



Peut-on mesurer de façon fiable les pressions pulmonaires en écho-Doppler ?

C. Selton-Suty, L. Filippetti, A. Guillaumot, A. Chaouat, F. Chabot, Y. Juillière, O. Huttin

► To cite this version:

C. Selton-Suty, L. Filippetti, A. Guillaumot, A. Chaouat, F. Chabot, et al.. Peut-on mesurer de façon fiable les pressions pulmonaires en écho-Doppler ?. Archives des Maladies du Cœur et des Vaisseaux - Pratique, 2020, 2020, pp.3 - 9. <10.1016/j.amcp.2020.10.002>. <hal-03493842>

HAL Id: hal-03493842

<https://hal.science/hal-03493842v1>

Submitted on 16 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

AMCP_293 / DOSSIER / MISE AU POINT

Peut-on mesurer de façon fiable les pressions pulmonaires en écho-Doppler ?

How reliable is echo-derived measurement of pulmonary pressure reliable?



C. Selton-Suty^a, L. Filippetti^a, A. Guillaumot^b, A. Chaouat^b, F. Chabot^b, O. Huttin^a et toute l'équipe du centre de compétence de l'hypertension pulmonaire du CHU de Nancy

- a. Service de cardiologie, Centre hospitalier universitaire régional, hôpitaux de Brabois, rue du Morvan, 54511 Vandoeuvre-Lès-Nancy, France
- b. Service de pneumologie, Centre hospitalier universitaire régional, hôpitaux de Brabois, rue du Morvan, 54511 Vandoeuvre-Lès-Nancy, France

c.selton-suty@chru-nancy.fr

La question même de la fiabilité des mesures de pressions pulmonaires en écho peut paraître surprenante tant nous, cardiologues, utilisons l'échocardiographie au quotidien pour ce faire ! Nous avons tous parfaitement intégré la notion que notre « mesure échocardiographique » n'est en fait qu'une estimation du niveau de pression, mais considérons tous peu ou prou que cette estimation est suffisamment fiable (sous réserve de l'obtention d'un flux d'insuffisance tricuspide de bonne qualité) pour nous aider dans la prise en charge quotidienne de nos patients cardiaques de tous types en appréciant par ce biais la tolérance hémodynamique de leurs cardiopathies. Mais dans ces conditions, pourquoi donc se poser la question de la fiabilité de cet outil du quotidien ?

L'exactitude de l'estimation des pressions pulmonaires en écho nécessite de bons réglages des échelles et des gains.

Comment estimons-nous les pressions pulmonaires ?

L'estimation de la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPs) à partir du flux d'insuffisance tricuspide (IT) fait partie intégrante de tout examen échocardiographique. A

partir de la vitesse maximale de l'IT et en appliquant le principe de Bernoulli, on peut ainsi estimer le gradient de pression entre le ventricule droit et l'oreille droite. En ajoutant l'estimation de la pression auriculaire droite (POD) à ce gradient, on estime la PAPs en l'absence de sténose pulmonaire (*Fig. 1*). L'estimation de la PAPs nous permet ensuite d'approcher la PAP moyenne, ainsi que la PAP diastolique, car ces différentes pressions sont reliées par des relations linéaires quasi parfaites. Par des formules simples telles que celle de Chemla ($PAPm = 0.61 \times PAPs + 2$), on peut donc estimer la PAPm. Une autre approche consiste à mesurer le gradient moyen du flux d'IT (en traçant le contour) et à y ajouter l'estimation de la POD (*Fig. 1*). En l'absence de flux d'IT de qualité suffisante, l'enregistrement du flux d'insuffisance pulmonaire (IP) permet aussi d'estimer la PAPd à partir du gradient télédiastolique et la PAPm à partir du gradient protodiastolique et d'utiliser la formule empirique $PAPs = 3 \text{ PAPm} - 2 \text{ PAPd}$ pour obtenir la PAPs. Enfin, la morphologie du flux sous pulmonaire et notamment son temps d'accélération raccourci ($< 100 \text{ ms}$), tout comme l'allongement ($> 70 \text{ ms}$) du temps de relaxation isovolumique (entre la fin de l'onde S et le début de l'onde E) en Doppler tissulaire enregistré à l'anneau tricuspide sont des moyens indirects de suspecter une élévation des pressions pulmonaires.

