

Bidirectional echocardiography による心筋梗塞の左室等容収縮期と等容拡張期の測定

Isometric contraction and relaxation times of the left ventricle in patients with myocardial infarction measured by bidirectional echocardiography

蔵田恵美子
藤野 武彦
金谷 庄蔵
伊東 盛夫
藤野 正典*
山田 賢典*
浜中 保男*
木下隆一郎*
上野 照紀**

Emiko KURATA
Takehiko FUJINO
Shozo KANAYA
Morio ITO
Masanori FUJINO*
Kensuke YAMADA*
Yasuo HAMANAKA*
Ryuichiro KINOSHITA*
Teruki UENO**

Summary

With the use of bidirectional echocardiography, the isometric contraction and relaxation times (ICT and IRT) of the left ventricle (LV) were measured in 19 normal subjects (N) (age: 23-38 years, mean 25.6 years) and 33 patients with myocardial infarction (MI) (age: 42-84 years, mean 64.4 years).

Echocardiograms of the aortic and mitral valves were recorded simultaneously with 2 probes. The ICT was defined as the interval from the closure of mitral valve echo to the opening of aortic valve echo, and the IRT from the closure of aortic valve echo to the opening of mitral valve echo (Fig. 1). The LV ejection time (LVET), preejection period (PEP), left atrial dimension (LAD), LV diastolic dimension (LVDD), ejection fraction (EF), mean velocity of circumferential fiber shortening (mVCF), stroke volume (SV), cardiac output (CO), diastolic descent rate of the anterior mitral leaflet (DDR),

九州大学医学部 第一内科
福岡市東区馬出 3-1-1 (〒812)
*浜の町病院 内科
福岡市中央区舞鶴 3-5-27 (〒810)
**福岡市立西新病院 内科
福岡市西区祖原 (〒814)

The First Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyushu University, Maidashi 3-1-1, Higashi-ku, Fukuoka 812

*Department of Internal Medicine, Hamanomachi Hospital, Maizuru 3-5-27, Chuo-ku, Fukuoka 810

**Department of Internal Medicine, Nishijin Hospital, Fukuoka 814

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
Received for publication October 16, 1978

and D/S ratio of the posterior LV wall (D/S) were also determined.

The ICT and IRT were significantly greater in MI (63.5 ± 10.2 and 98.5 ± 16.6 msec) than in N (48.2 ± 7.8 and 66.8 ± 10.9 msec) (Fig. 2). The ICT and IRT were not significantly related to heart rate, age, localization of MI, functional classification of NYHA and cardiothoracic ratio. The ICT had a significant positive correlation with PEP and LVDD, a significant negative correlation with LVET and LAD, and did not have a significant correlation with EF, mVCF, SV and CO (Fig. 4, 5, and 6). The IRT had a significant positive correlation with D/S and a significant negative correlation with DDR. Although the correlation of IRT with LAD and LVDD were insignificant, there was a tendency that cases with large LAD had normal IRT (Fig. 7).

In conclusion, the bidirectional echocardiography provides a non-invasive, sensitive technique to assess the ICT and IRT of LV, and these intervals are of a clinical significance for evaluation of systolic and diastolic functions of the heart.

Key words

Bidirectional echocardiography Isometric contraction time Isometric relaxation time
Myocardial infarction Left ventricular function

はじめに

心筋梗塞(MI)の心機能評価には、種々の方法が用いられているが、中でも心時相分析は有力な方法として知られている。この心時相分析で取りあげられる時間間隔のうち、等容収縮期(ICT)と等容拡張期(IRT)の重要性は古くから認識されているが、従来それらを手軽に、かつ正確に測定する非観血的方法がほとんどなかった。しかし我々の開発した bidirectional echocardiography (BDE)^{1,2)}により、より直接的で正確な ICT, IRT が容易に、非観血的に測定できるようになったので、今回はこの方法を用いて、MI の心機能評価を行った。

対象と方法

対象は 42~84 歳、平均年齢 64.4 歳の MI 33 例で、そのうち 30 例は陳旧性、3 例は 1 カ月以内の新鮮な MI である。先天性心疾患や心臓弁膜症の合併例、左脚ブロックなどの心室内伝導障害例、および 165/95 mmHg 以上の高血圧例は除外した。MI の診断は心電図(ECG)、ベクトル心電図(VCG)のほかに、病歴、血清酵素値などを考慮して行った。正常対照群(N群)は 23~38 歳、平均年齢 25.6 歳の 19 例である。こ

