

## 10. 超音波検査の進め方 心疾患のチェックポイント

中島 哲 岩下 浄明<sup>1)</sup> 上條 敏夫<sup>2)</sup> 武山 茂<sup>3)</sup>  
山口 秀樹<sup>4)</sup> 高須賀 康宣<sup>5)</sup> 水島 美津子<sup>6)</sup>

IRYO Vol. 60 No. 10 (658-664) 2006

キーワード 心エコー図, 心疾患, ドプラ, 血行動態

### はじめに

心エコー図は心臓の形態、機能、動態を総合的に短時間で評価できるため、循環器領域では必須の検査法である。総合評価をする際には断層法、Mモード法、ドプラ法（カラー、パルス、連続波、組織）などの手法を用いるが、これらの手法の特徴を十分に理解し目的に応じた使い分けが必要となる。

今回は、成人で遭遇する典型的な心疾患を提示する中で、手法の使い分けとドプラ、血行動態を中心にチェックポイントを述べる。

### 断層法の特徴

心臓のさまざまな断面像を得ることができるが、基本となる断層面は胸骨左縁、心尖部、心窩部、胸骨右縁、胸骨上窩部である。大部分の疾患は胸骨左縁、心尖部アプローチで動態、形態の異常の有無を確認することができる。

### 読影のチェックポイント

#### 1. 各心腔の大きさとバランス

健常者の胸骨左縁長軸断面（図1）では右室、大動脈基部、左房径はほぼ等しくバランスがとれている。しかし、疾患例では圧負荷（図2）、容量負荷（図3）などの血行動態に異常をきたし、負荷のかかる部分に拡大や肥大が生じてバランスが崩れてくる。各心腔の大きさとバランスをみることで、その原因となる理由や部位を見つけ出すことが重要となる。

#### 2. 視野深度

視野深度の深い位置にある異常を見逃しがちである。とくに下行大動脈の異常像、胸水貯留、心臓外組織（図4）による圧排像には注意を要する。検査時は必ず心臓外組織も含めた描出を行い、全体像を観察することが重要である。

国立病院機構西群馬病院 研究検査科 1) 国立病院機構霞ヶ浦医療センター 研究検査科  
2) 国立病院機構西埼玉中央病院 研究検査科 3) 国立病院機構東京病院 臨床検査科  
4) 国立国際医療センター 臨床検査部 5) 国立病院機構四国がんセンター 臨床検査科  
6) 国立病院機構さいがた病院 臨床検査科

別冊請求先：中島 哲 国立病院機構 西群馬病院 研究検査科 〒377-8511 群馬県渋川市金井2854番地  
(平成18年7月26日受付)

Series of Articles on Ultrasonography 10. Clinical Applications of Ultrasonography: Diagnosis of Heart Disease  
Satoshi Nakajima, <sup>1)</sup>Kiyoaki Iwashita, <sup>2)</sup>Toshio Kamijo, <sup>3)</sup>Shigeru Takeyama, <sup>4)</sup>Hideki Yamaguchi, <sup>5)</sup>Yasunori Takasuka and <sup>6)</sup>Mitsuko Mizushima

