

Evaluation de la fonction ventriculaire droite

RÉSUMÉ : L'analyse de la fonction ventriculaire droite est devenue une nécessité absolue dans l'évaluation des cardiopathies et du retentissement de l'hypertension pulmonaire.

L'échographie cardiaque est un outil simple et accessible pour évaluer la fonction VD en pratique courante. Elle permet l'analyse morphologique des cavités droites à la recherche d'une dilatation OD, VD et l'analyse de l'interdépendance VD/VG. La fonction systolique VD est évaluée au mieux par la fraction de raccourcissement de surface VD, l'analyse de la contraction longitudinale du VD par le TAPSE et/ou le pic de S à l'anneau tricuspide en Doppler tissulaire.

L'évaluation des pressions pulmonaires est une étape indispensable de l'analyse de la fonction VD ; l'analyse du flux d'insuffisance tricuspide est le paramètre le plus simple pour la détermination des pressions pulmonaires systoliques. L'analyse fine d'une atteinte intrinsèque du VD est au mieux réalisée par IRM cardiaque.



→ **B. KURTZ, F. BAUER**

Hôpital de Jour d'Insuffisance Cardiaque et Centre de Compétence Hypertension Pulmonaire
Inserm U644
Service de Cardiologie,
CHU Charles-Nicolle, ROUEN.

L'analyse de la fonction ventriculaire droite (VD) est devenue une nécessité dans de nombreuses situations cardiologiques et non cardiologiques, car l'apparition d'une dysfonction ventriculaire droite est un facteur pronostique majeur dans un grand nombre de cardiopathies. Toutefois, l'analyse de la fonction ventriculaire droite reste un challenge pour le cardiologue dans la pratique courante en raison de son anatomie très particulière, de son mode de contraction où prédomine le raccourcissement longitudinal, de sa forte dépendance aux conditions de charge et de l'interdépendance biventriculaire.

Son évaluation doit être la plus simple possible, reproductible, accessible et d'acquisition facile, corrélée au pronostic et sensible à un traitement. L'échographie cardiaque est actuellement l'outil le plus à même de répondre à ces besoins. Nous présentons ici les principaux paramètres dont l'évaluation permet une analyse simple et précise de la fonction du ventricule droit.

Evaluation anatomique du VD

En multipliant les incidences, l'échographie cardiaque permet l'analyse morphologique complète du VD à la recherche d'une dilatation des cavités ou d'une modification des épaisseurs pariétales.

Traditionnellement, la planimétrie des cavités droites se fait dans la vue apicale 4 et 2 cavités. Toutefois, la recherche d'une dilatation de l'anneau tricuspide doit se faire en vue sous-xyphoïdienne en raison de l'expansion particulièrement visible de la paroi latérale VD dans cette incidence. Il n'existe cependant pas de valeur de référence dans cette incidence. L'épaisseur du ventricule droit est de l'ordre de 3-4 mm. Le **tableau I** résume les dimensions ventriculaires droites selon les incidences.

Fonction systolique ventriculaire droite

La systole ventriculaire droite est très dépendante des conditions de charge,

REVUES GÉNÉRALES

Echocardiographie

	Apicale-4 cavités	Parasternale petit-axe
Surface OD en télésystole	13,5 ± 2 cm ²	-
Surface VD en télédiastole	20 ± 4 cm ²	-
Diamètre VD/VG	< 0,6	-
Anneau tricuspide	2,2 ± 0,3 cm	-
Diamètre VD en télésystole	-	9-26 mm
Diamètre VD en télédiastole	-	24 mm
Tronc de l'AP	-	1,6 ± 0,3 cm

OD : oreillette droite, VD : ventricule droit, VG : ventricule gauche, AP : artère pulmonaire.

TABLEAU I : Dimensions ventriculaires droites selon les incidences.

