

# 心不全評価のための運動負荷法の選択

武者 春樹\* 山本 雅庸\*  
田辺 一彦\* 村上 正博\*

## はじめに

心不全の評価は、症状による NYHA 心機能分類が一般に用いられてきたが、NYHA 心機能分類をはじめとする自覚症状による評価は客観性に乏しく多くの問題を含んでおり、客観的指標による心不全の評価が必要となってきた(表1)。NYHA 心機能分類に評価される自覚症状が、心不全によるものか、他の臓器に由来するものなのか判別できないこと、また、自覚症状は個人差が大きいことも問題となる。一方、客観的評価法として運動負荷試験を用いて各種の指標を測定することがなされている。従来は、運動耐容能として、運動時間や運動時の自覚症状が指標として使われ、また、心臓超音波、核医学や侵襲的方法による血行動態指標の測定や最近では呼気ガス分析を用いる方法もとられている。これらの検査も自覚症状と同様に、患者の背景にある内的および外的要因の影響を受け、また試験の手技による制限を受

けた中での評価となっている。心不全の評価法の選択においてはこれらの心臓因子以外の影響の中で、どのように心不全すなわち心機能を評価するか、いくつかの評価法の問題点から、検討を加えた。

## 1. 自覚症状における問題点

Remes ら<sup>1)</sup> は、Boston criteria による自覚症状の心不全分類から、正常群 (Control), 可能性なし (Group I), 可能性あり (Group II), 心不全 (Group III)での運動負荷呼気ガス分析を行った。喚気閾値および最大酸素摂取量共に心不全群は、

表1 心不全の評価

1. 症状からみた心機能評価：NYHA 心機能分類
(1) 症状は本当に心不全のためか
(2) 自覚症状には個体差が大きい
2. 背景因子の存在
貧血, 高血圧, 妊娠・分娩, 不整脈, 腎不全,
呼吸器感染, 食塩摂取, 飲酒, 過労, 高温, 多湿ほか
3. 運動負荷試験：
運動耐容能 (時間, 自覚症状)
血行動態 (心エコー, 核医学, 侵襲的方法)
呼気ガス分析 ( $\dot{V}O_2$ , AT)

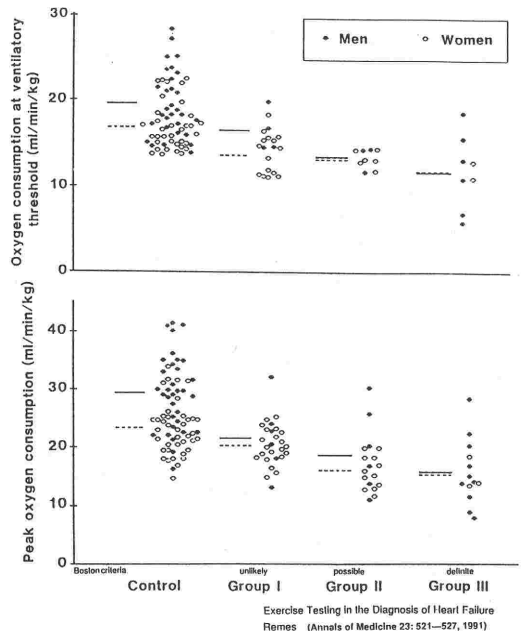


図1 心不全診断における運動負荷試験

\*聖マリアンナ医科大学第二内科

正常群に比べ低値であった(図1)が、両群間および診断の確定できない Group II および III と大きく重複することから、自覚症状と運動負荷呼吸ガス分析結果と一致せず、運動負荷試験は心不全の評価には限界があるとしている。一方、これらの症例の中には自覚症状の評価が、評価法により大きく異なることが見られる。Boston criteria と NYHA 心機能分類は共に自覚症状による分類であるが、重症度や診断的に不一致の例も多く、自覚症状による判定に問題が多いことを示している。

2. 背景因子の影響による問題

心不全における自覚症状や各種指標には、患者の背景因子により測定結果に大きく影響を与える要因が数多く存在する(表1)。これらの中で、疲労についての検討結果を示す。平均年齢25歳の健常男性8名に十分睡眠をとった日を Control として、睡眠時間が3時間以内の夜間労務を行った日を日周期性疲労時として、安静時と運動負荷時の心行動態を比較検討した(表2)<sup>2)</sup>。安静時では、心拍出量、心係数ともに疲労時で有意に低く、心拍数も少なく、全末梢血管抵抗は有意に高値であった。最大酸素摂取量の60%相当における定常負荷における心拍出量及び心係数は、疲労時に有意に低く、心拍数も有意に少なかった。症候限界負荷試験における Adrenaline, Noradrenalin (図2)<sup>2)</sup> の反応は、Control および疲労時に有意差は認められなかった。これらの結果は、疲労時における静脈還流量の減少がその原因であるが、心不全評価においても被検者の当日の体調が評価内容に大きく影響を与えることが示唆される。

