳)の11名(男子7名, 女子4名)である。全員が毎日運動をする習慣があり、しかも過去にトライアスロン参加の経験を持っていた。

2方向心断層法を基にしたMモード心エコー図を、下記の競技前後の時期に50mm/secの速度でstrip-chart recorderを用いて仰臥位右前斜位で記録した。すなわち、11名全例について競技2日前の安静時(before/rest: BR)と、10-15分の短時間ランニング後(before/exercise: BE)そしてトライアスロン競技終了直後(finish: F)の計3回記録した。また、うち8名については競技の翌日にも同様の短時間運動負荷の前(after/rest: AR)と後(after/exercise: AE)の心エコー図を記録した。計測には、僧帽弁前尖の先端で心室中隔と左室後壁とが十分に描出される部位で記録した左室エコー図を用い、コンピューター接続したdigitizerにて心室中隔の右室側と左室側、左室後壁心内膜と心外膜をトレースして、10msec間隔で計数化した<sup>5)</sup>。左室径については、心電図R波に一致した時期を拡張末期径(Dd)、最小内径を収縮末期

\* 慶應義塾大学保健管理センター

径 (Ds) として、内径短縮率 (FS) を  $Dd - Ds / Dd \times 100$  で求めた。また収縮期における  $1/D \times dD/dt$  の最大値をもって最大内径短縮速度 (maxVcf) とした。拡張末期左室半径 ( $R = Dd/2$ ) を後壁厚 (Th) で除し収縮期血圧 (SBP) を乗じた  $SBP \times R / Th$  を求めて wall stress の指標とし、また SBP/Ds を収縮性の指標とした。

心エコー図記録と同時に右上腕にて血圧測定 (カフ法) を行った。

競技直後の心機能の評価が本研究の主眼であることから、競技直後の成績を競技前の安静時ならびに短時間運動直後の所見と対比検討した。さらには競技翌日すなわち回復期の短時間運動前後の所見とも比較した。統計学的処理は paired t 検定を用い、 $p < .05$  を有意とした。

## 結 果

### 1. 競技前の短時間の運動 (表1)

BE を BF と比較すると、心拍数 (HR) は当然増加、収縮期血圧 (SBP) はわずかながら増加 ( $p < .05$ ) し、拡張期血圧 (DBP) は不変であった。Dd は変化なく Ds は減少し、その結果 FS は増加した。maxVcf も有意に増加した。

### 2. トリアスロン競技直後 (表1)

対象者は、3.2Km の水泳、161Km のサイクリング、32Km のランニングに平均11時間33分 (8時間18分-13時間35分) を要した。体重は4.6%減少した ( $57.2 + 7.1 \rightarrow 54.6 + 7.3$  Kg)。心エコー図は、ゴールした後平均9分 (6-16分) 経過した時点で記録した。

F の成績を BR と比較すると HR は高く SBP、DBP については有意な差がなかった。心エコーでは Dd は減少し Ds に差はなかった。FS については7%の減少がみられたが (36.0% vs 33.4%) 統計的に有意ではなかった。maxVcf についても差がなかった。

F では BE に比し、Dd は有意に低値であった。後負荷の指標である血圧、 $R/Th$  がむ

表1 競技前の短時間運動前後と競技後の比較 (N=11)

	BR	BE	F
HR (/min)	61±9	94±11**	90±8**
SBP (mmHg)	110±11	117±12*	108±14
DBP (mmHg)	73±8	73±6	66±16
Dd (mm)	48±6	47±6	46±7*, °
Ds (mm)	31±4	29±5*	30±5
FS (%)	36±4	39±6*	33±5°
maxVcf (circ/sec)	2.5±0.4	2.8±0.4*	2.5±0.4*, °
R/Th	2.6±0.4	2.6±0.4	2.4±0.3
SBP×R/Th (mmHg)	291±52	301±56	262±48°
SBP/Ds (mmHg/mm)	3.6±0.4	4.1±0.5	3.6±0.6°

HR: 心拍数, SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, Dd: 左室拡張末期径, Ds: 左室収縮末期径, FS: 左室内径短縮率, maxVcf: 最大内径短縮速度, R/Th: 左室半径・後壁厚比, BR: 競技前安静時, BE: 競技前運動直後, F: 競技直後,

