

食道内断層心エコー・ドップラー法による左心房・左心耳内血栓の検出と左心耳内血流動態について

Detection of mural thrombi and analysis of blood flow velocities in the left atrial appendage using transesophageal two-dimensional echocardiography and pulsed Doppler flowmetry

末次 正治
松崎 益徳
塔間 陽一
阿武 義人
前田 敏明
岡田 和好
小西 光明
小野 史朗
田中 伸明
廣 潤子
西村 裕子
楠川 禮造

Masaharu SUETSUGU
Masunori MATSUZAKI
Yoichi TOMA
Yoshito ANNO
Toshiaki MAEDA
Kazuyoshi OKADA
Mitsuharu KONISHI
Shiro ONO
Nobuaki TANAKA
Junko HIRO
Yuko NISHIMURA
Reizo KUSUKAWA

Summary

To correlate blood flow velocities with thrombogenesis in the left atrium (LA) and left atrial appendage (LAA), we performed transesophageal two-dimensional echocardiography (Eso 2-D Echo) combined with pulsed Doppler flowmetry, which was developed in our laboratory. Thirty-eight patients were studied; ① 15 who had sinus rhythm including four with mitral stenosis (MS) and 11 normal subjects, and ② 23 with atrial fibrillation (Af). The patients with Af were classified as lone Af (nine cases); Af-CI: Af with cerebral infarction having no MS (four cases); and Af-MS: Af with MS (10 cases).

In four of 10 patients with Af-MS, mural thrombi were detected in the LA or LAA by Eso 2-D

山口大学医学部 第二内科
宇部市小串 1144 (〒755)

The Second Department of Internal Medicine, Yamaguchi University School of Medicine, Kogushi 1144, Ube 755

Received for publication September 2, 1987; accepted November 1, 1987 (Ref. No. 32-ps 16)

Echo, but they were not visualized by conventional echocardiography. In lone Af and Af-CI, however, abnormal echoes in the LAA were not observed by Eso 2-D Echo. Thus, Eso 2-D Echo proved superior to conventional 2-D echocardiography in detecting mural thrombi in the LA or LAA.

In sinus rhythm, a biphasic flow pattern followed the P wave on the ECG. It was observed in the vicinity of the junction between the LA and LAA. In Af a flow with a saw-tooth appearance was observed throughout the cardiac cycle. The peak flow velocity in the LAA was significantly less in Af than in sinus rhythm ($p < 0.05$). Especially in Af-MS, the peak flow velocity was markedly decreased (1 ± 4 cm/sec: mean \pm SD) compared with those of the other Af groups ($p < 0.01$), and it was significantly less in Af-CI (11 ± 5 cm/sec) than in patients with lone Af (21 ± 9 cm/sec) ($p < 0.05$).

These results indicate that analysis of blood flow velocities in the LAA by Eso 2-D Echo is of great value in assessing thrombogenesis in the LAA, and the patients with Af, even without MS, who have markedly reduced peak flow velocities in the LAA, should be prophylactically anticoagulated, because stagnation of blood is strongly suspected.

Key words

Transesophageal two-dimensional echocardiography
atrial appendage

Left atrial thrombi

Flow velocity in the left

はじめに

僧帽弁狭窄症や心房細動を伴う心疾患では左房内血栓を形成しやすく、脳塞栓症を高頻度に合併する¹⁻⁴⁾。これに対し、断層心エコー図法を用いて非観血的に左房内血栓を検出しようとする報告は多い⁵⁻⁹⁾。しかし、前胸部からの断層心エコー図法では左房全体の鮮明な画像を得ることは困難な場合が多く、血栓の診断能力には限界がある。特に微小血栓や左房上部・左心耳内に限局する血栓の検出は、前胸部からのアプローチでは極めて困難である。また、左房・左心耳内血栓の形成は血流うっ滞が原因と考えられるが、臨床例における左心耳内の血流情報に関する報告はない。今回我々は、当教室で開発・研究し、特に左心耳の描出性に優れている食道内断層心エコー図法¹⁰⁻¹⁴⁾を用い、その左房・左心耳内血栓検出における有用性を調べるとともに、左心耳内血流速度をパルス・ドップラー法を用いて調べ、左心耳内の血流うっ滞と血栓易形成性との関係についても検討した。

