

下肢挙上および下肢駆血の
左心機能に及ぼす影響：心
エコー図による検討

Echocardiographic mea-
surement of change in
preload after leg-raising
and venous tourniquet of
leg and estimation of left
ventricular performance
after change in preload

升谷 一宏
嵯峨 孝
村上 英徳
松井 忍
原 重樹
金 武雄
平丸 義武
竹越 襄
村上 暎二
前田 正博

Kazuhiro MASUYA
Takashi SAGA
Hidenori MURAKAMI
Shinobu MATSUI
Shigeki HARA
Takeo KIN
Yoshitake HIRAMARU
Noboru TAKEGOSHI
Eiji MURAKAMI
Masahiro MAEDA

Summary

Systolic time indices such as mean velocity of circumferential fiber shortening (mVcf), normalized mean posterior wall velocity (mPWV), stroke volume (SV), cardiac output (CO) and ejection fraction (EF) were measured by echocardiography after leg-raising and venous tourniquet to evaluate left ventricular performance after alteration in preload.

Studies was done in 9 healthy men (Group-I) and 9 with heart disease (Group-II).

Left ventricular end-diastolic dimension measured by echocardiography, carotid pulse recording and heart rate (HR) counted from the ECG were used to calculate mVcf, left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), CO, SV and EF. Echocardiographic recording was done on supine position after 1, 3,

5 and 10 min of leg-raising and after 1, 3, 5 and 10 min of venous tourniquet.

Mean blood pressure measured by cuff and HR were not significantly altered after leg-raising or venous tourniquet in both groups.

LVEDV, SV CO increased significantly ($p < 0.01$) after leg-raising in both groups. EF showed significant increase ($p < 0.01$) in Group-I, but decrease in 5 cases of Group-II, and mVcf showed slight increase ($p < 0.05$) in Group-I, but there were no significant changes in Group-II after leg-raising. Mean PWV remained unchanged in Group-I but decreased slightly ($p < 0.05$) in Group-II after leg-raising.

It is concluded that leg-raising is useful method to alter preload and to estimate left ventricular performance.

Key words

leg-raising
end-diastolic volume
stroke volume
ejection fraction
preload

はじめに

生体内で左室収縮に影響を及ぼす因子は数多いが、その主たるものは次の3つであると考えられる。左室収縮直前の筋長、すなわち preload, 左室収縮中の負荷、すなわち afterload, および心筋の収縮性である。今回我々は、下肢挙上および下肢駆血により、実際に preload が変化し得るものか否か、また変化するとすれば、その左心機能に及ぼす影響は如何なるものであるか、などについて検索する事を目的とし、正常者および弁膜症などの無い心疾患患者を対象として下肢挙上、下肢駆血を行い、その前後の各種収縮期指標を超音波法を用い計測した。

対象と方法

対象は、金沢医科大学循環器内科に通院または入院せる成人健康者9名、平均年齢34.7才(以下 Group-I と略)および本態性高血圧症者6名、虚血性心疾患患者2名、特発性心筋症患者1名、平均年齢48才(以下 Group-II と略)、の2群である。

これら対象を十分安静仰臥させ、左室 UCG を記録。引き続き、両側下肢を $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ に挙上の

後、1分、3分、5分、10分の時間間隔で左室 UCG を記録し、再び対象を安静仰臥せしめ、同様に UCG を記録、今度は、両側下肢を大腿部で 40 mmHg の圧を加え駆血し、1分、3分、5分、10分、および駆血解放直後に左室 UCG を記録した。

UCG 記録装置は、Aloka UCG ポリグラフ SSD-90 で、周波数 2.25 MHz, 直径 10 または 13 mm の探触子を使用した。第 III または第 IV 肋間胸骨左縁より、超音波ビームを入れ僧帽弁エコーが見え隠れする所で、かつ最大の径を有する場所の左室エコーを心音図、第 II 誘導心電図、頸動脈波と同時記録し、左室収縮末期径(Ds), 左室拡張末期径(Dd), 左室後壁 excursion, 左室収縮末期容積(ESV), 左室拡張末期容積(EDV), 1回拍(SV), 心拍出量(CO), 左室駆出率(EF), mean 出量 velocity of circumferential fiber shortening (mVcf), normalized mean posterior velocity (mPWV), 左室駆出時間(LVET)等の指標を計測した。なお Dd は、心電図 R wave の頂点で、また Ds は心音図 IIA のはじまりの点で求め、EDV は Dd^3 , ESV は Ds^3 により求め、その他の指標も従来報告されている方法にて求めた。^{1)~5)}

