

## 循環器超音波検査の適応と判読ガイドライン（2003-2004年度合同研究班報告）

### 【ダイジェスト版】

# 循環器超音波検査の適応と判読ガイドライン

Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography (JCS 2005)

合同研究班参加学会：日本循環器学会，日本心臓病学会，日本超音波医学会，日本心エコー図学会，  
日本小児循環器学会，日本心血管インターベンション学会，日本心臓血管外科学会

班 長 吉 川 純 一 大阪市立大学大学院循環器病態内科学(現大阪済会病院)

班 員 伊 藤 浩 桜橋渡辺病院循環器内科

北 畠 顕 北海道大学名誉教授

小 柳 左 門 国立病院機構都城病院

斎 藤 穎 日本大学先端医学講座

里 見 元 義 長野県立こども病院循環器科

高 本 眞 一 東京大学心臓外科

竹 中 克 東京大学医学部附属病院検査部

田 内 潤 大阪労災病院内科

鄭 忠 和 鹿児島大学大学院循環器・呼吸器・代謝内科

中 谷 敏 国立循環器病センター心臓内科

羽 田 勝 征 榊原記念クリニック循環器内科

深 谷 隆 西神戸医療センター小児科

別 府 慎太郎 大阪大学大学院医学系研究科機能診断科学

穂 積 健 之 大阪市立大学大学院循環器病態内科学

増 山 理 兵庫医科大学内科学循環器内科

班 員 松 崎 益 徳 山口大学大学院医学系研究科器官病態内科学

水 重 克 文 国立病院機構高松東病院

宮 武 邦 夫 国立病院機構大阪南医療センター

森 一 博 徳島大学発生発達医学講座小児医学

山 口 徹 虎の門病院

吉 田 清 川崎医科大学循環器内科

協力員 小 野 稔 東京大学心臓外科

小野塚 久 夫 北海道大学大学院医学研究科循環病態内科学

合 田 亜希子 兵庫医科大学内科学循環器内科

高 山 忠 輝 日本大学内科学講座循環器内科部門

田 中 伸 明 山口大学医学部附属病院検査部

角 田 太 郎 東邦大学医療センター大橋病院循環器内科

西 野 雅 巳 大阪労災病院循環器科

皆 越 眞 一 国立病院機構九州循環器病センター循環器科

渡 邊 望 川崎医科大学循環器内科

### 外部評価委員

大 木 崇 国立病院機構東徳島病院循環器科

小 川 聡 慶應義塾大学呼吸循環器内科

加 藤 裕 久 久留米大学循環器病研究所

菱 田 仁 藤田保健衛生大学循環器内科

## 目 次

I ガイドライン作成にあたり

II 僧帽弁疾患

III 大動脈弁疾患

IV 三尖弁・肺高血圧

V 人工弁

VI 肥大型心筋症

VII 拡張型心筋症

VIII 拘束型心筋症

IX 心膜疾患

X 虚血性心疾患：狭心症・心筋梗塞

X I 負荷心エコー法

X II 経胸壁心エコー・ドプラ法による冠動脈血流評価

X III 血管内エコー (IVUS) 法

X IV 冠動脈内ドプラ法

X V 高血圧性心疾患

X VI 大動脈疾患

X VII 心臓腫瘍および腫瘍

X VIII 先天性心疾患

XX 心機能評価  
 XX 経食道心エコー・ドプラ法 (含 術中エコー)

XXI コントラスト心エコー法  
 (無断転載を禁ずる)

## I ガイドライン作成にあたり

本邦では、心エコー法の臨床使用に関するガイドラインがなく、その作成が望まれるところであった。本ガイドラインは、2003-4 年度の 2 年度の間に、循環器超音波検査の適応と判読のガイドライン作成班にて、検討を重ねて作成されたものである。

基本的には疾患別に記載をしたが、虚血性心疾患のように各種超音波検査法を用いる可能性があるものについては、各検査別に記載をおこなった。各項目においては、症状・身体所見 (胸部 X 線、心電図は必要に応じて) から、超音波検査の適応をどう考えるか、および判読のポイントについて記述した。前述の“心エコー法の臨床適用に関する ACC/AHA ガイドライン”では、疾患のみならず、心不全、胸痛、心雑音、不整脈、重症例、といった症状や病態についても記載がされている。それに対して、本ガイドラインでは、病態・症状に分けた記載は行っていないが、適応および判読のキーワードをあげるにより、病態・症状との関係づけがされている。

本ガイドラインでは、循環器超音波検査のうち、経胸壁心エコー法を中心として記載されているが、特殊アプローチ法として、経食道心エコー法、冠動脈内エコー・ドプラ法については、各々項目をもうけてとりあげている。本ガイドラインでは、標準以上の装備を備えた心エコー装置で行われる検査を想定して、適応と判読について記載されている点を、特に銘記したい。近年普及しつつある携帯型心エコー装置を用いた検査は、外来や病棟での、何らかの病態・疾患のスクリーニングとして適していると考えられ、標準装置とは適応が必ずしも同じとはいえないと判断し、今回のガイドラインでは、標準装置による検査の適応として、症状や身体所見から何らかの疾患・病態が疑われる場合にしか、適応ありとしていない。適応のクラス分類の考え方については、他のガイドラインで使われている適応分類に従った (表 1)。

表 1 ガイドラインのクラス分け

Class I	: その検査法が有用かつ有効であるというデータおよび/または一般的合意がある場合
Class II	: その検査法の有用性かつ有効性に関して相反するデータおよび/または意見の相違のある状態
II a	: 有用かつ有効であるというデータおよび/または意見が多い
II b	: 有用かつ有効であるという確証が少ない
Class III	: その検査法が有用かつ有効でなく、場合によっては有害であるというデータおよび/または一般的合意がある状態

## II 僧帽弁疾患

### 適 応 (表 2)

僧帽弁疾患は、狭窄、逆流ともに徐々に進行するため、一旦診断がついた後も定期的フォローアップは必要であるが、その時期は疾患の重症度に応じて変わってくる<sup>3-5)</sup>。自覚症状その他に変化のない軽度の僧帽弁疾患は 2 年に一度程度のフォローでよいかもしれない。中等度以上の僧帽弁疾患は、自覚症状の変化が明確でなくても 1 年に 1 度は心エコー法を行う。高度の僧帽弁疾患で自覚症状が出現し始めたり、変化してきた場合には 3-6 か月に 1 度程度観察する。感染性心内膜炎の罹患に伴って一気に状態が悪化することがあるので、原因不明の発熱が持続するような場合には早期の来院を指示し、必要であれば経食道心エコー法を含めた緊急心エコー法を考慮する<sup>6, 7)</sup>。

### 適応のキーワード

- 労作時呼吸困難、息切れ、動悸
- 僧帽弁開放音、心尖部拡張期輪転様雑音 (ランブル)
- 吹鳴様全収縮期雑音 ● 感染性心内膜炎
- 経皮経静脈的交連切開術 ● 僧帽弁形成術

### 判 読

僧帽弁狭窄は、断層像にて弁の開放制限を認めることで診断がつく。リウマチ性の場合には交連部の癒着、弁

表2 僧帽弁疾患における心エコー法の適応

Class I
1. 臨床的に僧帽弁疾患が疑われる例における診断、重症度評価、肺高血圧評価
2. 僧帽弁逆流の機序説明
3. 僧帽弁疾患に合併する他病変の診断・評価
4. 僧帽弁疾患の診断がついており、症状に変化があった場合の再評価
5. 高度僧帽弁疾患のフォローアップ
6. 経皮経静脈的交連切開術適否決定
7. 感染性心内膜炎が疑われる例での僧帽弁評価（経胸壁心エコー検査で評価が困難な場合は積極的に経食道心エコー法を行う）
8. 僧帽弁疾患妊婦の妊娠中の血行動態評価、心機能評価
9. 僧帽弁疾患の侵襲的治療（経皮経静脈的交連切開術、弁修復術、弁置換術など）の選択
10. 僧帽弁疾患に対するインターベンション（経皮経静脈的交連切開術、弁修復術など）の施行時（とくに経食道心エコー法）
Class II a
1. 中等度僧帽弁疾患のフォローアップ
2. 僧帽弁形成術適否決定
3. 僧帽弁狭窄重症度と臨床症状が一致しない症例における負荷心エコー法
4. 負荷ドプラ法による軽度—中等度僧帽弁狭窄の血行動態の評価
Class II b
1. 無症状かつ心機能正常の軽度僧帽弁疾患のフォローアップ
2. 心原性脳塞栓をきたした僧帽弁疾患例の左房内血栓検出（経食道心エコー法が望ましい）

の肥厚、弁下組織の変性（肥厚、短縮、癒合）が認められる。前尖の可動性は比較的保たれていることが多く、拡張期に前尖が左室側に膨らむような形態をとる（ドーム形成）。後尖は初期より可動性が低下し、左室後壁に対し直立した様な形態をとる。病変の進行とともに交連部のみならず、弁尖の輝度も上昇し、しばしば石灰沈着が見られる。昂じると石灰化は腱索から乳頭筋にまで及ぶ。これらの情報は経皮経静脈的僧帽弁交連切開術（percutaneous transvenous mitral commissurotomy, PTMC）の適応を決める際に重要である<sup>8)</sup>。重症度は断層法（トレース法）または pressure half-time 法により求められる弁口面積や平均圧較差から判定する（表3）。左房は拡大しており、しばしば合併する心房細動とあいまって内部に血栓を形成するが、その検出には経食道心エコー図が適している。僧帽弁疾患は二次性肺高血圧を合併しやすいため、三尖弁逆流の血流速度から肺高血圧の有無・程度の評価は有用である。

僧帽弁逆流の診断はカラードプラ法により逆流ジェットを検出することによりなされる。断層法で認められる

表3 僧帽弁狭窄の重症度評価

重症度	弁口面積	弁間平均圧較差
正常	4.0~6.0 cm <sup>2</sup>	
軽度狭窄	1.6~2.0 cm <sup>2</sup>	5 mmHg 以下
中等度狭窄	1.1~1.5 cm <sup>2</sup>	6~12 mmHg
高度狭窄	1.0 cm <sup>2</sup> 以下	12 mmHg 以上

表4 僧帽弁逆流の重症度評価

重症度	僧帽弁逆流量	僧帽弁逆流分画	有効僧帽弁逆流口面積
軽度	45 ml 未満	30% 未満	0.30 cm <sup>2</sup> 未満
中等度	45~59 ml	30~55%	0.30~0.39 cm <sup>2</sup>
高度	60 ml 以上	55% 以上	0.40 cm <sup>2</sup> 以上

不十分な弁尖接合の検出も診断に役立つ。心エコー法においては、逆流の診断、重症度評価、逆流の発生箇所のみならず逆流のメカニズムについても検索しておく。例えば虚血性心疾患や拡張型心筋症における機能的僧帽弁逆流は、弁自体に器質的变化はないものの、乳頭筋が後外側に偏位することにより腱索を牽引し収縮期の弁尖接合を阻害して生じる（tethering）<sup>9)</sup>。僧帽弁尖逸脱症例では弁形成術の可能性を考慮して逸脱の部位、範囲等を詳細に観察するが、その際、カラードプラ法の併用が有用である。吸い込みシグナルの位置から逸脱部位を推定することができるのみならず、逸脱による逆流ジェットが逸脱部位と逆方向に吹き付けることも、部位を同定する手がかりとなる。重症度の評価には、カラードプラ法による半定量的評価法、ドプラ法を併用した定量的評価法（左室側に認められる吸い込みシグナルを用いた PISA 法（表4）、左室流入血流量と駆出血流量の差による逆流流量測定等）によって行う<sup>10)</sup>。逸脱による逆流ジェットはしばしば偏位し、かつ左房壁に沿って吹くので一断面で逆流ジェットの全貌を捉えることは困難であることが多い。半定量的評価を行う場合には多断面から逆流を観察し重症度評価を誤らないようにする必要がある。左室径や肺高血圧の程度は手術適応の基準となる重要な情報であるので<sup>12, 13)</sup>、正確な計測が要求される。なおリウマチ性疾患の場合には他の弁にも狭窄や逆流があることが多いので、それらを見落とさないようにする。

### 判読のキーワード

- 弁の開放制限
- 交連部癒着
- 弁下組織の変性
- 弁尖接合
- 僧帽弁複合体の異常
  - 弁輪拡張
  - 弁尖逸脱

- 腱索断裂
- 乳頭筋断裂
- tethering
- 左房径の拡大 ● 左房内血栓 ● 左室径の拡大
- 僧帽弁間平均圧較差
- 弁口面積 (pressure half-time 法, トレース法)
- PISA 法 ● 肺高血圧

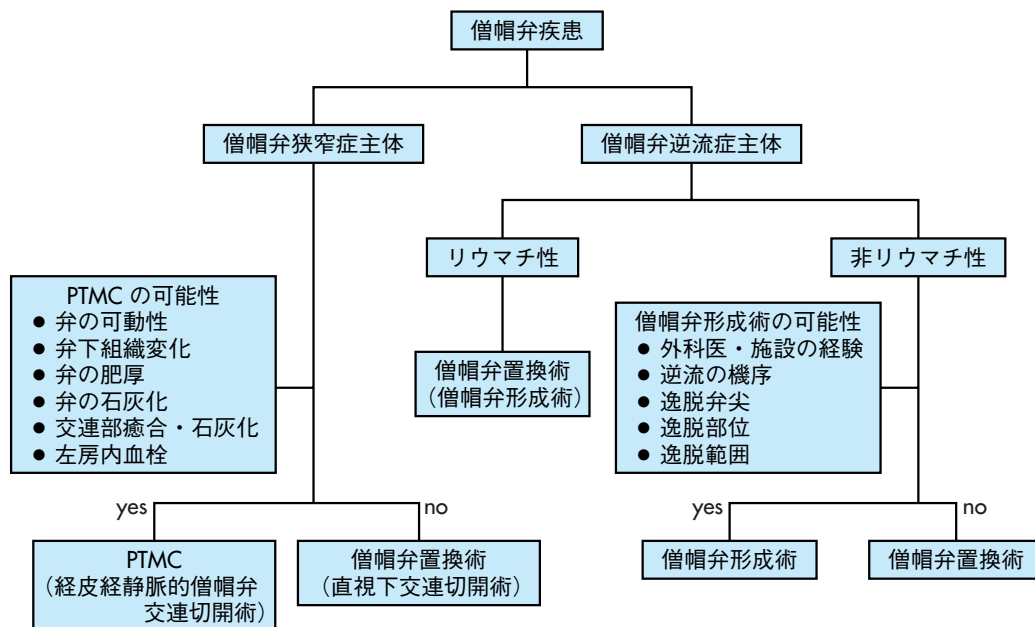
治療選択のための判読 (表 5)

洞調律の無症候性軽度僧帽弁狭窄では、特に治療の必要はない<sup>12, 13)</sup>。弁狭窄の程度が軽度 (弁口面積 1.5 cm<sup>2</sup> 以上) だが症状を有する例では、その症状が僧帽弁狭窄によるものかを明らかにするために、運動負荷心エコー法やドプタミン負荷心エコー法が推奨される。負荷検査により肺高血圧が誘発されたり、弁間圧較差が 15 mmHg 以上に増大した場合は侵襲的治療を考慮する。高度狭窄例では、僧帽弁置換術や直視下交連切開術の他に PTMC の適応となるが、治療法の選択・適応決定には心エコー法が必須である<sup>8)</sup>。弁の可動性、弁下組織変化、弁の肥厚、石灰化、交連部の癒合・石灰化、左房内血栓について観察する。交連部の癒合が著しく石灰沈着が高度に見られる例では、PTMC や直視下交連切開術は有効性が低いのみならず、時には交連部の過剰な裂開や弁尖の裂開を生じて僧帽弁逆流を惹起することがあるため、僧帽弁置換術の対象と考えた方がよい。ことに片側に高度癒合または石灰沈着が認められる例では、対側の比較的癒合の軽い交連部だけが過度に裂開し、場合に

よっては同所より僧帽弁逆流が発生する可能性もあるので注意を要する。また心房内血栓例、中等度以上の僧帽弁逆流例、弁下組織の変性が高度な例も、PTMC は不適當である。

慢性僧帽弁逆流の治療方針の決定には、症状以外に左室内径や収縮能の評価が重要である。症状が軽微であっても左室駆出率が 60 % 以下に低下している例や、収縮末期径が 45 mm 以上の例では、手術がすすめられるため、心エコー法による正確な計測が求められる<sup>12, 13)</sup>。大部分のリウマチ性僧帽弁逆流では、弁の器質的変化のために弁形成術が困難であるため、弁置換術の対象となる。一方、弁尖逸脱や腱索断裂例、あるいは虚血性僧帽弁逆流のように弁尖に器質的変化がない例では、弁形成術が施行される<sup>14)</sup>。弁形成術の可能性判定も手術時期を考慮する重要な要素である。弁形成術の達成率と手術成績については、施設間の格差が存在するものの、術前の心エコー図情報は極めて有用である。心エコー法で僧帽弁複合体を詳細に観察し、弁逆流の機序、弁逆流の範囲、程度を把握しておく。特に、逸脱の部位、範囲の情報は重要である。限局した後尖逸脱例は、弁形成術を比較的確実に行える病態である<sup>15)</sup> が、広範囲の後尖逸脱や前尖逸脱も人工腱索再建術やその他の手術手技の向上によって優れた成績を挙げつつある。弁輪径計測は、僧帽弁輪形成術の術前計画に役立つ。虚血性僧帽弁逆流についても最近では弁輪形成術を主とした各種手術手技が積極的に行われている<sup>16)</sup>。

表 5 僧帽弁疾患侵襲的治療選択のためのフローチャート



## Ⅲ 大動脈弁疾患

### 適 応 (表 6)

大動脈弁疾患は、狭窄、逆流ともに徐々に進行し<sup>21-23)</sup>、その進行度は個人差が大きい。一旦診断がついた後も定期的フォローアップが必要である。自覚症状その他に変化のない軽症の大動脈弁疾患は2年に一度程度のフォローでよいかもしれない。中等度以上の大動脈弁疾患は、自覚症状の変化が明確でなくても1年に1度は心エコー法を行う。高度の大動脈弁疾患で自覚症状が出現するか、変化してきた場合には手術を前提として3~6か月に1度程度観察する<sup>12, 13)</sup>。なお弁膜症は感染性心内膜炎の罹患に伴って一気に状態が悪化することがあるので、原因不明の発熱が持続するような場合には早期に来院を指示し、必要であれば経食道心エコー法を含めた緊急心エコー法を考慮する<sup>6, 7)</sup>。

表 6 大動脈弁疾患における心エコー法の適応

#### Class I

1. 臨床的に大動脈弁疾患が疑われる例における診断、重症度評価、心機能評価
2. 心電図上 ST-T 波形のストレインパターンを示す例における大動脈弁疾患スクリーニング
3. 大動脈弁疾患の診断がついており、症状に変化があった場合の再評価
4. 大動脈弁疾患に合併する他病変の診断・評価
5. 高度大動脈弁疾患のフォローアップ
6. 大動脈起始部拡大を示す無症候性大動脈弁逆流例の再評価
7. 感染性心内膜炎が疑われる例での大動脈弁評価 (経胸壁心エコー法で評価が困難な場合は積極的に経食道心エコー法を行う)
8. 大動脈弁疾患妊婦の妊娠中の血行動態評価、心機能評価

#### Class II a

1. 中等度大動脈弁疾患のフォローアップ
2. マルファン症候群の大動脈弁疾患スクリーニング
3. 大動脈二尖弁例における大動脈の異常の検索
4. 左室機能不全または左室肥大を伴う軽度~中等度の大動脈弁狭窄の再評価
5. 負荷ドブラ法による軽度~中等度大動脈弁狭窄の血行動態評価

#### Class II b

1. 無症状かつ心機能正常の軽度大動脈弁狭窄のフォローアップ
2. 左室機能不全を伴った大動脈弁狭窄に対するドプタミン負荷心エコー法
3. 経胸壁心エコー検査で大動脈弁弁口面積の計測が困難であった例における経食道心エコー検査を用いた弁口トレース法に基づく弁口面積計測

### 適応のキーワード

- 労作時呼吸困難、息切れ、全身倦怠感
- 狭心痛、意識消失発作、起坐呼吸、夜間発作性呼吸困難
- 駆出性収縮期雑音 ● 拡張期逆流性雑音
- 感染性心内膜炎 ● 大動脈弁石灰化
- 上行大動脈拡大
- 心電図上の肥大所見、ストレインパターン

### 判 読

大動脈弁狭窄では長軸像、短軸像にて弁の開放制限を認める。短軸像は弁尖の数、交連部の状態を見るのに適している。二尖弁では二枚の弁尖、リウマチ性の場合には交連部の癒着、加齢変性の場合には弁尖の硬化、石灰化を認める。二尖弁は先天性の大動脈弁疾患の中で最も多い疾患である。通常は二枚の弁尖の大きさは不均等であり遺残交連を有する弁尖の方が大きい。遺残交連の痕跡としてしばしば raphe を認める。二枚の弁尖が前後に開くタイプ (anterior-posterior cusps) と左右に開くタイプ (right-left cusps) があり、前後に開くタイプの方が多い。なお二尖弁では長軸断層像で開放制限を反映して大動脈弁の収縮期ドローイングを認めることが多い。僧帽弁にリウマチ性の変化があれば、大動脈弁の変化も概ねリウマチ性と考えてよい。しかし大動脈弁狭窄ではいずれの病態でも加齢とともに変性が進行し、極端な場合には著明な輝度上昇と石灰化のためにしばしば病因の同定が困難である。左室壁は対称性の肥厚を呈する。時に大動脈近位部の拡大を認める (poststenotic dilatation)。なお二尖弁では狭窄、逆流にかかわらず、大動脈中膜の脆弱化のために上行大動脈拡大のみならず、大動脈瘤、大動脈解離、大動脈縮窄を合併することがあるので注意する<sup>17-20, 24)</sup>。大動脈弁狭窄の重症度は連続波ドブラ法により弁通過血流速から算出される最大および平均左室・大動脈圧較差、連続の式により求められる弁口面積により評価される。左室・大動脈圧較差は手軽に求められるが、血行動態の影響を受けるという欠点がある。一方、弁口面積は血行動態の影響を受けないが、計算の過程がやや複雑である。このような欠点を回避するために左室流出路と大動脈弁口での流速の時間速度積分値の比 (dimensionless index) を求める方法もある。高度大動脈弁狭窄の基準については文献によって異なるが、おおむね弁口面積で  $0.75 \text{ cm}^2$  以下または  $1 \text{ cm}^2$  以下、弁口面積を体表面積で除した弁口面積係数で  $0.6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  以下、弁

口 dimensionless index 0.25 以下, ドプラ法で記録される弁通過最大血流速度 4.5 m/s 以上, 左室・大動脈圧較差 75 mmHg 以上, 左室・大動脈圧較差 50 mmHg 以上などとされている (表 7)<sup>11, 22, 25)</sup>. 左室機能不全を伴った大動脈弁狭窄では一回拍出量の低下のために左室・大動脈圧較差は低値を示し, 真の重症度を過小評価する. このような場合には弁口面積による評価が妥当である. なお大動脈弁狭窄が中等度であっても, 何らかの原因による左室機能不全のために一回拍出量が極めて少ない場合には, 駆出血流が弁を十分に押し広げることができず, 弁口面積としては小さく計算されることがある. このような例ではドプタミン負荷心エコー法を行って一回拍出量を増大させ, それに伴って弁口面積が増大するかどうかをみるとよい<sup>25, 26)</sup>.

