

# Structural Heart Disease における 経胸壁・経食道 3D心エコー

一般社団法人日本心エコー図学会 第27回学術集会

モーニングセミナー

2016年4月24日 大阪国際会議場

## 要旨

近年、Structural Heart Disease(SHD)の治療用デバイスが普及してきており、その評価における心エコーの役割は大きい。しかし、2DやM-modeが一般的で、3Dエコーを活用するに至っていない。当施設ではSHDの術前・術中・術後に3Dエコーを活用し非常に有用な情報を得ている。本日はフィリップス社製HeartModel<sup>A.I.</sup>(3D心機能解析ソフト)を用いたので報告する。

## はじめに

Structural Heart Disease(SHD)という言葉を最近よく耳にするようになった。意味は、『構造的心疾患(カテーテル治療適応の冠動脈疾患以外)』で、大動脈弁狭窄症(AS)や僧帽弁閉鎖不全症(MR)が思い浮かぶ。高齢化に伴い日本ではSHD患者数が急増しており、75歳以上の10人に1人以上が左心系弁膜症疾患であるというデータがある(図1)。

### 年齢別左心系弁膜症頻度

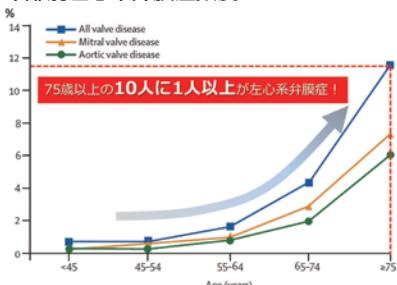


図1: 年齢別左心系弁膜症頻度

一般社団法人日本心エコー図学会 第27回学術集会 モーニングセミナー講演資料より

### 低流量低圧較差大動脈弁狭窄症 Low-flow Low-gradient AS

2014年のAHA/ACCガイドラインで、一番大きな変更点は、Low-gradient AS ( $V_{max}$  4m/sec, mean PG  $\leq$  40mmHg)が治療適応となった点だろう。Low-flow Low-gradient ASには、昔から言われている左室収縮能が低下した( $LVFF < 50\%$ ) Classical Low-flow Low-gradient ASと、左室収縮能は正常( $LVEF \geq 50\%$ )だが圧較差が小さく重症度を過小評価しやすいParadoxical Low-flow Low-gradient AS(奇異性低流量低圧較差大動脈弁狭窄症)が存在する(図2)。特に後者は、弁口面積が小さくても圧較差がでない症例が存在し重症度評価が難しい。北米やヨーロッパでは、Low-flow Low-gradient ASは非常に予後が悪く、3年で8割以上がイベントを起こすとされてきたが、従来の評価法では中等度ASと診断され外科治療を受けず経過を見ることも多かった。Dr. Pibarotは、Low-flow Low-gradient ASは、外科的大動脈弁置換術(AVR)により予後が改善すると報告し世界を驚愕させた。



聖マリアンナ医科大学 循環器内科  
出雲 昌樹 先生

2010年3月  
聖マリアンナ医科大学大学院医学研究科  
大学院博士課程修了 医学博士取得  
2010年4月  
Cedars-Sinai Medical Center留学  
(指導者 塩田隆弘教授)  
2011年12月  
聖マリアンナ医科大学  
内科学(循環器内科)助教

## 左室駆出量(SV)の重要性

ここで非常に重要なのは、“Flow=EFではない。圧較差を考えるには、EFではなく左室駆出量(SV)評価が重要である。”という点である。例えば左室容量が10ccで5ccの血液を駆出すればEFは50%で正常になるが、SVは5ccで低流量となる。圧較差の評価には“Flow=SV”を考えなければならない。この考えをもとに、国内4施設で検討したところ(後ろ向き調査)、Low-flow Low-gradientの予後は悪くないという結果であった(Pseudo ASであった)。最近、欧米からも同じような結果が報告されている。

