

運動負荷心エコー図法における適正 負荷量の検討：健常人ならびに大動 脈弁置換術後症例における検討

Target Heart Rate for Exercise Echocardiography

守月 理
川内 基裕
古瀬 彰

Osamu MORIZUKI
Motohiro KAWAUCHI
Akira FURUSE

Abstract

The exercise stress test with a semi-supine position bicycle ergometer was evaluated in 10 normal subjects and five cardiac patients to define the appropriate target heart rate for exercise echocardiography. The normal healthy subjects were aged between 24 and 30 years, while the five patients with artificial aortic valves were aged between 13 and 54 years. The workload was continuously increased from 0 W to the maximum achieved workload at 20 W/min for normal subjects and 10 W/min for patients. Echocardiography was recorded every minute during the test procedure. End-diastolic and end-systolic dimensions were measured and ejection fraction was calculated. The ejection fraction at heart rates 50, 60, 70 and 80% of predicted maximum heart rate and at maximum workload were compared.

Heart rates at the maximum workload for normal subjects were 76 to 94% ($86.3 \pm 6.3\%$) of the maximum heart rate predicted from the age of the subjects and 70 to 102% ($84.0 \pm 12.6\%$) for the patients. The largest ejection fraction values during exercise stress were obtained at 70% of the maximum predicted heart rate in normal subjects, and at 60% in the patients. The target heart rate for exercise echocardiography is 70% of the maximum calculated heart rate.

Key Words

adequate workload, bicycle ergometer exercise test, echocardiography, ejection fraction, predicted maximum heart rate

はじめに

心機能予備力の評価法として運動負荷心エコー図法は有用であるが、用いるべき運動負荷量の値は年齢、性別によって変わるべきであるにもかかわらず、現在のところこれに関する報告は少ない。今回、われわれは運動負荷心エコー図検査における至適負荷量を検討した。

対象と方法

24-30歳の健常男子10例、および大動脈弁置換術を施行した13-54歳の患者5例を対象とした。運動負荷にはCOMBI社が新しく開発した半臥位自転車エルゴメーターを用い、健常群では20 W/分、大動脈弁置換

群では10 W/分の漸増負荷を被検者の症候限界まで行った。検査中は1分ごとに記録し、左室拡張末期径(left ventricular diastolic dimension: LVDd)、左室収縮末期径(left ventricular systolic dimension: LVDs)を測定し、左室駆出率(ejection fraction: EF)を算出した。

それぞれの被検者について年齢から求められた予測最大心拍数($220 - \text{年齢}$)をBluckburnの方法¹⁾により算出し、その値に対する心拍数の到達率を検討した。たとえば、年齢20歳の被検者がある負荷によって心拍数140/minに達したとすると、次のような計算式から心拍数の到達率は70%となる。

$$140 / (220 - 20) = 0.7$$

心エコー図の記録は東芝製SSH60Aを用い、通常のMモード左室計測位で行った。安静時ならびに被検者

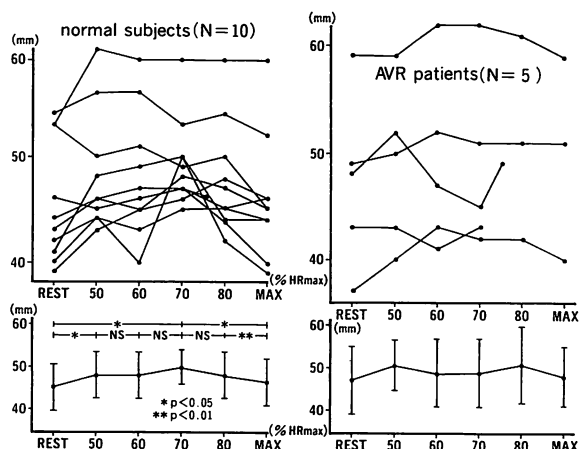


Fig. 1 Left ventricular diastolic dimension (LVDd) during exercise stress

LVDd was compared for the resting state during 50, 60, 70, and 80% of calculated maximum heart rate, and at the end of exercise stress. Maximum LVDd was observed at 70% of calculated maximum heart rate in the normal subjects (*left*). LVDd max was distributed between 50 and 70% of calculated maximum heart rate in the post AVR patients (*right*).
 AVR = aortic valve replacement; REST = resting state; MAX = at the end of exercise stress

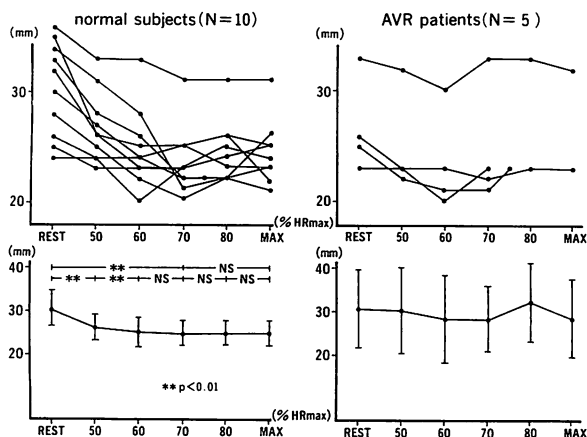


Fig. 2 Left ventricular systolic dimension (LVDs) during exercise stress

LVDs was compared for the resting state during 50, 60, 70, and 80% of calculated maximum heart rate, and at the end of exercise stress. Minimum LVDs occurred at 60% of calculated maximum heart rate and remained at the same value during the exercise in both normal subjects (*left*) and post AVR patients (*right*).
 Abbreviations as in Fig. 1.

