

断層心エコー図による先天性心疾患の形態診断：系統的アプローチ

Morphological evaluation of congenital heart disease by two-dimensional echocardiography

加藤 裕久
吉岡 史夫
横地 一興
松永 伸二
鈴木 和重
武知 哲久
力武 典子

Hirohisa KATO
Fumio YOSHIOKA
Kazuyuki YOKOCHI
Sinji MATSUNAGA
Kazushige SUZUKI
Tetsuhisa TAKECHI
Noriko RIKITAKE

Summary

Recently two-dimensional echocardiography has greatly advanced in the field of congenital heart disease and has become routine clinical evaluation. However, the standard or systemic approach to evaluate the structural abnormalities of the heart and vessels has not been accomplished yet.

We set up 15 ultrasonic sections which consisted of 5 subxiphoid approaches, 7 parasternal approaches, one apex approach and 2 suprasternal approaches. Three hundred and fifty patients with various congenital heart disease and 50 normal infants and children were studied to evaluate the spatial position and the connection of major cardiac segments and the malformation of each cardiac structure.

In almost all cases the spatial position and the connection of cardiac segments were clearly evaluated. In the diagnosis of the structural malformation, large or moderate septal defect, A-V valve anomaly, pulmonary or aortic stenosis and aortic arch abnormality or coarctation of the aorta were also well evaluated, however, there were some false negatives or false positives to diagnose the abnormal echo in the left atrium, anomalous pulmonary venous return, peripheral pulmonary arteries, coronary artery and ductus arteriosus.

In certain types of congenital heart disease, for example tetralogy of Fallot, we tried to evaluate the accurate and detailed structural diagnosis and compared it with angiocardiographic or surgical findings. And 2 patients with this condition were operated on without heart catheterization and angiocardiography.

Key words

Two-dimensional echocardiography Congenital heart disease

久留米大学医学部 小児科
久留米市旭町 67 (〒830)

Department of Pediatrics, Kurume University, School
of Medicine, Asahi-Machi 67, Kurume 830

Presented at the 20th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Nagoya, March 29-30, 1980

Received for publication August 20, 1980

はじめに

最近先天性心疾患の診断に断層心エコー図(2-D エコー)が導入され^{1,2)}, その有用性が高く評価されるようになってきている^{3,4)}. しかしながらまだ各疾患における特徴的所見の列挙の段階であり, 先天性心疾患の構造診断を系統的にどのように進めるかについては十分検討されていない.

心臓の構造診断には3つの要素がある. すなわち心房, 心室, 大血管の3つの cardiac segments の *spatial position*, それらのつながり関係 *connection*, それに各心臓構造物における異常 *malformation* であり, この3つを診断して始めて先天性心疾患の構造診断が完成する. 従来 M モー

ド心エコー図による系統的な *segmental approach* は, 我々を含めいくつかの報告があり⁵⁻⁷⁾, *spatial position* や *connection* の診断には有用であったが⁸⁾, *malformation* の評価には不十分であった. また断層心エコー図における断面の設定もいくつかの試みはあるが⁹⁻¹⁶⁾, 先天性心疾患の構造診断に必要なかつ基本となり, しかも理解しやすい断面は何かという点に関しては十分検討されていない.

今回断層心エコー図によりこれらの3つの要素を診断するための15の断面を設定し, その有用性を検討した. さらにその応用として, フェロー四徴において断層心エコー図によりどこまで必要な情報が得られるか, 観血的検査がどの程度省けるか, またその限界は何かについても検討した.

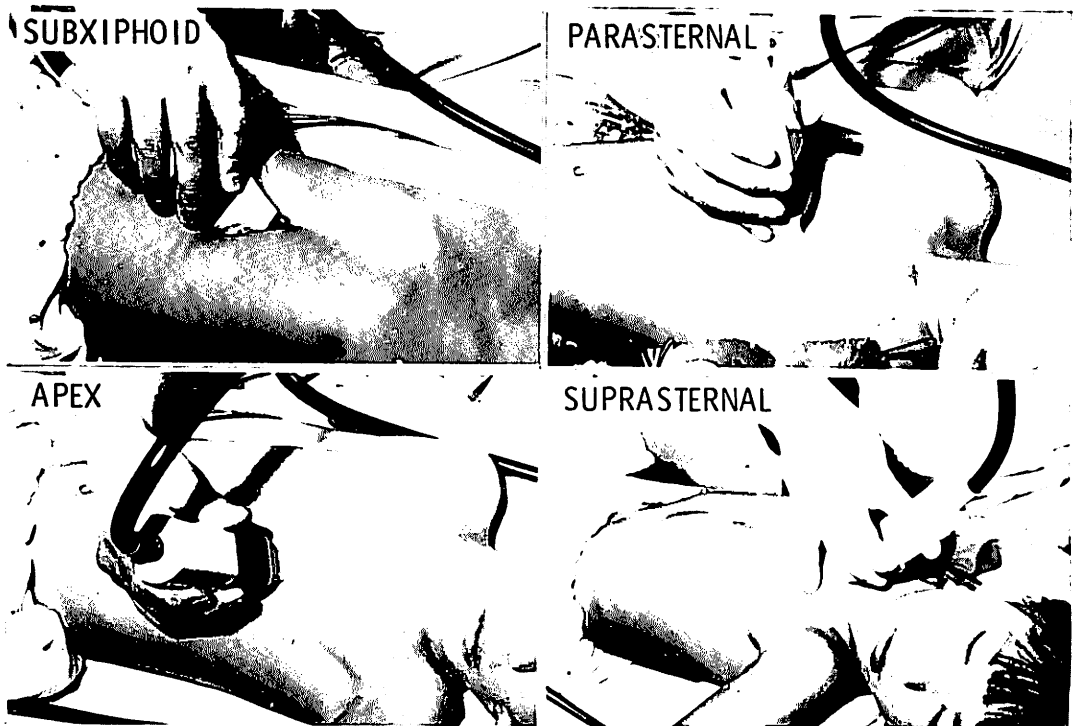


Fig. 1. Four approaches to evaluate the cardiac anatomical diagnosis.

The standard parasternal approach is essential. The subxiphoid approach is useful especially in neonates or infants with congenital heart disease. The aortic arch and pulmonary arterial branch are evaluated by the suprasternal approach.

対象および方法

対象は1生日より8歳までの正常小児50名と、2生日より6歳までの各種先天性心疾患350名で、心臓カテーテル、心血管造影検査、または手術、剖検にて診断を確認されたものである。

使用した超音波装置は東芝製SSL-53M電子セクタースキャン(2.4 MHz, 視野角度 78°), およびニアースキャン(5 MHz, 5.6 cm 幅) また Aloka 製 SSD-200S メカニカルスキャン(3.5 MHz)を用いた。記録は全例ビデオテープに録画し、ポラロイドカメラにて記録した。

一部の例では心内腔、大血管の同定および心内血流動態を評価する目的で末梢静脈もしくは心臓カテーテル検査中に心内腔よりカルジオグリーン 1~2 ml の注入を行い、コントラストエコー法を併用した¹⁷⁾。

構造診断のための15の断面

先天性心疾患の構造診断のための15の断面を設定した(Figs. 1, 2)。

1. Subxiphoid approach

Section 1: 下大静脈, 肝静脈, 右房 (Fig. 3)
 内臓正位 (situs solitus) では下大静脈は正中より右側にあるため、トランスジューサーを脊柱に平行にあてやや右側に向けると、下大静脈がとらえられる、その前方に肝臓がありその中に肝静脈が記録され、トランスジューサーをこまかく動かすと肝静脈が下大静脈に流入するところがみられる。トランスジューサーを時計方向にわずかに回転させ、少し頭側にたおすと Section 1 が得られる。この断面で下大静脈が右房に流入しているところが記録され、右房の同定と内臓心房位の決定ができる。内臓逆位 (situs inversus) では、トラ

