

## 心エコー図検査の記録手順

### (Ⅱ) 弁膜疾患の撮り方

#### (3) 僧帽弁逆流 (MR: Mitral Regurgitation)

### (Ⅲ) 人工弁機能不全の撮り方

#### (1) 大動脈弁位 (prosthetic aortic valves)

#### (2) 僧帽弁位 (prosthetic mitral valves)

#### (3) 僧帽弁逆流 (MR: Mitral Regurgitation)

##### A. 概要

##### 1. 僧帽弁逆流の病因

##### 1) 僧帽弁逆流 (MR: Mitral Regurgitation)

##### 2) 一次性MR(primary MR) or 器質性MR(degenerative MR: DMR)

##### 3) 二次性MR(secondary MR) or 機能性MR(functional MR: FMR)

##### 2. 僧帽弁逆流(MR)の病態生理

##### 1) 一次性(器質性)MRの基本病態・血行動態

##### 2) 急性僧帽弁逆流と慢性僧帽弁逆流の特徴

##### 3) 二次性(機能性)MRの基本病態

##### 3. 一次性(器質性)MRの分類と形態評価

##### \* 僧帽弁複合体の変性 \*

##### 1) 僧帽弁逸脱 (MVP: mitral valve prolapse)

##### 2) 変性僧帽弁疾患の分類(Adams分類)

##### 3) MVPの定義

##### 4. 僧帽弁逆流の発生機序/機能分類

##### 1) 左房拡大, 弁輪拡大, 心房細動 (Carpentire type I)

##### 2) 感染性心内膜炎: 僧帽弁瘤 & 弁穿孔 (Carpentire type I)

##### 3) 孤立性僧帽弁クレフト (Carpentire type I)

##### 4) 僧帽弁逸脱 (FED): flail posterior leaflet (Carpentire type II)

##### 5) 僧帽弁逸脱 (Barlow病): billowing leaflet (Carpentire type II)

##### 6) 感染性心内膜炎: leaflet rupture/flail (Carpentire type II)

##### 7) 閉塞性肥大型心筋症/僧帽弁逆流 (Carpentire type II?)

##### 8) リウマチ性僧帽弁狭窄/閉鎖不全 (Carpentire type IIIa)

##### 9) 僧帽弁輪乾酪様石灰化 (Carpentire type IIIa)

##### 10) 虚血性MR -前壁中隔/下壁梗塞- (Carpentire type IIIb)

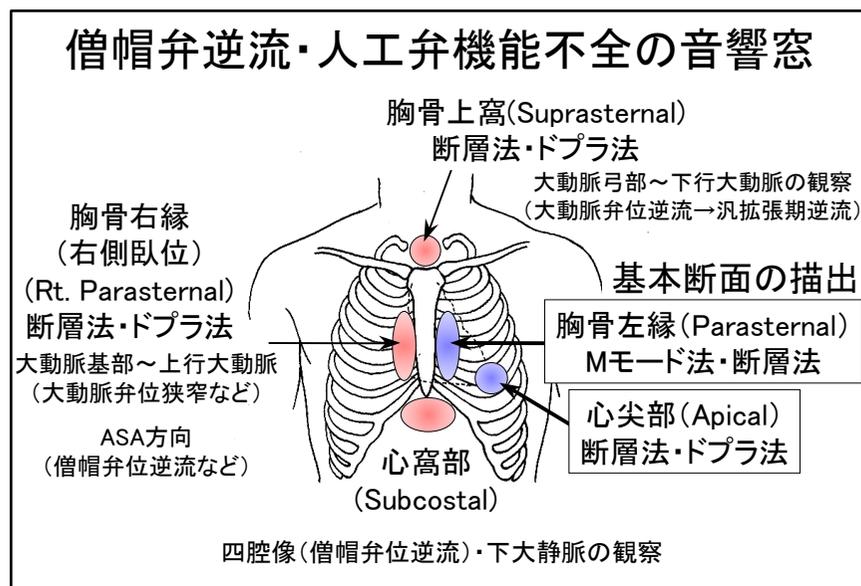
##### 11) 左房拡大, 弁輪拡大, 後尖テザリング (Carpentire type IIIb)

##### 5. 僧帽弁逆流の治療

##### 1) 僧帽弁逆流の治療指針

##### 2) 重症慢性一次性僧帽弁逆流の管理

##### 参考: 経皮的僧帽弁形成術: Mitra clip



3) 一次性僧帽弁逆流(MR)のstage分類	14
4) 二次性僧帽弁逆流(MR)のstage分類	15
5) MRIに対する手術適応と手術法の推奨(日本)	
6) 重症一次性MRに対する治療指針(欧州)	16
7) 重症二次性MRに対する治療指針(欧州)	
<b>B.心エコー図検査によるMRの評価法</b>	17
1.心エコー図検査で何が求められているか	
2. 僧帽弁逆流の測定項目	
3. 僧帽弁逆流の機能評価・重症基準	18
* 定性・半定量評価法 *	
1) 僧帽弁口血流速波形&肺静脈血流速波形	
2) 逆流ジェット到達距離による簡易評価法	19
3) 逆流ジェット面積と左房面積との比率による評価法	
<b>Skill-up: *カラードプラ法を用いたMRにおける重症度診断の問題点 *</b>	20
4) FC(PISA)の大きさによる評価法	20
5) 逆流弁口幅(VC)による評価法	
* 定量評価法 *	21
6) 逆流量・逆流率・逆流弁口面積による評価法	
A) Volumetric法による測定	
B) PISA法による測定*	22
<b>Skill-up: 器質性MRにおけるPISA法の撮り方</b>	23
4. 僧帽弁複合体の機能評価・計測	24
1) 弁輪径の計測	
2) 機能性MRにおける tethering-tenting の計測	
5. 慢性MRの重症度評価指標	
6. MR重症度評価の進め方	25
1) 重症度評価における心エコー図検査のながれ	
2) 慢性MRの重症度評価	26
7. 重症MR診断におけるリスク評価	
<b>Appendix: 心エコー図検査の計測基準値</b>	27
<b>参考文献</b>	

