

肺動脈弁口部血流速度および圧からみた収縮期肺動脈弁エコーパターンの変化：とくに肺高血圧症例について

Evaluation of systolic motion of the pulmonic valve with special reference to pulmonary arterial pressure and flow velocity

近藤 邦夫
椎名 明
仲宗根 豊
奥沢 誠一
土谷 正雄
柳沼 淑夫
細田 瑳一

Kunio KONDO
Akira SHIINA
Yutaka NAKASONE
Seiichi OKUZAWA
Masao TSUCHIYA
Toshio YAGINUMA
Saichi HOSODA

Summary

To predict pulmonary arterial pressure non-invasively, systolic motion of the pulmonic valve was evaluated in relation to flow velocity at the pulmonic valve orifice measured by the electromagnetic catheter-tip flow velocity probe or by linear contrast echo. Seventy-five cases including 45 cases with pulmonary hypertension (PH) of mean pulmonary arterial pressure (PAP) above 25 mmHg were studied. On the basis of the presence and velocity of mid-systolic semi-closure, the reopening and fluttering of the PV, the systolic motion of the pulmonic valve was classified into the following 5 types:

- 1) rapid semi-closure followed by reopening,
- 2) rapid semi-closure without reopening,
- 3) slow semi-closure followed by slow reopening,
- 4) rough fluttering during whole systole, and
- 5) rapid opening without semi-closure.

Results were as follows: (1) In all cases in which mean PAP was normal, PV motion could be classified as type 5. (2) In 45 PH cases, mean PAP was 50.2 ± 8.3 mmHg in type 1, 38.4 ± 5.5 mmHg in type 2, 31.7 ± 3.2 mmHg in type 3, 26.7 ± 0.5 mmHg in type 4, and 28.9 ± 2.6 mmHg in type 5. In type 5, mean PAP was 16.3 ± 11.7 mmHg when 30 normal cases were added. Flow velocity at the PV orifice was maximum in type 1 and decreased in type 2, 3 and 4 in this order. In type 4, cardiac indices were minimum in all groups of pulmonary hypertension.

自治医科大学 循環器内科
栃木県河内郡南河内町薬師寺 3311-1 (〒329-04)

Department of Cardiology, Department of Internal
Medicine, Jichi Medical School, Minamikawachi-
machi 3311-1, Kawachi-gun, Tochigi-ken 329-04

Presented at the 20th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Nagoya, March 29-30, 1980
Received for publication June 25, 1981

In conclusion, 1) systolic pulmonic valve motion is of value to predict PAP, and 2) it was suggested that mid-systolic semi-closure of the PV is related to increase in flow velocity at the PV orifice.

Key words

Echocardiography

Pulmonary hypertension

Mid-systolic semi-closure

はじめに

現在, 非観血的な肺高血圧症診断法として, 心エコー図 (UCG) はもっとも有力な方法の1つである. 肺動脈弁エコー運動から肺高血圧症を診断する基準として 1) e-f slope, 2) a 波の深さ, 3) 弁開放速度, 4) 収縮期半閉鎖, 5) 収縮期 fluttering の有無等が知られており¹⁻³⁾, これらの所見を総合すれば著明な肺高血圧はほぼ確実に診断し得る. しかしながら, 軽度~中等度の肺高血圧

の存在をこれらの所見のみから診断することは容易でない⁴⁻⁶⁾. そこで我々は, これらの所見に加え, 収縮期における肺動脈エコー運動の型を検討することにより, 肺動脈圧上昇の程度をより詳細に推定し得ると考えられる結果を得たので, この弁運動の機序について若干の考察を加え報告する.