大動脈弁逆流の診断はカラードプラ法により逆流ジェットを検出することにより行われる. 断層法では弁尖の輝度上昇や短縮などの器質の変化, 弁尖逸脱などを認めるが, マルファン症候群や大動脈弁輪拡張などのように大動脈基部が拡大している場合には弁尖に器質的变化がなくても弁尖間にギャップや逸脱を認めそこから逆流が生じる. したがって心臓のみならず大動脈まで観察することが必要である. 重症度の評価はカラードプラ法を用いて求められる逆流ジェットの到達範囲, 面積, 左室流出路と逆流の幅の比を用いた半定量的評価法, 連続波ドプラ法により記録された大動脈弁逆流血流速波形の pressure half-time, ドプラ法を併用した定量的評価法 (駆出血流量と左室流入血流量の差による逆流量測定等) などによって行う (表 8). 重症度評価には腹部大動脈の血流速波形も参考になる. 高度の逆流であれば拡張期

に反転血流を認める. 左室径は手術適応の基準となる重要な情報であるので<sup>12, 13)</sup>, 正確な計測を心がける. 慢性の大動脈弁逆流では左室は容量負荷により徐々に拡大するが, 急性の大動脈弁逆流では左室は急激な容量負荷に耐えきれず高度の肺うっ血を呈するものの, 拡大は顕著ではない. またこの場合カラードプラ法による逆流ジェットも, 左室内圧の上昇に伴う逆流の駆動圧低下に伴って実際の重症度を過小評価することがある.

### 判読のキーワード

- 弁の開放制限, 石灰化 ● 弁尖接合
- poststenotic dilatation
- 大動脈基部の異常
  - マルファン症候群
  - 大動脈弁輪拡張
  - 上行大動脈瘤
  - 上行大動脈解離
- 左室壁肥厚 ● 左室径の拡大 ● 左室・大動脈圧較差
- 弁口面積 ● ドプタミン負荷心エコー法 ● 逆流量

### 治療選択のための判読 (表 9)

大動脈弁狭窄では, 症状が出てきた場合, または非常に高度の狭窄が認められる場合に大動脈弁置換術の適応となる<sup>12, 13)</sup>. 大動脈弁置換術の際に心エコー法で見ておくべきポイントは, 自己弁除去や人工弁縫着の際の障害となりうる弁尖や弁輪の石灰沈着の程度, 人工弁サイズを考慮する際に必要な弁輪径, 心筋保護を考える上で重要な壁肥厚の程度である. また他弁疾患の合併の有無や, 三尖弁逆流血流速から肺高血圧の有無もみておく. 上行大動脈が拡大している場合には人工血管による置換が必要となる場合もあるので, 大動脈径も計測しておく.

大動脈弁逆流では, 症状が出るか, 心拡大が著明か, 心機能が低下するか, の何れかで手術治療の適応となり, それまでは内科的治療を行うことになる. したがって心エコー法では心拡大の程度と心機能を正確に評価することが必要となる. 弁尖に器質的变化がある大動脈弁逆流に対しては大動脈弁置換術が行われる. この際に心エコー法で見ておくべきポイントは上と同様, 弁輪径, 他弁疾患合併の有無, 肺高血圧の程度である. なお弁尖に変化がなく大動脈基部が拡大しているために生じている大動脈弁逆流に対しては, 施設によっては自己弁を温存した基部再建術が行われることがある<sup>27, 28)</sup>. そのためには大動脈弁逆流が弁尖接合部中央のギャップから偏位することなく吹いていることを確認しておく. もしも偏位して吹いているのなら中央のギャップだけでなく弁尖の逸

表 7 大動脈弁狭窄の重症度

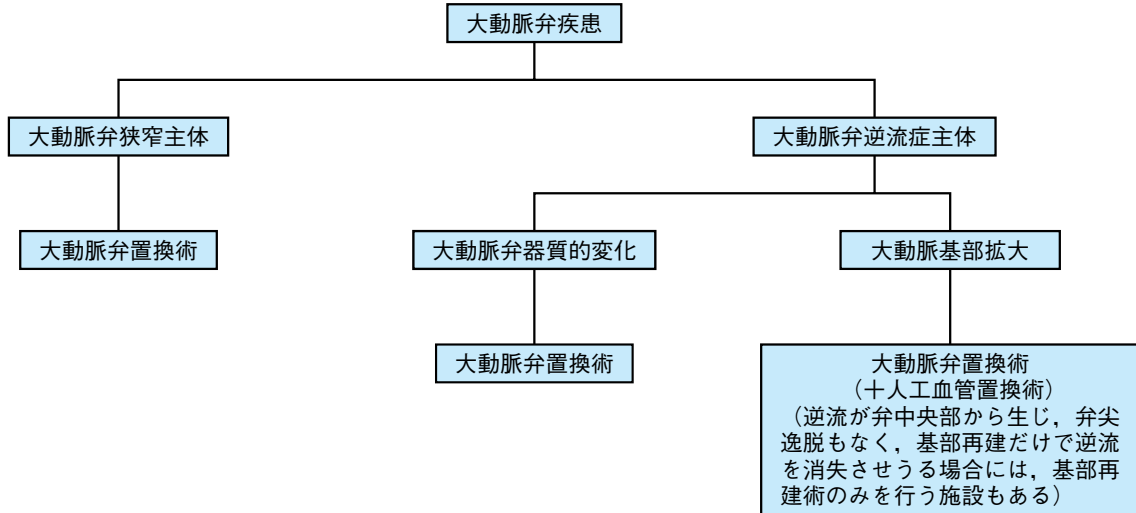
	弁口面積	左室・大動脈圧較差	左室・大動脈平均圧較差
正常	3~5 cm <sup>2</sup>		
軽度	1.1~1.9 cm <sup>2</sup>	~35 mmHg	~20 mmHg
中等度	0.76~1.0 cm <sup>2</sup>	36~74 mmHg	21~49 mmHg
高度	~0.75 cm <sup>2</sup>	75 mmHg~	50 mmHg~

表 8 大動脈弁逆流の重症度

	左室内到達距離	左室流出路逆流幅比	連続波ドプラ PHT法
軽度	流出路内	30% 未満	600 msec 以上
中等度	僧帽弁前尖	30~49%	400~600 msec
高度	乳頭筋	50~69%	200~400 msec
最重症	心尖部	70% 以上	200 msec 未満

PHT=pressure half-time

表 9 大動脈弁疾患手術のためのフローチャート



脱が関与している可能性があり、通常の基部再建術だけでは逆流を消失させることはできない。

## IV 三尖弁・肺高血圧

### 1 三尖弁疾患

#### 適 応 (表 10)

三尖弁狭窄を疑った場合には、心エコー法を行うが、多くの場合は他の弁膜症や左心系疾患のための心エコー検査時に三尖弁も評価するという形になる<sup>1-4, 29-32)</sup>。

表 10 三尖弁疾患における心エコー法の適応

Class I
1. 臨床的に三尖弁疾患が疑われる場合
2. 僧帽弁疾患または大動脈弁疾患の検査を行う場合
3. 三尖弁疾患と診断が確定している場合で、症状に変化があった場合の再評価
Class II b
1. 三尖弁疾患と診断が確定している場合で、特に変化のない場合のフォローアップ

#### 適応のキーワード

- 浮腫 ● 胸部 X 線写真での右心系や肺動脈の拡大
- 心電図での右心負荷所見
- 心雑音または II 音肺動脈成分の亢進

#### 判 読

三尖弁狭窄の判読に際しては、1) 狭窄の診断、2) 狭窄の重症度評価、3) 右房と下大静脈の大きさの評価、を行う<sup>29-34, 7)</sup>。三尖弁の拡張期ドーム形成と開放制限があり、三尖弁での拡張期平均圧較差が 2 mmHg 以上の場合に、三尖弁狭窄と診断する。重症度評価は三尖弁での拡張期平均圧較差を指標とし、5 mmHg 以上の場合に、手術を考慮する。右房の大きさおよび下大静脈径とその呼吸性変動の有無により、うっ血所見の重症度を評価する。

三尖弁逆流の判読に際しては、1) 逆流の診断、2) 逆流の重症度評価、3) 右室、右房、下大静脈の大きさの評価、4) 肺高血圧の評価、5) 原因の診断、を行う。逆流の存在診断はカラードプラ法により行い、重症度評価はカラー逆流信号の広がり、右室側の吸い込み血流、肝静脈での収縮期逆流波などを参考にし、総合判断する<sup>29-34, 7)</sup>。右室、右房、下大静脈の大きさと下大静脈径の呼吸性変動の有無を評価する。三尖弁逆流流速速度から右室収縮期圧＝肺動脈収縮期圧を推定するが、明らかな弁の離開を伴う高度三尖弁逆流では逆流血流は層流となりその速度も高くないことが多く、三尖弁が安全弁の働きをし肺高血圧の程度は軽くなる。原因の評価では、二次性 (弁には変化なく右室が拡大している)、リウマチ性、三尖弁逸脱、感染性心内膜炎、外傷、さらに先天性心疾患に合併する逆流 (Ebstein 奇形、心内膜床欠損) などを診断する。

#### 適応のキーワード

- 浮腫 ● 胸部 X 線写真での右心系や肺動脈の拡大
- 心電図での右心負荷所見

- 心雑音またはⅡ音肺動脈成分の亢進

## 2 肺高血圧

### 適 応 (表 11)

肺高血圧の診断ならびに肺高血圧の重症度評価と心臓に対する影響の評価に心エコー法は重要である<sup>35-45, 30)</sup>。臨床所見あるいは原因疾患から肺高血圧を疑った場合には、心エコー法を行う。

表11. 肺高血圧における心エコー法の適応

Class I
1. 肺高血圧が疑われる場合
2. 肺高血圧の治療効果を判定するための肺動脈圧のフォローアップ
3. 肺高血圧の基礎疾患の評価
4. 肺塞栓で、右房、主肺動脈、左右肺動脈に血栓の存在が疑われる例 (経食道心エコー法)
Class II a
1. 肺高血圧と診断が確定している場合で、特に変化はない場合のフォローアップ
Class III
1. 肺疾患例で、心障害が臨床的に疑われない場合

### 判 読

判読に際しては、1) 肺動脈収縮期圧の推定、2) 右室拡大の程度の評価、3) 三尖弁逆流の重症度の評価、4) 下大静脈の径とその呼吸性変動の評価、5) 肺高血圧の原因疾患の評価を行う。肺動脈収縮期圧は、連続波ドプラ法により三尖弁逆流血流速度を記録し、簡易ベルヌーイ式により計算する。肺塞栓では、経食道心エコー法により主肺動脈から左右の肺動脈内の血栓塞栓症が直接診断可能である<sup>44, 45)</sup>。また、下肢静脈エコー法により塞栓源の検出も可能である。

### 判読のキーワード

- 弁膜症の重症度
- 弁膜症による右心負荷所見
- 肺高血圧の有無とその重症度

## V 人工弁

### 適 応 (表 12)

人工弁置換術後の評価は、術後早期に左室機能や血行動態を含めた評価を行いそれと比較することが重要であ

る。人工弁機能不全の診断において心エコー法は最も有効な検査であり、臨床症状や身体所見から人工弁機能不全を疑った場合は直ちに施行すべきである。

心エコー法では弁や弁輪の動きに加え血栓やフィブリンの有無、逆流や狭窄の有無を観察することができる。人工弁機能評価においては経食道心エコー法が有用であるが<sup>46)</sup>、すぐに経食道心エコー法を行うのではなく、経胸壁心エコー法で心機能や血行動態などの重要な情報を得た後に経食道アプローチでの検査を行うべきである。人工弁狭窄の診断に際しては、断層法に加えてドプラ法による弁通過血流速度の計測が有用である。人工弁逆流の診断は、人工弁による音響陰影 (特に僧帽弁位人工弁) のために困難であることが多く、そのような場合には経食道心エコー法が有効である。

人工弁置換術後で、臨床的に人工弁感染が疑われる場合は、心エコー法の適応である。ただし、経胸壁心エコー法による人工弁感染性心内膜炎の診断は、機械弁・生体弁によるアーチファクトのために困難であることが多く、とくに機械弁では小さな疣腫の描出は期待できない。弁輪部膿瘍の診断もできないことが多く、人工弁感染の診断には経食道心エコー法は不可欠である<sup>47-49)</sup>。

表 12 人工弁置換術後における心エコー法の適応

Class I
1. 手術直後のモニタリング (経食道心エコー法)
2. 手術後早期のベースラインとしての弁機能および左室機能評価
3. 弁置換術後患者の臨床所見または症状に変化があった場合 (逆流・狭窄などの人工弁機能不全や血栓を疑う場合)
4. 人工弁病変の観察および重症度評価、左室機能の評価
5. 弁周囲膿瘍やシャントなどの人工弁周囲病変の診断
6. 複雑・難治症例 (重症弁機能不全例、菌血症や発熱持続例など) におけるフォローアップ
7. 血液細菌培養陰性だが人工弁感染を疑う症例
8. 感染巣不明の菌血症
Class II a
1. とくに臨床所見や症状に変化はないが軽度から中等度の左室機能低下を伴う弁置換術後患者の定期的フォローアップ
2. 発熱が持続するが菌血症陰性で新たな心雑音がない症例
3. 抗菌薬治療期間中の繰り返しの経過観察
Class II b
人工弁機能不全を疑う所見がない場合のフォローアップ

### 判 読

人工弁機能不全の心エコー診断では術後の状態との比較が重要なポイントとなるため、置換術後早期に弁機能、左室機能、血行動態を含めたベースライン評価を行って

おくことが重要である。フォローアップの際にはその記録と比較する。また人工弁の種類やサイズ、置換した弁位によってドプラ法による各指標の正常値が異なるため、とくに人工弁狭窄の診断をする場合には弁の種類やサイズを知っておく必要がある<sup>50-54</sup>。

## 1 経胸壁心エコー法

### 〈機械弁〉

弁葉 (disk) の動きは、血栓弁では低下し、開放制限を認める。また弁葉、弁座付近に血栓、pannus, vegetation を思わせる異常エコーがないかも重要な観察点である。人工弁感染を疑う場合は、弁輪部感染による弁周囲の裂開に伴う弁座の動揺がないかどうかを確認する。カラードプラ法にて描出される弁座と弁葉のすきまからの小さな弁逆流シグナルは生理的逆流 (弁座の内側) であり、正常所見である。一方、弁狭窄を伴う大きな弁逆流シグナルは異常所見であり、血栓弁、pannus による弁機能不全を疑う。弁座の外側からの逆流 (弁周囲逆流) は、病的逆流である。連続波ドプラ法で得られた人工弁通過血流速度から、正確に圧較差を求めることができる<sup>55</sup>。生体弁では、通常の僧帽弁狭窄診断と同様 220/pressure half-time で正確な弁口面積を求めることができる<sup>56</sup>。流入血流が複雑である機械弁の場合は基準が明確ではなく、個々人における置換術直後の記録と比較することが重要である<sup>57, 58</sup>。人工弁逆流の診断は、人工弁による音響陰影 (特に僧帽弁位人工弁) のために困難であることが多い。この場合には経食道心エコー法が有効である。

### 〈生体弁の場合〉

弁尖 (cusp) の動き、輝度、性状 (肥厚・硬化・石灰化など経年変化による所見) をよく観察する。弁尖の収縮期の左房内への落ち込みや細動 (弁尖の亀裂: cuspal tear を疑わせる所見) の有無や弁周囲の裂開による弁座動揺の有無など。

カラードプラ法では、経年変化による弁硬化に伴う逆流では弁接合部からの弁逆流シグナルと acceleration flow が確認される。収縮期の弁尖の左房内への落ち込みや細動がみられ、その部分の上流に acceleration flow が認められる場合は cuspal tear による逆流を疑う。また、弁周囲逆流の有無や弁座の動揺部分からの逆流シグナルの有無を観察する。連続波ドプラ法では、経年変化による弁狭窄の評価のために弁通過血流速度を記録する。弁の種類やサイズによって正常値が異なるため、機械弁の

場合と同様、この値は常に弁置換術直後の記録と比較することが重要 (pressure half-time, 最高血流速度・平均血流速度) である。

## 2 経食道心エコー法

### 〈機械弁の場合〉

断層法で弁葉・弁座の異常エコー、血栓弁・pannus 形成の有無、カラードプラ法で弁逆流シグナルの有無と逆流の部位・原因を観察する。経食道心エコー法では生理的逆流も明瞭に観察されるため、病的逆流との鑑別が必要である。弁座内側からの少量の逆流は生理的逆流と考える。その他、感染性心内膜炎では弁輪部感染やそれに伴う弁座周囲の裂開 (dehiscence) と、その部位から起始する弁周囲逆流 (perivalvular regurgitation) の有無をよく観察する。

### 〈生体弁の場合〉

弁尖 (cusp) の動き・輝度・性状 (肥厚・硬化・石灰化など経年変化による所見) を観察。カラードプラ法で、経年変化による弁尖の硬化に伴い弁接合部から生じてくる逆流シグナルの有無を観察する。弁尖の収縮期の左房内への落ち込みや細動と、その部分から生じている逆流シグナルを認めた場合には弁尖の亀裂: cuspal tear と診断する。その他弁周囲逆流の有無や、感染性心内膜炎では弁輪部感染やそれに伴う弁座周囲の裂開 (dehiscence) と、その部位から起始する弁周囲逆流 (perivalvular regurgitation) の有無をよく観察する。

## 3 人工弁感染

人工弁感染の診断は、とくに機械弁使用例で困難である。経胸壁心エコー法では大きな病変しか観察されないため、本症が疑われる場合は、経食道心エコー法で観察することが有用である。特に、弁輪部膿瘍の観察には経食道心エコー図検査が必須である<sup>47-49</sup>。弁輪部膿瘍は人工弁縫合部 (sewing ring) 周辺に低エコー像として観察される。心内膜炎による人工弁機能不全の有無に関しては、ドプラ心エコー法が有用である。また、検査時に同時に他の弁に vegetation が付着していないかどうかを確認することも重要である。

## VI 肥大型心筋症

### 適 応 (表 13)

症状としては、動悸・呼吸困難・胸部圧迫感・胸痛等があるが、無症状のことも多い。身体所見や心電図で本症の存在を疑った場合、心エコー法を行う適応がある。心エコー法で肥大の有無・分布・程度の評価を行うことによって、本症との診断を行う。また、左室収縮能および拡張能の評価、左室内の閉塞の有無・存在する場合はその程度の評価、僧帽弁逆流の合併の有無・有る場合はその程度評価を行う。

