

Bidirectional echocardiographyによる右室等容収縮期および等容拡張期の測定：右室負荷疾患の検討

Isometric contraction and relaxation times of the right and left ventricles in patients with right ventricular overload measured by the bidirectional echocardiography

伊東 盛夫
藤野 武彦
蔵田恵美子
金谷 庄蔵
今西 愿
安田 英雄
藤野 正典*
上野 照紀**

Morio ITO
Takehiko FUJINO
Emiko KURATA
Shozo KANAYA
Sunao IMANISHI
Hideo YASUDA
Masanori FUJINO*
Teruki UENO**

Summary

With the use of bidirectional echocardiography, isometric contraction (ICT) and relaxation times (IRT) of the right (RV) and left ventricles (LV) were measured in 9 normal subjects (N) (age: 14-23 years), 5 cases with atrial septal defect of ostium secundum type (ASD) (age: 34-59 years) and 8 cases with pulmonary hypertension (PH) (age: 34-60 years) (Table 1). The cases with PH consisted of ASD associated with PH (6 cases), primary PH (1 case) and cor pulmonale (1 case). Systolic pulmonary pressures ranged 22-34 mmHg in ASD and 56-101 mmHg in PH. The echoes of the atrioventricular and semilunar valves of the isolateral side were simultaneously recorded, and the ICTs and IRTs were measured from the closure of the former to the opening of the later, and the closure of the later to the opening of the former, respectively (Fig. 1 and 2). The ICT and IRT of the LV were significantly

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 丁目 (〒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, Maedashi 3-1-1, Higashi-ku, Fukuoka, 812
*Department of Internal Medicine, Hamanomachi Hospital, Maizuru 3, Chuo-ku, Fukuoka, 810
**Department of Internal Medicine, Nishijin Hospital, Sohara, Nishi-ku, Fukuoka, 814

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
Received for publication May 9, 1977

greater in ASD (58.0 ± 9.5 and 80.3 ± 14.4 msec) and PH (67.6 ± 13.1 and 114.3 ± 16.2 msec) than in N (43.9 ± 6.2 and 60.0 ± 6.8 msec) (Table 1 and 2; Fig. 3). The ICT of RV showed no significant difference between N (27.6 ± 4.5 msec) and ASD (30.4 ± 4.7 msec). But the value for PH (42.8 ± 12.5 msec) was significantly greater compared with the values for N and ASD (Table 1 and 2; Fig. 3). The IRT of RV could be measured in 2 cases in N (42 msec) and 1 case with ASD (48 msec). Compared with those values, the IRT of RV in PH was markedly increased (84.1 ± 9.6 msec) (Table 1 and 2; Fig. 3). The ICT and IRT of either the LV or RV revealed a tendency of positive correlation (Fig. 4A, B). Several cases with ASD or PH were noted to have the ICT of normal range, but the abnormally increased IRT. Either ICT or IRT in the LV and RV were observed to show a tendency of positive correlation (Fig. 4C, D). These results indicate that the RV overloading induces the impairment of cardiac function not only in the RV, but also in the LV.

In a case with cor pulmonale, the systolic and diastolic time intervals were observed to show a marked respiratory changes (Fig. 5-7). The expiration induced a marked delay in tricuspid opening, a slightly earlier occurrence of pulmonic closure, and almost no change in the timings of tricuspid closure and pulmonic opening, thus resulting in the marked increase in IRT, a slight increase in ejection period and no change in ICT of the RV. In experium, the decrease in the DE slope and the increase in A/E ratio of tricuspid valve echo were also noted (Fig. 5 and 6). In the simultaneous recording of tricuspid and mitral valve echoes, the respiratory changes in the timings of opening and closure of the later occurred with a delay of several seconds to those of the former (Fig. 7). It was considered that the respiratory change in the venous return may markedly affect the systolic and diastolic time intervals of the RV, resulting in the secondary alterations in the time intervals of the LV.

Key words

Bidirectional UCG Isometric contraction and relaxation times Atrial septal defect Pulmonary hypertension Cor pulmonale Left ventricular function in right ventricular overload

はじめに

非観血的方法による右室 (RV) の心時相の測定については超音波ドプラー法¹⁾, エレクトロキモグラフ法²⁾, 間接的肺動脈拍動曲線³⁾や心エコー図法⁴⁾による駆出時間 (ET) や前駆出時間 (PEP) の測定に関する報告がみられるが, RV の等容収縮期 (ICT) あるいは等容拡張期 (IRT) についてはまだ論文をみない。

著者らが開発した二方向同時記録エコー図法 (bidirectional echocardiography, B-echo)^{5,6)} は, 半月弁と房室弁のエコーの同時記録が可能であり, したがって両心室の ICT あるいは IRT を, 非観血的にかつ正確に測定することを可能にした。

