

心臓への CT の応用：とくに僧帽弁膜疾患について

Computed tomography in cardiac diseases: With emphasis on mitral valve diseases

原田 潤太
小林はる美
多田 信平

Junta HARADA
Harumi KOBAYASHI
Shimpei TADA

Summary

The computed tomography (CT) was carried out in 29 cases with cardiac disease; 27 with mitral valve disease, one aortic stenosis and one hypertrophic cardiomyopathy. The diagnosis was confirmed either by echocardiography or by intracardiac catheterization. Ten cases underwent open heart surgery. The CT was performed before and after injection of contrast material without ECG-gating program. The scan time per slice was 4.8 seconds. The interatrial septum and interventricular septum were well demonstrated in 78 percent of cases with mitral valve disease. The thrombi in the left atrium were clearly observed on the CT, demonstrating not only the size, shape and site but also the presence of calcification, in 5 cases with mitral valve disease, 2 of which were operated. CT angiography by bolus injection of the contrast material is preferential in investigating blood circulation and in evaluating the thickness of the interventricular septum and the free wall of the left ventricle.

Key words

Computed tomography (CT) Mitral valve disease Thrombus CT angiography

はじめに

非侵襲的検査法である X 線 CT (CT) の心臓への臨床応用は、診断に足りうる明瞭な CT 画像が得られなかったため、現在はほとんど皆無と行ってよいだろう。CT 機器の発達に伴い、撮影時間は短縮し、組織密度の分解能が向上し、CT 画像は鮮鋭化した。さらに、心臓の速い動きに対処するため、心電図と同期させた心拍同期法¹⁻⁴⁾が現在駆使されているが、心電図と同期させない

心拍非同期法の臨床報告例はない⁵⁾。今回、第 3 世代 CT 装置の設置を機会に、おもに僧帽弁膜疾患を中心に、心拍非同期法で心臓 CT を行った。本稿ではおもに僧帽弁膜疾患の心臓 CT の臨床応用について検討するとともに、心筋肥大を示した症例の CT 像を供覧する。

方法と対象

使用した CT 装置は第 3 世代 CT といわれる Siemens 製 Somatom-S である。1 スキャンの

東京慈恵会医科大学 放射線医学教室
東京都港区西新橋 3-25-3 (〒105)

Department of Radiology, the Jikei University
Schools of Medicine, Nishi-Shinbashi 3-25-3, Mi-
nato-ku, Tokyo 105

Presented at the 18th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 2-3, 1979
Received for publication April 26, 1979

撮影時間は 4.8 秒であり, 心電図と同期させない心拍非同期法のため, 1 回の撮影で 5, 6 心拍の複合した CT 像が得られ, 結果として拡張末期の CT 像を示すものと思われる。心臓の呼吸性移動によるアーチファクトを避けるため, 最大吸気時の呼吸停止下にて撮影した。スライス幅 8 mm, スキャン間隔 1~3 cm, スキャン数 8~20 であり, 全所要時間は 30~40 分である。撮影は単純 CT を行った後, 18 ゲージ針をおもに足背静脈に穿刺し, 30% イオタラム酸 メグルミン 220~440 ml を全開にて点滴静注し, 造影 CT を行った。また, 心内腔造影をより明瞭にするため, 一時期に造影剤を注入する, ポーラス注入法も数例で試みた。

対象は **Table 1** に示すごとく, 僧帽弁狭窄症 13 例, 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 5 例, 僧帽弁膜疾患と三尖弁あるいは大動脈弁, ないしは両者の弁膜疾患を合併しているもの 9 例のほか, 大動脈弁狭窄症 1 例, 肥大型心筋症 1 例の全 29 例である。心房細動を伴ったもの 23 例であり, CT 施行後手術を行ったもの 10 例である。

僧帽弁膜疾患 27 例の造影 CT 像において, 読影上重要と思われる各観察部位に対して評価点をつけた。評価は 3 人の放射線科医により, 0: わからない, 1: 一応わかるが, よく抽出されていない, 2: わかる, 3: 非常によくわかる, の 4 段階で評価点をつけた。

