

不整脈症例における運動負荷の意義は本研究とは別個に考えられるべきであることは当然であるが、心拍出力等の心機能に問題のある症例での運動負荷の方法とその意義については今回の結果が適応できるものと考えられる。運動負荷の様式を問わず運動耐容能を推定できる方法として $\dot{V}O_2 = A \times HR + B$ の A, B を計測することの有用性と意義について述べた。

4-b ファロー四徴術後患児に対する簡易運動負荷検査（ジャンプテスト）

若 林 良，小 佐 野 満 （慶応義塾大学医学部小児科）

1. 目的

心臓手術の究極的な目標は患児の血行動態（Hemodynamics）の改善と、活動能力（Functional capacity）の向上をはかり、良好な長期予後を保証することにある。今回我々は、ファロー四徴術後患児を対象にその活動能力を評価する目的で、簡易運動負荷法として、ジャンプ負荷を行い、トレッドミル負荷成績との異同を検討するとともに、健康児と術後児のジャンプ負荷に対する反応を比較し、術後評価の一助とした。

2. 対象と方法

対象は、ファロー四徴術後の患児11例（男9名，女2名，年齢6～13歳，術後3～9年）および、性，年齢，体重をマッチングさせた健康児11例である。術後群のうち9例は、術後心臓カテーテル検査により、血行動態改善の評価がなされており、残存短絡例はなく、右室圧は平均 44 ± 11 (SD) mmHg であった。

術後群は3分間を目標に、自由なテンポで連続跳躍を行い、10分以上の安静ののち、Bruce プロトコールによるトレッドミル負荷を、本人の耐えられる限度まで負荷した。

健康群は、ジャンプ負荷のみを行った。

負荷中および負荷前後安静時の心拍数，酸素消費量，心電図，物理的負荷量が，測定記録された。ジャンプ中の物理的負荷量の測定は，独自開発した定量装置⁹⁾を用い，各症例毎の跳躍負荷量に偏りがなかったかどうかを検討した。尚，安静時心拍数および酸素消費量は30秒毎記録の連続4記録値を加算平均したものとし，心電図波高も連続4心拍の波高の平均値をとった。負荷中，負荷後の心拍数，酸素消費量，R波高，T波高は，いずれも安静時を100%とした百分率で表示した。

