

左室拡張末期圧と僧帽弁動 態の関連：Mモード心エコ ー図による検討

Relation of mitral valve motion to left ventricul- ar end-diastolic pressure assessed by M-mode echocardiography

大手 信之
中野 佐上
水谷 泰樹
佐本 哲男
藤浪 隆夫

Nobuyuki OHTE
Sagami NAKANO
Yasuki MIZUTANI
Tetsuo SAMOTO
Takao FUJINAMI

Summary

Left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP) was estimated noninvasively using cardiac parameters obtained from simultaneous recordings of the echocardiograms, electrocardiograms and phonocardiograms in 30 patients who underwent diagnostic left cardiac catheterization. Special attention was paid to the mitral valve motion which reflects global left ventricular function.

The interval from the onset of the Q wave of the ECG to the echocardiographic C point of mitral valve closure (Q-C), the interval from the aortic component of the second heart sound to the E point of the mitral echogram (IIa-E), and the time from the opening of the mitral valve (D point) to the E point (D-E) were measured. A good correlation with LVEDP was observed with Q-C/IIa-E ($r=0.87$, $p<0.001$), and inversely with D-E time ($r=-0.81$, $p<0.001$). The correlation of Q-C/D-E and LVEDP was most significant ($r=0.89$, $p<0.001$). The regression equations were $LVEDP=36.6 \times (Q-C/IIa-E) - 10.9$ and $LVEDP=4.49 \times (Q-C/D-E) + 5.56$. This noninvasive and easily repeated method for predicting LVEDP is very useful clinically.

Key words

Left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP)

Noninvasive estimation

Mitral echogram

はじめに

僧帽弁狭窄症では左房圧の上昇に伴い、心電図 Q 波から僧帽弁が閉鎖するまでの Q-I 時間が延長し¹⁻³⁾、II 音の大動脈成分 IIa から僧帽弁開放

するまでの IIa-OS (opening snap) 時間は短縮し^{4,5)}、その比 Q-I/IIa-OS が大きくなる事が心音図学的に明らかにされている⁶⁾。左室機能の評価する上で、左室拡張末期圧 (LVEDP) を知ることは重要であるが、僧帽弁動態は、僧帽弁が左心

名古屋市立大学医学部 第三内科
名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄 1 (〒467)

The Third Department of Internal Medicine, Nagoya
City University Medical School, Mizuho-cho, Mizu-
ho-ku, Nagoya, 467

Received for publication July 16, 1985; accepted August 30, 1985 (Ref. No. 30-53)

室の入口に位置するため, 左室の総合的な機能を反映すると考えられる. また, opening snap (OS) は僧帽弁エコー上, E 点近傍で生ずることが知られている⁷⁻⁹⁾. それゆえ, 僧帽弁狭窄症における心音と左房圧の関係を, 僧帽弁疾患のない症例に適用し, 僧帽弁 M モードエコー図から得られたパラメーターと左室拡張末期圧との関係を検討した.

対象と方法

対象は左心カテーテル検査を施行した 30 例で, その内訳は, 冠動脈に 75% 以上の狭窄のある虚血性心疾患 14 例, 大動脈弁狭窄症 2 例, 肥厚型心筋症 2 例, 拡張型心筋症 2 例, バルサルバ洞動脈瘤破裂 1 例, 胸痛を主訴とするも, 冠動脈造影, 左室造影所見に異常を認めない, いわゆる胸痛症候群 9 例であり, その平均年齢は 46 歳 (25 歳~67 歳) である. また心拍数は平均 72.5 beats/min (変動範囲: 55~92 beats/min) であった. 僧帽弁疾患, 明らかな大動脈弁閉鎖不全, 心房細動, I° 以上の房室ブロック症例は除外した.