成 績

1. 観察部位と評価点

僧帽弁膜疾患 27 例における各観察部位と評価点を **Table 2** に示す。各観察部位で評価点が 2 以上を示す割合は, 奇静脈 22 例 (82%), 右心耳 27 例 (100%), 左心耳 26 例 (100%, 1 例は非直視下交連切開術後のため対象外とした), 心房中隔 21 例 (78%), 心室中隔 21 例 (78%), 冠静脈洞 19 例 (73%, 1 例は冠静脈洞の ^ま 断面まで撮影していない) であった。心房中隔, 心室中隔が全く抽出されなかったもののおのおの 2 例 (8%) であった。

Table 1. Materials for cardiac CT

No.	Age/Sex	Diagnosis	Atrial fibrillation	Operation
1	48 F	MS	+	-
2	45 M	MS	+	+
3	58 F	MS	+	+
4	51 F	MS	+	+
5	33 F	MS	+	+
6	39 F	MS	-	-
7	43 F	MS	-	-
8	39 M	MS	+	+
9	64 F	MS	+	-
10	35 M	MS	-	-
11	50 F	MS (post ope.)	+	-
12	47 F	MS (post ope.)	+	-
13	48 M	MS (post ope.)	+	-
14	51 M	MS+TI (post ope.)	+	-
15	51 M	MS+TI	+	+
16	38 M	MS+TI	+	+
17	83 F	MS+TI	+	-
18	42 F	MS+ASI	-	+
19	33 F	MS+ASI+TI	+	+
20	46 F	MSI (post ope.)	+	-
21	55 F	MSI	+	-
22	37 F	MSI (post ope.)	+	-
23	47 F	MSI (post ope.)	+	-
24	39 F	MSI	+	-
25	38 M	MSI+AI	+	-
26	32 F	MSI+ASI	+	-
27	22 F	MI+TI	+	+
28	48 F	AS	-	-
29	47 F	HCM	-	-

Atrial fibrillation are present in 23 cases. Open heart surgery is performed in 10 cases. MS=mitral stenosis; TI=tricuspid insufficiency; ASI=aortic stenosis with insufficiency; MS=mitral stenosis with insufficiency; AI=aortic insufficiency; AS=aortic stenosis; HCM=hypertrophic cardiomyopathy.

つぎに僧帽弁膜疾患 27 例を心房細動群 23 例, 非心房細動群 4 例に分けて各観察部位を評価した, 平均評価点を **Table 3** に示す。上大静脈, 奇静脈, 右肺動脈, 肺動脈幹, 大動脈根部, 右心耳,

Table 2. Anatomical identification on cardiac CT in mitral valve disease (27 cases)

Regions	Visibility			
	3	2	1	0
Azygos vein	15	7	3	2
Right atrial appendage	21	6	0	0
Left atrial appendage	24	2	0	0
Interatrial septum	13	8	4	2
Interventricular septum	15	6	4	2
Coronary sinus	14	5	4	3

The right and left atrial appendages are visualized in all cases. The interatrial and interventricular septa are visualized in 78% of mitral cases. Visibility rated in the scale 0-3. 0=non visualization; 1=poor visualization; 2=visualized; 3=fairly well visualized.

Table 3. Visibility of anatomical structures in fibrillated and non fibrillated cases

	Atrial fibrillation (23 cases)	No atrial fibrillation (4 cases)	Total (27 cases)
Superior vena cava	2.9	2.8	2.9
Azygos vein	2.4	2.0	2.3
Right pulmonary artery	2.8	2.5	2.8
Pulmonary trunk	2.9	2.8	2.9
Aortic root	2.9	2.8	2.9
Right atrial appendage	2.8	2.5	2.8
Left atrial appendage	2.9	2.7	2.9
Interatrial septum	2.4	1.3	2.2
Interventricular septum	2.5	1.3	2.3
Coronary sinus	2.4	1.0	2.2

The interatrial septum, interventricular septum and coronary sinus are better visualized in fibrillated than in non fibrillated. Visibility is rated in the scale of 0-3, and readings of three radiologists are averaged.

