

心エコー図による肺高血圧症の評価について

要 旨

米国心エコー図学会 (American Society of Echocardiography : ASE) から, 心エコー図法による右心機能の評価方法が多数提言されて以来, 肺高血圧症における心エコー図による右心機能評価は一般化しつつある。それらの指標を用いたスクリーニング方法と重症度判定について, 欧州心臓病学会 (European Society of Cardiology : ESC) の肺高血圧症の診断と治療のガイドラインに則り, 解説する。

【日内会誌 107:202~207, 2018】

天野 裕久



Key words 肺高血圧症, 心エコー図, スクリーニング, 重症度評価, 予後予測

はじめに

肺高血圧症の診断, 重症度判定, 治療判定において, 右心カテテル法はゴールドスタンダードである。しかし, 右心カテテル法は, 侵襲度の面から頻繁に行うことは難しい。一方, 心エコー図は非侵襲的な検査法であり, 頻繁に行うことが可能だが, これまで右心機能の評価は困難とされてきた。しかし, 2010 年, 米国心エコー図学会 (American Society of Echocardiography : ASE) から, 心エコー図法による右心機能の評価方法が多数提言されて以来¹⁾, 肺高血圧症における心エコー図での右心機能評価は一般化しつつあり, 提言された評価方法と予後との関係についての報告もみられるようになった。現在, 肺高血圧症診療において, 心エ

コー図は, スクリーニングはもとより重症度診断, 薬剤投与後の経過観察等の面でも重要度が増している。2015年に発表された欧州心臓病学会 (European Society of Cardiology : ESC) の肺高血圧症の診断と治療のガイドライン²⁾では, スクリーニングと重症度判定において心エコー図の指標が取り上げられている。本稿では, 肺高血圧症診療における心エコー図によるスクリーニング方法と重症度判定について, ESCのガイドラインを中心に述べる。

1. スクリーニングについて

肺高血圧症診療においては, 診断・治療の遅れが予後を悪化させることから, より早期に診断し, より早期から十分な治療を行うことが重

獨協医科大学内科学 (心臓・血管)

Pulmonary Hypertension - Diagnosis and Treatment - Topics : I. Diagnosis and examination of pulmonary hypertension ; 2. Estimation by echocardiographic parameters in patients with pulmonary hypertension.

Hirohisa Amano : Department of Cardiovascular Medicine, Dokkyo Medical University, Japan.

表 下大静脈径と呼吸性変動（虚脱率）による右房圧の推定

下大静脈最大径 (cm)	虚脱率 (%)	推定右房圧 (mmHg)
≤2.1	>50	3
≤2.1	<50	8
>2.1	>50	15
>2.1	<50	15

右室流入波形の拘束パターン、右室流入波形E波と組織ドプラ法で測定した自由壁側三尖弁輪の移動速度e'を用いたE/e'の上昇(>6)、拡張期優位な肝静脈血流パターン等も高いRAPを示唆するため、参考にする。

要である。早期診断のためには、非侵襲的で簡便な心エコー図法の役割は大きい。心エコー図は肺高血圧症そのものの評価ばかりでなく、同時に左心機能や心内シャントの評価も可能であり、肺高血圧症のスクリーニングにおいて、なくてはならないツールとなっている。

実際の心エコー図によるスクリーニングでは、心臓への圧負荷・容量負荷に対応した形態的变化とドプラ法を用いた右心系の血行動態指標に注目する。形態的变化では、右室の拡大、高い右室圧による心室中隔の平坦化、慢性の心内圧の上昇による右室壁の肥厚や右房拡大や下大静脈拡大を観察する。血行動態指標では、連続波ドプラ法で得られる三尖弁逆流の最大血流速度(tricuspid regurgitant velocity: TRV)を用いて簡易ベルヌーイ式により、三尖弁逆流圧較差(tricuspid regurgitation pressure gradient: TRPG)を算出する(簡易ベルヌーイ式: $TRPG = 4 \times TRV^2$)。TRPGは右房-右室間の収縮期圧較差を意味するため、TRPGに推定右房圧を加えることで右室収縮期圧(right ventricular systolic pressure: RVSP)を推定することが可能である。また、右室流出路、肺動脈弁に狭窄がなければ、この値を推定肺動脈収縮期圧として扱うことができる。最近では、下大静脈径とその呼吸性変動(虚脱率)から推定する方法が一般的になりつつある(表)。表のように、この方法から推定

