

大動脈内バルーンパンピング法における心音図および心エコー図の役割

Echocardiograms and phonocardiograms of intra-aortic balloon

高木 義博
 大脇 嶺
 加藤 洋
 柳原 皓二
 鈴木 隆夫
 奥町富久丸
 吉田 清
 吉川 純一
 庄村 東洋*
 吉栖 正之*

Yoshihiro TAKAGI
 Takane OWAKI
 Hiroshi KATO
 Koji YANAGIHARA
 Takao SUZUKI
 Fukumaru OKUMACHI
 Kiyoshi YOSHIDA
 Junichi YOSHIKAWA
 Toyo SHOMURA*
 Masayuki YOSHIKAWA*

Summary

Echocardiography and phonocardiography were performed on 10 patients assisted by intra-aortic balloon counterpulsation. With ordinary approach satisfactory echoes from an intra-aortic balloon were obtained in eight patients. In the remainder of patients, the balloon echoes were obtained first when ultrasonic transducer was placed over the epigastrium. Only anterior motion of the balloon during inflation was observed in seven patients. The balloon echoes of the rest formed a box-like configuration during inflation. When counterpulsation was discontinued, no opening motion was observed. The sounds originated from the balloon were divided into "inflation" sounds and "deflation" sounds. The "inflation" sounds occurred when the balloon was inflated, and the beginning of the sounds coincided with the onset of inflation. The "deflation" sound occurred just before the balloon was deflated. The end of the sounds coincided with the onset deflation. It should be concluded that both echocardiography and phonocardiography provide useful clues to estimate balloon function.

Key words

Myocardial infarction Ultrasound Phonocardiography

はじめに

大動脈内バルーンパンピング法 (intra-aortic balloon pumping: IABP) は, Clauss ら¹⁾ や

Moulopouls ら²⁾ の実験的試みを経て, 1968年に Kantrowitz ら³⁾ により心筋梗塞後の心源性ショックに対して初めて臨床的に応用された。以来, IABP は有効な補助循環法として臨床面で広く用

神戸市立中央市民病院循環器センター 内科

*同 外科

神戸市生田区加納町 1-5 (〒650)

Department of Cardiology, and *Department of Cardiac Surgery, Kobe Municipal Central Hospital, Kancho 1-5, Ikuta-ku, Kobe, 650

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977

Received for publication April 3, 1977

Table 1. Cases assisted by intra-aortic balloon counterpulsation

Patient	Sex	Age	Clinical diagnosis	Result
1	M	51	AMI, Shock	Survived
2	M	57	AMI, Shock	Died
3	M	63	AMI, Shock	Survived
4	F	66	AMI, Rupture of IVS	Died
5	M	41	AMI of RV	Died
6	M	67	OMI, CHF	Survived
7	M	58	AMI, Impending cardiac rupture	Died
8	M	57	Unstable angina	Died
9	M	27	SVG, LOS	Survived
10	M	42	OMC, LOS	Died

M: male, F: female, AMI: acute myocardial infarction, IVS: interventricular septum, RV: right ventricle, OMI: old myocardial infarction, CHF: congestive heart failure, SVG: saphenous vein graft, LCO: low cardiac output, OMC: open mitral commissurotomy.

いられている。本邦においても IABP の臨床経験は増加しつつあり、その血行動態に及ぼす効果が報告されている^{4,5)}。一方、IABP の適応の範囲は当初の急性心筋梗塞後の心源性ショックだけに限らず、種々の開心術後の低心拍出症候群や、内科的治療に抵抗する狭心症などにも使用されるようになって⁶⁻⁹⁾。しかしながら、本法の効力が最大限に発揮されるためには、バルーン内へのガス充満 (inflation) とバルーン外へのガス除去 (deflation) が適切に行われる必要がある。したがって、IABP の作動状態の把握はその使用にあたって重要な課題となっている。今回、我々はバルーン由来の心音図と心エコー図所見について述べ、心音図と心エコー図が本法の作動状態の評価にいかなる役割を果たしうるかを報告する。