左心耳の各観察部位は心房細動の有無にかかわらずほとんど同様の平均評価点を示し、すべて 2.0 以上であった。心房中隔、心室中隔、冠静脈洞は心房細動群でおのおの 2.4, 2.5, 2.4 と高い平均評価点を示したのに対し、非心房細動群ではおのおの 1.3, 1.3, 1.0 と平均評価点は低かった。こ

のことは非心房細動群 4 例と少数ではあるが、心房細動群のほうが心房中隔、心室中隔、冠静脈洞の観察に優位であることを示唆している。なお左心室の心尖部、側壁、後壁の心筋を心内腔の造影剤で増強された血液から分離観察することは僧帽弁膜疾患において不可能であった。

Fig. 1: 51 歳, 女性. 心房細動を合併した僧帽弁狭窄症例で, 左心耳が特徴的にみられる左心耳面 CT である⁹⁾. 上行大動脈の左前方に肺動脈幹がみられる. 右心耳が上大静脈の前方に上行大動脈の右側に接して認められる. 左心耳は上行大動脈, 肺動脈の左側に左前方を指差すようにみられる. 上行大動脈の後方には左心房の上方部分がみられ, 左右の上肺静脈が左心房に入る.

Fig. 2: Fig. 1 と同一症例であり, 心房中隔が特徴的に認められる心房中隔面 CT 像である⁹⁾. 心房は心房中隔により右前方に右心房, 左後方に左心房と境されている. 心房中隔は左側に伸び, 左前方の壁の厚い心室中隔に連なり, 心室腔を前方の右心室, 後方の左心室に分ける. 左心房は僧帽弁狭窄のため著明に拡大し, 心房中隔はやや前方突を示している. また, 房室境界部を示す陥没が明らかである.

2. 左心房内血栓と石灰化

左心房内血栓と心臓内の石灰化についての結果を **Table 4** に示す. 左心房内血栓は僧帽弁狭窄症 4 例, 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 1 例の 5 例に認められた. このうち, 2 例は肺動脈左房造影期で左心房内血栓を指摘できなかったが, 手術にて確認された. CT でも診断しえた左心耳内血栓 1 例も, 手術にて確認された. その他, 左心房壁石灰化 1 例, 僧帽弁部石灰化 9 例, 三尖弁石灰化 1 例, 大動脈弁石灰化 1 例であり, 透視にて確認された.

Fig. 3: 心房細動を合併した僧帽弁狭窄症症例である. 心エコー図では左心房後壁に沿って淡いエコーがあり, 左心房後壁の血栓が疑われたが, 肺動脈左房造影期では左心房腔内に何ら陰影欠損は認められなかった.

Fig. 3 の CT 像では僧帽弁部石灰化による高

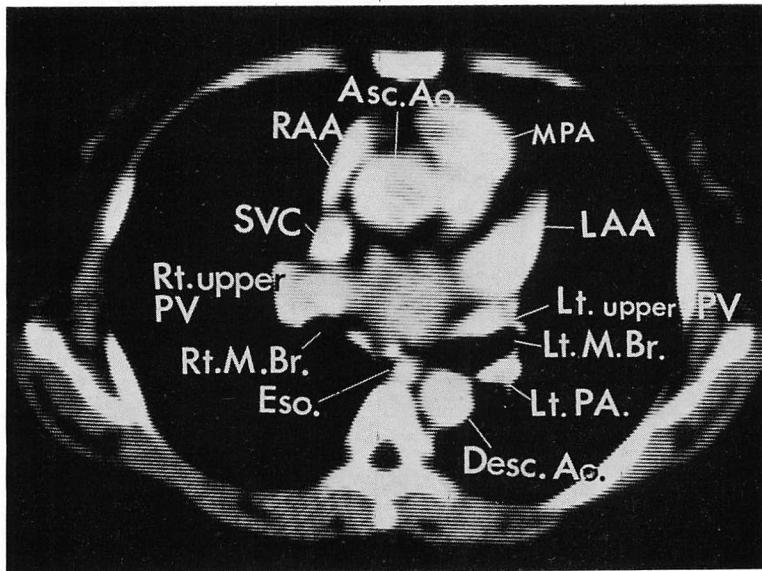


Fig. 1. Anatomical structures in plane of the left atrial appendage in mitral stenosis.

Asc. Ao.=ascending aorta; MPA=main pulmonary artery; LAA=left atrial appendage; Lt. upper PV=left upper pulmonary vein; Lt. M. Br.=left main bronchus; Lt. PA=left pulmonary artery; Desc. Ao.=descending aorta; Eso.=esophagus; Rt. M. Br.=right main bronchus; Rt. upper PV=right upper pulmonary vein; SVC=superior vena cava; RAA=right atrial appendage.