表 13 肥大型心筋症における心エコー法の適応

#### Class I

1. 臨床的に肥大型心筋症が疑われる場合
  - 1) 肥大型心筋症の診断・心機能・血行動態・合併症の評価
  - 2) 肥大の分布・程度の評価
  - 3) 収縮機能・拡張機能の評価
  - 4) 左室流出路閉塞の有無、ある場合はその程度評価
  - 5) 僧帽弁逆流の合併の有無、ある場合はその程度評価
2. 肥大型心筋症と診断が確定している場合
  - 1) 症状に変化があった場合の上記評価点の再評価
  - 2) 臨床的に感染性心内膜炎が疑われる場合の疣贅の有無の評価
  - 3) 洞調律から心房細動となった場合の心房内血栓の評価

\* 必要に応じて経食道心エコー法を併用する。

#### Class II a

1. 肥大型心筋症と診断が確定している場合で、特に変化がない場合のフォローアップ・エコー

の左室後壁厚は正常範囲である。しかし、肥大型心筋症の肥大様式にはさまざまなタイプがあり、長軸断面で描出される中隔前半部に肥大のみられない例もみられる。そのため、左室長軸断面での非対称性中隔肥厚 (asymmetric septal hypertrophy: ASH) がみられないからといって、本症を否定することはできない。また、心電図にて巨大陰性T波がみられた場合、心尖部のみに肥大が認められるタイプ (心尖部肥大型心筋症) の可能性を考えて、心尖部の注意深い観察が必要である。もうひとつの特殊なタイプとして、心室中部閉塞型 (mid-ventricular obstruction) 心筋症がある。この場合、収縮期の左室内閉塞が左室中央部にみられ、同部に圧較差がみられる。

肥大型心筋症のうち、左室流出路に狭窄が存在する場合、特に閉塞性肥大型心筋症 (hypertrophic obstructive cardiomyopathy, HOCM) とよばれる。左室流出路狭窄の存在を示唆する所見として重要なのが、僧帽弁収縮期前方運動 (systolic anterior motion, SAM) である。また、狭小化した流路を通過する高速血流のため、カラードプラ法ではモザイク・シグナルとして描出される。連続波ドプラ法を用いた計測で安静時に少なくとも 30 mmHg の左室流出路圧較差がある場合を閉塞性と定義される<sup>65, 66)</sup>。閉塞性肥大型心筋症に僧帽弁逆流を合併する場合、左室流出路の高速血流との鑑別が必要である。

本症では拡張不全が主体で、収縮能は一般に保たれている<sup>67, 68)</sup>。左室拡張末期容積は正常以下で、収縮末期容積は小さくなっている。ただし、経過とともに左室内腔が拡大してくる拡張相肥大型心筋症では、左室収縮能は次第に低下してくる。一方、左室心筋の異常な肥大により、左室コンプライアンスは低下しており、拡張能は低下している。本症での典型的な左室流入血流異常は拡張早期波 (E 波) の低下、その減速時間の延長および心房収縮期波 (A 波) の増高であるが、進行すれば、いわゆる偽正常化波形 (pseudonormalized pattern) や拘束型波形 (restrictive pattern) となる<sup>69)</sup>。

### 適応のキーワード

- 心尖拍動異常
- 第 4 音や駆出性収縮期雑音
- 異常 Q 波や陰性 T 波
- 心房細動の出現
- 感染性心内膜炎疑い

### 判 読

肥大型心筋症は、心筋の不均等な左室肥大 (asymmetric left ventricular hypertrophy) を特徴とし<sup>59-61)</sup>、心内腔の拡大を伴わない。一般に心室中隔の肥大が顕著であるため、左室長軸断面にて心室中隔に肥大を認めるもの

### 判読のキーワード

- 不均等な左室肥大
- 左室流出路の閉塞
- 僧帽弁収縮期前方運動
- 左室拡張能の低下
- 心尖部肥大
- 収縮期の左室中央部の閉塞

## VII 拡張型心筋症

### 適 応 (表 14)

本疾患の診断については、厚生労働省科学研究費補助金難治性疾患克服研究事業 特定疾患特発性心筋症に関する調査研究班、平成 15 年度総括・分担研究報告書<sup>70)</sup>に依拠する。

本症の症状としては、呼吸困難・動悸・易疲労性・胸部圧迫感等があるが、特に病初期では無症状のこともまれではない。身体所見や胸部 X 線写真、心電図の所見から、本症の存在が疑われる場合、心エコー法を行う適応がある。また、本症の一部に家族性が認められており<sup>71, 72)</sup>、拡張型心筋症の家族歴がある場合にも心エコー図検査を行う適応がある。

症状に変化がない場合には、頻回に心エコー法でフォローする必要はないが、特定疾患対策研究事業対象疾患に認定されている本症において、年 1 回程度のフォロー

表 14 拡張型心筋症における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <p>1. 臨床的に拡張型心筋症が疑われる場合            拡張型心筋症あるいは類似病態であることの診断・心機能・血行動態・合併症（僧帽弁逆流・肺高血圧など）の評価</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 心形態の評価</li> <li>2) 収縮能・拡張能の評価</li> <li>3) 僧帽弁逆流合併の有無、「有」の場合はその程度評価</li> <li>4) 肺高血圧合併の有無、「有」の場合はその程度評価</li> <li>5) 心腔内血栓合併の有無、「有」の場合はそのサイズ、形態、性状評価</li> </ol> <p>2. 拡張型心筋症の診断が確定している場合</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 症状に変化があった場合の上記評価点の再評価</li> <li>2) 検査結果により治療内容を変更する可能性がある場合の再評価</li> <li>3) 高度左室収縮能低下、心房細動、血栓塞栓症合併例での心腔内血栓の評価            *必要に応じて経食道心エコー法を併用する。</li> </ol> <p>3. 特定心筋疾患をきたす原因・基礎疾患を有する場合</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 拡張型心筋症類似病態の有無についての評価、「有」の場合の評価は (1) に準じる。</li> </ol> <p><b>Class II a</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 拡張型心筋症または類似の病態と診断が確定している場合で、特に変化がない場合のフォローアップ・エコー</li> </ol>
--

を行うことは上記評価項目の経時的変化をみる上で適応があると考えられる。

なお、本症の鑑別疾患として、特定心筋疾患\*（1995 年 WHO/ISFC 勧告<sup>59)</sup>による）があげられる<sup>73, 74)</sup>。特定心筋疾患をきたす原因・基礎疾患を有する症例では、本症と鑑別困難な病態をきたす場合があるという点で、心エコー法を行う適応がある。

### 適応のキーワード

- 心不全 ●心陰影拡大 ●心電図異常 ●家族歴

### 判 読

左室収縮の低下は典型例ではびまん性であるが、局所壁運動異常 (asynergy) を呈する例もある。特に冠動脈の支配領域に一致する壁運動異常が存在する場合には、虚血性心疾患に伴う変化であることが推定され、負荷エコー法を含め他の検査の追加が勧められる。右室の収縮低下を伴う場合もあるが、左室収縮に比べ右室の収縮低下が顕著な場合には、不整脈原性右室心筋症が疑われる。

左室壁厚は、通常、正常範囲かむしろ菲薄化する。壁厚が厚いときには、むしろ拡張相肥大型心筋症や高血圧性心疾患の末期像などが疑われる。

左室流入血流速度波形は、左室拡張能の低下を反映して、初期には弛緩障害パターンを呈し、同時に E 波の減速時間 (DcT) の延長や、等容弛緩時間 (IRT) の延長がみられる<sup>79)</sup>が、重症例や心不全増悪時には、左房圧の上昇のために E/A > 1 の偽正常化パターンを呈する<sup>80)</sup>。本症の予後に拡張機能が大きな意味を持つことが報告されており、なかでも、拘束型波形を示す症例やさらに治療によっても拘束型波形が持続する症例の予後が不良であることが知られている<sup>84, 85)</sup>。本症では、弁尖自体の変化によらず、心内腔の拡大に伴って生じる弁輪拡大や tethering (外側に変位した乳頭筋と腱索による僧帽弁の牽引) による機能的な僧帽弁逆流<sup>87)</sup>や三尖弁逆流を合併し、通常、心不全の程度に応じてその重症度が変化する。

なお、特定心筋疾患の中には、心サルコイドーシスにおける上部心室中隔の菲薄化など疾患により心エコーで特徴的な所見が認められるものもあるが、しばしば心エコーのみでは鑑別不可能であることを銘記すべきである。

### 判読のキーワード

- 左室内腔の拡大 ●左室のびまん性収縮低下
- 左室拡張能障害 ●偽正常化
- 機能的僧帽弁逆流 ●肺高血圧 ●心腔内血栓

## VIII 拘束型心筋症

### 適 応 (表 15)

拘束型心筋症は、左室 compliance の低下した硬い心室壁による左室拡張期充満障害とはほぼ正常な収縮機能と左室容積を病態の本態とする<sup>89, 90</sup>。軽症例では無症状のこともあるが、重症例では心不全症状がみられる。不整脈や心腔内血栓による塞栓症を引き起こすこともある。身体所見や胸部 X 線写真、心電図から本症が疑われる場合に、心エコー法の適応がある。WHO/ISFC (1995 年) の心筋症の定義と分類による報告では、拘束型心筋症は「心筋症」に属する特発性拘束型心筋症と「特定心筋症 (二次性心筋症)」に属する心アミロイドーシス、ファブリ病、ヘモクロマトーシス、心サルコイドーシス、心内膜線維弾性症などに大別されるが、後者の鑑別をするのに心エコー法の適応がある。

表 15 拘束型心筋症における心エコー法の適応

#### Class I

1. 臨床的に拘束型心筋症が疑われる場合  
拘束型心筋症あるいは類似疾患であることの診断・心機能・血行動態・合併症の評価
2. 拘束型心筋症と診断が確定している場合
  - 1) 症状に変化があった場合の上記評価点の再評価
  - 2) 検査結果により治療内容を変更する可能性がある場合の再評価
  - 3) 必要に応じて経食道心エコー法を併用すること

#### Class II a

1. 拘束型心筋症と診断が確定している場合で、自覚症状、理学所見、他の検査所見にとくに変化がない場合のフォローアップ・エコー

### 適応のキーワード

- 左房拡大, 右房拡大 ● 正常な左室収縮能
- 正常な左室径 ● 拡張能障害 (左室 compliance 低下)
- 心不全 ● 塞栓症 ● IV 音 ● 心電図異常

### 判 読

パルスドプラ法をもちいた左室流入血流速波形では<sup>91, 92</sup> 左室充満障害による左室拡張末期圧の上昇を反映し、拘束型パターンを呈する。心尖部からの四腔断面を描出し、僧帽弁輪部の運動速度を記録する組織ドプラ法では、拘束型心筋症においては、心筋の expansion によ

る拡張早期速度が低下し、左室心基部心筋の長軸方向での伸展速度が低下する。ただし、拘束型心筋症の診断に対し、心エコー法は極めて有用な手段であるが、最終的な診断には心臓カテーテル検査所見を含む総合的な判断が必要である。

拘束型心筋症に類似した病態は収縮性心膜炎でも認められるが、両疾患では治療法が異なるため、その鑑別は臨床上重要である<sup>93-96</sup>。収縮性心膜炎では、心室中隔は吸気時に左室側に偏位し、呼気時に逆に右室側に偏位するが、拘束型心筋症ではその変動はみられない。収縮性心膜炎ではパルスドプラ法による左室流入血流速度波形の E 波が呼気に 25% 以上増加し、右室流入血流速波形の E 波は 40% 以上変化するのに対し、拘束型心筋症では呼吸性変動が小さい。また、収縮性心膜炎では肝静脈血流速波形の拡張期逆流波は呼気時に増大するが、拘束型心筋症では吸気時に増大する。組織ドプラ法では、収縮性心膜炎では長軸像での僧帽弁輪部の拡張早期速度が低下しないのに対し、拘束型心筋症では心筋そのものの異常のためにより低値を示す。

心アミロイドーシスは二次性拘束型心筋症の代表的な疾患であるが、断層心エコー法では心室壁の肥厚、狭小化した左室腔、アミロイド沈着による心筋内のび慢性の心筋エコー輝度 (granular sparkling sign)、左房拡大、弁の肥厚、心房中隔の肥厚、心膜液貯留、などの所見が認められ、診断に寄与する重要な所見である。左室壁の肥厚は一様であるが時に非対称性で肥大型心筋症様のこともある。右室にアミロイド蛋白の沈着があれば、右室流入血流速波形が拘束型病態を示すこともある。

### 判読のキーワード

- パルスドプラ法
- 左室拡張能障害 (弛緩能異常, 偽正常化, 拘束型障害)
- 左室流入血流速波形 ● 肺静脈血流速波形
- 組織ドプラエコー法 ● 断層心エコー法
- Mモードエコー法 ● 経食道心エコー法
- 正常収縮能 ● 左室壁性状

## IX 心膜疾患

### 適 応 (表 16)

急性心膜炎の症状としては胸痛、心窩部痛、胸部圧迫感、呼吸困難、発熱等があるが、胸痛時心電図にて広範

困な ST 上昇があれば心筋梗塞との鑑別の上でも心エコー法は必須である。心膜摩擦音の聴取は急性心膜炎の可能性が濃厚なので心エコー法は絶対適応となる。また、原因不明の低血圧、洞性頻脈、意識障害などは心タンポナーデの診断、あるいは否定のために心エコー法を行うべきである。開心術後の症例で心膜腔内出血を疑ったときも同様である。肺癌、乳癌など、心膜浸潤しやすい、あるいは心膜液貯留にて発症する悪性腫瘍があるので、心膜腔内外の血栓や腫瘤の検出にも留意して検査をすすめる<sup>102)</sup>。

急性心膜炎が疑われるが心エコー法で貯留液をみとめないとき、心筋梗塞、あるいは上行大動脈解離の診断後に心拡大の出現や低血圧、胸痛など、病態の変化があれば心膜液貯留を疑って心エコー法での再検を行う。急性心膜炎診断のあとでも治療効果と貯留液の推移をみるには病態に応じて再検査が必要となる。

診断のあとの心膜穿刺は心エコー法ガイド下で安全に行うことができる<sup>104)</sup>。

収縮性心膜炎の病因は多彩である<sup>105)</sup>。急性心膜炎や開心術既往の有無を問わず、頸静脈怒張、心膜ノック音、Kussmaul 徴候、浮腫、肝腫大、腹水、易疲労など、原因不明の右心不全をきたす例で収縮性心膜炎が疑われる

ときは心エコー法が必須となる。また、胸部 X 線写真上、心膜の石灰化をみたとき、心臓 CT や心臓 MRI にて心膜肥厚が観察されたときはやはり、本症を疑って心エコー法を施行すべきである。

### 適応のキーワード

- 心膜摩擦音 ●心膜ノック音 ●奇脈
- Kussmaul 徴候 ●広範囲 ST 上昇
- 原因不明の心拡大 ●原因不明の右心不全
- 心膜の石灰化 ●原因不明のショック
- 心タンポナーデ

### 判 読

心膜液貯留の診断は心室壁と心膜エコーの間のエコーフリースペースにて行う。エコーフリースペースの判定はゲインの調整にも依存し、あくまでも相対的なものであり、わずかの場合は心外膜下脂肪との鑑別は難しい<sup>106)</sup>。急性心筋梗塞や上行大動脈解離による破裂では血栓を見ることがある。心膜摩擦音の聴取下でもエコーフリースペースを見ないときは体位変換や心窩部アプローチ、日を変えた再検査も必要である。中等度以上の貯留では全周性となり、心臓は振り子様運動を呈する。心タンポナーデは貯留液の多寡にはよらず、右室前壁の拡張期虚脱 (collapse) にて診断する<sup>107, 108)</sup>。

急性期の心膜液貯留は原因によらずエコー源に乏しいフリースペースである。脂肪との鑑別が困難なときは CT 所見にて行う。急性期に動かなかった心膜エコーが経過中に心室壁とともに運動するようになれば癒着と診断できる。

収縮性心膜炎、ないし浸出性収縮性心膜炎の診断には拘縮の所見が大切でそのためにはドプラ法を用いた血行動態的拡張障害の観察が必須となる<sup>109)</sup>。両心房に比較して両心室の拡張は見られにくく、著明な肺高血圧や弁逆流がない、収縮機能は比較的保たれている、ことが本症の特徴である<sup>111)</sup>。心室中隔の拡張期ノッチ、左室後壁の拡張期平坦化、両心室流入血流速度波形での拡張早期波 (E 波) の急峻な増高と E 波減速時間の短縮などの偽正常化現象、E 波の呼吸性変動の増大、肝静脈や肺静脈ドプラ所見とその呼吸性変動<sup>111)</sup>、および弁輪部組織ドプラ法<sup>112, 114)</sup>にて診断する。拘束型心筋症との鑑別は慎重に行う<sup>113, 114)</sup>。

心膜欠損そのものを心エコー法にて描出することはできないが、後壁側心膜エコー、心室中隔動態、体位変換による左室形態の変化、などは診断の参考となる<sup>115, 116)</sup>。

表 16 心膜疾患における心エコー法の適応

Class I
1. 心膜炎が疑われる場合
2. 心膜摩擦音を聴取するとき
3. CT や MRI で心膜肥厚があるとき
4. 基礎疾患を問わず、原因不明の心拡大やショックをみたとき
5. 心臓カテーテル検査中の心筋虚血が考えにくい急変時
6. 臨床的に収縮性心膜炎が疑われる場合
7. 開心術後の心膜腔内出血評価
8. 心膜穿刺を行うときのガイド
9. 経胸壁エコー法で心膜液貯留が評価できない場合の経食道心エコー法
10. 急性心膜液貯留で推移をみるための再検査
Class II a
1. 心膜疾患が証明されているが症状や病態に変化のない場合のフォローアップ
2. 心膜欠損の確定診断
Class III
1. 症状や所見はないが心膜液貯留や心膜肥厚を診断したいとき
2. 急性心膜炎治療後で症状や所見のない例の再検査
3. 临床上安定している患者における少量心膜液のルーチンの追跡調査
4. 癌または他の末期患者で、治療法が心エコー所見により変更されないとと思われる患者の追跡調査
5. 心臓手術後早期における心膜摩擦音

## 判読のキーワード

- エコーフリースペース ● 右室の拡張期虚脱
- 偽正常化現象 ● 心室中隔の拡張期ノッチ
- dip and plateau

## X 虚血性心疾患：狭心症・心筋梗塞

### 1 急性冠症候群 (不安定狭心症, 急性心筋梗塞)

#### 適 応 (表 17)

胸痛とともに典型的な心電図変化を示している症例において、心エコー法を急性心筋梗塞症の診断を得るために施行する必要はない。しかし、問診や心電図変化だけでは急性心筋梗塞の診断をえることができない症例が少なくない。高齢者や糖尿病症例では、倦怠感、呼吸困難、冷汗あるいは意識レベルの低下など症状が非典型的であったり、無症状のこともある。また、心電図の虚血性変化が軽微であったり、WPW 症候群や完全左脚ブロックのために心電図変化を判読しにくい症例もある。このような症例で心エコー法を用いて局所的な壁運動異常が観察できれば診断に有力な情報になる。早急に再灌流療法を施行することが死亡率、合併症、そしてコスト

表 17 急性心筋梗塞における心エコー法の適応

#### Class I

1. 標準的診断法で確定できないが急性の心筋虚血や心筋梗塞が疑われる症例の診断
2. 心筋梗塞サイズや心筋虚血に曝されている領域の同定
3. 梗塞急性期における左心機能の評価
4. 下壁梗塞で右室梗塞の合併の可能性がある症例
5. 機械的合併症の診断、壁在血栓の診断
6. 今後の治療方針決定のための院内における左心機能の評価
7. 血行再建術の適応判定のための心筋虚血、心筋バイアビリティ評価 (負荷心エコー法による)

#### Class II a

1. 進行性の心筋虚血における虚血部位とその重症度の診断
2. 心電図の解釈を妨げるような心電図異常がない場合における心筋虚血の院内あるいは退院後早期の診断
3. 治療方針の決定に重要な場合、心機能の再評価
4. 再灌流療法後の心機能の評価

#### Class II b

1. 長期 (急性心筋梗塞発症 2 年以上) の予後を推定するための心エコー法
2. 標準的方法で診断の確定した急性心筋梗塞の診断

の軽減にも役に立つことから、心エコー法は急性心筋梗塞が臨床的に高度に疑われるものの特異的な心電図変化が認められない症例においてこそ、早期診断のために施行すべきである。

