

特集

非虚血性 MR の診断

山近 史郎*

はじめに

僧帽弁閉鎖不全症(MR)の診断において、心エコー法は病因、重症度、治療方針の決定や術後評価などに重要な役割を担っている。MRの病因としては、表1のごとく挙げられ、リウマチ性と非リウマチ性や虚血性と非虚血性などに大別できる。病因により治療方針が異なるため、経胸壁(TTE)や経食道心エコー法(TEE)による弁や弁輪の性状評価は大切であり、リウマチ性や変性等では弁の硬さや動き、弁輪のサイズや石灰化の程度が、弁形成術か置換術かの選択のカギとなる。感染性心内膜炎ではTEEによる疣贅の性状、感染巣の浸潤の範囲のきめ細かい評価により形成術が可能となる。本稿では非虚血性MR、なかでも心エコーの役割がとりわけ大きい僧帽弁逸脱症の診断を中心に解説する。

表1 MRの病因

- | |
|--------------------------------------|
| 1. リウマチ性 |
| 2. 変性 |
| 3. 虚血性 |
| 4. 感染性心内膜炎 |
| 5. 拡張型心筋症 |
| 6. その他(心アミロイドーシス, SLE, 高リン脂質抗体症候群など) |

MRの機能的分類

Carpentierは図1のように弁尖の開閉運動に焦点をあててMRの機能的モデルを提唱した¹⁾。すなわちI型は正常な弁尖運動であり、MRは弁輪拡大に起因し接合不全や弁の変形をきたす例である(心内

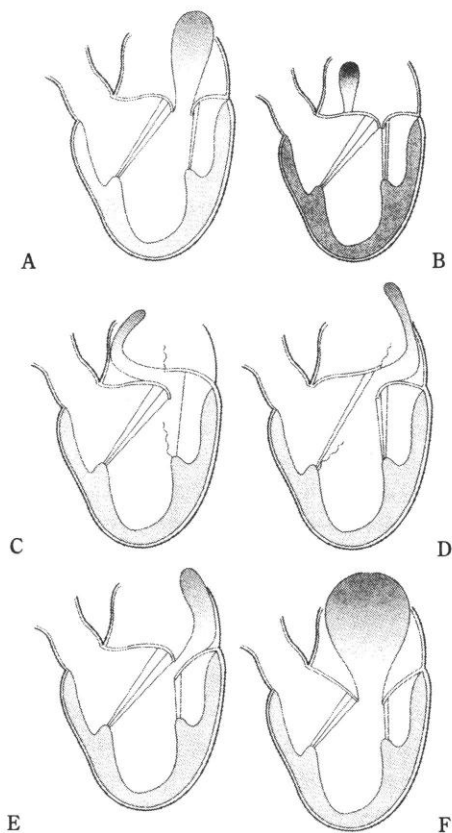


図1 弁運動の Carpentier 分類(文献1より)

- A : I型, 正常な弁運動, 弁輪拡大と中心性のMRジェットが示されている。
 B : I型, 正常な弁運動で弁の穿孔を伴う。前尖と後尖は正常な接合である。
 C : II型, flailな後尖, 2次的に断裂した辺縁の腱索が示されている。MRジェットは前方に向かっている。
 D : II型, flailな前尖で2次的に断裂した辺縁の腱索が示されている。MRジェットは後方に向かっている。
 E : III型, 拘束型弁運動。後尖は牽引され, 前尖の“相対的逸脱”を引起している。MRジェットは後方に向かう。
 F : I型+III型, 拘束型弁運動。拡大した不全心が示されている。弁輪拡大(I型)と乳頭筋先端が下方へ偏移することに続発する弁の拘束(III型)が一般的に共存する。

*長崎大学循環病態制御外科学

膜炎など). またBのように前尖と後尖が正常な接合で弁の穿孔を伴う場合もある.

