

僧帽弁の解剖と TEE の基本断面

高山 千史*

本稿は、第26回循環制御医学会総会 Basic TEE セミナー講演を主な原稿としている。

その元は、日本心臓血管麻酔学会学術委員会経食道心エコー部門の先生方の数年にわたる TEE セミナーにおいて蓄積されてきたテキストに基づいている。特に岐阜大学の赤松繁先生(現松浪総合病院)の多大な努力による力作がその中心となっている事を述べておく。

はじめに

心エコー図法は、簡便かつ非侵襲的な検査法であり、臨床的に心疾患の診断法、心機能の評価法として広く用いられている。麻酔・集中治療領域でも心疾患の診断、治療方針・手術術式の決定や変更に必要な情報を提供する。術中心エコー図法としては経食道心エコー図(Transesophageal echocardiography : TEE)が一般に用いられるようになり普及してきている。心エコー図法の基本は経胸壁心エコー図法であり、TEE は心臓を背側の食道から観察する異なるアプローチである。このため TEE の画像は経胸壁心エコー図法の画像を逆転した像となる場合がしばしばある。TEE を施行する上の基礎知識として、心臓の背側に位置する食道から心臓・大血管を観察した場合にどのような基本断面がえられるか解剖学的に熟知することが必要である。現在、TEE では、経胸壁心エコー図法で用いられているほぼすべてのテクノロジーを利用することができるが、断層心エコー図の基本画像、基本断面の理解が重要である。

経食道探触子と TEE の断面設定

日本人の場合、経食道探触子を門歯から約 30cm

挿入することで心臓の画像を描出することができる。経食道探触子はシングルプレーン探触子からバイプレーン探触子へ、さらにはマルチプレーン探触子(シングルプレーン多断面探触子)へと進化してきた。シングルプレーン探触子は横断面(transverse view)のみの描出であったのに対し、バイプレーン探触子によって横断面に加えて縦断面(longitudinal view)を描出できるようになった。さらにマルチプレーン探触子では超音波振動子を 0° から 180° 機械的に回転させることによってスキャン方向を変え任意の角度の断層図を描出することが可能となった。しかし、これに伴い基本断面という概念が複雑化し様々な基本断面の画像分類がなされるようになった。

TEE の基本断面設定の変遷

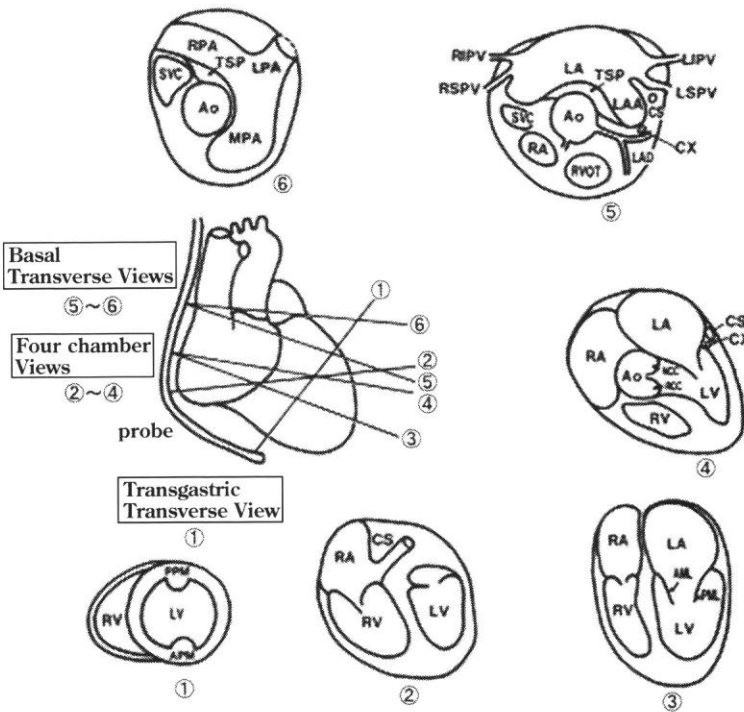
基本的にはシングルプレーン探触子で描出できる横断面が基礎的基本断面となる(図1)。

この中で中部食道からの四腔断面と経胃的な乳頭筋レベルの左室短軸断面が最も基本となる。探触子を門歯から約 30~40cm 食道内に進めると心腔の断層図が得られる。口側から探触子を進めるに伴い大動脈・肺動脈の描出される断面(⑥)から大動脈弁・左房・右室流出路の断面(⑤)、三腔断面(④)、四腔断面(③)、冠状静脈洞開口断面(②)左室短軸断面(①)が順次描出される。