対象と方法

対象は **Table 1** に示すごとく、1975年11月

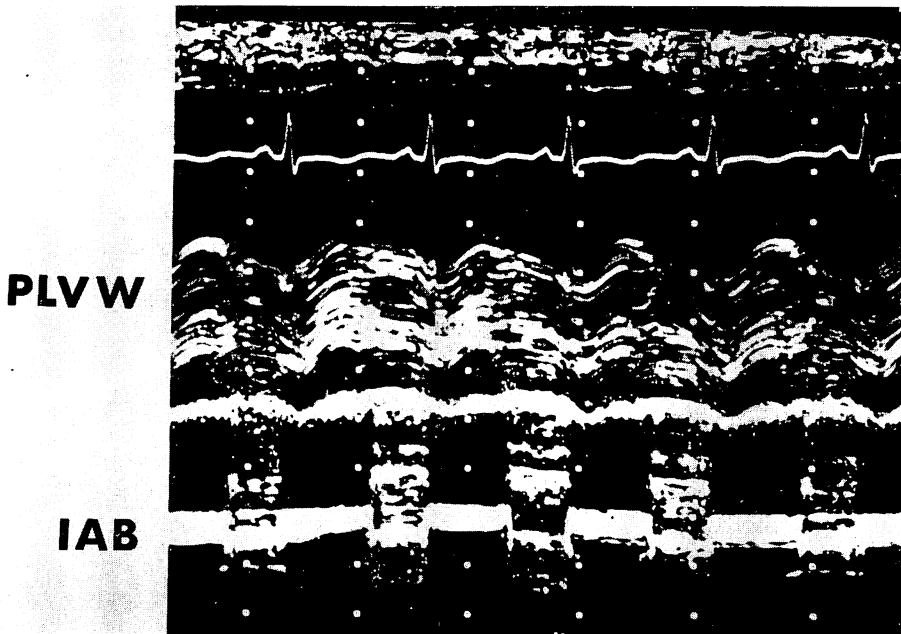


Fig. 1. Echocardiogram of a patient assisted by intra-aortic balloon counterpulsation.

The balloon echoes (IAB) form a box-like configuration during inflation. In addition, the motion of the posterior left ventricular wall (PLVW) is decreased, and pericardial effusion is observed.

から1977年3月までにIABPを施行した10例である。性別は男性9例, 女性1例であり, 年齢は27~67歳で, 平均52.9歳である。10例のうちわけはショックを伴う急性心筋梗塞が3例, 心室中隔破裂を合併した急性心筋梗塞, 急性右室梗塞, 重篤な左心不全を有する陳旧性心筋梗塞, 心筋破裂の危険性を有した急性心筋梗塞, 内科的治療に抵抗した狭心症, 低心拍出症候群を呈する冠動脈血行再建術後, 僧帽弁交連切開術後がそれぞれ1例である。

超音波装置はAloka製SSD-110を用い, 2.25MHz, 直径10mmの探触子を使用した。バルーンエコーの検出には, 第4肋間胸骨左縁またはそれより心尖部よりに探触子を置き, まず左室後壁を検出し, その背方の下行大動脈中をくまなく

検出する方法がとられた。一方, 心窩部からのアプローチにより, 腹部大動脈内でのバルーンエコーの検出をも試みた。

心音図にはフクダ電子製RS-200S直記式心音計を用い, マイクロホンをも第4肋間胸骨左縁, または腹部正中線上の臍上部に置いて, II誘導心電図と同時記録した。

IABPはAvco社製で, バルーンカテーテルの先端は左大腿動脈より挿入し, 左鎖骨窩動脈分枝部のやや末梢の胸部下行大動脈内に置かれた。IABPのinflationの開始はモニターされた心電図上のT波の頂点, またはその下行脚, deflationはP波とQRS波の間になるように設定された。バルーンの長径は25cmであり, inflation時の体積は30ccである。

