

経胸壁心エコーの基礎知識

西山 信一郎*

はじめに

心臓病を有する患者が非心臓手術を受けるに際しては、その手術の侵襲の大きさと患者の運動耐容能、心機能の評価が重要である。心機能の評価には通常心エコー法が使用されるが、このほか実際術前に心エコーが必要となるのは、心雑音、心電図異常、心拡大が存在する場合で、その原因を明確にし、さらに左心機能を評価するといった状況であろう。ここでは麻酔医が術前評価として役立つ臨床的かつ基礎的な経胸壁心エコーについて述べる。

心臓超音波検査の種類と検査手順

心エコー図により心臓、大血管を非侵襲的に断層像として抽出し、さらにはリアルタイムで心臓の動きを観察できる。またドプラ法により心臓、大血管内の任意の場所の血流を観察することにより流速、逆流、短絡などの診断が可能となる。心エコー図法の種類と特徴を表1に示す。心エコー検査の走査手順は施設によって異なるが、見落としを避けるためルーチン化しておくのが良い。当院ではまず傍胸骨アプローチにて左心室長軸を描出し、短軸像を参考として左室内腔が最大

表1 心エコー図法の種類と特徴

方 法	特 徴	応 用
断層法 (Bモード法)	<ul style="list-style-type: none"> 心臓の任意断面を二次元かつリアルタイムに表示 心臓の形態と動態評価が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 心腔の拡大・肥大評価 弁膜症の診断 虚血性心疾患の診断 先天性心疾患の診断
Mモード法	<ul style="list-style-type: none"> 距離計測や時相分析に優れている 心臓の二次元表示は困難 	<ul style="list-style-type: none"> 心拍出量、駆出率の推定 時相分析（駆出時間の測定など）
カラードプラ法	<ul style="list-style-type: none"> 血流情報を断層上にカラーで二次元表示 フレームレートが遅い 測定速度に限界あり(折り返し現象の発生) 	<ul style="list-style-type: none"> 異常血流のスクリーニング 弁逆流の定性評価 短絡血液の同定
パルスドプラ法	<ul style="list-style-type: none"> 距離分解能があるため、任意領域の血流測定が可能 血流の時相分析が容易 速い血流の測定は困難(折り返し現象の発生) 	<ul style="list-style-type: none"> 心機能評価(拡張能) 逆流・短絡血流の検出(時間がかかる) 心拍出量の測定
連続波ドプラ法	<ul style="list-style-type: none"> 速い血流の測定が可能 距離分解能がないため血流測定部位の同定困難 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易ベルヌーイ式を用いて圧較差の推定 心内圧の推定

心臓超音波テキストより引用 日本超音波学会監修 医歯薬出版

*虎の門病院循環器センター内科

になるところでMモードを記録する。引き続き傍胸骨アプローチで左室長軸、短軸の各断面の記録を行う。その後心尖部アプローチから記録し、さらに各種ドプラ法を用いて血流情報を記録している。最後に心窩部アプローチを行い簡単に腹部も観察することになっている。

探触手の位置と表示される基本走査断面 (図-1)

A. 胸骨傍アプローチ

- 1)左室長軸断面 (弁正中中部, 前交連部, 後交連部)
最も基本的な断面であり, 第3ないし第4肋骨胸骨左縁から記録する。
左室の心基部2/3が観察され, 心尖部は充分描出し得ない。
- 2)左室短軸断面 (大動脈弁レベル, 僧帽弁口レベル, 腱索レベル, 乳頭筋レベル, 心尖部レベル) : 左質長軸断面から探触子を90度時計方向に回転させる。心基部から心尖部まで上記の各レベルの画像が得られる。

3)右室流出路長軸断面

左室短軸断面大動脈基部レベルから探触子を僅かに反時計方向へ回転させる。肺動脈弁が明瞭に記録される。

4)右室流入路長軸断面

左室長軸断面から探触子を僅かに時計方向へ回転させながら, ビームを内頭側へ投入する。三尖弁, 右室流出路が観察される。

B. 心尖部アプローチ

傍胸骨左縁と共に必須のアプローチである。真の心尖からではないことに注意すること。角度により描出される心室壁が異なるので, 適正画面を描出するには習熟が必要である。