Key Words: echocardiography, heart disease, doppler, hemodynamics

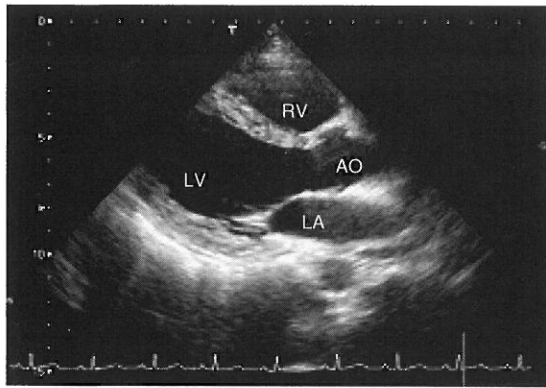


図1 健常者 胸骨左縁長軸断面

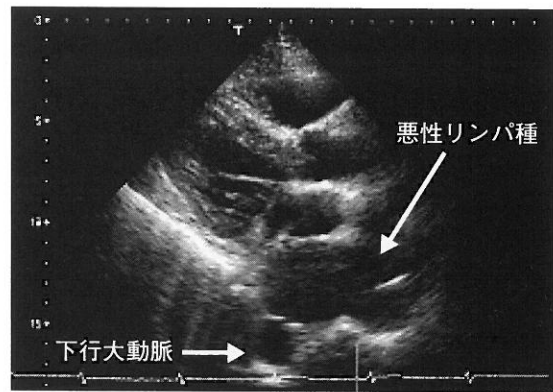


図4 悪性リンパ腫 胸骨左縁長軸断面  
左房下に低エコー腫瘍病変が認められる。視野深度を浅くすると下行大動脈と見誤る恐れがある。

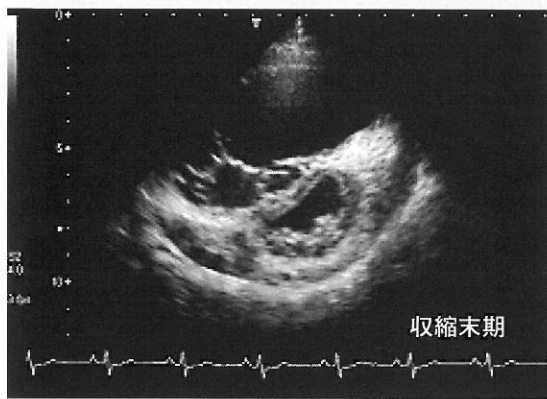


図2 原発性肺高血圧症 胸骨左縁短軸断面

左室の狭小化と右室の著明な拡大を認める。収縮末期に心室中隔は圧排され扁平化をきたし、左室は半月型に変形していることから肺高血圧症を示唆することができる。

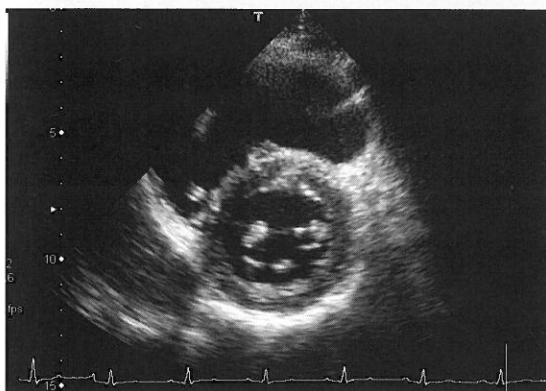


図3 心房中隔欠損症 胸骨左縁短軸断面

心房中隔欠損症による右室への容量負荷のため著明な右室拡大を認める。

### M-mode 法の特徴

動きを解析する手法で、距離分解能、時間分解能に優れているため時相分析に有用である。径の計測は立ち上がり点から立ち上がり点 (leading edge から leading edge) までを測定する。左室収縮能の計測を行う場合の留意点は一次元情報から回転楕円体と仮定した左室容量すなわち三次元情報を推定しているため、ビームが斜入する Sigmoid septum 例や中等度以上の心嚢液貯留 (図5)、右室容量負荷、左室局所壁運動異常 (図6) のある症例では計測ができないなどの制限がある。

#### 1. M-mode 法での計測不可症例

##### 1) 心嚢液貯留 (図5)

心膜液が大量に貯留すると心臓は心膜内に浮遊した状態となり、右室は拡張早期に虚脱し、振り子様運動 (pendular motion) を呈する。すなわち心臓全体が収縮期に後方へ、拡張期には前方へ移動するため、Mモード法では心室中隔と左室後壁が平行運動 (swinging motion) しているように観察される。