対 象

対象は洞調律 15 例(男 6 例, 女 9 例, 年齢 $65 \pm$

8 歳, 平均 \pm SD) と心房細動 23 例(男 13 例, 女 10 例, 61 ± 11 歳)の合計 38 例で、いずれも前胸部からの断層心エコー図検査にて左房内血栓の認められなかった症例である。洞調律例は弁膜疾患のない対照群 11 例と僧帽弁狭窄症 (MS) 4 例の 2 群からなり、心房細動例は MS と脳梗塞の既往の有無とにより次の 3 群に分類した。孤立性 Af 群: 脳梗塞の既往なく, MS もないもの (9 例), 脳梗塞群: 脳梗塞の既往はあるが MS のないもの (4 例), MS 群: 脳梗塞の既往の有無にかかわらず MS を伴うもの (10 例) (Table 1)。なお, 中等度以上の僧帽弁閉鎖不全を合併する例は

Table 1. Materials

Groups		No. of cases	Age (years)
Control subjects	[C]	11	67 ± 6
Sinus rhythm with MS	[MS(S)]	4	61 ± 11
Af without MS or CI	[lone Af]	9	71 ± 8
Af with CI	[Af-CI]	4	61 ± 12
Af with MS	[Af-MS]	10	51 ± 8
Total		38	

Abbreviations: MS=mitral stenosis; Af=atrial fibrillation; CI=cerebral infarction.

今回の研究対象より除外した。対象の臨床診断は既往歴，理学的所見，心電図，心音図，心エコー図および頭部 CT 像により行った。

装置と方法

電子セクター型食道内超音波探触子は，直視型内視鏡ケーブルの先端部分に PZT 振動子を 32 素子装着したもので^{15,16)}，この探触子を東芝製

SSH-40A と SDS-21A の複合システムに接続した。搬送周波数は 3.5 MHz，パルス繰り返し周波数は 6 KHz，周波数解析には高速フーリエ変換を用い，strip chart に紙送り速度 50 または 100 mm/sec にて記録した。咽頭部を 2% キシロカインゼリー 5 ml で局所麻酔後，prifinium bromide 7.5 mg の筋肉内注射を行い，超音波探触子を内視鏡下に食道内へ挿入した。断層心エコー

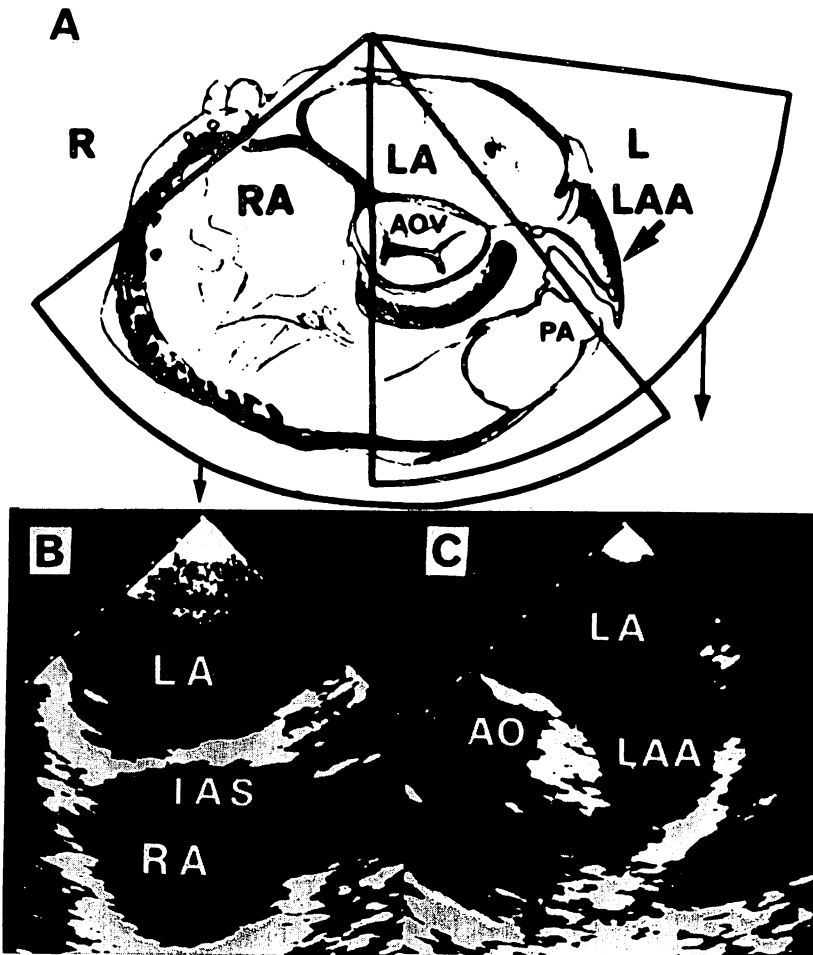


Fig. 1. Schema illustrating the location of the intracardiac structures in the horizontal section at the level of the cardiac base (panel A), transesophageal two-dimensional (2-D) echocardiograms of both atria (panel B) and the left atrial appendage (panel C).