- 1)心尖四腔断面: 心室中隔, 左室側壁が観察される。
- 2)心尖二腔断面: 左室造影の第1斜位に相当し, 左室前壁, 下壁が観察される。
- 3)心尖左室長軸断面: 左室造影の第2斜位に相当し, 心室中隔と後壁が観察される。大動脈弁, 解離性大動脈瘤も観察しやすい。

C. 心窩部アプローチ

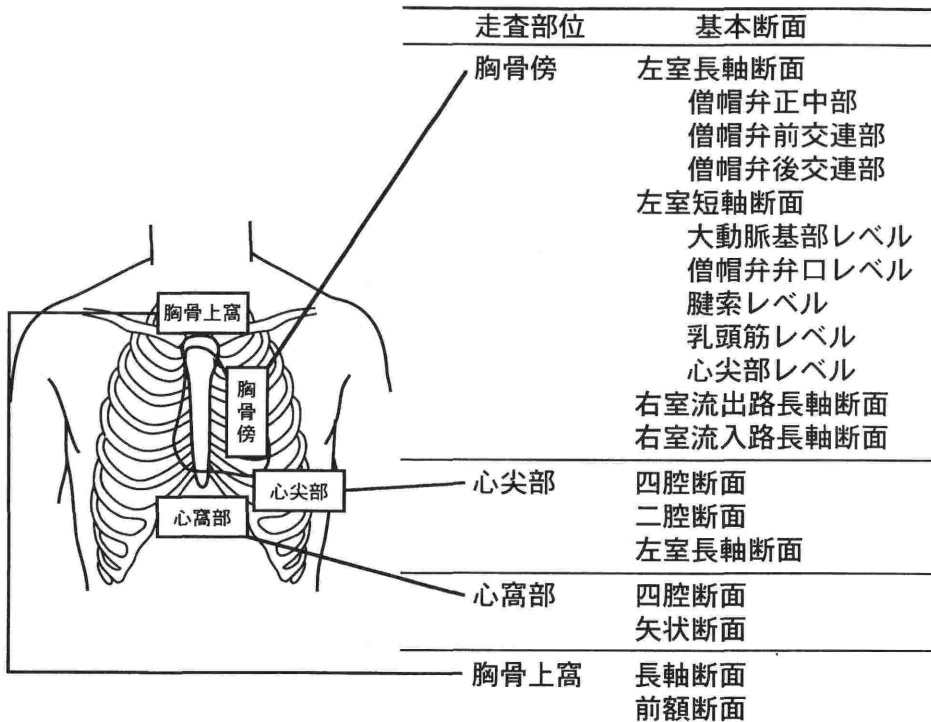


図1 走査部位と基本断面

- 1) 四肢断面：心房中隔欠損の左右短絡，心外嚢液が観察しやすい。
 - 2) 矢状断面：下大静脈から右心房，三尖弁逆流が観察される。
- D. 胸骨上窩アプローチ
上行大動脈，大動脈弓とその分岐が観察されるが，成人では記録が難しい。

心エコー図によって得られる情報

A. 大動脈・左房レベル

- 1) 大動脈：太さ，輝度，石灰化，弁輪拡張(AAE)，大動脈瘤，解離
- 2) 大動脈弁：枚数，性状(石灰化，逸脱，疣贅など)，弁の動き
- 3) 冠動脈起始部：起始異常，拡張性病変(川崎病)
- 4) 左房・右房：大きさ，血栓，腫瘍，三心房心
- 5) 心房中隔：厚さ，欠損，偏位，心房中隔瘤
- 6) 三尖弁：逆流，疣贅，付着位置(Ebstein病)
- 7) 肺動脈弁：逆流，疣贅，肺動脈の太さ，乱流
- 8) 右室流出路：Valsalva洞破裂

