

経食道心エコー法の臨床的有用性

埼玉医科大学第一外科

松村 誠

I. はじめに

経食道心エコー図法 (TEE; transesophageal echocardiography) は小型の超音波探触子を食道内に挿入して、食道あるいは胃の内側から心臓血管の超音波像を描出させる検査法である。本法は臨床に導入されてすでに 10 年以上が経過し、現在、様々な領域においてその有用性は広く認められている。この間技術面の進歩では探触子の小型化により成人だけでなく小児、乳幼児にも用いられるようになり、また、スキャン断面も一断面 (single plane) から二断面 (biplane)、さらに最近では探触子面だけを回転させて任意の断面を表示することができるマルチプレーン探触子も開発され、その有用性はさらに向上している。それに伴い、応用範囲も検査室、病室、手術室から集中治療室、カテーテル室にまで拡大されている。

本法の特徴 (表 1) は無侵襲ではないが、経胸壁心エコー図法 (TTE; transthoracic echocardiography) に比較して画質が良く、また血管系では胸部大血管、肺血管、冠動脈、心腔内では心房・心耳、弁・弁輪部、心臓外では縦隔部の病変に対する診断、血流評価に優れていることである。また、エコー透過性、検査体位、人工呼吸器などの装着に関係なく、ほぼ全例で常に良好な画像が得られ、さらにカテーテル治療や外科治療の際に術野を障害せず、手術手技と並行して施行できることも大きな利点である。そのため、とくに呼吸循環不全に陥った重症例や救急疾患例、手術症例に対しての有用性が高い。

II. 経食道心エコー検査の実施状況

当センターにおける過去 3 年間の実施件数を表 2 に示す。経食道心エコー検査件数は 2078 件で心エコー検査総数 40668 件の 5.1% である。疾患別

では後天性弁膜症と大動脈疾患における件数が多く、全体の 68% を占めている。とくに、大動脈疾患では心エコー検査件数は全体の 3% に過ぎないが、経食道心エコー検査の施行率 (心エコー検査に対する経食道心エコーの占める割合) は他の疾患に比べて著明に高く 36% に達する。検査施行場所はエコー検査室、手術室、集中治療室の順で多いが、最近、心血管カテーテルインターベンションにおける術中モニターとして心臓カテーテル室での応用も行われるようになってきている (図 1)。また、緊急検査件数は 3 年間で 204 件で、年々増加傾向 (56 → 68 → 80 件) にある。約半数以上は破裂性大動脈疾患であり、以下、急性心筋梗塞、肺梗塞、感染性心内膜炎例の順である (表 3)。

III. 開発、臨床応用の歴史

経食道心エコー法の歴史は 1976 年の Frazin¹⁾、1977 年の Matsuzaki²⁾ (M モード) 1980 年の Hisanaga^{3,4)} (パルスドプラー、B モード) の報告に始まる。その後、欧米を中心にまず、外科手術中の心機能モニターや遺残空気の検出⁵⁾ など麻酔科領域において臨床応用された。我が国では 1985 年にカラードップラー法が併用されてから本格的な応用が開始された。弁膜疾患の術直後における手術効果の判定 (主に人工弁や弁逆流の評価⁶⁾) や解離性大動脈瘤に対する術中術前後の評価⁷⁾、心筋梗塞に伴う機械的合併症の早期診断に有効であることから、当初、心臓外科領域を中心に手術室や集中治療室等で用いられた。その後、経胸壁心エコー図法に較べて左房、左心耳内血栓の検出率⁸⁾ が高く、また、僧帽弁や中隔欠損部の構造形態、血流に対する詳細な評価が可能であり、さらに、経胸壁心エコー法では評価困難な肺静脈や冠動脈⁹⁾ の血流動態の評価に有用であることから、循環器内科領域においても実施されるように

表1 経食道心エコー図法の特徴
—経胸壁アプローチとの比較—

利点	1. 超音波透過性が良好で高画質の映像が得られる 2. 胸部大血管、肺血管の描出が可能 3. 心房、心耳、心房中隔の描出性が高い 4. 僧帽弁、大動脈弁の詳細な観察に有利 5. 冠動脈(左冠動脈主幹部)、肺静脈の評価も可能 6. 周術期、重症例に应用可能
欠点	1. 侵襲を伴う 2. 探触子挿入技術の習得が必要