結果

Table 1 は、下肢挙上前における、Group-I, Group-II の諸種指標の値を示す。平均血圧 (mBP) は Group-II で有意に高いが、EF, mVcf,

Table 1. Average data before leg-raising and venous tourniquet in two groups

	G-I	G-II
HR	61.5±7.4	64.7±13.4
mBP (mmHg)	84.8±13.6	105.9±20.3
EDV (ml)	118.0±38.9	94.0±16.6
ESV (ml)	34.1±15.9	26.4±11.7
SV (ml)	83.9±24.1	67.6±16.4
CO (L/min)	5.1± 1.5	4.2± 0.79
EF (%)	72.0± 4.5	71.7±12.1
mPWV/Dd	0.87±0.10	0.89± 0.16
mVcf	1.15±0.13	1.21± 0.32

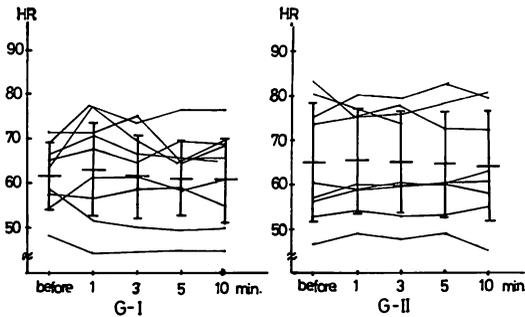


Figure 1. Alteration in heart rate (HR) and mean blood pressure (mBP) after leg-raising.

mPWV 等々両群間で有意差を認めなかった。下肢挙上負荷における脈拍、平均血圧の変化を Figure 1 に示す。上段は脈拍、下段は平均血圧の変化であるが、両群ともに負荷後ほとんど変化を認めなかった。Figure 2 は、下肢挙上負荷における EDV の変化量を示す。Group-I では 1 例 EDV の減少をみるも、両群とも図示する危険率で EDV の有意の増加を認めた。

一方、下肢挙上後の SV の変化量 (Figure 3), CO の変化量 (Figure 4) であるが、両群ともに図示する危険率で増加していた。ただし、Group-I の

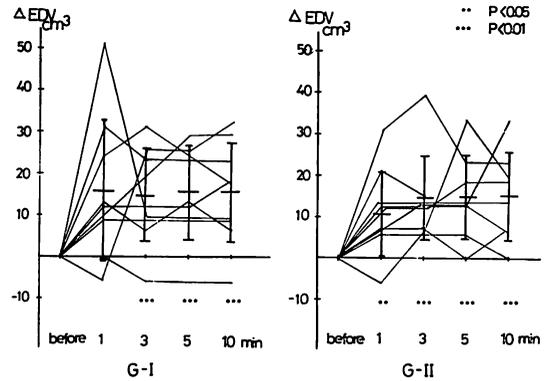


Figure 2. Alteration in end-diastolic volume (EDV) after leg-raising.

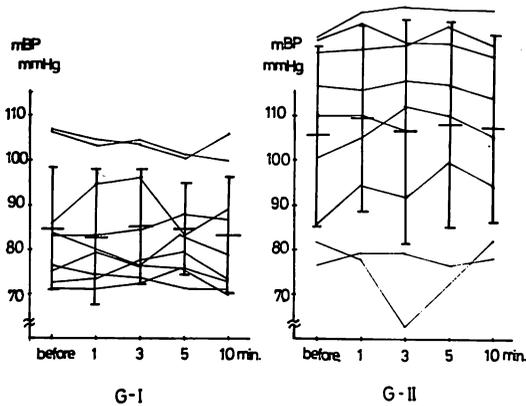


Figure 3. Alteration in stroke volume (SV) after leg-raising.

増加量の方が Group-II のそれより大きい傾向にあった。下肢挙上負荷による EF の変化 (Figure 5) をみると, Group-I では 3 分以後, 全例で図示する危険率で有意に増加していたが, Group-II では 9 例中 5 例で下肢挙上後 EF の低下を認めた。

Figure 6 は, 下肢挙上 3 分後の EDV の変化量を横軸に, EF の変化量を縦軸にとりプロットしたものである。Group-I では, 1 例を除き EDV の増加につれて EF も増加していたが, Group-II では, 5 例で EDV の増加に対し EF は低下していた。mVcf は, 下肢挙上 3 分以後, Group-I で

は図示する危険率で有意に増加していたが, Group-II では減る傾向にあるもばらつきが大きく有意ではなかった (Figure 7)。mPWV は, Group-I では下肢挙上後もほとんど変化を認めなかったが, Group-II では図示する危険率で有意に減少していた (Figure 8)。