B. 左室(腱索レベル)

- 1) 右心室・左心室：大きさ(容量負荷)，形態，腫瘍，血栓，左室収縮能
- 2) 心室中隔，左室後壁：壁厚と動き，中隔の動き(奇異性運動)
左室の扁平化：収縮期-肺高血圧，拡張期-右室容量負荷
- 3) 心外膜液の貯留
- 4) 冠静脈洞：拡大していれば左上大静脈遺存症の疑いがあり，ペースメーカー挿入時に注意が必要である。
- 5) 下行大動脈：通常左房の後方に観察される。拡大，解離

C. 大動脈弁の見方

- 1) 弁尖の枚数：三尖 or 二尖
- 2) 弁尖の性状：肥厚，輝度，石灰化，逸脱
- 3) 弁尖の可動性：癒合，ドーム形成
- 4) 弁の異常付着物：疣贅，血栓
- 5) 弁輪径の計測：弁置換術時に必要
- 6) 弁周辺：弁輪拡大(AAE)，弁輪膿瘍
- 7) 弁尖の異常運動：収縮期半閉鎖(閉塞性肥大型心筋症)

D. 僧帽弁複合体の見方

- 1) 弁尖：肥厚，接合のずれ(逸脱)，異常運動(SAM)，粘液腫様変性
- 2) 弁膜：可動性
- 3) 弁輪石灰化
- 4) 弁下部：腱索の癒合，短縮，断裂，異常運動
乳頭筋の輝度，肥厚
- 5) 異常物付着

心エコー図によって得られた情報からの鑑別診断

1) 心拡大，心雑音の鑑別診断

心拡大の鑑別診断としては，心室拡大(左室か右室か)，心房拡大(左房か右房か)，心肥大(高血圧，HCM，二次性心筋疾患)，心膜液貯留によるのか一目瞭然に判断できる。大量心膜液貯留の場合には鑑別診断として癌，結核，放射線治療後，甲状腺機能低下などを疑う。外来から心拡大で心エコーを依頼される症例で特に中年女性に多いのが心外膜下の脂肪組織によるものであり，心膜液貯留との鑑別が必要である。

心雑音が器質的なものか機能的なものであるのか，また雑音の原因は何であるかはカラードプラ法にて簡単に診断できる。ただしカラードプラの感度が良好であり，健常者にも認められるごく僅かの生理的逆流でも検知されるので，その意味づけには注意が必要である。現在カラードプラ法による逆流の重症度評価は，左室造影の Sellers 分類に即した逆流ジェットの深達度により1度(軽症)，2度(中等症)，3度(重症)と半定量的に分類されているが，この方法は簡便ではあるが必ずしも臨床的な重症度を反映していない。定量的な指標として逆流ジェットの面積が左房の面積に占める割合を算出する方法もあるが，逆流の方向や装置の性能，ゲインの設定などにより影響されるので注意が必要である。重症度を評価するには，ドプラ法による逆流の深達度だけではなく，左室の容量負荷の程度，また僧帽弁逆流の場合には逆流量を計測して60 ml以上，逆流率が55%以上であるとか，大動脈弁逆流の場合には左室流出路における逆流ジェットシグナルの幅と流出路径の比が60%以上であることなども有用な指標となる。

2) 心電図異常，胸痛の鑑別診断

心電図異常に関しても心エコー図は強力な診断能力を有しており，異常Q波が心筋梗塞による

のか心筋疾患によるのかも簡単に鑑別可能できる。ただし見落としやすいのが非特異的 ST-T 変化の場合で、左室自由壁に肥大がなくとも、心尖部ないし乳頭筋に肥大が局限していることがあるので注意が必要である。また胸部誘導における陰転 T 波の原因が虚血によるものか、脳塞栓によるものかの鑑別にも有用である。

胸痛患者における心エコー法の役割は、いかに急性心筋梗塞とそれ以外の疾患を鑑別するかということになる。一番重要なのは解離性大動脈瘤であり、この場合には大動脈の intimal flap を見つけなければ診断できるが、初めて遭遇した場合には flap であることに気づかないことも多い。また肺塞栓の鑑別には右室拡大と心室中隔の奇異性運動が重要である。そのほか僧帽弁逸脱や大動脈弁狭窄が胸痛の原因疾患であることもある。