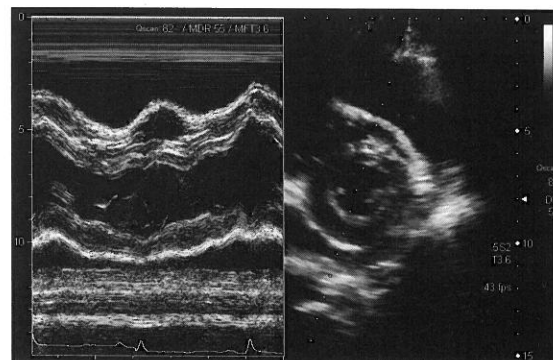


図5 心嚢液貯留

## 2) 左室局所壁運動異常 (図6)

下壁 (矢印) は菲薄化を呈し, 収縮期壁厚増加 (thickening) が認められず無収縮である。

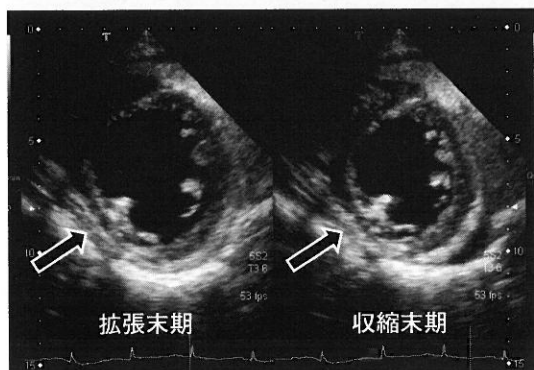


図6 陳旧性下壁梗塞

### <壁運動異常を見落とさないチェックポイント>

1. 心内膜面を明瞭に描出する。
2. 障害部が健常部分の動きに引っ張られ壁運動異常を見誤ることがある。thickeningと壁の性状(壁のエコー輝度, 壁厚)に注目して観察する。
3. 局所壁運動異常を見落とさない。とくに心尖部と左室後壁基部には注意する。心尖部は短軸断面で内腔が消失するまで観察する。また, 左室後壁基部は僧帽弁輪の動きの影響を受けるので, 長軸断面で注意深く観察する。
4. 呼吸による心臓全体の動きが大きい時は呼吸を止めて観察する。

## 2. M-mode法の異常パターン例

### 1) 開心術後 (図7)

切開した心膜は通常縫合しないため, 収縮期に心臓全体が前方に引っ張られる。このため心室中隔は奇異性運動を呈することが多い。心室中隔は収縮期に後方へ運動せず, 前方運動を示す。

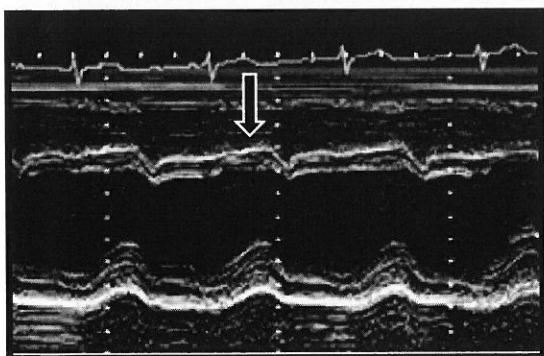


図7 開心術後の心室中隔奇異性運動 (矢印)

## 2) 閉塞性肥大型心筋症 (図8)

肥大した心室中隔の流出路側への突出により, 僧帽弁の収縮期前方運動 (systolic anterior motion: SAM) が生じ, 左室流出路障害がおこる。

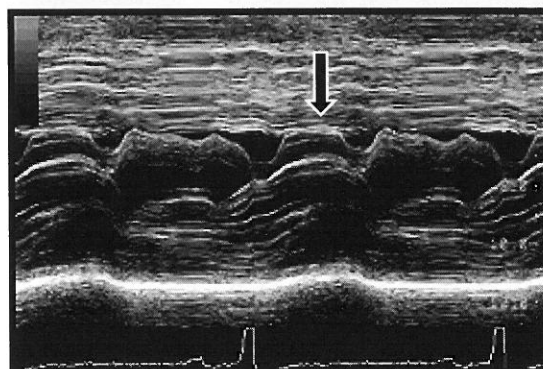


図8 閉塞性肥大型心筋症のSAM (矢印)

## 3) 僧帽弁狭窄症 (図9)

正常では拡張期の開放運動は二峰性であるが, 僧帽弁狭窄症により運動制限が出現し, 拡張期後退速度 (diastolic descent rate: DDR) が低下する。DDRは急速流入期の僧帽弁口通過血流に反映する。

