

[総説]

超 音 波 心 臓 診 断 法

朱 敏 秀

キーワード：心エコー図法、実時間断層心エコー、カラードップラーエコー、
実時間3次元断層心エコー、コントラストエコーカディオグラフィー

Echocardiography

Toshihide Shu, M.D.

Abstract

Since the initial report of the use of ultrasound for diagnosis of heart, conditions echocardiography has been continuously developed and is now widely accepted in the cardiac field. During the second half of the century, echocardiography began with the M-mode echo, and has recently advanced to real-time, three-dimensional echocardiography. In this paper, various kinds of cardiac diseases were shown at different stages of the echo development. For example, a patient with dilated cardiomyopathy is shown in the M-mode echocardiogram. Two-dimensional echocardiograms (2-D echo) has shown 70 aged patient with infective endocarditis, a female patient with primary pulmonary hypertension case, a female case of perforation of the interventricular septum complicated with acute myocardial infarction revealed by autopsy, and a male patient with apical hypertrophy type of hypertrophic cardiomyopathy. The cases described were compared with 2-D echo and autopsy findings respectively. Three cases of heart disease presented and were diagnosed by real-time Color Doppler imaging. These cases were a patient with an atrial septal defect, a patient with mitral regurgitation due to chordal rupture of the posterior mitral valve and a patient with severe aortic regurgitation due to Marfan's syndrome. Color Doppler imaging gave us not only anatomical but also hemodynamic information. That is, we could obtain the shunt-flow and/or regurgitant flow clearly using Color Doppler method. Doppler echocardiography will also assume a prominent role in the echocardiographic examination. As this particular application develops, I would anticipate an instrument which has the capability of doing M-mode, cross-sectional and Doppler examinations. The relationship between the various echocardiographic examinations might be analogous to the pressure measurements, blood flow determinations, and angiographic studies which are all part of a cardiac catheterization. Finally, two new modalities of the myocardial image enhancement by contrast medium, that is Levobist and real-time, 3-dimensional echocardiography (3-D echo) have recently been introduced. Echocardiography is now an established and important diagnostic tool in clinical cardiology. It is also becoming increasingly important for clinical investigation however this method alone is not a replacement for other clinical tests. Although many problems and limitations still remain unsolved, the future of echocardiography is assured. When one considers how effectively bats and dolphins use ultrasound to visualize their environment, one can appreciate that we have a long way to go in developing the full potential of echocardiography.

Key words: ultrasound, echocardiography, real-time 2-D echo, color doppler echo,
real-time 3-D echo, contrast echocardiography

要旨

ちょうど、50年前、LEDlerによる心臓病診

断に超音波を用いた初報告以来、超音波心臓診断法（心エコー法）は現在、循環器疾

朱 敏秀 新潟リハビリテーション病院

[連絡先] 〒950-3304 豊栄市木崎尾山前761番地
TEL・FAX：025-388-2111・025-388-3010
E-mail：nirehp.shu@aiko.or.jp

患の部門でも広く活用され今もなお進歩を続けている。本稿では、心エコーによる実験例を中心に心臓病の各種の疾患を供覧する。それらの症例は、主に、Mモードや断層心エコー法による・拡張型心筋症・感染性心内膜炎・原発性肺高血圧症・急性心筋梗塞症による心室中隔穿孔・心尖部肥大型心筋症であり、剖検所見と対比した。また主に、カラードップラーによる・心房中隔欠損症・僧帽弁腱索断裂による僧帽弁逆流症・マルファン症候群による大動脈弁閉鎖不全症を図説した。カラードップラーは逆流血液や短絡血流を実時間で表示可能なので臨床的に明らかに有用である。心エコー法は解剖学のみならず血行動態的情報も提供してくれるユニークな診断法であり、今後ますます、広範囲に利用されるであろう。

はじめに

ちょうど今から50年前、スウェーデンのI.EdlerとC.H.Hertzが超音波 (ultrasound) というヒトの耳には聴くことの出来ない音を使って、心臓の構造物の連続的な動き