## 適応のキーワード

- 胸痛 ● 心電図異常 ● 心電図判読困難
- 心不全 ● 心筋バイアビリティ
- 機械的合併症 ● 壁在血栓

## 判 読

局所的な壁運動異常は心筋梗塞に特徴的である。左室心筋の冠動脈支配は確立しており、壁運動異常の出現部位から閉塞あるいは狭窄冠動脈を推定することができる<sup>117-120, 123-126</sup>。壁運動は正常 (normokinesis)、低収縮 (hypokinesis)、無収縮 (akinesis)、奇異性収縮 (dyskinesis) に分類される。陳旧性心筋梗塞で癒痕化しても壁運動異常の原因となり、両者の鑑別は困難なことがある<sup>117, 120, 123, 125-128</sup>。さらに、壁運動異常は一過性 (気絶心筋) あるいは慢性の心筋虚血 (冬眠心筋) のように心筋バイアビリティが保たれている病態でも出現する<sup>17-119, 121, 129-134</sup>。虚血性心疾患以外でも心筋炎、特発性拡張型心筋症などでも壁運動異常が出現する。逆に、正常収縮や全体的な壁運動低下など壁運動異常が局所的でなければ心筋梗塞をほぼ否定できる<sup>123, 127, 128, 135</sup>。

急性心筋梗塞とともに陳旧性心筋梗塞やいわゆる気絶心筋、冬眠心筋も壁運動異常という点では同じ所見を示し、これら壁運動異常のトータルとして左室ポンプ機能が低下する。急性期の壁運動異常の広がりや実際の梗塞サイズを過大評価している可能性がある<sup>130</sup>。一般的に、壁運動異常領域が広いほど、死亡、再梗塞、ポンプ失調、心室起源の不整脈、房室ブロックなどの合併症の危険が高く、嚴重な管理がいる高リスク群といえる<sup>119, 123, 125, 136, 137</sup>。しかしながら、壁運動異常の広さから個々の症例における急性期や慢性期の合併症の発生や予後を予測することはできない<sup>117, 119, 125, 136-139</sup>。

心筋梗塞に伴う様々な合併症の診断に心エコー法は有用である。

**急性僧帽弁逆流：**血行動態の破綻を伴う急性僧帽弁逆流が合併すると予後が悪化する<sup>19</sup>。その発生には、乳頭筋断裂、虚血による乳頭筋や左室心筋の機能不全、乳頭筋の線維化・短縮に伴う僧帽弁支持構造の変形、左室収縮力の低下に伴う僧帽弁閉鎖機序の変化、そして弁輪拡大などが関与する<sup>140-142</sup>。これらの機序の診断そして僧帽弁逆流の重症度評価に心エコー・ドプラ法は有用であ

り、治療方針の決定に有用な情報を提供する。

**梗塞部伸展 expansion と左室リモデリング**：急性心筋梗塞に陥った心筋は周辺の健常心筋の収縮により伸展され非薄化することがある。心破裂・心室中隔穿孔に先行することもあり、左室リモデリングの引き金になることもある。左室リモデリングは収縮力の低下と予後の悪化を招くことから、広範囲な心筋梗塞症例では左室収縮能や左室サイズ、形態を経時的に観察することが必要である<sup>143)</sup>。

**心室中隔穿孔**：心筋梗塞に陥った心室中隔に欠損とそこを通過する左-右短絡血流が検出されれば診断は確定する<sup>144-146)</sup>。カラードプラ法を併用することで同じ収縮期雑音を呈する僧帽弁逆流や三尖弁逆流との鑑別も容易になる。

**左室自由壁破裂**：左室自由壁破裂の臨床経過は早く、診断を生前に下すことはしばしば困難である。しかしながら、血行動態が急速に破綻した症例の鑑別診断として必ず念頭におくべき病態であり、その診断に心エコー法は有用である。心タンポナーデの診断と手術適応の決定に用いられる。左室自由壁破裂を生じたものの、心膜との癒着により致命的な破裂を免れた症例の中に仮性左室瘤を合併する症例がある。その特徴的所見により心エコー法で診断される<sup>147-148)</sup>。

**壁在血栓**：壁在血栓は血栓塞栓症や死亡の危険性を高めることが知られており、心エコー法はその診断に決定的な役割を果たす<sup>149-151)</sup>。壁在血栓は広範囲に壁運動が低下した領域に出現しやすく、前壁梗塞症例の心尖部が好発部位である。診断が困難な場合には、超音波造影剤を静脈投与すると壁在血栓の診断が容易になる。

## 判読のキーワード

- 局所壁運動異常 ●癒痕 ●合併症 ●壁運動改善

## 2 慢性冠動脈疾患

### 適 応 (表 18)

心不全を合併する症例において、心エコー法はその機序の解明、重症度の評価とともに治療方針を決定する上で有用な情報を提供する。収縮不全とともに拡張不全も予後に影響する因子である。心筋梗塞に合併する僧帽弁逆流においても、その診断、重症度評価、機序の解明に心エコー・ドプラ法は有用であり、その所見をもとに治療方針が決定される<sup>140-142)</sup>。低心機能や心室起源の不整脈を合併する症例では、左室瘤の有無をチェックする必要がある<sup>152, 153)</sup>。

心エコー法は冠血行再建術の適応判定と術後評価、そして症例の予後予測に用いることができる。心筋収縮能低下には心筋壊死と冬眠心筋が関与し、冬眠心筋が多く十分な心筋バイアビリティが確保されている症例であれば、血行再建により左室機能改善が期待される<sup>154-156)</sup>。多枝病変例などではどの病変が有意であるかを明らかにすることが治療方針に影響する。

表 18 慢性虚血性心疾患における心エコー法の適応

Class I
1. 安静時における左室機能、左室容量の評価
2. 症候性の症例における心筋虚血の診断
3. 心不全を合併する症例における治療方針決定や薬剤治療の選択のための心機能や合併症の評価
4. 冠血行再建術後、再狭窄や新規病変が疑われるものの、症状が非特異的な症例における診断
5. 血行再建術を予定している症例における心筋バイアビリティ（冬眠心筋）の評価
Class II a
1. WPW 症候群、心室ペースング、安静時より 1 mm 以上の ST 低下、左脚ブロックなどにより心電図評価が余り信頼できない症例における心筋虚血の評価
2. 症状や心電図変化から明らかに再狭窄が疑われる症例における心筋虚血の評価
Class III
1. 無症状かつ安定した状態で経過している症例における繰り返すフォロー・アップ検査

## 適応のキーワード

- 左室駆出率 ●左室容量 ●収縮不全 ●拡張不全
- 心筋バイアビリティ ●冠血行再建術 ●再狭窄

## 判 読

安静時左室駆出率は左室機能の評価のために最もよく用いられており、予後との関連性が強く、治療方針の決定に欠かせない指標である。左室駆出率が 30 % 以下の症例は植え込み型除細動器により 20 ヶ月の経過観察中に 31 % の相対危険率の低下が認められるという報告がある<sup>158, 159)</sup>。左室駆出率は内科的治療や外科的治療の選択、日常生活の活動性を決める上でも重要な基礎データとなる<sup>160)</sup>。他に、左室収縮能の評価法には左室内径短縮率、収縮期面積変化率、wall motion score がある。左室収縮末期容量や拡張末期容量も大きくなるほど死亡率が増加することから、最近では予後規定因子とみなされている<sup>161-164)</sup>。

冠血行再建前に比べて、処置後に心エコー法あるいは負荷心エコー法で左室壁運動の改善が認められたら処置は成功と考えて良い。心筋虚血の所見が認められれば処

置は不完全であるか、再狭窄、グラフトの閉塞、新たな狭窄の進行の可能性がある<sup>166)</sup>。

### 判読のキーワード

- 左室駆出率 ●左室容量 ●僧帽弁逆流
- 心室性不整脈 ●心室瘤 ●心筋壊死
- 冬眠心筋 ●心筋バイアビリティ

## XI 負荷心エコー法

適 応 (表 19, 20)

### (1) 心筋虚血の診断

負荷心エコー法の適応範囲は多岐にわたる。しかし負荷心エコー法の目的の殆どが冠動脈疾患の診断および重症度評価であり、本ガイドラインではこれらについて言及する。

冠動脈疾患診断のための負荷試験としては、運動負荷心電図検査が最も一般的である。しかし負荷心電図の診断精度は十分なものではなく、負荷法や判定基準によっても異なるが、感度はおよそ 45~80%，特異度は 60~90% である<sup>167)</sup>。とくに脚ブロック、ジギタリス効果、左室肥大などの心電図変化がある場合、診断精度は低い。

負荷心エコー法のうち臨床的に最も多く用いられている方法は運動負荷法と薬物負荷法である。それぞれの特徴と心筋虚血の診断精度を表 19 に示す。

運動負荷法には (1) 生理的であるため受け入れ易く、(2) 診断率が高い、という利点がある一方、(1) 運動負荷が困難な症例では施行できない、(2) 体動や呼吸の影響を受けやすく画像が判読しづらい、という欠点がある。欧米では運動負荷法が頻用されており、検査の手技上、冠動脈疾患の診断ができなかった症例は約 10% といわれている<sup>169-172)</sup>。

薬物負荷法は運動負荷法の欠点を補い、かつ診断精度

もほぼ良好である<sup>173-177)</sup>。とくにドブタミン法が近年汎用されている。一般に低用量から始め、最大 40 $\mu$ g/kg/min のドブタミンを負荷する。動悸、不整脈などの副作用はあるが、重篤なものは稀である。ジピリダモールあるいは ATP などの血管拡張薬による負荷エコーは、診断感度が低いが画像は最も鮮明で判読しやすい。ただし気管支喘息の患者では十分注意が必要である。

心筋虚血の診断を目的とする負荷心エコー法は、表 20 に示すような場合に適応とされる<sup>1, 167-177)</sup>。なお以下のような症例では、検査から除外するか十分な注意をもって検査すべきである<sup>1, 167-168, 177-179)</sup>。

1. 心筋梗塞急性期 (発症後 14 日以内)
2. 不安定狭心症。
3. 著明な高血圧や不整脈。
4. 脳出血、大動脈解離、高度大動脈弁狭窄、その他重篤な疾患をもつ症例。
5. その他、高度肥満など検査が不適切と考えられる場合。

負荷中は患者の状態、心電図、血圧は必ずモニターし、狭心症、著明な高血圧や低血圧、重篤な不整脈が出現した場合、ただちに中止し、適切な処置をとるべきである。従って当然の事だが、負荷心エコー法の施行前は、十分な説明と承諾が必要である。

### (2) 心筋バイアビリティの診断

冠動脈疾患によって、安静時から左室壁運動の低下 (hypokinesis) ないし消失 (akinesis) が見られる場合、その心筋が壊死におちいつているか、バイアビリティ (生存能) があるかを判定することは臨床上で重要である。

心筋バイアビリティを診断する方法として、壁運動の収縮予備能から判定するドブタミン負荷心エコー法がある<sup>122, 167-177, 180)</sup>。低用量 (一般に 5~10 $\mu$ g/kg/min) のドブタミン負荷心エコー法による心筋バイアビリティの診断は極めて有効で、他の方法に比べ陽性予測率が高く約 80~90% である。さらに高用量ドブタミン負荷を加えることにより、心筋虚血の判定が可能である<sup>178-180)</sup>。

表 19

負荷の種類	運動	ドブタミン	ジピリダモール
心筋仕事量	著増	増大	ほぼ不変
冠動脈拡張作用	小	小	大
負荷時の画像	劣る	ほぼ良好	良好
診断感度 (%)	70~95	75~90	45~80
特異度	75~95	75~95	80~95

表 20 負荷心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 心筋虚血を評価する場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 症状や心電図変化から、狭心症ないし無症候性心筋虚血が疑われる場合</li> <li>2) 血行再建術後に心筋虚血が疑われる場合</li> <li>3) 狭心症（あるいは無症候性心筋虚血）と診断された症例における虚血部位と重症度の判定</li> <li>4) 侵襲の大きい手術を受ける症例におけるリスク評価</li> <li>5) 狭心症がある症例で、冠動脈インターベンション治療の標的となる冠動脈病変の選択や内科的治療の指針。</li> <li>6) 冠動脈疾患患者の予後評価。</li> </ol> </li> <li>2. 心筋バイアビリティを診断する場合（ドブタミン負荷心エコー法）             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 狭心症あるいは無症候性心筋虚血の患者で、安静時から高度壁運動異常がある場合</li> <li>2) 心筋梗塞の患者で、高度壁運動異常が持続する場合</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Class II</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 冠動脈疾患のある患者で心筋虚血を確認する場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 冠動脈病変が確認されている場合、その領域の心筋虚血の評価（IIa）</li> <li>2) 心筋梗塞の病歴のある患者で、梗塞領域あるいは他の領域における心筋虚血の評価（IIa）</li> <li>3) 負荷心電図その他の方法で、明らかに狭心症ないし無症候性心筋虚血の診断が確定されている場合の心筋虚血の重症度評価（IIb）</li> </ol> </li> <li>2. 冠動脈疾患のある患者で、他の方法で心筋バイアビリティが疑われる場合の再評価（IIb）</li> </ol> <p><b>Class III</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不安定狭心症や重度の不整脈など負荷に伴う障害が予想される場合</li> <li>2. 心室瘤など明らかにバイアビリティがない場合の評価</li> <li>3. 高度肥満、全身衰弱のほか心エコー検査や負荷試験に不適当な症例</li> </ol>
---

### 適応のキーワード

- 狭心症の疑い
- 心筋バイアビリティの疑い
- 負荷法の選択
- 負荷の禁忌

### 判 読

#### (1) 心筋虚血

運動負荷やドブタミンによって正常心筋では壁運動の亢進が出現するが、心筋虚血に陥ると壁運動は安静時よりも低下するか、あまり変わらない。

虚血の広がりや判定するためには、通常アメリカ心エコー学会のガイドラインに基づいて左室を 16 分画（基部、中部をそれぞれ 6 分画、心尖部を 4 分画）に分け、それぞれの部位における壁運動低下の程度と範囲か

ら、全体の重症度を半定量的に評価できる<sup>1, 167, 168)</sup>。

#### (2) 心筋バイアビリティ

一般には 5~10  $\mu$ g/kg/min の比較的低用量のドブタミンを負荷し、壁運動改善をもってバイアビリティ陽性と判定する。判定の方法は、上記の心筋虚血の判定に準じる<sup>1, 167, 168)</sup>。

心筋バイアビリティ、およびその領域における心筋虚血の判定は、責任冠動脈における狭窄病変の存在を予測する上で重要である。その方法としてドブタミンの低用量および高用量負荷法が優れている。低用量で改善、高用量（通常 40  $\mu$ g/kg/min まで増量）で不変ないし悪化するという二相性変化が、冠動脈狭窄病変の診断に有効である<sup>180, 183)</sup>。

### 判読のキーワード

- 壁運動異常の重症度
- 冠動脈支配域
- 左室 16 分画表示
- 壁厚変化率

## XII 経胸壁心エコー・ドブラ法による冠動脈血流評価

### 適 応 (表 21)

冠動脈インターベンション施行部位の虚血(有意狭窄)評価は、対象となる血管のみに対して行えばよいため、本検査法のよい適応である。薬物負荷(アデノシン三リン酸またはジピリダモール静注)を行い、冠血流速度の変化(冠血流速予備能)を計測することにより、有意狭窄診断が可能である。本法の最もよい適応血管は左前下行枝(LAD)である<sup>187-194)</sup>。ついで右冠動脈遠位部(後下行枝;PDA)・左回旋枝近位部であるが、これらの検出率はLADに比べて劣り、経静脈的コントラスト剤の静注を必要とすることもある<sup>195-200)</sup>。ただし、心筋梗塞部・左室肥大部位・有意な弁狭窄・逆流を有する場合等は、冠血流速予備能に影響を与える<sup>201-204)</sup>ため、計測の適応とはならない。

冠動脈有意狭窄(虚血)が疑われる場合、冠動脈主要3枝のそれぞれについて、本検査法にて冠血流速予備能計測の適応がある。ただし、実際には3枝すべての評価が可能率率は現時点では70%以下にとどまる。

急性心筋梗塞例に対して、緊急冠動脈造影検査施行前に造影上のTIMI分類を予測するために、LADの冠血流速計測の適応がある<sup>205)</sup>。また、急性心筋梗塞例の再灌流

後早期に、慢性期壁運動改善を予測する目的で、冠血流速波形の拡張期減速時間 (DDT) を計測する適応がある<sup>206)</sup>。

表 21 経胸壁心エコー・ドプラ法における冠動脈血流評価の適応

<p>Class II a</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>冠動脈インターベンション後の虚血評価</li> <li>冠動脈狭窄が疑われる場合の虚血評価</li> <li>急性心筋梗塞例での冠動脈インターベンション前の責任血管の灌流評価</li> <li>急性心筋梗塞例での冠動脈インターベンション後の急性期の灌流評価</li> </ol> <p>Class III</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>薬物 (ATP, ジピリダモール) の禁忌がある場合の同薬物負荷による冠血流速予備能計測</li> </ol>
--

### 適応のキーワード

- 冠動脈狭窄 ●虚血 ●冠動脈インターベンション
- 急性心筋梗塞 ●冠微小循環

### 判 読

インターベンション施行部位の再狭窄は、非狭窄部と狭窄部の血流速比を計測し、0.45 以下であれば、感度・特異度 90 % 前後で再狭窄診断が可能である<sup>185)</sup>。また、インターベンション施行部位の冠血流の収縮期波形が明瞭に描出される場合、収縮期/拡張期速度比の 0.7 以上の上昇は、高度狭窄 (径狭窄率 90 % 以上) を示唆する<sup>185)</sup>。LAD 血流で逆行性血流速度波形が検出された場合は、感度・特異度 90 % 以上の診断精度で完全閉塞の診断が可能である<sup>201, 202)</sup>。

冠血流速予備能が 2.0 以下の場合、有意狭窄 (径狭窄率 70 % 以上) を高精度に診断できる<sup>3-16)</sup>。各種冠危険因子は、冠予備能に影響を与える<sup>201-204)</sup> が、重症の糖尿病や腎機能障害がない限りは、冠血流速予備能 2.0 をカットオフ値とすることで、虚血評価が可能である<sup>23)</sup>。

急性心筋梗塞例では、緊急冠動脈造影前に LAD の拡張期冠血流速度測定を試み、拡張期最大血流速度が 25 cm/s 以上であれば、感度 77 %、特異度 94 % で TIMI 3 例を予測できる<sup>205)</sup>。また、前壁梗塞例において、再灌流成功後の DDT 計測により慢性期の壁運動改善を予測できるが、再灌流後 1 週間以上経過するとその診断的意義は減ずる<sup>206)</sup>。

### 判読のキーワード

- 冠血流速予備能 ●冠血流速度

## XIII 血管内エコー (IVUS) 法 (表 22)

IVUS (血管内エコー法) は血管内腔から血管の垂直断面を画像として描出し、冠動脈造影では捉えられない血管壁の構造が理解できる modality である。

### IVUS の定量的評価

#### A. 内腔計測

- 内腔面積：内腔の境界により囲まれた面積。
- 最小内腔径：内腔の中心を通る最小径。
- 最大内腔径：内腔の中心を通る最大径。
- 内腔偏心率：(最大内腔径 - 最小内腔径) / 最大内腔径
- 内腔狭窄度：(対照部内腔面積 - 最小内腔面積) / 対照部内腔面積。

#### B. 外弾性板計測

IVUS 画像では、ほぼ間違いなく中膜と外膜を分離する境界が認められ、これはおよそ外弾性板の位置に相当する。

#### C. 粥腫計測

IVUS では、中膜の前縁 (内弾性板) は明瞭に描出できないため、真の粥腫面積の代わりに、外弾性板と内腔面積からプラーク + 中膜面積が計測される。

- プラーク + 中膜 (粥腫) 面積：外弾性板面積 - 内腔面積。
- 最大プラーク + 中膜 (粥腫) 厚：内腔の中心を通過する、内膜の前縁から外弾性板までの最長距離。
- 最小プラーク + 中膜 (粥腫) 厚：内腔の中心を通過する、内膜の前縁から外弾性板までの最短距離。
- プラーク + 中膜 (粥腫) 偏心率：(最大 “プラーク + 中膜” 厚 - 最小 “プラーク + 中膜” 厚) / 最大 “プラーク + 中膜” 厚。
- プラーク (粥腫) 面積率：プラーク + 中膜面積 / 外弾性板面積。

#### D. 石灰化計測

石灰沈着は超音波の通過を妨げる (いわゆる “音響陰影”) 高輝度エコーとしてみられる。分布に基づいて、浅在性および深在性に分けられる。

## E. スtent計測

- スtent面積：Stent境界で囲まれた面積。
- 最小Stent径：Stentの重心を通過する径の最小値。
- 最大Stent径：Stentの重心を通過する径の最大値。
- Stent対称性：(最大Stent径-最小Stent径)/最大Stent径
- Stent拡張性：あらかじめ設定した対照血管の内腔面積（近位部，遠位部，最大，平均のいずれか）に対する最小Stent面積の割合。