本論文では, B-echo を用い, 健常者および RV 負荷疾患患者の RV, および左室 (LV) の ICT と IRT を測定し検討した。

対象と方法

対象は Table 1 に示すように, 健常者 (N) 9 例, 二次口心房中隔欠損症 (ASD) 5 例, および肺高血圧 (PH) 8 例である。N 群は, 病歴, 理学的検査, 心電図, 心音図, 心エコー図により, 心疾患のないと考えられた者を選んだ。ASD と PH の例についても同様の検査を行い, うち ASD の 4 例と PH の 7 例は心臓カテーテル法にてその診断を確認した。ASD の症例で心カテを行った 4 例の肺動脈収縮期圧は 22~34 mmHg で, 他の 1 例も非観血的心機能検査により, PH はないと診断した。PH 群は PH を伴う ASD 6 例, 特発性 PH 1 例, および肺性心 1 例より成る。このうち PH を伴う ASD 4 例と特発性 PH の 1 例に心カテを行い, 肺動脈収縮期圧は 56~101 mmHg であり, 他の例は非観血的方法により

Table 1. Age, R-R interval, and isometric contraction and relaxation time in each group

		Age (year)	R-R (sec)	LV		RV	
				ICT(msec)	IRT(msec)	ICT(msec)	IRT(msec)
Normal	n	9	9	8	7	9	2
	range	14 - 23	0.75-1.06	35 - 50	54 - 68	23 - 34	42
	mean±SD	17.2± 4.0	0.92±0.10	43.9± 6.2	60.0± 6.8	27.6± 4.5	42
ASD	n	5	5	4	4	5	1
	range	34 - 59	0.75-1.07	48 - 68	67 - 99	27 - 36	48
	mean±SD	45.2± 9.5	0.94±0.13	58.0± 9.5	80.3±14.4	30.4± 4.7	48
PH	n	8	8	7	8	8	7
	range	34 - 60	0.70-1.59	53 - 84	94 - 145	24 - 57	68 - 94
	mean±SD	46.0±10.4	0.97±0.28	67.6±13.1	114.3±16.2	42.8±12.5	84.1± 9.6

n: number of observations, LV and RV: left and right ventricles, ICT and IRT: isometric contraction and relaxation times, ASD: atrial septal defect of ostium secundum type, PH: pulmonary hypertension.

PH と診断した。各群の年齢と R-R 間隔は **Table 1** に示すとおりで、R-R 間隔は各群間に有意の差はなかったが、ASD と PH の群の年齢(それぞれ平均 45.2 および 46.0 歳)は N 群(平均 17.2 歳)に比して有意に大であった (**Table 2**)。

B-echo の装置および記録方法は前報のとおりである^{5,6)}。LV の ICT と IRT は、僧帽弁(MV)と大動脈弁(AV)のエコーを同時記録し、前者の閉鎖(MC)より後者の開放(AO)までを ICT、後者の閉鎖(AC)より前者の開放(MO)までを IRT とした (**Fig. 1**)。RV についても同様に、三尖弁(TV)と肺動脈弁(PV)のエコーを同時記

録し、前者の閉鎖(TC)より後者の開放(PO)までを ICT、後者の閉鎖(PC)より前者の開放(TO)までを IRT とした (**Fig. 2**)。なお、AV あるいは PV のエコーの b' 点をそれぞれ AO および PO の時点とした。B-echo は、心電図第 II 誘導および心音図と同時に毎秒 85 mm の速度で stripchart に記録し、3 ないし 5 心拍の ICT と IRT を測定しその平均値を分析に用いた。

成 績

1. 各群の ICT および IRT の比較

各群の LV および RV の ICT と IRT は **Table 1** と **Fig. 3** に示すとおりである。これらのうち、RV の IRT は N の 2 例、ASD の 1 例についてのみ測定が可能であった。 **Table 2** には、これらの値の各群の平均値の差の統計学的検定の成績を示す。全体として ICT も IRT も、LV と RV のいずれについても、N、ASD および PH の順に増大しているのがみられ、とくに IRT についてこれが著明である。

また、**Fig. 4** に示すように、LV の ICT と IRT (**Fig. 4A**)、RV の ICT と IRT (**Fig. 4B**)、

Table 2. Statistical tests for differences of various parameters between different groups

	Age	R-R	LV		RV	
			ICT	IRT	ICT	IRT
Normal vs ASD	**	ns	*	**	ns	—
Normal vs PH	**	ns	*	**	*	—
ASD vs PH	ns	ns	ns	**	*	—