を目で視たのが、超音波心臓診断法 (Ultrasound Cardiography,UCG)、現在では、Echocardiography、(心エコー図法に統一して呼称) の嚆矢とされている。¹⁾ Aモードから始まった心エコー図法は、Mモード(表1)、断層法 (Two-dimensional echo.2D、リアルタイム2Dも含む)、ドップラー心エコー図法 (カラードップラーや組織ドップラー法も含む) 更に、ごく最近では、三次元リアルタイム断層心エコー図法 (3D-echo) も登場してきている。超音波心臓診断法は、このように半世紀の間に目覚ましい発展を遂げている²⁾。現在、日本の医療界が経済的に厳しさを増している中で、アメリカで導入されているDRG/PPSは、Diagnosis Related Group/Prospective Payment Systemの略で、日本では「DRG (診断群) による予見定額払い方式」と訳されています。厚生労働省はこのDRG/PPSを推し薦めようとしています。著者の私見ではあるが、心電図 (ECG) より後発の心エコー図法がその有用性で数多くの実績を上げ、その方法論が確立され、より頻繁に用いられるようになって来ている。何故なら、確立され

表1 エコー法超音波診断装置の表示法と走査方法による分類 (日本超音波医学会編より)

表示方法	走査による分類		応用分野
Aモード	走査は行わない		頭部 (正中線, 脳室), 眼科 (眼軸長計測)
Bモード (断層像表示)	低速走査	手動走査	コンタクト・コンパウンド 臓器一般, 特に腹部, 産婦人科 (妊娠子宮)
		機械走査 (電動式)	リニア アーキ セクタ ラジアル コンパウンド 臓器一般, 産婦人科・腹部に適す
	高速走査	電子走査	リニア セクタ ラジアル 臓器一般, 腹部 心臓の実時間像, 腹部 体腔よりの検査 (直腸内からの前立腺診断など)
		電子走査	リニア セクタ 臓器一般, 特に動いている胎児像など 心臓の実時間像, 腹部
Mモード	走査は行わない		動く部位, 特に心臓弁・壁の動き

