

# 心 CT 法と超音波断層法の比較

# CT-image and ultrasono-cardiotomogram of the heart and great vessels

吉田 秀夫  
諸岡 信裕  
田口喜代継  
山崎 茂  
村木 登  
渡辺 滋  
小沢 俊  
宿谷 正毅  
増田 善昭  
稲垣 義明

Hideo YOSHIDA  
Nobuhiro MOROOKA  
Kiyotsugu TAGUCHI  
Shigeru YAMAZAKI  
Noboru MURAKI  
Shigeru WATANABE  
Shun OZAWA  
Masaki SHUKUYA  
Yoshiaki MASUDA  
Yoshiaki INAGAKI

## Summary

X-ray computed tomography (CT) of the heart and great vessels was compared with cross-sectional ultrasono-cardiotomography (UCT), which is useful for the analysis of cardiac structures and their motions in real time, in 159 cases (13 of normal health, 45 of valvular disease, 32 of ischemic heart disease, 8 of hypertension, 8 of pericardial effusion, 11 of shunt disease, 9 of aneurysm, 4 of primary myocardial disease, 7 of aortitis syndrome, and 22 others).

The aorta, vena cava, pulmonary artery, and artium were clearly shown on Ecg non-synchronizing CT images. Although CT could not distinguish the myocardium from blood, each ventricle or atrium was distinguished approximately from another one by the atrioventricular sulcus or coronary sulcus.

Aortic dilatation, cardiac enlargement, calcification and pericardial effusion were clearly shown by CT. In aortic aneurysm, UCT was better than CT in showing thrombus, while the latter could show calcification more clearly than UCT. UCT could detect a smaller amount of pericardial effusion than CT. For the analysis of cardiac motion by CT, it was necessary to use the Ecg synchronized method. In patients with myocardial infarction, both cardiac images of CT and traces of the cardiac border showed hypokinetic or paradoxical movement of the affected walls.

UCT and CT were thought to have mutual diagnostic aid in the field of cardiology.

## Key words

Computed tomography      Heart      Aorta      Ultrasono-cardiotomography

千葉大学医学部 第三内科  
千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)

The Third Department of Internal Medicine, Chiba University School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chiba 280

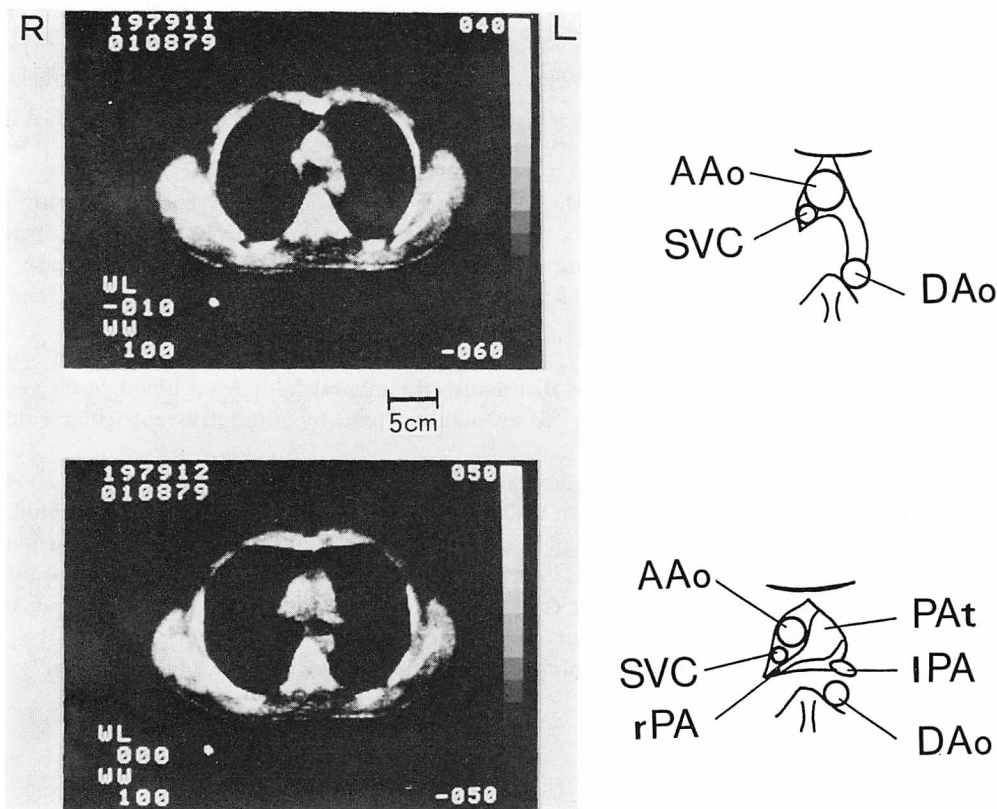
Presented at the 18th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 2-3, 1979  
Received for publication May 4, 1979