れらの全症例に BDE, 従来の UCG, 心音図(PCG), 頸動脈波, ECG, VCG, および、胸写の諸検査を行った。

BDE の装置はすでに報告^{1,2)}したように、東芝製 SSL-51U を改造したもので、2 MHz, 10φ の平面探触子を 2 個用いて、大動脈弁エコーと、僧帽弁エコーを同時に検出し、それらを紙送り速度 100 mm/sec でストリップチャートに記録した。さらに ECG, PCG, 頸動脈波を同時記録した。

測定方法は、Fig. 1 に示すように、僧帽弁閉鎖(Mc)から大動脈弁開放(Ao)までを左室の ICT, 大動脈弁閉鎖(Ac)から僧帽弁開放(Mo)までを左室の IRT とした。なお、Ao 点は急峻に開く点(b'点), Moは急峻な立ち上がりを示す D'点^{3,4)}をとった。さらに、Ao から Ac までを左室駆出時間(LVET)として測定した。また従来の UCG により、左房径(LAD)⁵⁾、左室拡張期径(LVDD)、駆出率(EF)⁶⁾、平均左室内周短縮速度(mVCF)、1 回拍出量(SV)⁶⁾、分時拍出量(CO)、僧帽弁拡張期後退速度(DDR)、左室後壁 D/S ratio⁷⁾を測定した。一方、同時記録した ECG, PCG, 頸動脈波を用いて、前駆出期(PEP)の測定を行った。胸写からは心胸郭比(CTR)を測定した。

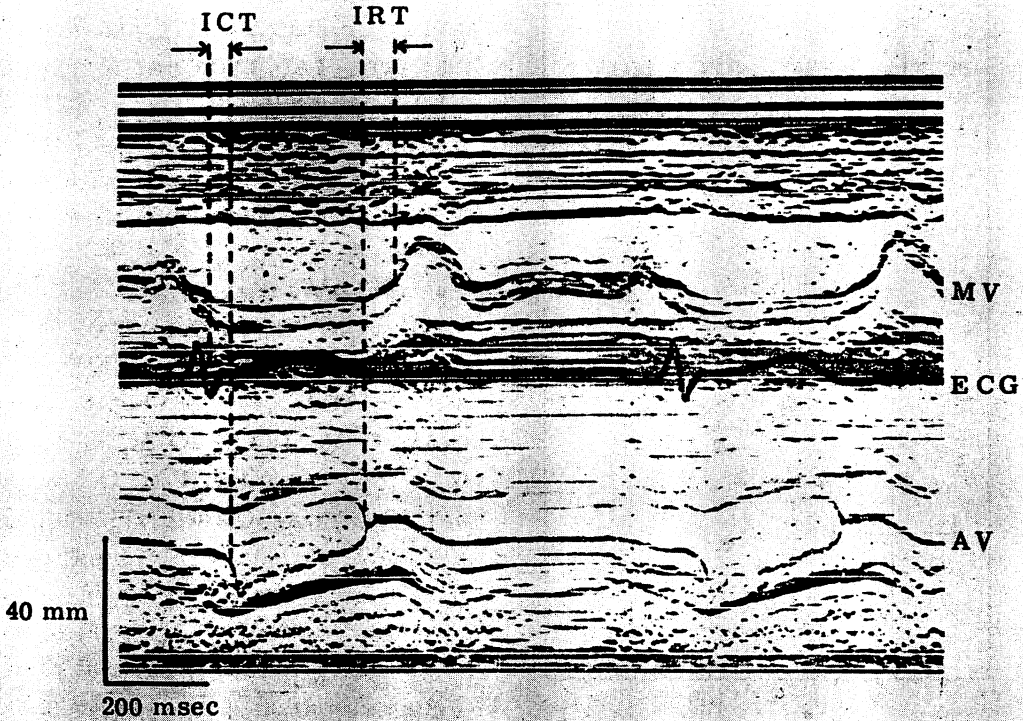


Fig. 1. Bidirectional echocardiogram from a normal subject, demonstrating the method for measurement of isometric contraction and relaxation times.

ICT=isometric contraction time; IRT=isometric relaxation time; MV=mitral valve; AV=aortic valve. Abbreviations are the same as in the following figures.