3. 従来の運動負荷方法による心不全評価の問題

従来、運動負荷による心不全評価においても、虚血診断に用いたトレッドミル運動負荷試験の Bruce プロトコルを用いてきた。この虚血誘発を目的とした Bruce プロトコルは、元来健常人の運動耐容能を評価するために考案されたものであり、運動耐容能の低い心不全患者に用いることは適切でない面を有している。しかし、心不全の運動耐容能評価についての検討が十分になされていなかった時点で多くの施設で用いられ、過去の蓄積のデータも豊富なことから、このプロトコルによる評価が一般的となっていた。図3は、

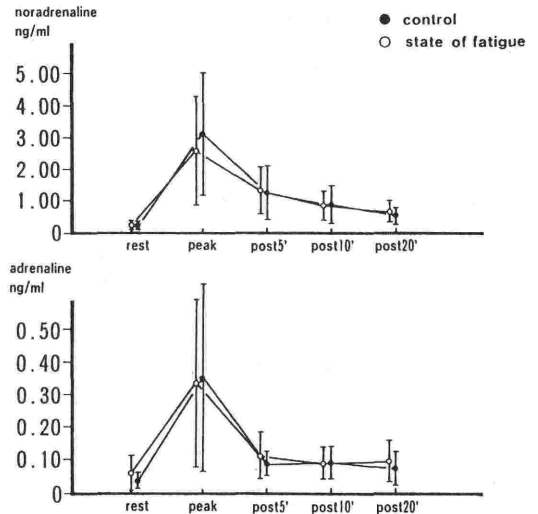


図2 運動負荷時カテコラミン動態  
control: 非疲労時  
state of fatigue: 疲労時

表2 疲労時と非疲労時の血行動態指標

	CO l/min	CI l/min/m <sup>2</sup>	SV ml	HR beats/min	SBP mmHg	DBP mmHg	TPR dyne·sec·cm <sup>-5</sup>	
rest	control	4.55±0.80	2.65±0.62	56.3±9.3	82.2±16.5	137.4±26.1	82.6±12.8	1817.8±201.3
	state of fatigue	3.08±0.33	1.78±0.26	48.8±8.7	65.0±15.0	122.8±7.3	73.8±11.8	2345.0±135.4
60% peak $\dot{V}O_2$	control	8.87±2.17	5.18±1.62	51.7±14.2	172.4±8.1	215.8±15.9	94.2±21.9	1252.7±207.8
	state of fatigue	6.34±2.17	3.68±1.42	42.6±13.5	149.0±11.8	196.8±15.3	91.2±14.5	1667.5±349.9

Values are means±SD, \* p<0.05, \*\* p<0.01

運動負荷試験における呼気ガス分析の結果であるが、負荷方法は Bruce プロトコールとほぼ同程度

度の酸素摂取量増加が得られる Ramp プロトコールを用いている。上段の健康人を対象とした結果では、酸素摂取量の増加は予測酸素摂取量とほぼ同様の増加を認めるが、下段の心不全患者を対象としたときには、酸素摂取量の増加は、予測酸素摂取量増加を大きく下回っている<sup>3)</sup>。これは、Bruce プロトコールで完了したレベルで酸素摂取量を推定する従来の方法では、過大評価を行っていたことを意味し、仮に Bruce プロトコール Srage II を完了したとしても、健康人では 6~7 METs の運動耐容能を有しているのであるが、心不全患者では 5 METs 以下の運動耐容能と考えられる。図 4 は陳旧性心筋硬塞の患者で、NYHA II の Ramp 法による運動負荷呼気ガス分析の結果である。Bruce プロトコールでは、運動耐容時間 5 分で、約 6 METs の運動耐容能があると評価されていたが、呼気ガスの分析の結果では、最高酸素摂取量 13.78 ml/kg/min と 4 METs に留まっていた。さらに、図 3 で示した心不全患者の NYHA I と II では酸素摂取量では有意な差を認めるが、運動耐容時間では差がなく両群の分離ができないことになり、評価法として不十分と考えられ、Bruce 法を用いた運動耐容時間での心不全の評価は、不適切と考えられた。この原因としては、負荷増加を健康人の酸素摂取量のデータを基にして作成されたプロトコールによ