Dans quelles circonstances estimons-nous la PAP et qu'en attendons-nous ?

Globalement, dans ce contexte d'estimation des pressions pulmonaires, on peut séparer notre population de patients en trois groupes.

- Tout d'abord, un premier groupe de patients qui ont des échos pour des symptômes divers et variés, ou pour des bilans systématiques dans le cadre de pathologies extracardiaques, ou de pratique sportive, etc... Dans ce cadre d'échos de dépistage, l'estimation de la PAP doit nous permettre de différencier les patients avec des pressions droites « normales » (PAPm estimée inférieure à 20 mm Hg, si l'on en croit les dernières recommandations [1] de ceux qui ont des pressions droites élevées chez qui le bilan devra être poursuivi.
- Le deuxième grand groupe intègre les patients cardiaques, c'est-à-dire avec une pathologie connue, le plus souvent du cœur gauche, myocardique ou valvulaire, et chez lesquels la mesure de la PAP est un reflet de la tolérance hémodynamique de la cardiopathie en question. Si les pressions pulmonaires sont élevées, il s'agit dans ce cadre essentiellement d'une élévation d'origine post capillaire.
- Enfin, un troisième groupe, beaucoup plus limité car représentant moins de 5 % des cas d'hypertension pulmonaire dans un grand laboratoire d'échocardiographie [2], concerne les patients avec hypertension pulmonaire d'origine non cardiaque, le plus souvent d'origine pré-capillaire. Au sein de ce groupe, les hypertensions artérielles pulmonaires nécessitent d'être diagnostiquées le plus précocement possible pour justifier de thérapeutiques ciblées et ainsi améliorer leur pronostic et doivent donc être dépistées par l'échocardiographie.

Nous attendons donc de l'échocardiographie qu'elle soit discriminante pour le diagnostic de la normalité et qu'elle nous permette d'apprécier la sévérité et de suivre l'évolution d'une pathologie ainsi que la réponse à ses traitements spécifiques.

Les estimations que nous faisons sont-elles exactes ?

La question de la fiabilité de nos estimations vient en fait du domaine de l'hypertension artérielle pulmonaire. Ce sont des études réalisées sur ces populations si particulières qui sont suivies très régulièrement par cathétérisme qui ont jeté le discrédit sur l'échocardiographie il y a une vingtaine d'années. Elles ont comparé les chiffres de pression pulmonaire estimés en échographie à ceux mesurés par le cathétérisme chez des mêmes patients [3]. Or, malgré des corrélations significatives entre hémodynamique et écho, la concordance entre les différentes mesures telle qu'évaluée par la méthode de Bland et

Altman s'est avérée imparfaite. Selon les séries, les limites d'agrément pouvaient atteindre 30, voire 40 mm Hg de part et d'autre de la moyenne. Certains auteurs rapportaient des discordances entre écho et hémodynamique de plus de 10 mm Hg dans plus de la moitié des cas.

Bien évidemment, ces résultats doivent être tempérés. La plupart de ces études émanent donc de séries pneumologiques, ce qui ne correspond pas à notre quotidien en échocardiographie. Elles ont inclus soit des patients insuffisants respiratoires, dont on connaît la mauvaise échogénicité, soit des patients issus de registres d'hypertension artérielle pulmonaire avec des échographies souvent enregistrées par des techniciens d'écho et relues par des médecins de manière non spécifiquement dirigée sur le cœur droit. Dans la plupart de ces séries, un délai relativement long s'est écoulé entre l'échocardiographie et le cathétérisme et on sait que la PAP est fluctuante avec le temps. Enfin, bon nombre de ces études ont inclus de manière quasi exclusive des patients avec élévation importante des pressions pulmonaires, et non des sujets avec un large intervalle de niveau de pression, ce qui limite la diffusion de leurs résultats à la population générale. Ces différents éléments expliquent probablement une partie de ces discordances.