はじめに

心疾患の診断における超音波断層法 (UCT) の役割割りについては, すでに広範な検討が行われており, その有用性が認められている. これに対し, 心血管系のように運動性の大きい対象への X 線コンピューター断層法 (CT) の応用はまだ始まったばかりであり, その有用性も少しずつ述べられてきているものの<sup>3-5)</sup>, いまだ十分なものではない. 本研究はこの両検査法を施行した各種心疾患例につき, 両法より得られた所見をもとに, その特徴, 利点などを比較検討したものである.

対象と方法

対象は 1976 年 11 月から 1979 年 3 月までに両法を施行した健常, 各種心疾患, および大動脈疾患の 159 例である. その内訳は **Table 1** に示した. 超音波断層像は東芝製電子走査式リニア型断層装置 SSL-53H, または東芝製電子走査式セクター型断層装置 SSH-11A を用い, 通常の方法で安静仰臥位か軽度左側臥位で, 8 ミリシネフィルムもしくはポラロイド写真に記録した. CT は JEOL Dynamic Scanner を使用した. この装置の概要はすでに報告されているが<sup>6)</sup>, 他器に比べてきわめて低線量で撮影を行うことができ, また



**Fig. 1.** CT-images at the level of the 2nd and 3rd intercostal spaces (30-year-old normal male). The ascending aorta (AAo), descending aorta (DAo) and superior vena cava (SVC) are shown clearly in the upper panel. In addition, the pulmonary trunk (PAtr) and its branches (rPA, IPA) are shown in the lower panel.

心拍同期による心運動の観察が可能である。

CT はまず原則として仰臥位で、第 2~5 もしくは第 6 肋間腔で非同期撮影を行い、ついで一部症例については腹部撮影、心拍同期撮影、アンジオグラフィンの静脈内投与による造影法を行った。画像は 13 インチテレビに表示し、ポラロイド写真か、Kodak 製 nuclear medicine film に撮影した。比較に当たって、両法はほぼ同一時期に施行したが、超音波法ではビームの入射部位、方法

の関係もあり、CT のごとく各肋間腔での水平面横断像が得られない場合もあり、全例で全く同一レベルでの横断像による比較を行うことはできなかった。

結 果

Fig. 1 は 30 歳男性、正常例の CT 像である。第 2 肋間腔では上行大動脈、下行大動脈、上大静脈が、第 3 肋間腔ではさらに肺動脈幹および左右

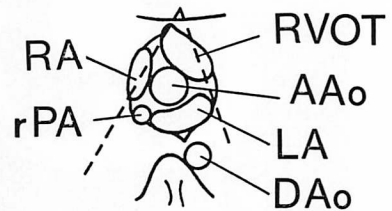
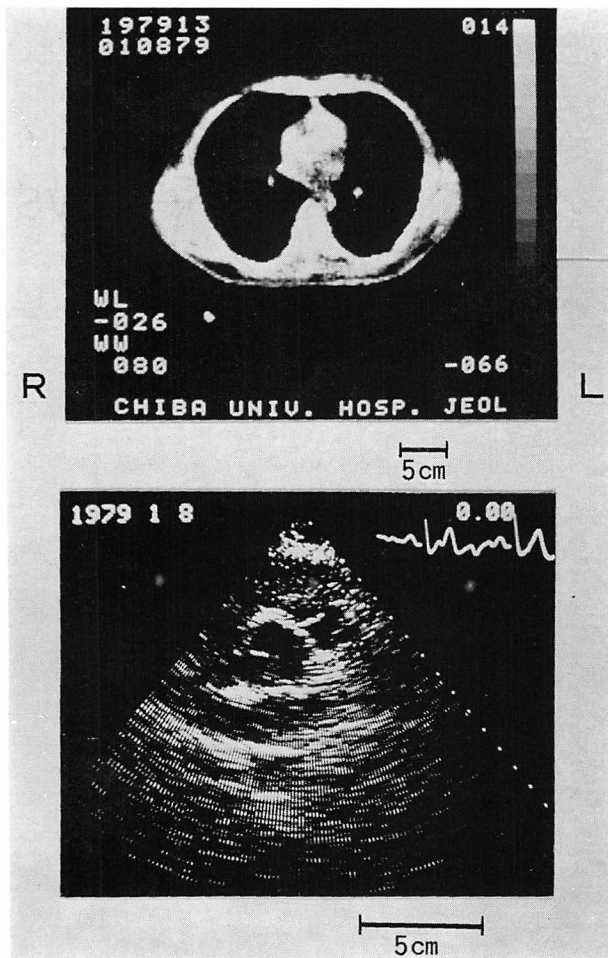


Fig. 2. CT-image and short axis ultrasono-cardiotomogram at the 4th intercostal space (30-year-old normal male).