される右房圧(right atrial pressure: RAP)は3 mmHg, 8 mmHg, 15 mmHgと大まかな数値であり、正確な圧を反映していないとの指摘もあるが³⁾、簡便でわかりやすいため使われることが多い。

ESCのガイドラインでは、肺高血圧症のスクリーニングにおいて、よりシンプルにTRVを用いることを推奨している。このガイドラインでは、症状があり、肺高血圧症が疑われる患者において、TRV値と“肺高血圧を示唆する他の所見”の有無とを組み合わせ、肺高血圧症の可能性を3段階に分けている。

1. 可能性が低い: TRV ≤ 2.8 m/secで、肺高血圧症を示唆する他の所見を認めない場合。

2. 可能性が中等度: TRV ≥ 2.8 m/secで、肺高血圧を示唆する他の所見を認める場合、あるいは、肺高血圧を示唆する他の所見を認めないが、TRV = 2.9 ~ 3.4 m/secである場合。

3. 可能性が高い: TRV = 2.9 ~ 3.4 m/secで、肺高血圧を示唆する他の所見を認める場合と、肺高血圧を示唆する他の所見の有無にかかわらず、TRV > 3.4 m/secである場合。

“肺高血圧を示唆する他の所見”は、A: 心室、B: 肺動脈、C: 下大静脈と右房、の3部位にみられる特徴的な所見に注目する。

A: 心尖部四腔像(apical 4 chamber view)で計測した右室基部径/左室基部径 > 1.0を認める。心室中隔の平坦化(flattening)がみられる。左室の扁平化を表すeccentricity indexが(左

室前壁-後壁径)/(左室中隔-側壁径) > 1.1。

B: 肺動脈ではパルスドプラ法を用いた右室流出路波形の開始から最大流速までの加速時間(acceleration time: AcT)の短縮(< 105 msec)や同波形の収縮中期notchがみられる(図4)。肺動脈弁逆流の拡張早期血流速度の上昇(> 2.2 m/sec)を認める。肺動脈径の拡大(> 25 mm)が挙げられている。

C: 下大静脈と右房では、呼吸性変動低下を伴う下大静脈径拡大(> 21 mm)と収縮末期の

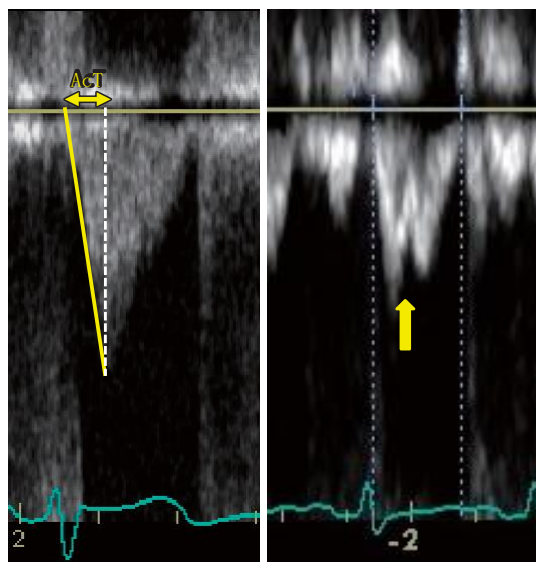


図1 右室流出路波形でみられる
“肺高血圧を示唆する他の所見”

左：右室流出路波形の開始から最大流速までのAcTを計測する。

右：収縮中期 notch がみられる（矢印）。

右房面積の拡大（ $>18\text{ cm}^2$ ）が示されている。

これらの所見とTRVから、肺高血圧症の可能性を総合的に判断するが、所見を組み合わせることにより、見逃し防止効果を高められると考えられる。この心エコー図によるスクリーニングで、肺高血圧症の可能性が高ければ、速やかに専門施設への紹介、右心カテーテル法を考慮する。