D'ailleurs, d'autres études ont montré que lorsque les mesures sont effectuées de manière quasi simultanée et par des cardiologues experts, l'intervalle de limites d'agrément diminue, même s'il reste encore de l'ordre de 20 mm Hg [4].

L'échocardiographie a aussi été critiquée dans son rôle de dépistage dans des populations à risque d'HTAP (sclérodermie [5], VIH, drépanocytose) ; on lui a reproché sa faible valeur prédictive positive, c'est-à-dire d'avoir suspecté par excès le diagnostic d'HTAP qui a été infirmé par le cathétérisme ensuite. Or, il me semble que c'est justement le principe du dépistage de trier les patients qui nécessiteront des investigations plus poussées pour préciser le diagnostic. Ce qu'il faut plutôt retenir de ces études est que l'échocardiographie a permis d'éviter un cathétérisme à plus de 90 % des patients de ces cohortes et il est fort probable qu'ils nous en sont reconnaissants !!

Comment pouvons-nous améliorer la fiabilité de nos estimations ?

A la suite de ces controverses sur l'exactitude des estimations échocardiographiques, diverses équipes ont analysé les discordances afin d'en comprendre les mécanismes. Tout le problème réside dans la qualité de l'enregistrement du flux d'IT. En effet, une enveloppe insuffisamment définie est responsable d'une grande partie des sous-estimations et, *a contrario*, une partie des surestimations est liée à la prise en compte des franges d'un flux « baveux » turbulent et non du contour du flux modal. Il a d'ailleurs été démontré que les surestimations sont plus fréquentes en cas de fuite tricuspide sévère, responsable d'un flux turbulent avec une enveloppe au contour beaucoup moins net, qu'en cas de fuite modérée [6].

Par ailleurs, l'expérience du relecteur d'écho (ou de l'échocardiographe en France) est bien évidemment primordiale. Ainsi, des mêmes images enregistrées par des techniciens d'écho ont été interprétées une première fois au moment de leur réalisation dans le cadre du fonctionnement standard du laboratoire d'échocardiographie, puis une deuxième fois par un fellow dédié à cette étude et une troisième fois par un expert [7]. Ceci a permis de passer le coefficient de corrélation entre hémodynamique et échocardiographie de 0.84 à 0.96 et de réduire l'intervalle des limites d'agrément de $[-33.7 \pm 33.3]$ à $[-12.6 \pm 19.3]$ au prix d'une diminution de 10 % du pourcentage d'IT considérées comme interprétables. De plus, le fait d'utiliser des incidences différentes (parasternale grand axe centré sur les cavités droites, parasternale petit axe, apicale 4 et 2 cavités, et sous costale) pour effectuer la mesure de la vitesse maximale de l'IT améliore l'aire sous la courbe de 0.85 à 0.89 et la sensibilité de 80 à 87 % sans baisser la spécificité qui reste élevée à 91 % pour la détection d'HTP en comparaison à l'hémodynamique [8].

Enfin, l'une des grandes sources d'erreur dans l'estimation des pressions pulmonaires est l'appréciation de la pression auriculaire droite, dont on ne peut qu'admettre qu'elle manque de précision en échocardiographie [9]. Nul doute que les années à venir verront se

développer des algorithmes prenant en compte non seulement la veine cave inférieure mais aussi le flux tricuspide, le Doppler tissulaire à l'anneau, la morphologie et la fonction de l'oreillette droite qui permettront une meilleure précision.

Soyons donc rigoureux et exigeants sur la qualité de nos flux d'IT, enregistrés en optimisant les réglages d'échelle et de gain, à partir de plusieurs incidences et sur la précision des mesures effectuées à partir des images enregistrées afin de contrer les critiques de ceux qui font les cathétérismes droits.

Le cathétérisme droit est-il réellement le gold standard de l'évaluation des pressions pulmonaires ?