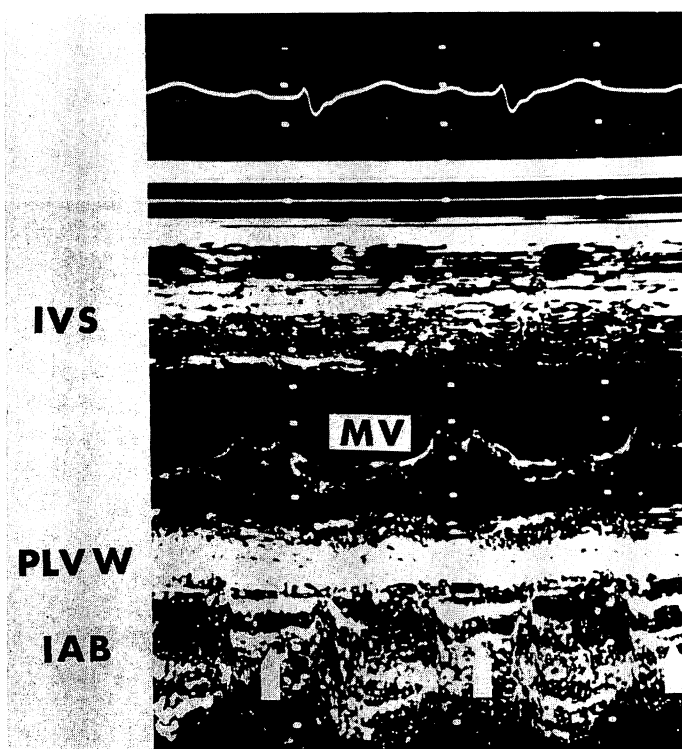


Fig. 2. Echocardiogram of a patient treated by intra-aortic balloon counterpulsation.

The echograms from the interventricular septum (IVS), anterior mitral valve (MV), posterior left ventricular wall (PLVW) and balloon (IAB) are obtained. The opening motion of the balloon during inflation is indicated by arrows.

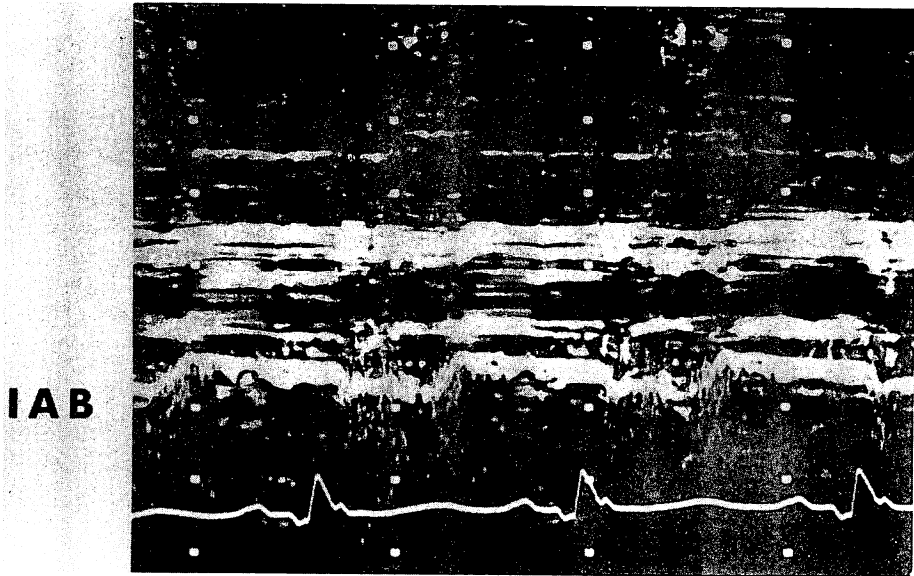


Fig. 3. The balloon echoes obtained when transducer is placed over the epigastrium.
The balloon echoes (IAB) move anteriorly with inflation and return to the closed position with deflation.



Fig. 4. The balloon echoes when intra-aortic balloon counterpulsation is adjusted to 2:1.
The opening motion of the balloon (indicated by arrows) is observed only when counterpulsation is activated.
PLVW: posterior left ventricular wall, IAB: intra-aortic balloon.

結 果

1. 心エコー図

10例全例にバルーンエコーが記録されたが, うち2例では腹部からのアプローチでのみバルーンエコーの検出が可能であった. バルーンエコー (Fig. 1) はバルーンの inflation と同時に急速に開放運動を行った後, 突然に開放運動を停止して最大開放のまま大動脈内にとどまった. 等容収縮期の deflation と同時にバルーンは急速に閉鎖運動を行い, 閉鎖中のバルーンは一本の線状エコーとして描出された. 一方, inflation 時のバルーンエコーは多くは多層エコーとして描出された. また, inflation されている間のバルーンはその前方運動のエコーのみが検出されることが多く, 10例中7例でバルーンの前方向エコーだけが検出された (Fig. 2). Fig. 2 に示すビーム方向ではバルーンエコーと心室中隔, 左室後壁, 僧帽弁前尖エコーなどが検出されており, IABP 作動のタイミングを他の組織の運動と対比検討することが可能であった. 心窩部に探触子を置いてアプローチした場合にも, バルーンエコー (Fig. 3) の検出は可能であった. 10例中の2例において, 第4肋間胸骨左縁からのアプローチではバルーンエコーが検出されず, 心窩部からのアプローチでのみ検出可能であった. この2例はともに強い肥満体であった. Fig. 4 は2:1で IABP を作動中の心エコー図である. 矢印で示す部分にのみバルーンの開放がみられ, IABP 非作動時の心拍には, バルーンの開放が認められなかった.