表2 収縮機能の評価

1. 左室内径短縮率
 $\%FS = (LVDd - LVDs) / LVDd \times 100$
2. 左室平均円周方向心筋線維短縮速度
 $mVcf = (LVDd - LVDs) / LVDd / ET$
3. 左室駆出率 ejection fraction (EF)
 $EF = (LVEDV - LVDSV) / LVEDV \times 100$

LV volume の計算

Pombo 法 $V = D^3$

Teichholtz 法 $V = 7D^3(D+2.4)$

心エコー法による心機能評価

収縮機能と拡張機能の評価方法をそれぞれ表-2, 3に示す。さらにドプラ法による左室流入血流パターンに基づいた収縮不全心患者の重症度分類を図-2に示す。

心拍出量の計算

1. 傍胸骨左室長軸像より大動脈弁直下の左室流出路の径(D)を測定する。その断面積は $(D/4)^2(\text{cm}^2)$ で算出される。

表3 拡張機能の指標

Mモードエコー図

- ・左心径, 左房径
- ・拡張早期左室径伸展速度 (+dD/dt); 左室壁厚減少速度 (-dTh/dt)

パルスドプラ法

- ・左室流入血流速波形
 拡張早期ピーク血流速 (E); 心房収縮期ピーク血流速 (A);
 E/A 比; 拡張早期波減速時間 (Deceleration Time, DT)

- ・肺静脈血流速波形

連続波ドプラ法

- ・僧帽弁逆流血流速波形による指標 (τ)
- ・大動脈弁逆流血流速波形による指標 (τ)

Mモードカラードプラ法

- ・拡張早期血流波伝播時間・速度

組織ドプラ法

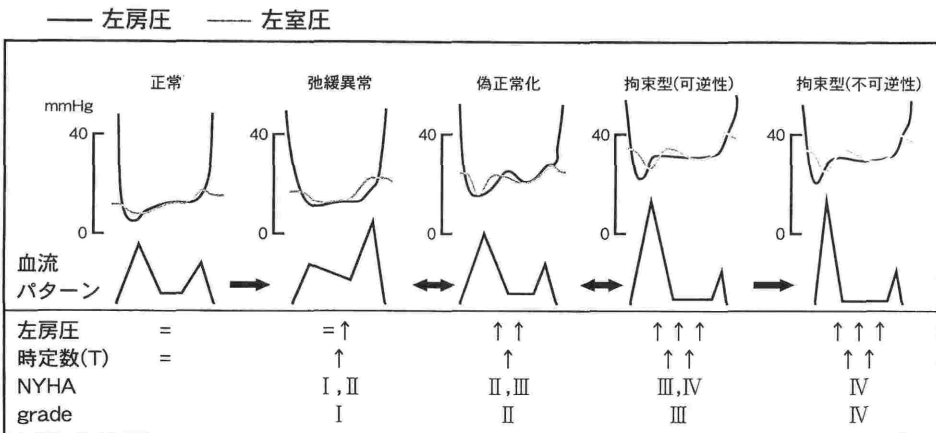


図2 左室流入血流パターンに基づいた収縮不全心患者の重症度分類

(Nishimura RA, Tajik AJ : Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health disease : Doppler echocardiography is the clinical Rosetta stone. J Am Coll Cardiol 30 : 8, 1997より引用改変)

2. 心尖部アプローチでパルスドプラ法により大動脈直下にサンプルボリュームを設定し、左室流出血流の血流速度波形を得る。得られた血流速度波形のうち、一回分の駆出血流を手動的にトレースすると、時間速度積分 TVI (time velocity integral) が測定される。(TVI は血流速度をトレースすることにより超音波診断装置に内蔵された演算ソフトにより自動的に算出される。)
3. 以上の方法で求めた断面積(D)と時間速度積分 TVI から、一回拍出量 SV は、 $SV(\text{ml}) = D \times TVI$ で算出する。心拍出量 CO (L/min) は、 $CO = SV \times HR$ (心拍数) で算出する。