II型は弁運動が過剰で, 収縮期に弁尖の逸脱が弁輪縁を越え逸脱弁尖の対側に偏位した逆流を呈する場合である. III型: 弁運動制限: 制限弁運動は交連部癒合(リウマチ病変)に続発する拡張期の不完全な開放(MS)と腱索の肥厚・癒合(リウマチ病変)に続発する収縮期の不完全な閉鎖(MR)を伴う. 不完全閉鎖は弁輪面の下に弁尖が保たれ, 接合線上で隣接する正常弁尖の相対的逸脱が生じる(図1E). 結果として生じる逆流ジェットは制限弁の方向に向かう. I型では弁輪形成術, II型では弁形成術, III型では病変に応じて弁輪形成術, 弁形成術, 弁置換術が選択されるが, 形成術の最終目標は構成している種々の病変を系統的に修正することである.

A. 僧帽弁逸脱症の部位診断と術式の選択

僧帽弁形成術の最も良い適応は僧帽弁逸脱症であり, 根治性の高い形成術を行うに際して重要なことは, 心エコー法にて病因, 矯正すべき部位と範囲を正確に同定することである. 術前にTTEにおける左室短軸断面像により, 弁逸脱の描出に加えて逆流ジェットの方向と左室吸い込み血流を評価することにより90%以上の逸脱部位診断が可能であり, そのほとんどは前尖もしくは後尖いずれかの1/3に局限した例である. そのために術前にTTEで十分評価できる場合は必ずしも全例に診断TEEは行わず, 術中TEEで詳細に観察する.

1. 僧帽弁セグメントの名称

Carpentierの名称では後尖のセグメントをP1, P2およびP3と称している¹⁾. P1は前交連部に隣接する部位, P2はmiddle scallop, P3は後交連に

隣接する部位である. 前尖は明瞭なセグメントには区別しにくい, 後尖のセグメントに隣接する部位より, A1, A2, およびA3と称する. TEEにおける前屈での左室短軸断面は僧帽弁の“魚の口”に似た像を呈し, A3とP3セグメントは画面の上方に, A1とP1は下方(前尖は左側)に位置する(図2A). 外科医から見た像では, A3とP3は右側に, A1とP1は左側(前尖は上)である(図2B). 外科医の像を示す簡単な方法はエコー像を見ながら左側に頭を傾けることで, 下方の左から右へP1, P2, P3が見え, 上方の左から右へA1, A2, A3が見える. 内科医や外科医による名称の共通した使用は混乱や誤診を避けるのに重要である⁴⁾. TTEの場合でも図2Cのごとく, 前尖, 後尖をそれぞれ3分割にし, 両交連を含めた8分割の僧帽弁マップが有用である.

2. TEEによるセグメントの評価

a. パイプレンTEEによる評価: TEEにより種々の断面で観察することも重要である. パイプレンによる基本的な観察法は, 横断面の場合, 探触子を最も深く挿入して得られる観察部位が後交連寄り(medial側)で, 最も浅い位置が前交連寄り(lateral側)の部位, その中間がmiddleと評価できる. 縦断面では探触子を最も時計方向に回転して得られる観察部位がmedial側, 最も半時計方向がlateral側でその中間がmiddleと概ね評価できる. 両断面での相違は大動脈弁がよりよく観察される方が, 横断面でlateral側, 縦断面でmedial側であり, 大動脈弁の観察が診断のポイントになる⁷⁾. このようにパイプレンでは自ら前後左右に操作しながら観察していくことが重要である(図2).

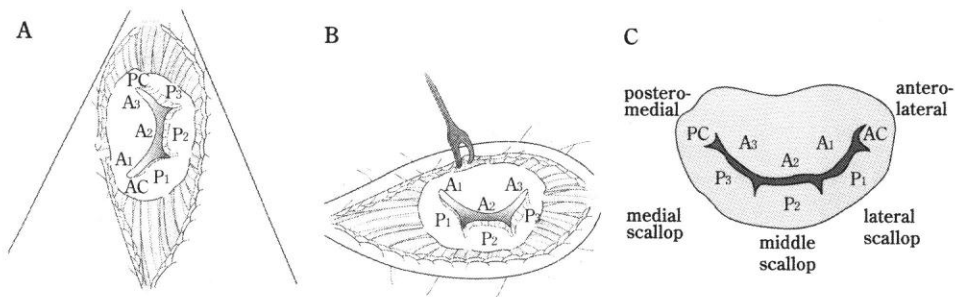


図2 僧帽弁の各セグメント

A: TEE短軸像もしくは“fish mouth”断面, B: 外科医の視野で, 患者の左側から左房を開いた状態. 心エコー断面はそれを90度反時計回りに回転して得られる(文献4より), C: TTE短軸像