Analyse morphologique Rapport VD/VG > 0,6 = dilatation VD	
Analyse fonctionnelle	Dysfonction VD
Fraction de raccourcissement en surface du VD < 46 ± 7 %	
Contraction longitudinale	TAPSE < 18 mm Pic de S anneau < 11,5 cm/sec
Déformation globale en 2D speckle tracking	SG < -30 %
Evaluation des pressions pulmonaires	
Flux d'insuffisance tricuspide	Estimation PAPs
Flux d'insuffisance pulmonaire	Estimation PAPm et PAPd
Diamètres et compliances de la VCI	Estimation POD
VD : ventricule droit, VG : ventricule gauche, TAPSE : excursion systolique de l'anneau tricuspide, SG : Strain global, PAP : pression artérielle pulmonaire, VCI : veine cave inférieure, POD : pression auriculaire droite	

TABLEAU II : Analyse échographique de la fonction ventriculaire droite.

de la contractilité propre au VD et de l'interdépendance biventriculaire. Ces indices sont résumés dans le **tableau II** et les **figures 1 et 2**.

>>> **La fraction de raccourcissement** est calculée selon la formule $FRS = (Surface\ VDd - Surface\ VDs) / Surface\ VDd$. Sa valeur normale est $46 \pm 7\%$. L'estimation de la fraction d'éjection ventriculaire droite est difficilement réalisable en échographie 2D en raison d'une sous-estimation des volumes liée à la mauvaise visualisation de l'apex. Certaines études ont montré cependant que l'utilisation de l'échographie 3D permettrait une évaluation fiable de la FEVD.

>>> **L'index de performance myocardique ou indice de Tei** (normale < 0,3) est corrélé à la fonction et au pronostic.

Il est calculé par le rapport (temps de contraction isovolumique + temps de relaxation isovolumique) / Temps d'éjection pulmonaire. Des études en cours de publication pointent son absence de fiabilité.

>>> **L'excursion systolique du plan de l'anneau tricuspide (TAPSE)** est un paramètre de fonction longitudinale d'acquisition simple sur un tir TM au niveau de l'anneau tricuspide. Un TAPSE < 18 mm reflète une dysfonction modérée alors qu'un TAPSE < 8,5 mm reflète une dysfonction sévère du VD (FEVD inférieure à 25 %).

>>> **Le pic de l'onde S** en mode Doppler tissulaire pulsé à l'anneau tricuspide explore également la contraction longitudinale du VD. Le pic de S est bien corrélé avec la mesure de la fonction VD par IRM cardiaque. Un pic de S inférieur à 11,5 cm/s signe l'existence d'une dysfonction ventriculaire droite (FEVD < 45 %) avec une sensibilité de 90 % et une spécificité de 85 % (**fig. 2**).

>>> D'autres outils sont en cours de validation comme le 2D strain dont la valeur normale est de -30 % (**fig. 3**).

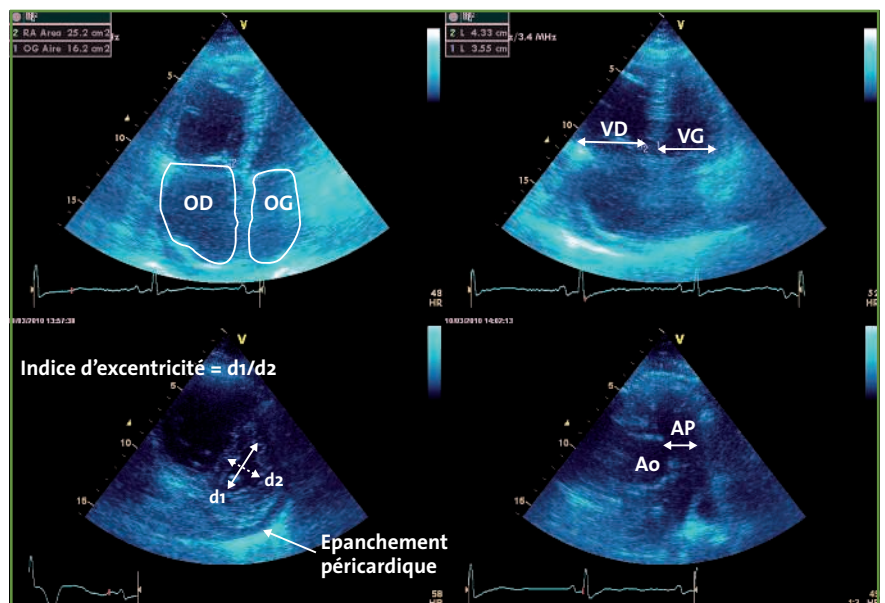


FIG. 1 : Analyse morphologique du ventricule droit en échographie.

