

心窩部心エコー図による右  
室壁動態の計測

Echocardiographic mea-  
surement of right ven-  
tricular wall motion by  
subxiphoid echocardio-  
graphy

松久保晴生  
古川 啓三  
渡辺 俊光  
朝山 純  
勝目 紘  
国重 宏  
遠藤 直人  
松浦 徹  
伊地知浜夫

Haruo MATSUKUBO  
Keizo FURUKAWA  
Toshimitsu WATANABE  
Jun ASAYAMA  
Hiroshi KATSUME  
Hiroshi KUNISHIGE  
Naoto ENDO  
Tohru MATSUURA  
Hamao IJICHI

**Summary**

Subxiphoid echocardiography was first reported by Chang S et al, however its application to detection of right ventricular wall has not yet been described. Echoes from right ventricular wall can be detected more easily and clearly by this approach than with the ultrasonic transducer directed from the anterior chest wall.

Motion of the right ventricular wall is reverse of that of the left ventricular wall. Following the P wave of ECG, right ventricular wall echoes move away from the ventricular septum and during isovolumetric contraction, move maximally toward the transducer before its major motion toward the ventricular septum during ejection phase. In early diastole, right ventricular wall moves rapidly in the reverse direction, thereafter slowly until atrial contraction.

Time intervals from Q wave of ECG to D point where ventricular wall moves maximally toward the ventricular septum were measured in both ventricles. The ratio, right Q-D interval/left Q-D interval, are greater than 1.0 in cases of right ventricular pressure overload ( $p < 0.05$ ) and less than 1.0 in cases of normal subjects and left ventricular disease ( $p < 0.05$ ). The ratio is over 1.0 in the cases of complete right bundle branch block due to delayed onset of contraction of right ventricular wall and under 1.0

in the cases of left bundle branch block.

Feasibility of application of this method to the right ventricular function is also discussed.

### Key words

subxiphoid echocardiography  
right ventricular wall  
left ventricular posterior wall  
Q-D interval  
right ventricular function

### 緒言

最近の UCG 検査法の進歩は左心系疾患に多くの新しい知見をもたらし、また非観血的検査であるので、臨床上、きわめて有用な診断手段となっている。しかし右心系については、その解剖学的位置ならびに UCG 機器の条件等のために左心系に比べ、その情報量は比較的少なく、限られた症例に UCG 検査を適用しうるのみであった。特に左室後壁運動の分析はこれまで報告が多いが、右室壁運動については未開拓で、心室中隔運動および右室径より検討されているにすぎない。

私どもは第39回日本循環器学会近畿地方会において、超音波探触子を剣状突起下におき、いわゆる subxiphoid echocardiography により右室壁エコーを明瞭に検出しうることを報告した。今回、私共はこの方法で右室壁運動を分析し、かつ各種心疾患について通常の方法による左室後壁運動との比較検討を行ったので報告する。

### 対象

対象は51例 (Table 1) で、健常群は臨床的に心

Table 1. Subject data

Group	Cases	Mean age (range)	Sex (M:F)	HR(m ± 1SD)
Normal	12	26 (17-37)	12 : 0	61 ± 9
LV over-load	17	47 (16-80)	13 : 4	62 ± 9
RV over-load	16	50 (30-70)	10 : 6	66 ± 18
LBBB RBBB	3 3	54 (16-72)	4 : 2	64 ± 5

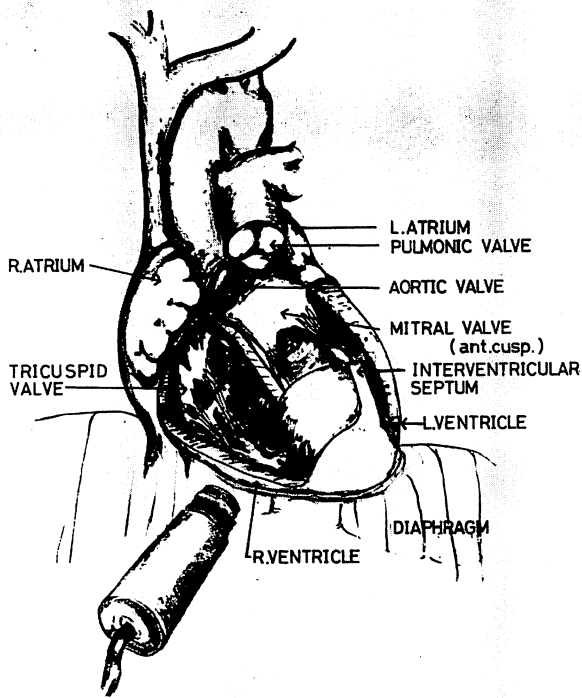
肺疾患を認めない12例であり、左室負荷群は虚血性心疾患16例 (うち6例は陳旧性心筋梗塞) および心筋症1例の計17例である。右室負荷群は僧帽弁狭窄症8例 (うち2例は軽度僧帽弁閉鎖不全を合併)、慢性閉塞性肺疾患6例、ファロー四徴症1例および心室中隔欠損兼肺高血圧症1例の計16例である。以上は心房細動を示した僧帽弁狭窄症2例を除き、全て洞調律で、かつ心室内伝導障害を認めない症例である。右室壁運動分析のために完全右脚ブロック3例および完全左脚ブロック3例を加えた。