対象および方法

対象は 健常洞調律例 30 例と, 心臓カテーテル

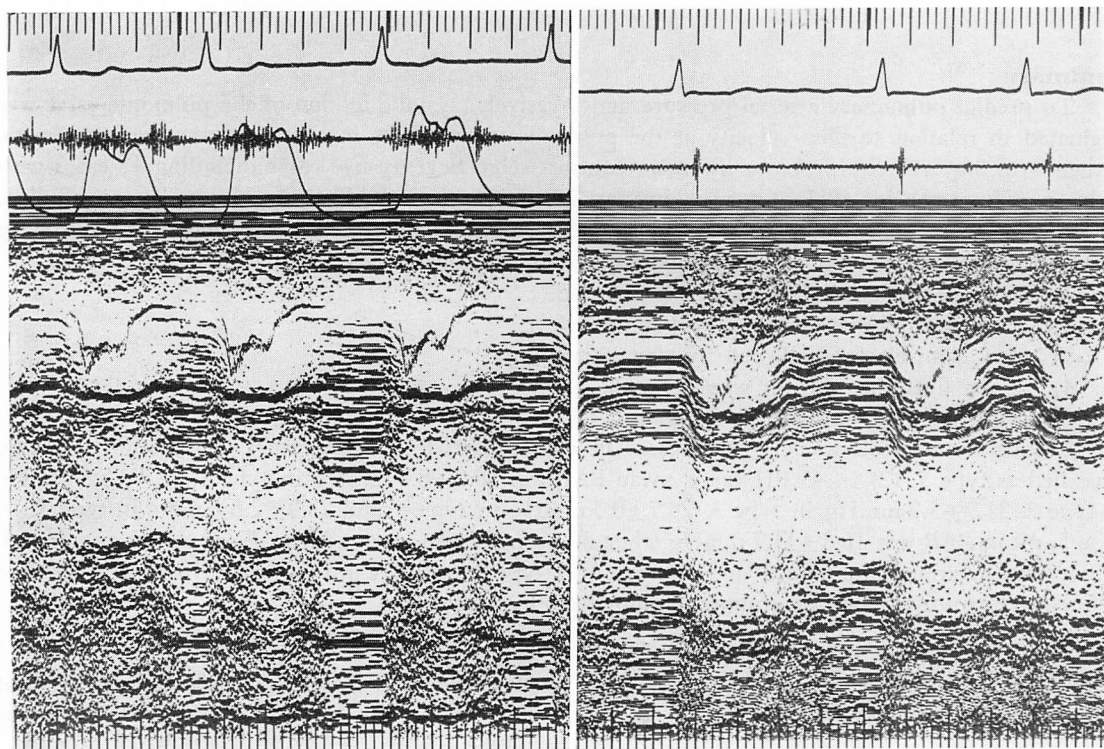


Fig. 1. Pulmonic valve echograms showing mid-systolic rapid semi-closure followed by reopening (Type 1, left), and without reopening (Type 2, right).

により診断の確定した平均肺動脈圧 25 mmHg 以上の肺高血圧症例 45 例で、内訳は僧帽弁膜症 23 例、連合弁膜症 9 例、慢性肺性心 7 例、特発性心筋症 3 例、原発性肺高血圧症 3 例である。これらのうち 26 例は心房細動例である。肺動脈弁エコーは、超音波ビームの方向によりその運動様式が変化すると考えられるので、全例超音波断層法を併用することにより弁に対する超音波ビーム方向を確認し、最も適確に後弁を捉えるビーム方向を選んだ。一部症例については、biplane pulmonary angiography により、肺動脈弁に対する超音波ビーム方向を検討した。弁運動の型分類を行うさいには、洞調律あるいは心房細動例いずれにおいても、前述の方法でビーム方向を選んだ後、より急峻な開放および閉鎖運動を示したものを

を選択し、弁エコー運動が明らかに低振幅で、弁基部を捉えていると考えられた症例は除外した。

Figs. 1~3 に示すごとく、収縮期半閉鎖の有無と半閉鎖運動の速度、再開放の有無および収縮期 fluttering の形から、収縮期肺動脈弁エコーグラムを以下の 5 型に分類した。I 型 (**Fig. 1** 左): 急峻な半閉鎖および明らかな再開放運動が認められる。II 型 (**Fig. 1** 右): 急峻な半閉鎖運動が認められるが、再開放運動が記録できない。III 型 (**Fig. 2** 左): 半閉鎖運動および再開放運動は認められるが、いずれも緩徐であり、軽微な fluttering が認められる。IV 型 (**Fig. 2** 右): 収縮期を通じて粗な fluttering が認められ、明瞭な半閉鎖、再開放は認められない。V 型 (**Fig. 3**): 弁開放運動は明瞭に認められるが、その後の収縮

