

人工弁の種類と特徴

—機械弁(金属弁)、生体弁、血栓、ワーファリン、選択、適応、などについて—

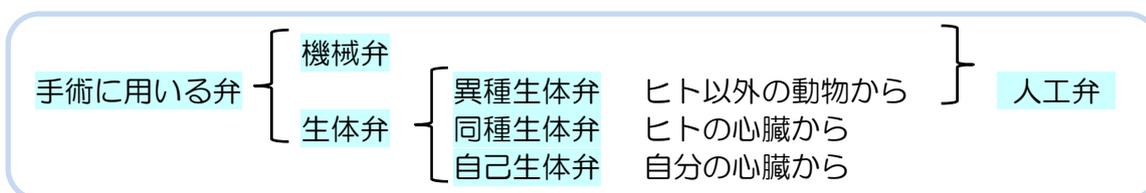
心臓の弁膜症では、壊れた弁を新しい弁に取り換える人工弁置換術が一般に行われています。人工弁にはいろいろな種類があり、手術をお受けになる患者さんによって推奨されるものがあります。ここでは、心臓に用いる人工弁の種類や特徴、また、人工弁の選択についてお話ししましょう。

目次

- 1, 人工弁の種類と特徴
- 2, 人工弁手術とワーファリン
 - 1) 人工弁とワーファリン
 - 2) ワーファリン服用で注意すべきこと
- 3, 機械弁について
 - 1) 機械弁について
 - 2) 機械弁の種類
- 4, 生体弁について
 - 1) 生体弁とは？
 - 2) ステント付き生体弁
 - 3) ステントレス生体弁
- 5, 機械弁と生体弁の違いと選択

1. 人工弁の種類と特徴

手術に用いる心臓の人工弁には、金属でできた**機械弁**（金属弁）と、動物の心臓からできた**生体弁**があります。生体弁には、ヒト以外の動物の心臓（ブタまたはウシ）からできた**異種生体弁**、ヒトの体からとった**同種生体弁**、自分の心臓からとった**自己生体弁**の3種類があります。この中で、人工弁と言えば、市販されている**機械弁**と**異種生体弁**のことをさします。また、一般に生体弁とは、**異種生体弁**のことです。



同種生体弁はお亡くなりになった方の心臓から取り出したヒトの心臓の弁です。自己生体弁とは、自分の心臓の弁を異なる弁の場所に移す特殊な手術の際に用いる言葉です。

2. 人工弁手術とワーファリン

1) 人工弁とワーファリン

血液は異物に触れると血の塊（血栓）を作りやすい性質を持っています。人工弁の手術では心臓の中に人工弁という異物を縫い付けるので、血液が異物に直接触れることとなりますから、この血栓に注意が必要となります。血栓は人工弁の動きを妨げたり、血液の流れに乗って、頭に飛んで、脳梗塞を起こしたりするからです。血栓を予防するため、手術の後に、血液をさらさらにする薬（ワーファリン）を服用する必要があります。

生体弁は機械弁に比べて、血栓ができにくく、人工弁の縫いしろの布の部分が心臓の組織に覆われてしまえばワーファリンは必要ないものと考えられています。逆に、心房細動という不整脈がある方は心臓の中に血液のよどみや乱れが生じやすく、また心臓が原因で血栓を起こした方も、血栓ができやすいと考えられています。したがって、次のような場合に、人工弁置換術後に、ワーファリンの服用が必要となります。

ワーファリンの服用が必要となる場合

- 機械弁で人工弁置換術を行った場合（生涯にわたって）
- 生体弁で人工弁置換術を行った場合（術後3か月）
- 心房細動がある場合
- 心臓病が原因で血栓症を起こしたことがある場合

2) ワーファリン服用で注意すべきこと

ワーファリンは血栓の予防のために大切なお薬ですが、服用にあたって、いくつか注意が必要です。

■ 食べ物やお薬でワーファリンに影響するものがあります

ワーファリンは食事でビタミンKを多くとると効果が弱まります。このためビタミンKを多く含む食べ物の摂取を控える必要があります。ビタミンKを多く含む食品には、納豆、クロレラ、青汁などがあります。