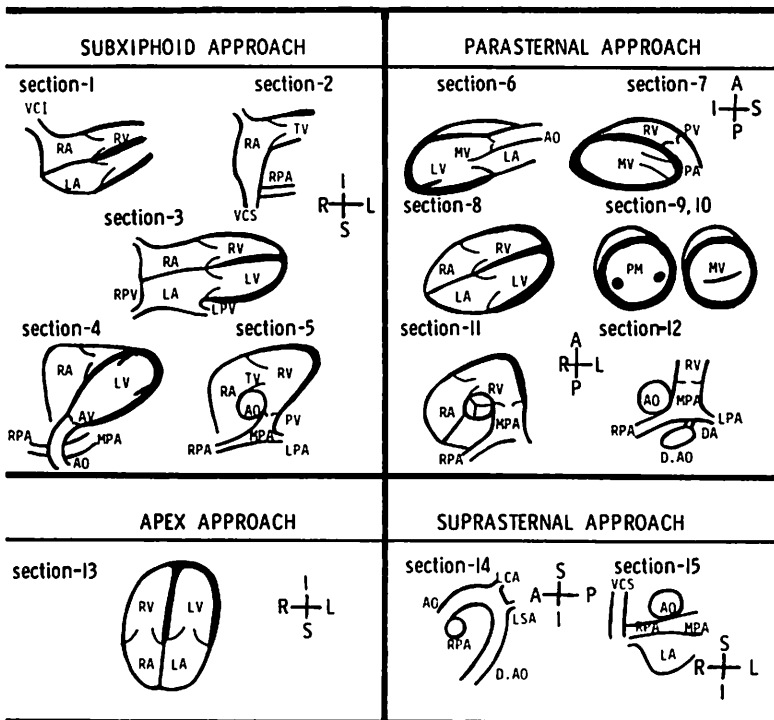


Fig. 2. 2-D echo sections for the diagnosis of congenital heart disease.

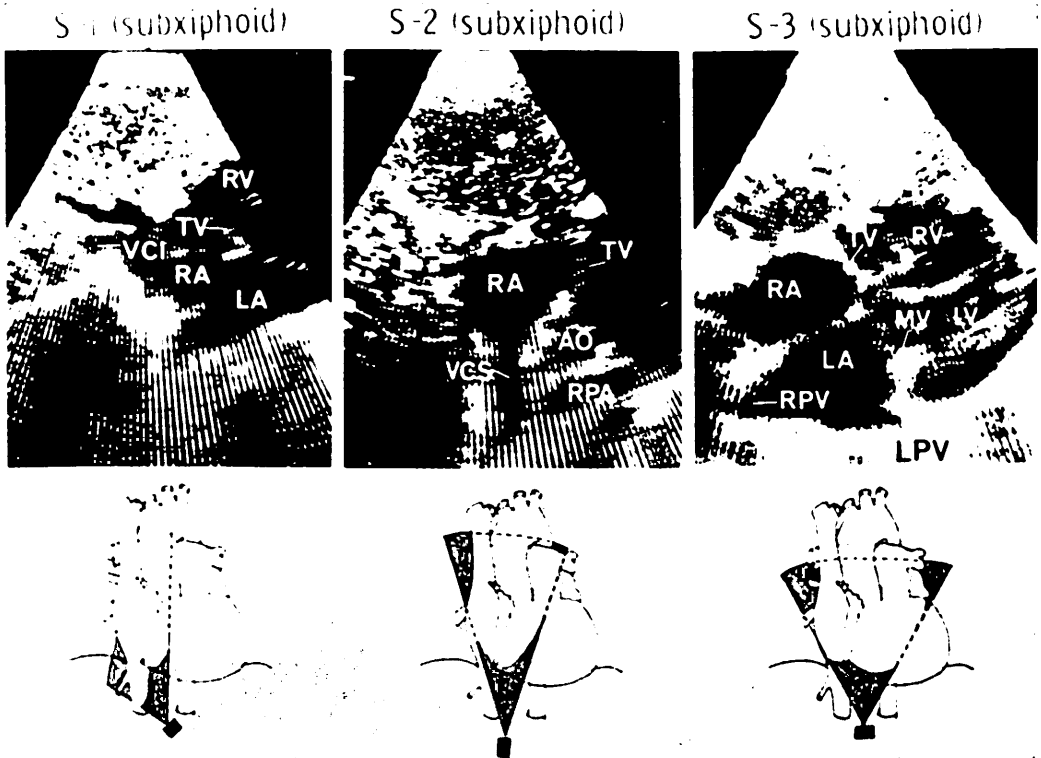


Fig. 3. Section 1, 2 and 3 by subxiphoid approach.

These outline the vena cava inferior (VCI), right atrium (RA), atrial septum, left atrium (LA), vena cava superior (VCS) and upper pulmonary veins.

ンスジャーサーを正中より左方に向け、下大静脈をとらえ、さらに反時計方向にわずかに回転させると左方より下大静脈が右房に流入するのがわかる。

下大静脈欠損の例では下大静脈はどこをさがしても、記録できず、奇静脈が心臓後方を通るのが記録できる。この場合肝静脈が流入する心房を右心房とする。

Section 2: 上大静脈, 右房, 右肺動脈

Section 1 の位置からトランスジャーサーをさらに時計方向に回転させ、体の長軸と直角になるようにし、エコービームが頭側に向くようにトランスジャーサーをねかせると、上大静脈が右房に還流するところが記録される。上大静脈の左側に右肺動脈の主分枝が記録される。

Section 3: 両心房, 両房室弁, 両心室——4 chamber view, 左右上肺静脈 (Fig. 4)

Section 2 よりさらにわずかに時計方向に回転させ、トランスジャーサーを少し立てると section 3 になる。ここでは両心房の形態や心房中隔がよく観察できる¹⁸⁾。心房中隔欠損の一次口開存および二次口開存が診断できる。また卵円孔開存や新生児の心房中隔の不完全閉鎖も観察できる。右房負荷がある時は心房中隔は左房側に膨隆し、左房負荷では反対になる。左房の両後方につづいて左右の上肺静脈が記録される。全肺静脈還流異常では左房は小さく、この肺静脈は記録できない¹⁹⁾。また三心房心もこの section で記録される。

両房室弁が記録され、共通房室弁, 弁閉鎖, 狭窄がわかる。

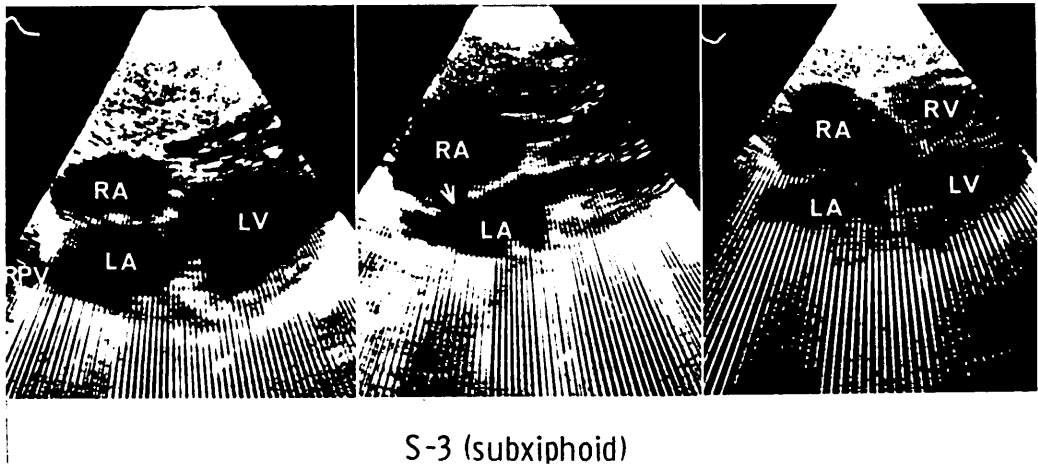


Fig. 4. Atrial septum in section 3.