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$  vs BR ° $p < .05$ , °° $p < .01$  vs BE

表2 競技直後と翌日短時間運動前後の比較 (N=8)

	F	AR	AE
HR (/min)	91±8	60±10**	89±10
SBP (mmHg)	105±11	107±7	114±8
DBP (mmHg)	62±17	70±6	74±5
Dd (mm)	45±7	46±6	46±6
Ds (mm)	30±5	32±6	30±5 <sup>oo</sup>
FS (%)	34±6	32±6	35±7 <sup>oo</sup>
maxVcf (circ/sec)	2.6±0.4	2.6±0.4	2.8±0.3*, <sup>oo</sup>
R/Th	2.5±0.4	2.5±0.3	2.6±0.4
SBP*R/Th (mmHg)	255±42	269±33	288±34
SBP/Ds (mmHg/mm)	3.6±0.7	3.5±0.6	4.0±0.9 <sup>o</sup>

HR:心拍数, SBP:収縮期血圧, DBP:拡張期血圧, Dd:左室拡張末期径, Ds:左室収縮末期径, FS:左室内径短縮率, maxVcf:最大内周短縮速度, R/Th:左室半径・後壁厚比, F:競技直後, AR:競技翌日安静時, AE:競技翌日運動負荷後

\*p<.05, \*\*p<.01 vs F <sup>o</sup>p<.05, <sup>oo</sup>p.<01vs AE

しる低値であった(表1)にもかかわらずDsには変化がなく, FSは明らかに低かった(38.9% vs 33.4%, p<.05)。HRは差はなかった。FSの変化の絶対値とDd, Dsそれぞれの変化の絶対値との関係をみると, FSの変化はDdとは相関がみられず, Dsとの間に相関関係がみられた( $r = -0.82$ ,  $p < .01$ )。max Vcfについても, FとBEとの間に有意の差があった( $p < .05$ )。

### 3. 回復期の運動前後(表2)

回復期の心エコー図は8例についてゴール後平均15時間で記録した。体重はトライアスロン直後に比し増加がみられた( $p < .01$ )が, 競技前値には復さなかった( $p < .01$ )。ARのDdはFより大きかったが(46 vs 45mm)有意な差ではなく, またBFとの間にも差がなかった。Ds, FSについても同様に差がなかった。短時間の運動によりFSは明らかに増加した。

## 考 案

スポーツという言葉は楽しみながら行う運動を意味する場合が多い。しかし, スポーツを続けている者の一部は, より過酷な負荷を自身に課す方向へと進むことも多い。最近, 有酸素運動を組み合わせる長時間の持久運動能を争うトライアスロン競技に参加を希望するものが激増している。

運動をすることによって起こる心血管動態変化は, 今日まで多くの研究がなされてきた。それらによると, 運動時の心拍出量の増加は主に心拍数の増加に基づき, また一部は一回拍出量が増すことにもよる。その際一回拍出量の増加に関与する因子として, 駆出率の増加とスターリングの機序すなわち左室末期容積の増大が挙げられる。しかしながら長時間運動を続けて行くと心拍数は増すにもかかわらず心拍出量は増加しなくなり, 減少することもある。cardiovascular driftと言われ

トライアスロン競技後の左室機能の変化

一回拍出量が低下するこの現象は、熱を逃がすために血液の皮膚血管への再分布が起こったりあるいは発汗によって循環血液量が減少することによると考えられており、また心収縮性自体の低下、すなわち心疲労 (cardiac fatigue) が関与することも示唆されている<sup>2)</sup>。