僧帽弁 M モード心エコー図は, 東芝製心断層装置 SSH-11 A 及び SSH-60 A を用い, 左室長軸断層下に, 僧帽弁前後尖が最もよく描出できる部位で, 東芝製ラインスキャンレコーダー SLR-20 A にて, 紙送り速度 100 mm/sec で第 II 誘導心電図, 心音図とともに 5 心拍以上記録した. 心音マイクは IIa 音が最も明瞭に記録できる部位においた. 僧帽弁狭窄症の Q-I 時間に対応するものとして, 心電図 Q 波の開始から僧帽弁の閉鎖する C 点までを Q-C 時間, IIa-OS 時間に対応するものとして, 心音図 IIa 音の開始から僧帽弁の最大開放 E 点までを IIa-E 時間, IIa 音の開始から僧帽弁の開放開始 D 点までを左室等容拡張期時間 (IRT) とした. また, IIa-E 時間より左室等容拡張期時間を減じた値を D-E 時間とした. さらに, 今までに左室拡張末期圧との相関が報告されている僧帽弁エコー E-F slope と, 心電図上の P-R 時間から, 僧帽弁エコー上の A-C 時間を減じた値 (PR-AC) を求めた (Fig. 1).

計測は 5 心拍について別々に 2 人が計測し, その平均値を心エコー図より得られた計測値とした. 心エコー図実施後 24 時間以内に心臓カテーテル検査を施行した. 左室拡張末期圧は pig-tail カテーテルを用いて測定し, 左室圧曲線上 A 波終了点の圧, あるいは明瞭な A 波が記録されない例では, 心電図 R 波の頂点に一致する左室圧とした.

次に, 僧帽弁疾患を有しない別の 20 症例について, Q-C/IIa-E, Q-C/D-E を用いて左室拡張末期圧を推定した. 患者の内訳は, 虚血性心疾患 15 例, 肥厚型心筋症 3 例, 拡張型心筋症 2 例であり, 平均年齢は 45 歳 (30~60 歳), 平均心拍数は 74 beats/min (変動範囲: 50~100 beats/min) であった. これら 20 症例は, カテーテル検査前に最初の 30 例と同じ方法で非観血的検査を行ない, Q-C/IIa-E, Q-C/D-E を用いて左室拡張末期圧を予測し, カテーテル検査における実測値と比較した.

統計学的解析は, すべて一次回帰法によって行い, 危険率 5% 以下を有意とした.

結 果

Q-C 時間と LVEDP の間には, $r=0.63, p<0.001$ の比較的良好な相関があり, IIa-E 時間と LVEDP の間にも, やや弱いながら, 有意な逆相関が得られた ($r=-0.49, p<0.025$). Q-C/IIa-E と LVEDP との間には, $r=0.87, p<0.001$ の非常に良好な相関が得られた. 回帰式は, $LVEDP = 36.6 \times (Q-C/IIa-E) - 10.9$ であり, その standard estimate error は 4.8 mmHg であった (Fig. 2).

IRT は IIa-E 時間に対し $r=0.70$ の正相関を示したが, LVEDP とは $r=-0.04$ と相関を認めなかった (Fig. 3). また, Q-C/IRT と LVEDP の間にも相関を認めなかった ($r=0.02$). D-E 時間は LVEDP と良好な逆相関を示し ($r=-0.81, p<0.001$) (Fig. 4), さらに Q-C 時間を D-E 時間で除した Q-C/D-E と LVEDP は, $r=$