一方, 下肢駆血による諸種指標の変化であるが, Figure 9 に示す如く, CO は減少傾向, EF は増加傾向にあるも有意ではなく, 他の指標も有意の変化を認めなかった。

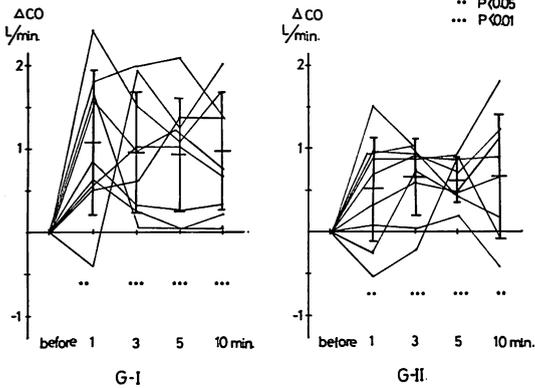


Figure 4. Alteration in cardiac output (CO) after leg-raising.

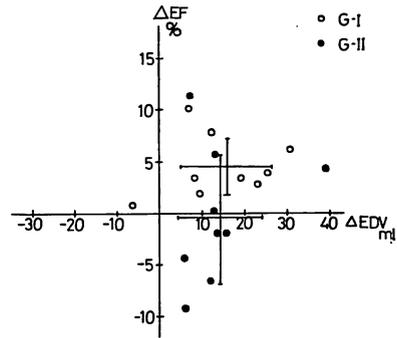


Figure 6. The relationship between changes of end-diastolic volume (Δ EDV) and ejection fraction (Δ EF).

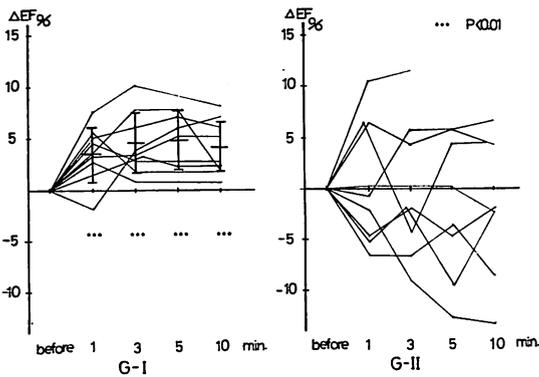


Figure 5. Alteration in ejection fraction (EF) after leg-raising.

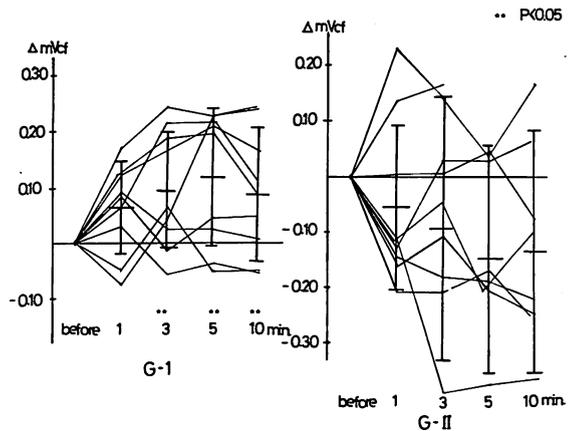


Figure 7. Alteration in mVcf after leg-raising.

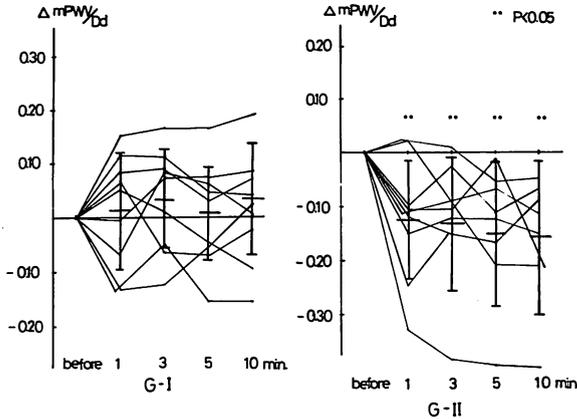


Figure 8. Alteration in normalized mean posterior velocity (mPWV) after leg-raising.