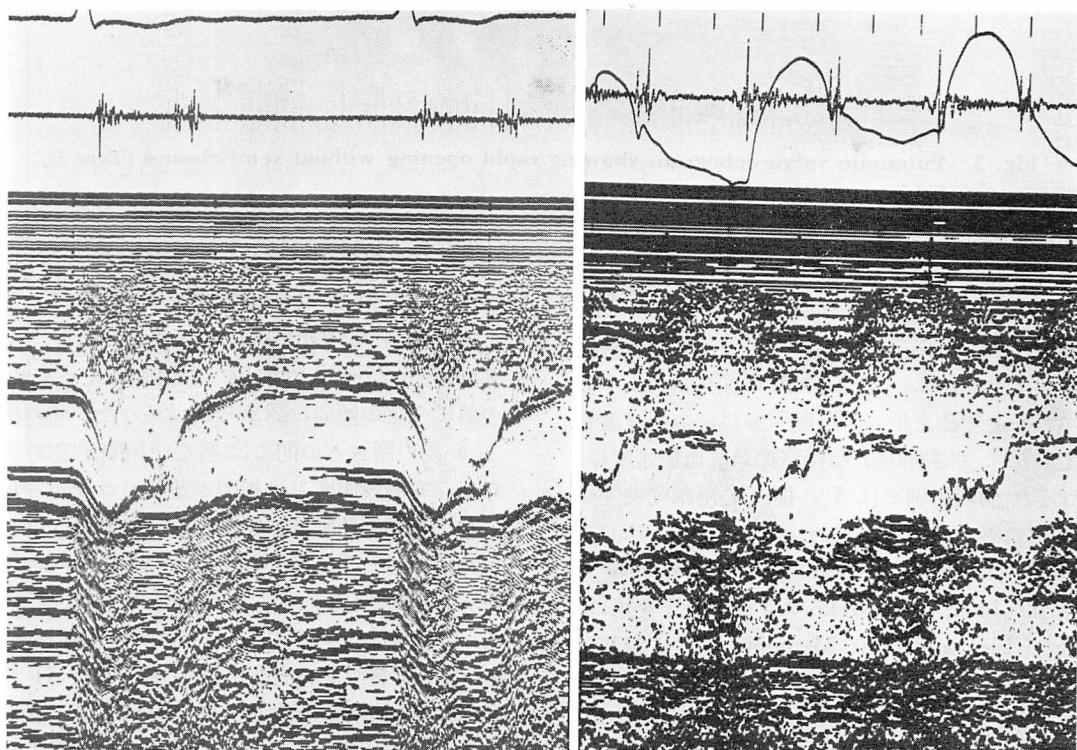


Fig. 2. Pulmonic valve echograms showing mid-systolic slow semi-closure followed by slow reopening (Type 3, left), and pulmonary valve echogram showing coarse fluttering during diastole (Type 4, right).