結 果

1. ICT, IRT の MI 群と N 群との比較

Fig. 2 に示すように、MI 群の ICT は 63.5 ± 10.2 msec で、N 群の 48.2 ± 7.8 msec に比し有意に延長していた。IRT は MI 群では 98.5 ± 16.6 msec で、N 群 66.8 ± 10.9 msec に比し、有意の延長を示した。

2. ICT, IRT と心拍数、年齢との関係

ICT, IRT について、おのおの心拍数、年齢との関係を見ると、ICT, IRT とも有意の相関は認められなかった (Fig. 3)。

3. ICT, IRT と MI の部位、重症度、CTR との関係

ECG, VCG により診断した MI の部位と、

ICT, IRT との間には一定の相関は認められなかった。NYHA 分類による臨床症状の重症度、および CTR と、ICT, IRT との関係についても、同様に一定の傾向は認められなかった。

4. ICT と PEP LVET との関係

ICT と PEP との間には、Fig. 4 に示すように有意の正の相関が認められた ($r=0.52$ $p<0.01$)。ICT と UCG から求めた LVET との間には、有意の負の相関が見られた ($r=-0.50$, $p<0.05$)。

5. ICT と EF, mVcf, SV, CO との関係

UCG 法により測定した EF, mVcf, SV, CO と ICT との関係を検討した。MI の EF, mVcf は正常に比し低下傾向を示した。おのおの ICT とは一定の相関を示さなかったが、EF, mVcf

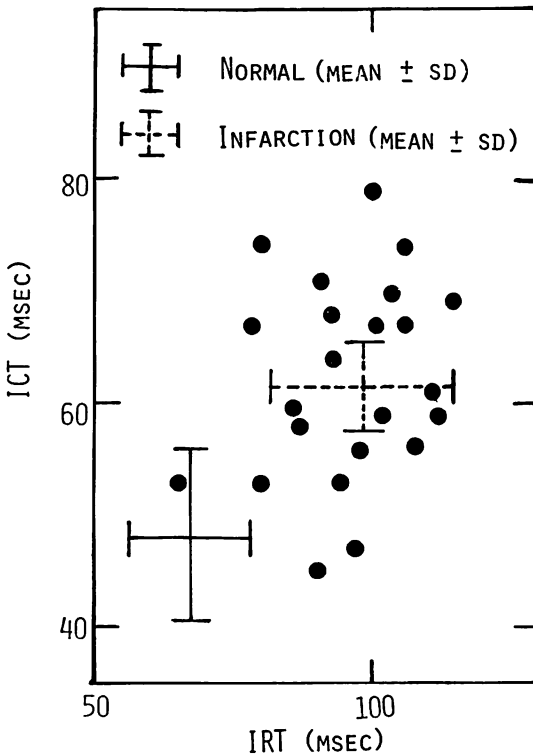


Fig. 2. ICT and IRT in patients with myocardial infarction (MI).

の著明な低下を示すものでは, ICT は著明に延長しており, 正常に近い値を示すものは見られなかった. ICT と SV, CO との間には, 明らかな相関関係は認められなかった (Fig. 5).

6. ICT と LAD, LVDD との関係

MI 群では, LAD, LVDD とともに拡大を示す例が多く, また, ICT と LAD との間には負の相関 ($r = -0.41, p < 0.05$) が, また ICT と LVDD との間には正の相関が見られた ($r = 0.86, p < 0.01$) (Fig. 6).

7. IRT と DDR, D/S ratio との関係

MI 群の DDR (61 ± 20 mm/sec) は正常 (106 ± 33 mm/sec)⁹⁾ に比し有意の低下を示し, IRT と DDR は負の相関を示した ($r = -0.39, p < 0.05$). MI 群の D/S ratio (0.65 ± 0.14) は正常 ($0.46 \pm$

0.06)⁹⁾ に比し有意に増大し, IRT とは正の相関を示した ($r = 0.54, p < 0.01$) (Fig. 7).

8. IRT と LAD, LVDD との関係

LAD と IRT との間には有意の相関は認められなかったが, LAD の著明に拡大した症例においては, IRT はより短い傾向を示した. LVDD と IRT との間には有意の相関は認められなかった (Fig. 7).

9. ICT, IRT と各時相との関係

心電図 QRS 開始から僧帽弁閉鎖, 開放までの時間を Q-Mc, Q-Mo, 大動脈弁閉鎖, 開放までを Q-Ac, Q-Ao とすると, Fig. 8 は ICT と Q-Mc, Q-Ao, IRT と Q-Ac, Q-Mo との関係をみたものである. ICT は Q-Mc とは明らかな関係はないが, Q-Ao とは正の相関が認められた. IRT は Q-Ac, Q-Mo とともに明らかな関係は認められなかった.