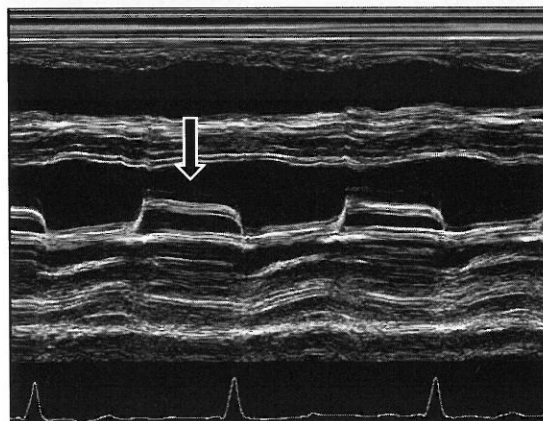


図9 僧帽弁狭窄症のDDR低下 (矢印)

## 断層像による左室収縮能と左室容量の計測

左室形態異常や左室壁運動異常を認める場合は断層像による計測が必要不可欠である。現在広く用いられている方法は, modified Simpson法である。

modified Simpson法は心尖から直交な四腔断層像 (図10) および二腔断層像 (図11) を用い, 左室内腔を長軸に垂直な20のディスクに分割し, その総和として左室容積を求める。計算式は多くの超音波診断装置に内蔵されており, 拡張末期と収縮末期の心内膜をトレースすることにより自動的に拡張末期と収縮末期の左室容積, 心拍出量, 駆出率を求めることができる。

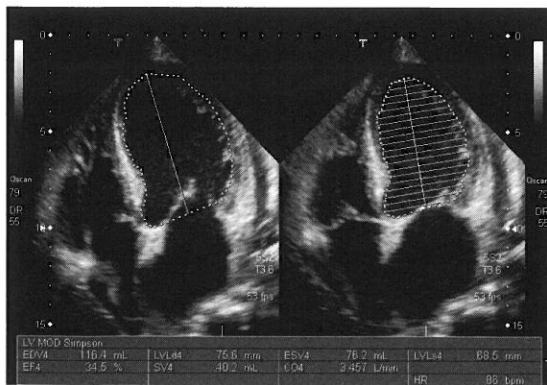


図10 心尖部四腔断層像

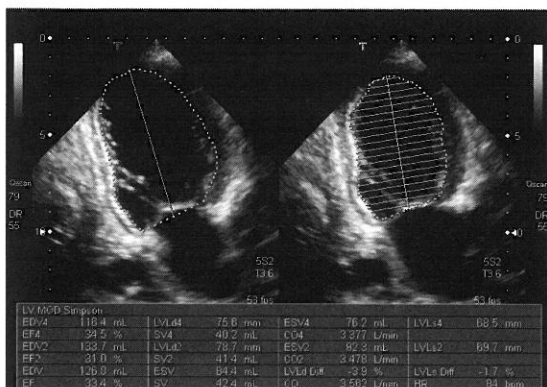


図11 心尖部二腔断層像

### modified Simpson 法のチェックポイント

両断面像で求めた左室長径の差を10%以内にするのが重要である。真の心尖部をとらえていない場合は20%以上になり、計測値の信頼性に欠けるので再度断層像を描出し直す必要がある。

### ドプラ法の特徴

#### 1. カラードプラ法

弁逆流の有無および重症度評価、狭窄血流の検出、短絡血流の有無、冠動脈血流などに必要不可欠である。症例によってカラー M モード法や流速レンジの調整をする工夫が必要となる。

#### 2. パルスドプラ・連続波ドプラ法

パルスドプラ法は心腔内の特定部位にサンプルボリュームを設定し、その部位の血流速度を容易に測ることができる。連続波ドプラ法は超音波ビームの到達距離に制限がなく、血流の最大速度を表示することができる。パルスドプラ、連続波ドプラ法ともに横軸を時間軸、縦軸を血流速度として、探触子に近

づく血流は基線より上、遠ざかる血流は基線より下に表示される。これらの計測値より心拍量、弁口面積、圧較差、心腔内圧の推定、逆流量、肺体血流比などの心行動態量を求めることができる。

### 3. 組織ドプラ法

心臓壁や弁などの構造物に由来する低速度のドプラ信号を解析することができる。とくに長軸方向の心機能評価、すなわち左室拡張能評価に有用である。

### 左室拡張能評価

左室拡張能の評価に最も用いられるのが、パルスドプラ法による左室流入血流波形の計測・解析である。

拡張能正常例では左室の弛緩が速やかにおこるので早期流入波(E波)が心房収縮波(A波)より大きく、E/Aは1.0以上となる。拡張能が低下すると、左室弛緩が遅延するため早期流入による左室充満は十分に行われない。そのため左房収縮による流入が優位となり、E/Aは1.0以下となる。高度に拡張能が障害されると左房圧が上昇するため、左室-左房間圧較差は増大し、ふたたびE波は増高する。一方、心房収縮期では左室拡張末期圧上昇によりA波は減高し、E/Aは1.0以上となる。これが偽正常化現象である。さらに左房圧が上昇するとE波の増高とA波の減高は著明となりE/A値はより増大する拘束型を示す。