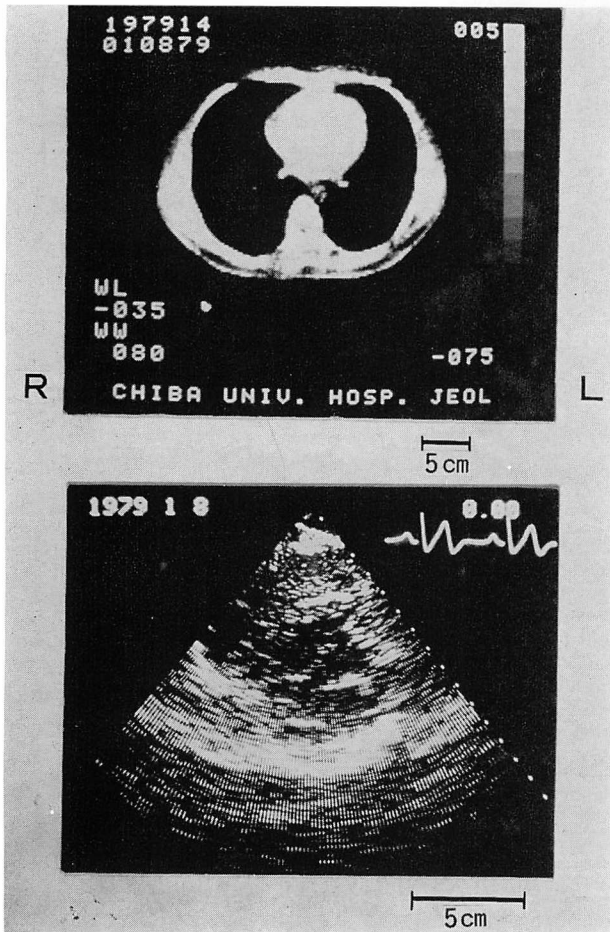
The ascending aorta (AAo), right atrium (RA), left atrium (LA), and right ventricular outflow tract (RVOT) are shown.

肺動脈がみられた. 一方このレベルの UCT では肺に邪魔されて明瞭な像は得にくかった.

**Fig. 2** は第4肋間腔での像で, CT 像では上行大動脈は心中央に位置し, 右側方に右房, 左前方に右室流出路, 後方に左房がみられた. この横断面は時に左側方に左心耳または左室上側壁がみられることがあり, 最も多くの心構造物を描出できる断面であった. このレベルでの UCT 像では前方より右室流出路, 上行大動脈, 左房の順にみ

られるが, 胸骨後方の右房が出にくかった.

**Fig. 3** は第5肋間腔での像で, CT 像では心筋と血液の CT 値がほぼ同一のため, 一般に各心腔の区別はつかなかった. しかし前室間溝や房室間溝の認められる例では, おおよその両心室の大きさや心房との位置関係を推定できた. 一方このレベルでの UCT 像では各心腔, 心壁, 弁などを明瞭にみることができ, その有用性は高かった.



**Fig. 3.** CT-image and short axis UCT at the 5th intercostal space (30-year-old normal male).

The cardiac structures at this level are not clearly shown by CT. The right ventricle (RV) is distinguished approximately from the left ventricle (LV) by the anterior intraventricular sulcus, and from right atrium (RA) by the coronary sulcus (CS).

つぎに各症例を呈示する。

**Fig. 4** は 32 歳、女性。胸部大動脈瘤の例であるが、第 2、第 3 肋間における CT 像では、上行、下行大動脈がともに拡大してみられた。右の UCT 像では大動脈は基部付近でしか得られなかった。本例は大動脈造影法を行っているが、大動脈内腔は弁直上より拡大し、弓部で最大径 8 cm となり、下行部は第 3 肋間まで拡大がみられ、CT 像の所見とよく一致していた。