2. 心音図

5例に記録されたバルーン音 (intra-aortic balloon sounds) は inflation 時に発生する inflation sounds と, deflation により発生する deflation sounds に区別された (Fig. 5). Inflation sounds の開始はバルーンの inflation のタイミングにほぼ一致し, その sounds は2~3個の音から成っていた. その最初の音の開始から2番目の音の開始までの間隔は 0.05~0.09 sec で,

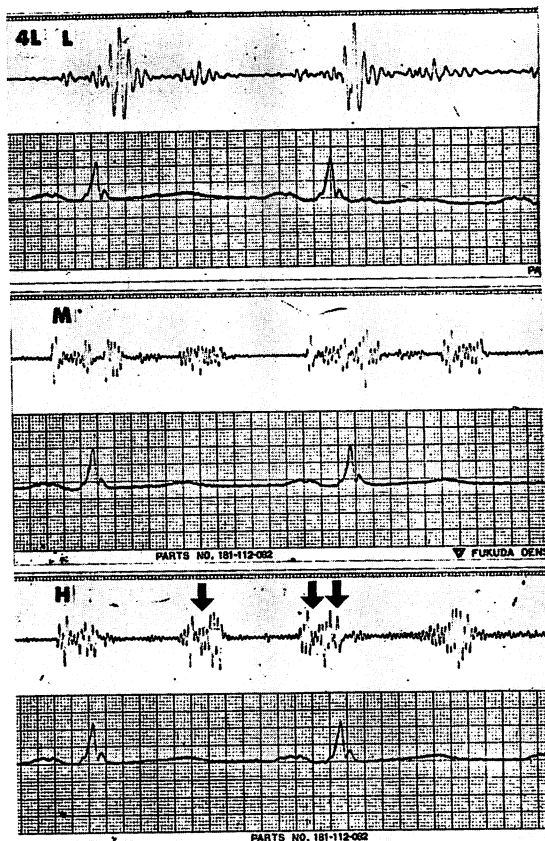


Fig. 5. Phonocardiograms of a patient assisted by intra-aortic balloon counterpulsation.

The balloon sounds related to its motion are divided into inflation sounds (indicated by an arrow) and deflation sounds (indicated by double arrows).

4L: the fourth left intercostal space, L, M and H: low, medium and high frequency phonocardiograms.

平均 0.07 sec であった. 全例で inflation sounds は高周波数成分に富み, 低周波数成分に乏しい音であるのが特徴的であった. 一方, deflation sounds の終了はバルーンの deflation のタイミングにほぼ一致していた. その sounds は2~3個の音より成り, 最初の音の開始より2番目の音の開始までの間隔は 0.05~0.08 sec で, 平均 0.07 sec であった. Deflation sounds も inflation sounds と同様に, 高周波数成分に富んだ音であった. バルーン音の記録が腹部で行われた場合

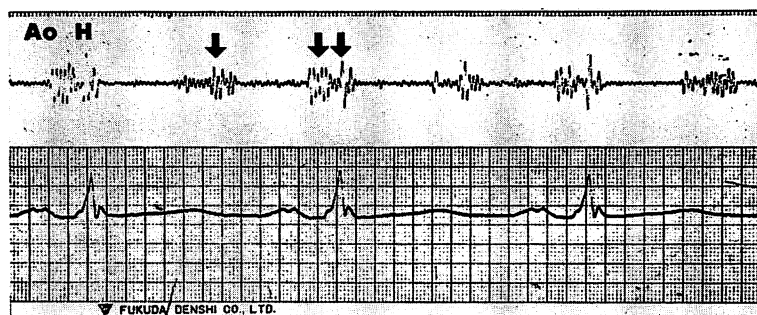


Fig. 6. The balloon sounds obtained from the epigastrium.