左室収縮能が低下している症例では偽正常化や拘束型の診断は容易であるが、左室収縮能が正常である症例では偽正常化の鑑別が必要となる。その鑑別に簡便で有用な方法が組織パルスドプラ法を用いた僧帽弁輪部速度波形である。左室は長軸方向とともに短軸方向にも収縮・拡張を繰り返すが、左室拡張動態は主に長軸方向の関与が大きい。そのため、僧帽弁輪部速度波形は拡張能が低下すれば低値を示す。心尖部四腔断層像から得られる健常人の拡張早期僧帽弁輪部速度波形(e')は血流速度よりはるかに遅く、心室中隔側で約10cm/s前後である。

左室流入血流波形と僧帽弁輪部速度波形の関係を図12に示す。

また、拡張型心筋症の左室流入血流波形(図13)と僧帽弁輪部速度波形(図14)を示す。拡張型心筋症の拡張能評価は、血行動態・予後を推定できることから、省くことのできない重要な項目である。e'は4.9cm/sと低値を示していることから左室流入血流波形は偽正常化現象である。

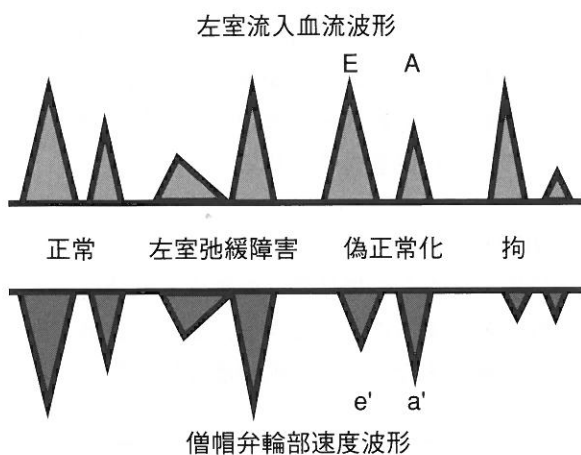


図12 左室流入血流波形と僧帽弁輪部速度波形の関係

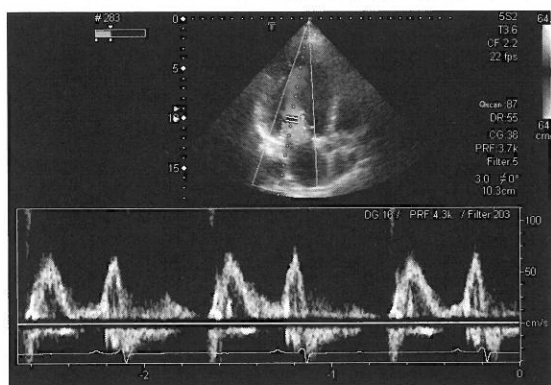


図13 拡張型心筋症の左室流入血流波形

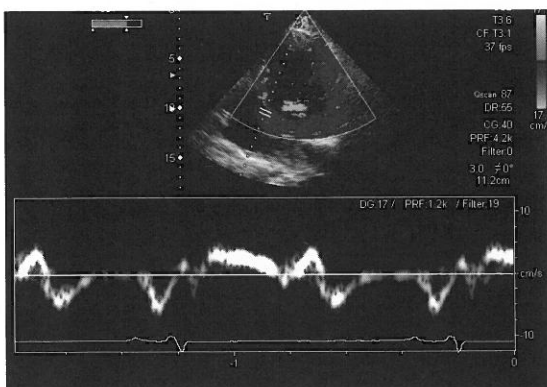


図14 拡張型心筋症の僧帽弁輪部速度波形

## 弁膜症の評価

弁逆流，弁狭窄の重症度評価を行う上でドプラ法の評価が重要となる。大動脈弁狭窄症を例に留意点・チェックポイントを述べる。

### 大動脈弁狭窄症 (Aortic Stenosis: AS)

成因は先天性と後天性に分けられる。先天性は二尖弁が大部分であり，後天性はリウマチ性と近年増

加している加齢ともなう変性がある。

重症度は，大動脈弁位での左室-大動脈間収縮期圧較差と大動脈弁口面積を測定することによって定量評価ができる。重症度評価を表1に示す。

表1 大動脈弁狭窄症の重症度

