

心房間圧較差と心房中隔動 態

Relationship between in- teratrial pressure gradi- ent and motion of the interatrial septum

米沢 文雄
松崎 益徳
阿武 義人
塔間 陽一
弘山 直滋
民谷 正彰
前田 敏明
小川 宏
松田 泰雄
久萬田俊明
楠川 禮造

Fumio YONEZAWA
Masunori MATSUZAKI
Yoshito ANNO
Yoichi TOMA
Naoshige HIROYAMA
Masaaki TAMITANI
Toshiaki MAEDA
Hiroshi OGAWA
Yasuo MATSUDA
Toshiaki KUMADA
Reizo KUSUKAWA

Summary

To evaluate interatrial septal motion throughout the cardiac cycle, echocardiograms of the septum were obtained by esophageal echocardiography simultaneously with left and right atrial pressures using Millar's micromanometers in nine subjects with sinus rhythm. There were four patients with atypical chest pain but with normal coronary arteries, two with old myocardial infarction, one with angina pectoris, one with aortic regurgitation and one with sick sinus syndrome. The relationship between interatrial pressure gradient (IAPG: left atrial pressure minus right atrial pressure) and the motion of the septum was examined. In all nine patients, the curves of IAPG showed two peaks near the second heart sound and during the atrial contraction period, and the motion of the septum throughout the cardiac cycle showed a similar pattern except during the late diastolic period. During atrial contraction the septum moved posteriorly (decrease in left atrial dimension) against the IAPG. Therefore, except during the atrial contraction period, the motion of the atrial septum is considered to be dependent on this pressure gradient. During the atrial contraction period, the direction of the septal movement might be dependent on the force of active contraction of the left atrial muscles.

Key words

Interatrial septal motion

Interatrial pressure gradient

Esophageal echocardiography

山口大学医学部 第二内科
山口県宇部市大字小串 1144 (〒755)

The Second Department of Internal Medicine, Yama-
guchi University School of Medicine, Kogushi 1144,
Ube 755

Received for publication October 18, 1986; accepted January 17, 1987 (Ref. No. 28-5)

はじめに

近年, 臨床的に種々な検査法により心房動態の解析がなされている¹⁻¹¹⁾. しかし, 両心房動態を同時に解析した報告は散見されるに過ぎない⁶⁻¹⁰⁾. とりわけ, 両心房間の相互作用について, 心房内圧と径変化を用いて分析した研究は少ない^{7,8)}.

今回我々は, 心カテーテル検査時に, 両心房圧と食道内心エコー図法による心房中隔エコーを同時に記録し, 心房中隔動態と両心房間圧較差の関係について検討した.

対 象

対象は精査の目的で心臓カテーテル検査および冠動脈造影を施行した9例で, 内訳は, 冠動脈疾患を有しない非定型的胸痛症4例, 急性期より2ヵ月後の前壁中隔心筋梗塞および3ヵ月後の下壁心筋梗塞各1例, 狭心症1例, Seller II~III度大動脈弁閉鎖不全症1例, 洞不全症候群1例(男8例, 女1例, 年齢24~59歳)である(**Table 1**). 全例洞調律であり, すべての症例で, 理学的検査, 心電図, 心音図, 心エコー図, 心臓カテーテル検査を行い, 特に洞不全症候群の例ではヒス束心電図, 電気生理学的検査を加え診断を確定した.

方 法

心カテーテル検査時, 両心房の圧測定と食道内心エコー図法を同時に施行した.

心房圧の測定は側孔付き Millar 製カテ先微小マノメーター (8F) を2本使用し, 両心房の圧波形を同時に記録した. なお, 左房内へのカテーテル挿入は左室より経僧帽弁的に行った. 微小マノメーターの較正は術前, 胸壁厚の1/2の高さを0レベルとし, 側孔からの fluid-filled カテーテルを Statham P23D6 トランスジューサーに接続して行った. 術中の圧の偏位は, 同様の手技で頻回にチェックした.