## (Ⅲ)人工弁機能不全の撮り方(大動脈弁位・僧帽弁位)

### A. 概要

1. 人工弁の歴史:機械弁・生体弁	28
2. 人工弁の種類:機械弁・生体弁	29
1)機械弁	
2)僧帽弁位機械弁	
3)生体弁(異種弁)	30
4)僧帽弁位生体弁	
3.人工弁の選択: 機械弁か生体弁か	31
4.生体弁の適応と選択: 弁膜疾患の非薬物治療に関するガイドライン	
5.代表的な人工弁の特徴	32
6.経カテーテル大動脈弁置換(TAVI or TAVR)	
7.人工弁の基礎知識	33
1)各種大動脈弁位人工弁サイズ別EOA基準値	
2)各種僧帽弁位人工弁サイズ別EOA基準値	34
3) Valve Size is not equal to EOA	

4)機械弁の生理的逆流	34
-------------	----

### B.心エコー図検査による人工弁の評価法

1.人工弁不全評価のチェックポイント	
2.ドプラ法による人工弁不全評価	
1)大動脈弁位人工弁不全評価項目	
2)大動脈弁位人工弁狭窄の重症度評価	36
① Peak Velocity/gradient	
② Acceleration time(AT)	
③ Doppler Velocity Index(DVI)	
<b>Skill-up: Double envelope法によるDVIの測定</b>	
④ 連続の式によるEOAの測定	37
⑤ 大動脈弁位人工弁狭窄の重症度評価指標	
⑥ 大動脈弁位人工弁狭窄重症度評価のながれ	38
3)大動脈弁位人工弁逆流の重症度評価	
① 生理的範囲内の人工弁逆流	
② 弁口逆流(transvalvular leakage)	
③ 弁周囲逆流(perivalvular leakage)	39
④ 大動脈弁位人工弁逆流の重症度評価指標	
<b>参考: 弁周囲逆流の円周方向範囲(%)</b>	40

4)僧帽弁位人工弁不全評価項目	40
5)僧帽弁位人工弁狭窄の重症度評価	41
① Peak early velocity	
② Mean gradient	
③ DVI : $VTI_{PrMV} / VTI_{LVo}$	
④ EOA	
⑤ Pressure half-time	
⑥ 僧帽弁位人工弁狭窄の重症度評価指標	
6)僧帽弁位人工弁逆流の重症度評価	42
① 生理的範囲内の人工弁逆流	
② 弁口逆流 (transvalvular leakage)	
③ 弁周囲逆流 (perivalvular leakage)	
④ 僧帽弁位人工弁逆流の重症度評価指標	
3.人工弁に関連した合併症と留意点	43
1)人工弁一患者不適合 (PPM:Prosthesis Patient Mismatch)	
2)弁座の動揺 (Rocking) : 裂開 (dehiscence) ・離脱 (detachment) など	
3)血栓・パンヌス・疣腫など : スタックバルブの原因	44
① 人工弁に付着した血栓・パンヌス	
② M弁位におけるスタックバルブは、パンヌスや血栓形成が主な原因	
③ A弁位ではパンヌス発生に留意	
④ M弁位血尖弁 (機械弁) によるスタックバルブ (狭窄)	45
⑤ A弁位機械弁のパンヌス増生による弁下狭窄	
⑥ パンヌス増生によるA弁位機械弁のスタックバルブ	
⑦ 疣腫 (IE) によるM弁位機械弁のスタックバルブ (弁逆流)	46
4)赤血球の破砕による溶血	
5)人工弁のアーチファクト	47
① 音響陰影・多重反射	
② 反射による人工弁のアーチファクト : 偽MR	
③ 偽MRIはパルスドブラ法で確認	48
④ 人工弁の周辺で見えるキラキラエコーとは ?	
4. 人工弁検査の進め方 - 心得 -	49
Appendix	50
人工弁のPressure recovery (圧回復現象)	
参考文献	

# 1 僧帽弁逆流 (MR: Mitral Regurgitation)

## A. 概要

### 1. 僧帽弁逆流の病因

#### 1) 僧帽弁逆流 (MR: Mitral Regurgitation)

僧帽弁、腱索、乳頭筋など僧帽弁複合体の何らかの障害により、収縮期に左室から左房に向かって血液が逆流する病態である。その結果、左室・左房の容量負荷により心拡大を来し、非代償期には心不全を呈する。逆流の原因として、一次性と二次性に分類される。

#### 2) 一次性MR (primary MR)

または 器質性MR (degenerative MR: DMR)

僧帽弁尖逸脱や腱索断裂など、器質的な異常に起因するMRのこと。

#### ① 僧帽弁逸脱 (MVP)

・FED: fibroelastic deficiency、粘液腫様変性 (Barlow 病) など

#### ② 退行性変性

・弁石灰化 (valvular calcification)  
・弁肥厚 (valvular thickening)

#### ③ 感染性変性

・感染性心内膜炎 (infective endocarditis: IE)  
・IEに伴う疣贅 (endocarditis vegetations)  
・IEに伴う弁穿孔 (perforations)  
・IEに伴う弁瘤 (aneurysm) など

#### ④ 炎症性変性

・リウマチ性 (rheumatic)  
・膠原病 (collagen vascular disease)、放射線 (radiation)、  
薬剤 (drugs) など