Abbreviations: LA=left atrium; RA=right atrium; LAA=left atrial appendage; AOV=aortic valve; PA=pulmonary artery; ISA=interatrial septum; AO=aorta; R=right side; L=left side.

一図上, 四腔断面像を描出後, 探触子を約1~2 cm 引抜くことにより, 心房レベルの断層像を得た (Fig. 1A). その後, 探触子面を右側へ向けることにより左房, 心房中隔, 右房断面像 (Fig. 1-B) を, また同レベルで左側へ回転させることにより左房, 大動脈, 左心耳像 (Fig. 1-C) が描出された. また左右への探触子面の回転に加え, 探触子を食道の長軸方向に上下させることにより, 広く左房・左心耳内の血栓の検索を行った. 左房断面像を記録後, 左房と左心耳の境界部位でドップラー血流シグナルを記録し, 血流と超音波ビームが平行と仮定した時の最高血流速度の5心拍平均値を求め, 左心耳内における血流うっ滞の指標とした. すべてのデータはビデオレコーダー (Sony U-matic VO-5800) に記録し, 後に再生して血栓の有無を確認した.

結 果

1. 食道内断層心エコー図法による血栓検出について
対象例全例において, 前胸部からの繰り返し行った断層心エコー図法では, 左房内血栓およびモヤモヤエコーを検出することはできなかった. しかし, 食道内断層心エコー図法では, 心房細動例において, MS 群 10 例中 2 例に左心耳内血栓を, 2 例に左房体部血栓を, また 3 例に左房内にモヤモヤエコーが検出された. また MS 群で脳梗塞を合併する 2 例ではモヤモヤエコーか, または左房内血栓がみられた. これに対し, 孤立性 Af 群, 脳梗塞群では左房・左心耳内には異常エコーは認めなかった. また洞調律例では全例, 血栓は認められなかった.

以下, 左房内異常エコーを認めた 2 症例を呈示する.

症例 1: 53 歳, 女性, Af-MS 群

大脳と四肢の塞栓症の既往あり. 前胸部からの断層心エコー図法では左房内血栓を検出できなかったが, 食道内断層心エコー図法にて左房の頭側部後壁に約 2×5 cm の塊状エコーを認めた (Fig. 2). コンピューター断層法 (CT) でも enhance に

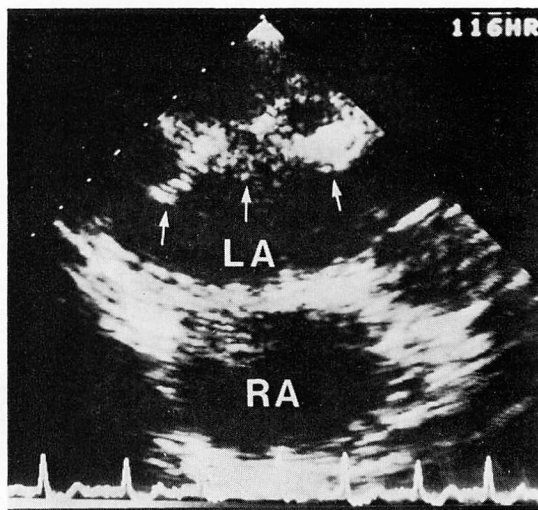


Fig. 2. Transesophageal 2-D echocardiogram of the left atrium obtained from a patient with mitral stenosis and atrial fibrillation (Case 1).

Arrow indicates an abnormal echo attached to the upper lateral wall of the left atrium.

Abbreviation: same as in Fig. 1.

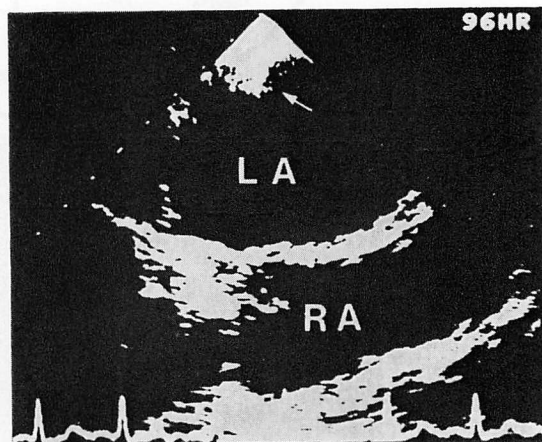


Fig. 3. Transesophageal 2-D echocardiogram of the left atrium in a patient with mitral stenosis and atrial fibrillation (Case 2).