2. 重症度判定・予後予測のための 右心機能評価

心エコー図からTRPG+RAPで収縮期肺動脈圧あるいはRVSPを推定することができ、肺高血圧症患者においてしばしば計測される。しかしながら、重症肺高血圧症では、長期の右室負荷により右心不全を呈する。右心不全では心拍出量、肺動脈血流量が減少するため、肺動脈圧は頭打ち、もしくは低下するため、肺動脈圧は重

症度診断に用いられない。

ESCのガイドラインにおける予後予測のための重症度判定では、1年後の死亡率をもとに重症度を低リスク、中等度リスク、高リスクの3段階に分類されている。重症度を判定するための評価項目のうち、心エコー図の指標は右房面積と心嚢液貯留の有無が用いられる。右房面積 $<18\text{ cm}^2$ で、心嚢液がなければ低リスク、右房面積 $18\sim26\text{ cm}^2$ で、心嚢液がない、もしくはごく少量であれば中等度リスク、右房面積 $>26\text{ cm}^2$ 、心嚢液貯留がみられれば高リスクに分類される。また、右心カテーテル法による血行動態指標では、RAPと心係数（cardiac index：CI）が用いられる。これらの指標を心エコー図の指標に直接当てはめることはできないが、ASEのガイドラインでは、RAPの推定指標として、下大静脈径と呼吸性変動を使用した前述（表）の推定方法を推奨している。

また、CIは心拍出量（cardiac output：CO）を体表面積で除した係数であるが、ここではCOと同義と考える。COは右室収縮機能以外にも右室の前負荷、後負荷の影響を受けるが、ASEのガイドラインでは心エコー図による右室収縮機能の評価方法として、以下の4つの指標が推奨されている。