食道内心エコー図法は, 既報の食道内トランスジューサーを用い^{1-6,12,13)}, E for M echocardi-

Table 1. Subjects, time delay of the onset of pressure rise in the left atrium from that in the right atrium (r-l interval), and isodimensional contraction time (l-F interval) in the left atrium

Case	Age	Sex	Diagnosis	r-l inter-val (msec)	l-F inter-val (msec)
1	52	M	ATP	20	50
2	51	F	MI	20	40
3	39	M	SSS	30	55
4	43	M	MI	10	50
5	58	M	ATP	20	50
6	58	M	ATP	10	50
7	53	M	AP	10	40
8	24	M	ATP	20	40
9	50	M	AR	10	50
Mean±SD				16.7 ± 7.1	47.2 ± 5.7

Abbreviations: ATP=atypical chest pain, MI=myocardial infarction, SSS=sick sinus syndrome, AP=angina pectoris, AR=aortic regurgitation.

graphic amplifier U3280 で記録した. 両心房エコーは, 既報のごとく僧帽弁を同定後, Mモードスキャンを行い, 両心房径が最大となり, かつ, 心房中隔, 右房前壁が明瞭となる部位にて記録した¹⁻⁶⁾.

記録装置は E for M VR12 multichannel recorder を使用し, 安静呼気停止時に紙送り速度 100 mm/sec で, 両心房エコー, 両心房圧, 心電図第 II 誘導, 心音図を同時に記録した (**Fig. 1**).

心房中隔動態を定量的に評価するために, 左房後壁から心房中隔左房内膜面までの距離, すなわち前後方向の左房径を求めた.

心房間圧較差は左房圧から右房圧を減じて求めた.

一心周期について, 心房中隔エコー, 両心房波形から, 以下の A~F, r, l の8時点を定めた (**Fig. 2**). すなわち

A: 心電図 P 波のあと左房径が最小となる時点

B: A のあと, 増大していた左房径が, 心房中

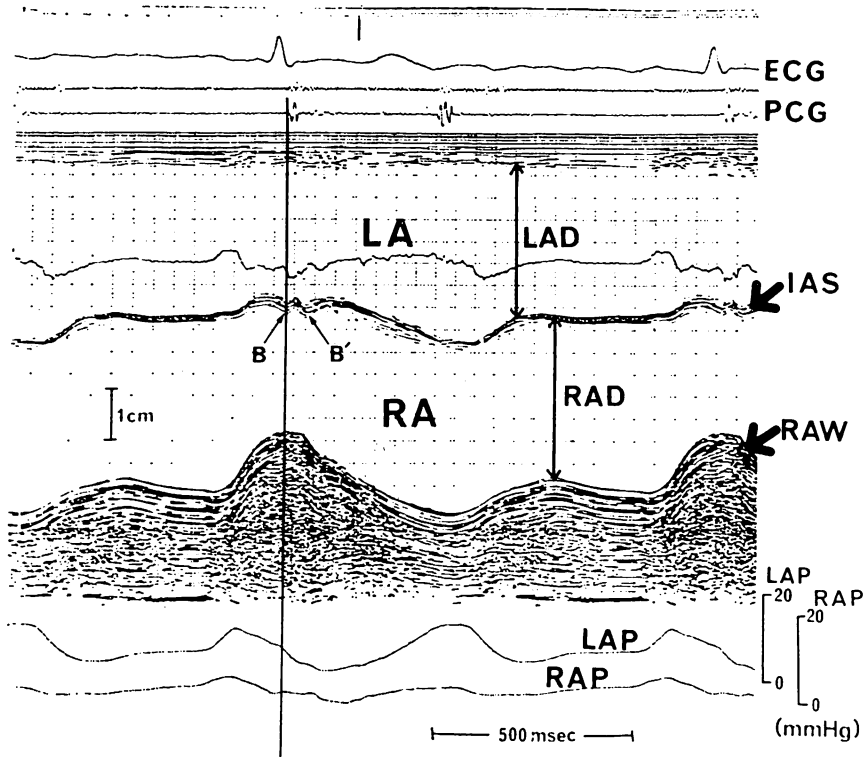


Fig. 1. An example of an interatrial septal echogram and left and right atrial pressures (LAP, RAP) in a normal subject.

IAS=interatrial septum; RAW=right atrial wall.