### 方法

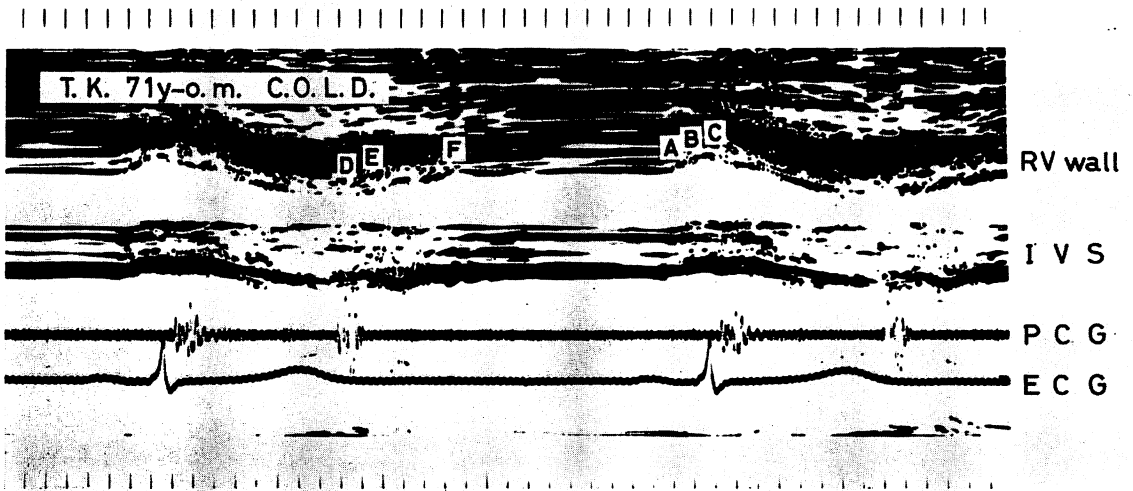
装置は Aloka SSD-90 で、2.25 MHz、10 mm 径の平板振動子を用いて毎秒5cm もしくは10cm の速度で連続記録装置にて心電図および心音図と同時に記録した。

(1)左室後壁の記録方法: 胸骨左縁第3もしくは第4肋間に探触子をおき、僧帽弁前尖エコーを確認のうえ、探触子をわずかに心尖部側に転じて僧帽弁エコーがわずかに認められる位置において安静呼気位にて記録した (routine approach)。

(2)右室壁の記録方法: Figure 1 のごとく探触子を剣状突起下より左上後方に向けて右室壁および心室中隔エコーを確認したうえで、右室壁心外膜および心内膜ともに明瞭に認められるように探触子の方向を変え、gain を適当に調節しながら安静呼気位にて記録した (subxiphoid approach)。



**Figure 1. Anterior aspect of heart and great vessels.** Ultrasonic beam passes through the right ventricular wall and the interventricular septum with the transducer orientating left superiorly and posteriorly.



**Figure 2. Typical representation of subxiphoid echocardiogram.**

Phonocardiogram and electrocardiogram are recorded simultaneously. abbreviations: see text.