考 案

従来, 心時相分析が心機能評価に有用であることは, 数多くの研究報告⁹⁾に示されている. 従来の非観血的方法による ICT, IRT の測定は, 主として ECG, PCG, 頸動脈波, 心尖拍動図などの同時記録によるものが多く¹⁰⁻¹²⁾, 弁の閉鎖, 開放の直接的記録によるものとしては, 超音波ドプラ法^{13,14)}, UCG を用いた方法^{4,14-18)}が報告されているにすぎない. 今回, 我々は, BDE を用いて僧帽弁, 大動脈弁を同時に記録して, 左室の ICT, IRT を直接的に測定し, MI における心機能評価を行った. さらに, ICT, IRT と従来の非観血的心機能評価の各指標との関係を検討した.

1) MI 例の ICT は正常例の ICT に比し明らかに延長を示した. なお, ICT, IRT が年齢とともに増大する傾向があるとされている¹¹⁾. 今回対照とした N 群の年齢が MI 群に比しかなり低いことより, 今回の MI 群, N 群との ICT, IRT の差には, 年齢の因子も関与しているかも知れない. しかし, 従来の報告で年齢による差が

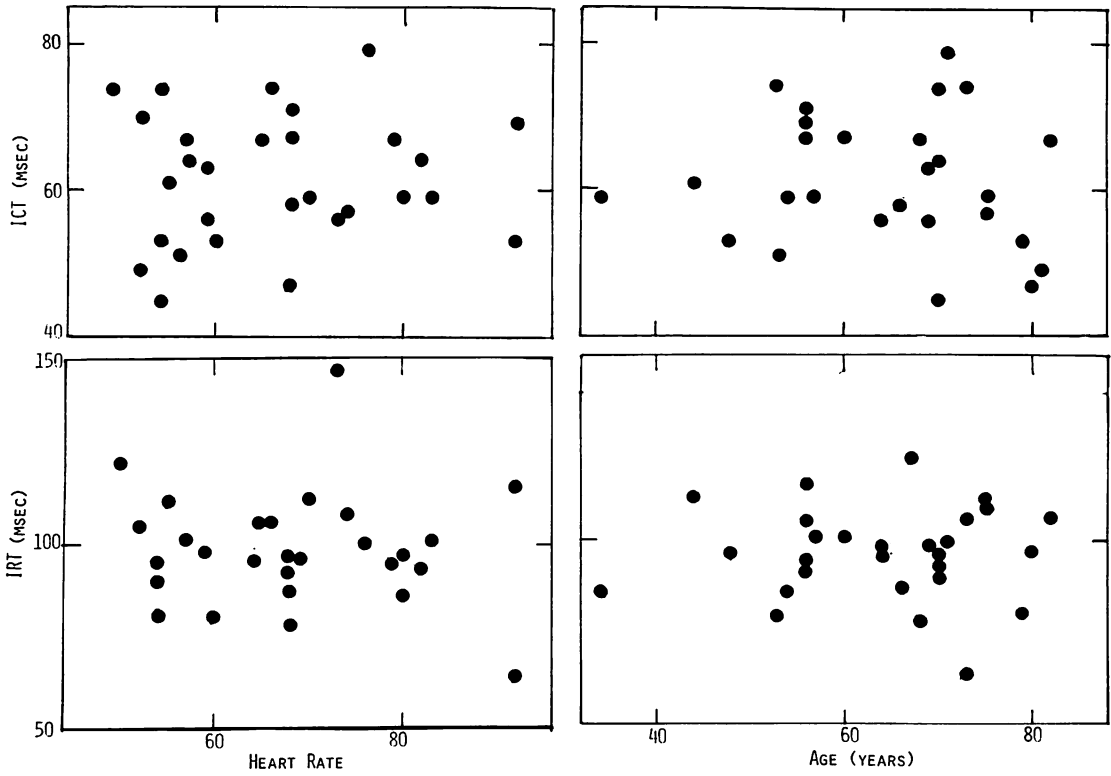


Fig. 3. Correlation of ICT and IRT with heart rate and age in patients with MI.

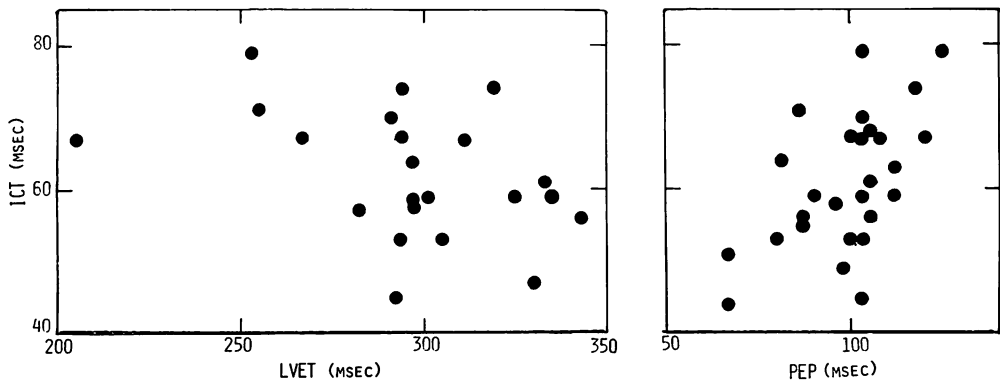


Fig. 4. Correlation of ICT with left ventricular ejection time (LVET) and prejection time (PEP) in patients with MI.