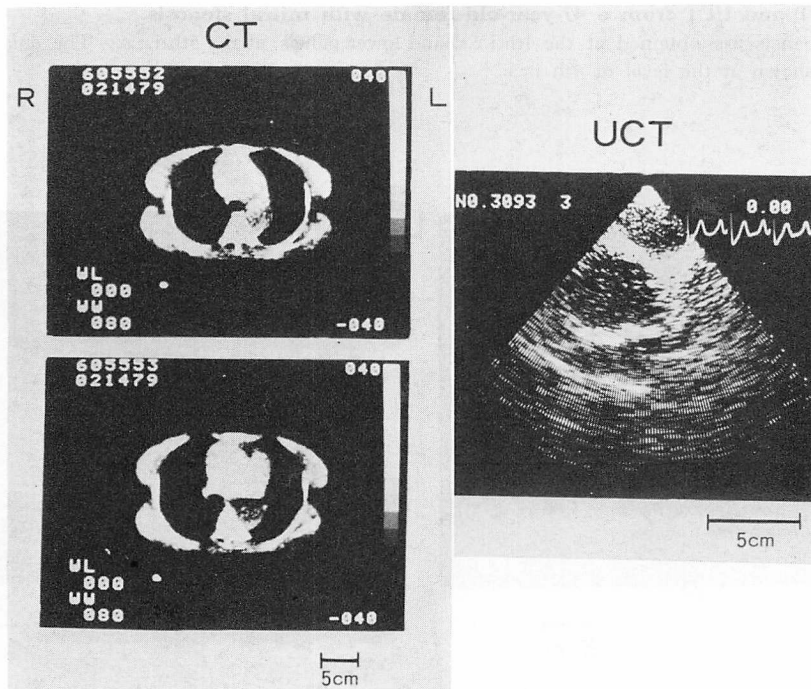
**Fig. 5** は 47 歳、女性。僧帽弁狭窄症の例で、心不全の程度は NYHA 分類の II 度で、右心カテーテルによる平均肺動脈楔入圧は 12 mmHg であった。第 4 肋間の CT 像では左房の辺縁が明瞭に示され、前後左右に拡大してみられた。超音波法でも拡大した左房がみられ、UCG 上の左房径は 53 mm であった。

本例においてもそうであるが、一般に僧帽弁疾

患では CT 上、左房の拡大はまず後方から左右方向へ、さらには左後方へ及ぶ傾向にあり、CT 上での左房面積と通常の UCG より求めた左房径を比較してみると、左房があまり大きくないうちは比較的相関がみられるが、UCG 上の左房径が 60 mm 以上となるとあまり相関がなくなり、面積の増大があっても径は増大しなくなる傾向にあった。

**Fig. 6** は 32 歳、女性。大動脈弁閉鎖不全例である。CT では心辺縁が左方へ拡大してみられるのに対し、UCT では左室腔がはっきり拡大してみられた。UCG 上の左室拡張期径は 72 mm であった。

石灰化例においては石灰の X 線吸収度が他の組織のそれより著しく大であるため、CT 像により明瞭に区別することができる。このさい単純 X 線写真の上からは心陰影との重なり等で判断しに



**Fig. 4.** CT and UCT from a 32-year-old female with aneurysm of the thoracic aorta.

Left upper panel shows CT-image at the 2nd i.c.s. and lower panel, at the 3rd i.c.s. Right panel shows UCT at the 4th i.c.s.

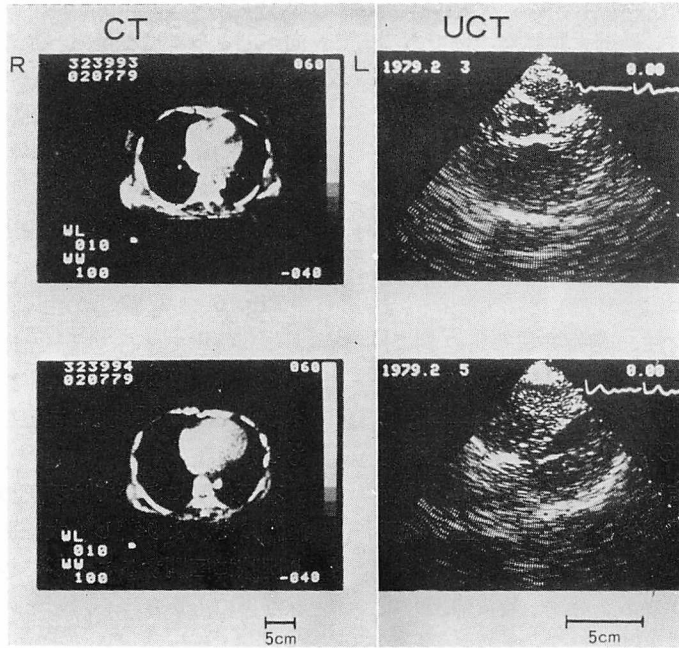


Fig. 5. CT and UCT from a 47-year-old female with mitral stenosis.