た臨床実績を踏まえて、現在は、より高度に発展している心エコー図法においては、

非侵襲的で低コスト（例えば、シンチグラフィよりも数段に低廉価である）が広く

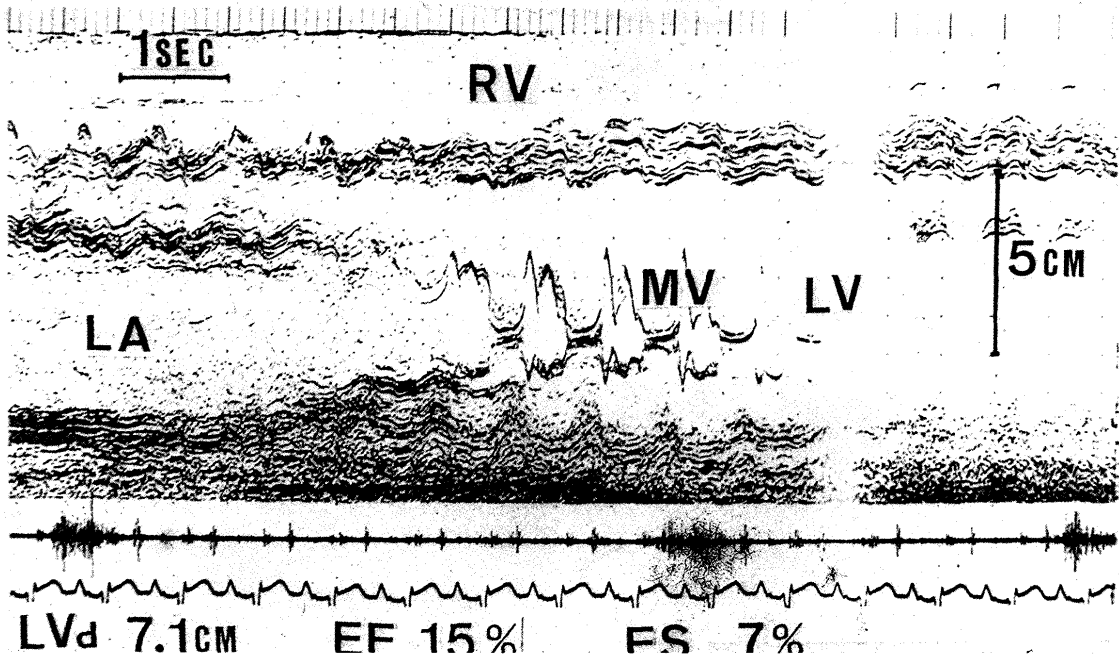


図1 拡張型心筋症（28歳、男性）のMモード心エコー図

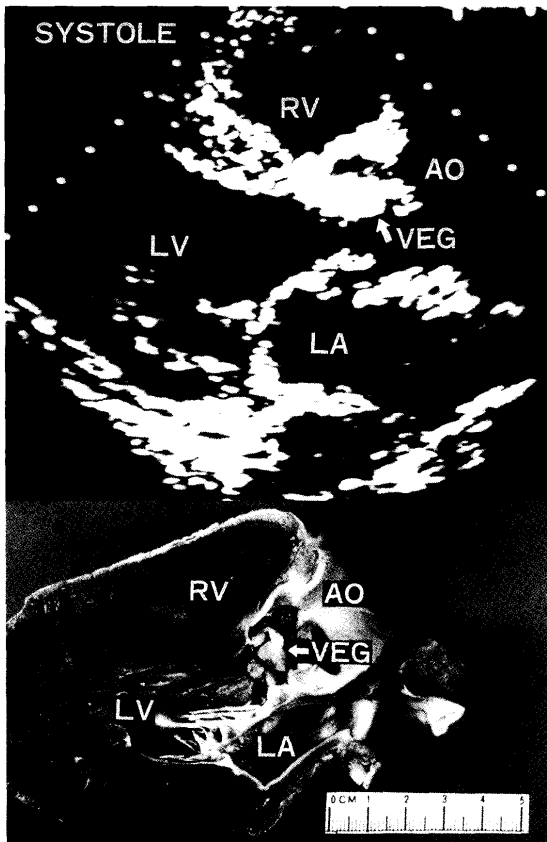


図2 カンジダによる感染性心内膜炎（70歳、男性）断層心エコー図（上段）とその剖検心（下段）

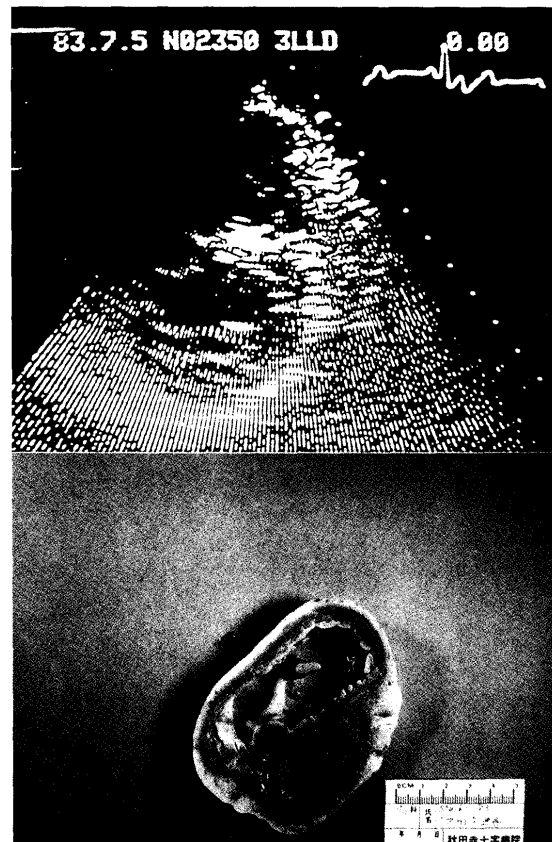


図3 原発性肺高血圧症（43歳、女性）僧帽弁レベルでの短軸断層心エコー図（上段）とその剖検心（下段）

活用されている。また日本超音波学会による臨床超音波技師の制度の創設、そのソノグラファーの会員数の増加も相俟って、更に必須の検査法になってきている。筆者は、主に心臓病の診断部門に限ってその進歩を紹介してみたい。