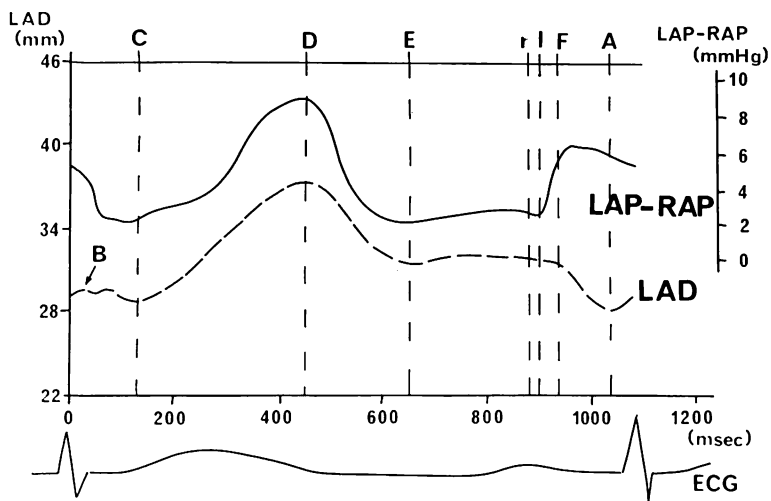


Fig. 2. Computerized simultaneous tracings of interatrial pressure gradient (LAP-RAP) and left atrial dimension (LAD).

Table 2. Left and right atrial pressures in each period

Case	C		D		E		I		F		A	
	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)	LAP (mmHg)	RAP (mmHg)
1	2.7	1.1	13.0	3.5	4.5	2.3	7.5	4.8	11.3	6.0	9.9	3.2
2	4.0	3.0	11.1	3.6	4.9	3.1	5.7	4.2	9.7	5.4	9.9	4.5
3	4.6	3.1	7.7	3.0	4.5	3.5	6.1	5.9	11.0	6.7	11.2	6.5
4	4.0	2.1	13.6	4.0	6.8	3.1	7.2	5.4	12.4	6.8	8.3	3.8
5	1.8	2.3	7.2	3.7	3.2	3.0	3.2	4.1	7.6	6.0	6.0	4.6
6	2.0	2.0	9.5	3.3	5.2	3.1	5.1	3.9	10.9	5.9	8.6	5.0
7	8.9	2.9	12.2	3.0	10.2	2.9	10.2	3.2	14.8	4.8	10.9	3.8
8	9.1	3.4	15.7	4.7	8.9	3.9	9.5	4.9	13.0	5.7	12.8	6.3
9	4.9	0.4	13.6	1.6	5.8	0.2	8.4	2.0	11.1	4.3	14.2	1.1
Mean	4.7	2.3	11.5	3.4	6.0	2.8	7.0	4.3	11.3	5.7	10.2	4.3
±SD	2.7	1.0	2.9	0.8	2.3	1.1	2.2	1.2	2.0	0.8	2.5	1.6

Abbreviations: LAP=left atrial pressure, RAP=right atrial pressure.

Table 3. Interatrial pressure gradient and left atrial dimensions in each period

Case	C		D		E		I		F		A	
	IAPG (mmHg)	LAD (mm)	IAPG (mmHg)	LAD (mm)	IAPG (mmHg)	LAD (mm)	IAPG (mmHg)	LAD (mm)	IAPG (mmHg)	LAD (mm)	IAPG (mmHg)	LAD (mm)
1	1.6	35.0	9.5	45.2	2.2	38.5	2.7	30.5	5.3	30.4	6.7	27.4
2	1.0	28.6	7.5	36.8	1.8	32.9	1.5	34.9	4.3	34.4	5.4	31.1
3	1.5	25.5	4.7	33.5	1.0	28.5	0.2	29.2	4.3	28.5	4.7	24.6
4	1.9	18.1	9.6	29.7	3.7	23.0	1.8	23.0	5.6	23.0	4.5	19.1
5	-0.5	21.3	3.5	27.6	0	23.3	-0.9	22.6	1.6	22.6	1.4	19.5
6	0	15.4	6.2	22.9	2.1	18.6	1.2	18.4	5.0	18.0	3.6	13.8
7	6.0	17.9	9.2	25.0	7.3	22.5	7.0	22.1	10.0	20.8	7.1	17.5
8	5.7	15.7	11.0	23.1	4.8	16.2	4.6	17.2	7.3	17.5	6.5	14.4
9	4.5	26.4	12.0	38.2	5.6	33.5	6.4	34-p	6.8	33.5	13.1	25.8
Mean	2.4	22.7	8.1	31.3	3.2	26.3	2.7	25.8	5.6	25.4	5.9	21.5
±SD	2.4	6.7	2.9	7.7	2.4	7.5	2.7	6.6	2.3	6.5	3.2	6.1

Abbreviations: IAPG=interatrial pressure gradient; LAD=left atrial dimension.