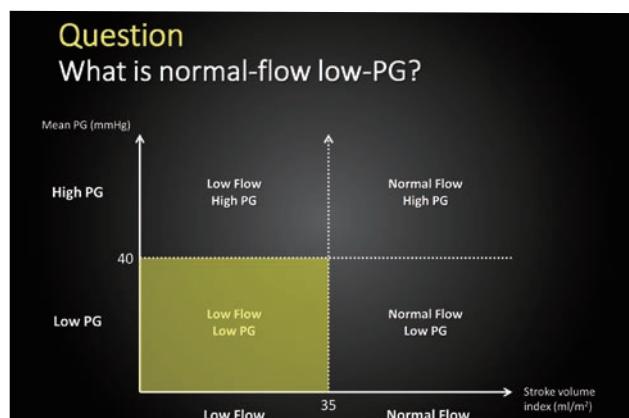


図2: 流量と圧較差の関係

一般社団法人日本心エコー図学会 第27回学術集会 モーニングセミナー講演資料より

## True ASとPseudo ASの見分け方

低容量ドバタミン負荷エコーで判断する方法がある。ここでもSVが重要になる。ドバタミンを5r、10r、15r、20r負荷し、大動脈弁口面積(AVA)をプロットする。SVを駆出時間で割ったFlow Rateが250ml/secの時の、AVA(Projected AVA)がTrue AS  $\leq 1 <$  Pseudo ASである。さらに、Pseudo ASは20rで殆どVpeakが上がらないが、True ASでは顕著に上昇する。この方法から、実に5割がPseudo ASであるという事実が判明した。

## 日常臨床での左室駆出量(SV)の求め方

ここまで述べたように、ASの評価にはEFではなくSVを評価することが重要である。エコーでSVを計測する方法には、Doppler法、2D法(Simpson)、3D法がある。Doppler法は、左室流出路(LVOT)と左室流出路血流速波形(LVOT VTI)から求めるが、LVOTの計測誤差1mmでSV誤差が10%になる(LVOT VTI: 20cmの場合)。2D法では、LVOTは正円形ではなく橢円形であることが分かっており、断面積を過小評価する。さらに、MRIでLVOTの血流分布を見ると層流ではなく心室中隔側が早いという報告があり、血流速度を過大評価する可能性がある。過小評価した断面積  $\times$  過大評価した血流 = SVなので、いかにDoppler法で求めるSVが不安定かは明らかである。特に、日本人の高齢者に多いシグモイド中隔(AS患者の4割近く)では、Doppler法ではSVをかなり過大評価することが分かっている(図3)。

## Sigmoid septumがAVAに与える影響 Doppler vs. 3D

Sigmoid septum症例では、3Dと比較してDopplerによるSVが大きい

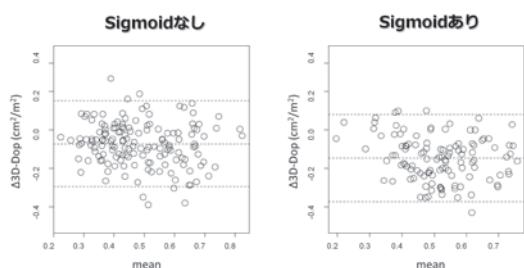


図3: Sigmoid septumがAVAに与える影響

一般社団法人日本心エコー図学会 第27回学術集会 モーニングセミナー講演資料より

## 3Dエコーの有用性

2DやDopplerで評価が難しいなら、3Dエコーで評価したらいいのではないか?しかし、日々のエコー検査で3Dエコーを使っている人は多くないのが現実である。その理由は、個人的には3K:きつい(時間がかかる)、汚い(画質が2Dより劣る)、危険(再現性が低い)ではないかと思っている。そこで今回、フィリップス社がリリースしたHeartModel<sup>A.I.</sup>を使用する機会を得たので、その経験をお話させていただく。

## HeartModel<sup>A.I.</sup>を用いた心機能評価



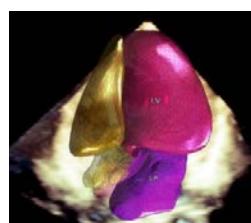
図4: 検査風景

当施設の技師にルーチン検査で使用してもらった(図4)。取り込みは1Beat取り込みでボリュームレート20Hz以上、同時3断面で表示できるので真の心尖部を確認することができる。解析は、装置上のHM(HeartModel<sup>A.I.</sup>)タッチキーを押すと瞬時に自動トレースして結果(EDV、ESV、EF、SVなど)を表示する。解析に掛かる時間は驚くほど短く、Simpson法でトレースするより早い印象がある。