症例呈示

1) Mモード時代

以前にUCGといえば、この心エコー図法を指した。

図1：に 28歳、男性の拡張型心筋症のMモード心エコー図を示す。左室の拡大(LVd=7.1cm)と壁運動の低下による駆出率の低下(EF=15%)を認める。記録は上段よりMモード心エコー図、心音図、心電図を記録紙(strip-chart)に記録されている。略字は、左房(LA)、僧帽弁(MV)および左室(LV)を示す。この心エコー図法の表示方法は動き(M-modeはmotionのM)を主に示し、その時間分解能の高さが重要視され、動物実験などにも使われてい

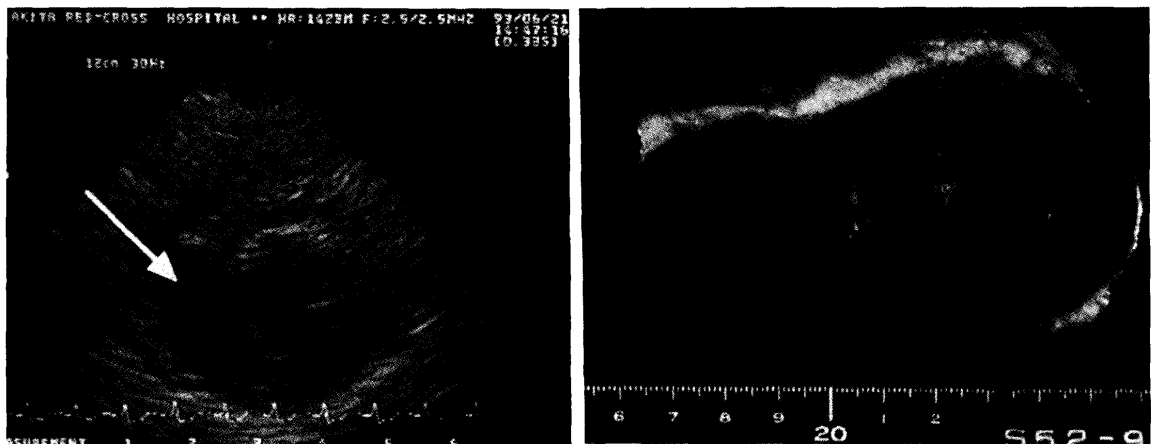


図4 急性心筋梗塞症による心室中隔穿孔例(69歳、女性)
僧帽弁レベルでの短軸断層心エコー図(左)とその剖検心(右)