Upper panels are obtained at the 4th i.c.s. and lower panels, at the 5th i.c.s. The enlargement of LA is shown at the level of 4th i.c.s.

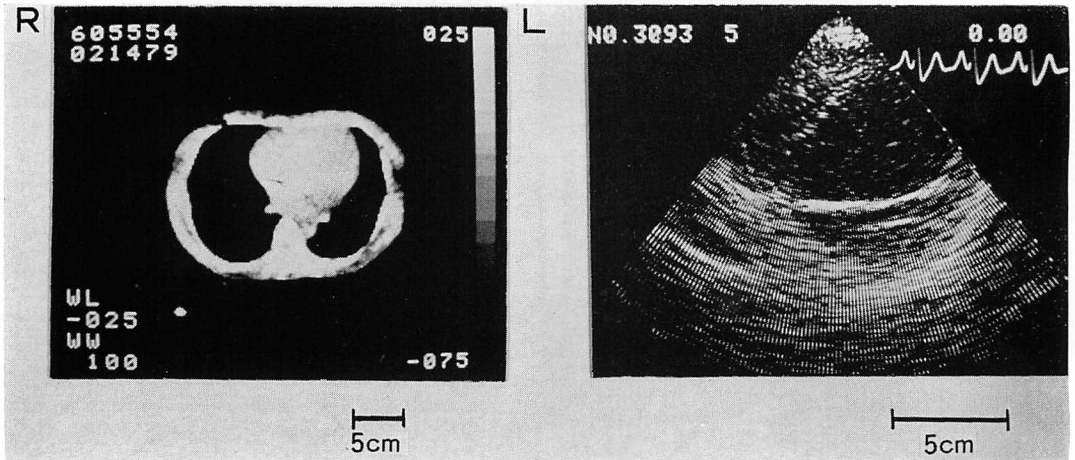


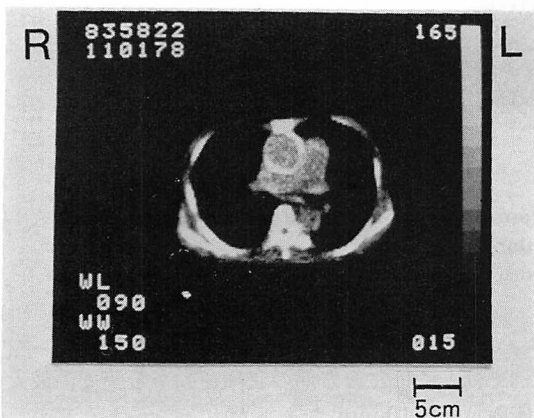
Fig. 6. CT and UCT at the level of 5th i.c.s. from a 32-year-old female with aortic insufficiency.

Cardiac enlargement is shown by the both methods.

くい石灰化も検出可能であった。

**Fig. 7** は 48 歳、女性。大動脈炎症候群の第 3 肋間での CT 像を示す。大動脈の全周囲にわたって強い石灰化がみられた。**Fig. 8** は 69 歳 男性、大動脈弁狭窄症の例で大動脈弁に強い石灰化がみられた。本例は剖検により、大動脈弁の強い石灰化が確認された。なお、弁石灰化は弁膜症 45 例中 5 例にみられた。

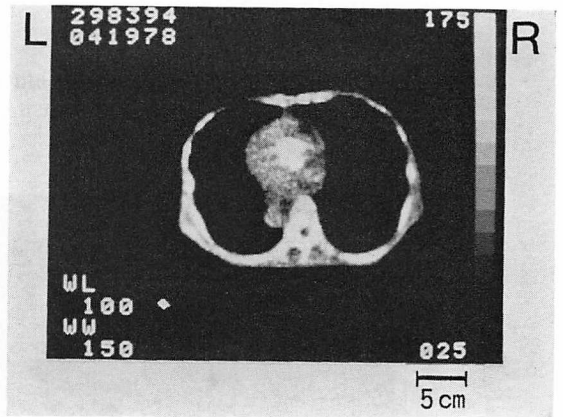
心外膜液貯留に関しても CT は有用であった。**Fig. 9** は 47 歳、女性。大量貯留例での CT 像である。穿刺液は黄色不透明、比重 1.039、蛋白 5.9 g/dl であった。CT による心外膜液の判定は超音波法と比較し、より全体像をとらえることができ、CT 値上での液の性状も知りうるが、少量の貯留例では超音波法で確認された例でも、CT では不明なこともあり、確認されたのは 8 例中大量貯留の 4 例であった。腹部大動脈瘤については CT、UCT ともに有用であった。**Fig. 10** は 63 歳、男性例で、本例は人工血管置換術を受けたが、摘出された大動脈瘤内部に多量の血栓が認められ、UCT 上で腹側にみられる異常エコーがこの血栓の場所に一致した。CT では 9 例中 2 例に壁の石灰化を認めたが、血栓の検出は不可能であった。