The balloon sounds alone are recorded when transducer is placed over the epigastrium. The inflation sounds are indicated by an arrow, and the deflation sounds by double arrows.

Ao: aorta, H: high frequency phonocardiogram.

(Fig. 6) には、本来の心音はほとんど含まれず、バルーン音のみを記録することが可能であった。さらにこのようなバルーン音の特徴は、2心拍に1回の割合で IABP を作動させた場合の心音図 (Fig. 7) においても明瞭に認められた。Fig. 7 の IABP が休止している状態での心音図では第 I 音 (S_1) は減弱し、完全右脚ブロックのため第 II 音 (S_2) が幅広く分裂しているのが認められるのみであった。IABP 作動中の心音図ではバルーン音が出現し、非作動中の心音図所見と明らかに異なっていた。

考 案

最近、IABP は広く臨床的に使用されるようになってきたが、心エコー図および心音図を駆使して、IABP の作動動態を観察した報告はきわめて少なく^{10,11)}、とくに心音図についてはその報告を見ない。そこで今回、我々は IABP の心エコー図と心音図所見について報告した。まず、バルーンエコーが 10 例全例に検出されたことは、簡便な心エコー図が IABP の機能を計る上で有効な手段となりうる最初のステップである。バルーンエコーは全例に inflation とともに前方へ移動 (一部背方への移動も共存) する開放のパターンを呈し、この運動が急峻であることがバルーンの拡大が迅速であることを証明するものであると考えられる。

このエコーが IABP 由来であることは、IABP を 2:1 の作動状態にしたときにバルーンエコーが 2:1 に出現することからも証明される。一方、バルーンの inflation と deflation のタイミングは橈骨動脈圧波形を指標にして決定されているが、この場合には圧伝達の遅延を考慮しなくてはならず、正確なタイミングの判定は困難である。しかし、心エコー図では IABP の作動状態を適確に把握することが可能であり、心エコー図により inflation が拡張早期に始まり、deflation が等容収縮期ないしそれ以前に完了する有効な作動を確認し、もしそうでなければ、逆にバルーンエコーから IABP を調節して作動を是正することができる。バルーンエコーに関してはすでに Weir ら¹¹⁾ の報告があり、大動脈弁エコーとバルーンエコーを対比しているが、両エコーを同時に検出することは通常の装置では困難であり、僧帽弁エコー、心室中隔エコー、左室後壁エコーとバルーンエコーとの対比検討により、IABP の機能判定を行うことがより実際的であると考える。

一方、バルーン音について検討してみると、inflation sounds の開始はバルーンの inflation のタイミングに良く一致し、deflation sounds の終了もバルーンの deflation のタイミングに良く一致した。すなわち、inflation sounds の最初の成分と deflation sounds の最後の成分がバル-

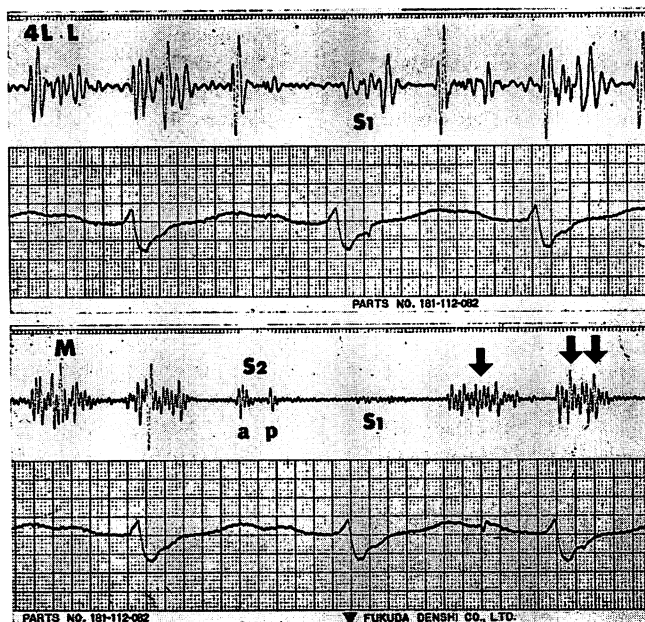


Fig. 7. Phonocardiograms obtained when intra-aortic balloon counterpulsation is adjusted to 2:1.