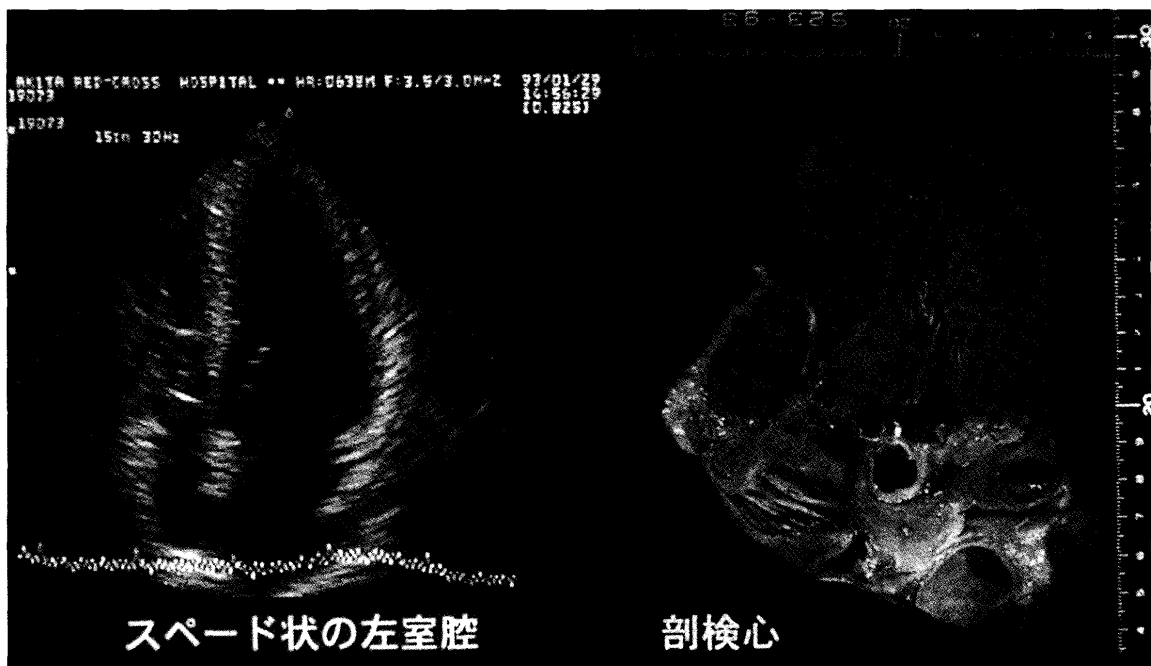


図5 心尖部肥大型心筋症(64歳、男性)
心尖四腔図の断層心エコー図(左)とその剖検心(右)

る。このようにMモード心エコー図法は、心臓や大血管の解剖学的情報のみならず心機能学的情報も得ることが出来る。³⁾⁴⁾

2) 断層心エコー図の時代

図2：70歳、男性のカンジダによる感染性心内膜炎の断層心エコー図（上段）とその剖検心（下段）。右冠尖の疣贅（VEG）を認める。略字は、RV（右室）、AO（大動脈）を示す。この装置では、径数ミリの疣贅エコーも検出可能である。断層心エコー図の点と点の間の距離は1cmを現す。

図3：原発性肺高血圧症（43歳、女性）の僧帽弁レベルでの短軸断層心エコー図

（上段）とその剖検心（下段）。拡張した右心室とそれに圧排された左心室を認める。

図4：急性心筋梗塞症による心室中隔穿孔例（69歳、女性）の僧帽弁レベルでの短軸断層心エコー図（左）とその剖検心（右）。矢印の後部心室中隔に穿孔部位を認める。

図5：心尖部肥大型心筋症（64歳、男性）の心尖四腔図の断層心エコー図（左）とその剖検心（右）。スぺード状の左室腔とそれに対応する心筋の肥大を認める。このように、断層心エコー図法は、解剖学的情報を二次元的に得ることが出来、またビデオなどで撮影できるので動画として解析が可能である。特に虚血性心疾患においては、リ