## 解析症例：大動脈弁狭窄症

86歳女性。重症大動脈狭窄症で心尖部の位置が健常人と比べてされている。HeartModel<sup>A.I.</sup>はナレッジ・データベースを元に、イレギュラーな心臓の形でも心尖部や左室の軸を自動で決定することができる(図5)。さらに、左房の軸合わせも自動で、正確な左房容積を瞬時に算出する。全く編集なしで解析でき、所要時間はたった20~30秒程であった。18例の重症大動脈閉鎖症(AVA $\leq 1.0\text{cm}^2$ )で検討した結果、HeartModel<sup>A.I.</sup>はMRIと非常に良い相関があり、平均差も少ないという素晴らしい結果を示した(図6)。

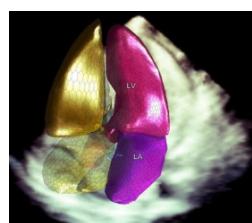
拡張型



バナナ型



シグモイド



正常



図5: ナレッジ・データベース

## HeartModel<sup>A.I.</sup>と従来法の比較

左室駆出量(SV)を3つの方法：2D法(Simpson)、Doppler法、HeartModel<sup>A.I.</sup>で測定し、MRIと比較検討した。HeartModel<sup>A.I.</sup>はMRIで求めたSVと非常に良い相関を示し、Doppler法は過大評価、2Dは過小評価するという結果だった(図7)。2D法では検者間誤差が大きく、HeartModel<sup>A.I.</sup>は誰がやっても全く同じ解析結果(検者間誤差0%)であった。この高い再現性は、HeartModel<sup>A.I.</sup>の本当に素晴らしい特徴だと思う。画像取り込み、および解析時間を検討した報告がDr. Lang(シカゴ大学)よりされており、HeartModel<sup>A.I.</sup>を用いることで、2D法に比べ約82%も解析時間を短縮することができる(図8)。

HeartModel vs. MRI

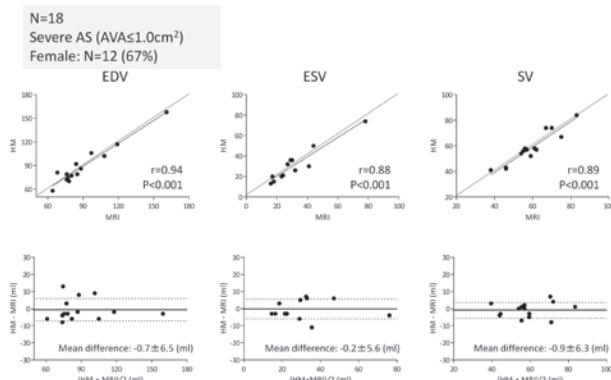


図6: MRI法とHeartModel<sup>A.I.</sup>の相関(左: EDV, 中:ESV、右: SV)

SV : 計測方法の比較  
vs. MRI

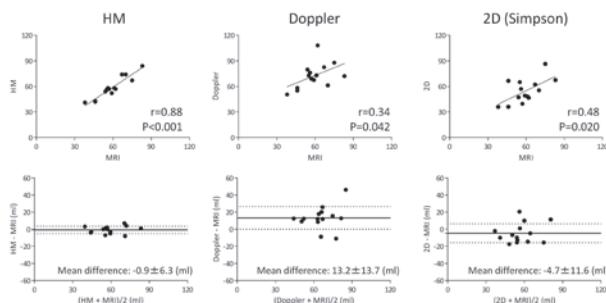
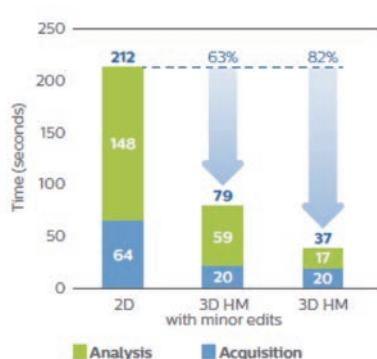