隔エコー上、ノッチを形成するように減少し始める時点。症例により、B のすぐあとに同様のノッチを認める場合は B'

C: 心室収縮期に肺静脈からの還流により左房径が増大し始める時点

D: 最大径となる時点

E: 左房径が心室急速流入期に入って著明に減少し、径の変化が少ない緩徐流入期へ移行する時点

r: 心電図 P 波のあと能動的心房収縮により、右房圧が上昇し始める時点

l: それに引き続き、左房圧が上昇し始める時点

F: 心房収縮により左房径が著明に減少し始める時点

C, D, E, F, A, l 時点の両心房圧, 心房間圧較差, 左房径を求め, 心房中隔動態と心房間圧較差の関係につき検討した。

結 果

心房間圧較差波形は、心音図 II 音付近と、拡張後期(心房収縮期)で頂点を形成し、二峯性パターンを示した。

Table 2 と 3 は各時点における両心房圧, 心房間圧較差, 左房径の計測値を示す。

心室収縮期, 静脈還流により心房容積が増すにつれ (C-D 間), 両心房とも圧上昇を認めたが (左房: 平均 4.7 → 11.5 mmHg, 右房: 2.3 → 3.4 mmHg), 左房圧の上昇が著しいため, 心房間圧較差は増大した (2.4 → 8.1 mmHg)。心房中隔は心房間圧較差の増大に伴って, 心房内圧の低い右房側, すなわち前方へ偏位した。

D-E 間は, 房室弁開放後両心房容積の減少に伴って圧も下降したが (左房: 11.5 → 6.0 mmHg, 右房: 3.4 → 2.8 mmHg), 左房圧の下降が著しく, 心房間圧較差は減少した (8.1 → 3.2 mmHg)。一方, D-E 間では C-D 間と反対に, 心房中隔は後方へ偏位した。

なお, 左房径が最大となる D 点は心房間圧較

差が最大となる時点にほぼ一致した。また, 心房圧が心室収縮期から拡張早期にかけて頂点となる時点 (D 点近傍) は, 右房圧の方が左房圧より 20 ~ 50 msec 先行し, また圧の下降は, 右房から開始していた。

E-r 間(緩徐流入期に相応)には, 心房間圧較差, 左房径ともに, その変化は少なかった。

r-l 間では, 右房圧が先に上昇し (r), ついで平均 16.7 msec 遅れ左房圧が上昇した (l) (Table 1)。

l-F 間は, 左房圧上昇が右房圧上昇に比し著しく (左房: 7.0 → 11.3 mmHg, 右房: 4.3 → 5.7 mmHg), 心房間圧較差は増大した (2.7 → 5.6 mmHg)。しかしこの時相での左房径の変化はわずかで (25.8 → 25.4 mm) 心房中隔の偏位はほとんど認められなかった。l-F 間隔は平均 47.2 msec であった (Table 1)。

F-A 間(能動的心房収縮)では, 左房径は減少した (25.4 → 21.5 mm)。右房圧が頂点になる時点は F に近く, 左房のそれより 10 ~ 40 msec 先行しており, 心房間圧較差のピークは F-A 間に認められた。したがって心房間圧較差は, F と A での値を比較すると, 上昇するものも下降するものも認められたが, 心房中隔は心房間圧較差に関係なく後方へ偏位した。

A-B 間では心房間圧較差は減少しつつあるが, 左房径は増加し, 心房中隔は圧較差に関係なく, 前方へ偏位した。

B は I 音が明瞭に記録された 6 例すべてでその開始点に一致した。また, それまで緩徐に下降していた左房圧は, この時点に一致して急峻な下降を示した。

考 察

心エコー図法により心房中隔エコーを描出する手法として, 胸骨右縁から⁷⁻⁹⁾あるいは右季肋下から¹¹⁾のアプローチが報告されている。当教室の松崎らにより開発された食道内心エコー図による心房中隔エコーは, Hisanaga ら¹⁴⁾の経食道超音波断層法による断層図でも示されるように, 心房

中隔に直角に超音波ビームを投入でき, 明瞭な心房中隔の記録が可能である.

両心房の圧測定は Millar 製 catheter-tip micro-manometer を 2 本使用し, 同時記録することにより圧の絶対値および時相の解析を精度よく行いえた. また, 心房中隔エコーと両心房圧を同一記録紙に記録することで, 心房中隔動態と, 心房間圧較差の関係について詳細に検討することができた.