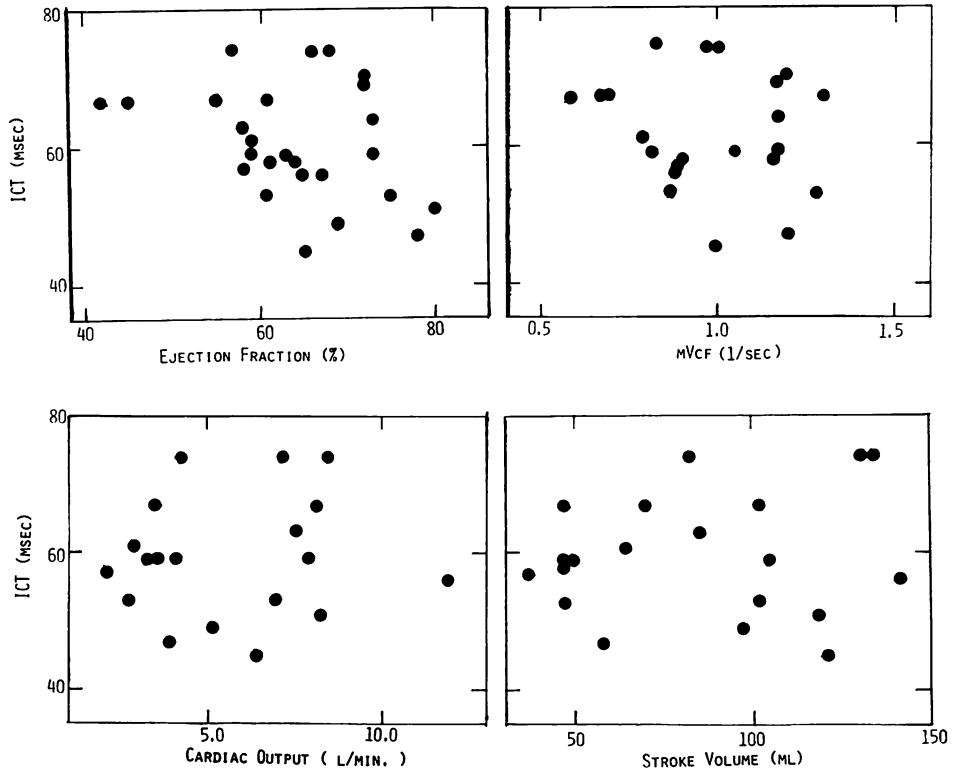


Fig. 5. Correlation of ICT with indices of systolic function in patients with MI. mVCF=mean velocity of circumferential fiber shortening.

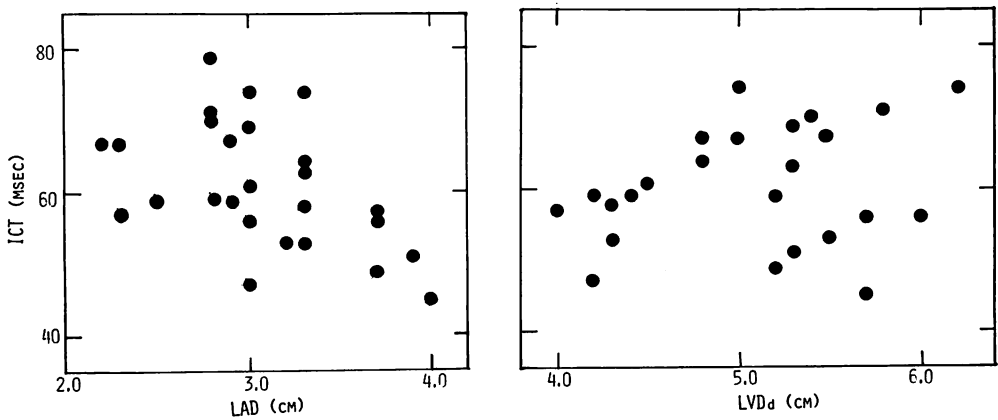


Fig. 6. Correlation of ICT with left atrial dimension (LAD) and left ventricular diastolic dimension (LVD_d) in patients with MI.