Le cathétérisme droit reste à l'heure actuelle incontournable dans la prise en charge d'une suspicion d'hypertension artérielle pulmonaire. Néanmoins, comme toute technique, il a ses limites. Ainsi, une mauvaise position du zéro peut entraîner elle aussi des variations significatives du niveau de pression avec à la clé de mauvaises « classifications » cliniques des patients. Mais surtout l'estimation de la pression télédiastolique ventriculaire gauche à partir de la pression artérielle pulmonaire d'occlusion est sujette à un certain nombre d'erreurs. Ainsi, Halpern en 2009, qui a comparé les mesures de PTDBG faites par cathétérisme gauche avec l'estimation faite par la PAPO chez quasiment 4000 patients, montre des erreurs de classification en HTAP pré- ou postcapillaire dans quasi 50 % des cas [10].

Rappelons aussi que, dans l'hypertension pulmonaire post capillaire du groupe 2 et dans l'insuffisance cardiaque en général, il a été montré que le traitement guidé par le cathétérisme droit n'apportait aucun bénéfice par rapport à une prise en charge standard, voire même induisait une morbidité propre avec plus d'infections et une durée d'hospitalisation plus longue. Ainsi, l'ensemble de la prise en charge et du suivi hémodynamique de l'insuffisance cardiaque passe à l'heure actuelle uniquement par l'échocardiographie.

La valeur exacte de la PAP est-elle réellement importante ?

Au vu de toutes ces études qui mettent en évidence les limites des différentes techniques utilisées pour évaluer le niveau de pressions pulmonaires et le caractère pré- ou post-capillaire d'une hypertension pulmonaire, il faut absolument repositionner cette simple mesure au cœur de tout un faisceau de paramètres qui permettent d'analyser l'ensemble de la circulation pulmonaire, du cœur droit et leur complexe relation. Or, l'écho a cet immense avantage d'être la seule technique qui permet d'approcher de manière complète non seulement la circulation pulmonaire, mais aussi la morphologie et la fonction du ventricule droit et de l'oreillette droite, et bien évidemment, le cœur gauche.

Ainsi, dans l'étude de la circulation pulmonaire, il est indispensable d'aller plus loin que la simple l'estimation de la PAP systolique et moyenne à partir du flux d'IT. Dans ce cadre, le flux sous pulmonaire est une véritable fenêtre sur la circulation pulmonaire et nous apporte nombre de renseignements intéressants. Sa morphologie est un premier élément d'information : un pic précoce, un temps d'accélération court, un crochetage de sa portion ascendante sont autant d'arguments pour une élévation de la post charge ventriculaire droite. En effet, ce crochetage est lié à l'onde de réflexion du flux pulmonaire, c'est-à-dire au flux renvoyé par les bifurcations d'un réseau vasculaire trop rigide. De plus, en traçant son enveloppe, on obtient l'intégrale temps vitesse qui est un reflet du débit cardiaque, au même titre que l'enveloppe du flux sous aortique et qui doit nous interpeller dès lors qu'elle est inférieure à 14. Enfin, le rapport de la vitesse maximale de l'IT sur l'ITV sous-pulmonaire permet d'approcher les résistances vasculaires pulmonaires (RVP) qui sont un des éléments nécessaires à la classification du type d'hypertension pulmonaire. Les RVP sont *a priori* élevées (donc en faveur d'une composante précapillaire) si le rapport $V_{max} IT / ITV$ sous pulmonaire est supérieur à 2 (Fig. 2). Ce simple flux nous permet donc de supposer une

élévation des pressions pulmonaires, de cerner son origine pré ou post capillaire et d'en apprécier la tolérance hémodynamique sur le débit cardiaque et il faut donc absolument prendre l'habitude de l'enregistrer et de l'étudier !