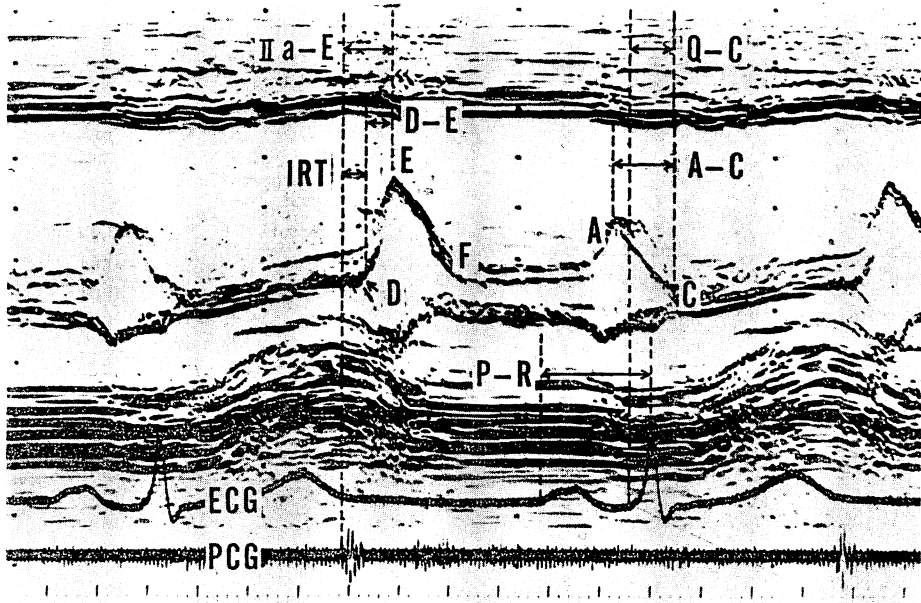


Fig. 1. Simultaneous recording of the phonocardiogram (PCG), electrocardiogram (ECG), and mitral echogram for measurements of cardiac parameters.

The paper speed is 100 mm/sec. Q-C is the interval from the onset of the Q wave of the ECG to the echocardiographic C point indicating mitral closure. IIa-E is the interval from the onset of the aortic component of the second heart sound (IIa) to the E point of the mitral echogram. D-E is the time from the mitral valve opening (D point) to the E point. Isometric relaxation time (IRT) is the time from the IIa to the point D. P-R is the time from the beginning of the P wave to the peak of the R wave of the ECG. A-C is the time from the point A to the point C on the mitral echogram. E-F means diastolic descent rate of the mitral echogram.

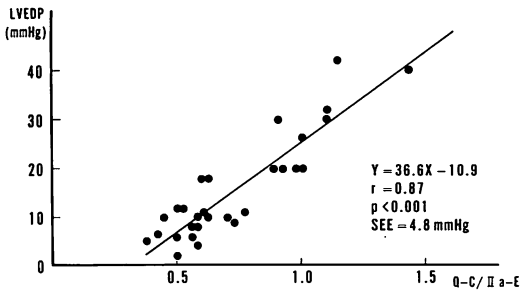


Fig. 2. Correlation of Q-C/IIa-E and left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP).

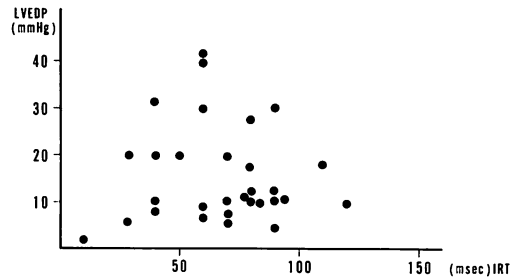


Fig. 3. Correlation between isometric relaxation time (IRT) and LVEDP.

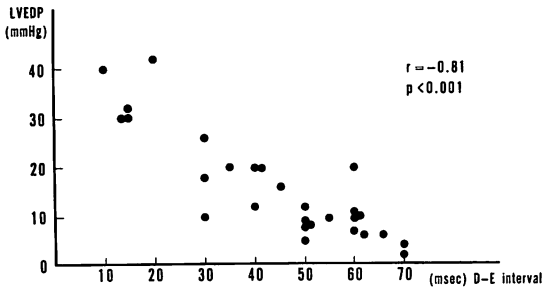


Fig. 4. Correlation of the D-E interval and LV-EDP.

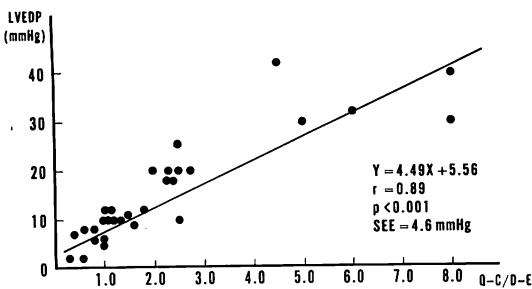


Fig. 5. Correlation of Q-C/D-E and LVEDP.