	弁口面積 (cm <sup>2</sup> )	最大圧較差 (mmHg)	平均圧較差 (mmHg)
正常	3.0-4.0		
軽度	1.0-1.5	<50	<25
中等度	0.8-1.0	50-90	25-50
高度	<0.75	>90	>50

左室-大動脈収縮期圧較差 (mmHg) は心尖部アプローチから連続波ドプラ法を用い，大動脈弁通過血流の最大流速 (V) を求めれば，簡易ベルヌーイの式  $4 \times (V)^2$  から算出することができる。なお，ドプラ波形をトレースすれば最大圧較差，平均圧較差を算出できる (図15)。

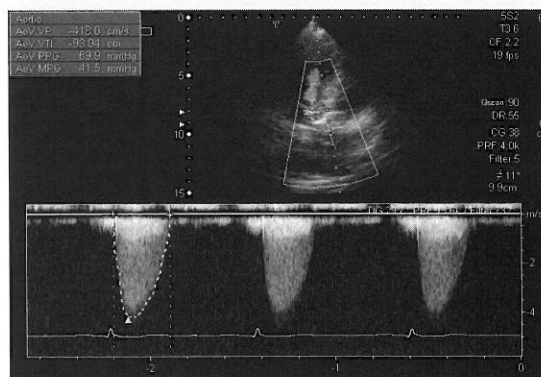


図15 大動脈弁狭窄症の大動脈弁通過血流

最大流速4.18m/s. 左室-大動脈最大圧較差70mmHg. 平均圧較差41mmHg. ドプラ入射角度11°.

## 圧較差計測のチェックポイント

### 1. 圧較差の過小評価・過大評価

圧較差は高度に左室収縮能の低下した症例では血流量低下によって過小評価される。また，反対に高度大動脈弁逆流合併例や貧血などによる高心拍状態では血流量増加によって過大評価される。

### 2. ドプラ入射角度

血流方向に対し，できる限り平行にビームを入射して角度補正を行わずに済むようアプローチを工夫する。やむを得ず角度補正をする場合は入射角度を20°以内 (誤差7%以内) にする。

## 心臓カテーテル法と心エコー法の圧較差の違い

重症度評価する上で心臓カテーテル法と心エコー法の圧較差の違いを理解することは重要なポイントである。連続波ドプラ法で得られる値は瞬時最大圧較差 (peak gradient) であり、心臓カテーテルで得られる値は左室と大動脈の収縮期最高血圧の差 (peak to peak) である。

図16に示すように peak to peak 圧較差は、瞬時最大圧較差と異なる。すなわち、連続波ドプラで求めた最大圧較差のほうが心臓カテーテル検査で求めた値よりも高い値を示す。しかし、平均圧較差に関しては非常に良好な相関を示す。