左室短軸断面は探触子を 40~45cm 進めて胃の中まで挿入し上方屈曲させることによって描出され、左室機能の定量的評価や局所壁運動異常の評価に適している。大動脈基部の短軸断面では大動脈弁の左、右、無冠尖が描出され左冠動脈主幹部、右冠動脈の描出も可能である。三腔断面では左房、僧帽弁、左室、左室流出路が、四腔断面では左房、僧帽弁、左室、右房、三尖弁、右室が描出される。

*田上病院麻酔科

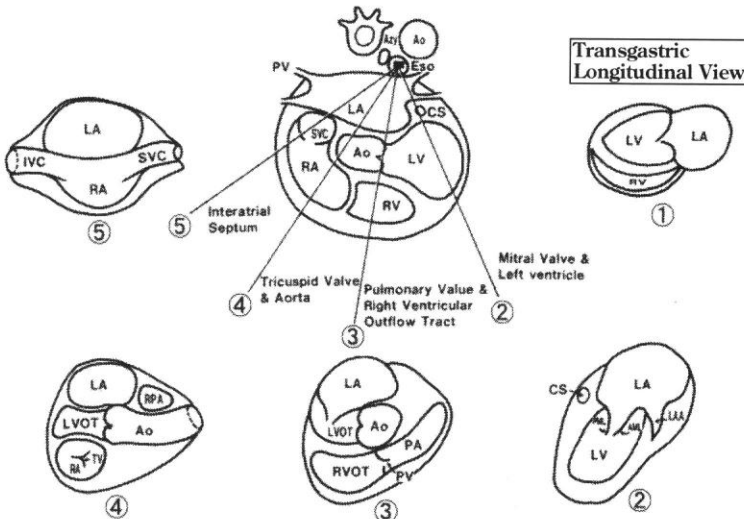
TRANSVERSE VIEWS



埼玉医大心臓病センター経食道心エコー報告書より
図1 シングルプレーン TEE の基本断面

- 経胃断面
 ① 経胃左室短軸断面
 中部食道断面
 ② 冠状静脈洞開口断面
 ③ 四腔断面
 ④ 三腔断面
 心基部断面
 ⑤ 大動脈・左房・右室
 流出路断面
 ⑥ 大動脈・肺動脈
 LA: 左房
 RA: 右房
 LV: 左室
 RV: 右室
 Ao: 大動脈
 PA: 肺動脈
 MPA: 主幹部
 RPA: 右肺動脈
 LPA: 左肺動脈
 SVC: 上大静脈
 RVOT: 右室流出路
 LAA: 左心耳

LONGITUDINAL VIEWS



埼玉医大心臓病センター経食道心エコー報告書より
図1-②: パイプレーン TEE の基本縦断面

- ① 経胃縦断面
 ② 二腔断面
 ③ 肺動脈弁右室流出路断面
 ④ 大動脈弁長軸断面
 ⑤ 上・下大静脈断面
 LAA: 左心耳
 CS: 冠状静脈洞
 AML: 僧帽弁前尖
 PML: 僧帽弁後尖
 LVOT: 左室流出路
 RVOT: 右室流出路
 PV: 肺動脈弁
 IVC: 下大静脈
 SVC: 上大静脈

しかし、横断面のみでは心臓の長軸像や心尖部が評価できないなどの問題があり、縦断面も観察できるバイプレーン探触子(図1-②)、さらに多断面観察用マルチプレーン探触子の開発となった。

マルチプレーン探触子の登場によって TEE の大きな短所の一つであった断面設定が制限されるという問題点が大きく解消されたが、基本断面の設定という面では複雑化してしまっただ。経胸壁心エコー図法の断面設定は心臓の長軸または短軸に沿った断面が基本断面となるが、TEE では食道の走行と心臓の長軸は一致しない。このためマルチプレーン探触子が普及してきた現在において適切な断面設定とは、目的とする構造物または血流を最も明瞭に描出できる断面が適切な断面設定といえる。

一般にマルチプレーン探触子では心臓の横断面が超音波振動子回転0°、縦断面が90°、心臓の短軸断面が30~45°、長軸断面が約135~150°の回転で描出できる。しかし、以上のような表現では教

育的に、また画像表示・断面設定を画一的にするには問題があるため、マルチプレーン探触子による基本断面について、American Society of Echocardiography (ASE) と Society of Cardiovascular Anesthesiologists (SCA) による Task Force のガイドラインが提唱された。