0.89, $p < 0.001$ という最も良い相関を示した。その回帰式は $LVEDP = 4.49 \times (Q-C/D-E) + 5.56$ で、standard estimate error は、4.6 mmHg であった (Fig. 5)。LVEDP との相関が報告されている PR-AC, E-F slope は、LVEDP と、それぞれ $r = -0.43$, $r = -0.15$ の相関を示したに留まった。Table 1 にそれぞれのパラメーターの LVEDP に対する相関係数と p value を示す。

Q-C/IIa-E, Q-C/D-E の LVEDP との良好な相関に基づき、これらのパラメーターを用いて、別の対象群 20 例に対して、LVEDP を予測し、実測値との相関を見たのが Fig. 6 である。Q-C/IIa-E を用いた場合は $r = 0.92$, $p < 0.001$, Q-C/D-E を用いた場合は $r = 0.89$, $p < 0.001$ であり、いずれも十分良好な相関を示した。

Table 1. Coefficients of correlation and p values between each parameter and left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP)

	Coefficients of correlation	p values
Q-C interval	$r = 0.63$	$p < 0.001$
IIa-E interval	$r = -0.49$	$p < 0.025$
D-E interval	$r = -0.81$	$p < 0.001$
IRT	$r = -0.04$	N.S.
PR-AC	$r = -0.43$	$p < 0.05$
E to F slope	$r = -0.15$	N.S.
Q-C/IRT	$r = 0.02$	N.S.
Q-C/IIa-E	$r = 0.87$	$p < 0.001$
Q-C/D-E	$r = 0.89$	$p < 0.001$

考 按

僧帽弁狭窄症の心音図では、左房圧の上昇とともに Q-I 時間が延長し¹⁻³⁾, IIa-OS 時間が短縮することが知られている^{4,5)}。さらに、この2つのパラメーターの差、あるいは比をとると、左房圧をきわめて良く反映することも Wells⁴⁾ や Yigitbasi⁶⁾ らにより述べられている。僧帽弁疾患のない症例において、E-F slope の緩徐化¹⁰⁾、及び A-C 時間の延長¹¹⁾ (P-R 時間で補正して PR-AC) が LVEDP の上昇を反映することが報告されているが、その信頼性は十分とはいえなかった。我々は本研究において、Q-C/IIa-E 比、Q-C/D-E 比を用い僧帽弁疾患のない症例において、非観血的、かつより正確に LVEDP を予測しうることを示した。

Q-C 時間に影響を与える因子として、左房圧、心拍数、電気的・機械的遅延、左室圧変化 (dp/dt)、後負荷などが考えられる^{3,12,13)}。LVEDP の上昇した例では、左室圧が左房圧を凌駕するのに時間を要し、Q-C 時間が延長することは明らかである。我々の成績では Q-C 時間と LVEDP の間に $r = 0.63$ の比較的良好な正相関を得た。

IIa-E 時間に影響を及ぼす因子としては、左房

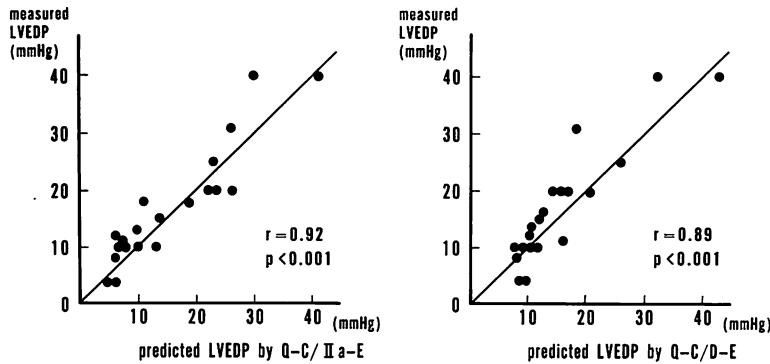


Fig. 6. Correlation of predicted and measured LVEDP by Q-C/IIa-E and (left) Q-C/D-E (right).