** : p<0.01, * : 0.05>p>0.01 ns : not significant (p>0.05), — : not tested.

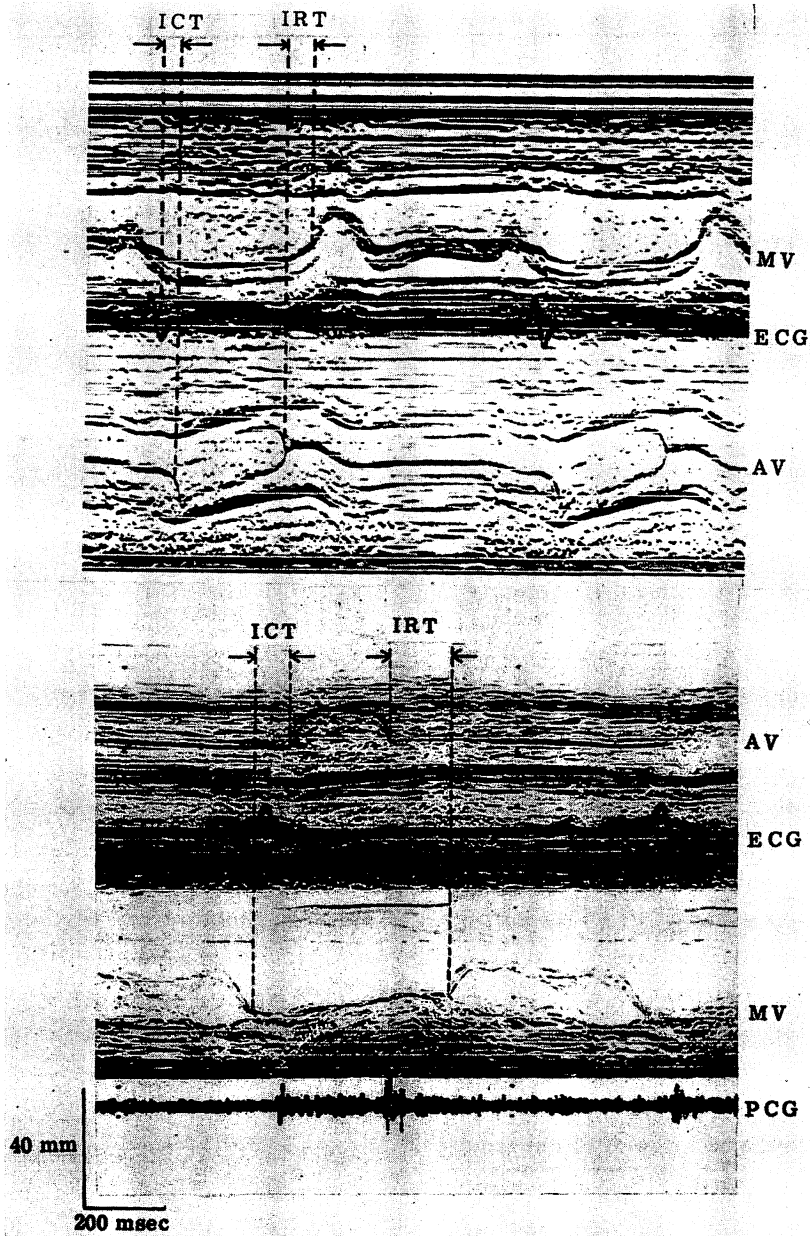


Fig. 1. Bidirectional echocardiograms of mitral (MV) and aortic valves (AV) from a healthy control (upper figure) and a patient with pulmonary hypertension (lower figure).

ICT is measured from the closure of MV to the opening of AV, and IRT from the closure of AV to the opening of TV. Note the prolongation of both the ICT and IRT in the patient with pulmonary hypertension compared with the normal subject.