表2 心エコー検査件数
埼玉医大心臓病センター (1994~1996年)

	経食道心エコー (TEE)	経胸壁心エコー (TTE)	TEE施行率 TEE/(TEE+TTE)
後天性弁膜症	837 (40%)	5942 (15%)	0.12
大動脈疾患	573 (28%)	1003 (3%)	0.36
先天性心疾患	297 (14%)	3820 (10%)	0.07
虚血性心疾患	178 (9%)	7756 (20%)	0.02
その他	193 (9%)	20069 (52%)	0.01
計	2078 (100%)	38590 (100%)	0.05

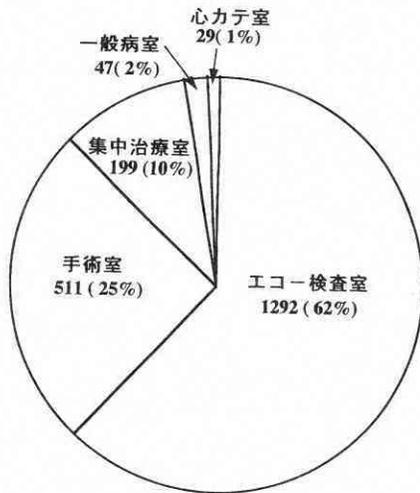


図1 経食道心エコー検査施行場所
1994~1996年

なった。同時に細径探触子の開発により乳幼児¹⁰⁾にも応用が拡大され、さらに、様々なカテーテルインターベンション¹¹⁾における術中モニターとして心臓カテーテル室でも用いられている。また、最近ではマルチプレーン探触子を利用した心臓の三次元再構築(三次元心エコー法)が可能になってきている。

表3 緊急経食道心エコー検査
1994~1996年, 204例
重症, 救急疾患例

1. 集中治療室	
急性大動脈解離	104例
胸部大動脈瘤破裂	11例
急性心筋梗塞	27例
肺血栓塞栓症	15例
僧帽弁狭窄	8例
僧帽弁腱索断裂	8例
感染性心内膜炎	12例
人工弁機能不全	4例
心筋症、心筋炎	7例
心臓腫瘍	3例
2. 心臓カテーテル室	
心タンポナーデ	3例
大動脈解離	1例
3. 手術室	
心腔内異物	2例

表4 経食道心エコー図法の主な適応疾患と有用性

1. 後天性弁膜症	
①僧帽弁狭窄症	左房左心耳内の血栓検出、血流速度測定
②僧帽弁閉鎖不全	病態診断、逆流の重症度判定 逸脱例では逸脱部位、範囲の評価
③大動脈弁狭窄	弁形態診断、石灰化評価、大動脈後弁輪径測定
④大動脈閉鎖不全	病態診断、逸脱例では逸脱部位、範囲の評価
⑤感染性心内膜炎	細菌性付着、弁輪部膿瘍の検出、弁逆流評価
⑥人工弁機能不全	病態診断(血栓、pannus、感染、弁下組織) 弁逆流評価(生理的逆流、弁輪部周囲逆流)
⑦その他	三尖弁、肺動脈弁狭窄、逆流評価
2. 大動脈疾患	
①大動脈解離	病型診断(Stanford分類、DeBakey分類) 解離口の検出、主要分枝動脈への解離進展 解離腔内血栓、大動脈及び弁輪部、大動脈弁逆流の評価 破裂診断、心嚢液貯留、胸水貯留の評価
②胸部大動脈瘤	病型診断(真性、仮性)、形態診断(紡錘形、嚢状形) 瘤の大きさ、壁血栓の評価
③大動脈硬化症	アテローム病変の範囲、プラークの検出、性状評価
3. 先天性心疾患	
①心房中隔欠損症(心室中隔欠損)	病型診断、短絡血流動態(右左短絡)評価
②フォロー四徴症	副病変検出(静脈還流異常、右室流出路狭窄など)
③動脈管閉存症	短絡血流、肺動脈血流評価、副病変検出
④大動脈縮窄症	動脈管の部位と大きさ、短絡血流の評価 縮窄部位、圧較差の定量的評価
4. 冠動脈疾患	
①急性心筋梗塞	機械的合併症診断(心室中隔穿孔、乳頭筋機能不全、心臓破裂、心タンポナーデ)、他疾患との鑑別診断 冠動脈起始異常、冠動脈狭窄の交通血管、開口部診断
②冠動脈奇形	
5. その他の疾患	
①心臓腫瘍	発生部位と範囲の評価、形態診断、浸潤判定
②肺・縦隔腫瘍	組織性状診断、心大血管への浸潤判定
③血栓・塞栓症	心血管内血栓、大動脈内アテロームプラークの検索
④心房細動	左心耳内血栓検出
6. その他	経胸壁心エコー画像不良例