#### ⑤ 先天性

・弁裂隙 (cleft leaflet) : 前尖にクレフト  
・Parachute MV: 単一乳頭筋で僧帽弁狭窄を伴う

### 3) 二次性MR (secondary MR)

または 機能性MR (functional MR: FMR)

僧帽弁尖や腱索などに器質的な異常を認めないが左室拡大や機能不全、左房拡大などに起因するMRのこと。

#### ① 虚血性MR、非虚血性MRなど

・左室拡大に機能不全を伴う弁接合不全: 虚血性心筋症、拡張型心筋症など。→ Tethering - tenting による弁接合不全

#### ② 心房性MR (atrial MR)・・・心房細動 (AF) を合併

・左房拡大・弁輪拡大 → 前後尖の平坦化による弁接合不全  
 ・ or 左房拡大・弁輪拡大 → 前尖平坦化・後尖屈曲による hamstringing 現象 (後尖 tethering)

#### ③ 閉塞性肥大型心筋症のSAMによる弁接合不全

### 1) 一次性 (器質性) MR の基本病態・血行動態

#### ① 左室容量負荷増大

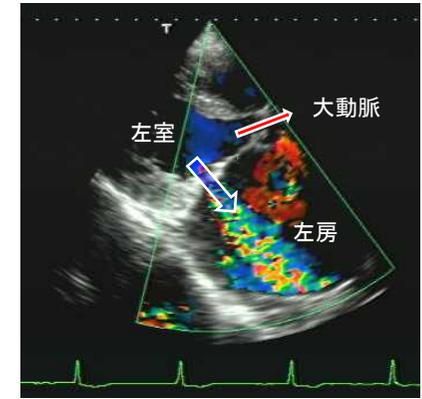
本来の左室流入血流量に逆流血流量が加わることで、左室容量負荷増大 (前負荷↑) を来し、左室壁運動の亢進がみられる。  
 (→ 壁運動が正常範囲であれば、実際にはむしろ低下している可能性が高い)  
 左室・左房は徐々に拡大する (慢性MR)。但し、急性MRでは左室・左房の拡大は認めない。

#### ② 左房圧の上昇

左房への急激な逆流血流量増大により、左房圧の上昇を招く。

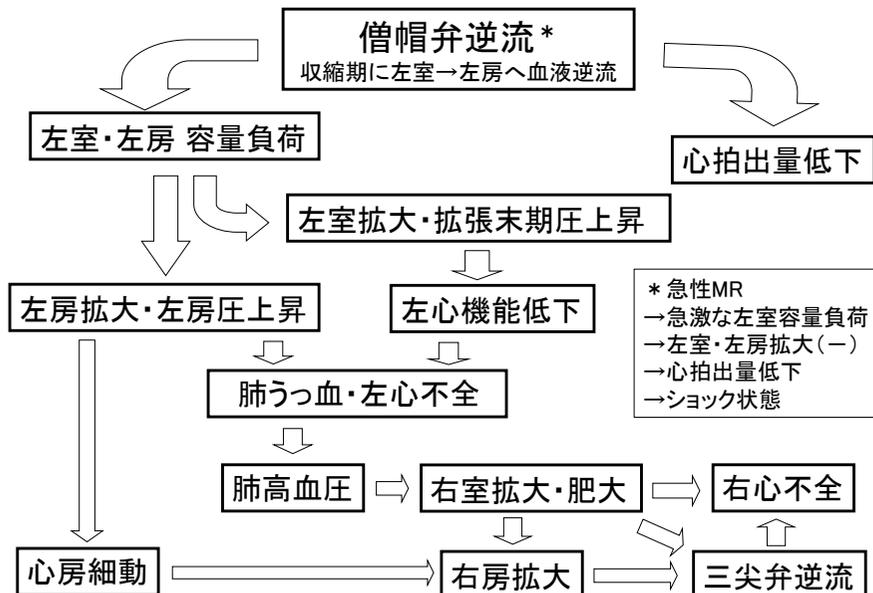
#### ③ 左室後負荷減少

低圧系の左房への逆流血流量の増大により、高圧系への駆出血流量が減り、心拍出量低下を来す。



胸骨左縁左室長軸像

## 2. 僧帽弁逆流 (MR) の病態生理



## 2) 急性僧帽弁逆流と慢性僧帽弁逆流の特徴

### 急性僧帽弁逆流 (acute MR)

- 急激な心拍出量減少により心原性ショックをきたし、肺うっ血が出現  
→ 急性左心不全
- 急激な容量負荷に対して左室・左房拡大などの代償機転が働かない。
- 急激な左室拡張末期圧の上昇、左房圧の上昇 (V波増高→連続波ドプラ逆流波形にカットオフサイン)
- 急性MRをきたす主な疾患  
→ 腱索断裂、感染性心内膜炎、急性心筋梗塞に伴う乳頭筋断裂、外傷性など。
- 速やかな外科的治療を必要とすることが多い。

### 慢性僧帽弁逆流 (chronic MR)

- 慢性的な左室容量負荷に対して代償機転が働き、左室は徐々に拡大する。
- 左室拡張末期圧は軽度上昇
- 無症状のまま長期経過
- 病態の進行と共に代償機転が破綻  
→ 肺うっ血、呼吸困難など  
→ 左心不全
- 慢性MRをきたす主な疾患  
→ 粘液腫様弁変性 (逸脱など)、虚血性・拡張型心筋症に伴う機能性MRなど。

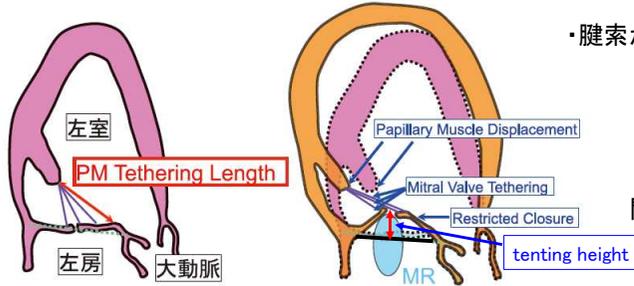
### 3) 二次性(機能性)MRの基本病態

- 壁運動異常、左室拡大、左室機能低下
- 弁輪変形・弁偏位により逆流が発生→程度は多彩
- Tethering - tenting による弁接合不全が原因<sup>1)</sup>