図7: MRI法との相関  
(左: HeartModel<sup>A.I.</sup>, 中:Doppler法、右: 2D法)

一般社団法人日本心エコー図学会 第27回学術集会 モーニングセミナー講演資料より



Automated transthoracic three-dimensional echocardiographic quantification of the left heart chambers

Diego Medvedofsky MD, Ivan Salgo MD, Lynn Weiner BSc, Victor Mor-Avi PhD, Roberto M. Lang MD  
University of Chicago Medical Center, Chicago, Illinois, USA

図8: 左室、および左房の容量計測に要する時間(sec)

## HeartModel<sup>A.I.</sup>

フィリップスのHeartModel<sup>A.I.</sup>は、現在のルーチン検査に特有のばらつきに着目し、全自動のナレッジベースのセグメンテーション法により左室および左房の容積を計測するアプリケーションである。最初から1つの境界を検出する手法とは異なり、HeartModel<sup>A.I.</sup>アルゴリズムでは、血液組織境界側と心筋緻密層境界側の2つの心内膜境界を検出し、これらを基に、ユーザーが臨床判断や診療の必要に合わせて心内膜境界を指定することができる。心臓の形状や画質がさまざまに異なる場合でも、画像上で検出された2つの境界を容易かつ確実に識別できるため、結果として、ユーザーが特定する心内膜境界も正確で確実なものとなる。HeartModel<sup>A.I.</sup>アプリケーションは、高度なセグメンテーションアルゴリズムと、手早く容易な視覚化・修正を可能にする直観的なワークフロー／ユーザーインターフェースにより、ルーチン検査における3D容積の使用に信頼性をもたらす。

### HeartModel<sup>A.I.</sup> アプリケーションで用いられる心臓モデル

このモデルには左室心外膜、左室心内膜(血液組織側の境界と心筋緻密層側の境界)、左房、右室心内膜、右室心外膜、右房、およびそれらに繋がる血管構造(動静脈)が含まれる。

### HeartModel<sup>A.I.</sup> の臨床有用性

フィリップス社製超音波診断装置EPIQは、プローブを持ちかえる必要がなく3D画像の取り込みが可能である。高いボリュームレート(20Hz以上)の画像を1Beatで取り込み、検査時間短縮が可能。解析結果も高い再現性があり、検者間誤差はゼロであった。さらに凄いことは、ある程度の画質、つまりモデル画像のような非常に綺麗な画像(実臨床ではあまり得られない)でなくとも解析可能であった事である。これなら実臨床で使えると感じた(図9)。

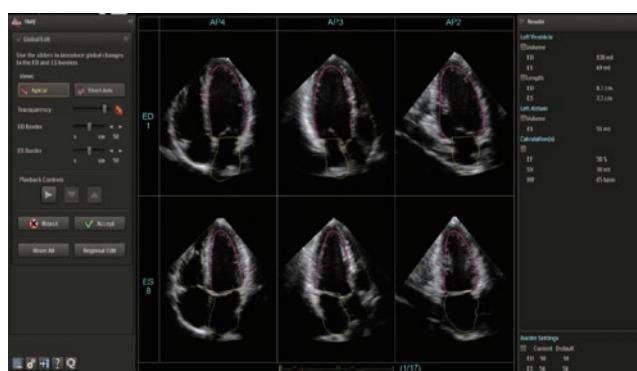


図9: HeartModel<sup>A.I.</sup> 解析画像

## 僧帽弁逆流症

いよいよ、僧帽弁クリッピング術(MitraClip®)の治験が日本でもスタートした。本日は、3Dエコーを僧帽弁逆流症の評価にどう活用するかについてお話しする。MitraClip®は、従来、外科的に行われてきた僧帽弁尖形成術Edge-to-Edgeをカテーテルで行う手技である。術前、術中、術後、フォローアップ、全てのフェーズでエコーが重要な評価ツールとなる。特に、3Dエコーは外科医、インターベンション医、コメディカルの全員が同じ僧帽弁をイメージでき、“共通言語”でディスカッションすることが可能である(図10)。