IV. 経食道心エコーの適応疾患と有用性 (表4)

本法の適応疾患とその有用性は多岐にわたる。疾患の内訳は後天性弁膜症では僧帽弁疾患(76%)、大動脈疾患では大動脈解離(73%)、先天性心疾患では心房中隔欠損(57%)、冠動脈疾患では急性心筋梗塞(69%)が圧倒的に多く、全体の66

表5 経食道心エコー図法による術中応用

I. 心臓外科手術（体外循環施行例）	
a. 体外循環開始前	異常病変の最終確認、麻酔導入後の心機能モニター 送血部位の大動脈壁性状評価
b. 体外循環施行中	大動脈解離症例における下行大動脈血流モニター
c. 体外循環離脱時	遺残空気の検出、心機能モニター、手術効果の確認と判定 ①弁及び弁輪形成術：残存逆流、狭窄の有無と程度の評価 ②弁置換術：人工弁機能評価、逆流の評価 ③冠動脈再建術：冠動脈血流の確認、左室壁運動評価 ④心内修復術：残存短絡、狭窄、逆流の評価 ⑤大動脈グラフト置換術：グラフト吻合部狭窄及び仮性瘤評価 解離例では残存解離及び腔内血流、血栓、大動脈逆流の評価 ⑥その他：心臓腫瘍、感染性心内膜炎手術時の残存腫瘍の検出
d. 補助循環施行時	I ABP挿入、LVAD、VAB、補助人工心臓種え込みモニター 心機能評価
II) カテーテルインターベンション	
a. PTMC	心房中隔穿刺部位モニター、残存狭窄、逆流評価
b. 動脈管閉鎖術	閉鎖栓の位置決定、残存短絡評価
c. 心房中隔欠損閉鎖術	欠損孔、辺縁計測、閉鎖栓の位置、残存短絡評価
d. 肺動脈弁形成術	残存狭窄、逆流の評価
e. 大動脈拡大術	バルーン位置モニター、残存狭窄評価

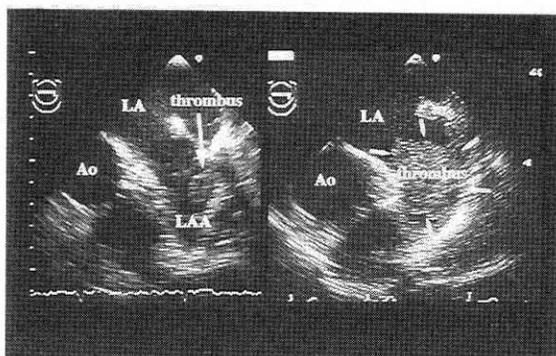


図2 左心耳内血栓の経食道心エコー像
左図：心房細動例，右図：僧帽弁狭窄例
矢印は血栓を示し，いずれも経胸壁心エコーでは検出不能
LA=左房，LAA=左心耳，Ao=大動脈

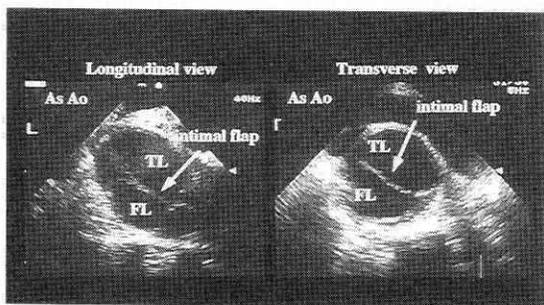


図3 大動脈解離（Stanford A型）の経食道心エコー像
左図：上行大動脈の長軸断面像
右図：上行大動脈の横断面像
TL=真腔，FL=偽腔，AsAo=上行大動脈