**流速から圧・圧較差の推定
(連続ドプラ法を利用して)**

簡易 Bernoulli 式 (図-3)

$$P(\text{圧, 圧較差})\text{mmHg} = 4 \times V(\text{血流速度})^2$$

- 1) 大動脈弁狭窄 : $4 \times (\text{大動脈弁口速度})^2$
- 2) 肺動脈収縮期圧 : $4 \times (\text{三尖弁逆流速度})^2 + \text{右房圧}(10 \text{ mmHg})$
- 3) 肺動脈拡張期圧 : $4 \times (\text{肺動脈弁逆流速度})^2$
- 4) 僧帽弁口面積 (MVA) : $220 / \text{圧半減時間 (PHT)}$

病態にあわせた検査の進め方

A. 僧帽弁狭窄

- 1) Willkins のスコアを参照にして PTMC が可能か否か僧帽弁の形態を評価する。血行動態的には左房圧上昇から肺静脈圧上昇、さらには肺高血圧を生じる。その結果、エコー所見は左房拡大(時に左房内血栓を合併)、右室負荷として反映される。
- 2) 重症度の評価には弁口面積の計測(プラニメトリー法)も使用されるが、ドプラ法による pressure half time の計測を用いることが一般的である。
- 3) 僧帽弁狭窄の合併症の評価。僧帽弁閉鎖不全の有無と程度、またリウマチ性の変化が大動脈弁にもおよんでいないか、左房内血栓の有無、三尖弁逆流の有無と程度を評価する。逆流速度から右心圧を算出する。併せて左室機能の評価 (rheumatic factor or, myocarditis の併存) を行う。肺高血圧が存在すれば非心臓手術は延期し場合によ

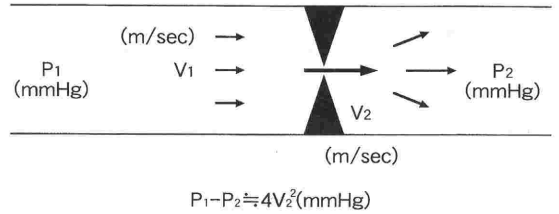


図3 ベルヌーイの簡易式

P_1, V_1 は狭窄前の圧 (mmHg) および血流速度 (m/sec), P_2 は狭窄後の圧, V_2 は狭窄部を通過する血流最大速度である。

ては PTMC を優先する。

B. 僧帽弁逆流

- 1) 血行動態としては左室容量負荷により左室拡大、左房拡大、さらには肺静脈圧上昇、肺うっ血を生じる。
- 2) 原因が逸脱(部位の同定)によるものか、リウマチ性かを評価する。
- 3) 重症度は逆流のカラードプラの深達度によるが、flow mapping により左房面積に占める逆流面積も参考にする。最近 PISA 法も使用されている。左室収縮末期径、左室駆出率を求める。

C. 大動脈弁狭窄

- 1) 血行動態としては、左室圧負荷により左室肥大を、さらには左房圧上昇から肺うっ血を生じる。
- 2) 原因の検索：石灰化弁、二尖弁、リウマチ性化の評価を行う。
- 3) 重症度評価はドプラ法により得られた最高流速 V から $P = 4 \times V^2$ として計測される。カテーテルの引き抜きによる圧較差は peak to peak によるものであり、ドプラ法による最大圧較差の値とは必ずしも一致しない(図-4)。圧較差が60 mmHg 以上の場合には非心臓手術の延期も考慮する。

D. 大動脈弁逆流

- 1) 血行動態的には、左室容量負荷により左室拡大が生じる。エコー所見として左室容量負荷所見が、また逆流の直接的所見として僧帽弁、心室中隔の fluttering を認めることがある。
- 2) 原因が石灰化弁であるのか、リウマチ、逸脱によるものか、また弁輪拡大(AAE)や感染性心内膜炎によるものかを評価する。
- 3) 重症度評価はカラードプラの深達度によるが、左室流出路の幅に占める逆流の幅の比なども参考にする。左室収縮期径、左室駆出率を計測する。