■ ワーファリンの検査

ワーファリンを服用されておられる方は、薬剤効果の判定のため、1～2か月に一度、血液検査（プロトロンビン時間という検査です）を行う必要があります。

■ 出血やけがに注意

ワーファリンを服用すると血が出やすく止まりにくくなります。鼻血、血尿、血便などを起こすと、なかなか血が止まらなくなることがあります。けが、痔、胃潰瘍、脳出血などにも注意が必要です。手術や胃・大腸内視鏡検査を予定する場合、あらかじめワーファリンの調節が必要になることがあります。

ワーファリンについては、別掲“ワーファリンとは？”で詳しく解説しています。

3. 機械弁について

1) 機械弁について

初めて機械弁が使われるようになったのは1961年です。金属疲労で人工弁が壊れたり、血栓や心臓組織の張り出しで弁が動かなくなったり、人工弁の固いところに血液がぶつかって血液成分が壊れたりといった問題があり、さまざまな人工弁が開発されてきました。現在使用されている機械弁は、血栓症とワーファリン服用の問題は残るものの、耐久性に関しては、何年持つのかわからないほど優秀な人工弁になっています。



機械弁は、ステンレス合金に炭素繊維（カーボン）がコーティングされた素材でできています。人工弁リングと言われる金属の輪の内側に、半円の形をした板（人工弁の弁葉といいます）が2枚向かい合っています。2枚の弁葉の両端は人工弁リングの内側と蝶つがい（ヒンジといいます）を形成し、ここを軸（ピボット）にして人工弁葉が開いたり閉じたりするようになっています。血液は主に2枚の弁葉の外側を流れます。リングの外側には心臓に縫い付けるための布（カフといいます）がついています。手術では、悪くなった心臓の弁を切り取り、残った心臓の弁の枠（弁輪といいます）に、このカフを縫い付けることで、新しい人工弁に取換えます。

2) 機械弁の種類

現在、国内で市販されている機械弁は、すべて上記のような2枚の弁葉からなる2葉人工弁ですが、メーカーによって、少しずつ異なる工夫がされています。国内で流通している機械弁の種類と特徴について比較してみましょう。

製造販売（国）	人工弁	特徴
St. Jude Medical 社 (USA) SJM 弁	<ul style="list-style-type: none"> • SJM 弁は 30 年以上にわたり、200 万個以上の植え込み件数を持つ。 • グラファイト素材にカーボンコーティングを施した素材でできている。 • 人工弁リングの突出したピボットガードが形の特徴である。 	
	Masters 	<ul style="list-style-type: none"> • 現在使用される 2 葉の人工弁で最も古い歴史を持つ。
	HP (Hemodynamic Plus) 	<ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • Masters より広い弁口面積を持つ。
	Regent 	<ul style="list-style-type: none"> • より大きな弁口面積を目指した人工弁で、狭小大動脈弁輪を伴った大動脈弁狭窄症に用いられる。
Medtronic, ATS Medical 社 (USA) ATS 弁	<ul style="list-style-type: none"> • 人工弁弁葉を支える人工弁リングのヒンジの凹みを逆に凸にすることでヒンジ部での血液成分滞留や血栓形成を抑制することを目指す。 • 開閉音が静かである。 	
	大動脈弁用 Standard 	<ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。
	僧帽弁用 Standard 	<ul style="list-style-type: none"> • 僧帽弁、三尖弁用。
	AP360 	<ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • リングがカーボン素材のみから成り、従来よりリングの厚みを減少。 • AP に比して、カフ形状がフランジ状となり、フィッティングを改善する。
AP 	<ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • カフの厚みが少なく、狭小大動脈弁にも適する。 	