## F. 対照部計測

外弾性板・内腔・プラーク+中膜の計測など。

## G. リモデリング

プラークと外弾性板の計測によって，IVUSは生体内での血管リモデリングの評価が可能である。

## H. 長さ計測

IVUSを用いた長さの計測は自動プルバック装置を用いることによって可能である（秒数×プルバック速度）。

## IVUSの定性的評価

### A. 粥腫形態

ソフトプラーク（脂肪成分が多く含まれた結果として生じる），線維性プラーク：（低エコー輝度の粥腫と高エコー輝度の石灰化プラークの中間のエコー輝度を示す），石灰化プラーク（音響陰影を伴う高輝度エコー），混合性プラーク（複数の音響上のサブタイプを含み，線維石灰化性，線維脂肪性など様々な表現が用いられる），血栓像（層状，分葉状，有茎性の形態を呈する血管内の塊状構造物として描出され，比較的エコー輝度が低い場合や，顆粒状やちらつき像など，様々なエコー輝度を呈する），内膜増殖（初期のStent内再狭窄に特徴的な像で，しばしば非常に低いエコー輝度の組織として観察され，ときには内腔の血球エコー像よりも低いエコー輝度を呈する）のような形態観察がされる。

### B. 冠動脈インターベンション後の解離とその他の合併症

冠動脈インターベンション後の解離の種類として，内膜性，中膜性，外膜性，内血腫，Stent内などが観察できる。

### C. 不安定病変と破綻後のプラーク

プラークが不安定（vulnerable）であると診断できる確定的なIVUS所見は存在しないが，十分な線維性被膜の形成を伴わない低エコー輝度プラークは，不安定な動脈硬化性病変の可能性があると推測される。急性冠症候群の既往のある症例ではIVUSで潰瘍形成が認められることがあり（プラーク潰瘍），しばしば潰瘍断端に破綻した線維性被膜の遺残物を伴う（プラーク破綻）。

### D. 血管造影上判定困難な病変

血管造影での評価困難病変は，：1) 狭窄度が確定困難な中等度病変；2) 冠動脈瘤；3) 入口部狭窄；4) 分岐部狭窄；5) 蛇行血管；6) 左主幹部病変；7) 限局的な冠攣縮を伴う部位；8) プラーク破綻部位；9) 冠動脈インターベンション後の解離；10) 冠動脈内の陰影欠損；11) 造影上辺縁不明瞭な（hazy）病変；12) 限局的な血流障害を伴う病変，などである。

### E. 特別な病態の考察

#### 1. 病変進行/退縮の経時的評価

IVUSではしばしば血管造影よりかなり広範囲に病変が進展していることが示され，病変進行/退縮の経時的評価に優れている。

#### 2. 冠動脈インターベンション標的病変の評価

標的病変ではインターベンション前，中，後，そして

表 22 冠動脈 IVUS の適応

Class II a
1. Stent留置の範囲およびStent内最小内腔径の決定など，冠動脈Stent留置の適切性の評価
2. Stent再狭窄の原因の調査（不完全拡張あるいは新生内膜増殖）および適切な治療（再度バルーン拡張あるいはプラーク切除）
3. 血管造影では描出困難な病変での冠動脈閉塞の評価
4. 冠動脈形成術後の血管造影結果が十分でない時の評価
5. 心臓移植後の冠動脈疾患の診断とマネジメント
6. Rotablator が考慮される患者において冠動脈石灰化の存在や分布の明確化
7. DCAにおいてプラークの場所および分布の決定
Class II b
1. 限局的な狭窄が存在せず血管造影上軽度の冠動脈疾患であが，特徴的な狭心症状があり，機能検査陽性の患者における動脈硬化の程度の決定
2. 最適なデバイス選択の手段として病変の特徴や血管径などを冠動脈形成術前に評価すること
Class III
1. 血管造影診断は明白であるが，インターベンション治療が計画されない時

フォローアップ時に連続的な評価が可能である。自動ブルバックを用いての容積解析や (各々の時点での最小内腔部からなる) 複数画像の平均による評価も有用である。ステント留置後とフォローアップ時には、全ステント・内腔・内膜増殖 (ステント内腔) の容積が算出される。

### 適応のキーワード

- 不安定プラークの診断
- 冠動脈インターベンション
- エンドポイントの決定 ● 病態の解明 ● 再狭窄
- スタチンの薬効評価

### 判読のキーワード

- 病変の性状と形態 ● 脂質コア
- リモデリング ● 病変長 ● 解離・血腫 ● 石灰化

## XIV 冠動脈内ドプラ法 (表23)

### 1 冠動脈狭窄度の評価

ガイドワイヤー型ドプラ血流速度計 (ドプラガイドワイヤー) による冠血流速度計測は、複雑な病変形態など狭窄の局所形状に依存せず、機能的冠動脈狭窄を冠血流速度パラメータから検出する。

狭窄遠位部の拡張期・収縮期最大流速比 (diastolic/systolic velocity ratio : DSVR) から、左前下行枝 1.7 未満、回旋枝 1.5 未満、右冠動脈近位部 1.2 未満、遠位部 1.4 未満が有意狭窄の基準とされる。しかし、正常と異常の重なりが大きいことから単独の指標として信頼性に欠ける。

冠血流予備能 (coronary flow reserve : CFR) 2.0 をカットオフ値とすると、感度、特異度ともに 92 % で血管造影上の径狭窄率 70 % 以上の病変を診断できる。しかし CFR は心外膜下血管のみならず、末梢微小血管床の灌流状態を同時に評価しており、狭窄度の指標というより、総合的な血流供給能力を示した値と理解すべきである。

相対的冠血流予備能 (relative CFR) は、同一症例において狭窄の疑われる標的冠動脈の CFR を、狭窄のない対照冠動脈の CFR で除した値で、症例個々の微小血管障害や血行動態の影響を排除した指標である。0.65 以下が有意狭窄の指標とされる。

## 2 冠動脈インターベンションにおける臨床応用

本ワイヤーは冠動脈インターベンション (PCI) のガイドワイヤーとして使用可能であり、血管造影による評価と同時に治療中、治療後の冠循環動態をリアルタイムで把握することができる。

DEBATE I では、1 枝狭心症例でバルーン形成術後の CFR が 2.5 より大きく、かつ造影上径狭窄率 35 % 以下の場合、再狭窄率、半年以内の心事故発生がともに 16 % とステント使用の臨床試験並に低率であった。また、CFR をガイドとした provisional stenting (ステント植え込みを追加するか) の妥当性も報告されている。

## 3 急性心筋梗塞症例の予後予測

### 1 再疎通療法後順行性血流 (antegrade flow) の評価

TIMI flow grade はドプラガイドワイヤーで得られた時間平均流速 (time-averaged peak velocity : APV) と相関関係を示すとされており、冠血流速度は心機能改善や臨床的予後推定の重要な指標となる。

### 2 no reflow 現象の評価

再灌流療法後の梗塞責任動脈流速プロファイルから AMI の予後を推定することができる。末梢冠微小血管レベルの再灌流が得られない no reflow 症例の流速波形は、①収縮期ピーク流速低下、②拡張終期の急速な流速減衰、③収縮期逆行性波 (early systolic reverse flow : ESRF) と特徴づけられる。ESRF の有無で no reflow 症例を感度 91 %、特異度 97 % で検出可能である。また、ESRF を伴う症例において遠隔期左室駆出率と梗塞域局所壁運動の改善不良を認め、拡張期流速減衰時間 (diastolic deceleration time : DDT) 600 msec 以上の基準で、良好な心筋 viability の存在を、感度 86 %、特異度 89 % で予測可能とされる。

### 適応のキーワード

- TIMI grade ● no reflow 現象 ● 収縮期逆行性波
- 心筋 viability

### 判読のキーワード

- 機能的冠動脈狭窄 ● 冠血流予備能 (CFR) ● 相対的冠予備能 (relative CFR) ● 時間平均流速 (APV)

表 23 冠動脈内ドプラ法の適応

<p><b>Class II a</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>冠動脈インターベンションにおいて             <ol style="list-style-type: none"> <li>遠隔期再狭窄，心事故の予測目的に CFR を測定する場合</li> <li>ステント植え込みを追加するか (provisional stenting) 判断するために CFR を測定する場合</li> </ol> </li> <li>冠動脈狭窄度の評価             <ol style="list-style-type: none"> <li>流速の指標による評価</li> <li>相対的冠予備能 (relative CFR) を，プレッシャーワイヤーによる心筋部分血流予備量比と併用する場合</li> </ol> </li> <li>急性心筋梗塞症例の予後予測             <ol style="list-style-type: none"> <li>TIMI grade 2 症例で造影遅延が残存狭窄によるものか否かを判定する場合</li> <li>再疎通療法後の血流速度波形から no reflow 症例を検出し，左室壁運動予後を予測する場合</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Class II b</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>心筋 viability の評価</li> </ol>
--

- 拡張期，収縮期最大流速比 (DSVR) ● DEBATE
- DESTINI ● FROST

## XV 高血圧性心疾患

### 適 応 (表 24)

高血圧性心疾患は，左室に対する長期的圧負荷（後負荷の増大）への代償的適応として形成され，無症状で経過することが多い。形態的变化としては左室肥大がみられ，その程度は心血管疾患に対する独立した危険因子と考えられている<sup>246, 247</sup>。そのため，左室肥大の有無とその程度を評価することは，臨床的に重要な意味を持っている。これら高血圧例において，左室肥大評価のために心エコー法の適応がある。左室肥大を簡便に評価するもう一つの方法が心電図である。一般的には，Sokolow-Lyon voltage criteria ( $SV_1 + RV_5$  or  $V_6 \geq 35$  mm，または  $RV_5$  or  $V_6 > 26$  mm) と Cornell voltage criteria (男性： $RaVL + SV_3 > 28$  mm，女性： $RaVL + SV_3 > 20$  mm) が用いられている。これらの心電図の変化と心エコー法で算出された左室心筋重量係数とが正相関を示すとの報告もある<sup>253</sup>。外来受診のルーチン検査としての心電図で左室肥大所見を認めた例では，左室肥大の評価目的での心エコー法の適応となる。

高血圧は，心不全の強力な危険因子でもある。心不全患者のうち高血圧のみを有していた人の割合は，

Framingham 研究<sup>254</sup> では 40 %，SOLVD 予防試験<sup>255</sup> では 37 %，ValHeFT-II<sup>256</sup> では 47.5 %，および DIG 試験<sup>257</sup> では 47.2 % とされている。左室ポンプ機能は長期にわたって維持されるが，拡張能はより早期に障害される<sup>258, 259</sup>。左室拡張能の障害は，左室肥大やそれに伴う心筋の線維化に関連して生じるものであり，心エコー法による左室肥大評価に際して，左室拡張能の評価も行うことが重要である。左室拡張機能は，左室流入血流速度パターンの解析から評価できる。

既に左室壁厚の増大や拡張能の障害を認めている例では，治療経過を確認する意味で心エコー法の適応がある。また初診であっても確実に高血圧と診断される例では，初診時，あるいは経過観察後にも高血圧を呈する場合には，その際に心エコー法を施行する。さらに，心電図での左室肥大所見を有する例では，ドプラ心エコー法による左室形態および心機能評価のフォローを行う。

表 24 高血圧性心疾患における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>高血圧で，心エコー法または心電図での左室肥大所見を認める場合のフォローアップ</li> </ol> <p><b>Class II a</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>高血圧例で心電図での左室肥大所見を認めない場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>左室壁厚の有無・程度の評価</li> <li>左室拡張能の評価</li> </ol> </li> </ol>
--

### 適応のキーワード

- 予後予測 ● 治療効果 ● 心不全症状
- 心電図での左室肥大所見

### 判 読

1) 心室中隔や左室後壁の拡張末期壁厚，あるいは左室心筋重量，2) 左室拡張末期径の計測からの左室形態，機能評価，および 3) 左室流入血流速度パターンの解析からの拡張能評価が，判読のポイントである。

高血圧に伴う左室肥大は，一般に求心性肥厚を呈する。肥大の程度を定量的に表す指標としては，左室心筋重量があり，その算出法として，以下の Devereux の式<sup>260</sup>がある。

$$LV \text{ mass (g)} = 1.04 \times [(左室拡張期径 + 心室中隔厚 + 左室後壁厚)^3 - (左室拡張期径)^3] - 13.6$$

また，area-length 法や ellipsoid 法による心筋重量計測法もある。

心筋重量を，体表面積で補正した値が左室心筋重量係数 (LV mass index:  $g/m^2$ ) である。

収縮機能の評価には、左室内径短縮率 (%Fractional shortening =  $(1 - \text{左室収縮末期径} / \text{左室拡張末期径}) \times 100$ ) や左室駆出率 (Left ventricular ejection fraction =  $(1 \text{ 回心拍出量} / \text{左室拡張末期容積}) \times 100$ ) が、簡便な方法として用いられる。

左室流入血流速度波形は心尖部から超音波ビームを投入して描出した左室長軸像上で、ドプラビームを僧帽弁方向に設定して僧帽弁口部で記録する。拡張早期波 (E 波) と心房収縮期波 (A 波) の比 (E/A)、および E 波の減速時間 (DcT) から、左室弛緩障害や左室コンプライアンスの低下を評価できる。健常者では、E は A よりも大で、E/A > 1.0 であるが、左室弛緩障害によって E 波が減高し、A 波が代償的に増大して E/A < 1.0 となる<sup>261)</sup>。E/A は、単に加齢によっても低下するため、50 歳以上の高血圧症例で左室壁肥厚のない症例では、慎重な判定が求められる。さらに、左室壁の伸展性が障害されて左室コンプライアンスが低下すると、左房圧の上昇による E 波の増大や左室圧の上昇に対する左房収縮による血液流入の減少が見られる。そのため、E/A > 1.0 となって正常と同様のパターンを呈する (偽正常化)。左室壁の伸展性のさらなる障害や心房の収縮機能の低下によって、DcT の短縮や A 波の極端な低下がみられるようになる (拘束パターン)<sup>262)</sup>。正常パターンと偽正常化パターンの鑑別は、拡張期減速時間、肺静脈血流速度解析<sup>263)</sup> や組織ドプラ法による僧帽弁輪速度解析を併用することで行われる。

## 判読のキーワード

- 左室壁厚増加
- 左室心筋重量
- 求心性肥大
- 左房拡大
- 左室拡張能の低下

## XVI 大動脈疾患 (表 25)

### 1 大動脈解離

#### 適 応

強い胸背部痛と四肢の脈の左右差や上下肢差がある場合は大動脈解離の可能性が高い。弓部分枝の血流障害による脳虚血やショックにより、意識消失のため救急搬送される場合もある。また、解離による冠状動脈入口部閉塞のために急性心筋梗塞が症状の前面に現れることがある。その他 Stanford A 型解離では 60 % 以上に心タンポ

ナーデを合併し、脳梗塞、対麻痺、腹部アンギナ・腸壊死、腎不全、上下肢の虚血性疼痛・チアノーゼなどの多彩な症状が出現することが多い。マルファン症候群、大動脈二尖弁、大動脈縮窄症がある場合は、特に注意してエコーを判読する。覚醒患者で経食道心エコー法 (TEE) を行う場合<sup>264)</sup> には、破裂予防のために血圧を上昇させないように十分な咽頭麻酔と鎮静下に行く。腎不全のために造影 CT 検査を行えない場合は TEE を考慮する。

## 判 読

大動脈解離の確定診断は解離内膜の描出により可能である<sup>265, 266)</sup>。腹部大動脈に解離内膜があれば大動脈解離と診断できる。上行大動脈・基部の解離、心タンポナーデや大動脈弁逆流 (AR) があるかどうかを観察し、緊急手術の適応を決定する。解離内膜を上行大動脈に発見できなくとも、心タンポナーデや AR がある場合には A 型解離の可能性がある。A 型解離では大動脈基部の状態は術式に関係するために、大動脈弁の状態、解離の詳細 (エントリーの位置、解離の進展の状態、解離と冠状動脈入口部との位置関係) を評価する。

TEE では、解離内膜は下行大動脈で最もよく観察できる。偽腔血流は真腔より遅いため、カラードプラで区別できる。M モードで見ると、解離内膜は周囲の構造物とは独立した動きを示すことが多く、アーチファクトと区別することができる<sup>272)</sup>。TEE では偽腔の血流状態を描出することができるため、血栓閉塞型解離か否か鑑別が可能である

エントリーは上行大動脈近位部 (約 40 %) または遠位弓部 (約 20 %) に多い<sup>274)</sup>。エントリーが大きいと解離内膜の断裂として見られるが、通常はカラードプラで真腔から偽腔へ流れ込む血流を検出することによって診断する。エントリー付近の解離内膜の速い動きや、収縮期におけるエントリーの前後の偽腔の血流の方向が異なることは、エントリー同定の参考となる。

手術の場合は、Blind spot の観察と時々刻々と変化する解離内膜と真腔血流の状態を知るために、大動脈を直接スキャンすることが有用である<sup>276)</sup>。両者を用いて胸部大動脈全体の状態を把握できる。腹部分枝の灌流不全が疑われる場合には、体表エコーまたは腹部小切開下に直接スキャンを用いて腹部大動脈と分枝の血流状態を観察する。

## 2 大動脈瘤

### 適 応

胸部大動脈瘤の多くは無症状で、偶然に発見されることが多い。バルサルバ洞動脈瘤や大動脈弁輪拡張(AAE)では心不全症状や心雑音で発見されることがある。胸部大動脈瘤は巨大(通常7~8cm以上)になると圧迫症状が出現することがある(腰背部痛, 反回神経圧迫による嘔声, 食道圧迫による嚥下障害など)。破裂・切迫破裂または瘤の急速拡大の場合, 中等度から高度の痛みが自覚される。破裂すると, ショック・心タンポナーデ・血胸・呼吸困難などの症状が出現し, 緊急手術が必要となる。

大動脈瘤では動脈硬化性が最も多い。マルファン症候群, 大動脈二尖弁, 大動脈縮窄症, 大動脈炎症候群, ベーチェット病, 自己免疫性・炎症性疾患においては, 若年者であっても大動脈瘤が発症し得る。胸部大動脈紡錘瘤は最大径5.5~6.0cmに達すると手術適応となる。嚢状瘤では破裂の危険性がより高いために, 小さくても手術を考慮する。マルファン症候群では破裂や大動脈解離を合併しやすいために, 5cmに達した時点で手術を考慮すべきである。

### 判 読

バルサルバ洞動脈瘤・AAE・近位上行大動脈瘤は経胸壁心エコー法(TTE)による診断が可能である。バルサルバ洞動脈瘤では, 瘤化部の同定や短絡先心腔を診断する。AAEでは, 瘤径・ARの重症度・弁尖の状態について観察する。マルファン症候群では特にAAEを合併しやすいため, TTEによる観察は重要である。AAEではSino-tubular junctionのくびれの消失が経過観察する場合の指標となる。

上行大動脈中部以遠の瘤は高位左傍胸骨または右傍胸骨から観察する。弓部大動脈瘤は左右の鎖骨上窩や胸骨上窩からTTEで観察可能な場合もあるが, 詳細はTEEが必要となる<sup>277)</sup>。中部以遠の下行大動脈瘤は, 心臓後面や横隔膜的にTTEで観察できることがある。下行大動脈全長にわたる内膜病変の評価を含んだ詳細な観察にはTEEが必須である。

手術の場合には, 最大径・瘤化の範囲・動脈硬化や内膜病変の程度を評価する。特に内膜病変については大動脈遮断部位・人工心肺送血管挿入位置・静脈グラフト縫着部位などの決定に関係する。術前TEEに加え, 術中直接スキュンを併用して詳細な評価を行い, 脳梗塞など

の塞栓症を予防することが重要である。大動脈瘤破裂の場合, 心タンポナーデや血胸などはTTEで診断できるが, 縦隔内血腫についてはTEEによらなければ評価できない。破裂部位の詳細な観察はTEEを用いても判読困難であり, 造影CTが必要である。

## 3 大動脈アテローム

### 適 応

大動脈アテロームは, 脳梗塞や腹部臓器・下肢の血栓塞栓症の原因になる。脳梗塞の約40%で頸動脈病変や左房内血栓などの塞栓源がないが, このうちの相当数で大動脈アテロームが原因であると考えられている<sup>278)</sup>。

### 判 読

エコー輝度が低く, 可動性があり, 潰瘍形成があるものや石灰化を伴わないものが血栓塞栓症を起しやすい<sup>279)</sup>。脳梗塞や腹部・末梢の血栓塞栓症の塞栓源の検索においては, TEEによる左房および胸部大動脈の観察が有用である。

## 4 大動脈モニタリングとしてのエコー

### 適応および判読

TEEや直接スキュンは手術中のモニタリングとしても重要である。大動脈解離手術において人工心肺中(特に開始時)に真腔・偽腔の血流パターンが突然変化して真腔が圧迫狭小化し, 脳・心臓をはじめとした重要臓器の血流障害をきたすことがある。必要に応じてTEEや

表 25 胸部大動脈疾患における心エコー法の適応

Class I
1. 下記疾患・病態が疑われる場合 (1-6)
1) 大動脈解離 (診断, 部位と範囲の評価)
2) 胸部大動脈瘤*
3) 偽腔閉塞型大動脈解離
4) 大動脈破裂
5) マルファン症候群その他の結合織疾患における大動脈弁輪拡大*
6) 塞栓症を伴う動脈硬化性疾患
2. 大動脈解離の経過観察, 特に合併症や進行があると考えられる場合
3. マルファン症候群などの結合織疾患患者の近親者のスクリーニング (TTE)
Class II a
1. 大動脈解離の治療後経過観察