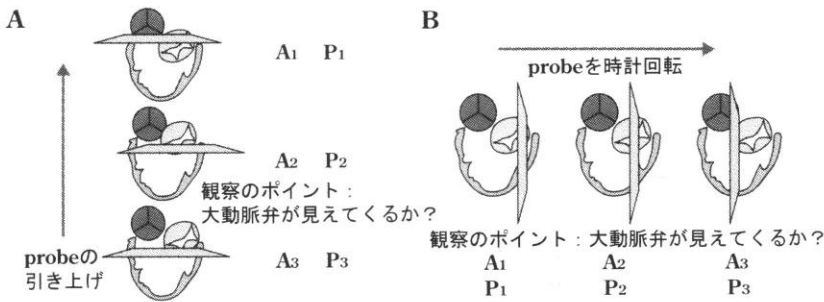


図3 バイプレーン TEE によるセグメント評価 (文献7より)
 A: 横断面 (transverse view), B: 縦断面 (longitudinal view)

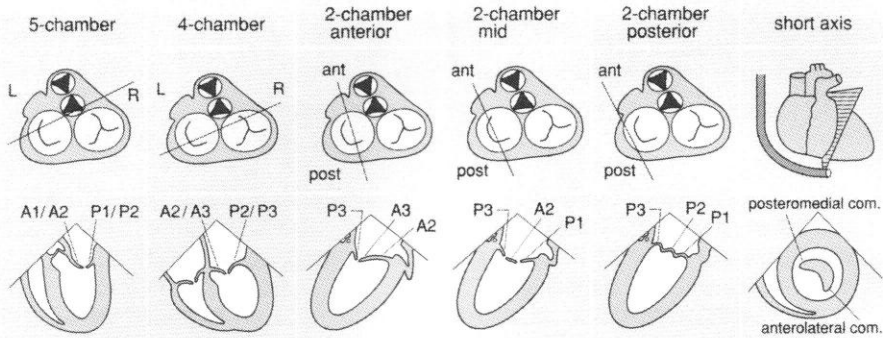


図4 マルチプレーン TEE によるセグメントの評価 (文献2より)
 上段は各断面を示し, 下段は得られるセグメントを示す。

b. マルチプレーン TEE による評価: 広範囲な弁逸脱や交連部を含む逸脱では, マルチプレーン TEE を 0~180 度ゆっくり回しながら断面を観察していくと, 各セグメントの相互位置関係をより詳細に観察することが出来る (図3). 交連部よりの逸脱では, 走査角 45~60 度のうち狭い範囲で両尖逸脱のごとく認められる (図4). 一方, 両尖逸脱では広い走査角の範囲で逸脱しているので両者は鑑別可能である.

c. 僧帽弁逆流の重症度評価: 我々は僧帽弁逆流の重症度評価としてカラードプラによる最大逆流面積から TTE および TEE とも 0~4cm² を軽度 (1 度), 4~8cm² を中等度 (2 度) とし, 8~12cm² を 3 度, 12cm² 以上を 4 度として 3 度以上を手術適応の目安としている.

d. 術式の選択: 僧帽弁マップを用いた部位診断により, 逸脱が明瞭であれば形成も容易と考えられ, 心エコー診断が術式選択の支えとなる. 後尖の部分的逸脱では主に弁尖切除縫合, 腱索短縮術などが行われ, 前尖逸脱に対してはおもに人工腱

索再建術, 後尖腱索移植術, 腱索短縮術などが行われる. また我々は弁輪拡大の強くない後尖逸脱症例では自己心膜 strip による後尖弁輪形成を行い, 前尖逸脱症例では人工リングによる total annular remodeling を行っており, リングの選択する上からも正確な逸脱部位評価が要求される. 広範囲な逸脱や交連部を含む逸脱では前述のような方法で, すべてびたりと手術所見と一致しない場合もある. 交連部逸脱の場合は切除縫合を行ったり, 交連部縫縮を加えたりする. かなり広範囲に見える後尖逸脱も, 縫い代も考慮し切除範囲を過度にとらなければ十分再縫合で対処できる. 両尖逸脱や片側でも広範囲逸脱あることや, 交連部を含むか否かで手術戦略が変わってくる.