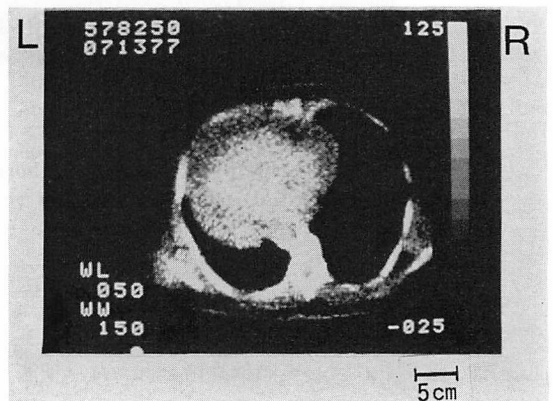
**Fig. 7.** CT at the level of 3th i.c.s. from a 48-year-old female with aortitis syndrome.

The calcification is shown around the ascending aortic wall.

心運動の観察について、CT では心電図による心拍同期が必要である。当教室ではデータ整理方式により、心拍の特定時相に同期した静止像を作成している<sup>7-9)</sup>。この方法で収縮末期と拡張末期の像を作成し、辺縁をトレースして比較した。一例として、**Fig. 11** に 59 歳、男性の広範囲前壁梗塞症の例を示した。非同期撮影での CT 像では心辺縁の左前方への突出がみられ、心室瘤の存在が疑われた。点線で収縮末期、実線で拡張末期の像を示すと、収縮末期に逆に外方へ突出し、心



**Fig. 8.** CT at the level of 4th i.c.s. from a 69-year-old male with calcific aortic stenosis.



**Fig. 9.** CT at the level of 5th i.c.s. from a 47-year-old female with massive pericardial effusion.

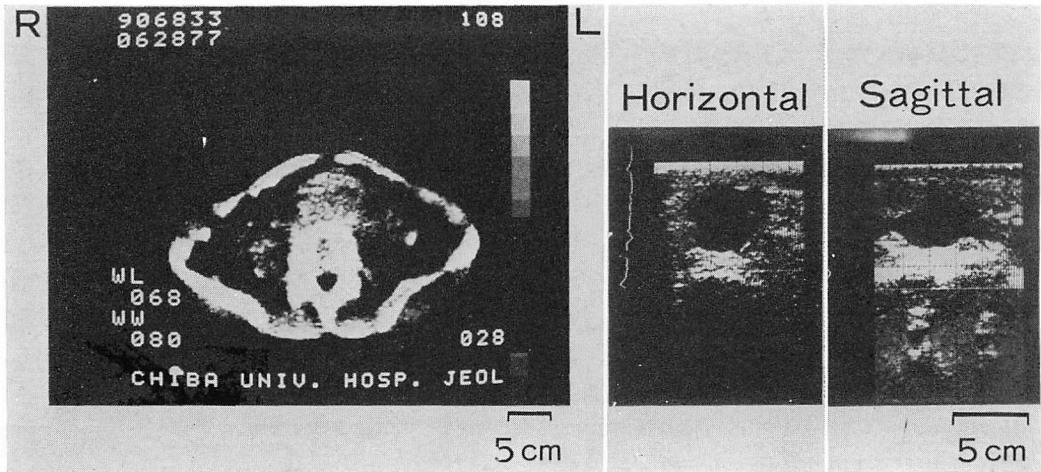


Fig. 10. CT and UCT from a 63-year-old male with abdominal aortic aneurysm. Thrombus echo is shown by UCT, but not shown by CT.