図10:僧帽弁の3D経食道エコー画像

## 僧帽弁逸脱評価：術前

MitraClip®の適応となる患者選択には、僧帽弁逸脱の定量評価が重要である。適応は、Flail gap<10mmやFlail width<15mm(図11)だが2Dエコーでは最大箇所を計測している自信が持てない。実際に、2DエコーではFlail gapやwidthを有意に過小評価する。3Dエコーであれば、記録した画像から2D画像を切り出し、一番高くて一番幅の広い断面で計測が可能である。外科医やインターベンション医と一緒に計測をしながら次のステップへと進むことができるのは、内科医として大きなメリットを感じるポイントである。

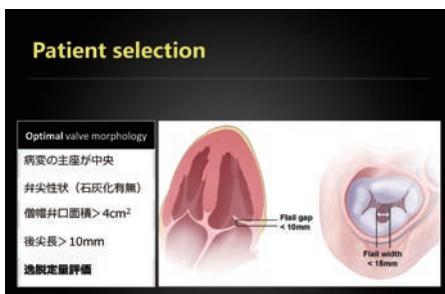


図11: MitraClip®患者選択

一般社団法人日本心エコー団学会 第27回学術集会 モーニングセミナー講演資料より

## 経カテーテル的僧帽弁形成術：MitraClip®

僧帽弁閉鎖不全症(Mitral Regurgitation:MR)のカテーテル治療として期待されているMitraClip®(アボット社)は、外科的僧帽弁形成術Edge-to-Edge法(前尖と後尖の中央を縫合)を、経カテーテルで行う低侵襲治療法。ヨーロッパでは2008年にCEマークを取得、アメリカでは2013年FDA(米国食品医薬品局)承認取得、現在、30カ国以上で行われている。日本では、2015年9月から治験が開始している。

## MitraClip®

下腿静脈からカテーテルを挿入し、右心系から心房中隔を経て左心房、左心室へ動かし、僧帽弁の前尖と後尖の両端をクリップで留め、僧帽弁逆流を低下させる。

## 僧帽弁逸脱評価：術中

術中には手技のガイドとしてエコーが活躍する。透視画像がメインで $\alpha$ として存在するエコー画像ではなく、術野の大半がエコー画像である。X線透視画像では僧帽弁とクリップの位置関係が見えないので、位置決めにはエコー画像が欠かせない。3Dエコーで外科医がいつも見ている僧帽弁(Surgeon's View)を描出すると、前後、左右、上下の位置関係、そして前尖、後尖に対して直角かどうかしっかりと評価できる。これは2Dエコーでは評価できないので、3Dエコーガイドが必須であるといえる。さらに、3Dエコーを用いることで、2Dエコーのみに比べ留置にかかる時間を40分も短縮できるという報告もある。

## 最後に

インターベンション技術の進歩と共に、SHD治療における3Dエコーの有用性は日々高まっている。大動脈弁狭窄症の評価には正確な左室駆出量計測が重要で、HeartModel<sup>A.I.</sup>のような簡単・短時間・高い再現性の解析が役立つ。僧帽弁閉鎖不全症のMitraClip®留置では、3Dエコーがガイドとして必須である、という地位を確立しつつある。3Dエコーを臨床で有効活用し、エコーが信用されるモダリティーとしての地位を勝ち取れるよう努力していくことが重要だと考える。

製造販売業者

株式会社フィリップス エレクトロニクス ジャパン

〒108-8507 東京都港区港南2-13-37 フィリップスビル

お客様窓口 0120-556-494

03-3740-3213

受付時間 9:00~18:00 (土・日・祝祭日・年末年始を除く)

[www.philips.co.jp/healthcare](http://www.philips.co.jp/healthcare)



販売名：超音波画像診断装置 EPIQ/Affiniti  
医療機器認証番号：225ADBZX00148000  
管理医療機器 / 特定保守管理医療機器

965058K  
091605002-FK Printed in Japan

© 2016 Philips Electronics Japan, Ltd.