B. リウマチ性僧帽弁逆流

リウマチ性僧帽弁疾患は弁尖および弁下組織が萎縮, 短縮, 肥厚するので正常の形態での十分な弁開放あるいは完全な閉鎖接合を求めることは困難である. しかしながら, 狭窄が軽度で閉鎖不全が強い症例では, この萎縮, 短縮, 肥厚が比較的

軽度なものがあり、形成術直後のMR制御が完全であれば形成術の遠隔成績は良好の場合もある。心エコー上これらの点に留意し、弁口面積 1.5cm^2 以上で、逆流ジェット面積が偏位しかつ3度以上、吸い込み血流などを評価して逆流口が限局的であれば、弁形成術も考慮するが、弁逸脱に比較すると慎重な適応検討を要する。弁の可動性、硬化の程度、逸脱部位の決定、腱索断裂を合併するかどうか、等を調べる。前尖の長さが 30mm 以上で柔軟で可動性がある弁に対しては、形成術の検討が必要である。弁口面積はトレース法に加えPHT法でも測定できるが、MS単独の場合より過大評価する場合もあり注意する。

C. 感染性心内膜炎の修復

後尖の感染巣あるいはvegetation付着部はResection-Suture法にて対処できる場合が多い。前尖の感染巣に対しては弁尖の温存を基本とし、vegetationも搔爬にて郭清する⁵⁾。感染が全層性に浸潤し表面の郭清では不十分で、且つResection-Suture法にて対応できなければ現在のところ形成は困難である。一見僧帽弁全体にvegetationが散在しているように見えても、丁寧な処理で形成が可能になることが多い。緊急手術になることもあるので、経時的に心エコー図での観察を行い、感染弁および周囲の状態をよく評価して、病態・病巣の変化をとらえる。心エコー図所見にて弁の破壊が少なく、弁逸脱が比較的限局している場合は、形成術を考慮する。

D. 術中TEEの評価

僧帽弁手術が施行され、体外循環が終了して、心臓が拍動し始めるとき僧帽弁逆流が残存していないかをTEEで確認するわけであるが、術中エコーの役割はそれだけではない。体外循環前からずでにみるべきポイントがある。

1. 体外循環前

緊急手術でない限り、僧帽弁逆流の特徴、重症度の診断は前述のごとくすでに術前心エコーとしてなされているわけであり、手術室ではそれをTEEで再確認することになる。逸脱部位の範囲や腱索断裂の有無に間違いはないか、増悪はしていないかなどを最終チェックするとともに左房内血栓など新たな所見が加わっていないか、心機能はどうか、大動脈に粥腫はないか、なども敏速に判

断しないとイケない。

2. 体外循環中

体外循環中は心臓の拍動が停止しているのでエコーもお休みというわけではない。TEEを使っておもに以下のようなチェックを行う。すなわち、送血管や脱血管に関連して発生するトラブルがないかを確認する。また心筋保護を適切に行うために大動脈弁逆流や左室拡大をチェックし、注入量の増量を検討する。そして心内遺残空気の状態を適切に把握し、吸引除去を行ったりして冠状動脈などへの空気塞栓を防ぐ。