Left: VSD with large L-R shunt. The left ventricle and left atrium are enlarged. The atrial septum is convex to the right atrium.

Middle: TGA after balloon atrial septostomy. A small atrial septal defect is recognized.

Right: ECD. A large ostium primum defect is recognized.

Section 4: 左室, 大動脈 (Fig. 5)

トランスジューサーを正中よりやや左側にうつし, 時計方向に回転させ, さらに左肩の方向に向けると, 左室の全体像が記録される. 左室は楕円形で内壁は smooth であり, 2つの左右乳頭筋が記録でき, 左室特有の形態が記録される (Fig. 5). 左室の流出路につづいて, 大動脈弁と, 特有のアーチ状をした大動脈弓を同一画面に記録することができる²⁰⁾. ファロー四徴の大動脈騎乗も Fig. 5のように明瞭に記録される. 大血管転位では, 左心室につづいて左右に分枝する血管が記録され, 肺動脈であることがわかる (Fig. 6). Fig. 6に正常の大血管関係と, 大血管転位について, 左室造影と対比して示している.

Section 5: 右室, 肺動脈

Section 4より, トランスジューサーを反時計方向に回転させると右室の全体像がみられる. 右室は三角形で, 内面が粗であり, 一見して左室の形態と異なる (Fig. 5). 右房, 三尖弁が記録され, 三尖弁の後方に大動脈の横断面がみられる. その左方に (図では右側に) 肺動脈弁がみられ, 三尖弁と連続性がみられる. 肺動脈弁の後方に主肺

動脈があり, それから分枝する右肺動脈が大動脈の後方を横に走る. Section 4 と section 5 をくみ合せると, 左室が左後方に, 右室が右前方にあることがわかり, 心室のループが D ループであることが診断できる. Fig. 7に L-TGA の例を示すが, 左側に右室の形態をした心室 (右心室) があり, それより大動脈が起始している. 右側には内腔の smooth な楕円形の左室があり, それより左右に分枝をする大血管 (肺動脈) がみられ, 以上の所見より, 心室のループは L ループであり, 大動脈は右室より, 肺動脈は左室より起始しているため, L-TGA の診断ができる.

このように section 4 と section 5 は心室のループおよび心室, 大血管関係を判断するのに有用な方法であり, しかも1つの画面上にそれらの関係が記録できるため, その評価も容易である. この section では新生児, 乳児にはよく記録でき, 肺の影響もうけないので, 年少児の先天性心疾患には試みるべきアプローチであろう¹⁴⁾. ただし年長児では十分な記録ができないことも多い. また, 腹部をトランスジューサーによって多少圧迫しなければならない点も欠点である.

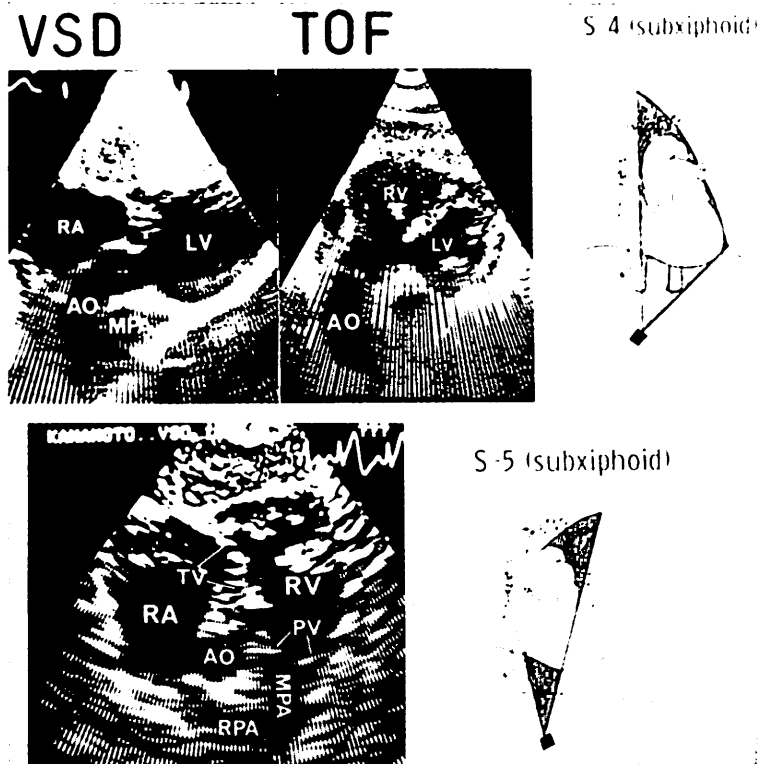


Fig. 5. Section 4 and 5 by subxiphoid approach.

Upper left: Moderate VSD. The left ventricle (LV) and aorta (AO) are well outlined.

Upper right: Tetralogy of Fallot. Overriding of the aorta is recognized.

Lower: The whole right ventricle (RV), tricuspid valve (TV), main pulmonary artery (MPA) and right pulmonary branch (RPA) are outlined.

2. Parasternal approach

胸骨縁からのアプローチは従来 M モード法, 断層法ともスタンダードの方法として一般に用いられており, 先天性心疾患の診断においてももっとも基本となるアプローチである.

Section 6: 左室長軸 (Fig. 8)

胸骨左縁第 3~4 肋間にトランスジューサーを脊椎と平行におき, さらに反時計方向に約 30° くらいに回転させる. 僧帽弁, 左室体部および流出路, 大動脈弁および大動脈, 左房, 心室中隔, 右室の一部が記録される.

先天性心疾患においては, Kirklin I 型, II 型の心室中隔欠損が記録できる. 50 例の手術され

た心室中隔欠損との対比では直径 3 mm 以上の欠損口が評価できることがわかった. Kirklin III, IV 型はこの section では十分記録できないことが多い. I 型 VSD で大動脈弁の prolapse を起こしている例では, 高位の VSD とそこに右冠尖の prolapse が起こっているのが観察でき, 診断上有用である.

大動脈弁下狭窄, 弁狭窄, 弁上狭窄はこの section でもっとも良く評価できる^{21,22)}. 左房内の異常エコー, とくに三心房心もこの section で記録でき, さらに section 3 を加えると心血管造影以上の診断的価値がある. 先天性僧帽弁狭窄 (弁上狭窄, パラシュート僧帽弁など) もこの

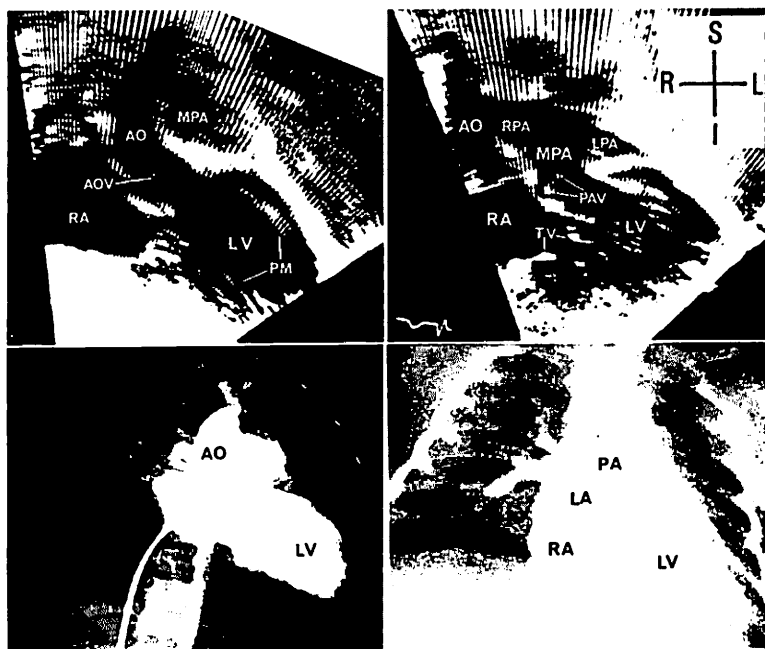


Fig. 6. Left ventricle to great artery relation by section 4.