L'échographie permet aussi d'étudier le cœur droit, ses variations morphologiques avec son degré de dilatation face à une hypertension pulmonaire, mais aussi ses variations de fonction. Du TM au 2D au 3D en passant par le DTI et l'analyse de la déformation myocardique, nous disposons de nombreux paramètres, certes imparfaits notamment en raison de leur sensibilité aux variations de charge, mais qui nous permettent de faire un bilan de la fonction du VD (*Fig. 3*). Nul doute que l'avenir avec l'automatisation des acquisitions et des mesures en échographie tridimensionnelle en fera un outil ultraperformant au même titre que l'IRM, non seulement pour évaluer des volumes et de la fraction d'éjection du ventricule droit, mais aussi pour approcher l'élastance artérielle pulmonaire et ventriculaire et le couplage ventricule droit-artère pulmonaire à partir de l'acquisition combinée des volumes et des pressions. D'ailleurs, de nombreuses études rapportent déjà l'intérêt de paramètres combinés estimant d'un côté la fonction, de l'autre la postcharge (tels que TAPSE/PAPs ou strain/PAPs) pour mieux apprécier le couplage ventriculo-artériel.

C'est ainsi que les échocardiographistes, au terme de l'évaluation complète de l'unité cardiopulmonaire, au repos et éventuellement à l'effort, seront tout à fait capables d'aller au-delà de la simple mesure de la PAP pour évaluer le « cœur droit » de leurs patients et orienter la prise en charge thérapeutique. Ainsi, une étude récente a bien montré que le fait de prendre en compte de multiples paramètres à la fois cliniques et échocardiographiques améliorait la sensibilité et la spécificité de l'échocardiographie pour le diagnostic de l'hypertension pulmonaire [11]. De même, une approche multiparamétrique, reposant à la fois sur la clinique, les paramètres biologiques et sur différentes techniques (cathétérisme, échocardiographie, évaluation à l'effort) est préconisée dans les recommandations pour estimer le risque des patients avec hypertension artérielle pulmonaire.

En conclusion

En tant qu'échocardiographiste, il nous paraît donc évident de penser que l'échocardiographie est largement suffisante dans la plupart des cas pour apprécier de manière suffisamment fiable les pressions pulmonaires et surtout ne pas faire d'erreurs thérapeutiques à partir de nos résultats, sous réserve bien évidemment d'une qualité correcte de l'échocardiographie.

Dans certaines situations très particulières et notamment dans le dépistage d'hypertension artérielle pulmonaire chez des sujets à risque, sclérodermie ou autres, la limite entre écho normale et pathologique peut être ténue et il ne faut alors pas hésiter à avoir recours au cathétérisme et à d'autres imageries pour prendre une décision de thérapies spécifiques de l'HTAP si besoin et ceci sans fausse honte puisque l'impact du diagnostic précoce est particulièrement important pour le patient. Il faut néanmoins vraiment insister sur le fait que ces situations particulières ne représentent qu'une portion infime de notre activité.

C'est donc en totale confiance que nous pouvons continuer à estimer les pressions pulmonaires à partir d'un flux d'IT, en faisant particulièrement attention à la qualité de l'enregistrement du flux et à la précision de nos mesures et en prenant en compte l'ensemble des paramètres morphologiques et fonctionnels du ventricule droit et de l'oreillette droite qui permettront de replacer ces valeurs de pression dans leur contexte d'unité cardiopulmonaire. Dans le microcosme très spécifique de l'HTAP, le cathétérisme reste utile à l'heure actuelle avant la mise en route de thérapies spécifiques, coûteuses et qui peuvent être nocives si elles sont utilisées dans d'autres classes d'hypertension pulmonaire, notamment les post capillaires. L'avenir nous montrera probablement que, une fois les réticences et les incompréhensions des pneumologues et « cathétériseurs » levées, l'échocardiographie est tout à fait à même de gérer le suivi de ces patients très spécifiques, tout comme c'est le cas pour l'immense population de tous les autres patients avec hypertension pulmonaire.