An arrow shows abnormal string echoes attached to the posterior wall of the left atrium.

て造影されない mass を左房後壁側に認め, 開心術にて左右の上肺静脈開口部付近に比較的新鮮な 18 g の血栓を確認した. 本例では, 血栓が左房

上部に位置していたため、前胸部からの断層心エコー図法では検出困難であったと考えられた。

症例 2: 53 歳, 女性, Af-MS 群

塞栓症の既往なし。食道内断層心エコー図法にて左房の後壁に付着した約 1×1.5 cm の紐状エコーを認めた (Fig. 3)。現在, 外来で観察中であり確定診断は行われていないが, この異常エコーの原因として, 右上肺静脈開口部付近の血栓が疑われた。

2. 左心耳内最高血流速度について

洞調律例における左房と左心耳の境界部における血流速度波形は, 左心耳の収縮と弛緩に伴う血液駆出 (TOWARD), 充満 (AWAY) の 2 相性を呈した (Fig. 4)。洞調律 MS 群 [MS(S)] の駆出波の最高血流速度は 30 ± 10 cm/sec (平均 \pm SD)

で, 洞調律対照群 (C) の 34 ± 12 cm/sec に比べて低い傾向を示したが, 有意差は認められなかった (Fig. 8)。

一方, 心房細動例での左房-左心耳接合部の血流速度波形は, 1 心周期を通じて鋸歯状を呈しており (Fig. 5~7), その血流速度は心室収縮期に比べ, 心室拡張期の方が速い傾向を示した。血流速度の速い心室拡張期における駆出波の平均最高血流速度は, 心房細動例では洞調律例のそれに比べ, 有意な低値を示した ($p < 0.05$)。Af-MS 群では脳梗塞の既往の有無にかかわらず, 駆出波の平均最高血流速度は 1 ± 4 cm/sec で, 他の心房細動群に比べて有意な低下がみられた ($p < 0.01$)。Fig. 7 は Af-MS 例の左心耳像と左心耳内血流速度波形である。左心耳内に血栓と思われる塊状エコー

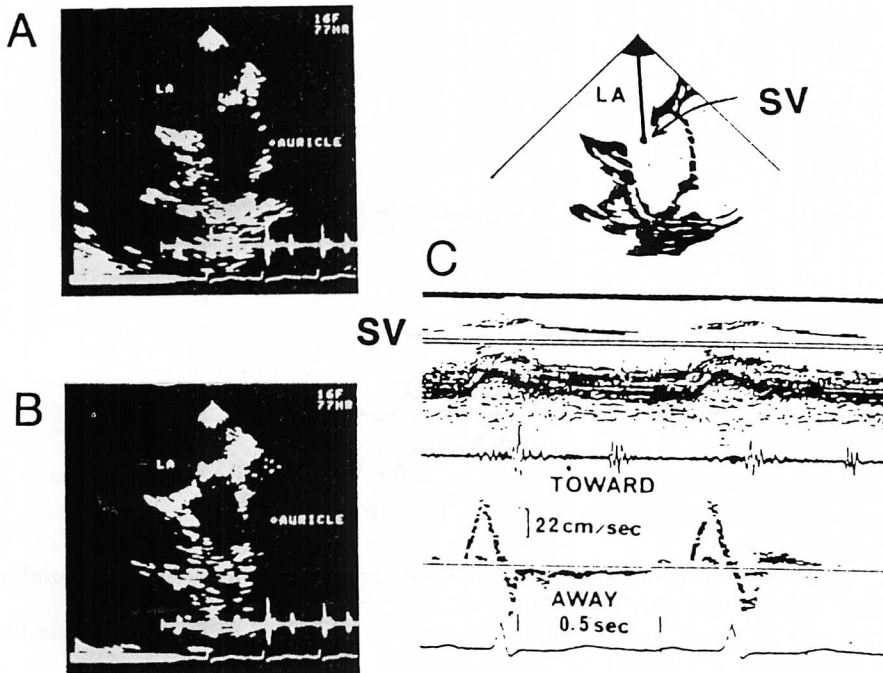


Fig. 4. Transesophageal 2-D echocardiograms of the left atrial appendage before (panel A) and after (panel B) atrial contraction, and Doppler echocardiogram (panel C) in the left atrial appendage in a control subject.