The balloon sounds are recorded only when the counterpulsation is activated. The inflation sounds are indicated by an arrow, and the deflation sounds by double arrows. When the counterpulsation is not activated, the original heart sounds (S_1 , S_2) are recorded.

4L: the fourth left intercostal space, L and M: low and medium frequency phonocardiograms, S_1 and S_2 : the first and second heart sounds, a and p: the aortic and pulmonic components of the second heart sound.

ンの拡張開始と閉鎖終了をそれぞれ意味することを示すものである。このことは、簡便な心音図法が IABP 作動の心周期におけるタイミングを判定するのに有用であることを示すものである。バルーン音は inflation sounds と deflation sounds に区別されるが、これらは単一な音ではなく、inflation sounds は 2~3 個、deflation sounds も 2~3 個の成分より形成されている。バルーン音が単一な音でなく、集合音を形成する機序として、inflation と deflation に伴うバルーンの伸展と縮小以外にバルーンと大動脈壁との摩擦、血流速度や血流方向の変化により発生する乱流などの関与が考えられる。さらに、deflation sounds の前成分には心房収縮も関与している可能性がある。

要 約

IABP 由来のバルーンエコーとバルーン音について報告した。バルーンエコーはバルーンの inflation に伴って開放運動を行い、deflation に伴って閉鎖運動を行うのが認められた。またバルーン音の inflation sounds の開始はバルーンの inflation に、deflation sounds の終了はバルーンの deflation にほぼ一致することが認められた。この結果、心エコー図と心音図が IABP の作動状態の判定にきわめて有用な方法であると結論した。

文 献

- 1) Clauss RH, Birtwell WC, Albertal G, Lunzer S, Taylor WJ, Fosberg AM, Harken DE: Assisted

- circulation. I. The arterial counterpulsation. *J Thorac Cardiovasc Surg* **41**: 447, 1961
- 2) Mouloupouls SD, Topaz S, Kolff WJ: Diastolic balloon pumping (with carbon dioxide) in the aorta—A mechanical assistance to the failing circulation. *Amer Heart J* **63**: 669, 1962
 - 3) Kantrowitz A, Tjønneland S, Freed PS, Phillips SJ, Butner AN, Sherman JL: Initial clinical experience with intra aortic balloon pumping in cardiogenic shock. *JAMA* **203**: 113, 1968
 - 4) 尾本良三: 補助循環の現状. *心臓* **8**: 762, 1976
 - 5) 中村隆澄, 大井 勉, 宮本 覚, 西内 素, 千種弘章, 庄村東洋, 吉栖正之: Intraaortic balloon pumping (IABP) の適応に関する実験的・臨床的検討. 第41回日本循環器学会総会, 1977
 - 6) Dunkman WB, Leinbach RC, Buckley MJ, Mundth ED, Kantrowitz AR, Austen WG: Clinical and hemodynamic results of intra aortic balloon pumping and surgery for cardiogenic shock. *Circulation* **46**: 465, 1972
 - 7) Berger RL, Saini VK, Ryan TJ, Sokol DM, Keefe JF: Intraaortic balloon assist for postcardiotomy cardiogenic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* **66**: 906, 1973
 - 8) Scalon PJ, O'Connell J, Johnson SA, Moran JM, Gunnar R, Pifarre R: Balloon counterpulsation following surgery for ischemic heart disease. *Circulation* **54**: III-92, 1976
 - 9) Gold HK, Leinbach RC, Buckley MJ, Mundth ED, Daggett WM, Austen WG: Refractory angina pectoris: Follow-up after intra aortic balloon pumping and surgery. *Circulation* **54**: III-41, 1976
 - 10) 吉川純一, 高木義博, 加藤 洋, 大脇 嶺, 柳原皓二, 奥町富久丸, 李 英徹, 笠 正明, 種田 孝, 田中久米夫, 吉栖正之, 庄村東洋, 千種弘章, 平島尚武, 中村隆澄, 宮本 覚: 大動脈内バルーンポンピング (IABC) に対する心エコー図の応用. *日超医講演論文集* **29**: 95, 1976
 - 11) Weir J, Yacoub M, Pridie RB: Echocardiography of the intra-aortic balloon. *Brit Heart J* **37**: 1045, 1975