マルチプレーン探触子による基本断面

ASE/SCA による Task Force のガイドラインでは20の基本断面が推奨されている(図2)。このガイドラインは上部食道(門歯から20~30cm)からの2断面、中部食道(門歯から30~40cm)からの10断面、経胃的(門歯から40~45cm)な5断面、深部経胃(門歯から45~50cm)からの1断面と胸部大動脈を観察する2断面からの20の基本断面で構成されている。この中には横断面、縦断面、短軸断面、長軸断面がマルチプレーンの様々な回転角度で包括されている。

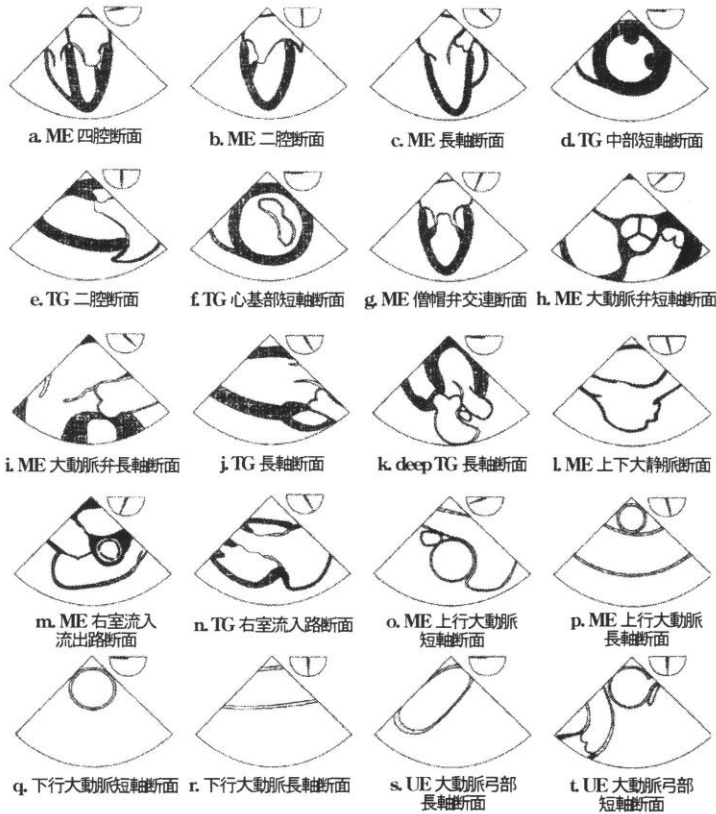


図2 ASE/SCA ガイドラインによる経食道心エコー図法の基本断面(文献5より改変)
ME : mid esophageal, TG : transgastric, UE : upper esophageal.

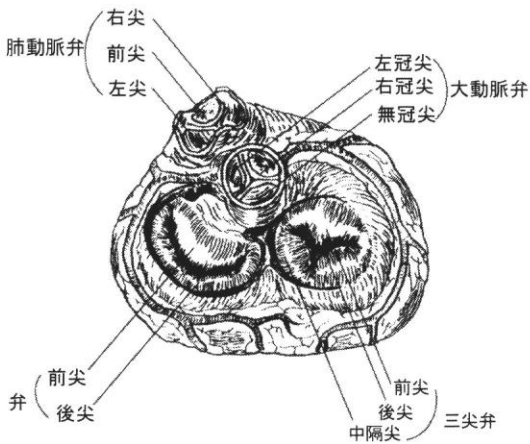


図3 弁構造と周囲組織

僧帽弁の解剖と基本断面

僧帽弁は前尖と後尖の三つの scallop (anterolateral scallop と posteromedial scallop の二つの commissure scallop と middle scallop) からなるが(図3), 僧帽弁機能はこの弁尖とともに腱索, 乳頭筋, 弁輪と左室壁から構成される“mitral complex”として機能的に包括される. 血行動態的に最もストレスのかかる弁であり, 複雑な形態をもち, その破綻は循環動態に大きく影響する.

解剖

前尖: 弁輪部は大動脈起始部後壁と連続し, 弁輪全体の 1/3 を占める. 弁腹は広く半円状で, 先端までの長さは後尖の約 2 倍である. 後尖弁輪部との境に 2 つの交連 (anterolateral commissure と posteromedial commissure) を形成する. 弁尖先端下面には前・後の乳頭筋から続く腱索が融合している. 後尖とともに左室流入路を構成し, 心室中隔基部とともに左室流出路を構成する.

後尖: 弁輪部は, 弁輪全周の 2/3 を占める. 三つの scallop (anterolateral scallop と posteromedial scallop の二つの commissure scallop と middle scallop) からなる. 弁腹は狭く先端までは短い. 弁尖先端下面には前・後の乳頭筋から続く腱索が融合している. 前尖とともに左室流入路を構成する.