圧, 心拍数, 左室圧変化 ($-dp/dt$), 後負荷, 左室壁厚など, 等容拡張期の長さ強く影響を及ぼす因子と^{4,5,12,13}), 僧帽弁自体の stiffness, 拡張早期に僧帽弁口を通過する血流速度などが考えられる。我々は IIa-E 時間と LVEDP の間に $r = -0.49$ の逆相関を認めた。IIa-E 時間は, 等容拡張期と, 僧帽弁開放開始 (D 点) から急速流入期最大開放点 E までの D-E 時間を含む。Matteosら¹⁴) は, 等容拡張期と左室拡張末期圧の間に高い逆相関を述べているが, 我々の成績では, 両者は相関を示さず, D-E 時間が拡張末期圧と $r = -0.81$ の非常に良好な逆相関を示した。これより, 左房圧が等容拡張期に及ぼす影響はむしろ弱く, 拡張早期の弁口通過血流に対して, その関与の大きいことが示唆された。等容拡張期は, 左房圧よりも, むしろ心筋自体の拡張特性をより強く反映しているものと考ええる。今回の検討では僧帽弁疾患を除外してあるため, 弁自体の stiffness をほぼ一定と考えると, 左房圧の高い例, すなわち左室拡張末期圧の高い例では左室流入圧が高いため, 拡張早期僧帽弁口通過血流速度が大きく, 早期に僧帽弁は最大開放に達し, D-E 時間が短縮したと考える。

Q-C/IIa-E, Q-C/D-E は, 心拍数の影響を相殺でき, 分子に左室拡張末期圧と正相関するパラメーターを, 分母に逆相関するパラメーターを置くことによって, より正確に左室拡張末期圧を反

映したものと考える。これまでに, Palomoら¹⁵), Abdullaら¹⁶), Askenaziら¹⁷) は, Q-C/IIa-E と肺動脈楔入圧, あるいは, 左室拡張末期圧との間に高い相関があることを報告しているが, 我々も同様の結果を得るとともに, IIa-E 時間の中でも特に D-E 時間がそれと強く関連することを認めた。本研究において, 左室拡張末期圧が僧帽弁動態に強く反映されることを明らかにし, Q-C/D-E, Q-C/IIa-E を用いて, 非観血的に左室拡張末期圧を予測する臨床応用を提唱した。さらに, Q-C/D-E を用いれば, 心音図による判定は不要である。

結 語

1. 僧帽弁 M モードエコー図より得たパラメーターを用い, 左室拡張末期圧が予測可能であることを示した。
2. LVEDP (Y) と, Q-C/IIa-E (X_1), Q-C/D-E (X_2) の関係は, それぞれ,

$$Y = 36.6 X_1 - 10.9, r = 0.87, p < 0.001$$

$$Y = 4.49 X_2 + 5.56, r = 0.89, p < 0.001$$
 であった。
3. あらたな患者を対象として, 上記の回帰式を用いた predicted value と measured value の相関は, X_1 を用いた場合, $r = 0.92$, X_2 を用いた場合, $r = 0.89$ で, いずれも良好な結果であった。
4. 左室拡張末期圧は僧帽弁動態に強く反映さ

れる。

要 約

僧帽弁は左心室の入口に位置し、左室の総合的な機能を反映すると思われる。心臓カテーテル検査を施行した30例(僧帽弁疾患を除く)を対象に、僧帽弁 M モードエコー図、心電図、心音図の同時記録より得られたパラメーターを用い、左室拡張末期圧 (LVEDP) の非観血的な推定を試みた。心電図 Q 波の開始から僧帽弁エコー上、弁の閉じる C 点までの Q-C 時間、心音図 IIa 音から僧帽弁エコー E 点までの IIa-E 時間、僧帽弁の開く D 点から E 点までの D-E 時間を測定した。