\*まずTTEがなされ, それで評価不十分あるいは追加情報が必要と考えられる場合のみTEE

直接スキャンによって上行または下行大動脈の真腔の血流障害の有無を観察する。人工心肺前後の心機能の評価にも TEE は欠かせない。

TTE や TEE は、大動脈疾患に対する手術などの治療効果判定や経過観察にも有用である<sup>280)</sup>。真腔・偽腔の経時的変化、分枝の血流障害の有無をベッドサイドで観察可能である。AAE などの大動脈瘤の瘤径の経過観察にも有効である。

### 適応のキーワード

- 大動脈解離 ● 強い胸背部痛 ● マルファン症候群
- 四肢の血圧差 ● 胸部 X 線における縦隔陰影の拡大
- 大動脈瘤拡大 ● 血栓塞栓症

### 判読のキーワード

- 解離内膜 ● エントリー ● 心タンポナーデ
- 大動脈弁逆流 ● 偽腔血流 ● 大動脈弁輪拡張
- 嚢状大動脈瘤 ● 大動脈アテローム

## XVII 心臓腫瘍および腫瘍

心エコー図で検出される心臓腫瘍には、原発性心臓腫瘍、転移性心臓腫瘍、心腔内血栓、疣贅などがある。さらに、病的意義が小さくこれらと鑑別を要するものとして、右房内の Chiari network, Eustachian valve, Thebesian valve, 右室内肉柱 (調節帯など)、左室仮性腱索などの胎生期遺残物・先天異常がある。

### 適 応 (表 26)

心臓腫瘍・腫瘍については心エコー法が早期検出の可能性を有するほとんど唯一の手段である。

症状が心臓腫瘍によって生ずるのは病状が進行してからである。流路の閉塞や抹消塞栓症あるいは二次的に生じた心嚢液貯留などに起因した、息切れ、動悸・頻脈、胸部圧迫感などに対する心精査時に発見されることが多い<sup>281-283)</sup>。粘液腫は発熱、関節痛、レイノー現象、皮疹など膠原病や感染性心内膜炎類似の症状を呈することがある<sup>281, 282, 284)</sup>。また、皮膚の色素沈着、末梢性・内分泌腫瘍を合併した家族性要因を有する“Syndrome myxoma”とよばれる特徴的な病状をとることがあり<sup>285)</sup>、疑われれば心エコー法の適応となる。末梢塞栓症状(脳梗塞など)をきたすものに、心腔内血栓、疣贅、粘液腫や乳頭状線維弾性腫がある。他の塞栓源の確証がなければ積極的な

心エコー法の適応となる。心腔内血栓および疣贅は基礎疾患を有する患者に生じる病変である。心房細動、広範前壁梗塞、拡張型心筋症、弁膜症などの存在を疑わす症状・所見があれば心エコー法の適応となる。疣贅は心内膜炎から生じるので、感染性心内膜炎を疑わす不明熱の患者、SLE や抗リン脂質抗体症候群を疑わす症状を呈する患者などであれば適応がある。これらの患者で、特に、新規に生じた心雑音や変動する心雑音があれば疣贅を有している可能性が高く、心エコー法のよい適応となる。

一般的検査では、胸部 X 線写真で縦隔や肺門部に異常陰影を認める場合や胸水を伴ったり心拡大を認める場合に心エコー法の適応となる。心電図所見として、心臓腫瘍性病変に伴って非虚血性 ST-T 異常、伝導障害、不整脈などを伴うことがあるが、いずれも非特異的である。

左心系にみられる腫瘍性病変の確診・鑑別診断には経食道心エコー法がきわめて有用で、本法に最も適した適応である<sup>286)</sup>。

表 26 心臓腫瘍における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 心臓腫瘍を示唆する臨床徴候およびイベントを有する患者             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 主要末梢動脈の塞栓症</li> <li>2) 若年者の脳血管イベント</li> <li>3) 脳血管疾患が明らかでない場合の神経性イベント</li> </ol> </li> <li>2. 心エコー法の結果によって手術または抗凝固療法などの治療法の決定を行う場合</li> <li>3. 術後再発の可能性が高いことが知られている腫瘍 (粘液腫など) のフォローアップ検査</li> <li>4. 悪性腫瘍を有する患者で、その病期判定に心病変の評価が必要な患者</li> </ol> <p><b>Class II</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 塞栓性疾患が疑われる患者で、脳血管障害はあるが、脳血管自体の病変によるか疑わしい場合 (Class II a)</li> <li>2. 心臓腫瘍を形成する可能性がある病態であるが、腫瘍の存在を示す臨床所見のない患者のスクリーニング (Class II b)</li> </ol>
---

### 適応のキーワード

- 心不全様症状 (息切れ、心悸亢進など)
- 塞栓症 (脳、末梢) ● 不明熱 ● 心雑音

### 判 読

判読でまず留意することは、病的意義の少ない胎生期遺残物・先天異常を区別することである。右房内にみられる胎生期遺残物はいずれも可動性を有する線状あるいは膜様エコーとして描出されるが、多くは右室流入路断面 (三腔断面) で付着部を確認することから診断できる。

Chiari network, Eustachian valve (下大静脈弁)は右房の下大静脈の結合部, Thebesian valve (冠静脈洞弁)は冠静脈洞の開口部に付着する。調節帯 (moderator band)は右室圧負荷患者で肥大することがあり、腱索レベルの胸骨傍-左室短軸断面で心室中隔右室内膜面から右室前側壁方向に横切る筋束として描出される。左室仮性腱索は心室中隔から左室後壁にかけての太い線状エコーとして描出される。

次いで、心腔内血栓と腫瘍の鑑別を行う。血栓は血流がうっ滞して生じるので、壁運動が高度に低下した部位にしか形成されないのが原則である。多くの例において血栓近傍でモヤモヤエコーが観察される。形成部位は、僧帽弁疾患あるいは心房細動患者では左房、なかでも左心耳に多い。左心耳血栓の確定は経食道心エコー法による<sup>287)</sup>。拡張型心筋症、急性心筋炎、心筋梗塞など重篤な左室収縮障害を有する病態では左室心尖部に好発する。末梢血栓併発の危険性が高い心腔内血栓の所見として、エコー輝度が低く、可動性が大きく、内腔に突出するものや有茎性の血栓があげられる<sup>288)</sup>。

心臓腫瘍の種類を心エコー法で確定することは困難であるが、腫瘍の形状ならびにエコー性状を参考に、統計上の発生頻度と観察される発生部位から腫瘍の種類を推定できる。原発性心臓腫瘍は約75~85%が良性腫瘍で、粘液腫、脂肪腫、乳頭状線維弾性腫、横紋筋腫、線維腫、血管腫、奇形種などがある<sup>281-283, 289, 290)</sup>。粘液腫は心臓良性腫瘍の約50%、心臓腫瘍全体の約25%を占める最も多い腫瘍である。左房・心房中隔、特に卵円窩に茎をもった有茎性腫瘍として発達することが多いが、可動性に乏しい無茎性のものもあり、15~20%は右房にも生じる。脂肪腫は無茎性のポリープ状を呈し、心膜、心外膜をはじめとしてあらゆる部位に発生する。心膜に発生したものは広範に広がるが、心筋内に発生したものはカプセル化された小さいものが多い。乳頭状線維弾性腫は弁や弁近傍の心内膜に、多くは有茎状に多発性・単発性に発生し可動性を有する<sup>291)</sup>。有茎性の場合には粘液腫と鑑別が問題となる。横紋筋腫は幼児・小児にみられる心臓腫瘍のうち最も多く、心室筋に多発性に発生し、稀ならず結節性硬化症に合併する。悪性腫瘍は心臓腫瘍の15~25%を占め、悪性リンパ腫、心膜中皮腫を除けば血管肉腫、横紋筋肉腫、線維肉腫などほとんどが肉腫である<sup>281-283, 289, 290)</sup>。最も多い血管肉腫は若年者に多く、ほとんどが右房あるいは心膜から発生する<sup>292)</sup>。横紋筋肉腫は多発性で、発見時には弁を閉塞するほどになっていることが多い<sup>293)</sup>。その他、心膜に発生する腫瘍としては心膜嚢腫が最も多く心エコー法が鑑別に有用である<sup>294)</sup>。

転移性腫瘍は頻度的には肺癌、乳癌が多いが<sup>295)</sup>、心臓転移を好発する腫瘍として悪性リンパ腫、悪性黒色腫、白血病などがある<sup>296)</sup>。右房・右室腔内で太い索状あるいは塊状に浮遊して描出される腫瘍として肝細胞癌や子宮平滑筋腫がある。右房で検出された浮遊状腫瘍では発生源を同定するため必ず下大静脈や肝静脈さらにはそれらの末梢静脈までその連続性を観察しなければならない<sup>297)</sup>。

疣贅は、弁および弁支持組織、逆流の通路、人工弁やペースメーカ・リード線などの人工物に付着した、ときに振動性 (Mモードエコーでの shaggy echo) を有する心腔内腫瘍として描出され、基礎疾患の症状とあわせれば典型例では診断は難しくない。しかし、リウマチ性弁疾患などで弁自体の肥厚・硬化病変のため判別が困難なときがあり、このような例では経食道心エコー法を施行すべきである。

## 判読のキーワード

- 腫瘍付着部位の同定
- 有茎性/無茎性
- 単発性/多発性
- 可動性/振動性
- 腫瘍付着部位の壁運動
- モヤモヤエコー

## XVIII 先天性心疾患

### 1 概 括

内科領域で比較的多く遭遇する先天性心疾患に関する心エコー検査の適応と判読についてまとめた。手術法も年々変化しており、このガイドラインも新しい問題点や治療法の変化につれて改変を重ねられなければならない。

### 2 心室中隔欠損 (ventricular septal defect : VSD)

#### 適 応 (表 27)

軽度ないし中等度の心室中隔欠損は全収縮期雑音から比較的容易に診断される。このため、成人例の多くは心内修復術後<sup>298)</sup>、軽症または重症のために手術適応がない例である<sup>299-301)</sup>。

#### 適応のキーワード

- 全収縮期雑音
- チアノーゼ (アイゼンメンジャー症候群)
- 心不全
- 大動脈弁逆流
- 房室弁逆流

- 心内修復術後遺残短絡 ●原因不明の発熱

表 27 心室中隔欠損における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 臨床的に心室中隔欠損が疑われる場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 欠損孔や短絡血流の描出による診断の確定</li> </ol> </li> <li>2. 心室中隔欠損と診断が確定している例で手術を受けていない場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 手術適応の判定</li> <li>2) 経過観察中に臨床所見が変化した場合</li> <li>3) 高度肺高血圧例</li> <li>4) 大動脈弁逆流あるいは大動脈弁逸脱が疑われる場合</li> </ol> </li> <li>3. 心室中隔欠損閉鎖術後             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 経過観察中に臨床所見が変化した場合</li> <li>4) 心機能低下例の経過観察</li> <li>5) 遺残病変がある場合の経過観察</li> <li>6) 有意な合併病変のある場合の経過観察</li> </ol> </li> <li>4. 原因不明の発熱時             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 感染性心内膜炎の診断</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Class II b</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 臨床所見に変化がない場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 手術適応のない軽症例での心エコー法によるフォローアップ</li> <li>2) 遺残病変や合併病変のない術後症例での心エコー法によるフォローアップ</li> </ol> </li> </ol>
---

**判 読**

左室長軸断面, 短軸断面, 四腔断面 (傍胸骨, 心尖部) などを用いて欠損孔と大動脈弁や肺動脈弁, 膜様部中隔との関係を把握して, 欠損孔の位置や大きさを診断する<sup>303-305</sup>。また, カラー Doppler 法で短絡血流を描出し, 欠損孔の位置を確認する<sup>305</sup>。左右短絡量が多ければ, 左房, 左室, 肺動脈が拡大する。

連続波 Doppler 法にて右室圧を推定し, さらに肺動脈圧を推定して肺高血圧の診断を行う。

合併病変では, 左室長軸断面や大動脈短軸断面を基本として大動脈弁尖逸脱, Valsalva 洞動脈瘤, 大動脈弁逆流の有無を検討する<sup>309-311</sup>。四腔断面で膜性中隔瘤の有無を検索する。また, カラー Doppler 法による右室内血流から右室内での狭窄 (右室二腔症) の有無を検討する。房室弁逆流の評価も重要である。発熱時には感染性心内膜炎を考慮して断層心エコー法で疣贅を検索し, 破壊された弁の機能を評価する<sup>312</sup>。

**判読のキーワード**

- 欠損孔の位置 ●欠損孔の大きさ
- 左右短絡量 (左室拡大) ●肺高血圧
- 合併病変

- 大動脈弁逸脱
- 大動脈弁逆流
- 膜性中隔瘤
- 右室二腔症
- 房室弁逆流

- 心内修復術後遺残短絡 ●心内修復術後左室機能低下
- 感染性心内膜炎 (疣贅, 弁機能)

**3 | 心房中隔欠損 (atrial septal defect : ASD)**

**適 応 (表 28)**

ここでは二次孔欠損 (卵円窩の欠損) について述べる。症状としては労作時呼吸困難・動悸などがあるが無症状のことも多い。右室容量負荷の程度や, 肺高血圧・合併奇形の有無などを心エコー法で評価する。

表 28 心房中隔欠損における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 臨床的に心房中隔欠損が疑われる場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 欠損孔の解剖学的な広がりの評価</li> <li>2) 右室容量負荷の程度や肺高血圧の重症度の判定</li> <li>3) 合併症の診断</li> </ol> </li> <li>2. 心房中隔欠損と診断がついている場合             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 手術適応の有無の判定</li> <li>2) 心房細動例では心房内血栓の評価</li> <li>3) カテーテル治療が行われる場合, 経食道心エコー法による欠損孔の形態診断が不可欠</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Class II b</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 心房中隔欠損と診断されたが手術を必要としない例でのフォローアップ</li> </ol>
---

**適応のキーワード**

- 不完全右脚ブロック ●II音の固定性分裂
- 肺動脈領域の駆出性収縮期雑音
- 胸部レントゲン写真での右心系の拡大

**判 読**

欠損孔は, 四腔断面で心房中隔中央部のエコーの断裂像として検出できる。短絡血流はカラー Doppler 法により描出できる。

乳頭筋レベルでの左室 M モード心エコー法で, 心室中隔の収縮期前方運動を認める (奇異性運動: paradoxical motion)。

肺高血圧の程度は左室短軸断面で観察する。肺高血圧が高度になると心室中隔は直線化する。三尖弁逆流を有する場合は, 連続波 Doppler 法で右室圧を推定できる。僧帽弁逸脱 (成人例の 50 % 以上で合併) は左室長軸断面

で診断される。また、三尖弁逆流や部分肺静脈還流異常などの合併も検索する。

### 判読のキーワード

- 卵円窩の欠損孔 ● 心室中隔の奇異性運動
- 右房, 右室の拡大 (右室の容量負荷)
- 合併奇形 (僧帽弁逸脱, 三尖弁逆流, 部分肺静脈還流異常) ● 肺高血圧

4

## 房室中隔欠損 (atrioventricular septal defect), 心内膜床欠損 (endocardial cushion defect : ECD)

### 適 応 (表 29)

房室中隔欠損 (心内膜床欠損) は, 心室中隔欠損を有し房室弁が共通房室弁である完全型と, 心室中隔欠損を伴わず二つの房室弁に分かれた不完全型に分けられる<sup>321, 322</sup>。

成人領域で遭遇する本症は, 軽症な未診断例, 軽症例で経過観察中の場合, 術後症例, 心内形態や肺高血圧のため手術適応のない例などである。臨床的には易疲労性, 呼吸困難, 不整脈, 気道感染などの症状を呈する。

表 29 房室中隔欠損 (心内膜床欠損) における心エコー法の適応

#### Class I

1. 臨床的に房室中隔欠損が疑われる場合
  - 1) 欠損孔や房室弁形態による診断の確定
2. 房室中隔欠損と診断されているが手術を受けていない場合
  - 1) 手術適応の判定
  - 2) 経過観察中に臨床所見が変化した場合
  - 3) 高度肺高血圧例
  - 4) 肺動脈狭窄合併例
3. 心内修復術後
  - 1) 経過観察中に臨床所見が変化した場合
  - 2) 心機能低下例の経過観察
  - 3) 遺残病変 (房室弁逆流や遺残短絡) がある場合の経過観察
  - 4) 有意な合併病変のある場合の経過観察
4. 肺動脈絞扼術後
  - 1) 経過観察中に臨床所見が変化した場合
  - 2) 心機能低下例の経過観察
5. Fontan 型術後
6. 原因不明の発熱時
  - 1) 感染性心内膜炎の診断

#### Class II b

1. 臨床所見に変化がない場合
  - 1) 手術適応のない軽症例での心エコー法による経過観察
  - 2) 結果の良好な術後症例での心エコー法による経過観察

### 適応のキーワード

- 心尖部全収縮期雑音 ● 駆出性収縮期雑音
- 心電図異常 (QRS 電気軸左軸偏位, 右脚ブロック, PQ 延長)
- チアノーゼ (アイゼンメンジャー症候群や肺動脈狭窄)
- 心不全 ● 房室弁逆流 ● 心内修復術後遺残短絡
- 心内修復術後房室弁逆流 ● 原因不明の発熱

### 判 読

断層心エコー法では四腔断面が基本であり, 心室中隔, 心房中隔, 房室弁の形態を観察する<sup>324</sup>。心室中隔流入部欠損のため, 房室弁輪に比して心室中隔の頂点が心尖部寄りに位置する (scooping)。完全型では房室弁は共通房室弁であり, 心房と心室は房室弁によって分けられる。欠損孔は一般に大きく, 肺高血圧を伴う。不完全型も基本形態は完全型と同じであるが, 房室弁の前後の共通尖が心室中隔の上で結合し, 2つの房室弁に分かれる。僧帽弁には左室短軸断面で裂隙 (クレフト) が見られ, 前尖が拡張期に「ハ」の字に開く。心房中隔欠損は一次孔欠損である。左右心室の大きさも評価する<sup>325, 326</sup>。左室長軸断面では大動脈弁が正常より前方に位置し (unwedged position), 流入路に比して左室流出路が長くなる (goose-neck sign)。

カラードプラ法では, 欠損孔を通る短絡血流や房室弁逆流, 左室流出路狭窄や肺動脈狭窄の評価を行う。

連続波ドプラ法では房室弁逆流から心室圧を求め, また, 左室流出路や肺動脈狭窄での圧較差を推定する。

左室流出路狭窄やファロー四徴などの合併病変の診断も重要である<sup>326, 327</sup>。

心内修復術後の症例では, 遺残短絡, 房室弁逆流, 左室流出路狭窄<sup>328</sup>, 肺動脈圧の評価が重要であり, 断層心エコー法にカラードプラ法や連続波ドプラ法を加えて診断する。

発熱の場合には, 断層心エコー法で疣贅を検索し, 炎症による心内構造の変化を観察する。

### 判読のキーワード

- 完全型か不完全型か
- 房室弁の形態と機能
  - 共通房室弁
  - 僧帽弁裂隙 (クレフト)
  - 房室弁逆流
- 欠損孔 (一次孔心房中隔欠損, 心室中隔欠損) の位置と大きさ

- 左室流出路の延長 (goose-neck sign)
- 両心室の容量のバランス
- 左心容量負荷, 右心容量負荷
- 肺高血圧
- 合併病変
  - 左室流出路狭窄
  - 肺動脈狭窄
  - 二次孔心房中隔欠損
  - その他の心奇形
    - 動脈管開存, 筋性部心室中隔欠損, 大動脈縮窄, 無脾症候群
- 術後例
  - 遺残短絡
  - 房室弁の機能
  - 心室の機能
  - 肺動脈圧
  - 左室流出路狭窄の有無

## 5 動脈管開存 (patent ductus arteriosus : PDA)

### 適 応 (表 30)

短絡量が大きいと労作時呼吸困難や疲労感を訴えるが, 短絡量の少ない場合無症状のこともある. 身体所見としては, 脈圧の増大, 聴診所見が連続性雑音であることが特徴的である.

表 30 動脈管開存における心エコー法の適応

Class I
1. 臨床的に動脈管開存が疑われる場合
1) 欠損孔の大きさと短絡血流の方向
2) 連続性雑音を認める他の疾患を除外
3) 合併症の診断
2. 動脈管開存と診断が確定している場合
1) 手術適応の有無の判定
2) カテーテル治療が行われる場合の動脈管の形態観察
Class II b
1. 動脈管開存と診断されたが手術を必要としない例でのフォローアップ
2. カテーテル治療後のフォローアップ

### 適応のキーワード

- 連続性雑音
- 脈圧の増大

### 判 読

動脈管は, 大血管短軸断面で主肺動脈と下行大動脈を連絡する腔として左肺動脈の左側に描出できる<sup>332)</sup>. 動脈

管の形状を最も明瞭に観察するためには胸骨左縁第二肋間からの矢状断面が適している.