交連: 前交連 (anterolateral commissure) は, 後尖の anterolateral scallop と前尖との弁輪接合部である. 後交連 (posteromedial commissure) は, 後尖

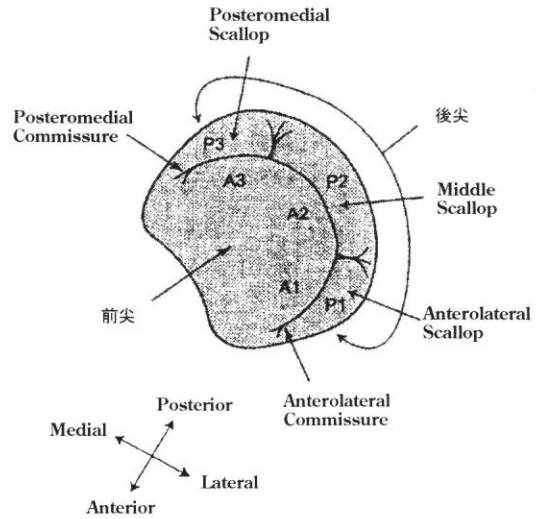


図4 僧帽弁の解剖と名称(文献 5 より改変)

の posteromedial scallop と前尖との弁輪接合部である.

乳頭筋・腱索: 前乳頭筋は後尖の anterolateral scallop の下方に位置し, 後乳頭筋は後尖の posteromedial scallop の下方に位置する. 乳頭筋と各弁尖先端部は腱索により強固に結ばれ, 弁の反転逸脱の防御構造を成す.

Carpentier の分類による僧帽弁の部位と名称は次のとおりである(図4).

後尖の anterolateral scallop を P1, middle scallop を P2, posteromedial scallop を P3 と呼び, これに接合する前尖部位を A1, A2, A3 と呼んでいる. A1 と P1 は前交連で接合し, A3 と P3 は後交連で接合する.

中部食道からの 4 基本断面とマルチプレーン探触子のスキャン角の解剖学的関係は次の通りとなる(図5).

1. 四腔断面像(概ね 30°): 中隔側に A3, 側壁側に P1 が描出される. 前乳頭筋も描出され易い.
2. 二腔断面像(概ね 90°): 前壁側に A1, 下壁側に P3 が描出される. 後乳頭筋も描出され易い.
3. 長軸断面像(概ね 140°): 大動脈側に A2, 後壁側に P2 が描出される.
4. 交連部断面像(概ね 60°): 前乳頭筋側に P1, 後乳頭筋側に P3, その間に A2 が描出される.

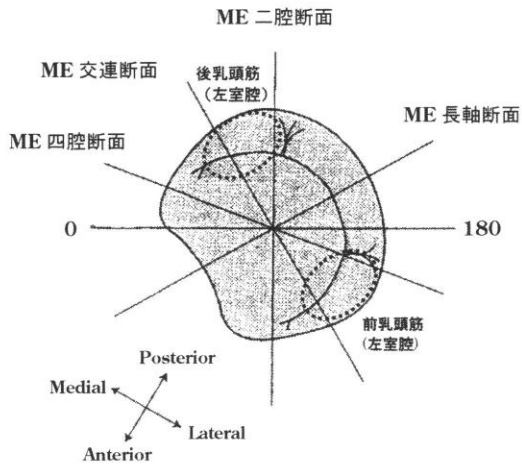


図5 僧帽弁のスキャン方向(文献5より改変)

4 基本断面像はマルチプレーン探触子と良くマッチしているが、断面固定型のシングルもしくはバイプレーン探触子でもそれに近い断面像は描出可能ではある。四腔断面像は探触子を左に屈曲させた横断面像、長軸断面像は右に屈曲させた横断面像、交連断面像は右に屈曲させた縦断面像に近い像となるが、深度が浅くなり易いこともありその調整には熟練を要する。また、食道内での操作になるため愛護的に慎重に行う必要がある。マルチプレーン探触子の優位性が主張されるのは妥当なところである。

繰り返しとなるが、マルチプレーン探触子により得られる僧帽弁基本断面像について述べる。僧帽弁は、中部食道からの四腔断面(図6a)、二腔断面(図6b)、長軸断面(図6c)、僧帽弁交連部断面