Q-C/IIa-E と左室拡張末期圧の間には、 $r=0.87$, $p<0.001$ の良い相関が得られ、また、D-E 時間と左室拡張末期圧の間に、 $r=-0.81$, $p<0.001$ の逆相関を認めた。Q-C/D-E と左室拡張末期圧の相関係数は最も大きく、 $r=0.89$, $p<0.001$ であった。回帰式は、それぞれ $LVEDP=36.6 \times (Q-C/IIa-E) - 10.9$, $LVEDP=4.49 \times (Q-C/D-E) + 5.56$ であった。これらを用いて左室拡張末期圧を推定する方法は、非観血的かつ容易に反復することができ、臨床的に心内圧を推測しうる有用な方法と考える。

文 献

- 1) Wells B: The assessment of mitral stenosis by phonocardiography. *Br Heart J* 16: 261, 1954
- 2) Craige E: Phonocardiographic studies in mitral stenosis. *New Engl J Med* 257: 650, 1957
- 3) Kelly JJ: Diagnostic value of phonocardiography in mitral stenosis. *Am J Med* 19: 862, 1955
- 4) Bayer O, Loogen F, Wolter HH: The mitral opening snap in the quantitative diagnosis of mitral stenosis. *Am Heart J* 51: 234, 1956
- 5) Oriol A, Palmer WH, Nakhjavan F, McGregor M: Prediction of left atrial pressure from the second sound-opening snap interval. *Am J Cardiol* 16: 184, 1965
- 6) Yigitbasi O, Nalbantgil I, Terek A: Q-I/IIA-OS formula for predicting left atrial pressure in mitral stenosis. *Br Heart J* 32: 547, 1970
- 7) Friedman NJ: Echocardiographic studies of mitral valve motion: Genesis of the opening snap in mitral stenosis. *Am Heart J* 80: 177, 1970
- 8) Rubenstein JJ, Pohost GM, Dinsmore RE, Harthorne JW: The echocardiographic determination of mitral valve opening and closure: Correlation with hemodynamic studies in man. *Circulation* 51: 98, 1975
- 9) Waider W, Craige E: First heart sound and ejection sounds: Echocardiographic and phonocardiographic correlation with valvular events. *Am J Cardiol* 35: 346, 1975
- 10) Quinones MA, Gaasch WH, Waisser E, Alexander JK: Reduction in the rate of diastolic descent of the mitral valve echogram in patients with altered left ventricular diastolic pressure-volume relations. *Circulation* 49: 246, 1974
- 11) Konecke LL, Feigenbaum H, Chang S, Corya BC, Fischer JC: Abnormal mitral valve motion in patients with elevated left ventricular diastolic pressures. *Circulation* 47: 989, 1973
- 12) Julian D, Davies LG: Heart sounds and intracardiac pressures in mitral stenosis. *Br Heart J* 19: 486, 1957
- 13) Proctor MH, Walker RP, Hancock EW, Abelmann WH: The phonocardiogram in mitral valvular disease: A correlation of Q-1 and 2-OS intervals with findings at catheterization of the left side of the heart and at mitral valvuloplasty. *Am J Med* 24: 861, 1958
- 14) Matteos M, Shapiro E, Oldershaw PJ, Sacchetti R, Gibson D: Non-invasive assessment of changes in left ventricular relaxation by combined phonocardiography. *Br Heart J* 47: 253, 1982
- 15) Palomo AR, Quinones MA, Waggoner AD, Kumpuris AG, Miller RR: Echo-phonocardiographic determination of left atrial and left ventricular filling pressures with and without mitral stenosis. *Circulation* 61: 1043, 1980
- 16) Abdulla AM, Kavouras T, Rivas F, Stefadourous MA: Determination of mean pulmonary capillary pressure by a noninvasive technique. *JAMA* 243: 1539, 1980
- 17) Askenazi J, Koenigsberg DI, Ziegler JH, Lesch M: Echocardiographic estimation of pulmonary artery wedge pressure. *New Engl J Med* 305: 1566, 1981