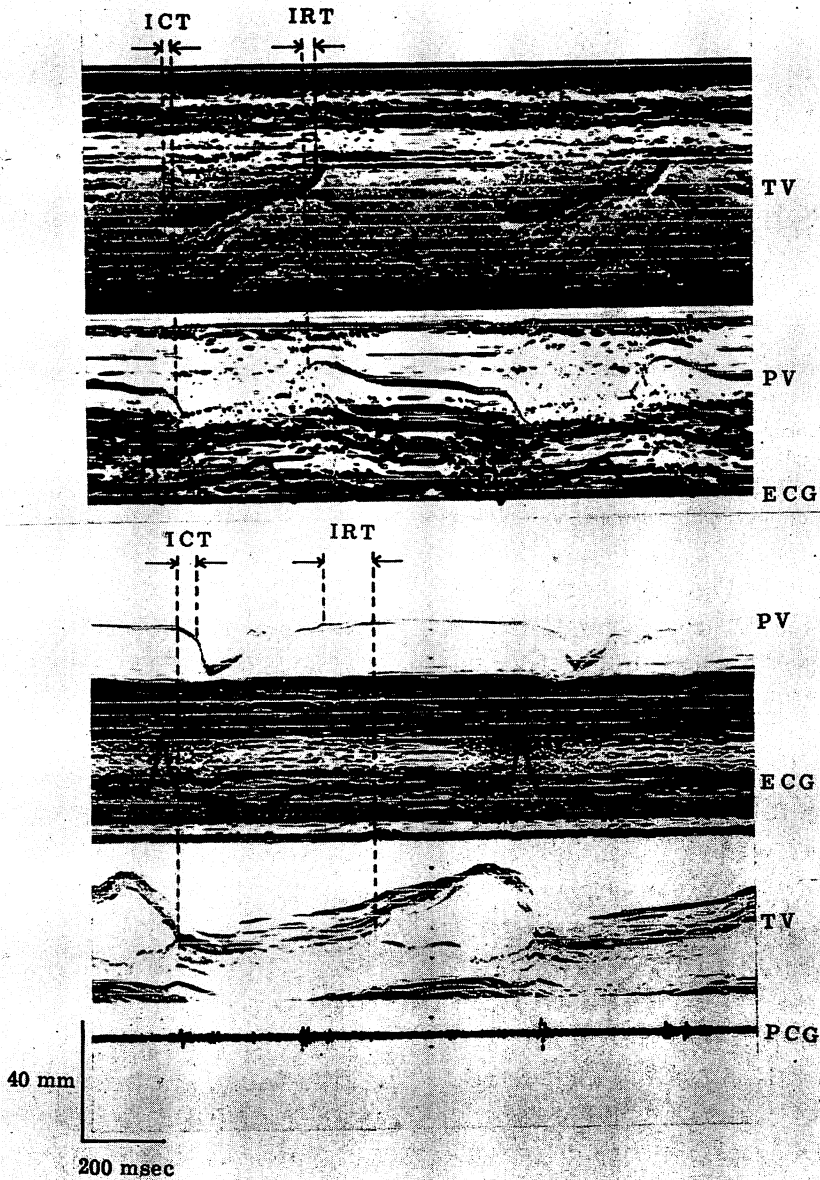


Fig. 2. Bidirectional echocardiograms of tricuspid (TV) and pulmonic valves (PV) recorded from a normal subject (upper figure) and a patient with pulmonary hypertension (lower figure).

ICT is measured from the closure of TV to the opening of PV, and IRT from the closure of PV to the opening of TV. Note the prolongation of both the ICT and IRT in the patient with pulmonary hypertension compared with the normal subject.

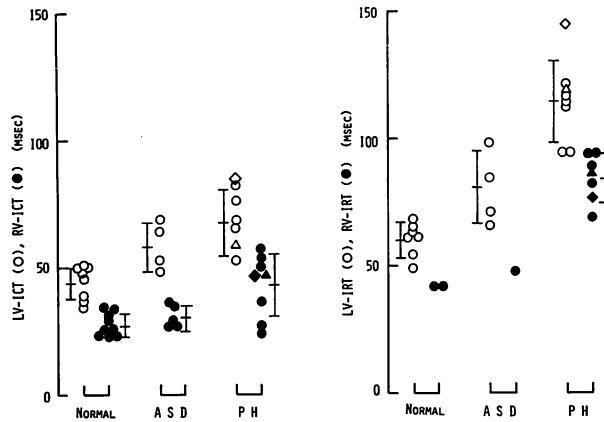


Fig. 3. Comparisons of ICT and IRT in the different groups.

Horizontal and vertical bars represent mean±S.D. Symbols for patients with pulmonary hypertension are as follows: O, ●: ASD with PH, ◇, ◆: primary PH, and △, ▲: cor pulmonale. See Table 1, for other abbreviations.

RV と LV の ICT (Fig. 4C), および RV と LV の IRT (Fig. 4D) は, いずれもたがいに正の相関を示す傾向がみられた. IRT は LV でも RV でも常に ICT より大であり (Fig. 4 A, B), また ICT あるいは IRT の値は LV のほうが RV より常に大なる値を示した (Fig. 4 C, D). なお, ASD や PH で, LV あるいは RV の ICT は N とほぼ同じ程度なのに, IRT が明らかに増大している例がかなりみられた.

2. 肺性心にみられた RV の IRT の呼吸性変動

Fig. 5 に, 肺性心の 1 例でみられた RV の IRT の著明な呼吸性変動の実例を示す. Fig. 5 では患者は平静呼吸を行っており, 第 1 および 6 心拍は吸気相, 第 3, 4 心拍は呼気相に当たる. 第 1 心拍より第 4 心拍にかけて IRT が徐々に延長し, TV の DE slope が徐々に減少しており, ついで, IRT の減少と DE slope の漸増がみられ, これを 5~6 心拍ごとに周期的に繰り返した. この間, R-R 間隔はほぼ一定であった.

Fig. 6 は, 本症例の B-echo の数 10 心拍について, RV の各心時相と TV の pattern を測定し, IRT に対してプロットしたものであり, IRT

と Q-TO は正相関を, また Q-PC は逆相関を示しており, 吸気性の IRT の短縮は TO の早期出現がおもなる要因で, これに PC の遅れが加わっているためであることを示す. 吸気時に IRT が短縮するとともに, Q-PO もわずかながら延長するが, Q-PC の延長がやや著明であり, 吸気性に RVET がやや延長することを示す. しかし, Q-TC と Q-PO の変化は, 同方向にかつ同じ程度に変化するので, ICT はほとんど呼吸性変化を示さなかった. また吸気性に IRT が短縮するとき, TV の DE slope の増大と A/E ratio の減少がみられた.

Fig. 8 は, 同じ症例の TV と MV のエコーを同時記録して, その閉鎖, 開放の時相および拡張期後退速度 (DDR) を, 連続する 12 心拍についてプロットしたもので, 両者は類似した周期性変動を示すが, MV は TV より 1~2 心拍遅れた周期性変化を示すのがみられた.