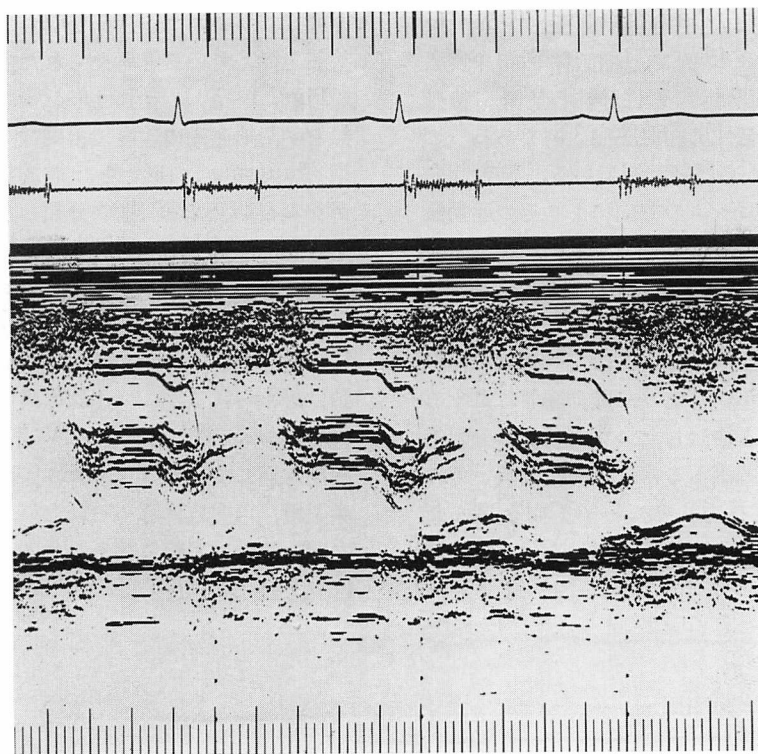


Fig. 3. Pulmonic valve echogram showing rapid opening without semi-closure (Type 5).

期運動は記録できない。

上記の方法で分類した, それぞれの群間で平均肺動脈圧の値を対比検討し, さらに45例中5例において, カテ先電磁流速計を用い肺動脈弁口部血流速度を測定し, また25例で線状コントラストエコー造影法を用い, 肺動脈弁口部血流速度を測定した⁷⁾. 肺動脈圧, 肺動脈弁口部血流速度は, それぞれ洞調律例では5心拍, 心房細動例では10心拍の平均値を採用した。

UCGは, Smith Klein 製 Ekoline 20A で直径 0.5 inch, 2.25 MHz の平面探触子を用い, 記録は Electronics for Medicine 連続記録装置 (VR-12) にて紙送り速度 50~100 mm/sec で行った。

結 果

- 1) 従来より報告されている肺動脈弁エコー運

動所見のうち, e-f slope, a 波の深さ, 弁開放速度を平均肺動脈圧と対比した (Fig. 4). e-f slope は平均肺動脈圧 30 mmHg 以上の例のうち, 2例を除き全例で 10 mm/sec 以下を示したが, 平均肺動脈圧 25~30 mmHg の症例では e-f slope の値に一定の傾向は認められなかった. 肺動脈圧と a 波の深さとの間には粗な逆相関が認められたが, 弁開放速度とは相関が認められなかった。

2) 収縮期肺動脈弁運動から分類した5型を示した症例群と平均肺動脈圧との関係を示す (Fig. 5). I 型の症例群では平均肺動脈圧は全例とも 40 mmHg 以上であり, 平均値 50.2 ± 8.3 mmHg と著明な肺高血圧症例であった. II 型を示した全例で平均肺動脈圧は 30 mmHg 以上であり, 平均値は 38.4 ± 5.5 mmHg と I 型の症例群に比し明らかに低値であった. III 型では平均肺動脈圧は全例 40 mmHg 以下であり, 平均値