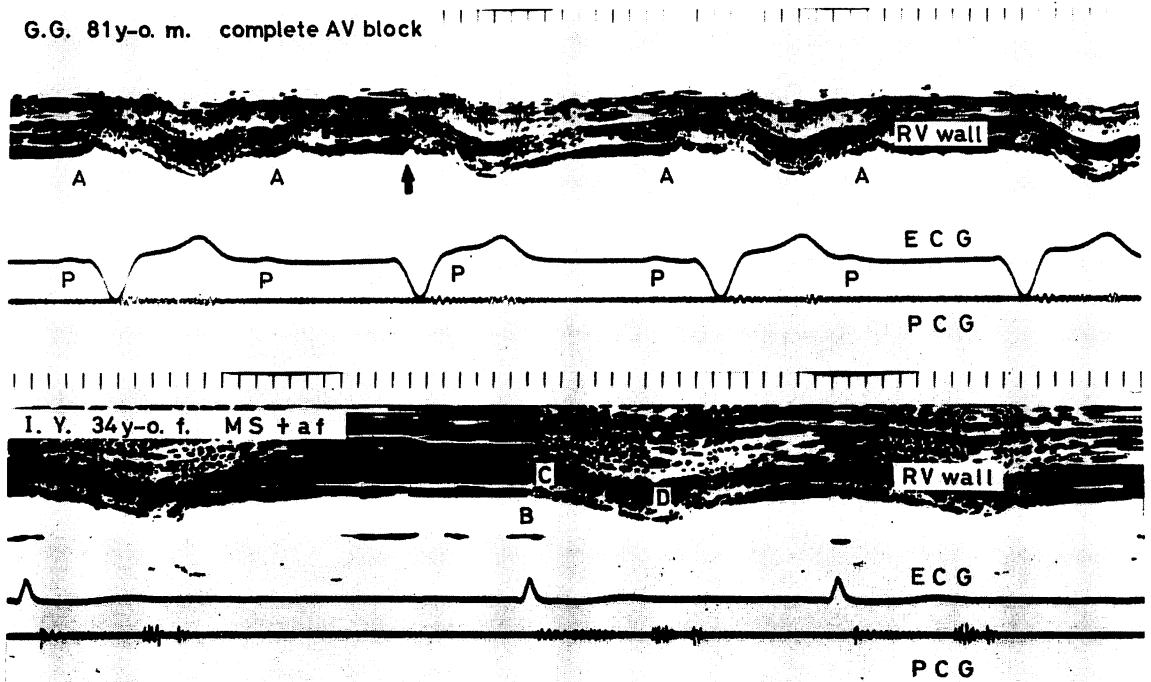
### 結果

全例において右室壁エコーを明瞭に検出しえた。**Figure 2**はその1例で腹壁および軟部組織エコー下に右室壁エコーならびに心室中隔エコーを記録し得た。右室壁エコーは routine approach による左室後壁エコーとは対称的な動きを示した。すなわち、心室充満期において左室後壁エコーがゆるやかに後方に向かうのに反し右室壁エコーは探触子方向に動く。心電図P波後、右室壁エコーは探触子方向に比較的急な動きを示し(A点), 正常心室内伝導の場合は心電図R波頂点前後で、探触子方向に最大偏位を示した後に(C点)急速に心室中隔に向かう動きを示す(C-D点)。心室中隔方向への最大偏位(D点)を示した後に右室壁エコーは再び急速に探触子方向に動いた後、F点

よりその動きはゆるやかとなる。

次に伝導障害例について検討した(**Figure 3**)。上段は完全房室ブロックのため右室ペーシングを行った患者である。心電図P波開始より70~80 msec後に右室壁の運動は探触子方向を示すが(A点), 左室後壁の心房収縮による後方運動よりは急峻である。心房収縮による右室運動とは無関係に独立して、右室壁は右室ペーシングにより探触子と反対方向へ比較的早期に動く。下段は、心房細動を認めた僧帽弁狭窄症の1例である。上段のような心房収縮による探触子方向への右室壁運動は認めないが、心電図q波開始後、40~50 msec後ほぼR波頂点に一致してわずかに探触子方向への動きを示した後に心室中隔方向へ動く。

対象各群について**Figure 4**に示すように、心



**Figure 3. Right ventricular wall echoes.**

Upper panel: Patient was under right ventricular pacing. 70 to 80 msec following P wave of ECG, right ventricular wall echo moves toward the ultrasonic transducer (A point). Arrow is supposed to indicate initiation of right ventricular contraction. Lower panel: Point B is shown to appear nearly synchronously with the R wave of ECG.