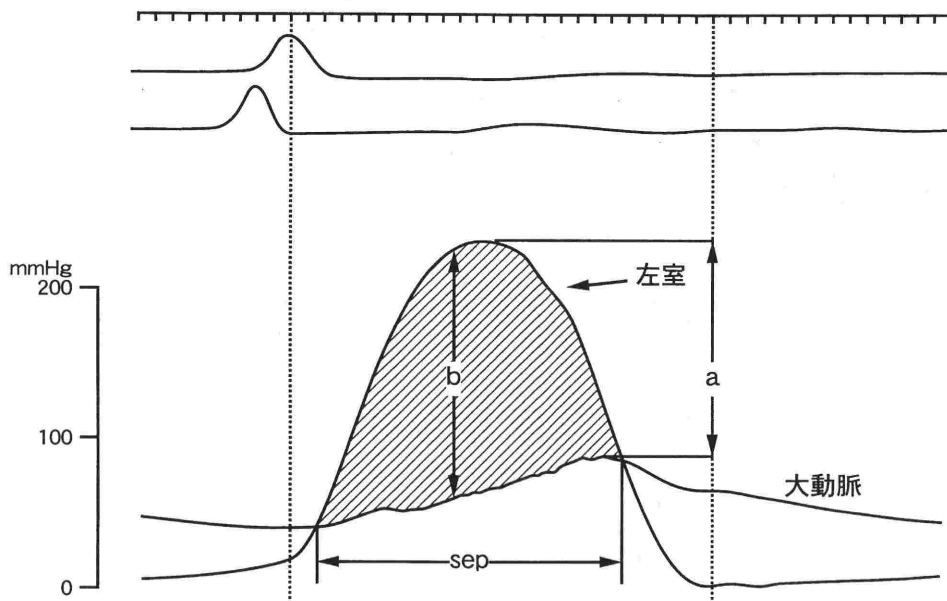


図4 心カテーテルによる大動脈と左室の同時圧曲線

斜線部分で示す部分の平均が平均圧較差, aは peak-to-peak 圧, bは最大圧較差を示す

表4 心エコーによる虚血性疾患の診断

1. 心筋梗塞の部位と範囲：壁運動異常, 非薄化, 輝度の上昇, thickening の欠如
2. 心筋梗塞の合併症の診断：心室中隔穿孔, 心室瘤, 血栓, 僧帽弁逆流など
3. 狭心症の診断? : 負荷心エコーが必要
4. 冠動脈瘤の検出：川崎病
5. 冠動脈血流の検出
6. 心筋コントラストエコー
7. 冠動脈内エコー, ドプラ

E. 虚血性心疾患 (表-4)

心エコー法は左室壁運動を評価することにより, 梗塞部位と心機能ならびに心筋梗塞の機械的合併症の診断 (心室瘤, 壁血栓, 心室中隔穿孔, 僧帽弁逆流など) をつけることが主となる. 安静時の心エコー法で狭心症の診断をつけることは不可能であり, 狭心症の診断には負荷心エコーが必要である. ドブタミン負荷が汎用される. ドブタミン負荷心エコー法の適応と禁忌を表-5に示す.

おわりに

経胸壁心エコー法の利点是非侵襲的で簡便であること, ベッドサイドで反復施行できること, 心臓の形態的变化だけではなく心機能も評価しうる

表5 ドブタミン負荷心エコー法の適応と禁忌

1. 適応
 - ・心筋虚血の評価 (とくに運動負荷による虚血評価が不十分である場合)
 - ・心機能低下例の心筋 viability 評価
 - ・心筋梗塞後の残存虚血, 予後の評価
 - ・心臓以外の術前心筋虚血評価
2. 禁忌
 - ・不安定狭心症
 - ・コントロールされていない高血圧症
 - ・コントロールされていない不整脈
 - ・貧血, 低血糖, 電解質異常, 肝機能異常, 発疹などにより状態が悪化すると予想される場合 (他は運動負荷試験の絶対的禁忌と相対的禁忌に準ずる)

こと, さらにはドプラ法により血流情報まで把握できる点である. これに対し心エコー法の限界は症例によってはしばしば良好な画像が得られないこと, 上行大動脈, 両心房の後背方など一部観察できない部位があること, 検者の技術的熟練度により得られる画像の質が一定でないこと, また得られた計測値も再現性に乏しく評価できない場合があること, 狭心症の診断能力が乏しいことなどである. 以上, 経胸壁心エコー法を行うに際しての臨床的な基礎知識を述べた.