態診断や僧帽弁狭窄に合併する左房左心耳内血栓の検出，僧帽弁逆流の重症度判定（軽度：最大逆流ジェット面積0～4cm²，中等度：4～7cm²，重度：7cm²～）は極めて容易である。また，本法は僧帽弁形成術の術前評価や経胸壁心エコー法ではアーチファクトのため評価困難な人工弁機能不全症例にも高い有効性を示す。

1. 僧帽弁閉鎖不全

逆流は様々な病因，メカニズムによって生じる。慢性閉鎖不全の原因にはリウマチ熱，僧帽弁逸脱，乳頭筋不全，冠動脈疾患，左室拡大，弁輪石灰化，急性の原因には腱索断裂，弁穿孔，乳頭筋断裂などがある。臨床経過や経胸壁心エコー，他の検査所見等である程度の診断は可能であるが，腱索断裂や穿孔，vegetationなどの検出には限界があり，外科治療を含めた治療方針の決定には経食道心エコー図法の応用が必要である。特に僧帽弁逸脱症などで外科手術を行う場合，経食道心エコー図法は弁及び弁下組織の性状，逸脱部位や範囲を的確に評価することが可能であり，弁形成術の可否の判定や術式選択に重要な情報を提供し得る。さらに，最近では三次元心エコー法により弁の立体再構築像を用いた評価も試みられている。

2. 僧帽弁狭窄症

経食道心エコー法は狭窄弁形態の評価に関して

%に達する。

A. 後天性弁膜症

弁膜症の診断は従来の経胸壁心エコー法により十分可能であるが，外科治療を含めた僧帽弁疾患の評価においては経食道心エコー図の方が有利である。その理由は経食道からのアプローチでは，第一に僧帽弁と左房の全領域が明瞭に観察でき，弁逸脱や腱索断裂，vegetation，血栓などの検出率が高くなり，第二に逆流の全体像の把握が確実になるからである。そのため，僧帽弁閉鎖不全の病

経胸壁心エコー法より劣る場合もあるが、生命予後に大きく影響する合併症であり、脳をはじめ全身に血栓塞栓症を引き起こす原因となる左房・左心耳内血栓の検出能力は極めて高い(図2)。そのため、僧帽弁狭窄症例における薬物治療(抗凝固薬)の適応やその効果判定、外科手術やPTMC(経皮的僧帽弁交連切開術)前後の血栓診断に多用されている¹¹⁾。また、心房細動を有する脳血栓症例における塞栓源の検索手段としても用いられている。ただし、経食道心エコーによる左心耳血栓の診断に関して大きいものの診断は容易であるが、小さいものでは楯状筋肉との鑑別が必要である。また、検査時点で血栓がなくても左房左心耳内の“もやもやエコー”や血流速度低下所見は易血栓状態を示すものであり、経食道心エコー上重要な所見である。

3. 人工弁不全

経胸壁アプローチでは人工弁による多重反射、サイドローブなどのアーティファクトが生じやすく(とくに機械弁)、弁周囲の画像は障害される場合が多い。これに対して、経食道心エコー法は探触子の周波数が高く、また左房側から超音波を投入するため、心房側の弁および弁輪部周囲は明瞭に描出される。そのため血栓、pannus、疣贅、tear、穿孔など人工弁の開閉障害、弁輪部周囲逆流の原因となる病変の検出、人工弁不全の診断には経食道心エコーが有利である。

4. 感染性心内膜炎

細菌性疣贅が増大、あるいは弁破壊が進行した症例では経胸壁心エコーで診断可能であるが、疣贅が小さく、弁破壊が軽度の例では経食道心エコーの方が検出率が高く、早期診断には有用である。また、弁輪部膿瘍の診断にも高い有効性が認められている。

B. 大動脈疾患

経食道心エコー図法は、食道の前面に気管支があるため、上行大動脈遠位側から大動脈弓部の一部は観察不能であるが、経胸壁心エコーでは描出

できない胸部大動脈をほぼ全領域にわたって明瞭に描出できることから大動脈疾患に対する応用価値は極めて高い。

1. 大動脈解離(解離性大動脈瘤)