考 案

従来, RV の ICT や IRT の非観血的測定に関する論文はみられず, 心臓カテーテル法による

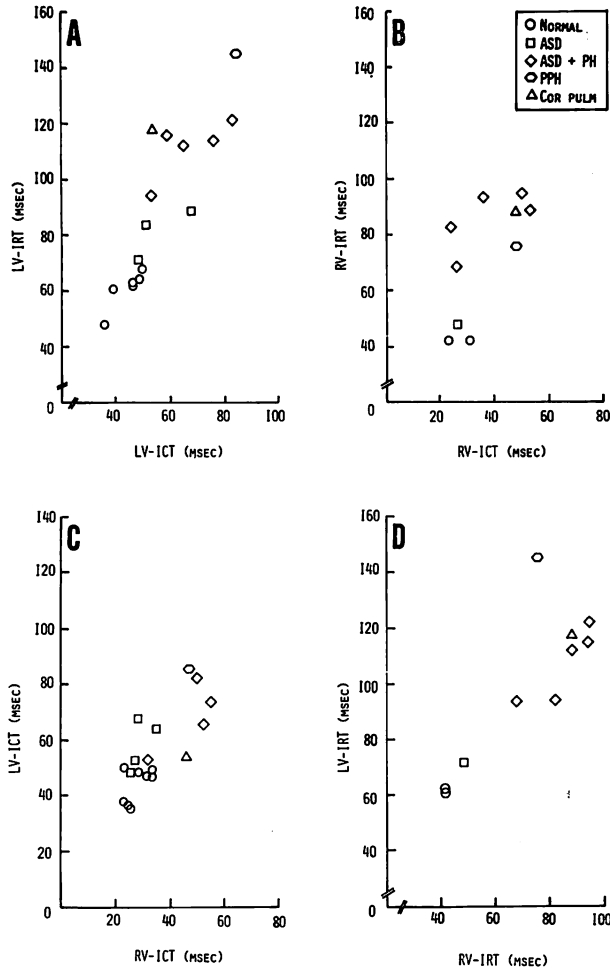


Fig. 4. Correlations between various time intervals in both ventricles.
 PPH: primary pulmonary hypertension. For other abbreviations, see Table 1.

報告がいくつかみられるにすぎない。Braunwaldら⁷⁾は、正常者に心カテを行い、LVとRVのICTをそれぞれ61および16 msec、またLuisadaら⁸⁾はそれぞれ38および13.7 msecと報告しており、IRTについては、Arevaloら⁹⁾はLVで81.6 msec、RVでは49.2 msecと報告しているが、これらの値は今回の成績とかなり異なっている。

今回、ICTとIRTは房室弁と半月弁を同時

記録し、その開閉の時点の間隔から求め、かつ得られた正常値の分散が小であることから、その測定値の信頼性は高いと考えられる。しかし、比較的高年の正常者ではPVやTVの検出がやや困難であることが多く、今後さらに検討が必要であろう。

今回の成績で、RV負荷疾患ではとくにPH群でRVのICTとIRTが大なる傾向を示したが、これはRV負荷時のRV機能異常を反映し

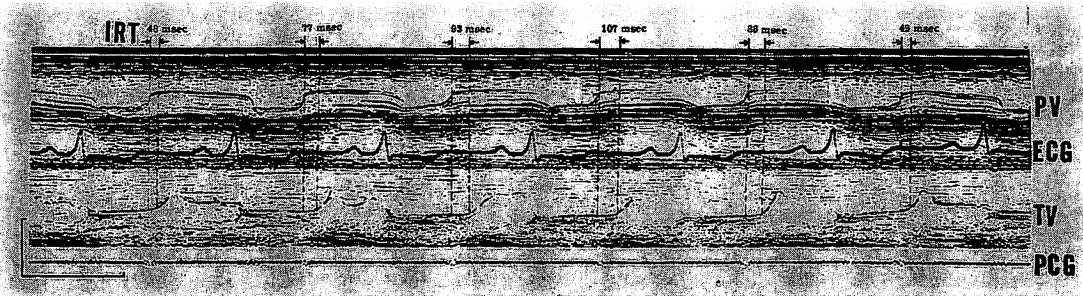


Fig. 5. Bidirectional echocardiogram of PV and TV recorded from a patient with cor pulmonale, showing the marked respiratory changes in the IRT and the DE slope of TV.

The 1st and 6th heart beats correspond to the inspiration phase, and the 3rd and 4th heart beats to the expiration phase. Note the increase in the IRT and the decrease in the DE slope of TV during the expiration compared with those during the inspiration, with almost no change in the R-R intervals. Calibrations are 400 mm and 500 msec. Abbreviations are same as in Table 1 and Fig. 2. See text for further explanation.