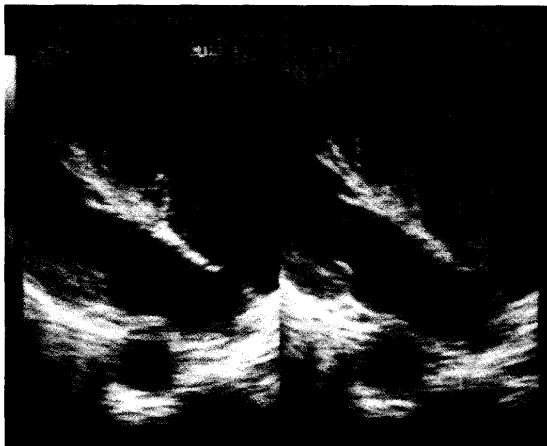
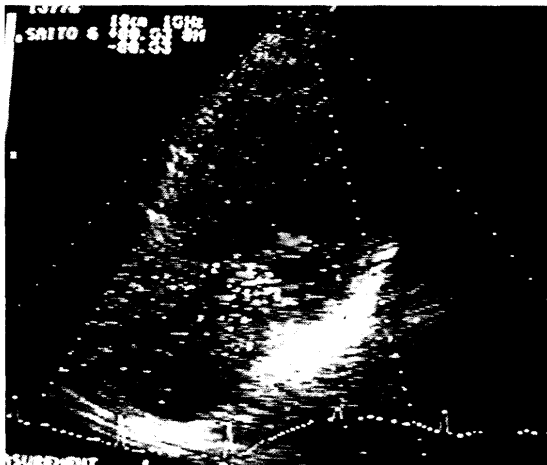
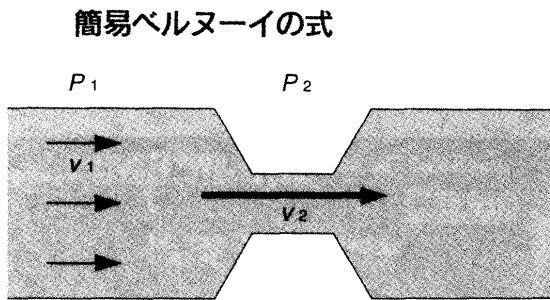