Biphasic flow occurs associated with contraction and relaxation of the left atrial appendage following the P wave of the ECG.

SV=sampling volume.

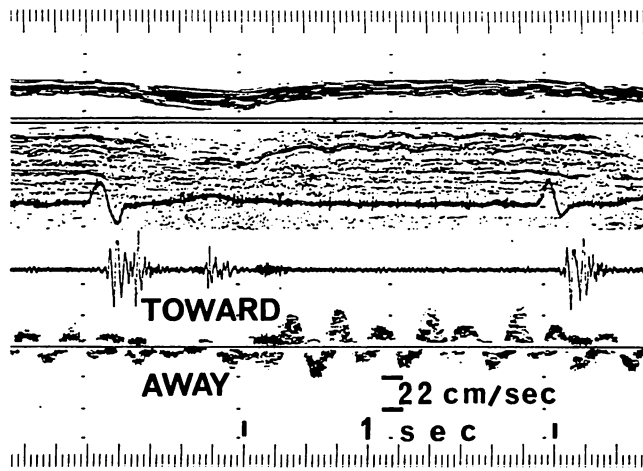


Fig. 5. Doppler echocardiogram in the left atrial appendage in a patient with lone atrial fibrillation without a history of cerebral infarction.

The flow signal shows a saw-tooth appearance, and the peak flow velocity is reduced compared with that of sinus rhythm.

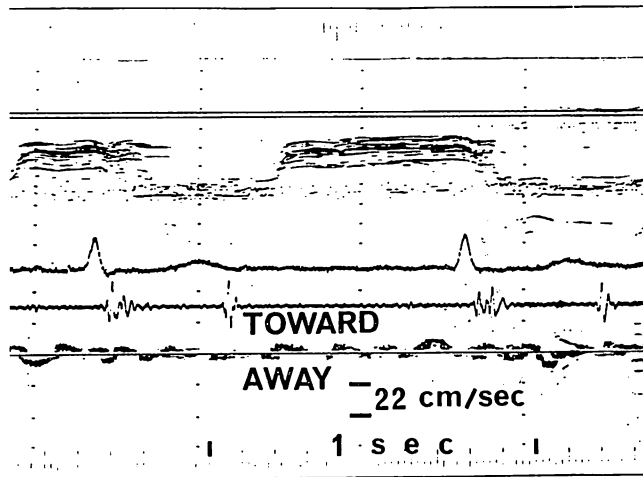


Fig. 6. Doppler echocardiogram in the left atrial appendage in a patient with atrial fibrillation with a history of cerebral infarction.

The peak flow velocity is markedly reduced compared with that of a patient with lone atrial fibrillation.

を認め、左心耳内には有意な血流は認められず、血流うっ滞の強いことが示唆される。また、Af-脳梗塞群の平均最高血流速度は 11 ± 5 cm/sec で、孤立性 Af 群の 21 ± 9 cm/sec に比べて有意な低