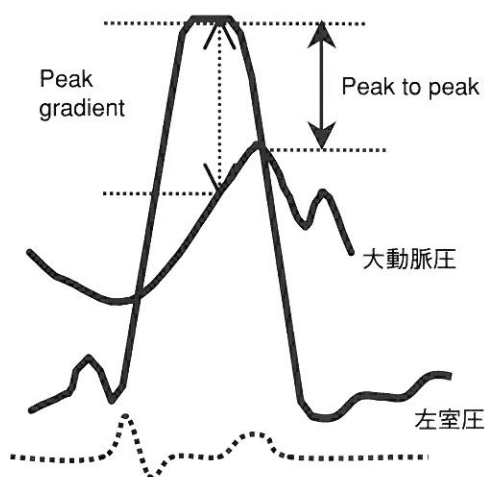


図16 連続波ドプラ法と心臓カテーテルによる相違

## 弁口面積の算出

弁口面積の算出は、短軸断層像にてトレースするプランメトリ法と連続の式による方法がある。

### 1. プラニメトリ法 (図17)

胸骨左縁短軸像にて弁口を抽出し、その面積をト

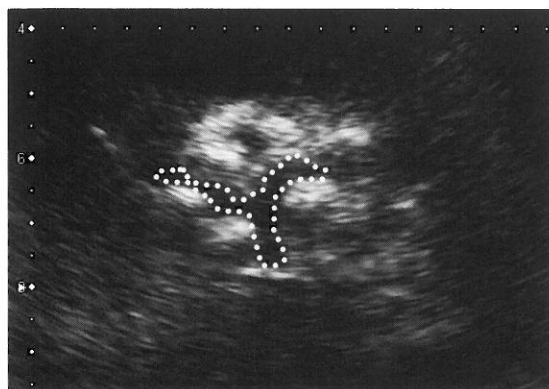


図17 大動脈弁レベル短軸像  
プランメトリ法より弁口面積0.9cm<sup>2</sup>

レースする。

### 注意点

弁のどこで短軸にしているかによって弁口面積が異なるので正確な描出を行う。

### 2. 連続の式による方法 (図18)

「左室流出路血流量は大動脈弁口の通過血流量に等しい」の関係から式を展開させ、弁口面積の推定を行う。

### 注意点

- 1) 心室中隔基部の肥厚により、左室流出路に狭窄がある場合は測定不可である。
- 2) 大動脈弁逆流や心不全の合併では測定可能である。
- 3) 弁輪径の計測は大動脈弁の基部で行い、時相は mid systolic 時に行う。

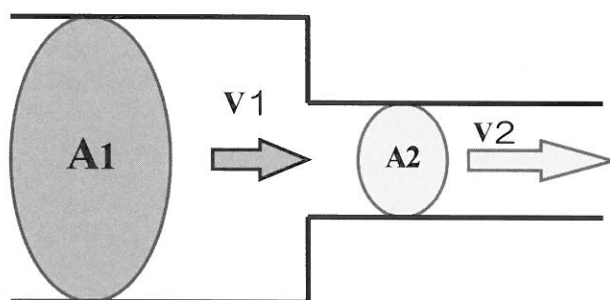


図18 連続の式

$A1 \times V1 = A2 \times V2$  の式から  $A2 = (V1 \times A1) \div V2$  が成り立つ。大動脈弁口面積 (AVA) は次式より求められる。  
 $AVA = LVOT TVI \times LVOT \text{ area} / Aorta TVI$   
LVOT TVI: 左室流出路での流速時間積分値。  
Aorta TVI: 大動脈弁での流速時間積分値。

## おわりに

冒頭でも述べたが、心エコー図は心臓の形態、機能、動態の総合評価が必要となる。

本稿では、必須項目の左室収縮能と拡張能および断層法、Mモード法、ドプラ法のチェックポイントをまとめた。また、圧較差、簡易ベルヌーイの式、連続の式などの評価を大動脈弁狭窄症から述べたが、各弁疾患の重症度評価にドプラ評価は重要となる。

日常の検査においては、各手法の正しい測定方法、利点、限界などを十分に理解することが重要である。とくに、利点を最大限に生かし、症例に合った検査を進めることが大切である。

なお、先天性心疾患、心筋・心膜疾患、感染性心内膜炎、心腔内血栓、肺高血圧症、心臓腫瘍などの重要チェックポイントは、誌面の都合上、割愛させ

ていただいた。

---

[文献]

- 1) 吉川純一：臨床心エコー図学 第2版。東京，文光堂，2001
- 2) 羽田勝征，鄭 忠和，吉田 清：心エコー図を撮る，診る。東京，メジカルビュー社，2002
- 3) 月刊 Medical Technology 別冊 超音波エキスパート 3 心機能評価の考え方と進め方：東京，医歯薬出版，2005
- 4) 日本超音波検査学会：心臓超音波テキスト。超音波検査技術 26，2001
- 5) 臨床検査増刊号 超音波の技術と臨床：医学書院 45：1292-1372，2001
- 6) 心機能のすべて，Medical Technology 27：東京，医歯薬出版：783-824，1999
- 7) 臨床検査禁忌・注意マニュアル，Medical Technology 29：東京，医歯薬出版：1734-1742，2001