\* 正常形態 \*

\* Tethering - tenting \*

- ・左室変形・拡大による乳頭筋の偏位
- ・腱索が弁尖を乳頭筋方向へ異常に牽引



閉鎖時の位置が心尖方向に変位 → 弁接合不全

乳頭筋の外側への変位は乳頭筋先端と前僧帽弁輪間距離 (tethering length) により評価される

tethering length (正常値): 前乳頭筋: 33.2 ± 2.62mm  
後乳頭筋: 33.2 ± 2.4mm

1) Otsuji, Y et al : Circulation;96:1999-2008, 1997

### 3. 一次性(器質性)MRの分類と形態評価

\* 僧帽弁複合体の変性 \*

#### 1) 僧帽弁逸脱 (MVP: mitral valve prolapse)

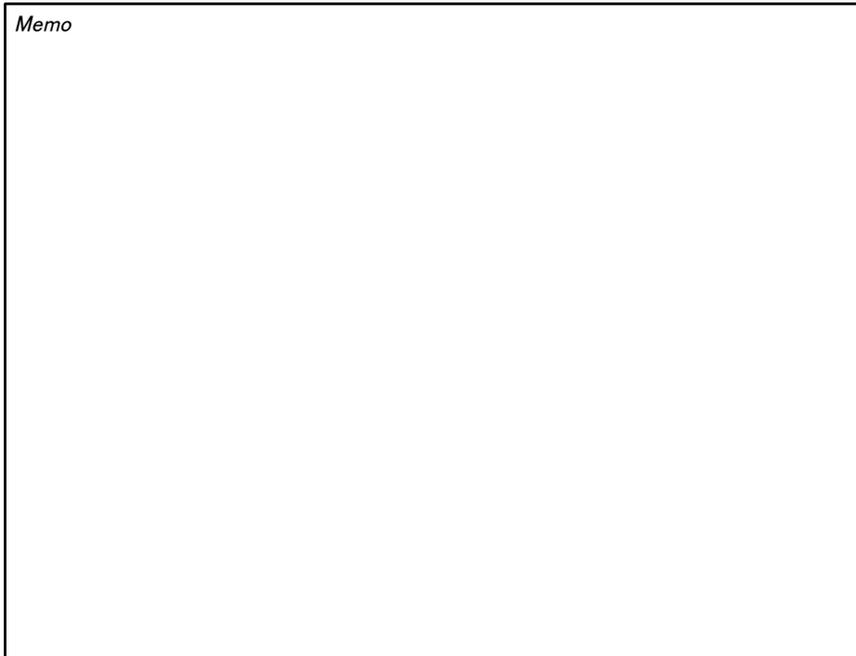
- ・FED (fibroelastic deficiency): 弁尖の結合織異常  
→ flail: 腱索断裂または延長による弁尖の逸脱
- ・myxomatous change: 弁尖の粘液腫様変性  
→ billowing: 腱索延長による両弁尖の弁輪線を越えた左房側への落ち込み

#### 2) 変性僧帽弁疾患の分類 (Adams分類)<sup>2)</sup>

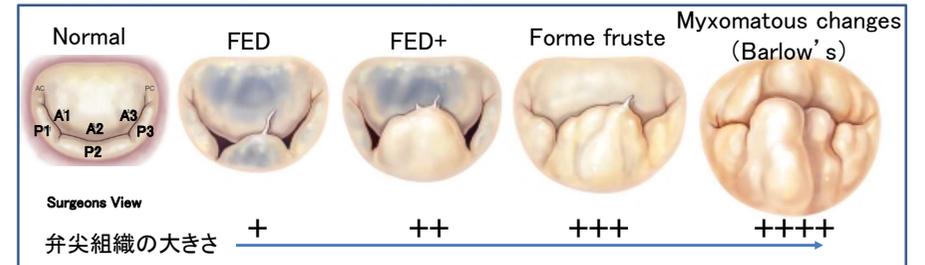
\* 弁尖組織の性状・大きさ(余剰組織の程度)から4つに分類 \*

- FEDとは病理学的に結合織のフィブリン異常で、弁性状は正常かやや薄く、弁変性は比較的少ない。
- 罹病期間が長く、より進行した場合: FED+ に分類
- 粘液腫様変性を認めるも、余剰組織の大きさからBarlow病と区別できる場合を Forme fruste に分類
- 余剰組織(粘液腫様変性)が顕著な場合には Barlow病 に分類

2) Adams DH et al : Eur Heart J, 31 : 1958-66, 2010 (引用改変)



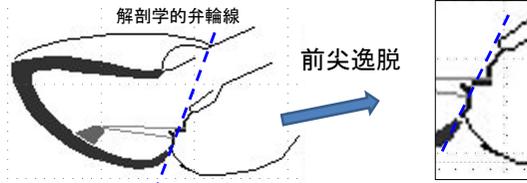
#### 弁変性のスペクトル (Adams分類)



分類	FED	Advanced FED	Forme fruste	Barlow's disease
病理	結合織のフィブリン異常		粘液腫様変性	
診断時年齢	>60歳	>60歳	さまざま	<60歳
MR歴	<5年	<5年	さまざま	>10年
弁尖組織	正常/半透明	肥厚++	肥厚+/+++	肥厚+++
前尖・後尖病変	+ / ++	+ / ++	++ / ++ ~ +++	+++
腱索	薄くて断裂	薄くて断裂	さまざま	肥厚して延長
弁輪拡大 (正常: 26~29mm)	<32mm	<32mm	32~36mm	>36mm
心エコー図上の特徴	・薄い弁尖で腱索断裂を伴う (flail) ・一分画に限局		・billowing ・一分画に限局	・billowing ・多分画に及ぶ