パルス連続波ドプラ法で, 動脈管開存の短絡血流を記録できる. カラードプラ法では, 短絡血流シグナルは大血管短軸断面で主肺動脈の左外側へ向かった後, 肺動脈に到達する連続性のモザイク状シグナルとして描出される<sup>334)</sup>.

短絡量の多い例では左心系の容量負荷を生じる. 肺高血圧を合併すると右室圧負荷所見が主体となり, 左室短軸断面では心室中隔が平坦となる. 合併症としては, 左房・左室の拡大に伴う僧帽弁輪の拡大による僧帽弁逆流に注意する.

### 判読のキーワード

- 連続性の短絡血流
- 左房・左室の拡大
- 僧帽弁逆流
- 肺高血圧

## 6 修正大血管転位 (corrected transposition of the great arteries)

### 適 応 (表 31)

解剖学的に心房と心室の接続不一致 (atrioventricular discordance), および心室と大血管の接続不一致 (ventriculoarterial discordance) を基本とする奇形である. 心房位により正位と逆位に大別されるが, ここでは正位について記載する.

他に合併奇形を認めない場合にはチアノーゼが出現しないため, 心奇形の存在に気づかず, 成人に至る例もある. 体心室が右室であるため三尖弁逆流をきたすと, 通常の僧帽弁逆流と同様の心不全症状を呈する.

表 31 修正大血管転位症における心エコー法の適応

Class I
1. 修正大血管転位症が疑われる場合, 心室位, 心房心室関係, 大血管関係, 心室大血管関係の正確な把握
2. 修正大血管転位症と診断されている場合, 合併奇形の評価 (特に三尖弁逆流)
3. 修正大血管転位症と診断されている場合, 体心室である右室の心機能評価
Class II b
1. 修正大血管転位症と診断されているが, 合併奇形が軽い場合のフォローアップ

### 適応のキーワード

- 左側房室弁逆流
- 房室ブロック
- 右胸心, 中位心

## 判定

心室短軸断面で両心室は左右の位置関係になっており (side by side)、心室中隔が前胸壁に対して垂直となる。本症では左右心室が逆になるが、「心室位の診断」は以下の2点で評価する。まず、「三尖弁は右室に、僧帽弁は左室に帰属する」ことから、心室中隔欠損のない例では、房室弁の中隔への付着が心尖部側である心室が右室である<sup>337)</sup>。次に、右室は左室に比して肉柱形態が粗く、特に心室中隔は左室側では平滑であるのに対して右室側は粗な形態をしている。

大血管短軸断面では、尾側から頭側へスキャンすると、大動脈が左前方、肺動脈が右後方で両者は交叉することなく後方へ伸びてゆく<sup>338)</sup>。合併心奇形に関しては、心室中隔欠損 (主に膜様部)、肺動脈弁狭窄、房室弁の異常 (特に三尖弁逆流) の頻度が高い。

### 判読のキーワード

- 心房と心室の接続不一致 (atrioventricular discordance)
- 心室と大血管の接続不一致 (ventriculoarterial discordance)
- 心室の左右が逆転 (心室1ループ)
- 左前の大動脈, 右後の肺動脈 (l-transposition)

## 7 | アイゼンメンジャー症候群 (Eisenmenger 症候群)

### 適応 (表 32)

心房中隔欠損・心室中隔欠損・動脈管開存などの肺循環と体循環の間に短絡を有する疾患で、肺血管抵抗が体血管抵抗に等しいか凌駕した状態を指す。肺血管抵抗が体血管抵抗を凌駕すると、それにより右左短絡を生じ、チアノーゼを認める。すでにアイゼンメンジャー症候群と診断されている症例では、三尖弁逆流その他の右心不全の進行の程度を評価する。

表 32 Eisenmenger 症候群における心エコー法の適応

Class I
1. Eisenmenger 症候群が疑われる時
2. 原疾患の診断
3. 肺高血圧の程度
4. 合併症 (三尖弁逆流, 肺動脈弁逆流) の評価
Class II a
1. Eisenmenger 症候群のフォローアップ

### 適応のキーワード

- チアノーゼ ・ 肺動脈弁逆流 (Graham-Steell 雑音)

- 三尖弁逆流
- 分離性チアノーゼ (differential cyanosis)

## 判定

原疾患の診断に加えて、肺高血圧の程度を心エコー法で推定する。左室短軸断面では、心室中隔の彎曲を観察する<sup>339)</sup>。三尖弁逆流を合併する例では、その最大流速を連続波ドプラ法で測定し右室圧を推定する<sup>340, 341)</sup>。肺動脈弁逆流を伴う例では、その最大流速から肺動脈拡張期圧を推定し得る。三尖弁逆流の程度は四腔断面で、肺動脈弁逆流の程度は大血管短軸断面でカラードプラ法を用いて観察する。大血管短軸断面で肺動脈径は大動脈径よりも大になる。

### 判読のキーワード

- 右左短絡
- 肺高血圧
- 肺動脈弁逆流

## 8 | 8. ファロー四徴術後 (表 33)

ファロー四徴症は右室流出路の漏斗部狭窄と大きな心室中隔欠損によって形成される先天性心疾患である。基本的な心内修復術としては右室流出路のパッチ拡大術と心室中隔欠損のパッチ閉鎖術である。肺動脈弁輪を切開してパッチ拡大した場合には術後肺動脈弁逆流はほぼ必発である。右室容量負荷の程度を知る目的で心エコー検査の適応となる。右室容量負荷は軽度である代わりに右室流出路の残存狭窄がある例もある。

表 33 ファロー四徴における心エコー法の適応

Class I
1. ファロー四徴術後で、
1) 胸部 X 線写真上 CTR が 60 % を超えている場合
2) 心雑音 (Levine III / VI 以上の to and fro murmur) その他から中等度以上の肺動脈弁逆流が疑われる場合
3) 心雑音 (Levine III / VI 以上の収縮期駆出性雑音) その他から中等度以上の右室流出路残存狭窄が疑われる場合
4) 全収縮期逆流性雑音を聴取する場合
5) 低心拍出など心収縮能の低下が疑われる場合
6) チアノーゼの残存を認める場合
7) 心不全症状の増悪を認める場合
Class II a
2. ファロー四徴術後の外来フォローアップに際し、6 ヶ月に 1 度
1) 右室容量負荷に対して利尿剤等の外来投薬にて管理している場合
2) 大動脈弁逆流が存在し、外来投薬にて管理している場合

## 適応のキーワード

- ファロー四徴症術後 ● 右心不全徴候 ● 浮腫
- to and fro murmur ● 大動脈弁逆流
- 収縮期駆出性雑音

## 判読

右室容量負荷所見は四腔断面や心室短軸断面における左右心室の大きさのバランスを読む。右室流出路残存狭窄のある場合などの右室圧上昇の所見は、心室短軸断面での心室中隔の平坦化や、三尖弁逆流血流速度、右室流出路の最大血流速度などから判断する。大動脈弁逆流は、左室拡張末期内径に加えてカラードブラエコー法と下行大動脈の拡張期逆流パターンから判断することができる。右室圧が術前より低下している場合にはカラードブラ法を用いて遺残短絡を容易に発見できる。

## 判読のキーワード

- 右室拡大 ● 三尖弁逆流血流速度 ● 大動脈弁逆流
- カラードブラ法 ● 右室流出路最大血流速度
- 遺残短絡

## 9 完全大血管転位術後

心房内血流転換術として Mustard 手術, Senning 手術, 心室内血流転換術として Rastelli 手術, そして大血管位血流転換術として Jatene 手術がある。

Mustard 手術では上下大静脈から Baffle で作成した静脈経路の間の狭窄<sup>344, 345)</sup>, Senning 手術では肺静脈から新しい左房への PV channel の狭窄<sup>346)</sup>, Rastelli 手術では VSD パッチ閉鎖部と右室流出路の狭窄の有無, Jatene 手術では大動脈と肺動脈の吻合部狭窄<sup>347)</sup>, 冠動脈移植後の左室壁運動<sup>348, 349)</sup>, 大動脈弁逆流などがチェックポイントである。

### 適応 (表 34)

Mustard 手術後で頸静脈怒張や顔面浮腫など上半身の静脈圧上昇が疑われる症候があるときは上大静脈から心房へのルートの狭窄が疑われる。Senning 手術の術後で慢性的な咳を認めたり、胸部 X 線写真上肺静脈うっ血を認めた場合には、PV channel の狭窄が示唆される。Rastelli 手術で全収縮期逆流性雑音を認めた場合には心室中隔欠損の遺残短絡が疑われる。Jatene 手術後で収縮期駆出性雑音を聴取したり、心電図上右室圧上昇が示唆される場合には肺動脈狭窄を疑う。心電図で虚血が疑われたり、心不全症状の悪化を認めた場合には心機能低下

が疑われる。

表 34 完全大血管転位術後における心エコー法の適応

### Class I

1. Mustard 手術後で静脈怒張、浮腫などを認める場合
2. Senning 手術後で肺うっ血所見を認める場合
3. Rastelli 手術後で強い収縮期駆出性雑音 (Levine III/VI 以上) を聴取する場合
4. Jatene 手術後で低心拍出量が疑われる場合
5. 完全大血管転位術後で、
  - 1) 心不全症状の増悪を認める場合
  - 2) 心電図上、左室の虚血が疑われる場合
  - 3) 頸静脈怒張など中心静脈圧上昇を示唆する所見を認める場合
  - 4) 重症の房室弁逆流を有している場合
  - 5) 重症の大動脈弁逆流を有している場合
  - 6) チアノーゼが遺残している場合 (経静脈コントラスト心エコー法の適応)

### Class II

1. 外来フォローアップに際し、6 ヶ月に 1 度外来投薬にて管理している場合

## 適応のキーワード

- Mustard 手術後 ● Senning 手術後 ● Rastelli 手術後
- Jatene 手術後 ● 右心不全徴候 ● 浮腫
- チアノーゼ ● 大動脈弁逆流 ● 房室弁逆流
- 吻合部狭窄 ● 低心拍出量

## 判読

Mustard 手術では上下大静脈から Baffle で作成した静脈経路の間の狭窄<sup>344, 345)</sup>, Senning 手術では肺静脈から新しい左房への PV channel の狭窄<sup>346)</sup>, Rastelli 手術では VSD パッチ閉鎖部と右室流出路の狭窄の有無, Jatene 手術では大動脈と肺動脈の吻合部狭窄<sup>347)</sup>, 冠動脈移植後の左室壁運動<sup>348, 349)</sup>, 大動脈弁逆流などがチェックポイントである。

## 判読のキーワード

- 吻合部狭窄 ● 血栓 ● 大動脈弁逆流
- 房室弁逆流 ● モザイク

## 10 フォンタン手術後

1971 年に Fontan により三尖弁逆流に対するチアノーゼを消失させるための機能的修復術として報告がなされた。以後三尖弁逆流以外にも、左心低形成症候群、右室性単心室、左室性単心室、右室または左室容積が極端に小さい疾患などの機能的単心室に対して本手術の適応が拡大されている<sup>350)</sup>。本手術では、右心系と肺静脈側心房

の圧較差により肺血流が流れており、この落差が小さくなると右心不全が出現する。

## 適 応 (表 35)

頸静脈怒張・肝腫大・腹水などの右心不全症状が増悪した場合には心エコー法は必須の検査となる。その原因としては、肺血管抵抗の増大、側副血行路の発達、心室機能の低下、房室弁逆流の増悪などが考えられ、鑑別をすすめて行く。

表 35 フォンタン術後における心エコー法の適応

<p><b>Class I</b></p> <p>1. Fontan 術後で、</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 右心不全徴候（四肢の浮腫など）を認める場合</li> <li>2) 肺梗塞が疑われる場合</li> <li>3) 心不全症状の増悪を認める場合</li> <li>4) 頸静脈怒張など中心静脈圧上昇を示唆する所見を認める場合</li> <li>5) 重症の房室弁逆流を有している場合</li> <li>6) 重症の大動脈弁逆流を有している場合</li> <li>7) チアノーゼが遺残している場合（経静脈コントラスト心エコー法の適応）</li> </ol> <p><b>Class II</b></p> <p>1. Fontan 術後の外来フォローアップに際し、無症状でも6ヶ月に1度</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 房室弁逆流が存在し、外来投薬にて管理している場合</li> <li>2) 大動脈弁逆流が存在し、外来投薬にて管理している場合</li> </ol>
---

## 適応のキーワード

- Fontan 術後 ● 右心不全徴候 ● 浮腫
- チアノーゼ ● 大動脈弁逆流 ● 房室弁逆流
- 吻合部狭窄

## 判 読

まず、原疾患が何であるかを診断する。次に、上下大静脈から肺動脈への経路（フォンタンルート）を確認し、血栓の有無・狭窄（特に吻合部）の有無をチェックする。前者では血栓エコー、カラードプラ法、経静脈コントラストエコー法などを併用し、後者では血管径の変化やカラードプラ法上のモザイクに注意を払う。房室弁逆流や大動脈弁逆流はカラードプラ法を用いて重症度を判定する。

## 判読基準

- 原疾患を診断する
- 上下大静脈から肺動脈への経路（フォンタンルート）

の確認

血栓がないか : 血栓エコー、カラードプラ法、  
経静脈コントラストエコー法  
狭窄がないか（特に吻合部狭窄）：血管径の変化、  
カラードプラ法上のモザイク

- 房室弁逆流：カラードプラ法
- 大動脈弁逆流：カラードプラ法、大動脈血流パターン

## 判読のキーワード

- 吻合部狭窄 ● 血栓 ● 大動脈弁逆流 ● 房室弁逆流
- モザイク ● コントラストエコー法

## 11 | 川崎病

川崎病は乳幼児期を中心に発症する<sup>355, 356)</sup>。このため、成人で経験する川崎病例のほとんどは遠隔期例であり、内科領域で急性発症を経験することはきわめてまれにしかない。本稿では川崎病の遠隔期成人例の超音波診断について述べる。

川崎病の診断や管理に関するガイドラインはすでにくつか公開されている<sup>357-359)</sup>。日本循環器学会の作成したガイドライン<sup>357)</sup>では川崎病小児例の心血管病変は表 36 のようにまとめられ、冠動脈病変にもとづいた重症度分類（表 37）と、重症度別の治療や経過観察の方法が述べられている。成人例の超音波検査は、原則として虚血性心疾患に準じる。

## 適 応 (表 36-38)

急性期に冠動脈瘤がなかった例や一過性拡大で発症後1か月までに正常化した例（重症度分類 I, II）の経過観察の必要性については意見が分かれている。急性期冠動脈瘤の径が4 mm以上の例では regression を認めても、血管内エコー法で冠動脈に内膜肥厚があるとされ<sup>363)</sup>、また、6 mm以上の冠動脈瘤は狭窄性変化を来す恐れがあり<sup>364)</sup>、長期の経過観察が必要とされている。動脈瘤残存例や、狭窄性変化や閉塞をきたした例、心筋虚血のある例、バイパス術後例などでは継続した経過観察が必要である。弁膜病変が残存した例では、弁膜疾患に準じた経過観察が必要である<sup>366)</sup>。

## 適応のキーワード

- 川崎病の既往 ● 冠動脈瘤 ● 冠動脈一過性拡大
- 冠動脈瘤の regression ● 冠動脈狭窄性病変
- 冠動脈閉塞 ● 心筋虚血 ● 大動脈弁逆流
- 僧帽弁逆流 ● 冠動脈形成術後

表 36 川崎病にみられる主な心血管病変<sup>357)</sup>

1. 冠動脈病変
  - 1) 拡大性病変 (拡大ないし小瘤, 中等瘤, 巨大瘤)
  - 2) 狭窄性病変 (閉塞, セグメント狭窄, 局所性狭窄)
  - 3) その他 (動脈瘤内血栓)
2. 心筋障害
  - 1) 炎症性心筋炎, 心膜炎
  - 2) 虚血性心筋障害
  - 3) 刺激伝導系病変
3. 弁膜炎
  - 1) 僧帽弁逆流 (急性期の弁膜炎, 心筋虚血)
  - 2) 大動脈弁逆流 (弁膜炎)
4. 冠動脈以外の動脈病変
  - 1) 腸骨動脈瘤
  - 2) 腋窩動脈瘤
  - 3) その他の末梢動脈瘤
5.
  - 1) 動脈硬化?
  - 2) 病理所見などから動脈硬化の促進が推測されている

表 37 冠動脈病変による重症度分類 (文献 358 による)

- I. 拡大性病変がなかった群
- II. 急性期の一過性拡大群
- III. Regression 群
- IV. 冠動脈瘤残存群
- V. 冠動脈狭窄性病変群
  - a. 虚血所見のない群
  - b. 虚血所見を有する群

表 38 川崎病における心エコー法の適応

- Class I
1. 冠動脈病変として, 以下の重症度の場合
    - 1) 重症度分類 V-b
    - 2) 重症度分類 V-a
    - 3) 重症度分類 IV
    - 4) 重症度分類 III
  2. 末梢動脈病変を有する場合
  3. 弁膜病変として, 以下の場合
    - 1) 大動脈弁逆流
    - 2) 僧帽弁逆流
- Class II
1. 冠動脈病変として, 以下の重症度の場合
    - 1) 重症度分類 II
    - 2) 重症度分類 I

- 大動脈冠動脈バイパス術後
- 末梢動脈瘤

## 判 読

断層心エコー法では冠動脈瘤の有無と形態を評価する。また、冠動脈壁の石灰化、内膜肥厚、瘤内血栓の有無を判読する<sup>367-369)</sup>。

断層心エコー法による狭窄性病変の直接描出は容易で

はない<sup>368)</sup>が、カラードプラ法を併用して、冠動脈血流を評価できれば、狭窄性変化の診断の手がかりになる<sup>378-380)</sup>。心筋虚血の診断は動脈硬化に伴う心筋虚血の判読に準じる。

弁膜病変では逆流の程度や心室への容量負荷など、弁膜疾患に準じた評価を行う。

また、末梢動脈瘤も断層心エコー法で描出し、詳細に検討することが重要である。

## 判読のキーワード

- 冠動脈瘤
- 冠動脈局所性狭窄
- 冠動脈セグメント狭窄
- 冠動脈閉塞
- 冠動脈瘤内血栓
- 心筋梗塞
- 冠動脈壁の変化
- 心室壁運動異常
- 冠動脈血流
- 心筋血流
- 側副血行
- グラフト血流 (術後)
- 大動脈弁逆流
- 僧帽弁逆流
- 末梢動脈瘤

## XIX 心機能評価

### 適 応 (表 39-41)

心機能には収縮能と拡張能の2面性がある。拡張障害による心不全は心不全症例全体の約40%を占めるともいわれ、拡張不全の予後は収縮不全と同等に悪いとする報告もある<sup>388)</sup>。そのため心不全症状を認めた場合には心収縮能と同時にその拡張能を評価することが必要である。

心疾患患者においてその治療効果判定を行うには経時的に心機能を評価する必要がある。またこのような患者に症状の増悪などの変調がみられた場合には原疾患の評価とともに心機能の再評価が必要となる。

集中治療室の急性期患者においてはルーチン的に心機能評価が行われる。経胸壁心エコーでは画像不良などにより十分な情報が得られないことも多い。このような場合には経食道心エコーによる心機能評価が行われる。

## 判 読

左室収縮能評価に用いられる代表的なパラメータとして、左室内径短縮率、駆出率がある。駆出率を求める際には、断層心エコー法にて Simpson 法により解析する評価法が推奨される<sup>389)</sup>。M モード法はビームが横切る局所の2点間で全体の心機能を推定する方法であるため、虚血性心疾患や奇異性運動を認める症例など局所の壁運動異常が認められる場合には不適切である。断層心

エコー法では、心尖部二腔像および四腔像の2断面から左室長軸に対し直角な20 ディスクの総和とみなして左室容積が計算される。左室の形態による影響は比較的少ないが、左室形状が正常と著しくかけ離れている場合や心尖部が欠落している場合にはやはり計測値の信頼性が乏しくなる。臨床の場では視覚的評価による駆出率の評価もよく行われており、熟練した観察者が行った場合、血管造影や心プールシンチグラフィで得られた値にほぼ一致するとする報告がある<sup>390, 391)</sup>。

心不全患者においては左室拡大の進行とともに僧帽弁逆流を認め、左房径も拡大を認めることが多い。左室拡張末期径・収縮末期径とともに左房径も、特に治療効果判定においてその経時変化を見ることが重要と考えられる。

下大静脈径は静脈圧の亢進に伴い血管径が拡張し、同時に呼吸性変動も少なくなる。15 mm 以上を拡大とすることが多い。下大静脈径が15 mm 以上、呼吸性変動50% 以下の場合、中心静脈圧は10 mmHg 以上である可能性が高い。