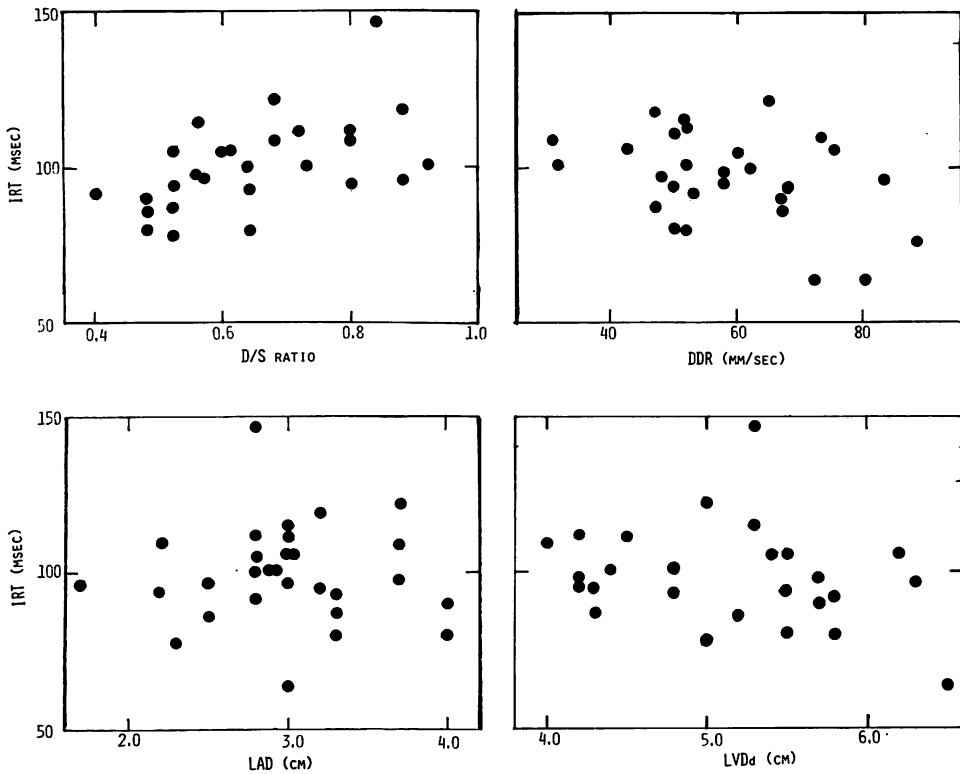


Fig. 7. Correlation of IRT with indices of diastolic function in patients with MI.
 D/S ratio = D/S ratio of posterior LV wall; DDR = diastolic descent rate of the anterior mitral leaflet.

あっても、今回の両群の差ほどではないし、MI群の中で、年齢とは相関がなかったことから、ICT, IRTの延長は主としてMIによる心機能低下の表現であることが示唆される。なお、MIにおけるICT延長は、従来の報告¹⁹⁻²¹⁾と比べ、その絶対値はやや異なる点もあるが傾向はよく一致している。今回測定したICTは、いわゆるclassic ICTであるが、ドプラー法^{13,14)}、UCGを用いた方法¹⁷⁾と近い値を示した。

一方、従来の非観血的収縮評価の指標とICTの間には、明らかな相関はみられなかった。その原因としては、SVの測定法として用いたPombo法自体に問題があること、また、MIではdyskinesisをきたすものが多いことから、必ずしも正確な心拍出量を表さないことなどが考え

られる。

ICTとLADとは、負の相関を示した。これは、LADの拡大がLA圧の上昇を反映していると考えれば、LA圧の上昇により僧帽弁閉鎖が遅れ、その結果、ICTの正常化をきたしたと考えられるかもしれない。しかし、これらのLADの拡大した症例の心機能について考えると、全例臨床症状が軽度で、NYHAの心機能分類でIII, IV度に属するものはないし、また、UCG法による測定法に問題があるとしても、EFが正常値を示したことは、必ずしも著明な左房圧の上昇をきたすほどの心機能低下があるとは考え難い。したがって、著明な心不全例でICTが正常値を示したという報告^{14,22)}とは、いささか趣を異にするように思われる。