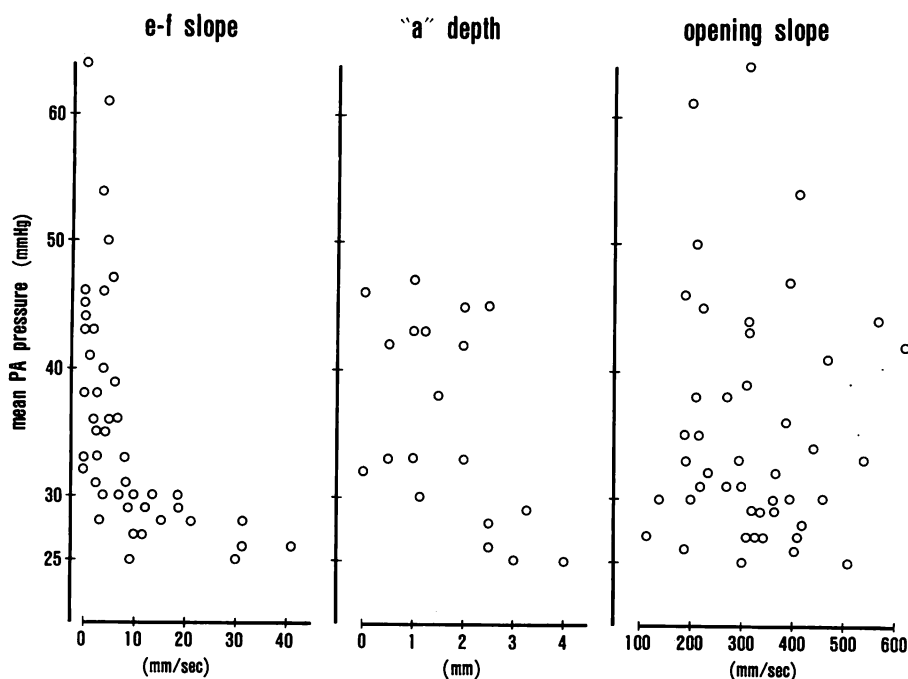


Fig. 4. Schema showing relationship between mean pulmonary arterial pressure and an e-f slope, "a" depth and opening slope of the pulmonic valve.

Note that in almost all cases with mean pulmonary arterial pressure higher than 30 mmHg, an e-f slope were less than 10 mm/sec. There is a rough tendency indicating higher the mean pulmonary arterial pressure, shallower the "a" depth. There is no significant relation between pulmonary arterial pressure and opening slope.

は 31.7 ± 3.2 mmHg であった。IV型を示した全例とも平均肺動脈圧は 30 mmHg 以下であり、平均値 26.7 ± 0.5 mmHg と、これらの群中もっとも低値であった。V型では、平均肺動脈圧の平均値は 28.9 ± 2.6 mmHg と III型に次ぎ低値を示したが、健常30例はすべてこの型を示し、これらを加えると、平均肺動脈圧の平均値は 16.3 ± 11.7 mmHg と5型中、最低値を示した。

3) Fig. 6 の図中 open circle は心臓カテーター検査時、カテ先電磁流速計を用いて記録した血流速度であり、closed circle はコントラストエコー法から計測した血流速度を示す。また◀で示した II型の2例、IV型の2例は、心係数 2.5 l/min 以下の症例であった。弁運動の型と弁口部血流速度との関係は、先に示した肺動脈圧との関

係と同様であり、血流速度の平均値はそれぞれ、I型で 740 mm/sec、II型は 530 mm/sec、III型は 510 mm/sec、IV型は 346 mm/sec、V型は 430 mm/sec と I型でもっとも高値であり、以下、II型、III型と低下し、IV型でもっとも低かった。

考 察

非観血的に肺高血圧症を診断する上で、UCGは最も有力な方法の1つであり、とくに著明な肺高血圧症の診断は確実に下しうるが¹⁻³⁾、軽度～中等度の肺高血圧症の評価は必ずしも容易ではない⁴⁻⁶⁾。今回の我々の検討から、従来より報告されている弁エコー運動の所見のうち、e-f slopeは、10 mm/sec 以下では2例を除き全例平均肺動

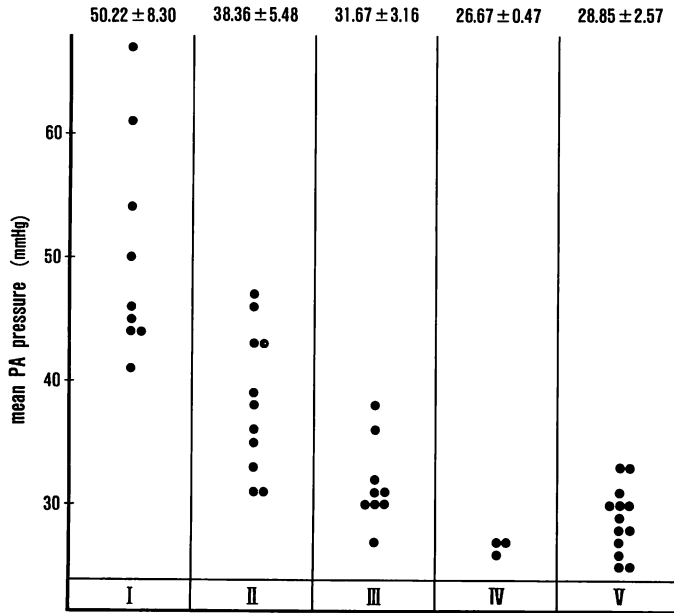


Fig. 5. Variations of mean pulmonary arterial pressure in each cases of 5 types of pulmonic valve motion.