図6 心房中隔欠損症（77歳、男性）断層心エコー図（左）とカラードップラー心エコー図（右）



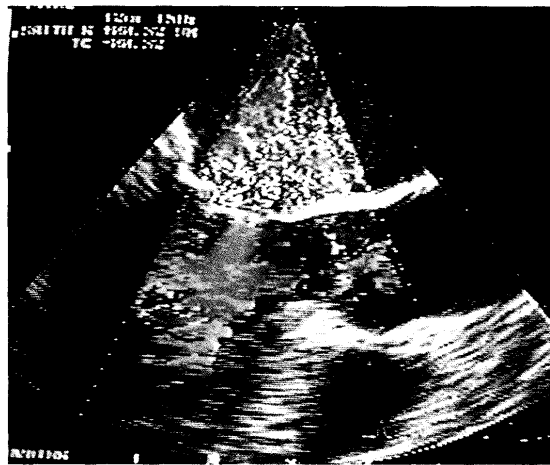
経胸壁心エコー法（TTE）



$$\Delta P \text{ (mmHg)} = P_1 - P_2 = 4 \times [v_2 \text{ (m/sec)}]^2$$

P ：圧較差、 v ：流速

図7 簡易ベルヌーイの式



経食道心エコー法（TEE）

図8 僧帽弁後尖の腱索断裂による僧帽弁逆流症（49歳、男性）カラードップラー心エコー図

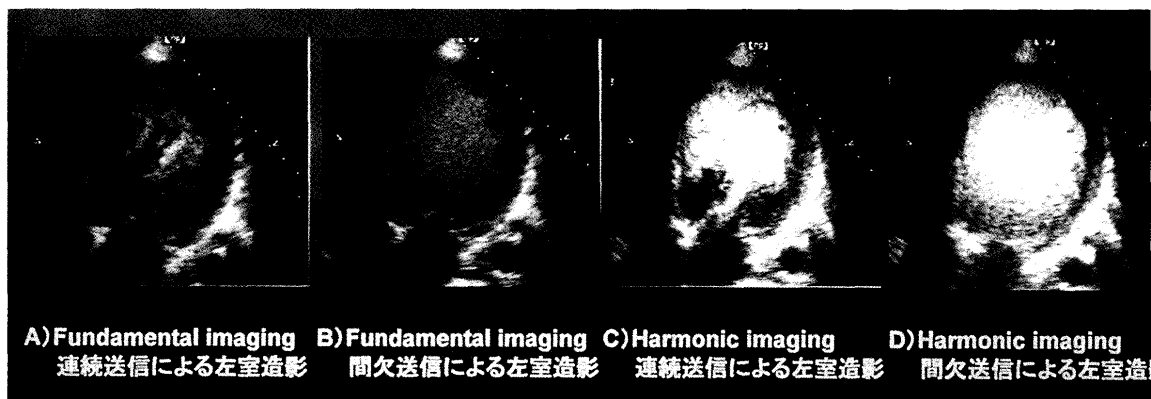


図10 レボピストによる左室造影^{註1)}

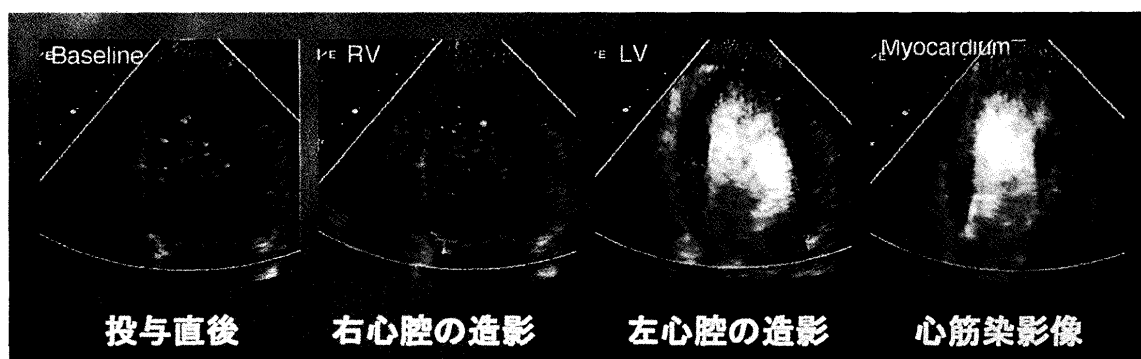


図11 レボピスト投与後のハーモニックパワードプラ画像^{註1)}

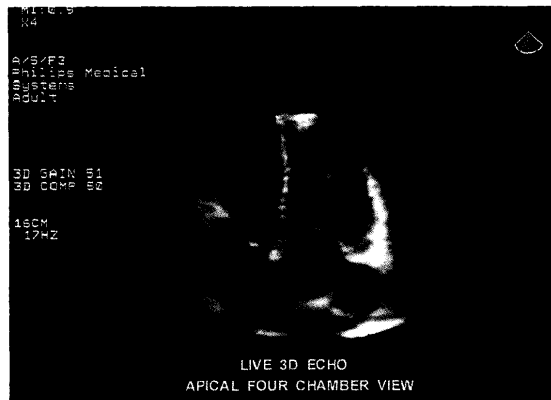


図12 心尖四腔断面の三次元心エコー図 (3D echo) ^{註1)}

図8：僧帽弁の後尖の腱索断裂による僧帽弁逆流症（49歳、男性）のカラー Doppler 心エコー図。左は経胸壁（TTE）、右は経食道心エコー図（TEE）。経食道法による僧帽弁逆流症の重症度が大きいことがカラー Doppler の色彩のモザイクの大きさで判定される。弁膜症の診断や重症度の判定、また更に、弁膜症の成因の診断にも迫

る事が出来る。本法が主に開心術中に麻酔科医に受け入れられる訳が頷ける。^{7) 8) 9) 10) 11)}

図9：マルファン症候群による大動脈弁閉鎖不全症（36歳、男性）のカラー Doppler 心エコー図、3枚（長軸と短軸の2枚）とMモードカラー Doppler（左下段）。逆流を示す色彩のモザイクは同時記録の心音図とよく対応しているのが認められる。心音図の大動脈音第II音とモザイクの始まりが一致しているのが認められる。時間分解能の高さが判る。