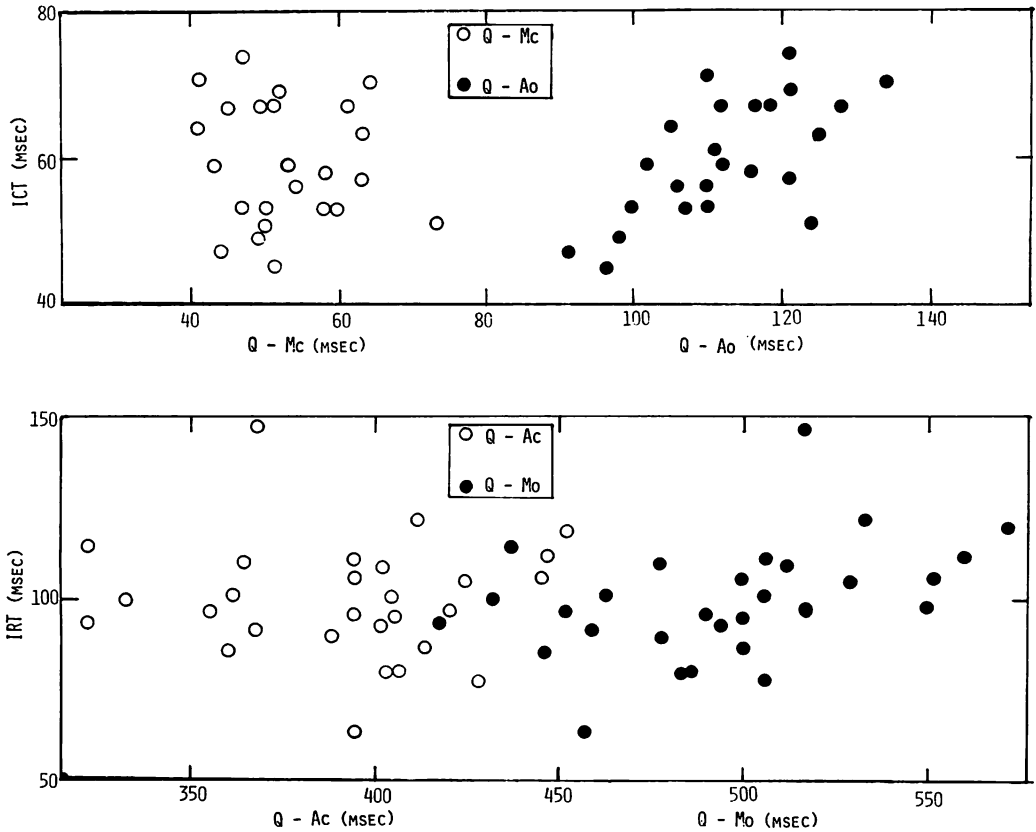


Fig. 8. Correlation of ICT and IRT with the interval from Q in ECG to the opening and closure of the mitral and aortic valves in patients with MI.

Mc=closure of the mitral valve ; Ao=opening of the aortic valve ; Ac=closure of the aortic valve ; Mo=opening of the mitral valve.

我々の症例では、左房圧を実際に測定していないが、つぎのような可能性が考えられる。1つは、左房圧の上昇が軽度ないし中等度まででは、臨床的な心不全症状は明らかではなく、心時相の変化 (ICT, IRT の正常化) のみが見られる時期があると考えられる。もう1つは、左房の拡大と左房圧の上昇との間の関係が深いことは従来の報告でも明らかではあるが、必ずしも直線的な相関ではない²³⁾。すなわち、左房の booster pump の機能に個体差があることは十分に考えることで、そうすると、我々の症例で、LA が拡大し、かつ、ICT が正常値を示す群は、左房の拡大による booster

pump 作用が強化されて、左室機能の低下を代償したと考えれば、臨床的心不全症状がないにもかかわらず、ICT が正常値を示したことを説明しうるかもしれない。

2) IRT については、MI 群は正常例に比し有意の延長を認め、従来の報告と同様の傾向を示した^{18,14,17)}。さらに、従来、心臓の拡張能の評価に用いられる DDR と逆相関が認められ、また、D/S ratio と正の相関が認められたことは、これらが、それぞれの示す時相にやや差異があっても、拡張期の心機能をよく表していることを示す。

左房径と IRT については、全体としては、明

らかな相関は認められなかった。しかし、左房径の著明に拡大した症例では、左房径の正常範囲のものより IRT の短縮傾向を示した。左房径の拡大時には左房圧上昇が考えられ、そのため、僧帽弁開放が早期に起こることにより、IRT 短縮化を示すと考えられる。これは今までの報告^{13,17,24)}とも一致する結果である。

以上、BDE により ICT, IRT が、非観血的に、より正確に、容易に測定できること、そしてそれらが MI の心機能評価の指標として有用であることを報告した。