Upper left: Moderate VSD. The aorta arises from the left ventricle.

Upper right: TGA. The outlet of the great artery from the left ventricle is the pulmonary artery which has right and left main branches.

Lower: Photographs are angiocardiograms in the same patients.

section が有用である。ファロー四徴の大動脈騎乗および僧帽弁と大血管の線維性連続の検索はこの section でもっともよく判断できる。

Section 7: 右室長軸 (Fig. 8)

Section 6 を時計方向に約 60° 回転させる (Fig. 8)。右室流出路、肺動脈弁、主肺動脈が記録される²³⁾。この section では右室ロート部狭窄、肺動脈弁狭窄、肺動脈弁閉鎖が診断できる。M モード法によるファロー四徴の肺動脈弁検出は困難なことが多いが、断層法によりこの section を用いると約 95% に検出でき、総動脈幹遺残との鑑別が容易である。

末梢静脈より注入のコントラストエコーを行うと、肺動脈弁逆流がよく観察できる。

Section 8: 4 chamber view (Fig. 8)

両心室、両心房、心房中隔、心室中隔、両房室

弁が記録でき、心内構造をみる上でもっとも基本となる section である。まず、心房心室の connection (atrio-ventricular alignment) が評価できる。たとえば三尖弁閉鎖、僧帽弁閉鎖、straddling AV valve、単心室のタイプ分類、などである。また房室弁の形態とくに共通房室弁の状態が評価でき²⁴⁾、心内膜床欠損の Rastelli 分類がこの方法で可能である。またこの疾患で重要な乳頭筋腱索の房室弁へのクロッシングもアンジオでは評価できないが、本法により可能である。Kirklin III 型および II 型の VSD や、一次口開存、二次口開存の ASD が記録される。また心室中隔膜様動脈瘤もこの section でよく観察された。

Section 9: 左室横断面、乳頭筋

左室の乳頭筋レベルでの横断面(短軸)で、左室の大きな動き、乳頭筋が観察できる。左室ポンプ

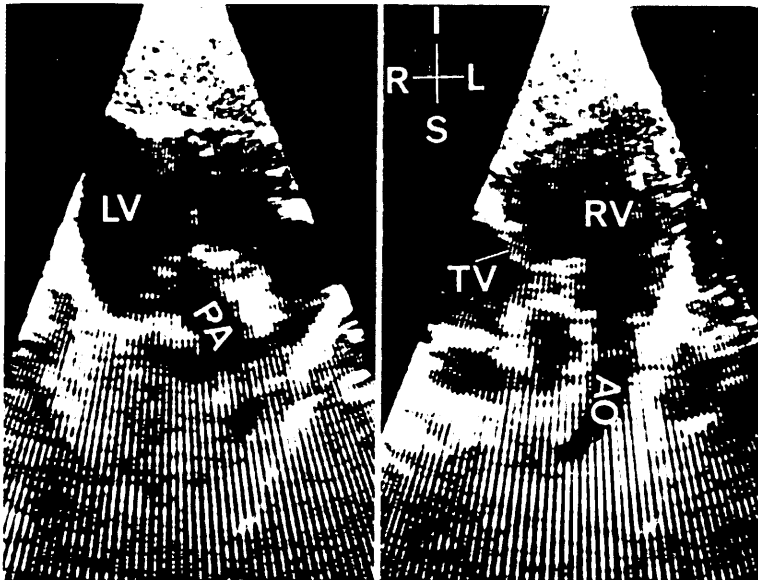


Fig. 7. L-TGA in section 4 and 5.

The left-sided ventricle is the right ventricle which has triangled shape and coarse trabeculation. The aorta arises from the right ventricle and is situated in the left side to the pulmonary artery.

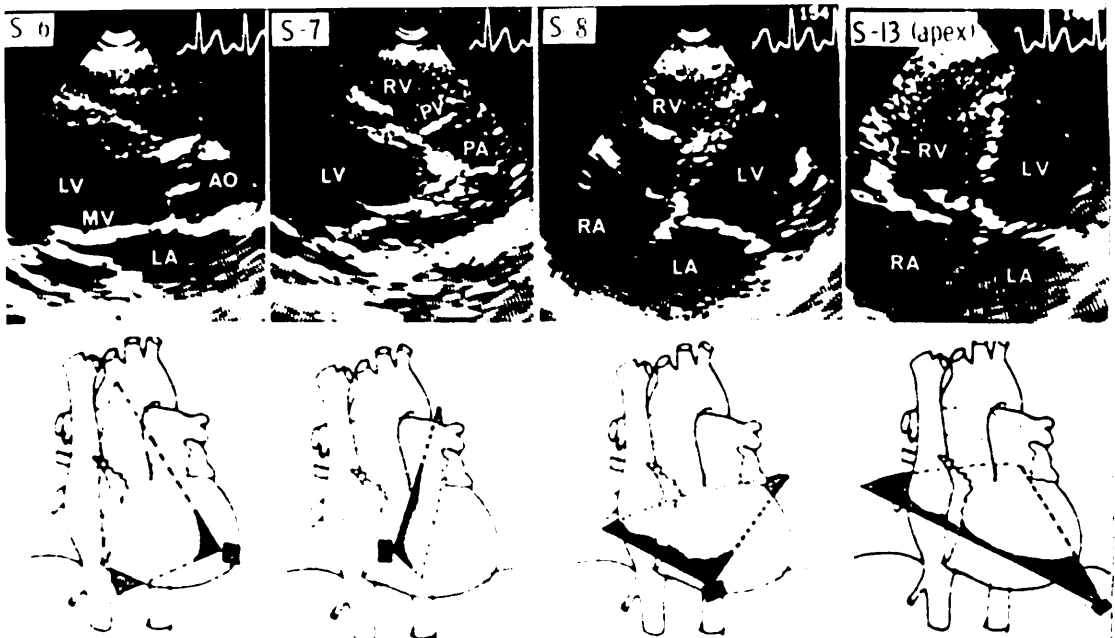


Fig. 8. Normal infant in section 6, 7, 8 and 13.

Section 6 is standard long axis view of the left ventricle. Section 7 is standard long axis view of the right ventricle. Section 8 and 13 are 4-chamber views.

機能の評価もできる。先天性僧帽弁狭窄，とくにパラシュート僧帽弁の単一乳頭筋などの異常も診断できる。

Section 10: 左室横断面—僧帽弁 (Fig. 9)

僧帽弁，左室流出路の検索に用いる。先天性心疾患では，心内膜床欠損の僧帽弁形態，クレフト，および大動脈弁下狭窄の左室流出路異常エコーが検出できる。

Section 11: 大動脈弁，三尖弁，右室，冠動脈

大動脈弁の形態，三尖弁から右室流出路，肺動脈弁にいたるつながりがわかる。先天性大動脈弁狭窄，大動脈二尖弁などが判断できる。Kirklin I型VSDで右冠尖の右室へのプロラップもこの断面で記録される。ビームを少し上方に向けると左冠動脈が記録され，さらにトランスジューサーをわずかに反時計方向に回転させると右冠動脈の分岐部がみられる。先天性心疾患においてとく

Table 1. Accuracy of structural evaluation by 2-D echogram in tetralogy of Fallot

	No. of patients evaluated	%
Overriding of the aorta	12/12	100
VSD, size and location	12/12	100
RV outflow	9/12	75
PA valve, main PA	7/12	58
PA branch: RPA	12/12	100
LPA	4/12	33
Aortic arch	12/12	100
Atrial septum, ASD	11/12	92
Left ventricle, size and function	10/12	83
Coronary artery	5/12	41

Comparing to the angiocardiogram, VSD, overriding of the aorta, aortic arch and right pulmonary artery are correctly evaluated. Structural condition of the pulmonary valve, and main pulmonary artery are less evaluated.