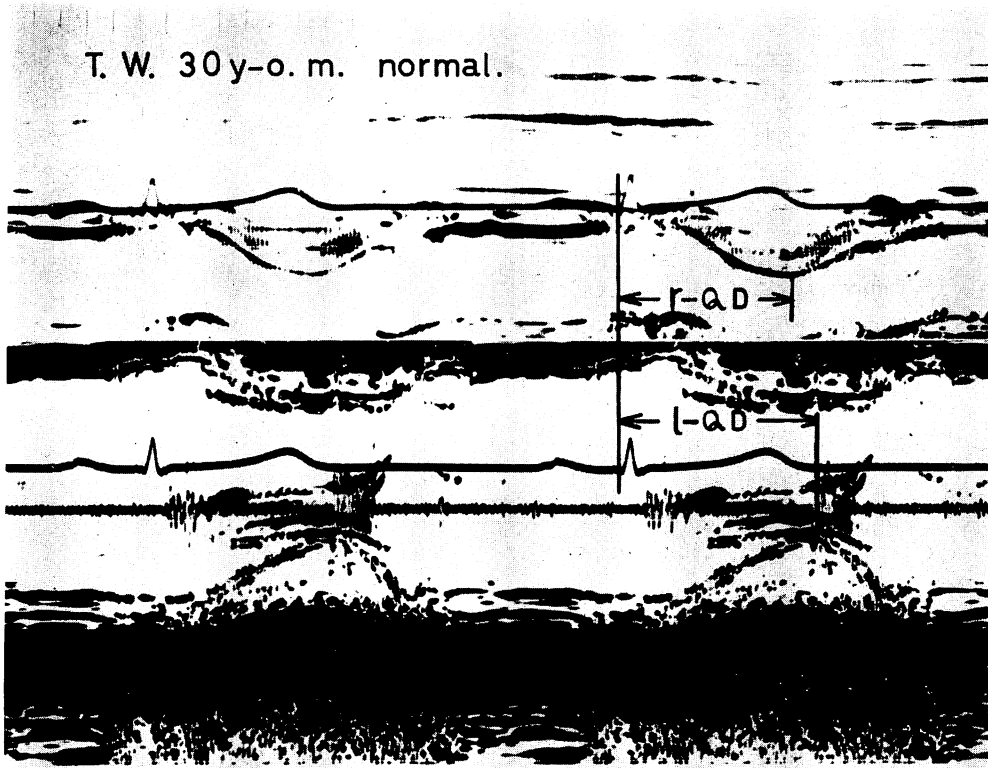


Figure 4. Measurement of right and left ventricular Q-D interval.

Note that maximal deflection toward the ventricular septum of right ventricular wall appears more early than that of the left ventricle.

Table 2. Echocardiographic data

Group		HR routine	HR subx.	l-QD (sec)	r-QD (sec)	QD ratio
1. Normal 12 cases	Range	76-46	62-48	0.46-0.35	0.46-0.33	1.01-0.82
	Mean	62	57	0.41	0.38	0.93
	SD	9	12	0.03	0.04	0.05
	P(1,2)	NS	NS	NS	NS	NS
	P(1,3)	NS	NS	NS	< 0.05	< 0.001
2. LV over-load 17 cases	Range	83-50	83-48	0.50-0.32	0.49-0.29	1.08-0.67
	Mean	62	62	0.42	0.39	0.92
	SD	9	9	0.04	0.05	0.10
	P(2,1)	NS	NS	NS	NS	NS
	P(2,3)	NS	NS	NS	NS	< 0.001
3. RV over-load 16 cases	Range	89-48	88-46	0.51-0.30	0.50-0.34	1.25-0.93
	Mean	65	66	0.40	0.42	1.06
	SD	13	18	0.05	0.05	0.09
	P(3,1)	NS	NS	NS	< 0.05	< 0.001
	P(3,2)	NS	NS	NS	NS	< 0.001

Abbreviations: HR routine=heart rate at echocardiographic examination with routine approach, HR subx=heart rate at echocardiographic examination with subxiphoid approach, NS=not significant ( $p < 0.05$ ), numbers in parentheses denote group.