3. 体外循環後

体外循環が終了したら手術の評価を行うとともに、体外循環に伴う合併症がないかチェックする。

E. 僧帽弁形成術後の評価

1. 術後の残存逆流—Second pump onの判断—

形成術において術中水試験による逆流が認められなくても、術中TEEを行うと逆流を認める場合があり、エコーによる残存逆流の評価は重要である。その場合、逆流ジェット面積により評価する。これまでも術中にパイプラインTEEによる評価で、一般に 2cm^2 以上逆流面積を認めると術後再発が多いとされてきた。術中は血圧も低くボリュームも少ない状態であり、術前評価での1度に相当する 4cm^2 以下というのは目標が甘いように思われる。我々が行った再手術例における術前の特徴は、逆流は4度で逸脱部位が比較的広範で何れも交連部を含んでいることである。しかしながら術中残存逆流はいずれも 2cm^2 以下である。病変の広がりや特徴、術式や弁輪の選択などが逆流再発に大きく関わることは言うまでもないが、術中は残存逆流を最小にとどめなければならない。まず 1cm^2 以下であれば言うことはないが、 1.5cm^2 未満であれば良好な制御効果があると考えられる。 1.5cm^2 以上 2cm^2 未満は終了しても病棟で経過を注意深く観察する必要があり、入院中に 4cm^2 以上あれば外来でも慎重なフォローアップとする。そして術中 2cm^2 以上の残存逆流面積があれば、術者と人工心肺再開を検討し、再形成術さらには弁置換術への変更も考慮する(表2)。

表2 術中 TEE における残存逆流面積の評価

1.5cm ² 以下	良好な逆流制御
1.5~2.0cm ²	ボーダーライン(慎重な経過観察)
2.0cm ² 以上	再手術を検討する

2. 収縮期前方運動 (SAM)

当初 Carpentier ring の合併症として収縮期前方運動 (SAM) が認められ、後尖の余剰部分が前尖を中隔側へ押し出すことが原因であると考えられた。そのためこの余剰部分を弁輪に沿って切除することにより SAM が予防できると判断され sliding technique が提唱されてきたが、Carpentier ring 非使用例でも SAM を認める場合がある。SAM や左室流出路閉塞の機序は多様で、主因は過剰な僧帽弁組織(粘液腫性病変の“floppy mitral valve”のような)である。前方に偏移した乳頭筋、拡張のない左室、狭い僧帽弁・大動脈角度、なども機序に関連する。M 弁形成術後の SAM の頻度は弁尖の接合点がより前方に位置する例で増加することが示されてきた。これは比較的大きな後尖で、前尖のより基部に接合が移動することで接合線が前方へ偏移し流出路で弁尖のゆるんだ部分の範囲が大きくなる。延長した前尖もまた左室流出路の閉塞に起因するゆるんだ弁尖部分の増大の原因となる。Maslow らは SAM/LVOTO に至る術前リスクを評価する最も有用な計測法を決定するために種々の形成前 TEE を評価した³⁾。前尖(AL)と後尖(PL)を用いて、AL/PL 比、接合点と中隔の距離(C-sept) (図5)を計測した。そして形成後 SAM/LVOTO の頻度は AL/PL 比 < 1 が AL/PL 比 > 3.0 よりも大きかった。また C-sept < 2.5cm の症例が C-sept > 3.0cm よりも SAM/LVOTO が出現しやすかった。

我々も Resection-Suture 法を用いた後尖逸脱症例で3例に SAM を経験している(表3)。傾向としては術前より中隔が肥厚し S 字状中隔であること(1例は SAM のない肥大型心筋症)、middle scallop であることなどであった。術前術後を通して、前尖と後尖の接合部が左室流出路へ偏位していないか注意深く観察する必要がある。また血行動態として過収縮であったり、左室のボリュームが十分でない可能性があるため術中 SAM が出現した場合は、カテコールアミンを減らし、血圧を過度に上げないようにしたり、輸液量を増やしたりする。それでも逆流がコントロールできない場合は、再

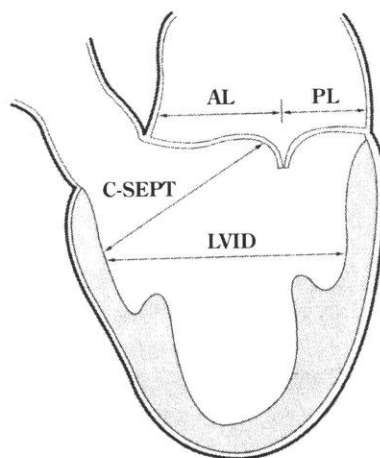


図5 収縮期前方運動のリスクを評価するために形成術前に用いられた経食道心エコーの測定法のシエマ(文献3より)。

AL: 前尖の長さ, PL: 後尖の長さ, C-SEPT: 接合点から心室中隔までの距離, LVID: 左室収縮期内径

表3 術中・術後に SAM を認めた3例(文献6より)