本研究にあたり、多大なご協力とご指導を頂いた三信会原病院副院長花田基典先生に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 藤野武彦, 金谷庄蔵, 蔵田恵美子, 伊東盛夫, 櫛谷征昭, 中村謙一: 二方向同時記録 UCG (Bidirectional echocardiography) (第一報): その意義と臨床応用について. 日超医講演論文集 30: 155, 1976
- 2) Fujino T, Ito M, Kanaya S, Kurata E, Kushitani M, Nakamura K: Bidirectional echocardiography. A new method for detection of cardiac cycle. Proc Japan Acad 53: 91, 1977
- 3) Pohost GM, Dinsmore RE, Rubenstein JJ, O'Keefe DD, Grantham RN, Scully HE, Beierholm EA, Frederiksen JW, Weisfeldt ML, Daggett WM: The echocardiogram of the anterior leaflet of the mitral valve. Circulation 51: 88, 1975
- 4) Rubenstein JJ, Pohost GM, Dinsmore RE, Harthorne JW: The echocardiographic determination of mitral valve opening and closure. Circulation 51: 98, 1975
- 5) Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. Amer Heart J 78: 43, 1969
- 6) Pombo JF, Troy BL, Russel RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation 43: 480, 1971
- 7) 藤野武彦, 伊東盛夫, 金谷庄蔵, 平田経雄, 真柴裕人: 左室後壁 UCG のトライアングル評価. 日超医講演論文集 24: 117, 1973
- 8) Fujino T, Ito M, Horie M, Mashiba H, Fukushima J, Nagayama T, Hirata T: Ultrasound-cardiography of normal adults. Med Ultrason 10: 110, 1972
- 9) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Systolic time intervals in heart failure in man. Circulation 37: 149, 1968
- 10) Spodick DH, Kumar S: Isovolumetric contraction period of the left ventricle: Results in a normal series and comparison of methods of calculation by atraumatic techniques. Amer Heart J 76: 498, 1968
- 11) Harrison TR, Dixon K, Russell RO, Bidwai PS, Coleman HN: The relation of age to the duration of contraction, ejection, and relaxation of the normal human heart. Amer Heart J 67: 189, 1964
- 12) Benchimol A, Ellis J: A study of the period of isovolumic relaxation in normal subjects and in patients with heart disease. Amer J Cardiol 19: 196, 1967
- 13) Nimura Y, Matsuo H, Mochizuki S, Aoki K, Wada O, Abe H: Analysis of a cardiac cycle of the left side of the heart in cases of left ventricular overloading or damage with the ultrasonic Doppler method. Amer Heart J 75: 49, 1968
- 14) 宮武邦夫, 津田定成, 河村信治, 大野穰一, 高橋良夫, 杉田 実, 松尾裕英, 榊原 博, 仁村泰治: 虚血性心疾患の心機能: 超音波 Doppler 法による心時相分析. 臨床心音図 3: 411, 1973
- 15) Rubenstein JJ, Pohost GM, Foster JR: The echocardiographic determination of isovolumic relaxation period in patients with normal and diseased coronary arteries. Clinical Research 21: 446, 1973
- 16) Hirschfeld S, Meyer R, Korfhagen J, Kaplan S, Liebman J: The isovolumic contraction time of the left ventricle. An echographic study. Circulation 54: 751, 1976
- 17) 梅田 徹, 尾本良三, 古田昭一, 町井 潔, 松田光生, 山口 徹: UCG, 心音図, 頸動脈波曲線による左室等容収縮期, 等容拡張期の計測とその意義. 心臓 7: 325, 1975
- 18) Ziady GM, Hardarson T, Curiel R: The use of echocardiography to measure isometric contraction time. Amer Heart J 89: 200, 1975
- 19) Jezek V: Clinical value of the polygraphic tracing in the study of the sequence of events during cardiac contraction. Cardiologia 43: 298, 1963
- 20) Aronow WS, Bowyer AF, Kaplan MA: External isovolumic contraction times and left ventricular ejection time/external isovolumic contraction time ratios at rest and after exercise in coronary heart disease. Circulation 43: 59, 1971
- 21) 井上 清, 坂本二哉: 左室等容収縮時間と心送血量の相関について. 臨床心音図 2: 19, 1972
- 22) Benchimol A, Dimond EG: The apex cardiogram in ischemic heart disease. Brit Heart J 24:

蔵田, 藤野(武), 金谷, ほか

581, 1962

23) Sauter HJ, Dodge HT, Johnston RR, Graham TP: Relationship of left atrial pressure and volume in patients with heart disease. *Amer Heart J* **67**:

635, 1964

24) Gray W, Bell H: 2-O interval as an indicator of left atrial pressure. *Chest* **62**: 553, 1972