1) 三尖弁輪収縮期移動距離（tricuspid annular plane systolic excursion：TAPSE）

心尖部四腔像で自由壁側三尖弁輪をMモードで描出し、その移動距離を計測する（図2）。16mm未満で右室収縮機能低下と判断する。

2) 三尖弁輪収縮期最大移動速度（S'）

四腔断面像で、組織ドブラ法にて自由壁側の三尖弁輪の収縮期最大移動速度を計測する（図3）。10cm/s以下で右室収縮機能低下と判断する。

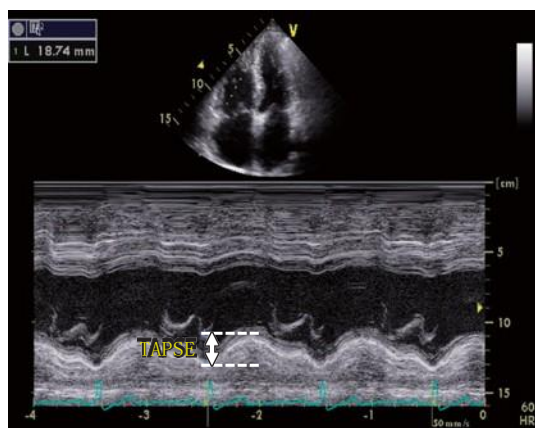


図2 TAPSE の計測

心尖部四腔像で自由壁側三尖弁輪をMモードで描出し、その移動距離を計測する。

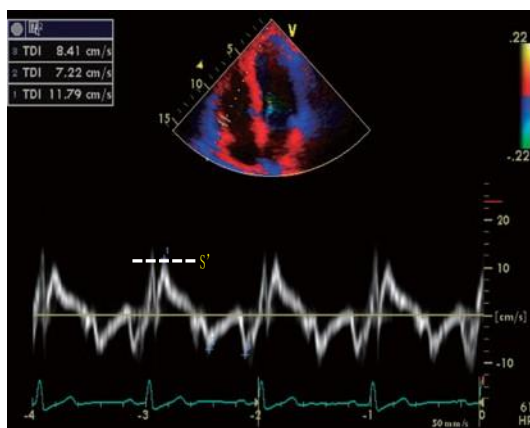


図3 S' の計測

四腔断面像で、組織ドプラ法にて自由壁側の三尖弁輪の収縮期最大移動速度を計測する。

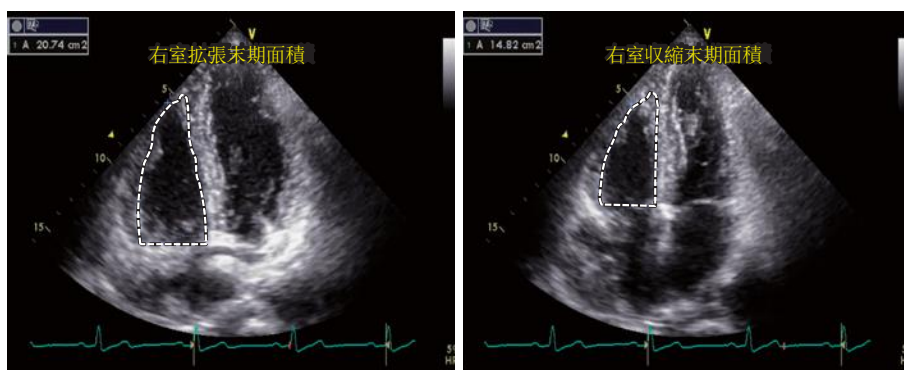


図4 RVFAC の測定

心尖部四腔像で右室拡張末期面積と右室収縮末期面積を計測し、(右室拡張末期面積－右室収縮末期面積) / 右室拡張末期面積×100 (%) の式で計算する。

3) 右室内腔面積変化率 (right ventricular fractional area change : RVFAC)

心尖部四腔像で右室拡張末期面積と右室収縮末期面積を計測し、(右室拡張末期面積－右室収縮末期面積)/右室拡張末期面積×100 (%) の式で計算する (図4)。35%以下を右室収縮機能低下とする。

4) Tei index

心室の収縮機能、拡張機能を総合的に反映す

るとされる指標であり、等容収縮期 (isovolumic contraction time : ICT)、等容拡張期 (isovolumic relaxation time : IRT)、駆出時間 (ejection time : ET) から、 $Tei\ index = (ICT - IRT) / ET$ の式で算出される (図5)。RV Tei index 0.40 以上で右室機能の低下が疑われる。

我々が肺高血圧症患者23例において、これら4つの心エコー図指標と心プールシンチグラフィにおける右室駆出率 (right ventricular ejection fraction RVEF) との関係を検討したところ、RV Tei indexが最もRVEFと強い相関関係を示し

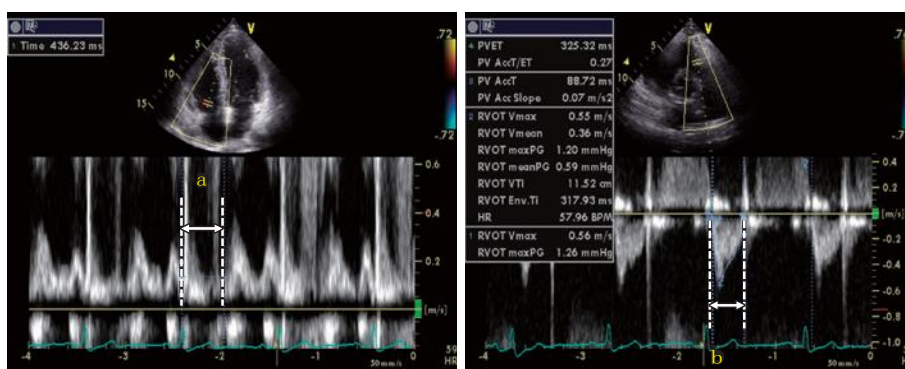


図5 RV Tei index の計測

心尖部四腔断面像で計測した右室流入血流速度波形の終点から始点までの時間 (a)，胸骨左縁短軸像で計測した右室流出血流速度波形の持続時間 (b) から、RV Tei index = (a - b) / b の式で算出する。

た。さらに、receiver operating characteristic (ROC) 解析によると、RVEF ≤ 35% を予測するRV Tei indexは0.37 以上であった (area under the curve 0.768, 感度0.857, 特異度0.667) ⁴⁾。