の心拍数が先に算出した最大心拍数の 50, 60, 70, 80% の時点および負荷終了時における LVDd, LVDs を測定した。測定にさいしては連続した 3 拍以上の心収縮期での平均値を求めた。これらの LVDd, LVDs から EF を POMBO 法により算出した。

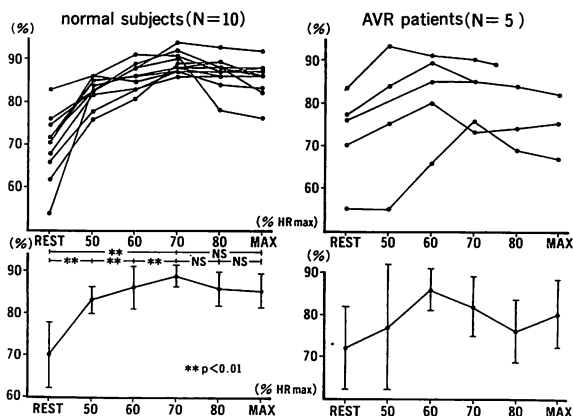


Fig. 3 Ejection fraction (EF) during exercise stress

EF was compared for the resting state, during 50, 60, 70, and 80% of calculated maximum heart rate, and at the end of exercise stress. Maximum EF was observed at 70% of calculated maximum heart rate in the normal subjects (*left*) and was distributed between 50 and 70% patients (*right*).
 Abbreviations as in Fig. 1.

結 果

負荷の end point は対象者全員、下肢の疲労感によるものであって、症候限界に至るまで、不整脈、血圧低下、胸痛、呼吸困難などは認められなかった。健常群の症候限界での運動負荷量を予測最大心拍数に対する到達率で表すと 76–94% (86.3 ± 6.3%) であり、大動脈弁置換群の症候限界での到達率 70–102% (84.0 ± 12.6%) であった。

心拍数における LVDd, LVDs, EF の推移を **Figs. 1–3** に示した。**Fig. 1** に LVDd の変化を示すが、健常群では負荷量の増加に伴って LVDd が増大し、70% の心拍数で最大となり、症候限界においては減少していた。大動脈弁置換群では運動負荷量を上げるにつれ、健常群と同様に LVDd が増大する症例と、50% の心拍数において最大を示した 2 例とに分かれた。後者では症候限界での運動負荷量が小さく、運動耐容能が低いと考えられた。

Fig. 2 に LVDs の変化を示した。健常群では負荷量増加に伴って、60% の心拍数に至るまで減少を続け、60% で最小の値を示し、その後はほぼ不変であった。大動脈弁置換群でも運動負荷に伴い、LVDs が減少を示した。

Fig. 3 に EF の変化を示した。健常群では 70% の心拍数で EF は最大となり、その後軽度の低下を認めた。大動脈弁置換群では EF の最大値は 50–70% の心

拍数の間に存在していた。

考 察

運動負荷心エコー図法は心機能予備力の評価法として簡便かつきわめて有用な検査方法である。しかしながら明瞭な画像を得ることがむずかしい症例もあり、検査時の負荷量が大きくなるほど良好な画像が得られにくくなる。運動負荷検査の最大の目標は症候限界性最大値を得ることであるが、心エコー図の記録では画像が不明瞭となり、検討に耐えられないことも少なくない。安静時記録においても十分な記録が行えない症例はもちろんであるが、安静時記録は可能でも運動中に呼吸運動によって記録が妨げられる症例を経験することが多い。また心疾患患者に症候限界まで負荷をかけることの安全性の問題も生じてくる。杉下らは運動負荷心エコー図での目標レベルとして、安全性の見地より心拍数 100/分を提唱している²⁾。しかしながら、運動による心拍数の反応は年齢により異なるはずであり、すべての被検者に対して一律の心拍数で最大の負荷量が得られるとは限らない。かといって、自覚的的最大負荷まで運動負荷をかけると、体動のみならず呼吸のための胸郭運動が増幅し、評価可能な画像が捉えにくいという問題が生じてくる³⁾。

今回の検討で、安静時記録が可能ながら、高度の負荷による運動中の記録が不明瞭となり、検討対象から除外せざるをえなかった症例を 10 例経験した。これらの症例で、心エコー図の記録の不明瞭化は 80% 以上の心拍数における運動負荷量で認められた。