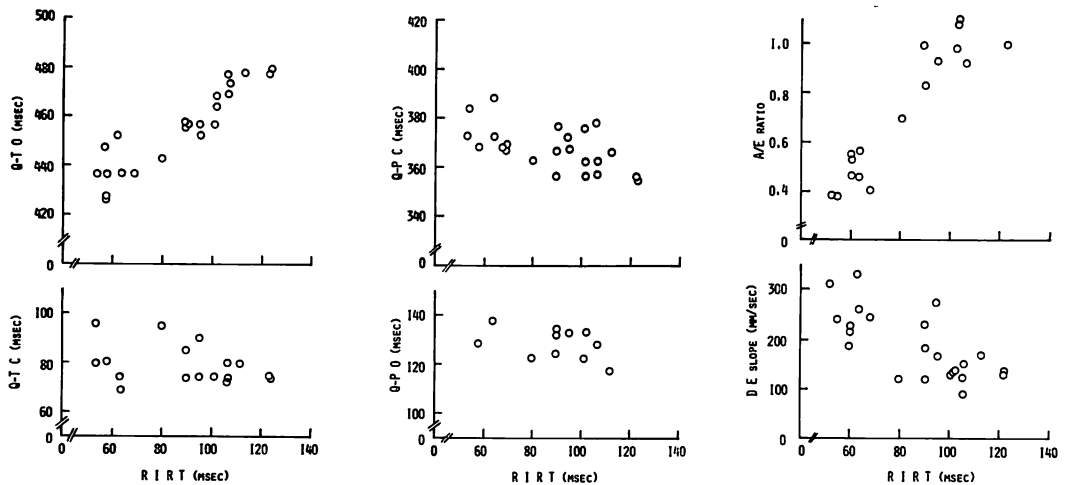


Fig. 6. Correlations of the IRT of RV with the other time intervals and the pattern of TV in a patient with cor pulmonale.

Q-TO, Q-TC, Q-PC and Q-PO: intervals from the onset of QRS complex of ECG to the opening of TV, the closure of TV, the closure of PV and the opening of PV, respectively. A/E ratio and DE slope: ratio of amplitude of A wave to that of E wave, and DE slope of TV, respectively. For other abbreviations, see Table 1 and Fig. 2. See text for further explanations.

ているものであろう。さらに、ASD や PH では N に比して LV の ICT と IRT も増大しており、RV 負荷時の LV の機能異常を示すと考えられる。また、ICT も IRT もそれぞれ LV と RV の間で正の相関がみられたことは、RV の機

能異常の程度は LV のそれとほぼ平行しておこっていることを示す所見かも知れない。従来、RV の容量または圧負荷時に LV の機能障害がおこることについては、多くの実験的、臨床的研究があり¹⁰⁻²⁰⁾、その機序としては、1) RV stroke

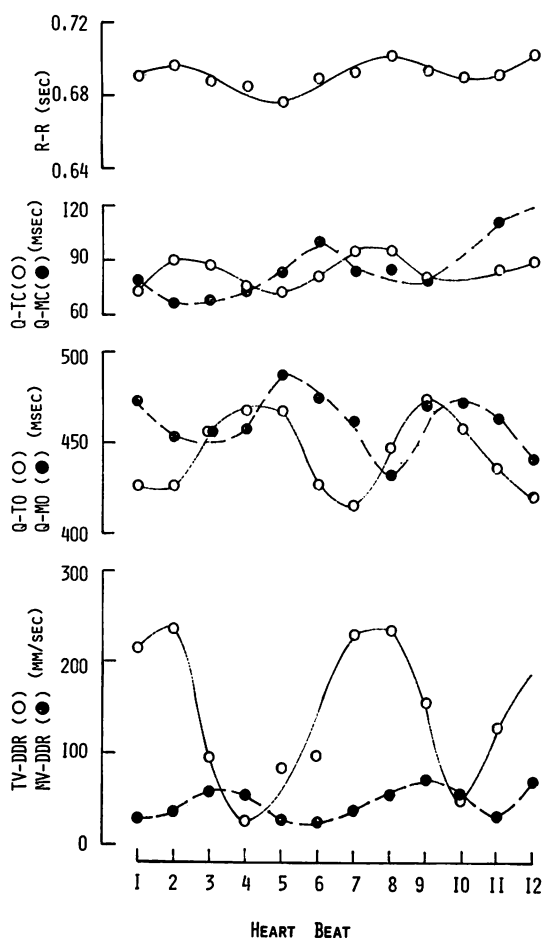


Fig. 7. Comparison of beat-to-beat changes in the timings of opening and closure, and the diastolic descent rate of TV and MV in the patient with cor pulmonale.

Q-MC and Q-MO: interval from the onset of QRS complex of ECG to the closure and opening of MV, respectively. DDR: diastolic descent rate. For other abbreviations, see Table 1, and Fig. 2 and 6. Note that the MV shows the cyclic changes similar to those in the TV with a delay of one to two heart beats.

output の減少による LV の preload の減少, 2) RV の afterload の増大による RV の systolic time interval の変化が, LV の systolic time interval を変化せしめること, 3) LV の intrinsic

contractile property の変化, あるいは 4) RV 負荷における reversed Bernheim などが考えられている. いずれにせよ, 2つの心室のいずれか一方の負荷は対側の心室の機能障害を惹起するものであり, 心臓全体の機能の把握のためには, 両心室の心機能評価の指標を同時に測定することはきわめて重要であろう.