三尖弁逆流が認められる症例では、その連続波ドプラから右室圧（肺動脈圧）の推定が可能である。逆流波から求められた圧較差に右房圧を加えたものが推定右室圧とされる<sup>392, 393)</sup>。また、肺動脈弁逆流の拡張末期流速から肺動脈拡張期圧（PADP）を算出し LVEDP を推定することができる<sup>394)</sup>。肺動脈弁逆流の拡張末期流速から求められた圧較差に右房圧を加えたものが PADP とされる。

左室拡張能の評価にはパルスドプラ法を用いた左室流入血流速度波形・肺静脈血流速度波形が用いられる<sup>395, 396)</sup>。左室流入血流速度波形からは拡張早期波（E 波）と心房収縮波（A 波）、その速度比（E/A）、および E 波の減速時間（deceleration time : DcT）などが計測される。この血流波形は左室拡張末期圧の上昇に伴い、正常型から弛緩障害型、偽正常化型、拘束型へと変化する。正常型では、E/A が1~2、DcT が160~240 msec とされている<sup>397)</sup>。弛緩障害型（abnormal relaxation）では、E/A は1未満となり、DcT は240 msec 以上となる<sup>397)</sup>。

高度な左室弛緩障害では左房圧が著明に上昇する。左房圧の上昇により房室間圧較差が増大し、その結果左室流入血流速度の上昇と E 波のピーク血流速度の増大を認める。また左室コンプライアンスの低下のため拡張早期の左室圧は通常より速く大きく上昇し、左房圧を凌駕する。これによって血流は急速に減速し、DcT は短縮する。さらにこのような状態では心房収縮直前の左室圧も上昇しており、心房収縮による左室流入は減少し A 波は低下する。このような波形を拘束型といい、E/A が

1.5 以上、DcT は160 msec 未満となる<sup>397)</sup>。弛緩障害型を呈する例では、拘束型に移行する過程において偽正常化（pseudonormalization）が認められる。つまり左室流入血流速度波形が弛緩異常型から拡張障害が進行すると、左房圧が上昇し、房室間圧較差は増大する。その結果異常低値であった E 波速度は増高して正常レベルに達する。また左室コンプライアンスも低下するため、左室圧は拡張早期より急速に上昇し、異常に延長していた DcT は短縮する。したがって、これらのパラメータだけでは正常と偽正常化の鑑別が困難であり、この鑑別には肺静脈血流速度波形、組織ドプラ法を用いた僧帽弁輪移動速度などが用いられる。最近では、組織ドプラ法にて僧帽弁輪部

表 39 経胸壁心エコー法における心機能評価の適応

Class I
1. 浮腫や呼吸困難を認め、心臓性の原因が疑われる場合
2. 虚血性心疾患・高血圧性心疾患・心臓弁膜症・心筋症が疑われる場合
3. 上記の確定診断がついている場合で、臨床状況に変化が生じている場合
4. 心不全患者の治療効果の判定
Class II a
1. 中等度以上の心臓弁膜症患者の半年・あるいは1年ごとの心エコー
Class II b
1. 定期的に診察を受けている心疾患患者の症状の変化がないときのフォローアップ心エコー
2. 軽度・症状のない弁逆流のフォローアップのための心エコー

表 40 経食道心エコー法による心機能評価の適応

Class I
1. 手術中に心エコー検査が必要であると判断され、経胸壁心エコー法が不可能な症例
2. 手術後に心機能異常が疑われ、経胸壁心エコー法では描出困難な症例
Class II a
1. 経胸壁心エコー法が観察不可能な慢性閉塞性肺疾患や肥満患者で、心疾患が強く疑われる場合

表 41 スクリーニングで行う心機能評価の適応

Class I
1. 遺伝性心血管疾患の家族歴のある患者
2. 心移植のドナー候補
3. マルファン症候群または関連する結合組織疾患の表現型を有する患者
4. 心毒性薬剤による薬物療法を実施する患者のベースライン時の評価
Class II b
1. 心臓をおかず可能性のある全身性疾患の患者

移動速度波形の拡張早期 (e') 波を計測し、左室流入血流速度波形のE波との比 (E/e') をあわせて、拡張能を評価することも行われつつある。また、最近では収縮・拡張の時間 (time interval) を用いた総合的心機能指標として、TEI index が提唱されている<sup>400)</sup>。TEI index は左心機能だけでなく、評価が困難とされている右心機能評価にも有用である<sup>401)</sup>。

経食道心エコー法による評価は、経胸壁心エコー法では十分な情報の得られない左房や僧帽弁置換術における弁機能評価、術中・術後の評価に用いられる<sup>402-404)</sup>。また慢性閉塞性肺疾患や肥満など経胸壁心エコー法で超音波像がとらえにくい患者にも有用である。

### 適応のキーワード

- 浮腫 ●呼吸困難 ●労作時息切れ
- Ⅲ音, Ⅳ音の聴取

### 判読のキーワード

- E/A ●DcT ●弛緩障害 ●偽正常化
- 拘束型 ●駆出率 ●Simpson 法

## XX 経食道心エコー・ドプラ法 (含 術中エコー)

### I. 適 応 (表 42)

(経食道心エコー法) TEE の適応は以下のとおりである。

#### 適応のキーワード

- 心房細動 ●心原性血栓塞栓症 ●大動脈解離
- 感染性心内膜炎
- 心房中隔欠損症, 卵円孔開存, 心房中隔瘤
- 肺静脈還流異常
- 僧帽弁逸脱, 僧帽弁逆流, 僧帽弁形成術
- 心内腫瘍 ●コアグラタンポナーデ
- 人工弁機能不全

### II. 撮り方

#### 検査前に

TEE の前には経胸壁心エコー法 (TTE) が行われていることが前提であり、TEE でなければ得られない追加情報を得ることを主体に、あらかじめ検査目的を絞り込んで検査を開始するのがよい。また、検査後のチェック

表 42 経食道心エコー法 (TEE) の適応

<p><b>Class I</b></p> <p>Class III に示すような禁忌事項がない以下の状況において、TTE では十分な情報が得られず、TEE により新たな情報が得られる可能性が高いとき</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 塞栓源検索 (左房, 左心耳, 右心耳, 卵円孔開存, 心房中隔欠損など)</li> <li>2. 弁膜疾患 (自己弁および人工弁)</li> <li>3. 感染性心内膜炎の疑われるとき</li> <li>4. 心房細動の除細動前の検査 (特に左房, 左心耳内の血栓検索)</li> <li>5. 胸部大動脈の評価 (大動脈解離, 大動脈瘤, 大動脈硬化)</li> <li>6. 先天性心疾患: とくに ASD の病型など</li> <li>7. 心臓腫瘍: 大きさ, 付着部位など</li> <li>8. 心血管手術時のモニター: 弁形成術あるいは弁置換術の評価, 心機能, 壁運動, 大動脈内ステント内挿術, など</li> <li>9. 非心血管手術時や ICU でのモニター: 心機能, 壁運動など</li> <li>10. ICU など, TTE では十分な情報が得られない重症患者の心臓の形態・機能情報を得ることで治療方針変更などに関わる追加情報を得ることが期待できるとき</li> </ol> <p><b>Class II a</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 大動脈解離の治療後経過観察</li> </ol> <p><b>Class III</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 禁忌または慎重な適応決定が必要な状況</li> </ol> <p>■原則禁忌</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 食道疾患: 食道狭窄・静脈瘤・腫瘍・憩室・食道裂孔ヘルニア,</li> <li>2) 胃・食道手術後,</li> <li>3) 頸椎の可動性低下が認められる状態,</li> <li>4) 頸部への放射線治療後,</li> <li>5) コントロールできない重症な高血圧</li> <li>6) 鎮静を行わないで急性胸部大動脈瘤または急性胸部大動脈解離へ適用すること</li> <li>7) 脳出血または脳動脈瘤や腹部大動脈瘤または腹部大動脈解離 (急性期) の合併があるとき</li> <li>8) 呼吸機能障害</li> <li>9) 検査に協力が得られない場合, 検査への理解・同意が得られない場合など</li> </ol> <p>■慎重な適応決定が必要</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 出血傾向のあるとき</li> <li>2) 不安定狭心症や最近生じた心筋梗塞</li> <li>3) 嚥下障害や, 検査後の誤嚥の可能性の高いとき</li> </ol>
---

TTE: 経胸壁心エコー検査, TEE: 経食道心エコー検査

のためにビデオテープや他の方法による動画像の記録を行っておくべきである。

#### 探触子操作と断面設定

探触子の操作は①深さを変えるか, ②そのまま探触子の軸 (シャフト) をゆっくり回すか, ③前方・後方あるいは側方に探触子先端部分をやや曲げるか, ④多断面探触子の回転を行う (0 度~180 度) かである<sup>429)</sup>。探触子

の深さを変えたり軸を回したりする時には、安全のため、先端を曲げたままにせず、中立の位置に戻して力を抜き、食道内に無用な力を加えないように配慮する。探触子は通常横断面像（多断面探触子の角度調節ダイヤルは0度）として、探触子面を前方に向けて、心臓の横断面像を観察しながら食道の内に挿入される。成人では門歯列からおよそ30 cmの位置で左房レベルに達するが、左房を通して体の左を見るように探触子の軸を左側にゆっくり回すと、左房・左心耳、左側の肺静脈を観察できる。ほぼ正面を見る方向にゆっくりと探触子の軸を右に回して戻し、大動脈弁・上行大動脈を観察する。また、左房を通して体の右方向を見るように探触子の軸をゆっくり右に回して左房、心房中隔、右房、下大静脈や上大静脈、右側の肺静脈を観察する。必要に応じてそれぞれの構造物で多断面探触子の角度調節ダイヤルを回転させて90度（矢状断面）も含めての観察を行う。カラー・ドプラ、パルス・ドプラ、連続波ドプラも目的に応じ適宜使用する。

ついで、左房を通しての左室長軸像（四腔断層像、二腔断層像、長軸像）を観察する。経胃的に左室短軸像を描出するには探触子を門歯列から35~40 cmまで進めて胃内に挿入する。

その後、目的と必要に応じて大動脈や心臓外の構造物、病変について観察を行う。この位置で下行大動脈を観察するには、体の左側方を見るように探触子をゆっくりと回転させる。横隔膜上下の下行大動脈を観察し終わったなら、そのまま下行大動脈を観察しながら探触子の先端をフリーとしたままゆっくりと探触子を引抜いていき、大動脈弓の見える位置に達する。

基本的な断面設定と観察の概略は以上であるが、これ以外にも目的とする構造、病変がある場合にはそれらの観察を行う<sup>429)</sup>。

なお、術中のTEE使用にあたっては連続使用時間が長くなりがちであり、探触子の温度上昇が食道上皮を損傷する可能性も否定できないので、探触子自体の保護も合わせて、TEEによる観察が不必要な時には探触子の超音波送信を止めておくべきである<sup>440, 448)</sup>。また、各患者の検査後には探触子は洗浄・汚染除去されなければならない<sup>429)</sup>。

### III. 判 読

目的に応じた断面を描出し、手早く必要な情報を収集する。左房・左心耳・右心耳内の心原性の塞栓原検索では血栓エコーの探索を行うが、しばしば心耳に存在するpectinate muscle（櫛状筋）には注意を要する<sup>451)</sup>。また、TEEではTTEよりも細かい構造物を発見観察すること

もししばしばあるが、これが正常構造物であるのか、異常（病的）構造物であるのかについては慎重な判定が必要である<sup>440)</sup>。

### 判読のキーワード

- もやもやエコー ●心内血栓 ●櫛状筋
- 疣腫（疣贅） ●弁輪膿瘍 ●Lambl 疣贅
- 剥離内膜 ●真腔，偽腔 ●心機能 ●壁運動異常
- 弁口面積 ●血栓弁 ●弁座動揺 ●心嚢液貯留
- 大動脈粥腫

## XXI コントラスト心エコー法

この領域の進歩は非常に急速であり、前臨床的には第二世代の造影剤の臨床治験が進行し、心筋造影画像作成方法にもいくつかの発展が見られている。諸外国においても現時点でいくつかのエビデンスが準備中である。ここでの記述はあくまでも、平成16年7月段階のものであるとご承知いただきたい。コントラスト心エコー法の臨床応用に関しては、大きく3つの領域がある（表43）。

表 43 コントラスト心エコー法の主要な適応領域

- ドプラ信号の増強
- 心腔造影
- 心筋造影（心筋コントラスト心エコー法）

### 1 | ドプラ信号の増強（表 44）

ドプラ法に対するコントラスト心エコー法の適応は、ドプラ信号の増強を目的とする。既に装置固有の能力によって十分にドプラ信号が得られている場合には、全く適用外である。

絶対適用としては、ドプラ信号からの流速計測が挙げられる<sup>452-455)</sup>。最大流速値を誤認すると診断を誤り、延いては治療方針決定をも誤らせるからである。これには、右心系、左心系を問わず、また経胸壁・経食道を問わない。冠動脈血流ドプラ信号記録においてもその包絡線が不明瞭な場合にも利用価値は高い<sup>456, 457, 189)</sup>。左前下行枝では、コントラスト心エコー法による増強効果を利用しなくても、十分な信号強度が得られることが多いが、探触子から離れた特に右冠動脈や左廻旋枝では、利用価値が高い。

相対適用としては、カラードプラ法の信号増強がある<sup>458, 459)</sup>。被験者の体躯などの問題で十分なドプラ信号が得られない場合は、コントラスト心エコー法による増強を試みても良い。経胸壁ドプラ法で冠動脈血流速度を測定する場合、冠動脈走行部位を知るために、予めカラードプラ法で位置確認をする際などにも利用できる。

表 44 ドプラ信号の増強

Class I
1. ドプラ法において血流速度の測定を行う必要があり、通常のドプラ法では血流信号の包絡線が不明瞭な場合
Class II
1. 心腔内への流入血流もしくは弁逆流血流のカラードプラ信号が不明瞭で、その範囲や信号強度を明瞭化させる場合
Class III
1. 造影剤自体が禁忌の被験者
2. 既に十分なドプラ信号が得られている場合

## 2 心腔造影 (表 45)

コントラスト心エコー法の心腔への適用は最も古くから利用されており、心内膜面の認識が不完全な場合、心内腔への腫瘍、血栓の進展の認識のためなど、適用も広い。

第1の絶対適用は、壁運動異常の診断の際に心内膜面が不明瞭な場合である<sup>460-462)</sup>。この手技はストレス心エコー法の際にも積極的に利用すべきである<sup>463, 464)</sup>。

第2の絶対適用は、心腔内異物の診断である<sup>465, 466)</sup>。腫瘍や血栓のエコーが明瞭な場合は併用する必要はないが、少しでもその輪郭や付着部位に不明瞭さがあれば積極的に利用する。

第3の絶対適用は、異常血流路の診断で、例えば、左上大静脈遺残では左上肢からコントラスト剤を注入することで正確な診断が可能である<sup>467, 468)</sup>。また、肺動静脈瘻はコントラスト剤がどの肺静脈から左房へ流入するかを検討することで病変部位の正確な診断が可能である<sup>469, 470)</sup>。これらは、カラードプラ法では不可能である。僅かな心内短絡、例えば卵円孔を介しての右左短絡の診断は、本法のみが可能な方法であり、絶対適用である<sup>471, 472)</sup>。この短絡は安静時には生じにくく、バルサルバ負荷、ミューラー負荷にのみ生じることも本法の診断価値を高めている。この短絡の存在は直ちに体循環系の塞栓症の予知に結びつくものではないが、この部位での短絡が証明されなければ、卵円孔を介しての塞栓はないといえるので、価値は高い。

第4の絶対適用は、循環時間の測定のうち、腕-左心

時間、あるいは右心-左心時間の計測である。腕-肺時間、あるいは腕-舌時間はある種の香料が利用されるが、コントラスト心エコー法を利用する循環時間の計測は自覚によらないため、客観的指標として利用できる。(但しこの計測の臨床的有用性についての知見はない)

相対的適用の領域は、絶対適用の範囲が広い分だけ、少ない。心内短絡が予測される疾患の場合にも、コントラスト心エコー法を利用できるが、カラードプラ法で十分な場合が大半である。むしろカラードプラ法での所見を裏付ける程度の利用法である。

非適用は、コントラスト剤に対するアレルギーを有する患者や、基本の超音波診断装置の設定で十分な情報が得られている場合である。

表 45 心腔造影

Class I
1. 心機能評価において、心内膜面が明瞭には判定できない場合 ●(壁運動評価, 心腔内径・面積・容積の計測を含む)
2. 心腔内に異常構造物の存在が疑われるが、通常の装置では不明瞭な場合 ●(腫瘍, 血栓, 筋束, 肉柱などを含む)
3. 心腔内短絡が疑われ、カラードプラ法では診断不明瞭な場合 ●(左上大静脈遺残, 肺動静脈瘻, 卵円孔開存など)
4. 肺循環時間(右心腔から左心腔への血液流入時間)を計測する場合
Class II
1. 心機能異常例などに対し、心腔内血流拡散の異常を検討する場合
2. 心腔内短絡が疑われる場合
Class III
1. 造影剤自体が禁忌の被験者
2. 造影なしでも十分に正確な診断が可能な場合

## 3 心筋染影 (表 46)

絶対適用は、心筋灌流の異常が予想される場合である。診断精度を示す検討は数多いが、普遍的なエビデンスには至っていない。心筋灌流評価という項目は、心エコー法での通常の評価項目である壁運動異常、弁膜異常とは異なるものであり、従来からこの領域は核医学の独壇場であるため、現時点では核医学的手法などの他の検査法が利用できない場合が絶対適用である。

第1の適用は、冠微小循環の灌流領域の診断である。心筋コントラストエコー法による染影領域は灌流の存在を意味し、非染影領域は灌流の欠如を意味する。ただし、心筋染影性の定量的評価と微小循環灌流量との直接的な対比は現在検討が進んでいるところである。

第2の適用は、冠動脈疾患ないしは別個の原因で壁運動異常が存在し、その部位の心筋バイアピリティーの診断が必要な場合である<sup>475-478</sup>。一般に局所心筋への冠動脈血流量は心筋量に対応する。すなわち、壁運動異常の程度が残余心筋量と並行するならば、壁運動異常の重症度に応じた心筋灌流量で見合うはずであるが、予想以上に灌流があるならば、局所の壁運動異常は改善する可能性がある。すなわちバイアブルと診断できる。

第3の適用は、冠動脈狭窄の診断である。心筋コントラストエコー法で診断する冠動脈狭窄は、解剖学的な狭窄ではなく、生理学的な狭窄度、すなわち冠血流予備能から求める。多くは、ATPもしくはdipyridamoleなどの血管拡張薬負荷前後の心筋造影すなわち灌流状況から診断される<sup>479-483</sup>。変化をリアルタイムに評価できる点も絶対適用か否かの判断材料である。

表 46 心筋造影

## Class I

(心筋灌流異常が疑われるが、他の検査法が利用できない、もしくは診断できない場合)

1. 冠動脈疾患において心筋灌流異常を診断する場合
2. 冠動脈狭窄が疑われ、他の方法では明確な診断ができなかった場合
3. 心筋微小循環異常が疾病原因となっていると疑われる場合(糖尿病, 心筋症, など)
4. 心筋内もしくは心腔内異常構造物の灌流状態の評価が診断に寄与すると考えられる場合

## Class II

1. 冠動脈疾患以外において、心筋灌流異常が予想される場合
2. 他の診断法にて冠血流障害が明確に診断できない場合

## Class III

1. 超音波造影剤のアレルギーがある場合
2. 自覚的にも他覚的にも異常がなく、他の検査法でも異常が見られない場合

第4の適用は、細動脈レベルの心筋灌流評価である。心筋コントラストエコー法では、装置側の撮像条件を調整するだけで、同一の造影剤、同一の超音波診断装置を用いて、心筋毛細血管レベルと心筋細動脈レベルの灌流状況を別個に評価できる。冠動脈に狭窄のない心筋虚血(Syndrome Xや糖尿病性心筋虚血など)への診断応用が期待される。

第5の適用は、心室壁の内膜面から外膜面にかけての灌流グラデーションの診断である。心エコー図では、心内膜面の認識は容易であり、心筋の垂直方向での虚血の広がり診断できる。

第6の適用は、心筋症など心筋由来の壁運動異常や、心室内伝導障害に基づく壁運動異常と心筋灌流との関連解明への利用である。灌流異常がリアルタイムに評価できる点がこの方面での解明に活かされる。

第7の適用は、冠循環の観点での最適治療のモニターに対する適用である。例えば、冠循環は冠灌流圧に依存するが、急性心筋梗塞時や冠動脈手術直後における、至適冠灌流圧は個人差もあり、現時点ではその基準がない。心筋コントラストエコー法ではリアルタイムに灌流状況が評価できるので、適切なコントロールが可能になる。

## 4 | まとめ

コントラスト心エコー法は古い技術であるが、経静脈性左心系コントラスト心エコー法は歴史が浅い。特に心筋造影のための超音波技術は最近開発されたものが多く、かつ急速に発展している。それ故本稿においては、十分なエビデンスの論文を示せない点をご了解願いたい。米国においてもコントラスト心エコー法に対するposition paperが見られるか<sup>484, 485</sup>、数年前のものであることを念頭に参考にして頂きたい。