Sorin 社 (イタリア) Carbomedics 弁	<ul style="list-style-type: none"> ・カフにカーボンを施し、心臓組織の弁への張り出し予防を期待する。 ・人工弁リングがカーボンのみから成り耐久性・生体適合性を期待する。 	
	Rシリーズ 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用。 ・リング、カフを薄くした設計で、広い弁口面積を確保する。
	Top Hat 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用。狭小大動脈弁用。 ・カフが帽子のツバのような形をしている。 ・大動脈弁の弁輪の上に乗せるように人工弁を縫い付けるのに都合が良い。
	Small Adult 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用。 ・小児や狭小大動脈弁輪を持つ成人用。 ・弁輪の内側に縫合する設計。 ・16 mmのみ。
	僧帽弁用 Standard 	<ul style="list-style-type: none"> ・僧帽弁、三尖弁用。 ・カフのボリュームがあり、フィッティングを良くする設計。
Optiform 	<ul style="list-style-type: none"> ・僧帽弁、三尖弁用。 ・カフを軟らかく設計し、複雑な形状、固い弁輪にもフィッティングを良くしている。 	
Sorin 社 (イタリア) Bicarbon 弁	<ul style="list-style-type: none"> ・2枚の人工弁弁葉が湾曲した形状を有することで、中心流が増え、血流抵抗が減少し、乱流予防を期待する設計になっている。 ・カフにカーボンを施し、心臓組織の弁への張り出し予防を期待する。 	
	フィットライン大動脈弁 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用。
	フィットライン僧帽弁 	<ul style="list-style-type: none"> ・僧帽弁、三尖弁用。

	<p>スリムライン大動脈弁</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・狭小大動脈弁用. ・カフを薄くした設計で, 広い弁口面積を確保する.
<p>On-X Life Technologies 社 (USA)</p> <p>On-X</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・他の機械弁に比し, 弁高 (弁の厚み) がある. ・弁葉の開放角が広い (最大 90°). ・ピボットの可動性が良い. ・リングに高さの厚みがあり, 血液の乱流の低減, 心臓組織の弁の内側への張り出し予防を目指す. 	
	<p>大動脈弁用</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用.
	<p>僧帽弁用</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・僧帽弁, 三尖弁用. ・カフのボリュームがあり, フィットティングを良くする設計.
<p>CardiaMed 社 (オランダ)</p> <p>Jyros 弁</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・人工弁弁葉がカーボンのみから成り, 耐久性・生体適合性を期待する. ・血液の流れ方に合わせて, 弁葉の軸の向き, ピボットの位置が自在に変わる. ・ヒンジがバタフライ型構造をしており, 片方の弁葉が閉じると, もう一方の弁葉も閉じるようになっている. ・人工弁が開いた時, 弁葉の間, 弁葉の外側 2 か所の計 3 か所の血流が 1/3 ずつになり, 中心流が従来の人工弁より増えることで, 乱流の予防を期待する. ・開閉音が静かである. 	
	<p>大動脈弁用</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・大動脈弁用.

僧帽弁用

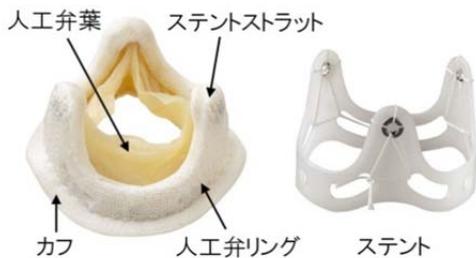


- 僧帽弁，三尖弁用。
- カフのポリリュームがあり，フィッティングを良くする設計。

4. 生体弁について

1) 生体弁とは？

生体弁は，ブタの大動脈弁やウシの心膜（心臓を覆う膜）から作られた人工弁です。機械弁に比べて，血栓ができにくい，ワーファリン服用に伴う出血の心配がないといった利点があります。欠点としては，耐久性が機械弁に劣ることがあげられ，弁葉の一部が壊れたり，カルシウムが沈着して固くなったりといった変化が経年的に生じます。このため，組織の固定処理や抗石灰化処理を施して耐久性を高める工夫が加えられています。耐用年数は10～15年ぐらいとされており，若い人ほど，持ちが悪い傾向があります。