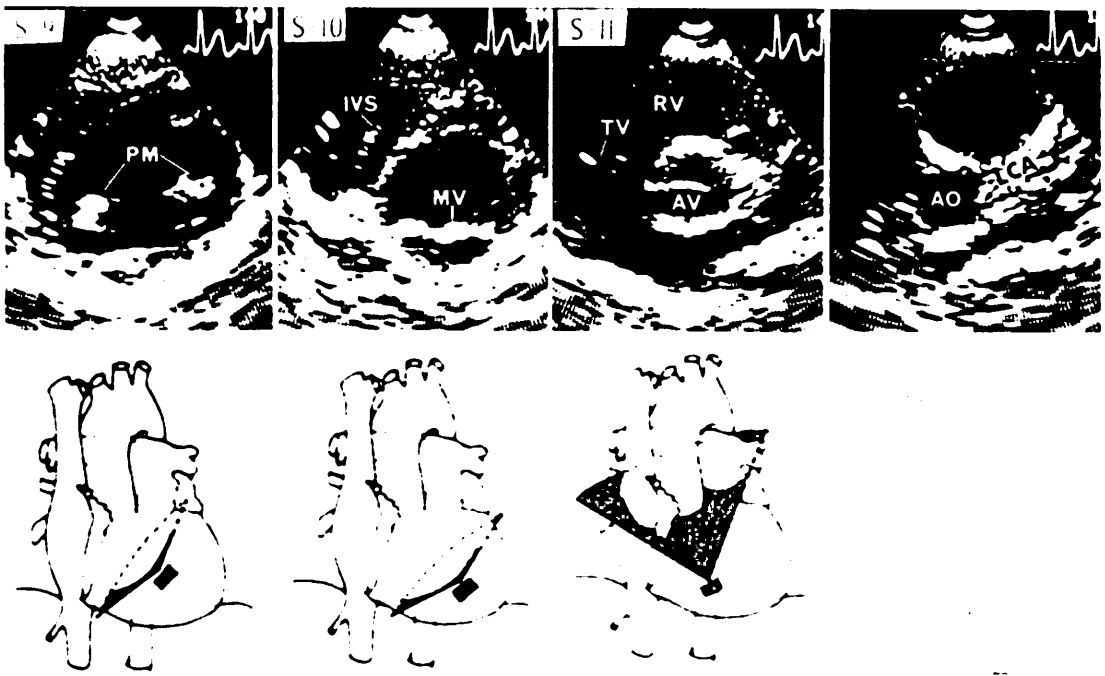


Fig. 9. Normal infant in section 9, 10 and 11.

These sections are transversed planes of the left ventricle and aorta. The coronary artery is recognized in section 11.

にチアノーゼ型では冠動脈の分枝異常もしばしばみられ, 手術における心室切開部位とも関係あるため重要である. ただし断層エコーではその起始部しか記録できず, 分枝の状態はアンジオが必要である. また冠動静脈瘻は比較的容易に診断できる.

Section 12: 肺動脈, 左右分枝 (Fig. 10)

Section 11 よりさらに上方にトランスジューサーを向けると Fig. 10 のように, 主肺動脈と大動脈の後方を右方にまわる右肺動脈分枝がみられる. 若干トランスジューサーを時計方向に回転させると, 左肺動脈の分枝が記録できる. これにより肺動脈および分枝の大きさ, 分枝狭窄などが診断できる. ファロー四徴における肺動脈の形態は手術適応に関して重要であるが, この断面でその情報が得られる.

さらにトランスジューサーを反時計方向に回転させ, 左肩, 右腰を結ぶ線状に断面をおくと, 肺動脈の後方に下行大動脈が現われる. 動脈管開存では肺動脈と下行大動脈の間にぬげがみられ動脈管開存の診断が可能である²⁵⁾ (Fig. 11). 我々の検討では直径 3 mm 以上の動脈管であれば, 記録可能であったが, false negative が 25 例中 8 例

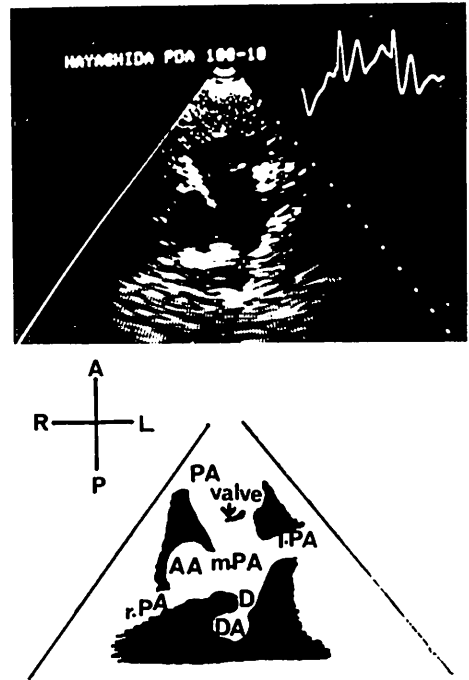


Fig. 11. Patent ductus arteriosus (PDA)

PDA is recorded at section 12 by rotating transducer counterclockwise to put on a plane at patient's right waist and left shoulder.

AA=ascending aorta; D=PDA; DA=descending aorta.

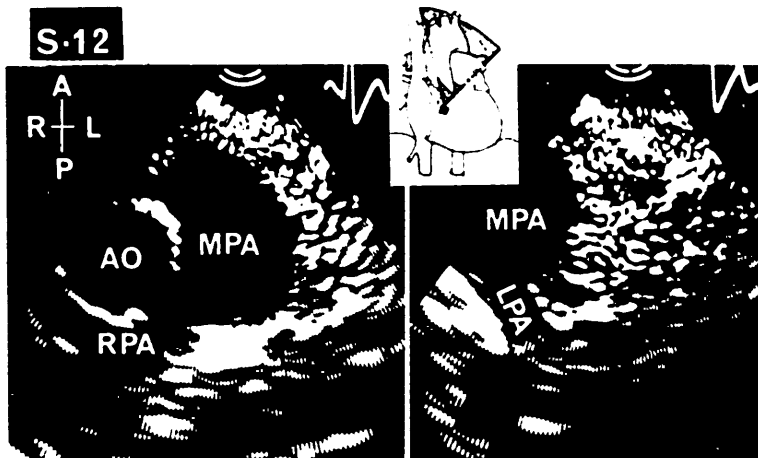


Fig. 10. Normal infant in section 12.

Left: Main pulmonary artery (MPA) and right pulmonary artery branch (RPA).

Right: MPA and left pulmonary artery branch (LPA).