能動的心房収縮による右房圧上昇開始は, 左房に先行し, この間隔は Braunwald¹⁰⁾ がヒトの両心房に fluid-filled catheter を挿入して求めた 20.0 ± 4.6 msec と近似した値である.

能動的心房収縮期のうち, 左房圧上昇開始から左房径短縮開始までの間 (L-F 間) では, 左房圧・圧較差の著明な変化にもかかわらず, 心房中隔に動きはみられなかった. Recordati¹⁵⁾ はネコ心について, 教室の Toma ら⁵⁾ はヒト右房について同様の所見を認め, atrial isolength systolic period あるいは isodimensional contraction time の存在を示している. したがって L-F 間は, ヒト左房の isodimensional contraction time を示すものと考えられる. この間隔はヒト右房で示された 47 ± 3 msec⁵⁾ と同様の値であった.

心房収縮時の右房圧の peak は, 左房圧の peak に先行しているが, これは右房の isodimensional contraction time の終了が左房より先行し, 能動的心房収縮による心房内血液の駆出が右房で早期におこるためと考えられた.

B 点は I 音の開始に一致し, その後, 左房圧は急峻な下降を示した. I 音の開始は僧帽弁の閉鎖と一致し^{16,17)}, あたかも大動脈弁の閉鎖により左室圧が急速に下降する¹⁸⁾ のと同様の機序で, 僧帽弁の閉鎖により, 左房は左室圧の影響から開放されて急峻な圧下降を示すものと考えられた. A-B 間では能動的心房収縮後の弛緩による圧較差の減少とは無関係に左房径は増加し, 心房中隔は前方に偏位するが, B から急速に左房圧が下降するため, 圧較差も急激に減少し, その影響を受けて, 心房中隔は B でノッチを形成するように後方に

偏位すると考えられた. しかし, I 音成因の一つである心血液系 (cardiohemie system)¹⁹⁾ の振動も, B 点近傍でのノッチ形成に影響しているのかも知れない.

心室収縮開始より心房収縮開始前 (C-r 間) までの心房中隔の動きは, 心房間圧較差の増減に伴い, 圧較差を減ずる方向に偏位したが, L-B 間の時相では圧較差の増減に従わなかった. 心房中隔は両心房間に存在する薄膜であるため, 電氣的に興奮されていない時期には, Tei ら^{7,8)} の報告のごとく, 圧較差による受動的な動態を示すと考えられる. しかし, 能動的心房収縮の時相では, 心房中隔のみならず, 周囲の心房筋の収縮により, M モード心エコー図で示される心房中隔の前後方向の偏位は, 単に圧較差のみでは説明できない動態を示すと考えられる. また, Tei ら⁸⁾ の断層心エコー図による観察では, 心房中隔は心室収縮中期・後期, 拡張早期に右房側にわずかに彎曲し, 拡張中期・後期, 収縮早期には平坦か, わずかに左房側に彎曲しており, これは心房間圧較差により, 心房内圧の低い側へ彎曲するためと報告されている. しかし, 特に心房収縮期には明らかに左房圧が右房圧を上回るため, この時相で心房中隔が左房側へ彎曲する原因を心房間圧較差に求めることはできない. したがって, 心房中隔動態は両心房間圧較差を反映するとする従来の観察には, 訂正が必要であると結論される.

結 語

一心周期にわたる心房中隔の前後方向の運動は, 心房間圧較差に依存すると推測されていた. しかし, 今回の臨床例における心房中隔エコーと両心房圧の同時記録から, 能動的心房収縮の時相では, 心房中隔の動きを圧較差のみで説明することはできず, 心房筋の能動的収縮が心房中隔動態に関与していると考えられた.

要 約

一心周期の心房中隔の動態を評価する目的で,

9例の洞調律の患者について食道内心エコー図法により心房中隔エコーを記録し、同時に両心房圧を Millar 製カテ先マノメーターで測定した。患者は冠動脈造影にて異常を認めない非定型的胸痛症4例、陳旧性心筋梗塞2例、狭心症1例、大動脈弁閉鎖不全症1例、洞機能不全症候群1例で、左房圧から右房圧を減じて求めた心房間圧較差と心房中隔の壁運動の関係について検討した。