なお, 今回の成績で N 群と他の 2 群の間の ICT や IRT の差の機序として, 上述のごとき血行動態的負荷のほかに, 年齢的因子も考慮すべきかも知れない. すなわち, N 群は他の 2 群に比して有意に年齢が低かったが, Harrison ら²¹⁾は, LV の ICT と IRT は年齢とともに増加すると報告し, 一方, Arevalo ら⁹⁾は, LV と RV の IRT は年齢と一定の関係をみていない. 著者らは, 23~37 歳の正常成人について今回と同じ方法で LV の ICT と IRT を求め, それぞれ 48 および 67 msec の値を得ており⁶⁾, これは今回の 14~23 歳の平均値よりやや大であるが, これは対象の年齢差によるものかも知れない. 今後, ICT と IRT の加齢による変化についてはさらに検討の必要がある.

今回, LV あるいは RV の ICT は IRT と正の相関を示す傾向がみられたが, RV 負荷疾患で ICT はほぼ正常のまま IRT が明らかに増大を示すものがかなりの例にみられた. このことは, 血行動態負荷に対する収縮期相と拡張期相の指標の反応の差異を示唆して興味深い.

さて, 肺性心にみられた心時相の著明な呼吸性変動は, 心時相の異常の機序を考える上で示唆に富む所見であろう. 本症例では, 吸気に RV の ICT は不変のまま, IRT の著明な短縮, RVET と PEP の軽度の延長, および TV の DE slope の増大と A/E の減少がみられた. 吸気時に RV の ET と PEP が延長することについてはすでに報告されているところであるが¹⁾, IRT については従来報告がみられない. 以上のごとき所見の発生機序としては, 吸気時の静脈還流の増大が考えられ, その結果, 右房圧の上昇が TO の早期出

現をきたし, TV の DE slope や DDR の増大は房室血流の増大を, また RVET の延長は RV の stroke output の増大を反映していると考えられよう. また, MV と TV の同時記録により, MO, MC あるいは MV の DDR は, TO, TC あるいは TV の DDR と類似の呼吸性変動を示すことが観察されたが, その周期は TV の変化に対して, 数秒間遅れて発生している. これは RV の stroke output の変化が, LV の preload を変化せしめ, その結果二次的に LV の time interval を変化せしめていると考えられる.

従来, LV の圧負荷や肥大において, その IRT が増大することはよく知られており^{22,23)}, その機序として LV の compliance の低下が考えられている. PH における RV の IRT の延長も^{24,25)}, RV 肥大によるその compliance の低下が重要な因子の1つであろうが²⁴⁾, 上述のような肺性心の症例から示唆されるように, RV の房室流の減少もまた, RV の IRT の延長の重要な因子と考えられる. 後者の場合においては, RV の stroke output の減少が二次的に LV の IRT を延長せしめる可能性があるであろう.

さらに, 肺性心に見られた心拍ごとの心時相の著明な変化の実例は, 従来しばしば行われているように, 心内諸現象の信号を別々に記録し, それを合成して心時相を測定する方法では, ときにきわめて大きい誤差を生じうることを示唆している. B-echo では, 二方向のエコーを同時に記録することにより, かかる欠点を克服し, 呼吸性変動とか不整脈などにおける時々刻々と変動する現象をも正確に把握することができる. その上, B-echo では心時相と同時に心内各部の dimension や DDR などの動きの pattern をも観察記録できることは, 従来の心エコーや, その他の非観血的方法に優る利点と考えられよう.

要 約

二方向同時記録心エコー図法 (bidirectional echocardiography) により, 正常者 (N) 9 例, 心

房中隔欠損症 (ASD) 5 例, および肺高血圧症 (PH) 8 例の, 左室 (LV) および右室 (RV) の等容収縮期 (ICT), および等容拡張期 (IRT) を測定し, 比較検討した.

LV の ICT と IRT は, N で 43.9 ± 6.2 および 60.0 ± 6.8 msec, ASD で 58.0 ± 9.5 および 80.3 ± 14.4 msec, PH で 67.6 ± 13.1 および 114.3 ± 16.3 msec であり, N に比して ASD と PH では有意に大であった. RV の ICT は, N で 27.6 ± 4.5 msec, ASD で 30.4 ± 4.7 msec で両群に有意差はなかったが, PH では 42.8 ± 12.5 msec であり, N および ASD に比して有意に大であった. RV の IRT は, N の 2 例で 42 msec, ASD の 1 例で 48 msec であり, これに比して PH では 84.1 ± 9.6 msec と著明に増大していた.

LV あるいは RV の ICT と IRT, および RV と LV の ICT あるいは IRT は, いずれもたがいに正の相関を示す傾向がみられた. しかし, LV あるいは RV の ICT は正常範囲なのに, IRT が明らかな増大を示す例が, ASD や PH のかなりの例にみられた.