A retenir

- L'exactitude de l'estimation des pressions pulmonaires en écho nécessite de bons réglages des échelles et des gains, un enregistrement du flux en plusieurs incidences pour obtenir un alignement parfait et une mesure soigneuse de la vitesse maximale et moyenne du flux.
- L'interprétation des valeurs de pressions pulmonaires passe par une analyse complète de l'unité cardiopulmonaire, à savoir une évaluation complète du cœur gauche, une analyse de la morphologie et de la fonction du ventricule droit et de l'oreillette droite ainsi qu'une évaluation hémodynamique prenant en compte le débit cardiaque et l'estimation des résistances vasculaires pulmonaires.
- Au terme de cette analyse complète et rigoureuse, l'échocardiographiste doit pouvoir conclure sur l'existence (ou tout au moins la forte probabilité, pour les valeurs un peu limites) d'une élévation des pressions pulmonaires, et donner son avis sur l'origine post- ou pré-capillaire de celle-ci.

En pratique :

L'échocardiographiste doit pouvoir conclure sur l'existence ou la forte probabilité d'une élévation des pressions pulmonaires et donner son avis sur son origine post- ou pré-capillaire.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Simonneau G, Montani D, Celermajer DS, et al. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension. Eur Respir J 2019;53:1801913.
- [2] Strange G, Playford D, Stewart S, et al. Pulmonary hypertension: prevalence and mortality in the Armadale echocardiography cohort. Heart 2012;98:1805-11.
- [3] Rich JD, Shah SJ, Swamy RS, Kamp A, Rich S. Inaccuracy of Doppler echocardiographic estimates of pulmonary artery pressures in patients with pulmonary hypertension: implications for clinical practice. Chest 2011;139:988-93.
- [4] D'Alto M, Romeo E, Argiento P, et al. Accuracy and precision of echocardiography versus right heart catheterization for the assessment of pulmonary hypertension. Int J Cardiol 2013;168:4058-62.
- [5] Hachulla E, Gressin V, Guillemin L, et al. Early detection of pulmonary arterial hypertension in systemic sclerosis: a French nationwide prospective multicenter study. Arthritis Rheum 2005;52:3792-800.
- [6] Hioka T, Kaga S, Mikami T, et al. Overestimation by echocardiography of the peak systolic pressure gradient between the right ventricle and right atrium due to tricuspid regurgitation and the usefulness of the early diastolic transpulmonary valve pressure gradient for estimating pulmonary artery pressure. Heart Vessels 2017;32:833-42.
- [7] Amsallem M, Sternbach JM, Adigopula S, et al. Addressing the Controversy of Estimating Pulmonary Arterial Pressure by Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2016;29:93-102.
- [8] Schneider M, Pistritto AM, Gerges C, et al. Multi-view approach for the diagnosis of pulmonary hypertension using transthoracic echocardiography. Int J Cardiovasc Imaging 2018;34:695-700.

- [9] Magnino C, Omedè P, Avenatti E, et al. Inaccuracy of Right Atrial Pressure Estimates Through Inferior Vena Cava Indices. *Am J Cardiol* 2017;120:1667-73.
- [10] Halpern SD, Taichman DB. Misclassification of pulmonary hypertension due to reliance on pulmonary capillary wedge pressure rather than left ventricular end-diastolic pressure. *Chest* 2009;136:37-43.
- [11] Broderick-Forsgren K, Davenport CA, Sivak JA, et al. Improving on the diagnostic characteristics of echocardiography for pulmonary hypertension. *Int J Cardiovasc Imaging* 2017;33:1341-9.

Figure 1. Enregistrement du flux d'IT avec mesure de sa vitesse maximale et de son gradient moyen.

Figure 2. Estimation des résistances vasculaires pulmonaires à partir du flux sous-pulmonaire et du flux d'insuffisance tricuspide (un rapport > 0.2 est en faveur d'une élévation de celles-ci).

Figure 3. Analyse de la fonction ventriculaire droite par la mesure du TAPSE, de l'onde S, de l'indice de Tei, de la fraction de raccourcissement en surface du VD, du dP/dt à partir du flux d'insuffisance tricuspide, de la FEVD en 3D et du strain de la paroi latérale et inférieure du VD (de haut en bas et de droite à gauche).

Figure 1.