9例全例で心房間圧較差は II 音付近と心房収縮期にピークを形成した。心房中隔は心房収縮期以外、この圧較差と同様のパターンを示した。心房収縮期では、圧較差が増加するのに反し心房中隔は後方に偏位し、左房径は減少した。したがって、心房収縮期以外では、心房中隔の動きは心房間圧較差に依存すると考えられるが、心房収縮期では、能動的な左房の筋収縮に依存していると考えられた。

文 献

- 1) Matsuzaki M, Toma Y, Sasaki T, Takahashi Y, Matsuda Y, Kumada T, Kusukawa R: Esophageal echocardiographic examination of interatrial septum and right atrial wall. *Jpn Circ J* **44**: 633, 1980 (abstr)
- 2) Matsuzaki M, Tohma Y, Anno Y, Hiroshima N, Tamitani M, Maeda T, Yonezawa F, Katayama K, Matsuda Y, Kumada T, Kusukawa R: Esophageal echocardiographic analysis of atrial dynamics. *Am Heart J* **109**: 355-362, 1985
- 3) 松崎益徳: 経食道心エコー図. 内科セミナー CV6. 循環器超音波診断. 永井書店, 1983, p 287-311
- 4) Toma Y, Matsuda Y, Matsuzaki M, Anno Y, Uchida T, Hiroshima N, Tamitani M, Murata T, Yonezawa F, Moritani K, Katayama K, Ogawa H, Kusukawa R: Determination of atrial size by esophageal echocardiography. *Am J Cardiol* **52**: 878-880, 1983
- 5) Toma Y, Matsuzaki M, Anno Y, Sasaki T, Hiroshima H, Katayama K, Matsuda Y, Kumada T, Kusukawa R: Studies on the right atrial pressure-dimension relations in patients with various heart diseases. *Circulation* **64** (Suppl IV): IV-324, 1981 (abstr)
- 6) 弘山直滋, 松崎益徳, 佐々木 徹, 阿武義人, 塔間陽一, 高橋陽二郎, 内田孝子, 民谷正彰, 松田泰雄, 久萬田俊明, 楠川禮造: 食道内心エコー図による健常者の両心房動態, 呼吸と循環 **31**: 431-436, 1983
- 7) Tei C, Tanaka H, Nakao S, Tahara M, Kaneshita T: Echocardiographic analysis of interatrial septal motion. *Am J Cardiol* **44**: 472-477, 1979
- 8) Tei C, Tanaka H, Kashima T, Yoshimura H, Minagoe S, Kanehisa T: Real-time cross sectional echocardiographic evaluation of the interatrial septum by right atrium-interatrial septum-left atrium direction of ultrasound beam. *Circulation* **60**: 539-546, 1979
- 9) Minagoe S, Tei C, Tanaka H, Kashima T, Kanehisa T: Echocardiographic evaluation of right and left atrial dimensions by right sternal approach. *J Cardiol* **10**: 251-266, 1980
- 10) Braunwald E, Fishman AP, Cournand A: Time relationship of dynamic events in the cardiac chamber, pulmonary artery and aorta in man. *Circ Res* **4**: 100-107, 1956
- 11) Ozaki M, Ikezono T, Hesaka K, Okabe H, Ishida K, Handa Y, Ota N, Kusukawa R: Clinical application of a new right subcostal approach in the evaluation of interatrial septal motion. *J Cardiol* **13**: 661-674, 1983
- 12) Matsuzaki M, Matsuda Y, Ikee Y, Takahashi Y, Sasaki T, Toma Y, Ishida K, Yorozu T, Kumada T, Kusukawa R: Esophageal echocardiographic left ventricular anterolateral wall motion in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1085-1092, 1981
- 13) 松崎益徳, 楠川禮造: 食道内心エコー図. 循環器科 **7**: 310-320, 1980
- 14) Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Ichie Y: Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am Heart J* **100**: 605-609, 1980
- 15) Recordati G, Lombardi F, Malliani A, Brown AM: Instantaneous dimensional changes of the right atrium of the cat. *J Appl Physiol* **36**: 686-692, 1974
- 16) Lakier JB, Fritz VU, Pocock WA, Barlow JB: Mitral components of the first heart sound. *Br Heart J* **34**: 160-166, 1972
- 17) Waider W, Craige E: First heart sound and ejection sounds. Echocardiographic and phonocardiographic correlation with valvular events. *Am J Cardiol* **35**: 346-356, 1975
- 18) Noble MIM: The contribution of blood momentum to left ventricular ejection in the dog. *Circ Res* **23**: 663-670, 1968