有意差検定は paired t-test を用いた。

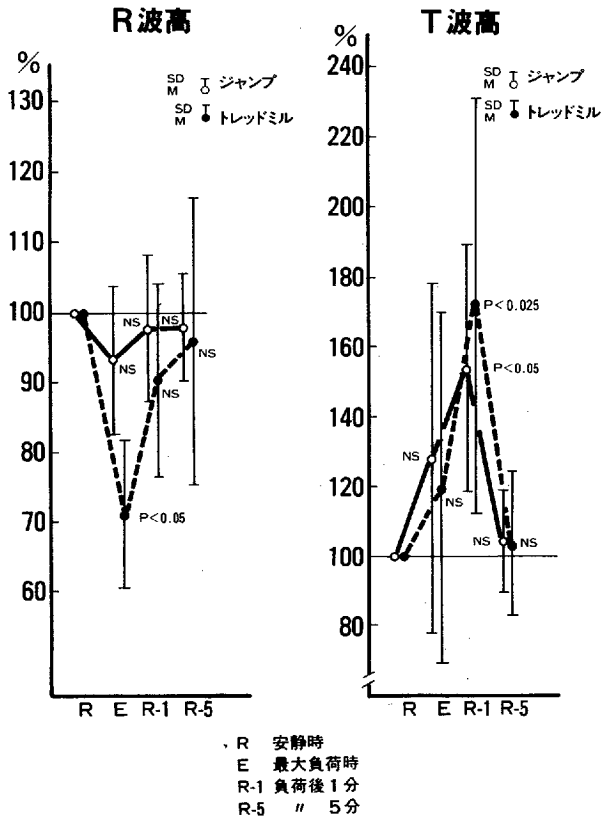
3. 結果

(1) フォロー四徴術後群

=ジャンプ負荷とトレッドミル負荷の比較=

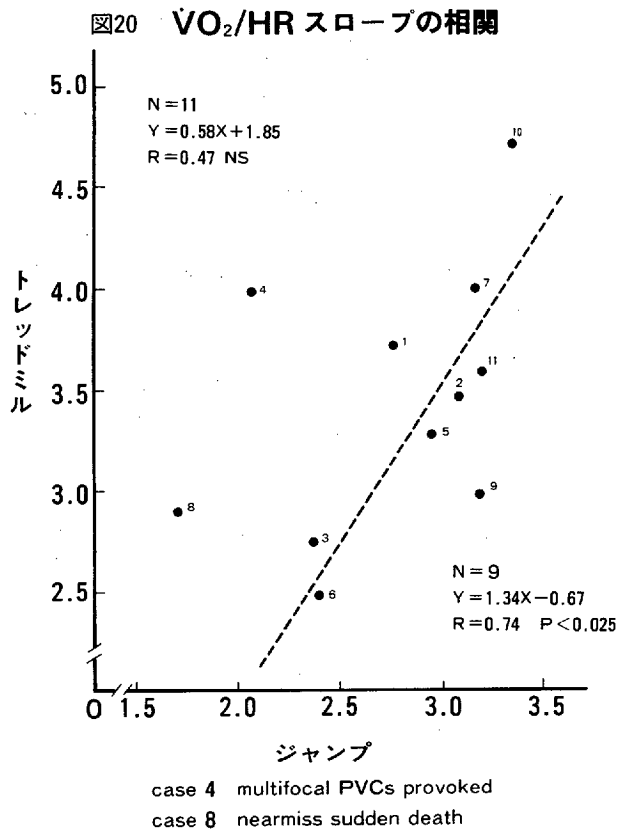
ジャンプ負荷は、トレッドミル負荷に比し、負荷時間、最終負荷強度とも軽い亜最大負荷であるため、これを反映して、酸素消費量は、トレッドミル負荷を下まわっているが、負荷時最大心拍数には差がなく、短時間で高い心拍数に達するジャンプテストの特徴が明らかである。また、心電図波高変化を比較してみると、トレッドミル負荷のほうが変動幅が大きいものの、両負荷とも相似した変化をたどることがうかがえる。但し、両負荷それぞれ、安静時に比して有意な波高変化がみられたのは、負荷後1分のT波増高であった。(図19) これらから、ジャンプテストの心拍数、酸素消費量、心電図波形の変化は、トレッドミル負荷のそれを反映するものと考えられる。そこで、症例毎にジャンプ負荷とトレッドミル負荷の相関を検討すると、最大心拍数については、トレッドミル負荷を5分で中

図19



断した症例8をのぞいて、両負荷には相関がみられ、最大酸素消費量についても両負荷間の相関($r=0.61$, $P<0.025$)がみられる。さらに、波高変化の顕著な負荷後1分のT波についても、両負荷に相関($r=0.56$, $P<0.05$)がなりたつ。これらにより、ジャンプテストの結果を用いトレッドミル負荷の結果を予測することも、ある程度は可能である。

今、活動能力の1つの指標として、安静時を100%とした最大酸素消費量/最大心拍数の値を $\dot{V}O_2/HR$ スロープと定義し、ジャンプ負荷とトレッドミル負荷の $\dot{V}O_2/HR$ スロープを比較したところ、症例4と症例8でジャンプ負荷の値が極端に低いが、これら2例を除くと、両負荷間に相関が成り立った。(図20) 興味深いことに、症例8は術後8年目の夏、プールに飛び込んだ直後に意識を失い、収容された病院で心室性頻発を指摘され、まもなく心室細動となったため電氣的除細動により救命されたというエピソードがあり、現在もインデラル服用中の症例である。また症例4は、術後6年間不整脈を指摘されたことはなかったが、今回の運動負荷検査時に多源性心室性期外収縮を発見された症例である。



両負荷による不整脈検出の差については、前述の症例4では、両負荷とも多源性心室性期外収縮がみられたが、単源性心室期外収縮がトレッドミル負荷でのみ出現した症例が3例あった。

(2) ジャンプ負荷

=ファロー四徴術後群と健康群の比較=

性、年齢、体重をマッチングさせたコントロール群11例について、術後群と同じプロトコルでジャンプ負荷を行った結果では、最大心拍数、最大酸素消費量、心電図波高の変化は、術後群と有意差はなく、術後の活動能は、平均的には健康群に比し、遜色のないことがうかがわれる。(表11, 図21)

表11

対 照 項 目		ファロー四徴手術後群	コントロール群
年 齢	歳	10.1 ± 2.4	10.0 ± 2.4
体 重	kg	33.68 ± 10.07	32.74 ± 10.92
身 長	cm	140.76 ± 15.99	137.23 ± 19.40
安静時心拍数	拍/分	90.5 ± 11.3	92.5 ± 6.2
負荷時最大心拍数	拍/分	166.5 ± 13.9	165.2 ± 12.8
安静時酸素消費量	ml/kg・分	6.97 ± 1.61	6.51 ± 1.51
負荷時最大酸素消費量	ml/kg・分	34.26 ± 5.32	35.06 ± 5.61
負荷時間	分	2.9 ± 0.3	3.0
負荷強度	G/分	0.511 ± 0.027	0.515 ± 0.048