(32%), false positive 120 例中 25 例 (20%) で断層エコーのみでは判断をあやまることも多く、他の臨床所見と一しょに判断すべきである。

3. Apex approach

Section 13: 4 chamber view (Fig. 8)

Section 8 と同様に心内構造の評価に有用である¹³⁾。ただし、十分な記録を得られないこともあり、section 8, section 3 などと併用して判断すべきである。

4. Suprasternal approach

Section 14: 大動脈弓 (Figs. 12, 13)

肩にまくらを入れ、頭を後方に引いて胸骨上部より下方に向けてトランスジューサーをあてる²⁶⁾。大動脈弓が記録され、左頸動脈、左鎖骨下動脈の分枝をとらえる²⁷⁾。右肺動脈の横断面も記録される (Fig. 12)。機器の gain を一段落としたほうが良い記録が得られる。この断面により、大動脈縮窄が我々の例では 100% 記録された。さらにそ

れが局在性の狭窄か、管前の弓部低形成型の鑑別もできる。大動脈弓遮断は 3 例みられたが、2 例に診断可能であった。ただ動脈管はこの断面では記録できない。

Section 15: 右肺動脈分枝 (Fig. 12)

Section 14 より、トランスジューサーを約 90° 回転させ胸壁とほぼ平行に向けると、主肺動脈より右肺動脈が分枝するところがみられる。右肺動脈の大きさ、分枝狭窄などが判断でき、とくにフロー四徴などの肺血流減少チアノーゼ心疾患の肺動脈形態をみる上で有用である。アンジオにより計測された右肺動脈径と断面エコーによるその対比は、 $r=0.83$ と良い相関を示した (Fig. 16)。

心形態診断のための系統的アプローチ

前述の 15 の断面を用いて、先天性心疾患の形態診断の系統的アプローチを試みた。形態診断の手順として、まず心房、心室、大血管などの主要

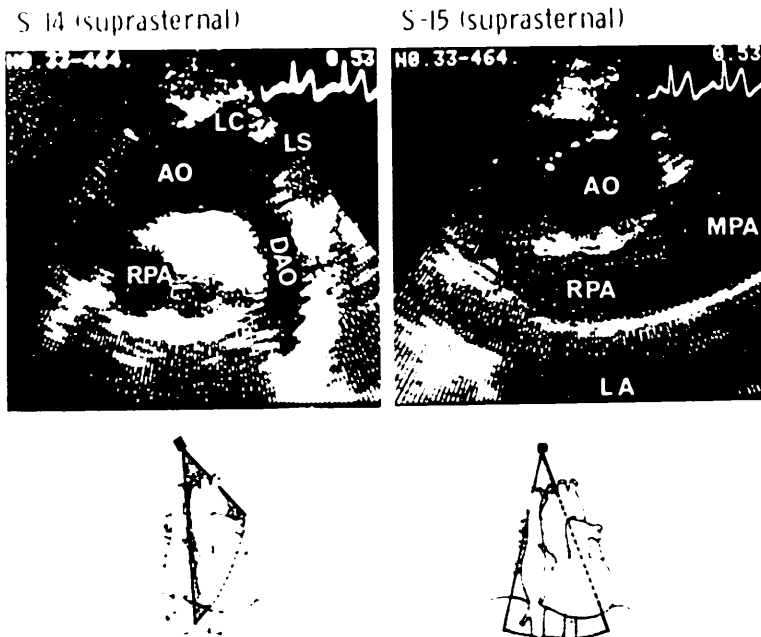


Fig. 12. Normal subject in section 14 and 15 from suprasternal approach.

Left: The aortic arch is well recognized in section 14.

Right: The main pulmonary artery and right pulmonary artery branch are recorded.

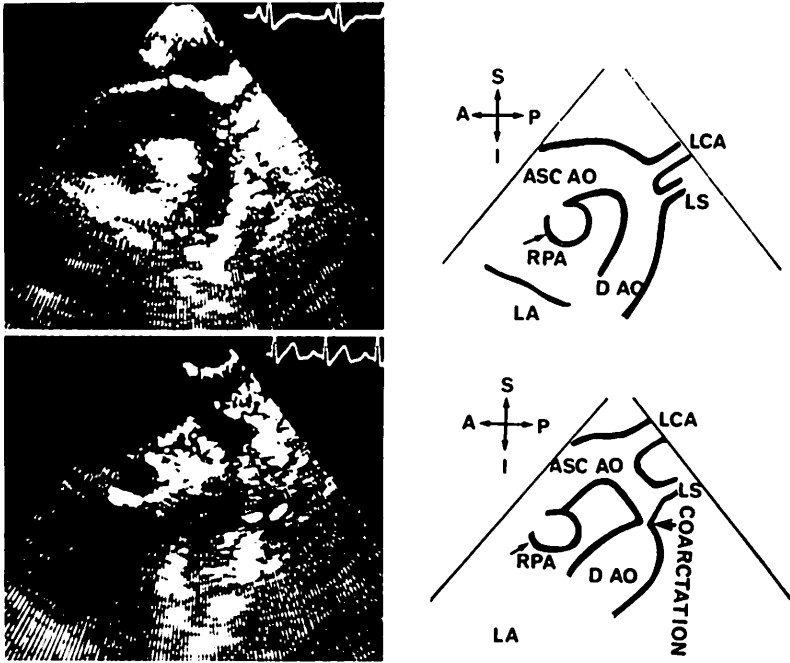


Fig. 13. Coarctation of the aorta in section 14.
Upper: Normal aortic arch.
Lower: Coarctation of the aorta.

心区分 (cardiac segments) の位置関係 (spatial position), つぎにそれらのつながり関係 (connection), さらに心構造物のそれぞれにおける異常 (malformation) の3つを診断していけばよい.

1. 主要心区分の位置関係 (spatial position of cardiac segments)
 - a) 内臓心房位 (viscero-atrial situs)
Section 1, 2, 3 で判断できる.
 - b) 心室位 (ventricular loop)
Section 4, 5, 6, 8, 10, 11 でみる.
 - c) 大血管関係 (great arteries)
Section 4, 5, 11 でみる.
2. 主要心区分のつながり関係 (connection of cardiac segments)
 - a) 心房心室関係 (atrio-ventricular alignment)
Section 3, 8, 13 による.
 - b) 心室大血管関係 (ventriculo-arterial relation)

Section 4, 5, 6, 7, 11 による.

3. 各構造物における異常 (malformation)

- a) 体静脈 Section 1, 2
- b) 肺静脈 Section 3
- c) 心房, 心房中隔 Section 1, 2, 3, 8, 13
- d) 房室弁 Section 3, 8, 10, 13
- e) 左室, 心室中隔 Section 4, 6, 8, 9, 13
- f) 右室 Section 5, 7, 8, 11, 13
- g) 大動脈, 大動脈弁 Section 4, 6
- h) 肺動脈, 肺動脈弁 Section 5, 7, 11, 12, 15
- i) 大動脈弓 Section 4, 14
- j) 動脈管 Section 12
- k) 冠動脈 Section 11

以上の方法で心臓の各 segment の位置関係, つながり関係, 各部の異常について系統的にアプローチしていくと, ほとんどすべての先天性心疾患の病型診断が可能であった. とくに segment の位置関係やつながり関係に関しては, ほぼ

100% の評価ができる。各部の異常に関しては、まだ多少の false positive, negative が存在する。たとえば、左房内異常エコー（三心房心と誤診した例があった）、肺静脈還流異常部位、肺動脈末梢、とくに左肺動脈分枝、冠動脈、動脈管などの評価には慎重を要する。とくに血管系に関してはアンジオに頼らざるを得ない部分があるが、臨床所見や胸部レントゲンなどの他の検査所見と総合的に判断することが必要と考える。

また今後症例の積み重ねにより、それらの評価がより精密になる可能性もある。

先天性心疾患の構造診断がカテーテル、アンジオ検査なしでどこまで可能か？——ファロー四徴における検討

断層心エコー図により先天性心疾患の心構造、診断がかなりの精度で可能であることが判明してくると、従来この評価に不可欠であったカテーテル、アンジオ検査がどこまで省けるかという問題に発展してくる。その1例としてファロー四徴を取上げてみた。対象は14例のファロー四徴で12例において、カテーテル検査心血管造影と対比した。また2例において断層心エコー図で十分に情報が得られたものに、カテーテル心血管造影法な



Fig. 14. Tetralogy of Fallot.