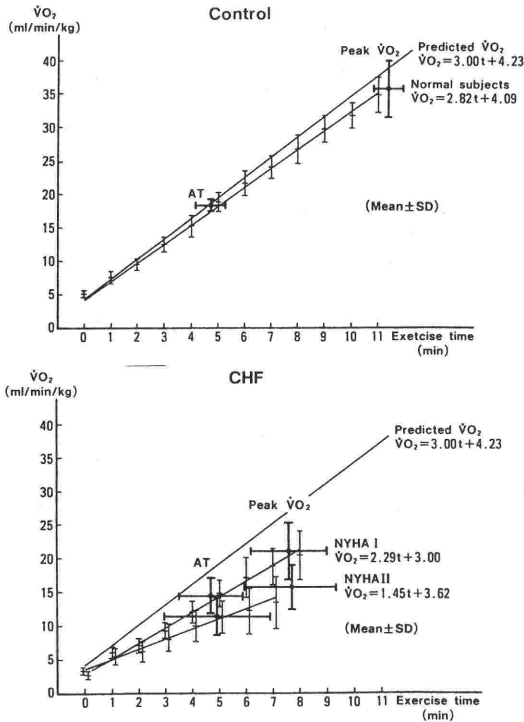


図 3 運動負荷呼気ガス分析結果  
上段：control 健康人  
下段：CHF 心不全患者

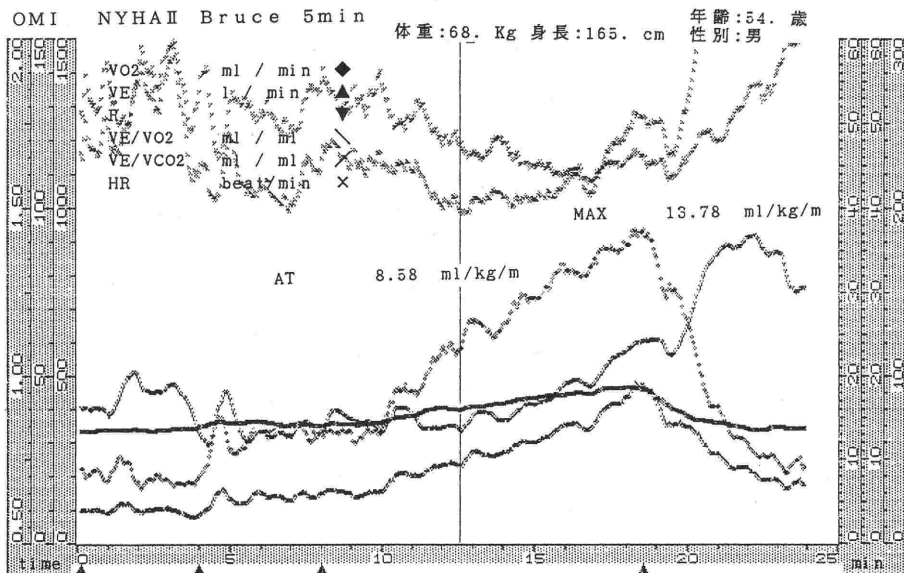


図 4 心不全症例における呼気ガス分析実例

ることが影響しており、心不全においては対象症例の運動能力に応じた低い負荷量から少ない負荷増加を行う心不全用のプロトコール (NYHA I では10分で酸素摂取量が 20 ml/min/kg, II では 15 ml/min/kg, III では 10 ml/min/kg) が必要である。

#### 4. 負荷における体位の問題

運動負荷試験では、臥位エルゴメータ、坐位エルゴメータ、トレッドミルなどの等張性運動やハンドグリップなど等尺性運動など様々な負荷方法が用いられているが、等張性運動の中でも臥位や坐位エルゴメータとトレッドミルでは、運動に対する生体反応に差が認められることは健常人を対象に古くより報告がある<sup>4)</sup>。しかし、心不全患者を対象としてこれらの負荷の体位に関する差を検討した報告はない。特に血行動態の検討においては、カテーテル留置の手技的問題や負荷中の安全性から、もっぱら臥位および坐位エルゴメータが一般的に用いられている。しかし、本邦における日常生活を考えると基本的労作は歩行活動であり<sup>5)</sup>、静脈還流の差や労作に用いる筋群の差などがあり、負荷の方法としてはトレッドミルが最も適していると考えられる。今後は、手技や安全性の問題を解決し、血行動態を含め、歩行における心不全評価を行うことが必要と考えられる。

#### おわりに

心不全評価における負荷方法を問題点の立場か

表3 心不全評価のための運動負荷法選択の考え方

1. 心不全における何の指標を評価するのか。  
自覚症状・酸素輸送系・筋エネルギー代謝
2. 選ぶ指標によって、測定法による制限はないか。  
プロトコール・体位
3. その評価は日常臨床に役立つか。  
日常生活における運動耐容能を反映しているか。

ら検討した。現在、心不全の運動負荷試験法で最もよい、適切な方法を確定することはできないが、表3に示すように、心不全の何を評価するか、どのような手技を用いて行か、さらに、患者の診断治療にどのように結び付くかを考え、安全性と診断精度を考慮して負荷方法を選択することが必要であろう。

#### 文 献

- 1) Remes, et al.: Exercise testing in the diagnosis of heart failure. *Annals of Med.* 23: 521, 1991.
- 2) 小笹 明: 日周期性疲労時の各種血中ホルモン、運動耐容能および血行動態の検討. *日本臨床生理学雑誌*, 21: 351, 1991.
- 3) 山本雅庸: トレッドミル Remp 負荷のための酸素摂取量予測式と臨床応用. *日本臨床生理学雑誌*, 21: 1, 1993
- 4) 都築実紀, 他: 津動的下肢運動負荷試験の循環呼吸系反応. *名古屋医学*, 106: 165, 1984.
- 5) 武者春樹, 他: 日常生活心拍数変動と運動負荷心拍数変動の相違について. *心電図*, 8: 15, 1988.