生体弁はその構造から，ステント付き生体弁（左図）とステントなし生体弁（ステントレス生体弁と言います）に分けられます。ステントとは人工弁の骨格で，ステント付き生体弁は，この骨格の中にブタやウシの心臓の組織を縫いこんで作られています。一方，ステントレス生体弁にはステントはなく，動物から取り出した心臓の弁がほぼそのままの形で用いられています。ステント付き，ステントレスとも，生体弁の弁葉は3枚で，この3枚の弁葉の内側を血液が流れることとなります。

2) ステント付き生体弁

ステント付き生体弁は，ステントがあるので，ステントレス生体弁と比べて，弁がゆがみにくいのと，カフが人工弁リングの外側にあるので，心臓の弁に縫い付けやすいのが利点です。一方，人工弁リングとカフの幅があるため，機械弁やステントレス生体弁と比べると，血液が流れる面積（弁口面積と言います）が小さいのが不利な点です。もともと小さな大動脈弁では，小さな人工弁を使わざるを得ませんから，人工弁置換手術を行った後に血液の通り道が小さくて，狭窄が残ってしまう可能性があります。また，高さがあるため，ステント付き生体弁は狭い空間には入れづらいという問題があります。

ステント付き生体弁もメーカーによって次のような異なる種類のものが市販されています。

メーカー（国）	人工弁	特徴
Edwards Lifescience 社（USA）	弁	• ウシの心膜から作られている。
Carpentier-Edwards		• 低圧で組織の固定処理（グルタルアルデヒド）が施される。
		• ThermaFix 処理という抗石灰化処理が施される。
		• ステントが金属（コバルトクロムニッケル合金）からなる。

	<ul style="list-style-type: none"> • 世界で最も用いられている生体弁のシリーズである。 • 20年の遠隔成績を持つ。
<p>Pericardial bioprosthesis plus TFX</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • 僧帽弁用。
<p>Magna-Ease Mitral</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • 僧帽弁用。 • 僧帽弁輪へのフィッティングが良くなるよう、カフに厚みを持たせ、カフ内部のシリコンリングが鞍状にトリミングされる。
<p>Magna-Ease TFX</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • 有効弁口面積が活かされるような設計になっている。 • 弁高（弁の厚み）が低い点で、取扱いやすい。
<p>Medtronic 社 (USA) Mosaic 弁</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ブタ大動脈弁から作られている。 • 無圧で組織の固定処理（グルタルアルデヒド）が施される。 • AOA（αアミノオレイン酸）処理という抗石灰化処理が施される。 • ステントがポリアセタール樹脂という柔軟性のあるプラスチックでできており、縫合時にステント先端を中心に寄せることで縫合糸を結びやすい。 • 人工弁に保護用の蓋（ホルダー）がついており、移植時に、人工弁の弁葉の損傷を予防する。
<p>Mosaic Cinch</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • カフが薄く、大動脈弁への移植に適する形状をしている。
<p>Mosaic Ultra</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。 • カフの幅が Cinch より狭く、小さい弁輪に適応する。

	<p>Mosaic 僧帽弁用</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 僧帽弁，三尖弁用。 • カフが大動脈弁用より厚く，弁輪へのフィッティングが良い。
<p>SJM 社(USA) Epic 弁</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ブタ大動脈弁から作られている。 • 低圧で組織の固定処理（グルタルアルデヒド）を施してある。 • LinxAC 技術による抗石灰化処理（エタノール）が施される。 • ステントが柔軟性のあるポリマーからなる。 • 弁高（弁の厚み）が低い点で，取扱いやすい。 • 人工弁に保護用の蓋（ホルダー）がついており，移植時に，人工弁の弁葉の損傷を予防する。 	<p>Aortic Standard</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。
	<p>Aortic Supra</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 狭小大動脈弁用。カフの幅が狭く，Standard より広い弁口面積が得られる。
	<p>Mitral</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 僧帽弁，三尖弁用。カフにボリュームがあり，縫いやすく，弁輪とのフィッティングが良い。
<p>Trifecta 弁</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 枚のウシ心膜を筒状にステントの外側に巻きつけたデザインで弁口面積が広い。 • 各弁葉同士の縫合がなく，弁葉断裂のリスク軽減する。 • 低圧で組織の固定処理（グルタルアルデヒド）を施してある。 • LinxAC 技術による抗石灰化処理（エタノール）が施される。 • ステントが耐久性のあるチタンからなる。 • 人工弁に保護用の蓋（ホルダー）がついており，移植時に，人工弁の弁葉の損傷を予防する。 	<p>大動脈弁用</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 大動脈弁用。