考案

左室 preload を変化させ、左心の収縮期諸指標を検討する試みは、これまで数多くなされている。^{6)~13)} しかし、多くの場合観血的手段を必要とし、非観血的に preload を変化させ、その左心機能に及ぼす影響を調べた報告は比較的少なく、またその多くは、venous tourniquet⁹⁾, decompression,¹³⁾ head-up tilting¹²⁾ あるいはニトログリセリン投与¹⁴⁾などにより、preload を減少させ、その影響を検討したものである。我々の試み、すなわち両側下肢挙上は、前述の如く、明らかに LVEDV の増加をもたらしており、これは下肢挙上後右房への静脈還流が増加し、その結果 LVEDV すなわち左室 preload が増加したものと考えられる。

一方、両側下肢の駆血によっては、今回の成績でははっきりとした傾向を見出し得なかったが、これは1つには、駆血圧の問題、また1つには、駆血部位等の問題があると考えられる。Diamond⁹⁾は、駆血により preload を減少せしめ、ACG法を用いてその影響を検索しているが、その場合、駆血圧は 60~70 mmHg で、駆血部位も両側上下肢にわたり行っている。我々の場合も今後これら

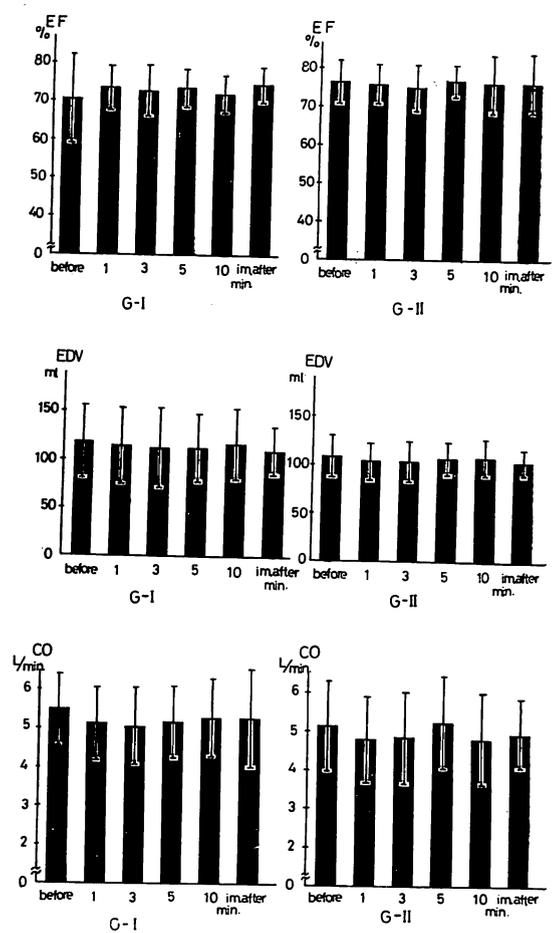


Figure 9. Alteration in ejection fraction (EF), end-diastolic volume (EDV) and cardiac output (CO) after venous tourniquet of leg.

の点に関する検討が必要と考えられる。

ところで Sarnoff らの心機能曲線¹⁵⁾¹⁶⁾からも明らかなように、健常心の場合 preload が増加すれば、ある程度までは、心仕事量 (1 回拍出量 × 大動脈平均圧) は増加する。我々の結果では、Group-I で下肢挙上後 LVEDV の増加につれて SV, CO, EF ともに有意に増加しており、また平均血圧はほとんど変化していないところから、LVEDV の増加、すなわち preload の増加につ

れて心仕事量は増加しているものと考えられる。しかるに Group-II では, LVEDV の増加につれて SV は増加しているが, EF の低下する例があるのは興味深い。ただし, SV は増加しているので血圧はほとんど変化していない点から, 心仕事量は Group-I ほどではないが, ある程度増えていると考えられるので, 心機能曲線の上行脚ではあるが, 比較的平坦な所で作動しているものと考えられる。

ところで, mVcf や mPWV は, 心筋の収縮性を示す有用な指標であるとされてきた¹⁾⁴⁾¹²⁾¹⁷⁾が, 我々の結果では, mVcf は Group-I で 5% 以下という危険率ではあるが上昇しており, Group-II では低下する例を認めた。また mPWV は, Group-I では不変, Group-II ではわずかながら低下していた ($p < 0.05$)。

今回は, 心筋の収縮性を変化させるような薬物は全く使用しておらず, また下肢挙上後, 血圧や脈拍の変化はほとんど無く, これらの指標は, ある程度 preload の影響を受けるとも考えられ, またこれまでもそのような報告もある¹¹⁾¹⁴⁾¹⁸⁾が, 心疾患群では全例に左室 asynergy の有無を確認してあるわけでもなく, また mVcf の低下した例では前値が著明に高く, 時間とともに正常値に復した例もあり, 自律神経系の関与も全く否定できるわけでもないので, 結論づける事は避けたい。