しかし、健康群の $\dot{V}O_2/HR$ スロープを正常値と仮定すると、術後群の症例4と症例8は、2標準偏差を越える低値であることが確認された。(図22)

$\dot{V}O_2/HR$ スロープ低値が何如なる要因によるものかを検討するため、右室肺動脈収縮期圧較差、手術時年齢、術後経過期間などとの相関を検討したが、いずれも有意な相関をもつものはなかった。

図21

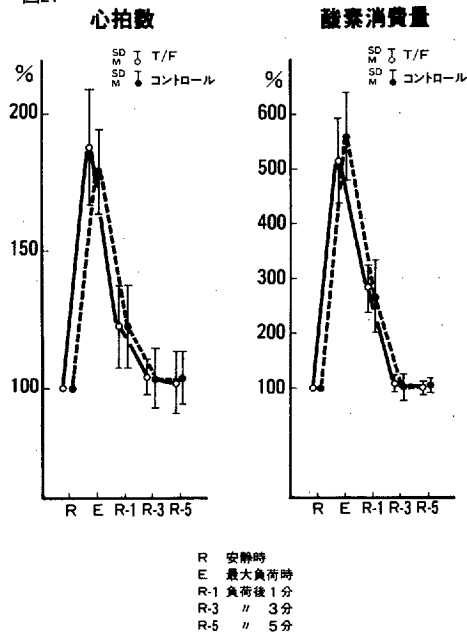
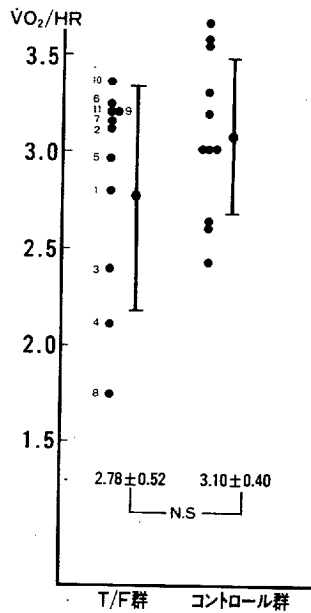


図22 VO₂/HR スロープの比較



4. 考 按

小児の運動パターンを観察すると、突然全力疾走を始めたかと思うと、急に立ち止まるというように、無氣的運動 (anaerobic exercise) が主体となっていることが多く、漸増的持続的運動というのはむしろ例外的パターンのものである。したがって、日常の小児の運動をシュミレートするには Bruce 等の多段階漸増負荷のみでは、必ずしも充分であるとはいえない。我々は、簡易運動負荷法として、短期間の連続跳躍をとりあげ、single load 検査として、その負荷量を定量する装置を開発するとともに、臨床応用を試みてきた。

今回は、ファロー四徴術後症例を対象に、ジャンプ負荷とトレッドミル負荷を比較してみたが、心拍数、酸素消費量、心電図波高変化において、両負荷には相関があり、両負荷間で明らかな差がある症例は、臨床的に何らかの問題のある症例である可能性が示唆された。即ち、ジャンプテストにおいて、 $\dot{V}O_2/HR$ スロープが低く算出された 2 症例は、1 例は心室細動の既往があり、インテラル服用中の症例であり、他の 1 例は多源性心室性期外収縮を発見された症例であり、ともにファロー四徴手術後の突然死の危険因子をもつ症例であった。もっとも $\dot{V}O_2/HR$ スロープの低さは、不整脈を予測する指標ではなく、aerobic performance の悪化を示す指標¹⁰⁾であるので、これら両症例の潜在的な機能不全を顕在したものと推定される。しかしジャンプテストのような、一部 anaerobic な負荷で $\dot{V}O_2/HR$ スロープの低さが強調されて観察される理由は不明であり、今後検討を要する事項である。

また術後群と健康群コントロール群のジャンプテスト結果を比較すると、心拍数、酸素消費量、負荷強度に有意な差はなく、最大負荷時の心拍数がコントロールより低値にとどまるという従来の報告¹¹⁾と異なった結果となったが、これはジャンプテストが亜最大負荷であることと関連していると考えられる。したがって亜最大負荷でみるかぎり、今回検査されたファロー四徴術後患児の活動能力は健康児と比較して遜色のないものであると推定されるが、症例 4 及び症例 8 は $\dot{V}O_2/HR$ スロープについて、健康群の正常範囲を逸脱した低値を示していた。

ジャンプテストは亜最大負荷という限界はあるものの、小児の日常の運動パターンをよく反映し、その検査結果はトレッドミル負荷の結果をある程度予測せしめる。ジャンプテストはトレッドミル負荷検査を代換するものではなく、これを補充する型で独自の情報を追加し、術後の活動能の評価や危険因子の発見に有用であると考えられる。