### 3) MVPの定義

➤ 弁尖逸脱 (**prolapse**) とは、収縮期に前尖または後尖(あるいは両弁尖とも)の先端が解剖学的弁輪線を越えて左房側に入り込み、弁尖接合部にズレが生じる現象をいう。



- 逸脱のうち、先端が対側の弁尖と接合せず、自由に動いて弁輪線を越える場合を **flail** (フレイル) という。→ 腱索断裂・延長が主因
- 両弁腹が左房側に反るようにバルーンングし、弁輪線を越えるが接合部が維持されている場合を **billowing** という。その中、弁接合部先端が左房側にあれば **billowing with prolapse** と判定。

→ 腱索延長が主因



### 4. 僧帽弁逆流の発生機序/機能分類<sup>3)</sup>

\* Carpentire の分類 \* 外科的術式の検討に利用される分類法

Type I 弁運動正常		Type II 弁過剰運動		Type III 弁可動制限	
Annular Dilatation	Perforation	Prolapse	Flail	a Thickening/Fusion	b LV/LA Dilatation

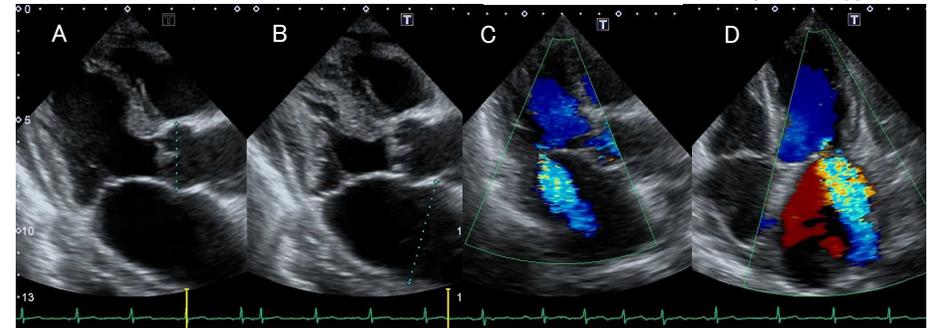
- 弁輪拡大 (心房性)
- 弁尖穿孔 (IE, 弁瘤)
- 弁尖裂隙 (先天性)
- 弁尖逸脱 (FED, 粘液腫様変性など)
- 腱索延長・断裂が主因
- IE, 外傷性など
- 僧帽弁SAM (分類不能?) など
- リウマチ性
- 膠原病性 など
- 弁輪石灰化 など
- 二次性MR (虚血性, 非虚血性)
- tethering が主因
- 心房性tetheringによる弁接合不全 (hamstringing現象)

3) Zoghbi, WA et al. J Am Soc Echocardiogr 30: 303-371, 2017 (引用改変)

### 1) 左房拡大, 弁輪拡大, 心房細動

(MR due to annular dilation and LA enlargement with AF)

(Carpentire type I)



LVDd: 45mm, LVDs: 26mm, FS: 42%, LAD: 47\*66\*49mm, LAVI: 91mL/m<sup>2</sup> 88y.f  
 弁輪径: 33mm, VC幅: 0.3cm, RF: 32%, RV: 19mL, MR: 2-3/4

(VC: vena contracta, RF: regurgitant fraction, RV: regurgitant volume)

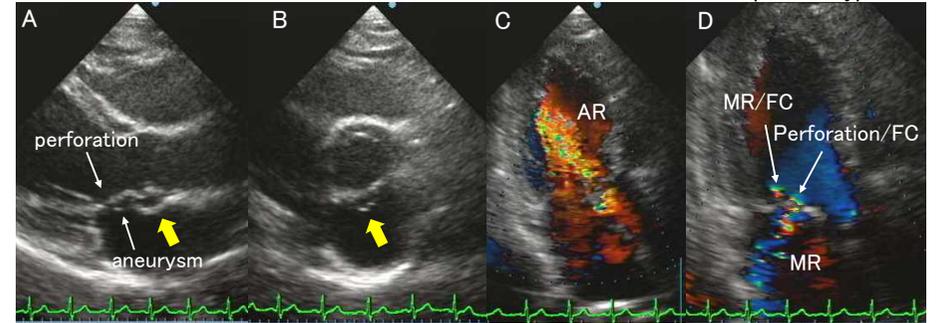
- 心房細動により左房径と左房容積の増大を認める (A, B).
- 左房拡大による僧帽弁輪径増大の結果、前後尖の平坦化により弁尖接合面が狭くなり (B)、同部から軽度～中等度のMRが認められる (C, D).
- 左室拡大や左室機能不全などを認めないことから心房性MRが考えられる。

### 2) 感染性心内膜炎 (Infective endocarditis)

僧帽弁瘤 & 弁穿孔 (mitral aneurysm & perforation)

大動脈二尖弁・AR・弁輪部膿瘍 (bicuspid AoV・ring abscess)

(Carpentire type I)



LVDd: 59mm, LVDs: 36mm, EF: 68%, MR: 3-4/4, AoV mPG: 11mmHg, AR: 2-3/4, TRPG: 35mmHg 55y.m

FC: flow convergence (吸い込み血流)

- 大動脈二尖弁にIE発症、大動脈弁輪部に膿瘍形成 (A, B: 矢印大).
- AR jetは偏心性で僧帽弁前尖を直撃し (C)、同部に弁瘤&弁穿孔を認める (A, D: 矢印)。また弁尖からのMRとは別に弁腹部に小さな欠損孔とFCが認められることから同部が穿孔部位であると同定できる (D: 矢印)。