Left: Overriding of the aorta and ventricular septal defect are well recognized. The lower photograph is the right ventricular angiocardiogram in the same patient.

Right: Right pulmonary artery (RPA) in section 15. Shape and size of RPA are well evaluated by this section.

しに手術を行った。

ファロー四徴の診断, 重症度, 手術適応やその時期および術式に関する情報はおもに心血管造影所見によることが多い。これらに必要な情報をまず列記し, それらが断層心エコー図の前に述べたどの断面で得られるかを検討した。

- 1) 大動脈騎乗 Section 4, 6
- 2) VSD の大きさ, 位置 Section 6, 8
- 3) 右室流出路形態 Section 5, 7, 11
- 4) 肺動脈弁, 主肺動脈の形態 Section 5, 7, 11
- 5) 肺動脈分枝の大きさ Section 5, 12, 15
- 6) 大動脈弓(右, 左) Section 14
- 7) 心房中隔および短絡 Section 3, 8, 13
- 8) 左室容量 Section 4, 8, 13

9) 冠動脈 Section 11

大動脈騎乗とその程度は全例で評価でき, アンジオの所見と一致した。VSD も全例に診断でき, 大きさはアンジオ所見とほぼ一致をみた。手術例 6 例との対比では, 手術時の VSD の計測に比べ断層エコーによる計測のほうが全例小さな値を示した(平均 68%)。右室流出路, 肺動脈弁, 主肺動脈の形態は当初セクタースキャンで評価していたが, のちに 5 mHz のリニアスキャンを導入し, より良い評価ができるようになった。このトランスジューサーは右心系などの浅い部分の評価に適しており, また, セクタースキャンに比べ広い範囲を記録することができ, 右室, 肺動脈系の記録に適していると考える。右室流出路形態は 75% に, 肺動脈弁の形態は 58% に診断できた。今回

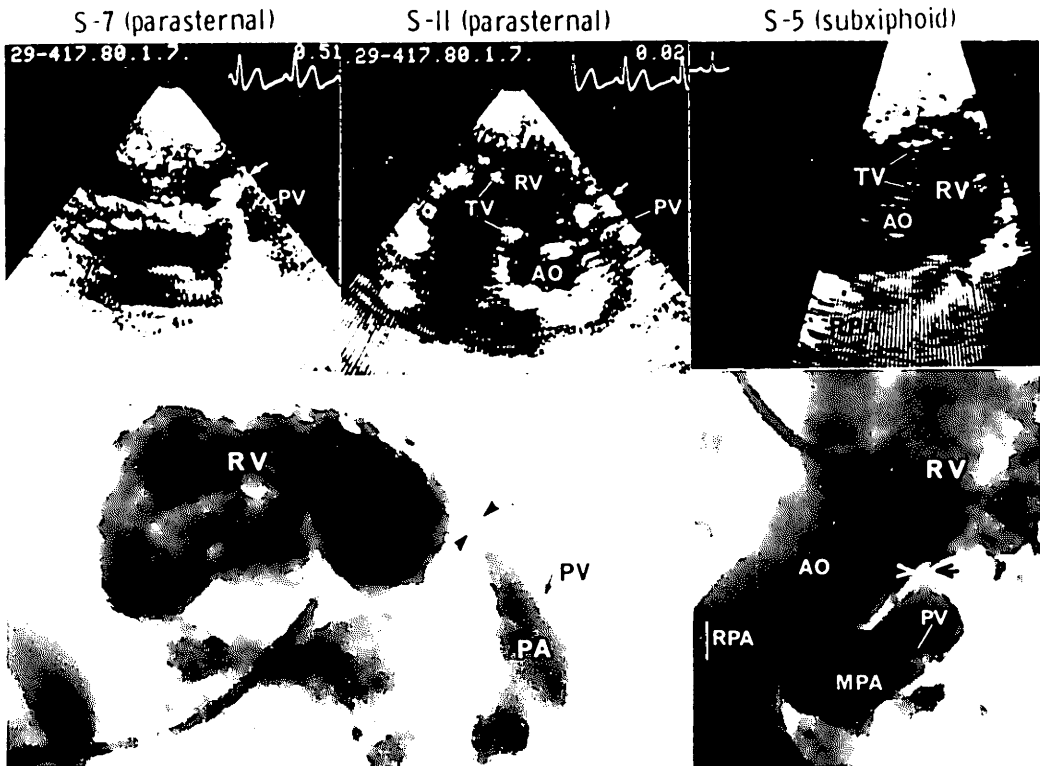


Fig. 15. Right ventricular outflow and pulmonary artery in tetralogy of Fallot.

Anatomical conditions in the right-ventricular outflow and pulmonary artery are well evaluated by section 7, 11 and 5.

肺動脈弁閉鎖を伴うファロー四徴は対象になかったが、心室中隔欠損を伴わない肺動脈弁閉鎖の例を我々は経験し、その弁閉鎖の形態を十分記録することができたため、ファロー四徴においても同様の評価が可能と考える。肺動脈弁が二尖弁か三尖弁かの判断はできなかった。主肺動脈の形態や大きさに関しても 58% に判断できたが、主肺動脈が極端に小さい例で、記録が十分できなかった。肺動脈分枝に関しては右肺動脈分枝は 100% に記録されアンジオ所見と一致した。とくに section 15 の胸骨上部からのアプローチが有用であった。右肺動脈分枝のもっとも細い例は内径 3 mm であったが、断層エコーでは 4 mm に記録された。左肺動脈分枝の評価はもっとも困難であり、section 12 により主肺動脈より、分枝する部分のみが 33% に記録できた。

ファロー四徴での肺動脈分枝の状態は手術適応決定上でも重要な項目の一つである。しかし右肺動脈分枝に関してはかなりの情報が得られたが、左肺動脈分枝に関しては十分な情報が得られなかった。とくにファロー四徴に伴う左肺動脈欠損ないし、低形成の診断には断層エコー図によっては限界があるように思われる。ただ左肺動脈欠損は

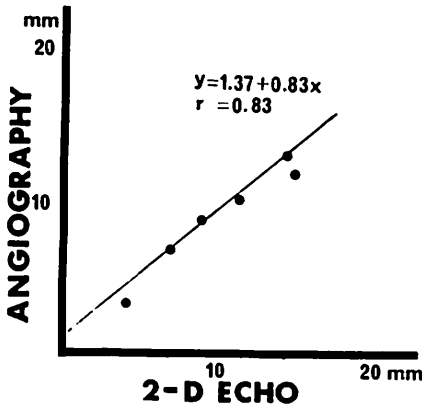


Fig. 16. Diameter of the right pulmonary artery branch in tetralogy of Fallot by section 15.

Measurement by 2-d echogram has good correlation to that obtained from the angiogram.