電図 Q 波開始点より右室壁エコー D 点および routine approach による左室後壁エコー D 点までの時間を計測して比較検討した. Table 2 のように, 両 approach における心拍数は健常群では subxiphoid approach において routine approach に比べて減少の傾向を認めたが, 3 群ともに有意の差はなく, 両 approach による右室および左室 Q-D 時間の比較は可能と考えられた. Q-D 時間は連続 5 心拍について計測し, その平均値を求めた. 右室 Q-D 時間は健常群  $0.38 \pm 0.04$  sec, 左室負荷群  $0.39 \pm 0.05$  sec, 右室負荷群  $0.42 \pm 0.05$  sec で健常群に比し右室負荷群は有意の延長を認めた ( $p < 0.05$ ). 左室 Q-D 時間は, それぞれ  $0.41 \pm 0.03$  sec,  $0.42 \pm 0.04$  sec,  $0.40 \pm 0.05$  sec と各群の左室 Q-D 時間には有意差を認めなかった. 各群における右室および左室 Q-D 時間を比較すると健常群および左室負荷群では左室 Q-D 時間が有意に右室 Q-D 時間より長く ( $p < 0.05$ ), 右室負荷群では右室 Q-D 時間の方が長い傾向を示した. また, 各群について右室 Q-D 時間/左室 Q-D 時間を Q-D ratio として求めると, 右室負荷群では健常群および左室負荷群に比べ有意の増大を示した ( $p < 0.001$ ).

Figure 5 は上記各群ならびに完全脚ブロック例についての Q-D ratio をプロットしたものである. すなわち完全右脚ブロック例は全例で Q-D

ratio が 1.0 より大で, 完全左脚ブロック例は全例において 1.0 より小であった.

Figure 6 は心房細動患者 2 例について先行 RR と右室および左室 Q-D 時間の関係をみたものである. 平均周期の短い 40 才男性例では, 先行周期が延長するとともに Q-D 時間が左右ともに延長

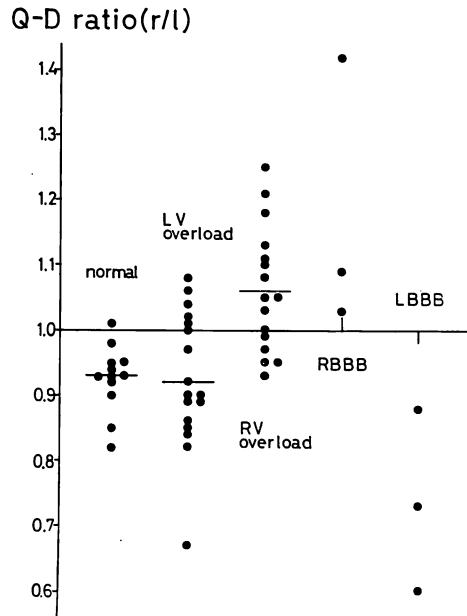


Figure 5. Right Q-D interval/left Q-D interval (Q-D ratio).

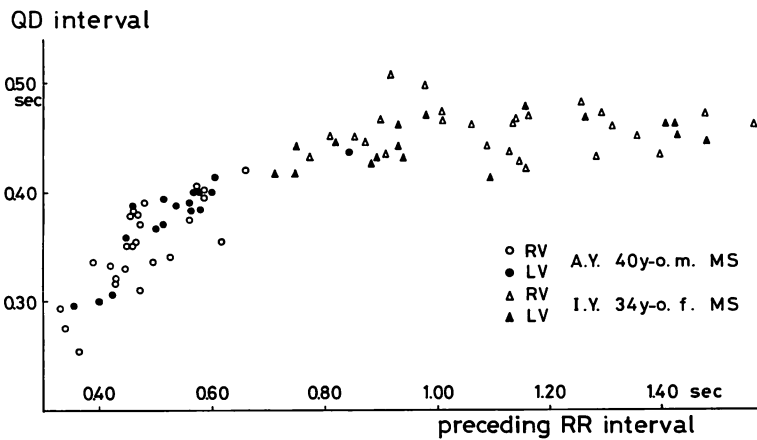


Figure 6. Correlation between Q-D intervals and preceding RR interval in two patients with mitral stenosis complicated with atrial fibrillation.

Closed circles and triangles indicate left ventricular Q-D intervals. Open circles and triangles denote right ventricular Q-D intervals.