(Ⅲ)人工弁機能不全の撮り方(大動脈弁位・僧帽弁位) 28

A. 概要

1. 人工弁の歴史<sup>1)</sup>

1) 機械弁

人工弁の分類とその変遷

開発の年代 人工弁の分類	60	63	64	65	66	69	71	77	83	86	90年代
Caged ball disc					色は材質を表す。黄: silcon (Starr弁, Smeloff弁, Kay弁)、 黄緑: polypropylene (Hammer-Smith弁, Alvarez弁)、 緑: teflon (SAM弁, Wada弁)、青: deline (Bjork弁)、紫: pyrolite carbone (1971年以降開発されたすべての弁)						
Mono-casp (Tilting)											
Bileaflet											

- ・1960年3月に世界最初のAVR施行、同年9月にMVRが施行される。
- ・1969年に傾斜ディスク弁誕生 (Bjork-Shiley弁)。
- ・1977年に二葉弁誕生 (St. Jude-Medical弁)。 1) 新井達太 et al. 心臓弁膜症の外科。2003; 第2版:564 (引用改変)

2) 生体弁

ブタ弁から牛心のう膜弁へ

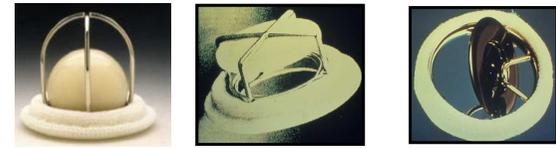
製品名	カーペンターエドワーズ 生体弁 (CEBP)	カーペンターエドワーズ スーパーアニュラー生体弁 (SAV)	カーペンターエドワーズ 牛心のう膜生体弁 (PERIMOUNT)
臨床使用	1976年～	1981年～	1981年～
弁尖の材質	ブタ大動脈弁	ブタ大動脈弁	牛心のう膜

- 1968年** A. Carpentier先生によりグルタルアルデヒドによる組織固定処理技術が確立。初代ブタ弁が開発 (モデル2611(A), 6611(M))。
- 1976年** CEBP モデル2625(A), 6625(M)が発売。ステントの改良、石灰化抑制処理などが追加。
- 1981年** 低圧固定処理が導入され、SAVモデル2650(A), 6650(M)が開発。  
\* ブタ弁と並行して、牛心のう膜にも着目、開発へ。
- 1981年** 今までの臨床経験と科学的アプローチによりPERIMOUNTが誕生、臨床使用開始。

29 2. 人工弁の種類

1) 機械弁 1960年～現在まで(2019年)

caged ball弁 caged disk弁 tilting disk弁(傾斜型)



Starr-Edwards Bjork-Shiley



disk型二葉弁 → 現在の主流弁



St. Jude Medical (SJM) 85° Carbo Medics 78° ATS 80°



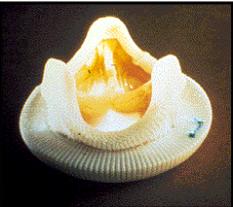
ON-X (開放角: 90°)



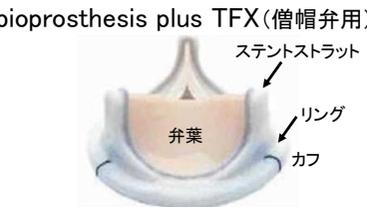
Sorin bicarbon (弁葉が湾曲: 中心流↑)

### 3) 生体弁(異種弁)

ブタ大動脈弁  
Hancock II



ウシ心膜弁→主流弁  
Carpentier-Edwards pericardial bioprosthesis plus TFX (僧帽弁用)



ブタ大動脈弁  
Mosaic弁



ステントレス ブタ大動脈弁  
Free style



Prima Plus

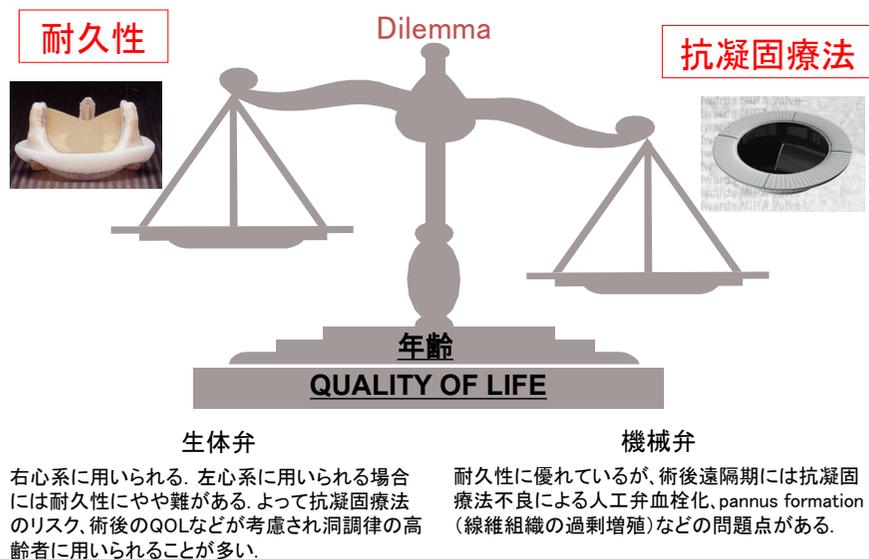


大動脈弁と肺動脈弁専用

その他:

- ・同種弁: allograft (ヒト屍体より無菌的に摘出、冷凍保存)
- ・自家組織弁: autograft (自己肺動脈弁を大動脈弁位に移植: Ross手術)