	逸脱部位	術中SAM	術中・術後経過
1. 70歳 女性	P2~P3	あり	MR 2~3度持続しMVRに変更
2. 70歳 女性	P2	あり	β遮断剤にてMR 1度へ
3. 75歳 女性	P2~P3	なし	6ヶ月SAM出現,利尿剤中止しβ遮断剤にてMR 1度へ

形成もしくは弁置換術に移行することを検討する。術中水試験では逆流を認めず、動的状態で逆流が出現する例や SAM を生じる例では、術中エコー評価が必須であり同時に適切な判断と処置が要求される。表3のように SAM の出現は術中に認めて術中に制御できる例、制御できず再ポンプして再修復もしくは弁置換に移行する例、術中 SAM を認めなくても慢性期に出現してくる例など多様であり、術後も注意深く観察していくことが肝要である。

3. 血腫や心タンポナーデ

心嚢や縦隔内で出血が起こると、血腫を形成して心タンポナーデを起こしたり、心外から圧迫したりする。経胸壁エコーで血腫の存在を見出すことは困難なことが多く術中 TEE にて心内、心嚢内だけでなく心臓外の低エコー領域の存在や心臓への圧迫がないかを確認することが重要である。

4. 大動脈弁の損傷

リング逢着の為の縫合が大動脈弁をひっかけて大動脈弁逆流を生じることがある。前交連部から前尖弁輪にかけての縫合では損傷しないような細心の注意が必要である。大動脈遮断解除後に大動脈弁逆流が新たに出現した場合にはリング逢着により惹起された可能性があり、速やかに ring を外してみる必要がある⁵⁾。僧帽弁逆流だけでなく大動脈弁にも目を向けなければならない。

5. 慢性期の評価

慢性期に残存逆流が 3 度(逆流最大面積 8cm^2)以上認める例を初期に 4 例認めたが、その特徴としてはいずれも前尖の逸脱を含み、比較的逸脱範囲が広いこと、リウマチ性や極型 Barlow、骨形成不全症など多彩な基礎疾患であることなどであった⁶⁾。いずれも自己心膜リングであったため、現在では前尖逸脱例には人工リングを用いており、比較的逆流は制御されている。このようによりよい治療方針のために心エコー法による評価は重要であるが、2 度以上で長期経過しても特に自覚症状なく経過する例もあり、再手術を検討する場合には残存逆流面積のみで判断すべきではない。

おわりに

非虚血性 MR に対する心エコーにおいて、経胸

壁ならびに経食道エコーを上手に駆使することは、内科診断治療のみならず僧帽弁手術の術前・術中・術後評価にも大きく関わってくる。本稿では臨床心エコー上、注意すべき点を解説した。

文 献

- 1) Carpentier A: Cardiac valve surgery: the "French Correction". J Thorac Cardiovasc Surg 1983; 86: 323-37.
- 2) Lambert AS, Miller JP, Merrick SH, et al: Improved evaluation of the location and mechanism of mitral valve regurgitation with a systemic Transesophageal echocardiography examination. Anesth Analg 1999; 88: 1205-12.
- 3) Maslow AD, Regan MM, Haering JM, et al: Echocardiographic predictors of left ventricular outflow tract obstruction and systolic anterior motion of the mitral valve after mitral valve reconstruction for myxomatous valve disease. J Am Coll Cardiol 1999; 34: 2096-104.
- 4) Perrino AC, Scott TR: A practical approach to transeophageal echocardiography 2003; 10: 159-76.
- 5) 江石清行: 僧帽弁形成術の現状と適応—根治性の高い僧帽弁形成術を行うために。心臓弁膜症の外科(第 2 版), 2003; p.292-311.
- 6) 山近史郎: 僧帽弁形成術前後の評価. Heart View 2004; 8(創刊号): 50-7.
- 7) 山近史郎: 術中・術直後エコーで何をみるか. 心エコー 2004; 5: 834-40.