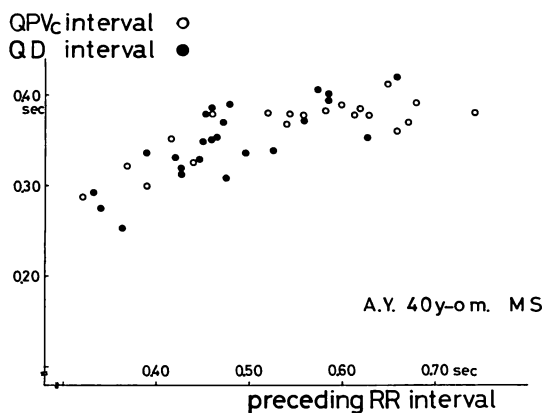


Figure 7. Correlation of right ventricular Q-D interval and time interval from Q wave of ECG to pulmonic valve closure of echocardiograms with preceding RR intervals.

し、平均周期が長い34才女性例では先行周期の長短にかかわらず右室および左室 Q-D 時間は 0.40 ~ 0.50 sec の間に分布する。

Figure 7 は同じ 40 才男性例で、前胸壁より肺動脈弁エコーを記録し、心電図 Q 波開始点より肺動脈弁閉鎖までの時間 (Q-PVc 時間) を計測し、右室 Q-D 時間とともに先行 RR 時間との関係を見たものである。先行 RR 時間が延長するとともに Q-PVc 時間および右室 Q-D 時間は同様に延長し、かつ先行 RR 時間が 0.46 sec 以上になると比較的一定の値を示す。

考 察

胸壁のうすい小児および pericardial effusion の

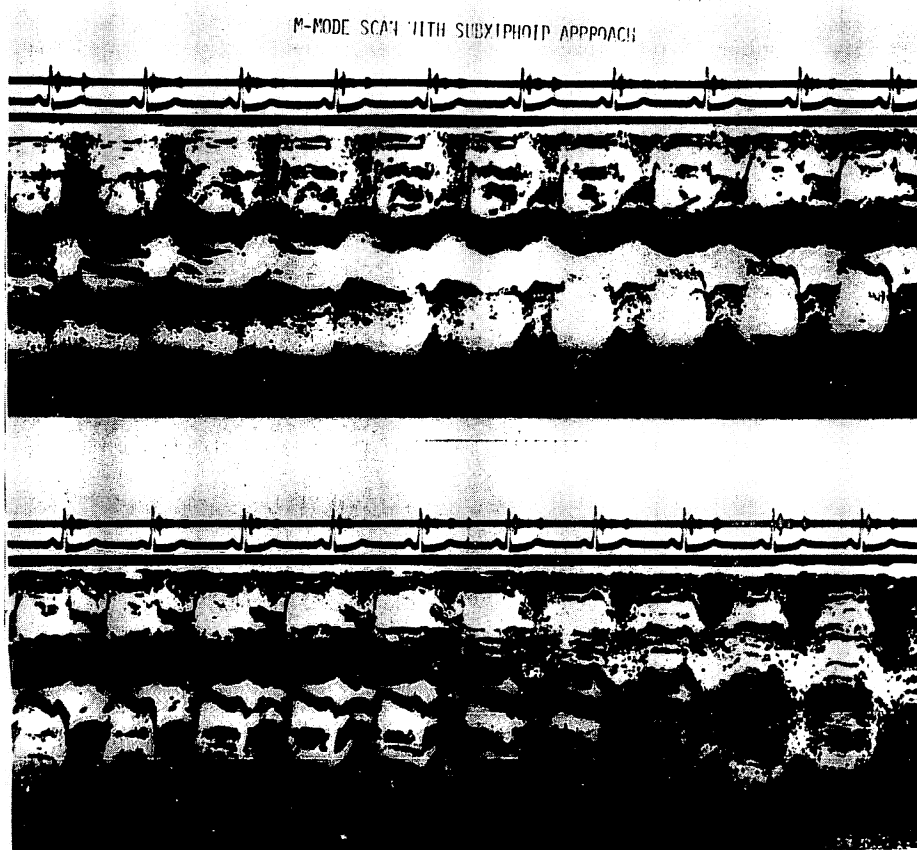


Figure 8. M-mode scan with subxiphoid approach.

ある場合は例外として, 探触子を胸骨左縁もしくは第4肋間において右室壁エコーを検出することは通常困難であり, pericardial effusion のある場合は心臓全体としての動きが右室壁エコーに加わるため右室壁運動の分析は不可能である. 探触子を剣状突起下より左上後方に向け, 心臓内構築物を検出する方法は Chang ら<sup>1)</sup> がすでに報告しているが, 右室壁の検出についての有用性は指摘していない.