下を示し ($p < 0.05$, Fig. 8), 心房細動例でも脳梗塞の既往のある群は、既往のない群に比べ、左心耳内で有意な血流うっ滞のあることが示された。

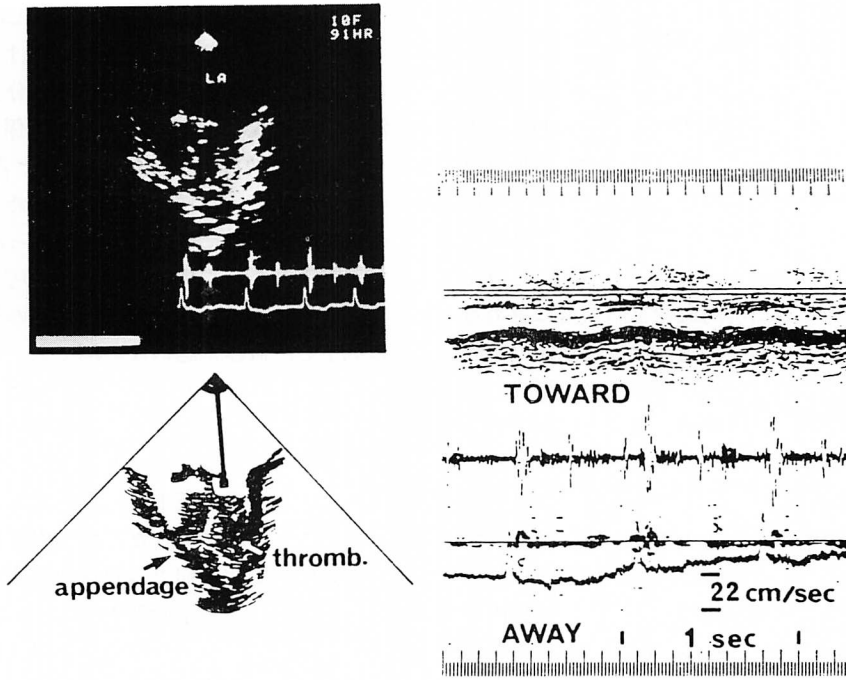


Fig. 7. Transesophageal 2-D and Doppler echocardiograms in a patient with mitral stenosis and atrial fibrillation.

The peak flow velocity is markedly decreased and the left atrial appendage is occupied by an abnormal mass echo, which indicates a mural thrombus.

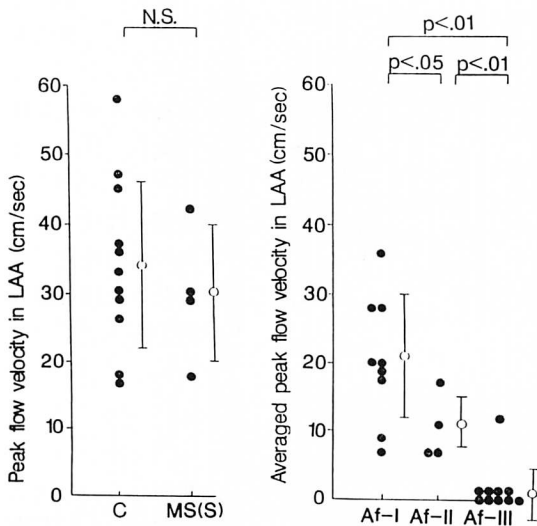


Fig. 8. Comparisons of the peak flow velocities in the left atrial appendage in each group of sinus rhythm (left panel) and averaged peak flow velocity in each group with atrial fibrillation (right panel).

The peak flow velocities are less in Af than those of sinus rhythm. Especially in Af-MS (Af-III), the peak flow velocities are markedly decreased compared with those of lone Af (Af-I) and Af-CI (Af-II). In Af-CI, the peak flow velocities are significantly less than those of lone Af.

Abbreviations: same as in Table 1.

考 察

1. 左房・左心耳内血栓の検出について

僧帽弁膜疾患において、塞栓症は臨床的に重大な合併症の一つであり、時に致命的な結果を招く。特に心房細動を伴う場合、10~20%で塞栓症の既往を認めるとの報告¹⁾がある。また剖検時の検討では、心房細動を伴う僧帽弁膜症の41%に塞栓症を合併し、左房内血栓を高頻度に認めるといふ²⁾。このように左房内血栓は塞栓症の原因として非常に重要で、その存在は手術の術式を選択や時期の決定、抗凝固療法の適応決定など、患者の管理上も問題となる。近年、断層心エコー図法やコンピューター断層法(CT)の進歩に伴い、左房内血栓の非観血的診断が容易になってきた。しかし、前胸部からの断層心エコー図法では超音波ビームの特性や解剖学的問題により、検出困難例がかなり多いと考えられる。MSにおける左房内血栓合併例では、その半数以上が左心耳内血栓であったという報告³⁾があり、左心耳は血栓の好発部位の一つである。一般に左心耳は、左肺組織に覆われており、前胸部からの断層心エコー図法では左心耳内への超音波ビームの投入は難しく、このため左心耳内血栓の検出は困難であった^{7-9,17-20)}。しかも臨床上、問題となる剝離しやすい血栓は、断層法で検出しにくい新鮮で器質化していない微小血栓である。これに対し、食道内断層心エコー図法では食道内超音波探触子と左房が近接し、肺組織に邪魔されることなく左房全体をくまなく検索でき、特に左心耳の明瞭な画像の描出が可能であることから、本研究の成績で明らかなどく、左房ならびに左心耳血栓の検索に極めて優れた方法であると考えられる。

2. 左心耳内最高血流速度について

リウマチ性心臓弁膜症、特に僧帽弁膜疾患において、塞栓発生率を高める因子として、心房細動、左房拡大、心不全などがある¹⁾。左房内血栓、特に左心耳内血栓が塞栓源となることが多く、左心耳の大きさと塞栓症の発生率との間に相関関係