### 3. 人工弁の選択: 生体弁か機械弁か

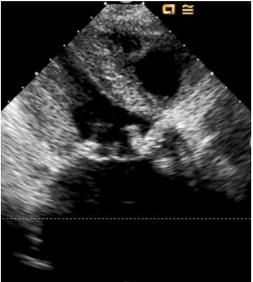
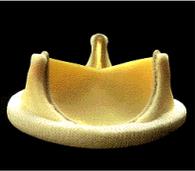


### 4) 僧帽弁位生体弁

Hancock II  
ブタ大動脈弁




Carpentier-Edwards pericardial  
ウシ心膜弁

Mosaic  
ブタ大動脈弁




### 4. 生体弁の適応と選択<sup>2)</sup>

弁膜疾患の非薬物治療に関するガイドライン

【生体弁による弁置換術の適応に関する推奨】

**クラス I :**

1. 易出血性疾患の合併症などによりワーファリン投与が不可能またはそれを拒否する患者
2. AVRを必要とする65歳以上の患者で血栓塞栓の危険因子を持たない場合

**クラス IIa :**

1. ワーファリン投与のコンプライアンスに問題があると思われる患者
2. 妊娠を希望する若い女性
3. 活動性の感染性心内膜炎でAVRを必要とする患者
4. TVRを必要とする患者

**クラス IIb :**

1. MVRを必要とする70歳以上の患者で血栓塞栓の危険因子を持たない場合
2. 血栓が形成された機械弁に対する再弁置換術
3. 成長が期待される患者における自己肺動脈弁によるAVR
4. 65歳未満であっても抗凝固療法のリスクと将来再手術が必要となるリスクについて詳細に話し合った結果、生体弁を選択した洞調律患者の場合

クラス I: 手技・治療が有用・有効であることについて証明されているか、あるいは見解が広く一致している。  
 クラス II: 手技・治療の有用性・有効性に関するデータ又は見解が一致していない場合がある。

IIa: データ・見解から有用・有効である可能性が高い。  
 IIb: データ・見解により有用性・有効性がそれほど確立されていない。

クラスIII: 手技・治療が有用でなく、ときには有害となる可能性が証明されているか、あるいは有害との見解が広く一致している。

# 5. 代表的な人工弁の特徴



生体弁



機械弁

(Carpentier-Edwards Pericardial Bioprosthesis Heart Valve)

(St. Jude Medical® Mechanical Heart Valve: SJM)

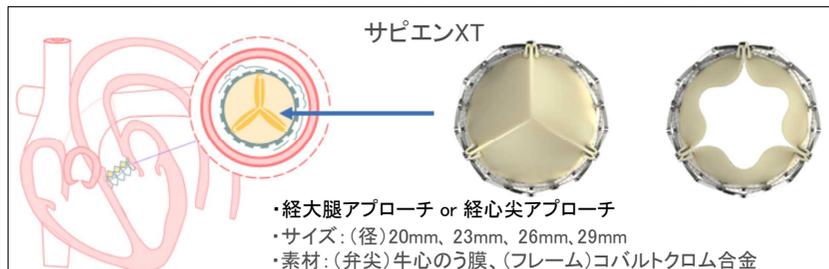
- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>① 中心流が得られる。</li> <li>② 溶血を起こしにくく、血栓弁になりにくい。</li> <li>③ 人工弁の音が聞こえない。</li> <li>④ 抗凝固療法が不要であるが、耐久性に難がある(7~15年)。</li> <li>⑤ 弁亀裂の可能性はある。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>① 中心流が得られ、有効弁口面積が大きい。</li> <li>② 弁葉の開放角が85度と大きい。</li> <li>③ 弁高が低く、狭い左室腔に挿入しやすく弁下組織の温存に有利</li> <li>④ Pyrolytic carbonを材質としているので耐久性に優れ、血栓も生じにくい。</li> </ul> |
|---|--|

# 6. 経カテーテル大動脈弁置換

(TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation  
or TAVR : Transcatheter Aortic valve replacement)

大動脈弁狭窄症に対するカテーテル治療であるTAVIは、2002年にフランスで初めて実施され、本邦でも2009年に臨床治験が開始されて以来、現在では多数の施設で実施されるようになり、外科的リスクの高い患者に対しての治療法として定着しつつある。

- |   |  |
|---|--|
| <p>TAVIの適応</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者(概ね80歳以上)</li> <li>・冠動脈バイパス手術の既往</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大動脈の高度石灰化</li> <li>・胸郭に対する外科手術既往</li> <li>・頸動脈狭窄、COPD、肝硬変の合併症</li> </ul> |
|---|--|



(Edwards Lifesciences 社)

# 7. 人工弁の基礎知識

- 1) 各種大動脈弁位人工弁サイズ別EOA基準値
- 2) 各種僧帽弁位人工弁サイズ別EOA基準値
- 3) Valve Size is not equal to EOA
- 4) 機械弁の生理的逆流



EOA: effective orifice area (有効弁口面積)

## 1) 各種大動脈弁位人工弁サイズ別EOA基準値<sup>3)</sup>

Normal reference values of effective orifice areas for the prosthetic aortic valves