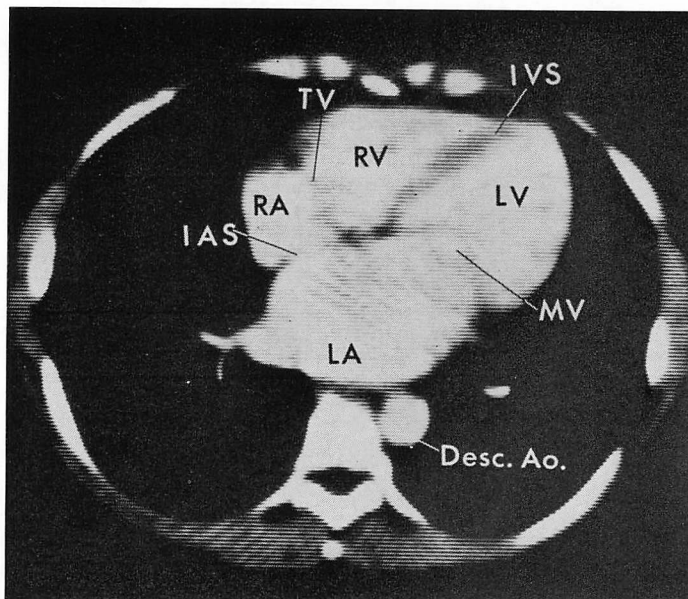


Fig. 2. Anatomical structures in plane of the interatrial septum in mitral stenosis.

IAS=interatrial septum; RA=right atrium; TV=tricuspid valve; RV=right ventricle; IVS=interventricular septum; LV=left ventricle; Desc. Ao.=descending aorta; LA=left atrium.

Table 4. Incidence of thrombus in the left atrium and calcification (29 cases)

Findings	Cases	Diagnosis
Thrombus in the left atrium	5	MS (4) MSI
Thrombus in the left atrial appendage	1	MS
Calcification of the left atrial wall	1	MS+TI
Calcification of the mitral valve	9	MS (4) MS+TI (3) MSI (2)
Calcification of the tricuspid valve	1	MS+TI
Calcification of the aortic valve	1	AS

Thrombus in left atrium clearly demonstrated in 5 patients of mitral cases. Two of these 5 patients are operated.

濃度部分と、これによるアーチファクトおよび左心房後壁にへばりつくような血栓による低濃度部分が明確である。

Fig. 4: 46 歳, 女性. 心房細動を合併した僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症例である. 心エコー図では左

心房後壁に明らかな層状の多重エコーがあり, 左心房内血栓の診断がついた。

Fig. 4 の CT 像では, 左心房後壁に付着するポリープ状の血栓が充盈欠損として明瞭に認められる。

3. 心筋の肥大

Somatom-SCT 装置の特徴の1つはスキャン中に画像計算ができ, 連続スキャン (CT アンジオグラフィー) が可能なことである. 末梢静脈より 40~50 ml の造影剤をボース注入し, CT アンジオグラフィーを行うことにより, 経時的に右心系, 左心系の造影剤の通過を観察できる. さらにボース注入のため, 心内腔は高濃度の造影剤で造影される。

Fig. 5: 48 歳, 女性. 大動脈弁狭窄症の CT アンジオグラフィーである. 図は右心造影期像と左心造影期像を重複させた像であり, 心室中隔の肥厚が明らかであるとともに左心室自由壁も心筋肥大のため明確に認められる。