右大動脈弓の場合がほとんどであり、また胸部レントゲンも十分に参考にすべきで、その存在が疑われたらアンジオは必ずすべきであろう。

大動脈弓は全例に記録できた (Section 14)。右大動脈弓は 2 例にみられたが、胸骨上部においてトランス ジューサーの角度を変えることにより、左大動脈弓か右大動脈弓かの判断ができる。心房中隔の形態および心房中隔欠損は 92% に判断できた。短絡の判断は末梢静脈よりのコントラストエコー法を併用し²⁸⁾、心房中隔欠損の合併 2 例、卵円孔開存 5 例に心房での右左短絡を記録できた。心房中隔欠損は二次中隔エコーの欠損がみられ、卵円孔開存ではそれがなく、しかもコントラストエコーで右左短絡がみられた。ただ ASD が小さい場合、卵円孔開存との区別は困難と思われる。左室容量に関しては、今回エコーによる左室容量の計測は行わなかった。断層エコー法による左室容量測定の試みはいろいろあるが、多くの問題点もあるためである。今回は左室短軸のみを計測し、正常か、小さいか、極端に小さいかの三段階に分けてアンジオと対比したところ、この三段階の評価は 83% に一致をみた。手術適応をきめる上での左室容量の評価はこの程度のもので十分であると考ええる。冠動脈に関しては、ファロー四徴で時おり冠動脈の走行異常があり、とくに右室流出路を冠動脈が横切るような場合が手術と関連して問題になる。断層エコーでは冠動脈が大動脈より起始する部分のみが記録された。左冠動脈 85%、右冠動脈は 42% に記録されたが上記のようなさらに末梢部の状態は評価できなかった。

臨床所見および前述のアプローチによる断層エコー法で、ファロー四徴の形態診断ができた、6 歳と 4 歳の 2 例につき、カテ、アンジオ検査なしで根治手術を行った。手術時の心形態と断層エコー法によるそれとはほぼ一致し、とくに問題はなかった。

他の先天性心疾患についても、同様の方法により診断や手術に必要な情報項目をリストアップし、断層エコーのどの断面でその評価ができるか

を検討していけば, 各先天性心疾患において観血的検査なしで手術に持っていける例がかなりあると考えられ, 現在いくつかの疾患において我々はすでに行っている. とくに重症の新生児心疾患では, できるだけ早く判断をすることが必要であり, またカテ, アンジオ検査で状態が悪化することもよくみられ, 今後このようなアプローチも試みるべきものとする. ただ断層エコー法にも限界があり, 心内構造に関してはアンジオ以上に評価できるが, 肺動脈の末梢, 冠動脈, 大動脈弓よりの動脈分枝, 肺静脈, 動脈管に関しては十分評価できず, 胸部レントゲンや他の臨床所見を十分参考にし, それらに問題点が疑われれば, 観血的検査を必ず行うべきであろう.

文 献

- 1) Tanaka M, Neyazaki T, Kosaka S, Sugi H, Oka S, Ebina T, Terasawa Y, Unno K, Nitta K: Ultrasonic evaluation of anatomical abnormalities of heart in congenital and acquired heart diseases. *Brit Heart J* 33: 686-698, 1971
- 2) Sahn DJ, Terry R, O'Rourke R, Leopold G, Friedman WF: Multiple crystal and cross-sectional echocardiography in the diagnosis of cyanotic congenital heart disease. *Circulation* 50: 230-238, 1974
- 3) Houston AB, Gregory NL, Coleman EN: Two-dimensional sector scanner echocardiography in cyanotic congenital heart disease. *Brit Heart J* 39: 1076-1081, 1977
- 4) Henry WL, Maron BJ, Griffith JM: Cross-sectional echocardiography in the diagnosis of congenital heart disease. *Circulation* 56: 267-273, 1977
- 5) Solinger R, Elbl F, Minhas K: Deductive echocardiographic analysis in infants with congenital heart disease. *Circulation* 50: 1072-1096, 1974
- 6) 加藤裕久, 吉岡史夫, 横地一興, 田中地平, 小池茂之: 重症新生児心疾患の診断, 心エコー図の効用. *J Cardiology* 7: 453-468, 1977
- 7) 長井靖夫: 心エコー図による先天性心疾患の MAP 診断. *小児医学* 11: 251-308, 1978
- 8) 加藤裕久, 吉岡史郎: 先天性心疾患の心エコー図による構造診断. とくに atrioventricular malalignment について. *J Cardiology* 8: 521-538, 1978
- 9) Henry WL, Maron BJ, Griffith JM, Epstein SE: Differential diagnosis of anomalies of the great arteries by real time two-dimensional echocardiography. *Circulation* 51: 283-291, 1975
- 10) Tajik AJ, Hagler DJ, Mair DD, Lie JT: Two dimensional real time ultrasonic imaging of the heart and great vessels. *Mayo Clin Proc* 53: 271-303, 1978
- 11) Sahn DJ, Williams DE, Shackelton S, Friedman WF: The validity of structure identification for cross-sectional echocardiography. *J Clin Ultrasound* 2: 201-216, 1974
- 12) Allen HD, Goldberg SJ, Shan DJ, Ovitt TW, Goldberg BB: Suprasternal notch echocardiography: Assessment of its clinical utility in pediatric cardiology. *Circulation* 55: 605-612, 1977
- 13) Silverman NH, Schiller NB: Apex echocardiography. A two-dimensional technique for evaluating congenital heart disease. *Circulation* 57: 503-511, 1978
- 14) Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg SJ: Subxiphoid cross-sectional echocardiography in infants and children with congenital heart disease. *Circulation* 59: 513-524, 1979
- 15) 加藤裕久, 吉岡史夫, 竹内純孝: チャノーゼ型先天性心疾患, 断層心エコー図によるアプローチ. *肺と心* 26: 249-258, 1979
- 16) 里見元義: 先天性心疾患診断のための心断層エコー図. *東京女子医大誌* 50: 1-22, 1980
- 17) 吉岡史夫, 竹内純孝, 松永伸二, 横地一興, 田中地平, 小池茂之, 加藤裕久: Contrast echoangiography による心内血流診断. *J Cardiology* 9: 675-688, 1979
- 18) Bierman FZ, Williams RG: Subxiphoid two-dimensional imaging of the interatrial septum in infants and neonates with congenital heart disease. *Circulation* 60: 80-90, 1979
- 19) Sahn DJ, Allen HD, Lange LW, Goldberg SJ: Cross sectional echocardiographic diagnosis of the site of total anomalous pulmonary venous drainage. *Circulation* 60: 1317-1325, 1979
- 20) Bierman FZ, Williams RG: Prospective diagnosis of d-transposition of the great arteries in neonates by subxiphoid, two-dimensional echocardiography. *Circulation* 60: 1496-1502, 1979
- 21) Weyman AE, Feigenbaum H, Hurwitz RA, Girod DA, Dillon JC: Cross-sectional echocardiographic assessment of the severity of aortic stenosis in children. *Circulation* 55: 773-778, 1977
- 22) Williams DE, Sahn DJ, Friedman WF: Cross-sectional echocardiographic localization of sites of left ventricular outflow tract obstruction. *Amer J Cardiol* 37: 250-255, 1976

- 23) Caldwell RL, Weyman AE, Hurwitz RA, Girod DA, Feigenbaum H: Right ventricular outflow tract assessment of cross-sectional echocardiography in tetralogy of Fallot. *Circulation* 59: 395-402, 1979
- 24) Sahn DJ, Terry R, O'Rourke R, Leopold G, Friedman WF: Multiple crystal echocardiographic evaluation of endocardial cushion defect. *Circulation* 50: 25-32, 1974
- 25) Sahn DJ, Allen HD: Real-time cross-sectional echocardiographic imaging and measurement of the patent ductus arteriosus in infants and children. *Circulation* 58: 344-354, 1978
- 26) Weyman AE, Caldwell RL, Hurwitz RA, Girod DA, Dillon JC, Feigenbaum H, Green D: Cross-sectional echocardiographic detection of aortic obstruction, coarctation of aorta. *Circulation* 57: 498-502, 1978
- 27) Sahn DJ, Allen HD, McDonald G, Goldberg SJ: Real-time cross-sectional echocardiographic diagnosis of coarctation of the aorta: A prospective study of echocardiographic-angiographic correlations. *Circulation* 56: 762-769, 1977
- 28) Fraker TD, Harris PJ, Behar VS, Kisslo JA: Detection and exclusion of interatrial shunts by two-dimensional echocardiography and peripheral venous injection. *Circulation* 59: 379-384, 1979