心臓のポンプ機能には収縮性、前負荷、後負荷、そして心拍数が関与し、収縮性の評価を行う際には後3者の変化を考慮する必要がある。長時間の運動によって心収縮性の変化を検討した従来の報告は、運動前の安静時と比較したものが多く、本研究では、運動により前負荷や後負荷の変化は当然生ずると考え、心拍数の変化など運動自体によって起こる影響を少なくするため、同一例を対象として、安静時のみならず短時間の運動後の記録も行って長時間の運動後の変化と比較検討した。その結果、トライアスロン終了直後の内径短縮率は、安静時とは有意な差がなかったが、短時間運動後と比較すると14%低かった。同時に拡張末期径も小さかったことからスターリング機序による変化と考えられた。しかしながら個々の例で短時間運動後とトライアスロン後の内径短縮率の変化と内径変化の関係をみみると (図1)、内径短縮率は拡張末期径とは相関せず収縮末期径との間により相関がみられた。これらの所見は、短時間の運動とは異なり、長時間の消耗性の運動は心の収縮性自体にも影響を及ぼすことを意味すると思われた。さらには、後負荷 (P\*R/Th) が小であったのに maxVcf が低値を示し、非観血的に得られる心収縮性の指標である SBP/Ds も12%低かったことは、前述の cardiac fatigue 現象の関与を支持するものと考えら

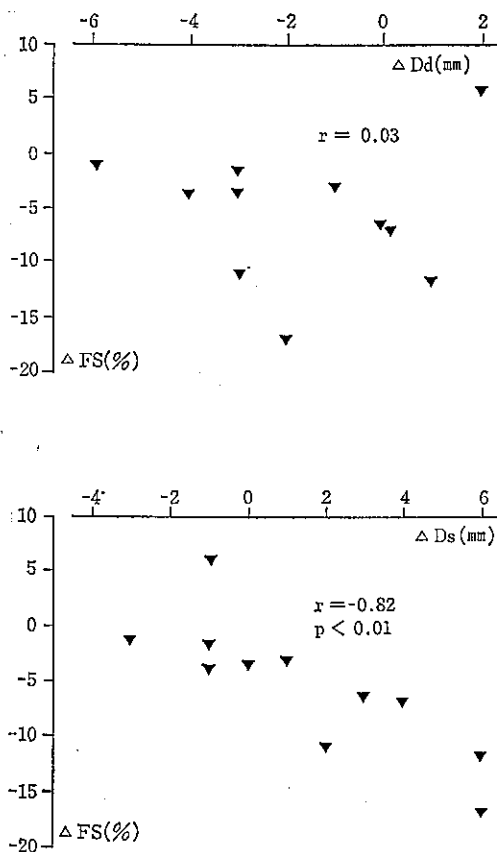


図1 競技前の短時間運動負荷後と競技直後における、上段：左室拡張末期径 (Dd) の変化と左室内径短縮率 (FS) の変化の関係 下段：左室収縮末期径 (Ds) の変化と左室内径短縮率 (FS) の変化の関係

れた。

わが国においても一般市民が参加するマラソンやトライアスロンといった消耗性の競技の数が年々増している。普段から運動習慣がある健康な者がマラソンの最中に血たんを伴う左心不全を起こした報告例<sup>6)</sup>もある。本研究で得られた成績は、運動前に行うメディカルチェックの重要性を意味した。

本研究に協力頂いた三共製薬徳清水恒信氏に感

謝します。本研究は慶應義塾学事振興資金による  
成果である。

文 献

- 1) Upton MT, Rerych SK, Roebach JH, Newman GE, Douglas JM, Wallace AG, Jones RH: Effect of brief and prolonged exercise on left ventricular function. *Am J Cardiol* 45 : 1154, 1980
- 2) Niemela KO, Palatsi IJ, Ikaheimo MJ, Takkunen JT, Vuori JJ: Evidence of impaired left ventricular performance after an uninterrupted competitive 24 hour run. *Circulation* 70 : 350, 1984
- 3) Perrault HP, Peronnet F, Lebeau R, Nadeau RA: Echocardiographic assessment of left ventricular performance before and after marathon running. *Am Heart J* 112 : 1026, 1986
- 4) Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WDB, Hackney K, Reichek N: Cardiac fatigue after prolonged exercise. *Circulation* 76 : 1206, 1987
- 5) St John Sutton MG, Reichek N, Kaster JA, Giuliani ER: Computerized M-mode echocardiographic analysis of left ventricular dysfunction in cardiac amyloid. *Circulation* 66 : 790, 1982
- 6) McKechinie JK, Leary WP, Noakes TD, Kallmeyer JC, MacSearraigh, ETM, Olivier LR: Acute pulmonary oedema in two athletes during a 90-km running race. *S Afr Med J* 56 : 261, 1979