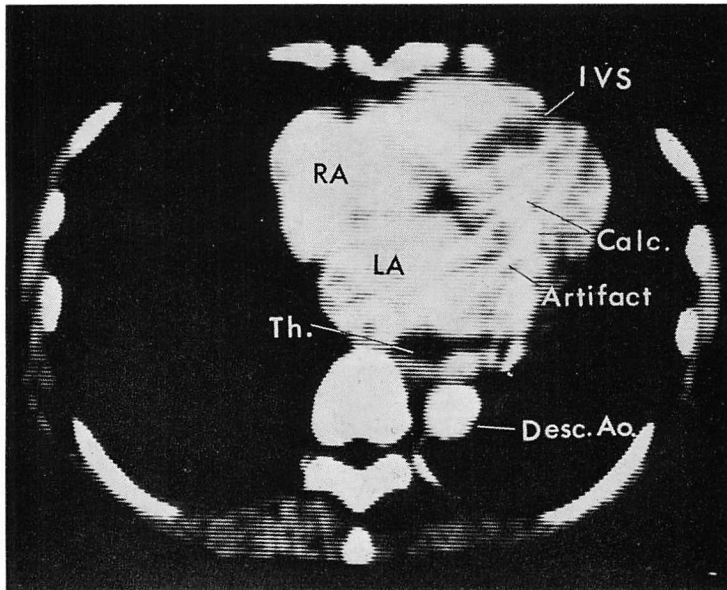


Fig. 3. Calcification of the mitral valve and thrombus in the left atrium in mitral stenosis.

RA=right atrium; IVS=interventricular septum; Calc.=calcification; Desc. Ao.=descending aorta; LA=left atrium; Th.=thrombus.

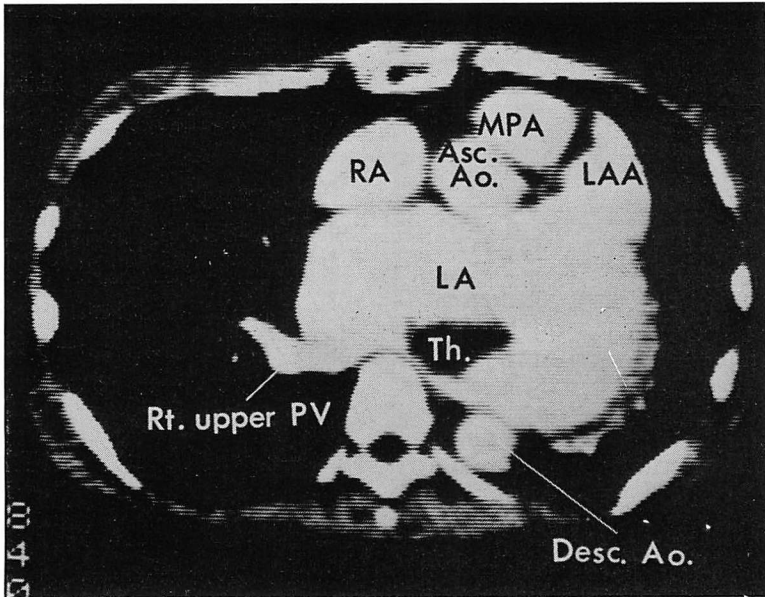


Fig. 4. Thrombus in the left atrium in mitral stenosis and regurgitation.

RA=right atrium; Asc. Ao.=ascending aorta; MPA=main pulmonary artery; LAA=left atrial appendage; LA=left atrium; Desc. Ao.=descending aorta; Th.=thrombus; Rt. upper PV=right upper pulmonary vein.

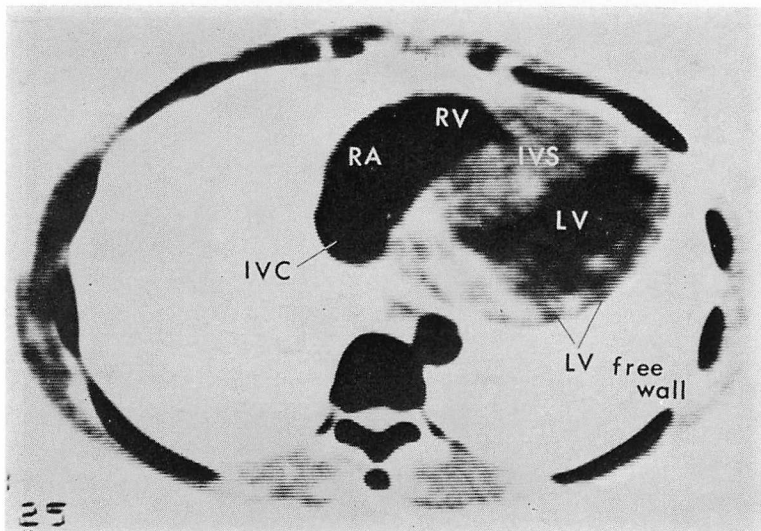


Fig. 5. Thickening of the interventricular septum and the free wall of the left ventricle in aortic stenosis.