肺性心の症例で, RV の IRT が著明な呼吸性変動を示すのがみられた. すなわち, 吸気性に IRT が短縮し, 同時に RV の駆出時間と前駆出時間の延長および三尖弁の DE slope の増大がみられた.

文 献

- 1) 榑原 博, 津田定成, 宮武邦夫, 林 享, 別府慎太郎, 浅生雅人, 松尾裕英, 仁村泰治: 右心系の心時相——超音波ドプラー法による研究: (1) 右室駆出前期並びに駆出時間. 臨床心音図 4: 415, 1974
- 2) 村松 準, 角張雄二, 小川聖二郎: 左・右心圧負荷における左・右心収縮時相の変動. 臨床心音図 3: 483, 1973
- 3) 坂本二哉, 松久茂久雄, 井上 清, 林 輝美, 伊藤梅乃: 間接的肺動脈拍動曲線の描記とその臨床的および血行動態的観察. 臨床心音図 3: 127, 1973
- 4) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: Measurement of right and left ventricular systolic time intervals by echocardiography. Circulation 51: 304, 1975

- 5) 藤野武彦, 金谷庄蔵, 蔵田恵美子, 藤野正典, 伊東盛夫: 二方向同時記録 UCG (Bidirectional echocardiography) 第1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
- 6) Fujino T, Ito M, Kanaya S, Kurata E, Kushitani M, Nakamura K: Bidirectional echocardiography: A New method for detection of cardiac cycle. *Proceed Jap Acad* **53**: 91, 1977
- 7) Braunwald E, Fishman AP, Courmand A: Time relationship of dynamic events in the cardiac chambers, pulmonary artery and aorta in man. *Circulation Res* **4**: 100, 1956
- 8) Luisada AA, Cortis B: The dynamic events of the normal heart in man. *Acta Cardiol* **25**: 203, 1970
- 9) Arevalo F, Sakamoto T: On the duration of the isovolumic relaxation period (IVRP) in dog and man. *Amer Heart J* **67**: 651, 1964
- 10) Moulpoulos SD, Sacas A, Stamatopolos S, Arealis E: Left ventricular performance during by-pass or distension of the right ventricle. *Circulation Res* **17**: 484, 1965
- 11) Taylor RR, Covell JW, Sonnenblick EH, Ross J Jr: Dependence of ventricular distensibility on filling of the opposite ventricle. *Amer Heart J* **213**: 711, 1967
- 12) Rao SB, Cohn KE, Eldridge FL, Hancock EW: Left ventricular failure secondary to chronic pulmonary disease. *Amer J Med* **45**: 225, 1968
- 13) Flam MD, Cohn KE, Hancock EW: Ventricular function in atrial septal defect. *Amer J Med* **48**: 286, 1970
- 14) Salel A, Mason DT, Amsterdam EA, Zelis R: Depression of left ventricular contractility in primary right ventricular overload: The "reversed Bernheim phenomenon". *Circulation* **43**, **44** (Suppl II): 220, 1971 (abstr)
- 15) Kelly DT, Spontnotz HM, Beiser GD, Pierce JE, Epstein SE: Effects of chronic right ventricular volume and pressure overloading on left ventricular performance. *Circulation* **44**: 403, 1971
- 16) Khaja F, Parker JO: Right and left ventricular performance in chronic obstructive lung disease. *Amer Heart J* **82**: 319, 1971
- 17) Alpert JS, Rickman FD, Howe JP, Lexter L, Dalen JE: Alteration of systolic time intervals in right ventricular failure. *Circulation* **50**: 317, 1974
- 18) Hooper RG, Whitcomb ME: Systolic time intervals in chronic obstructive pulmonary disease. *Circulation* **50**: 1205, 1974
- 19) 青崎 登: 左室機能障碍の右室に及ぼす影響. 呼吸と循環 **25**: 147, 1977
- 20) Ito M, Fujino T, Ito S, Fukumoto T, Kanaya S, Kasuda H, Tetsuo M, Mashiba H: Prolongation of Q-I interval in atrial septal defect. *Jap Heart J* **18**: 164, 1977
- 21) Harrison TR, Dixon K, Russell RO Jr, 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
- 22) Nimura Y, Matsuo H, Mochizuki S, Aoki K, Abe H: Analysis of a cardiac cycle of the left side of the heart in cases of the left ventricular overloading or damage with the ultrasonic Doppler method. *Amer Heart J* **75**: 49, 1968
- 23) 松尾裕英, 浜中康彦, 高橋良夫, 松本正幸, 宮武邦夫, 浅生雅人, 仁村泰治: 特発性心筋症の心時相についての検討. 臨床心音図 **4**: 425, 1974
- 24) Tavel ME: Clinical phonocardiography and external pulse recording. *Year Book Medical Publisher, Inc, Chicago*, 1967
- 25) 吉川純一, 大脇 嶺, 加藤 洋, 小森英司, 今井真人, 田中久米夫: 原発性肺高血圧症の超音波診断: 日超医講演論文集 **26**: 89, 1974