本疾患の分類には、解離の入口部位と広がりをもとにしたDeBakey分類(I~III型)と解離口の部位に関係なく上行大動脈の解離の有無によってわけたstanford分類(A, B型)がある。前者は手術術式の選択、後者は急性期の治療方針の決定の際によく用いられている。一般にA型(あるいはDeBakey I, II型とIII型逆行解離)はB型(あるいはDeBakey III型)よりも重症で死亡率が高く、急性期に外科治療を必要とする。したがって急性期では解離の存在診断だけでなくその部位と範囲、すなわち上行大動脈に解離があるのかどうかの評価が最も重要になる(図3)。経胸壁心エコーで上行大動脈内がよく観察されることもあるが、解離病変の検出に関しては偽陽性、偽陰性が多く診断的価値は低い。また、CTは可動性の高い内膜フラップを描出できないことがあり、A型をB型と誤診する危険性を含んでいる。これに対して経食道心エコーの解離診断に対するsensitivity(99%)とspecificity(98%)はともに極めて高い。しかも、外科手術が必要な症例では、その緊急度の判定、術式の選択に必要な解離口部位、大動脈弁逆流、破裂、冠動脈、大動脈弓部分枝血管への解離進展に関する情報をその場で直ちに提供する事ができ¹²⁾、本疾患に対する経食道心エコーの有用性は明らかである。

2. 血栓閉塞型大動脈解離

典型的な大動脈解離と同様に胸背部の激痛で発症する症例の中で、早期に解離腔が血栓化し、予後が良好な一群が存在する。血栓形成により解離腔が閉鎖することから血栓閉塞型と呼ばれている。発症機転は不明であるが、発生頻度は欧米では大動脈解離例の21~44%、当センターでは17%を占めている。経食道心エコー図では解離腔は広範囲にわたって三日月状に存在するが、そのエコー輝度は大動脈壁より低く、血流を認めず、解離

口は検出されないことが多い。通常、この解離腔は1~2週間以内（早いものでは数日）に消失し、慢性期の検査では異常所見を示さないことも多い。経食道心エコー検査の普及に伴い、大動脈解離疑いで発症早期に検査する機会が増えたことにより、その存在と病態が明らかにされた疾患である。

3. 大動脈硬化症

大動脈のアテローム硬化病変の存在は他臓器の動脈硬化と深く関連している。なかでも、下行大動脈におけるプラークの存在は閉塞性冠動脈疾患の合併を強く示唆することが報告され¹⁴⁾、また最近、大動脈弓部にある可動性のプラークが脳梗塞の塞栓源として注目されている。いずれも経胸壁心エコーでは観察不能であり、経食道心エコー法によるプラーク診断の臨床的意義は大きい。

C. 先天性心疾患

先天性心疾患には主病変に関連した様々な副病変があり、経胸壁心エコーでは観察困難な大血管や肺血管にも奇形を有することが多い。心房中隔欠損症は成人の先天性心疾患の中で最も多く、心奇形としては単純で経胸壁心エコーで欠損孔が確認されれば診断は容易である。しかし、欠損孔が複数あったり、静脈洞型や冠静脈型のように心房中隔部に明らかな欠損孔がない症例ではその診断が困難であり、経食道心エコー法のよい適応である。また、本疾患にしばしば伴う肺静脈環流異常や左上大静脈の有無の診断にも有効である。その他、経食道心エコーは心室中隔欠損、動脈管開存、大動脈縮窄などの病型診断や短絡血流動態の評価、副病変の検出にも有用である。

D. 虚血性心疾患

経食道心エコーは虚血性心疾患では急性心筋梗塞に伴う機械的合併症（心破裂や乳頭筋断裂など）の診断、外科治療の術前評価、他の胸痛症候群（とくに大動脈解離）との鑑別に有用である。機械的合併症に関して通常、経胸壁心エコーでそれらを検出することは可能であるが、心筋梗塞症