(図6g)、および経胃心基部短軸断面(図6f)、二腔断面(図6e)の基本6断面を用いて評価する(図6)。

描出される構造物を実画像から確認する。

四腔断面では中隔側にA3、側壁側にP1及び前乳頭筋が(図7A)、二腔断面では前壁側にA1、下壁側にP3及び後乳頭筋が(図7B)、長軸断面では大動脈後壁に続いてA2が、後壁側にP2が(図7C)、僧帽弁交連部断面では前乳頭筋側にP1が、後乳頭筋側にP3が、その間にA2が描出される(図7D)。経胃心基部短軸断面では僧帽弁の短軸断面が描出され(図7E)、症例によってはプラニメータによる弁口面積の計測に値する画像を描出することができる。

経胃二腔断面は腱索の評価に優れ、下壁側に後乳頭筋に付着する腱索が、前壁側に前乳頭筋に付着する腱索が描出される(図6e)。

文 献

- 1) Seward JB, Khandheria BK, Oh JK, et al: Transeophageal echocardiography: Technique, anatomic correlations, implementation, and clinical applications. Mayo Clin Proc 1988; 63: 649-80.
- 2) Cohen GI, Chan KL, Walley VM: Anatomic correlations of the long-axis views in biplane transeophageal echocardiography. Am J Cardiol 1990; 66: 1007-12.
- 3) Foster E, Schiller NB: The role of transeophageal echocardiography in critical care: UCSF experience. J Am Soc Echocardiogr 1992; 5: 368-74.
- 4) Thys D, et al: Practice guidelines for perioperative Transesophageal echocardiography. A report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Anesthesiology 1996; 84: 986-1006.

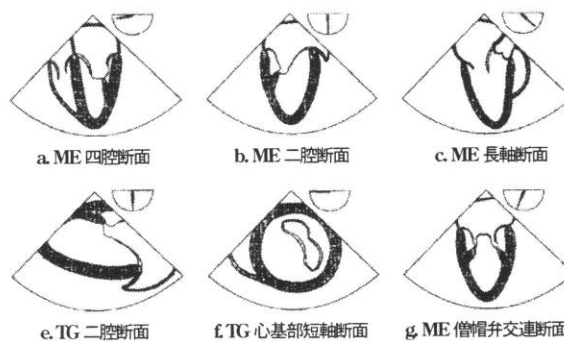


図6 ASE/SCA ガイドラインによる僧帽弁基本6断面(文献5より改変)

ME : mid esophageal, TG : transgastric.

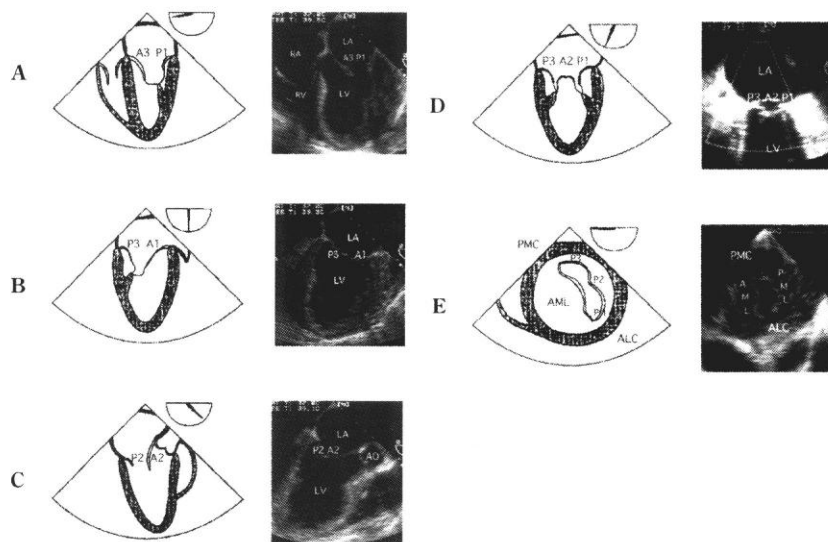


図7 僧帽弁を描出する代表的な経食道心エコー図の基本断面

LA : left atrium, LV : left ventricle, RA : right atrium, RV : right ventricle, AO : aorta, AML : anterior mitral leaflet, PML : posterior mitral leaflet, ALC : anterolateral commissure, PMC : posteromedial commissure

- 5) Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al: ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: Recommendations of the American Society of Echocardiography Council on Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force of Perioperative Echocardiography. *Anesth Analg* 1999; 89: 870-84.
- 6) Bollen BA, Luo HH, Oury JH, et al: A systematic ap-

proach to intraoperative transesophageal echocardiographic evaluation of the mitral valve apparatus with anatomic correlation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2000; 14: 330-8.

- 7) Miller JP, Lambert AS, Shapiro WA, et al: The adequacy of basic intraoperative transesophageal echocardiography performed by experienced anesthesiologists. *Anesth Analg* 2001; 92: 1103-10.