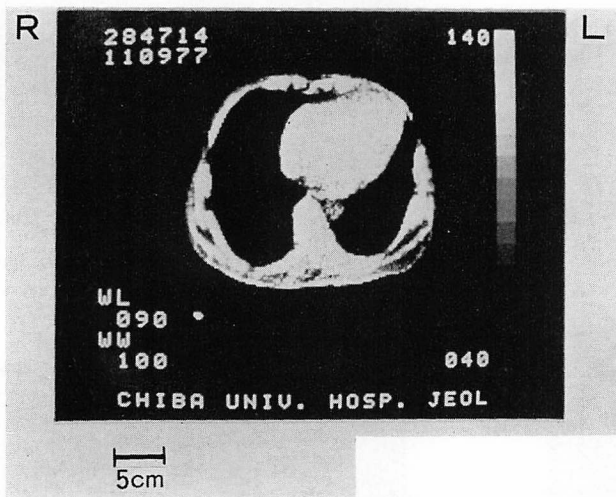


Fig. 11. CT and tracing of the cardiac border from a 59-year-old male with old extensive anterior myocardial infarction and left ventricular aneurysm.

-----: cardiac border at end-systole and —: cardiac border at end-diastole. The paradoxical motion is shown.

室瘤の確認が可能であった。本例は左室造影でも心室瘤が確認され、心室瘤摘除術を行った。梗塞例 13 例では心辺縁運動は不規則で、心電図で推定される梗塞部にほぼ一致して、辺縁部の運動低下、矛盾性運動が認められた。一方、健常例 10

例ではとくに左後方部の収縮運動が著明で、最大距離は 5~10 mm であった。

疾患例の両法の所見は **Table 1** に示した。また両法の特徴は以下のものであった。



Table 1. CT and UCT findings of 159 persons

Diagnosis	Number of patient	CT findings	UCT findings
Normal	13		
Valvular disease	45	Cardiac enlargement, valve calcification (5/45)	Cardiac enlargement, wall thickness, Abnormal motion of valves
Ischemic heart disease	32	Abnormal motion, ventricular aneurysm	Abnormal motion of septum and, or free wall
Hypertention	8	Cardiac enlargement	Cardiac enlargement, wall thickness
Shunt disease	11	Cardiac enlargement, pulmonary vessels dilatation	Cardiac dilatation, confirmation of shunt used contrast medium
Pericardial effusion	8	Positive in 4 cases with massive pericardial effusion	Positive in all
PMD	4	Cardiac enlargement	Cardiac enlargement, wall thickness
Aneurysm	9	Aortic dilatation, calcification (2/9)	Aortic dilatation, thrombus (3/9)
Aortitis syndrome	7	Aortic dilatation (2/7) Calcification (3/7)	Changes of the aorta and valve
Others	22		

### CT (JEOL) の特徴

- 1) X線吸収度の差で像が形成され、数量表示ができる。
- 2) 断層面は水平方向である。
- 3) 骨や肺に影響されず、胸部全体の記録が可能で、第3肋間以上の超音波法では把握しにくい、心および大血管構造物の形態的診断に役立つ。
- 4) 心辺縁は明瞭に示されるが、心腔と心壁の区別や、横隔膜との重なり部分の区別が困難である。
- 5) 心拍同期により心運動、心断面積変化を定量的に解析できる。
- 6) 時間、費用がかかり、また X 線被曝がある。

### UCT の特徴

- 1) 音響インピーダンスの差で像が形成される。
- 2) 種々な方向の断層を行うことができる。
- 3) 肺、骨の下やビームに対して平行な物体は記録しにくい。
- 4) 心腔、心壁、弁の区別ができる。

- 5) real time での像の観察ができる。
- 6) 操作が簡単で副作用の心配がない。

### 考 案

全身用 CT 装置は急速に普及しつつあり、現在全国で約 150 台稼動している<sup>18)</sup>。しかし、心血管系に対しての応用は心筋と心腔の区別がつかないこと、および心運動によるブレのためにあまりなされていない。我々の研究では、非同期撮影の像はほぼ拡張末期の像を示しており<sup>7)</sup>、通常の CT 像でも心辺縁、心・大血管の種々の構造の形態把握、石灰化、心外膜液貯留などの検出が可能であった。また像を得るのに超音波法のように肺や骨に影響されず、水平面における任意の部位での断層像が得られるのも大きな利点である。

CT では心の全体像が超音波法に比し、より明瞭に得られる。たとえば、僧帽弁疾患による左房拡大についてみると、拡大の軽度の場合は左右および後方へと拡大がみられたが、ある程度を越すと後方より左右方向の拡大が著明になることが認められた。CT では心筋と血液の区別が困難なため、心内部構造、各室、各房の区別が困難であっ