要約

下肢挙上および下肢駆出血後左室 preload が変化し得るか否か, また変化するとすれば, それが左心機能に如何なる影響を及ぼすかを調べるため, 正常者 9 名 (Group-I), 心疾患患者 9 名 (本態性高血圧症 6 名, 虚血性心疾患 2 名, 特発性心筋症 1 名) (Group-II) を対象として, 安静仰臥位, 下肢挙上 1 分, 3 分, 5 分, 10 分後に左室 UCG を第 II 誘導心電図, 心音図, 頸動脈波と同時記録, 再び安静仰臥の後, 両側下肢を大腿部で, 約 40 mmHg で駆血後, 同様に左室 UCG を記録し

た。

下肢挙上後, Group-I では LVEDV, SV, CO, EF が有意に増加 ($p < 0.01$), また mVcf は軽度増加 ($p < 0.05$), mPWV は不変であった。Group-II では, LVEDV, SV, CO は同様に増加したが, EF は 5 例で低下した。mVcf は低下傾向にあるも有意でなく, mPWV は軽度低下した ($p < 0.05$)。下肢駆血後 CO は低下傾向, EF は増加傾向にあるも有意でなく, その他の指標も一定の変化を示さなかった。血圧および脈拍数は, 両方法ともほとんど変化を示さなかった。

以上より, 下肢挙上は左室 preload を変化させ, かつ左心機能を評価する上で有用な方法であると考えられる。

文献

- 1) Paraskos JA, Grossman W, Saltzs, Dalen JE, Dexter L: A noninvasive technique for the determination of circumferential fiber shortening in man. *Circulat Res* 29: 610-615, 1971
- 2) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* 35: 128-134, 1973
- 3) Fortuin NJ, Hood WP Jr, Sherman ME, Craig E: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* 44: 575-584, 1971
- 4) Karliner JS, Gault JH, Eckberg D, Mullins CB, John Ross J Jr: Mean velocity of fiber shortening. A simplified measure of left ventricular myocardial contractility. *Circulation* 44: 323-333, 1971
- 5) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 43: 480-490, 1971
- 6) Ross J Jr, Braunwald E: The effects of impeding venous return on performance of the normal and failing human left ventricle. *Circulation* 30: 719-727, 1964
- 7) Sackner MA, Schnabe TG Jr, Lewis DH: Effect of restriction of venous return on the hemodynamics of normal persons and patients with congestive heart failure. *Amer J Cardiol* 13: 782-789, 1964
- 8) Judson WE, Hollander W, Hatcher JD, Halperin MH, Friedman IH: The cardiohemodynamic effects of venous congestion of the legs or of

- phlebotomy in patients with and without congestive heart failure. *J Clin Invest* **34**: 614-621, 1955
- 9) Dimond EG, Li Y, Benchimol A: Tourniquets and abdominal binders in ischemic heart disease. Effects on the apex cardiogram. *JAMA* **187**: 981-985, 1964
 - 10) Loeb HS, Rahimtoola SH, CP, Rosen KM, Sinno MZ, Chuquinia R, Gunnar RM: Assessment of ventricular function after acute myocardial infarction by plasma volume expansion. *Circulation* **47**: 720-728, 1973
 - 11) Karliner JS, Gault JH, Bouchard RJ, Holzer J: Factors influencing the ejection fraction and the mean rate of circumferential fiber shortening during atrial fibrillation in man. *Cardiovas Res* **8**: 18-25, 1974
 - 12) Rankin LS, Moos S, Grossman W: Alterations in preload and ejection phase indices of left ventricular performance. *Circulation* **51**: 910-915, 1975
 - 13) Potanin C, Sinclair-Smith B: Patterns of cardiac output response to acute reduction of ventricular preload and afterload pressure. *Amer J Cardiol* **25**: 662-669, 1970
 - 14) Demaria AN, Vismara LA, Auditore K, BS, Amsterdam EA, Zelis R, Mason DT: Effects of nitroglycerin on left ventricular cavity size and cardiac performance by ultrasound in man. *Amer J Med* **57**: 754-760, 1974
 - 15) Sarnoff SJ: Myocardial contractility as described by ventricular function curves. Observation on Starling's law of the heart. *Physiol Rev* **35**: 107-122, 1955
 - 16) Sarnoff SJ, Mitchell JH: The regulation of the performance of the heart. *Amer J Med* **30**: 747-771, 1961
 - 17) Cooper RH, O'Rourke RA, Karliner JS, Peterson KL, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. *Circulation* **46**: 914-923, 1972
 - 18) Benzing G, Stockert J, Nave E, Kaplan S: Evaluation of left ventricular performance, circumferential fiber shortening and tension. *Circulation* **49**: 925-932, 1974