5) コントラスト心エコー図法の時代

図10：コントラストエコーの造影剤（レボピスト）によるコントラスト心エコー法。造影剤の経静脈性投与で左室が造影されている。

図11：レボピスト投与後のハーモニックパワー Doppler 画像（心尖四腔断面図）。右端の画像に心筋の染影も認める。技術的

になお若干の問題点が残っているが、心筋虚血の診断に有用である事が証明されている。

6) 三次元心エコー図の時代

図12：心尖四腔断面の三次元心エコー図(3D echo)。図5の断層心エコー図と比べて頂きたい。本法はごく最新の技術なので、多くの可能性を秘めていると思われ、期待される手段であろう。なんとなれば、心臓構造を一瞬にして三次元で表示することにより、弁、心房や心室壁、血管の複雑な解剖学的な位置関係をよりの確に評価できるので、カテーテル検査室や心臓外科の手術でも威力を発揮すると考えられる。(レボビストと3Dエコーの写真はPhilips社の提供による)。

おわりに

コウモリは飛ぶとき、声帯から約48,000ヘルツの超音波を毎秒数十回出し、これらの反射を耳でとらえ、障害物を避けるそうです。イルカは知能が高く、超音波で互いに連絡をとって行動しているそうです。ヒトがこの超音波を医学に応用するようになって漸く半世紀が経ちました。診断の分野だけでもいまや必要欠くべからざる手段となっています。リアルタイム3D-echoなどの出現で、その発展はとどまる処を知らないようです。

本稿では、心エコー図法の発展を自験例を中心に、一部メーカーのご好意の写真も交えて記載した。本法の有用性は、他の確立された方法論の中で後発で登場したが、素晴らしい地位を占めていると思われる。いまや、循環器内科医のみならず、とりわけ心臓外科医や麻酔科医にも支持を受けている。また日本超音波学会主導のソノグラフィアの技師数の増加もその証左であろう。包括医療の静かな拡大の昨今では、ますま

す本法の重要性は増すであろう。

文献

- 1) Edler,I and Hertz,C,H.: Use of Ultrasonic Reflectoscope of Heart Walls, Kungl. Fysiolgr. Sallsk. Forhandle. 24: pp1-19, 1954.
- 2) Feigenbaum,H., et al.: Use of Reflected Ultrasound in Detecting Pericardial Effusion, Am.J.Cardiol, 19: pp84-90, 1967.
- 3) Tanaka,M., et al.: Ultrasonic Evaluation of Anatomical Abnormalities of Heart in Congenital and Acquired Heart Diseases, Brit Heart J., 33: p686, 1971.
- 4) Feigenbaum,H.: Echocardiography. Lea & Febiger. Philadelphia. 1972.
- 5) Hatle,L., Brubakk,A., Tromsdal,A., et al.: Noninvasive Assessment of Pressure Drop in Mitral Stenosis by Doppler Ultrasound, Br.Heart J., 40: p131, 1978.
- 6) Matsuzaki,M., et al.: Assessment of Left Ventricular Anterior Wall Motion: A New Application of Transesophageal Echocardiography, J Cardiography, 8: p113, 1978.
- 7) 朱 敏秀、矢澤良光ら：心臓超音波診断法の展望と評価；心エコー図法による心機能評価—収縮能と拡張能，最新医学， 36: pp1554-1564, 1981.
- 8) Namekawa,A., Kasai,C., Tsukamoto,S., et al.: Imaging of Blood Flow Using Auto-Correlation, Ultrasound in Medicine & Biology, 8 (Suppl.): p138, 1982.
- 9) 尾本良三：カラーアトラス・リアルタイムドップラ断層心エコー図法。ドップラ断層の臨床。診断と治療社。東京。1983.

- 10) 朱 敏秀：講座：カラードップラー心エコー図法；心臓弁膜症におけるカラードップラー心エコー図法と心音図法との対比，循環器科，21: pp457-466, 1987.
- 11) 増澤信義：超音波エコー法診断装置．超音波診断．日本超音波医学会編．医学書院．東京．12-16, 1988.

註

図10～12はPhilips社の提供による。