Mean value of pulmonary arterial pressure is significantly different in 4 types (I-IV) and increases from type IV group to III, II, I in this order.

脈圧が 30 mmHg 以上であったことから, 中等度以上の肺高血圧症の診断には有用な指標であると考えられた. a 波の深さについては, その値が 2 mm 以下であった場合には, 肺高血圧症の存在を疑うべきであろう. しかし, この指標は, 肺高血圧症例に度々合併する心房細動例には適用できない欠点がある. 弁開放速度と平均肺動脈圧との間には相関が見られず, これは弁開放速度が他の指標に比し超音波ビームの方向によって大きく影響されることも原因の 1 つと考えられる.

以上のように, 弁エコー運動を従来の指標から評価するのみでは, 高度の肺高血圧症の診断, あるいは肺動脈圧上昇を推定することは可能であっても, その上昇程度まで十分に診断するのは難しい. これに対し, 今回の我々の検討から, 肺動脈弁の収縮期運動を 5 型に分類することにより, 肺動脈圧上昇の程度をより精度良く診断し得た. とくに, I, II 型は高度肺高血圧症の存在を知る上

の指標として有用であり, III 型, IV 型は中等度以下の肺高血圧を診断する上で有力な指標となり得ると考えられた.

肺動脈弁運動に影響を与える因子としては, 種々の要素が考えられる. すなわち, 肺血管抵抗のみならず, 右室収縮状態および, 弁自体の特性も関与していると思われる. そして, これらのうち右室収縮状態を反映する指標として, 肺動脈弁口部血流速度に注目し, 収縮期肺動脈弁運動と肺動脈弁口部血流速度の関係についても検討した. カテ先電磁血流速度計あるいはコントラストエコー図法⁷⁾を用いて測定した肺動脈弁口部血流速度は, 平均肺動脈圧が上昇するのに伴い上昇傾向を示した. したがって, 肺動脈弁運動には, 肺動脈圧上昇とともに, 肺動脈弁口部血流速度の上昇も関与していると考えられる⁸⁾. これに対し, 肺動脈圧の上昇がより高度な例では, むしろ血流速度は低下している例があり, 肺動脈弁口部血流速度は肺

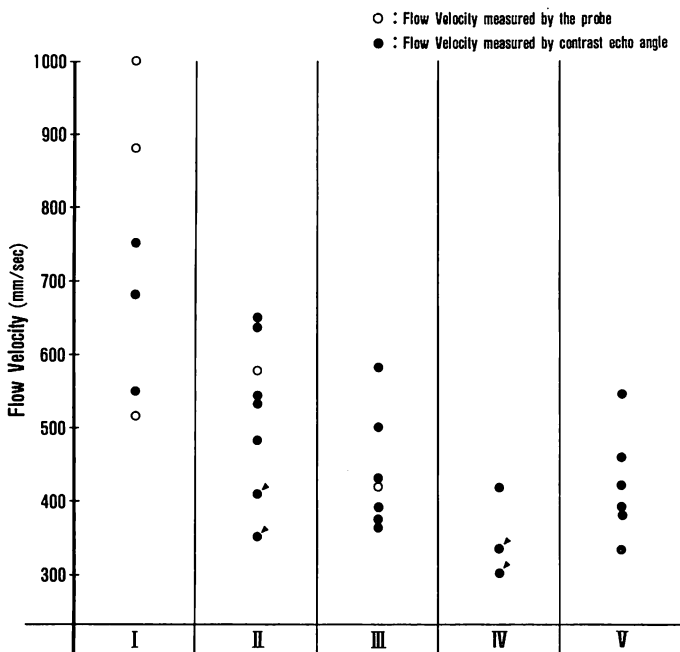


Fig. 6. Variations of flow velocity at the pulmonic valve orifice in 5 groups. Closed circles with triangle are the cases with cardiac index less than 2.5 l/min/M².