たが, 各溝を参考にして両室, 両房の区別はある程度可能であった。

また CT では組織の X 線吸収度を数値として表示するので, 石灰化は明瞭に示すことができる。一方, CT 値が 500 以上を示す金属人工弁が存在する場合などでは, アーチファクトの原因となり, よい像がでない。一般に使用される CT の吸収度分解能は  $\pm 0.5\%$ , すなわち 1,000 段階表示で  $\pm 5$  程度の CT 値の差であれば識別できるので, 造影剤の使用により, 心内構造をより明瞭に描出しうる。大量かつ急速に点滴静注すれば, 心臓および大動脈瘤内の血栓を描出することも可能である<sup>14)</sup>。

心運動の観察は超音波法では real time であるのに対し, CT では心電図同期が必要である。CT による心辺縁運動および心断面積の変化はすでに報告した<sup>9-12)</sup>。現在, 撮影時間は 1~2 秒までに短縮しているが, 将来 1 スライス当たり 10 msec に短縮可能であるとされ<sup>15,16)</sup>。心運動の解析に当たって, 今後の発展が期待される。

### ま と め

超音波法と CT 法より得られた所見を比較検討し, 両者の利点などを述べた。CT の臨床応用はまだ始まったばかりであるが, 診断上有用な面について症例をあげて呈示した。現時点では両者の併用により, より多くの情報を得るのが望ましいと考える。

### 文 献

- 1) Gambarelli: CT スキャニングによる人体横断図譜。(館野之男, 飯沼武訳). 丸善, 東京, 1977
- 2) Matsukawa A, Ito T, Kimura K: Cross Section Anatomy and Computed Tomography, Trunk. Igaku Tosho Shuppan, Ltd, Tokyo 1977
- 3) 増田善昭, 渡辺 滋, 稲垣義明, 内山 暁, 有水昇, 館野之男, 渡辺英二: JEOL Dynamic Scanner による心・血管 CT 像について. 呼吸と循環 26: 439-445, 1978
- 4) 稲垣義明, 増田善昭, 内山 暁: 心疾患診断への CT の応用. 総合臨床 27: 1853-1859, 1978
- 5) 吉田秀夫, 諸岡信裕, 田口喜代継, 渡辺 滋, 山崎茂, 村木 登, 小沢 俊, 宿谷正毅, 増田善昭, 稲垣義明, 内山 暁: 超音波断層法と CT 法による心および血管像の比較について. 日超医講演論文集 34: 93-94, 1978
- 6) Tateno Y, Tanaka H: Low-dosage X-ray imaging system, employing flying spot X-ray microbeam (dynamic scanner). Radiology 121: 189-195, 1976
- 7) 増田善昭, 村木 登, 山崎 茂, 渡辺 滋, 稲垣義明, 内山 暁, 大野 博, 有水 昇, 渡辺英二: 低線量 X 線撮影システムによる心の高速度 CT 像について. J Cardiography 7: 589-598, 1977
- 8) 内山 暁, 有水 昇, 館野之男, 藤井 正: 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. 報文集 B-19-20, 1978
- 9) 内山 暁, 増田善昭, 渡辺 滋: 心大血管一心拍同期 CT へのアプローチ. 内科 41: 582-589, 1978
- 10) 渡辺 滋, 湯村保夫, 諸岡信裕, 村木 登, 山崎茂, 増田善昭, 稲垣義明, 大野 博, 内山 暁, 有水昇, 渡辺英二: JEOL Dynamic Scanner (JXV-3A) による心辺縁運動の動態分析. J Caldiography 8: 245-255, 1978
- 11) 渡辺 滋, 湯村保夫, 諸岡信裕, 吉田秀夫, 宿谷正毅, 増田善昭, 稲垣義明: CT による心断面積曲線の作成とその臨床応用についての試み. J Cardiography 9: 233-240, 1979
- 12) 渡辺 滋, 諸岡信裕, 吉田秀夫, 増田善昭, 内山暁, 桂井 浩, 大野 博: CT を応用した心時相における心断面積変化. 第 2 回シンポジウム: CT の物理技術的諸問題. 報文集 B-35-36, 1979
- 13) 各社別 CT 納入実績表, 各県別 CT 設置一覧表. 新医療 12: 50-55, 1978
- 14) 町田喜久雄, 田坂 皓, 板井悠二, 西川潤一: 大動脈瘤の CT 診断. 臨床放射線 24: 47-52, 1979
- 15) Iinuma TA, Tateno Y, Umegaki Y, Watanabe E: Proposed system for ultrafast computed tomography. J Computer Assisted Tomography 1: 494-499, 1977
- 16) Boyd DP: Recent progress in CT hardware development. シンポジウム: CT の物理技術的諸問題. 報文集 A-4-A-11