Subxiphoid approach により得られる右室壁エコーは解剖学的位置から考えて, またこの approach により M-mode scan を行った例 (Figure 8) から考えて右室流入路前下壁と推定される. Kraunz ら<sup>2)</sup> の左室後壁運動パターンの命名にならない, 右室壁運動についても A, B, C, D, E および F 点を区別した routine approach により得られる左室後壁エコーと subxiphoid approach による右室壁エコーは, ほぼいずれの心時相においても逆方向の運動パターンを示した.

主な相違点としては, (1) A-B 間が右室壁でより急峻であること, (2) C-D 間で CD amplitude が左室壁に比べ小さく, よりゆるやかであること, および CD 間において systolic expansion を思わせる動きを右室壁エコーに認める例があったこと, (3) D 点の同定についての問題があるとしても左室後壁のように II 音以後に変曲点を形成してさらに心室中隔に向う動きが右室壁では認めなかったことなどである.

心電図 Q 波より左室後壁 D 点までの時間すなわち Q-D 時間を electromechanical systole と考えている報告<sup>2)</sup> もあるが, 右室および左室 Q-D interval の比較に際しては次の点に問題があると考えられる.

(1) 右室の駆血もしくは右室ポンプ機能としての特殊性である. すなわち, Rushmer ら<sup>3)</sup> によれば左室のポンプ作用は左室筋の収縮による “constriction of chamber” によりなされるが, 右室の場合, 右室筋の収縮による自由壁の三尖弁口より心尖部に向かう短縮および自由壁が心室中隔に近

接する “bellow action” と左室筋収縮により右室壁が心室中隔方向へ牽引されることの3つの要素からなる. したがって, 本法のようにかなり局限された右室壁の一定方向における動きの場合, 右室ポンプ機能の一指標となりうるかということ. このことは次の問題点にも関連する.

(2) subxiphoid approach により得られる右室壁は inflow tract の一部であるが, 右室の収縮は outflow tract に先立って inflow tract が収縮するという報告<sup>4)</sup> および同時に収縮するという報告<sup>5)</sup> とがあって明確でない.

したがって, 右室の局所的壁エコーの動きより右室のポンプ機能を評価するにはある一定の制約が存在する. しかし, 今回の検討において, 心房細動例では右室 Q-D 時間と Q-PVc 時間とが先行 RR に対し, 同様の関係をもつことが示された.

今回の検討における右室負荷群は右室圧負荷疾患が中心である. 左室圧負荷の場合, Q-II 時間が延長する<sup>6)</sup> が, 今回の検討において右室 Q-D 時間は健常群および左室負荷群に対し, 有意に延長することが認められた.

## 結 語

健常者を含む 51 例について subxiphoid echocardiography により右室壁運動について検討した.

(1) 通常の前胸壁に探触子をあてた場合に比べ, subxiphoid approach による右室壁エコーの検出率は高い.

(2) 右室壁エコーは心室中隔を中心として左室後壁エコーと対称的な動きを示すが, 健常者では右室 Q-D 時間は左室 Q-D 時間よりも短い.

(3) 各種心疾患々々について Q-D ratio を比較した場合, 右室圧負荷群では, 健常群および左室負荷群に比して有意の増大を認めた. また完全右脚ブロック例では Q-D ratio は 1.0 より大で, 完全左脚ブロック例では小である.

(4) subxiphoid approach による右室壁エコーは, 右室自由壁の局所的運動を検出するものであり, 右室機能の面で今後の応用が期待しうる.



文 献

- 1) Chang S, Feigenbaum H: Subxiphoid echocardiography. *J Clin Ultrasound* **1**: 14-20, 1973
- 2) Kraunz R, Kennedy W: Ultrasonic determination of left ventricular wall motion in normal man. *Am Heart J* **79**: 36-43, 1970
- 3) Rushmer RF: *Cardiovascular Dynamics*. 3rd ed., WB Saunders Co., Philadelphia, 1970, p 53
- 4) Burchell HB, Visscher MD: The changes in the form of the beating mammalian heart, as demonstrated by high speed photography. *Am Heart J* **22**: 794, 1941
- 5) Anzola J: Right ventricular contraction. *Am J Physiol* **184**: 567, 1956
- 6) Shah PM, Slodki SJ: The Q-II interval. A study of the second heart sound in normal adults and systemic hypertension. *Circulation* **19**: 551-561, 1964