があるとの報告がある^{21,22)}。しかし臨床例における左心耳の血流情報に関する報告はない。本研究における左心耳内最高血流速度の分析により、血流うっ滞の程度と血栓形成との関係を検討すると、心房細動を伴うMS例では、洞調律のMS例に比較して、心房収縮消失のため左心耳内最高血流速度は著明に低下し、血流うっ滞の強いことが示唆された。心房細動例では左房・左心耳内血栓の有無にかかわらず、ほとんどの例で血流速度は低下し、血栓を認めない例でも、今後、血栓を形成する危険性が高いと考えられた。

弁膜疾患を伴わない心房細動例における左心耳内血流速度は、脳梗塞の既往のある例は既往のない例に比べ有意に低下し、左心耳内の血流うっ滞が強いことが示唆された。弁膜疾患を伴わない心房細動例の脳塞栓症の合併率は同年齢者の約5.6倍であるとする疫学的調査⁴⁾があるように、心房細動例における脳塞栓症の発生率は高く、特に左房拡大、徐脈頻脈症候群、心不全などを伴うと、塞栓症の発生頻度が高くなると言われている¹⁾。しかし、それを予防する抗凝固療法は、塞栓症を合併した例でその再発率を低下させるとの報告はあるが、長期的な抗凝固療法の有効性はいまだに確立されていない。今回の研究では、MSがなく脳梗塞の既往のあるAf-CI群では血栓を検出しえなかった。脳塞栓症の原因は必ずしも心臓由来の血栓といえないが、これらの症例の中には、左房・左心耳内の器質化していない新鮮な微小血栓が剝離したため、左房・左心耳内血栓を検出しえなかった例もあると思われる。

血栓が認められず、しかも脳梗塞の既往のない孤立性心房細動例でも、左心耳内の血流速度が低下している例では、血流うっ滞のため血栓を形成しやすい状態と考えられ、塞栓症予防のため早期に抗凝固療法を開始すべきであろう。

要 約

当教室で研究開発した食道内断層心エコー図法とパルス・ドップラー法を用い、左房・左心耳内

血栓の検索を行うとともに、左心耳内血流速度と脳梗塞の既往の有無との関係について検討した。対象は体表面からの断層心エコー図法で左房内血栓を認めなかった38例で、洞調律の対照例11例、洞調律のMS 4例の15例と、心房細動(Af)でMSも脳梗塞の既往もない孤立性Af群9例、MSがなく脳梗塞の既往のあるAf-CI群(脳梗塞群)4例、およびMSを伴うAf-MS群10例の23例、計38例である。

洞調律例では左房内モヤモヤエコーおよび血栓は認められなかった。心房細動例ではMS群10例中4例に左房または左心耳内血栓を認め、また3例で左房内モヤモヤエコーを検出した。孤立性Af群、脳梗塞群では異常エコーは検出されなかった。体表面からの断層心エコー図法に比べ、食道内断層心エコー図法は、左房・左心耳内血栓の検出に優れた方法であった。

パルス・ドップラー法による左房・左心耳境界部近傍でのドップラー血流シグナルの記録上、洞調律例は、左心耳の収縮と弛緩に伴う血液駆出、充満の2相性を呈し、その駆出波最高血流速度は対照群とMS群との間に有意差を認めなかった。一方、心房細動例では鋸歯状波形を呈し、心室拡張期の駆出波平均最高血流速度は、MS群で 1 ± 4 cm/secと著明に低下していた。また脳梗塞群のそれは 11 ± 5 cm/secで、孤立性Af群の 21 ± 9 cm/secに比べて有意な低下を示し、左心耳内血流うっ滞と脳梗塞との因果関係が強く示唆された。

左心耳内血流速度の分析は左房・左心耳内血栓の易形成性を推測するのに有用な手掛りとなり、弁膜疾患のない心房細動例でも、左心耳血流速度が低下している例では、塞栓症予防のため抗凝固療法を開始すべきであると考えられた。