IVC=inferior vena cava; RA=right atrium; RV=right ventricle; IVS=interventricular septum; LV=left ventricle.

考 案

CT は軟部組織断層といわれ、0.5% 以下の吸収率の差を記録、表示できるため、小さな組織密度の差を指摘できる⁷⁾。僧帽弁膜疾患 27 例において、心房中隔、心室中隔はおおの 78% で、評価点 2 (「わかる」) 以上を示した。このことは造影剤による血液の強い造影、心筋組織の比較的弱い造影のほかに、拡大した左心房の収縮率の減少や僧帽弁膜疾患に特有な左心室の異常な収縮態度および収縮率の減少によるものと思われる⁸⁾。また心房細動群が、非心房細動群に比し心房中隔、心室中隔の観察に優位であったのは、心房細動による心房壁の運動範囲の減少と、心房細動群において、より僧帽弁あるいは僧帽弁下組織の変化が強度で、左心室の形態異常、収縮率の減少が非心房細動群に比べ強かったためと思われる。

左心房内血栓は CT で 5 例に認められた。心エコー図で左心房内血栓を明確に指摘できたもの 3 例、血栓が疑われたもの 1 例、指摘されなかったもの 1 例であった。また、肺動脈造影を行った 2 例では、左心房内血栓の指摘はできなかった。左心房内血栓の血栓像を心エコー図により直接的に描出することは、巨大な場合比較的容易であるが、左心房壁に壁在する血栓を的確に指摘するのは必ずしも容易ではない⁹⁾。とくに左心房壁に平坦に付着する血栓では、血栓による異常エコーと、機械的なエコーや被検者から発生する疑似エコーとの鑑別は困難なことが多い。

肺動脈造影でも、壁在する小さな血栓の指摘は難しい。たとえ小さな血栓でも肺動脈造影で造影された左心房の辺縁側壁に存在すれば、左心房壁の不規則性から血栓の診断は可能であるが、左心房の後壁、前壁に局在する小さな血栓を充盈欠損として指摘するのはほとんど不可能である。しかし、CT は軟部組織断層という特殊性から、低濃

度を示す血栓を周囲の造影剤で増強された高濃度の血液から区別することは、血栓の大小にかかわらず容易である。さらに、CT は規格撮影ができ、一定の間隔で左心房腔内の断面が得られるのも特徴の 1 つである。CT により左心房内血栓の大きさ、形、付着部位、血栓内石灰化の有無などの情報を明確にできるため、僧帽弁膜疾患の CT の適応として、頭部、末梢動脈の塞栓症の既往のあるもの、心エコー図で血栓のあるもの、または疑われるものなどの場合考慮すべきである。CT アンギオグラフィーにより経時的な CT 画像が得られ、ボラス注入された高濃度の造影剤により心内腔を明瞭に観察でき、心筋壁の肥厚もある程度指摘しえたが、今後症例をつんで検討したい。

文 献

- 1) Tateno Y, Tanaka H: Low-dosage X-ray imaging system employing flying spot X-ray microbeam. *Radiology* **121**: 189-195, 1976
- 2) 内山 暁, 有水 昇, 館野之男: データ整理法による心拍同期 CT. シンポジウム: CT の物理技術的諸問題報告集, B-19, 1978
- 3) George SH, Diona FG, Richard SB: Stop-action cardiac computed tomography. *Radiology* **123**: 515-517, 1977
- 4) Iinuma T, Tateno Y, Umegaki Y, Watanabe E: Proposed systems for ultrafast computed tomography. *J Computer-Assisted Tomography* **1**: 494, 1977
- 5) 館野之男: 循環器の映像診断のための X 線 CT. *総合臨床* **27**: 1919-1925, 1978
- 6) 原田潤太, 小林はる美, 多田信平: 僧帽弁膜疾患へのコンピュータ断層の試み. *日本医事新報* (印刷中) 1979
- 7) Ambrose J: Computed X-ray scanning of the brain. *J Neurosurgery* **40**: 679-695, 1974
- 8) Stanley JH, Richard AC: Abnormal left ventricular contraction in patients with mitral stenosis. *Circulation* **42**: 1099-1110, 1970
- 9) 松尾裕英, 北畠 頭, 千田彰一, 阿部 裕: 心・血管系の超音波診断. *総合臨床* **27**: 1881-1892, 1978