肺高血圧症の重症度の判定ばかりでなく、経過観察においても、これらの指標を総合的に評価することで、病態の変化をいち早く把握でき、予後予測も可能となると考えられる。

3. 今後期待される評価法・トピック

1) 運動負荷心エコー図

血管床の大きさもあって、肺動脈では容易に肺動脈圧が上昇しないものの、肺血管床が障害され始めた初期の肺高血圧症では、運動負荷により肺動脈圧は上昇しやすいとされる。運動負荷直後に心エコー図で推定肺動脈収縮期圧を測定することにより、肺高血圧症疑い症例の診断に有用との報告もある⁵⁾。これまで以上に早期での肺高血圧症の診断が可能になることが期待される。

2) RV strain

右室心筋の局所機能を評価する指標で、ス

ペックルトラッキング法で測定される。スベックルトラッキング法は、心筋の微小斑点 (スベックル) の移動距離と移動速度を測定する方法。右室自由壁心筋の長軸方向の移動に注目したRV free wall longitudinal strainは、肺高血圧症の予後との関連が示唆されている⁶⁾。

3) 3 次元心エコー図

3 次元心エコー図によるRVEFと肺高血圧症の予後規定因子とされる心臓MRIのRVEF⁷⁾との強い関係が示唆され⁸⁾、今後、期待される評価指標である。

4) 左室機能

肺高血圧症における右心系の負荷は、左心機能にも影響を及ぼす。我々の肺高血圧患者11例を対象とした検討では、肺血管拡張薬による治療後のRVSPの変化率は左室流出路血流時間速度積分値 (left ventricular outflow tract velocity time integral : LVOT-VTI)、僧帽弁血流時間速度積分値 (mitral valve velocity time integral : MV-VTI)、拡張早期僧帽弁輪移動速度 (E') それぞれの変化率とが負の相関を示したことから、肺高血圧症においては、右心負荷が左室拡張機能、左室流入に影響を及ぼすことが示唆され

た⁹⁾。左心機能への影響が肺高血圧患者の予後にどう関係するかは、今後の課題である。

おわりに

心エコー図は形態的評価には優れているが、血行動態評価においてはあくまで推定方法であるため、要所では右心カテーテル法を行う必要

がある。心エコー図によるさまざまな肺高血圧、右心機能の評価方法が提言され、心エコー図の重要性は増大しつつある。今後も心エコー図の非侵襲性や簡便さを生かした、さらなる有用な評価指標が現れることを期待したい。

著者のCOI (Conflicts of Interest) 開示: 本論文発表内容に関連して特に申告なし

文献

- 1) Rudski LG, et al : Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults : A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 23 : 685-713, 2010.
- 2) Galiè N, et al : 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension : The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS) : Endorsed by : Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC) , International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) . Eur Heart J 37 : 67-119, 2016.
- 3) Fisher MR, et al : Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. Am J Respir Crit Care Med 179 : 615-621, 2009.
- 4) Amano H, et al : Comparison of echocardiographic parameters to assess right ventricular function in pulmonary hypertension. Heart Vessels, 2017. doi : 10.1007/s00380-017-0991-6 [Epub ahead of print] .
- 5) Suzuki K, et al : Simple exercise echocardiography using a Master's two-step test for early detection of pulmonary arterial hypertension. J Cardiol 62 : 176-182, 2013.
- 6) Fine NM, et al : Outcome prediction by quantitative right ventricular function assessment in 575 subjects evaluated for pulmonary hypertension. Circ Cardiovasc Imaging 6 : 711-721, 2013.
- 7) van de Veerdonk MC, et al : Progressive right ventricular dysfunction in patients with pulmonary arterial hypertension responding to therapy. J Am Coll Cardiol 58 : 2511-2519, 2011.
- 8) Marcus JT, et al : Interventricular mechanical asynchrony in pulmonary arterial hypertension : left-to-right delay in peak shortening is related to right ventricular overload and left ventricular underfilling. J Am Coll Cardiol 51 : 750-757, 2008.
- 9) Amano H, et al : Left ventricular function in pulmonary hypertension. Heart Vessels 28 : 505-509, 2013.