文 献

- 1) Easton JD, Sherman DG: Management of cerebral embolism of cardiac origin. *Stroke* **11**: 433-442, 1980
- 2) Hinton RC, Kistler JP, Fallon JT, Friedlich AL, Fisher CM: Influence of etiology of atrial fibrillation on incidence of systemic embolism. *Am J Cardiol* **40**: 509-513, 1977
- 3) Jordan RA, Scheifley CH, Edwards JE: Mural thrombosis and arterial embolism in mitral stenosis: A clinicopathologic study of fifty-one cases. *Circulation* **3**: 363-367, 1951
- 4) Wolf PA, Dawber TR, Thomas HE, Kannel WB: Epidemiologic assessment of chronic atrial fibrillation and risk of stroke: The Framingham study. *Neurology* **28**: 973-977, 1978
- 5) 岡本光師, 別府慎太郎, 朴 永大, 増田喜一, 永田正毅, 榊原 博, 仁村泰治: 左房内可動血栓の心エコー図とその臨床的意義について. *心臓* **12**: 1139-1145, 1980
- 6) Schweizer P, Bardos P, Erbel R, Meyer J, Merx W, Messmer BJ, Effert S: Detection of left atrial thrombi by echocardiography. *Br Heart J* **45**: 148-156, 1981
- 7) Shrestha NK, Moreno FL, Narciso FV, Torres L, Calleja HB: Two-dimensional echocardiographic diagnosis of left atrial thrombus in rheumatic heart disease: A clinicopathologic study. *Circulation* **67**: 341-347, 1983
- 8) Hibi N, Yanagisawa K, Yokoi K, Itoh K, Nanki M, Matsubara T, Nishimura K, Kambe T: Cross-sectional echocardiographic study on left atrial thrombus: Detection rate by various cross-sections. *J Cardiogr* **11**: 969-977, 1981 (in Japanese)
- 9) DePace NL, Soulen RL, Kotler MN, Mintz GS: Two-dimensional echocardiographic detection of intraatrial masses. *Am J Cardiol* **48**: 954-960, 1981
- 10) Matsuzaki M, Ikee Y, Maeda S, Fukagawa K, Yorozu T, Sasada T, Nomoto K, Komoda M, Wada K, Fujii H, Moriyama K, Mise J: A clinical application and technique of esophageal echocardiography. *Jpn Circ J* **41**: 772, 1977 (abstr)
- 11) 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)
- 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) Toma Y, Matsuda Y, Matsuzaki M, Anno Y, Uchida T, Hiroshima N, Tamitani M, Murata T,

末次, 松崎, 塔間, ほか

- Yonezawa F, Moritani K, Katayama K, Ogawa H, Kusukawa R: Determination of atrial size by esophageal echocardiography. *Am J Cardiol* **52**: 878-880, 1983
- 14) Matsuzaki M, Toma Y, Anno Y, Hiroyama 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
- 15) 塔間陽一, 松崎益徳, 阿武義人, 民谷正影, 前田敏明, 米沢文雄, 小西光明, 岡田和好, 廣 潤子, 伊達敏明, 楠川禮造: 食道内超音波心断層法およびパルス・ドプラー法による肺静脈血流波形の検討. *日超医講演論文集* **46**: 683-684, 1985
- 16) 松崎益徳, 塔間陽一, 末次正治, 小野史朗, 岡田和好, 小西光明, 前田敏明, 廣 潤子, 森本恵子, 中村佳寿子, 阿武義人, 楠川禮造: 「体腔内走査法」—循環器領域 1. *日超医講演論文集* **49**: 9-10, 1986
- 17) Tomoda H, Matsuyama S: Evaluation of left atrial thrombi with computed tomography. *J Cardiogr* **11**: 41-46, 1981 (in Japanese)
- 18) Suzuki S, Hoshino S, Nakamura K, Inoue Y, Onishi S, Higa K, Nagara H, Nishino H, Hiro-sawa K, Shigeta A: The diagnosis of left atrial thrombi by selective coronary arteriogram and two-dimensional echocardiogram. *J Cardiogr* **11**: 47-57, 1981 (in Japanese)
- 19) Shimada E, Asano H, Kurasawa T, Matsumoto K, Yamane Y: Clinical study on left atrial thrombi: Comparative study between echocardiography and CT scan. *J Cardiogr* **11**: 933-944, 1981 (in Japanese)
- 20) Yoshida H, Tsunoda K, Yamada Z, Morooka N, Watanabe S, Masuda Y, Inagaki Y, Nakanishi S: Assessment of an intracardiac mural thrombus by contrast-enhanced computed tomography. *J Cardiogr* **12**: 645-654, 1982 (in Japanese)
- 21) Somerville W, Chambers RJ: Systemic embolism in mitral stenosis: Relation to the size of the left atrial appendix. *Br Med J* **2**: 1167-1169, 1964
- 22) Neilson GH, Galea EG, Hossack KF: Thromboembolic complications of mitral valve disease. *Aust NZ J Med* **8**: 372-376, 1978