運動量の指標としては酸素摂取量も広く用いられており、酸素摂取量を運動負荷強度の指標として用いることも可能ではある。しかしながら、酸素摂取量の測

定には特殊な測定機器が必要となり、通常の超音波検査室の設備では検討が不可能である。さらに、酸素摂取量と心拍数の間には非常に高い相関が認められるとされているので⁴⁾、われわれは簡便性の点から心拍数による指標を採用するための検討を行った。

本研究では健常群、大動脈弁置換群ともに左室機能の指標としての EF は予測最大心拍数の 70% の心拍数 (70%HR_{max}) に相当する運動負荷量で最大となっていた。運動負荷試験の安全性については、これまでは心疾患患者での運動負荷量と EF の関係の検討は少なかった⁵⁾。われわれは NYHA 分類 I・II 度の弁膜症患者 87 例に自転車エルゴメーターを用いて運動負荷試験で最大酸素摂取量評価を行ったさいには、予測最大心拍数の 70% の運動負荷では危険な合併症は認められず、安全な負荷量であると考えられた⁶⁾。さらに 70%HR_{max} では心エコー図の記録が明瞭に行いえたことや、EF が症候限界到達前の 70%HR_{max} において認められたこと、そして 70%HR_{max} の負荷は安全性が高いことなどから、70%HR_{max} を運動負荷心エコー図の運動負荷量の目標とすることが適切と考えられた。

また、本研究は健常男子 10 例、大動脈弁置換術後患者 5 例を対象としており、さらに多くの症例を経験することにより健常人での再現性や異同、各種弁置換術後の変化の差異の詳細を明らかにしていくことが今後の課題と考えられた。

結 論

運動負荷心エコー図による運動中の心収縮の検討には、健常人では予測最大心拍数の 70% 程度の負荷が適切と考えられた。大動脈弁置換術後症例における検討でも、同様の傾向が認められた。

要 約

心機能予備力の評価法として運動負荷心エコー図法は有用な方法であるが、適正な運動負荷量に関しては報告者によりさまざまである。健常者に対して行いうる症候限界性最大値も重症心疾患患者には危険を伴う可能性があるだけでなく、負荷中止レベルが一定でないため、被検者相互の比較に問題が残る。

今回、われわれは運動負荷心エコー図法を行い、経時的に左室駆出率を測定し、予測最大心拍数に対する心拍数の到達率 (%HR_{max}) と駆出率の関係を求め、適切な負荷量の検討を行った。対象は健常男子 10 例 (24-30 歳) および大動脈弁置換術後患者 5 例 (13-54 歳) であった。COMBI 社が新しく開発した半臥位自転車エルゴメーターを用い、健常群では 20 W/分、大動脈弁置換群では 10 W/分の漸増負荷を症候限界性最大値まで行った。運動中、1 分ごとに心エコー図を記録

し、左室拡張末期径、左室収縮末期径、左室駆出率を求めた。運動負荷量の指標として、年齢から算出した予測最大心拍数に対する到達率 50, 60, 70, 80% および最大値を検討することとし、それぞれにおける各データを比較検討した。健常群の症候限界での心拍数の予測最大値に対する到達率 (%HR_{max} at max) は 76-94% (86.3±6.3%)、大動脈弁置換群では 70-102% (84.0±12.6%) であった。また、健常群の EF は予測最大心拍数の 70% の心拍数 (70%HR_{max}) 付近、大動脈弁置換群のそれは 60%HR_{max} 付近でそれぞれ最大の値を示した。これらの結果から、運動中の心収縮を検討するには予測最大心拍数の 70% の心拍数が得られるような負荷を設定することが最も適切と考えられた。

J Cardiol 1994; 24: 199-202

文 献

- 1) Bluckburn HW : Developments in exercise ECG. *in* Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Medical Section of the American Life Convention, 1969, p538
- 2) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生 : 動的運動負荷心エコー図法による左心機能予備力の評価. *J Cardiogr* 1980; **10** : 689-696
- 3) 杉下靖郎, 小関 迪 : 動的運動負荷心エコー図法 : 仰臥位エルゴメーター運動負荷における方法の検討. *J Cardiogr* 1977; **7** : 551-558
- 4) Mitchell JH, Sproule BJ, Chapman CB : The physiological meaning of maximal oxygen intake test. *J Clin Invest* 1958; **37** : 538
- 5) 杉下靖郎, 松田光生, 鯉坂隆一, 飯田啓治, 飯田 要, 松本龍馬, 伊藤 巖, 小関 迪 : 各種心疾患における運動時心機能の評価. *最新医学* 1983; **38** : 213-214
- 6) 川内基裕, 守月 理, 宮入 剛, 松永 仁, 古瀬 彰 : 弁膜症患者の運動遂行能の評価法 : 自転車エルゴメーターによる運動負荷量による検討. *日心血管外会誌* 1990; **19** : 849-853