3) ステントレス生体弁

ブタの大動脈弁を、大動脈とともに、ほぼそのままの形で取ってきた人工弁で、ステントのない生体弁です。ステント付き生体弁と同様、組織固定処理と抗石灰化処理を施して耐久性を高めています。術後にワーファリン服用の必要がありません。ステント付き生体弁のような、ステントや外側に飛び出た大きなカフがないため、血液の流れる弁口面積は広いのですが、縫い代が狭いため、縫合に技術が必要です。ステントレス生体弁はその形から、置き換えることのできる部位が大動脈弁と肺動脈弁に限られており、僧帽弁と三尖弁には用いることができません。

メーカー（国）	人工弁	特徴
Medtronic 社（USA） Freestyle 弁		<ul style="list-style-type: none"> ・ブタ大動脈弁から作られている。 ・組織固定処理（グルタルアルデヒド）に AOA（αアミノオレイン酸）処理という抗石灰化処理が施される。
Edwards Lifescience 社（USA） Prima Plus 弁		<ul style="list-style-type: none"> ・ブタ大動脈弁から作られている。 ・組織固定処理（グルタルアルデヒド）が施される。 ・Xenologix 処理という抗石灰化処理が施されている。

5. 機械弁と生体弁の違いと選択

人工弁置換術を行う場合には、機械弁と生体弁のどちらを用いるか選択する必要がありますが、ここで2種類の人工弁の特徴、長所、短所と、手術の際に選ぶポイントを簡単に見てみましょう。

	長所	短所	選択
機械弁	<ul style="list-style-type: none"> ・丈夫で長持ち 	<ul style="list-style-type: none"> ・血栓の可能性 ・ワーファリンが必要 ・出血の心配 ・開閉音 	<ul style="list-style-type: none"> ・小児・若年者 ・人工弁の劣化を望まない方 ・透析の方
生体弁	<ul style="list-style-type: none"> ・ワーファリンが不要 ・血液の流れが生理的 ・血栓や出血の心配が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性（10～15年） 	<ul style="list-style-type: none"> ・拳児を希望する女性 ・ワーファリン服用困難 ・高齢の方 ・出血性素因のある方

機械弁は耐久性が高いため、活動の活発な方や若い方に向いているといえるでしょう。ただし、ワーファリンの服用が必要となりますから、ワーファリンの副作用を考慮しなければなりません。

小児・若年者や透析の患者さん，高カルシウム血症の患者さんでは，カルシウムの代謝で生体弁は早く劣化するため，機械弁が推奨されます．ワーファリンは，胎児奇形の可能性，出産時の出血の危険性，授乳時の赤ちゃんへのお薬の移行の心配があることから，妊娠・出産・子育てを希望される女性は，ワーファリンの必要のない生体弁が良いと思われれます．また，出血をきたす病気をお持ちの方，ワーファリンを服用することが難しい方は，生体弁が良いでしょう．

- 写真提供（50音順）：エドワーズライフサイエンス株式会社，泉工医科工業，センチュリーメディカル株式会社，セントジュードメディカル株式会社，大正医科器械，日本メドトロニック株式会社，日本ライフライン株式会社，
- このページに記載された内容は医師の診察に代わるものではありません．ご自身の適応につきましては，必ず担当医師にご相談下さい．

お問い合わせ先

〒336-8522 さいたま市緑区三室 2460

さいたま市立病院 心臓血管外科・循環器科

電話 048-873-4111

ファックス 048-873-5451