Prosthetic valve size (mm)	19	21	23	25	27	29
Stented bioprosthetic valves						
Mosaic	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.4
Hancock II	-	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.2	1.6 ± 0.2
Carpentier-Edwards Perimount	1.1 ± 0.3	1.3 ± 0.4	1.5 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.1 ± 0.4	2.2 ± 0.4
Carpentier-Edwards Magna	1.3 ± 0.3	1.5 ± 0.3	1.8 ± 0.4	2.1 ± 0.5	-	-
Biocor (Epic)	1.0 ± 0.3	1.3 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.9 ± 0.7	-	-
Mitroflow	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.6 ± 0.3	1.8 ± 0.3	-
Triecta	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
Stentless bioprosthetic valves						
Medtronic Freestyle	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.3	2.0 ± 0.4	2.3 ± 0.5	-
St Jude Medical Toronto SPV	-	1.3 ± 0.3	1.5 ± 0.5	1.7 ± 0.8	2.1 ± 0.7	2.7 ± 1.0
Prima Edwards	-	1.3 ± 0.3	1.6 ± 0.3	1.9 ± 0.4	-	-
Mechanical valves						
Medtronic-Hall	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.2	-	-	-	-
St Jude Medical Standard	1.0 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.5	2.1 ± 0.4	2.7 ± 0.6	3.2 ± 0.3
St Jude Medical Regent	1.6 ± 0.4	2.0 ± 0.7	2.2 ± 0.9	2.5 ± 0.9	3.6 ± 1.3	4.4 ± 0.6
MCRI On-X	1.5 ± 0.2	1.7 ± 0.4	2.0 ± 0.6	2.4 ± 0.8	3.2 ± 0.6	3.2 ± 0.6
Carbomedics Standard and Top Hat	1.0 ± 0.4	1.5 ± 0.3	1.7 ± 0.3	2.0 ± 0.4	2.5 ± 0.4	2.6 ± 0.4
ATS Medical <sup>®</sup>	1.1 ± 0.3	1.6 ± 0.4	1.8 ± 0.5	1.9 ± 0.3	2.3 ± 0.8	-

Effective orifice area is expressed as mean values available in the literature. Further studies are needed to validate these reference values.  
\*For the ATS medical valve, the label valve sizes are 18, 20, 22, 24, and 26 mm. High velocities are common in size 19 or 21 prostheses. Adapted with permission from Ref. 7.

## 2) 各種僧帽弁位人工弁サイズ別EOA基準値<sup>3)</sup> 34

Normal reference values of effective orifice areas for the prosthetic mitral valves

Prosthetic valve size (mm)	25	27	29	31	33
Stented bioprosthetic valves					
Medtronic Mosaic	1.5 ± 0.4	1.7 ± 0.5	1.9 ± 0.5	1.9 ± 0.5	-
Hancock II	1.5 ± 0.4	1.8 ± 0.5	1.9 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.6 ± 0.7
Carpentier-Edwards Perimount	1.6 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.1 ± 0.5	-	-
Mechanical valves					
St Jude Medical Standard	1.5 ± 0.3	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.5	2.0 ± 0.5
MCRI On-X <sup>a</sup>	2.2 ± 0.9	2.2 ± 0.9	2.2 ± 0.9	2.2 ± 0.9	2.2 ± 0.9

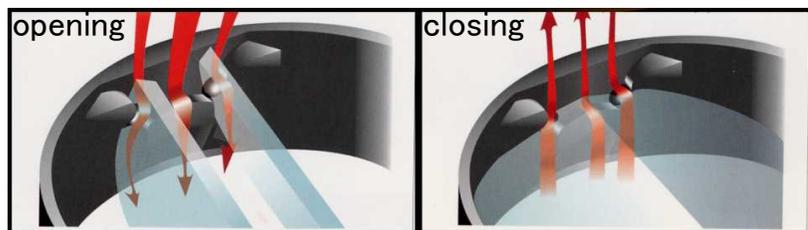
Effective orifice area is expressed as mean values available in the literature. Further studies are needed to validate these reference values.

<sup>a</sup>The On-X valve has just 1 size for 27 to 29 and 31 to 33 mm prostheses. In addition, the strut and leaflets are identical for all sizes (25 to 33 mm); only the size of the sewing cuff is different. Adapted with permission from Ref. 7.

## 3) Valve Size is not equal to EOA



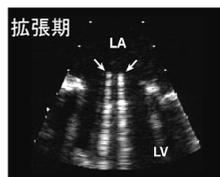
## 4) 機械弁の生理的逆流<sup>4)</sup>



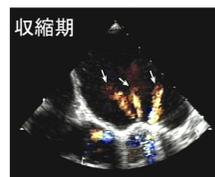
血栓形成を予防するための洗浄ジェット



St.Jude Medical Mechanical Heart Valve (SJM)  
(水槽実験)



弁葉の開放(矢印)  
経食道心エコー法



閉鎖時にヒンジ部から  
少量の生理的逆流(矢印)

4) ASE guidelines 2009

35

## B. 心エコー図検査による人工弁の評価法

### 1. 人工弁不全評価のチェックポイント

- 手術時期と人工弁の種類
- 弁尖の変性(生体弁)\*
- 弁葉の可動性(occluder機構を含む)\*
- 弁座の異常運動: 動揺、脱落など\*
- 人工弁通過血流速度
- 人工弁逆流: 生理的、異常弁口逆流・周囲逆流の判別\*
- 異常エコーの有無: 疣贅、石灰化、パンヌス、血栓など\*
- 過去検査との比較、合併症の有無など
- その他

\* 異常が疑われる場合のTEE必須項目

## 2. ドプラ法による人工弁不全評価

### 1) 大動脈弁位人工弁不全評価項目

\* 人工弁機能 \*

- ① Peak Velocity (m/s): 弁口通過最大速度
- ② Mean Gradient (mmHg): 弁口平均圧較差
- ③ Acceleration time (msec): 最大速度に達するまでの加速時間
- ④ Doppler Velocity Index (DVI): LVOTと弁口との速度(VTI) 比
- ⑤ Effective Orifice Area (EOA): 有効弁口面積(連続の式)
- ⑥ 存在・局在・逆流重症度評価など

\* その他 \*

- ① LV size & function: 左室の大きさ、左室機能
- ② LV hypertrophy: 左室肥大の有無・程度
- ③ PHの有無・程度など