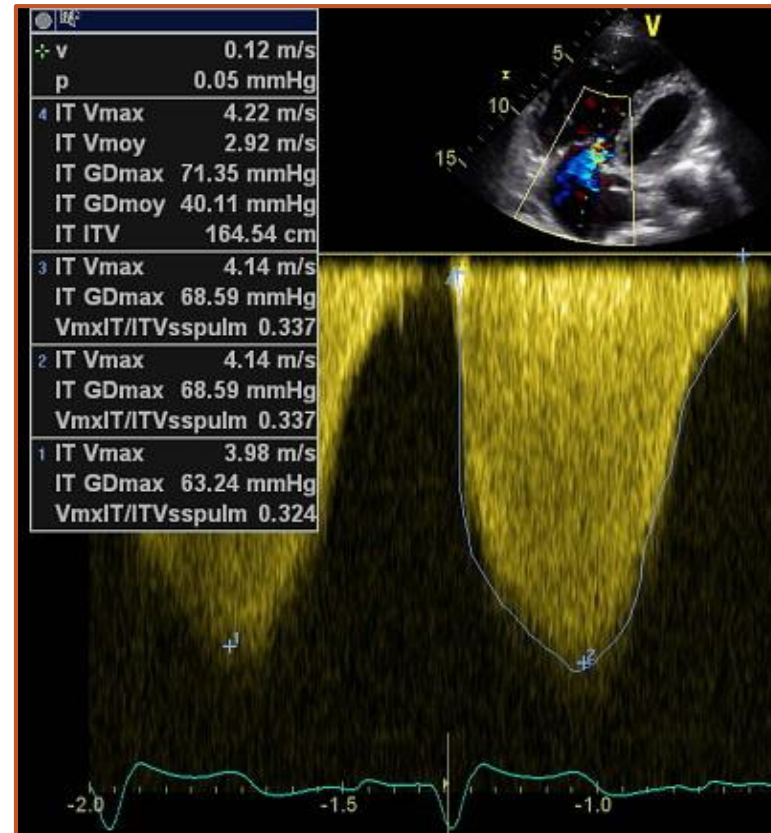


Figure 2.

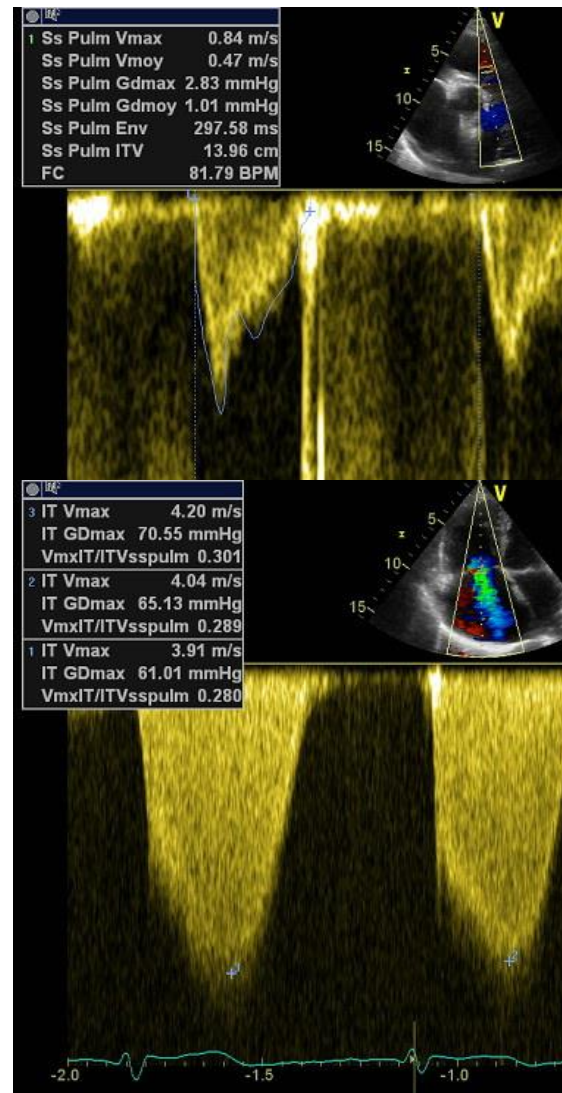


Figure 3.