高血圧症の病態と関係があると考えられる⁹⁾。すなわち、肺高血圧であっても hyperkinetic PH の状態では、血流速度は圧の上昇に伴って上昇し、overloaded PH の状態となると血流速度は、むしろ低下すると推察される。しかし、この時期でさえ収縮期肺動脈弁運動は I 型を示したことから、血流速度は、収縮期肺動脈弁運動を規定する一つの因子と考えられた。

結 語

- 1) 収縮期肺動脈弁エコーパターンを分類し、その型から肺動脈圧上昇の程度を推定することができた。
- 2) 収縮期肺動脈弁半閉鎖運動には、弁口部血流速度の上昇が関与していることが示唆された。

要 約

カテ先電磁流速計または、コントラストエコー

法から測定した肺動脈弁口部血流速度と、肺動脈圧の変化を、肺高血圧症例の収縮期肺動脈エコーパターン変化との関連について検討した。対象は明瞭な弁開放運動が記録された 75 例で、これらの中には平均肺動脈圧 25 mmHg 以上の肺高血圧症例 45 例を含む。収縮期弁運動は、一時半閉鎖の有無とその速度、再開放の有無、および収縮期 fluttering の形から以下の 5 型に分類し得た。すなわち、1) 急峻な半閉鎖および再開放が認められる。2) 急峻な半閉鎖のみで再開放は認められない。3) 緩徐な半閉鎖および再開放、4) 収縮期を通じて粗な fluttering が認められる。5) 弁開放運動のみで、半閉鎖が認められない。

結 果：

- 1) 正常肺動脈圧を示した 30 例全例とも V 型であった。
- 2) 平均肺動脈圧は、それぞれ I 型 50.2 ± 8.3 mmHg, II 型 38.4 ± 5.5 mmHg, III 型 $31.7 \pm$

近藤, 椎名, 仲宗根, ほか

3.2 mmHg, IV 型 26.7 ± 0.5 mmHg, V 型 28.9 ± 2.6 mmHg と I 型でもっとも高く, 以下 II 型, III 型, IV 型と続き, V 型は, 正常 30 例を加えると, 16.3 ± 11.7 mmHg と最低であった. 弁口部血流速度は I 型で最大で, 以下 II 型, III 型と続き, IV 型は最低で, 心係数も低値を示した.

結論:

- 1) 収縮期肺動脈弁エコー運動の形から, 肺動脈圧上昇の程度を推定することが可能であった.
- 2) 収縮期肺動脈弁半閉鎖運動には, 弁口部血流速度の上昇が関与していることが示唆された.

文献

- 1) Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shah PM: Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. *Circulation* **50**: 575, 1974
- 2) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: Echocardiographic patterns of pulmonic valve motion with pulmonary hypertension. *Circulation* **50**: 905, 1974
- 3) Sakamoto T, Matsuhisa M, Hayashi T, Ichiyasu H: Echocardiogram of the pulmonary valve. *Jpn Heart J* **15**: 360, 1974
- 4) Pocoski DJ, Shah PM: Physiologic correlates of echocardiographic pulmonary valve motion in diastole. *Circulation* **58**: 1064, 1978
- 5) 田原 稔, 田中弘允, 吉村寿一, 中尾正一郎, 桜井修吾, 鄭 忠和, 厚地良彦, 金久卓也: 肺動脈弁左尖エコーグラム of the b-c slope を規定する因子に関する実験的研究. *J Cardiography* **8**: 773, 1978
- 6) Acquatella H, Schiller NB, Sharpe DN, Chatterjee K: Lack of correlation between echocardiographic pulmonary valve morphology and simultaneous pulmonary arterial pressure. *Am J Cardiol* **43**: 946, 1979
- 7) Shiina A, Kondo K, Nakasone Y, Tsuchiya M, Yaginuma T, Hosoda S: Contrast echocardiographic evaluation of changes in flow velocity in the right side of the heart. *Circulation* **63**: 1408, 1981
- 8) 椎名 明, 柳沼淑夫, 松本芳彬, 川崎建市, 土谷正雄, 宮田捷信, 富田忠孝, 松本陽子, 川井信義, 細田瑳一: 血流速度および心エコー図同時記録による肺動脈弁および大動脈弁動態の解析: とくに肺高血圧症における肺動脈弁収縮中期半閉鎖の発生機序について. *J Cardiography* **7**: 599, 1977
- 9) 柳沼淑夫, 土谷正雄: 大動脈コンプライアンス. 内科セミナー心力学, 血流循環計測法, 1979