例はエコー透過性が不良であり、心室中隔穿孔では穿孔部位や大きさ、乳頭筋断裂では断裂部位とその程度に関する詳細な情報を術前に得るには経食道心エコーが必要である。乳頭筋断裂に対する手術では完全断裂は僧帽弁置換術が必要であるが、部分断裂は弁形成で修復できる場合もある。

V. 術中応用 (表5)

心臓外科手術では麻酔導入直後から体外循環離脱時はもちろん、手術前後の評価にも有用である。体外循環開始前では異常病変の最終確認、麻酔導入後の心機能モニターのほか、大動脈のポンプ送血部位の壁性状評価に有効である。体外循環施行中は心臓自体は停止しているが大動脈内は血流があり、大動脈解離症例では下行大動脈解離腔内血流をモニターすることにより腹部臓器、脳灌流を間接的に評価することができる。体外循環離脱時では遺残空気の検出、心機能評価、各手術効果の確認と判定に有用である。また、各種の補助循環（IABP, LVAD, VAB, 補助人工心臓）施行時のモニターとしても有用な方法である。一方、カテーテルインターベンションでは手術手技モニター、術後評価に関する有効性が認められる。PTMCでは心房中隔穿刺部位の決定、閉鎖栓を用いた心房中隔欠損閉鎖術では欠損孔および辺縁径の計測や閉鎖栓の位置確認、あるいは残存短絡等の評価に有用である。

最後に、経食道心エコー法は経胸壁アプローチで描出不能な部位における異常病変の診断や血流の評価だけでなく、循環不全に陥った重症例や救急疾患例、手術症例では治療方針の決定、術式の選択に必要な情報を提供する手段としても有用である。

文 献

- 1) Frazin L, Tarano JV, Stephanides L. et al: Esophageal echocardiography. *Circulation* 54: 102-108, 1976.
- 2) Matsuzaki M, Ikee Y, Maeda S. et al: A clinical application and technique of esophageal echocardiography. *Jpn Circulation J*

- 41: 772 (Abstract), 1977.
- 3) Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K. et al: Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am Heart J* 100: 605-609, 1980.
 - 5) Matsumoto M, Oka Y, Strom J. et al: Application of transesophageal echocardiography to continuous intra-operative monitoring of left ventricular performance. *Am J Cardiol* 46: 95-105, 1980.
 - 4) Hisanaga K, Hisanaga A, Ichie Y. et al: Transesophageal pulsed Doppler echocardiography. *Lancet* 1: 53-54, 1979.
 - 6) Kyo S, Takamoto S, Matsumura M. et al: Immediate and early post-operative evaluation of results of cardiac surgery by transesophageal two-dimensional Doppler echocardiography. *Circulation* 76 (suppl V): V-113-V-121, 1987.
 - 7) Takamoto S, Omoto R.: Visualization of thoracic dissecting aneurysm by transesophageal Doppler color flow mapping. *Herz* 12 (3): 187-193, 1987.
 - 8) 松村誠, 高本真一, 許俊鋭, 他: 心臓腫瘍に対する経食道ドプラ断層心エコー法の有用性と問題点. *Journal of Cardiology* 20: 701-714, 1990.
 - 9) 許俊鋭, 高本真一, 松村誠, 他: 経食道ドプラ断層法による冠動脈血流の映像化. *J Cardiology* 16: 831-840, 1986.
 - 10) 許俊鋭, 松村誠, 伊藤寿夫, 他: 小児経食道ドプラ断層探触子の開発とその臨床的意義. *日超医論文集* 55: 629-630, 1989.
 - 11) 許俊鋭, 元山猛, 宮本直政, 他: Catheter Intervention 術中モニターにおける Matrix-Biplane 経食道心エコー図の有用性の検討. *Jpn J Inter Cardiol* 8: 131-138, 1993.
 - 12) Erbel R, Engberding R, Daniel W. et al: Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. *Lancet* March 4: 457-461, 1989.
 - 13) Takamoto S, Omoto R.: Visualization of thoracic dissecting aortic aneurysm by transesophageal Doppler color flow mapping. *Herz* 12: 187-193, 1987.
 - 14) Fazio GP, Redberg RF, Winslow T. et al: Transesophageal echocardiographically detected atherosclerotic aortic plaque is a maker for coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 21: 144-150, 1993.