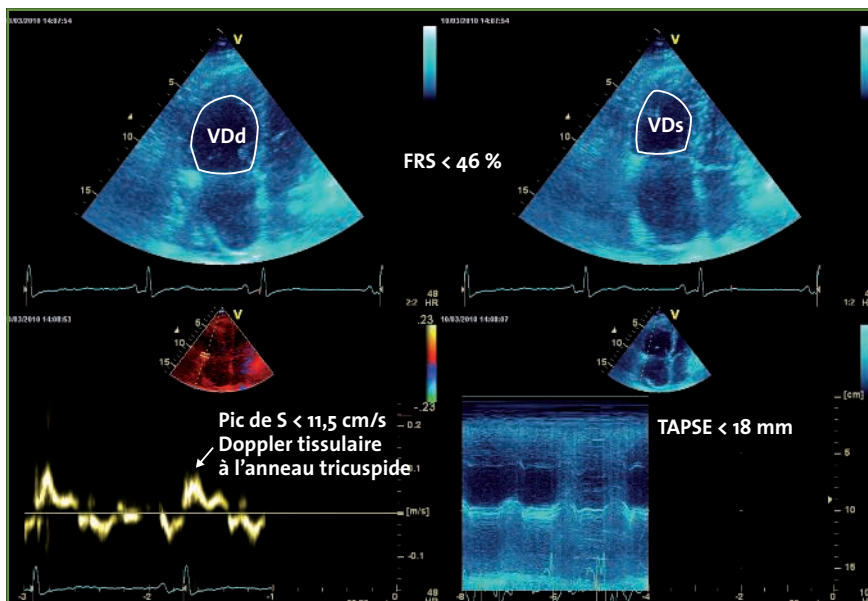


FIG. 2 : Analyse de la fonction systolique ventriculaire droite en échographie.

L'analyse segmentaire du VD est complexe et nécessite la multiplication des plans de coupe : paroi antérieure de l'infundibulum en parasternale grand axe et petit axe passant par la base du cœur, paroi antérieure sur une coupe parasternale gauche grand axe centrée sur les cavités droites, paroi inférieure du VD sur les coupes parasternale gauche grand axe centrée sur les cavités droites et sous xiphoidienne grand axe, paroi latérale du VD sur une coupe apicale 4 cavités.

Exploration de la fonction diastolique et précharge du ventricule droit

L'exploration de la fonction diastolique du VD est encore très débattue. Comme le ventricule gauche, elle repose sur le flux tricuspide, la mesure des vitesses tissulaires à l'anneau et l'évaluation de la précharge par la planimétrie de l'oreillette droite et de la veine cave inférieure.

La mesure des vitesses protodiastolique E_t et télédiastolique A_t permet de calculer le rapport E_t/A_t . Un rapport $E_t/A_t < A$ suggère une anomalie de la relaxation du VD; son inversion traduit une élévation de la précharge VD. De plus, un temps de relaxation isovolémique allongé (88 à 97 ms) suggère l'existence d'une anomalie de la relaxation du VD. Couplé au Doppler tissulaire à l'anneau tricuspide, il est possible de calculer le rapport $E_t/E't$, indice de précharge ventriculaire droite. Mais cela reste à valider.

L'estimation de la POD est facilitée par la mesure du diamètre de la VCI et des variations au cours de la respiration. La planimétrie de l'oreillette droite devrait avoir un intérêt dans l'évaluation de la fonction diastolique du ventricule droit. Le **tableau III** résume les différentes situations.

Evaluation des pressions pulmonaires

>>> L'analyse du flux d'insuffisance tricuspide (IT) est le premier paramètre permettant de suspecter une hypertension pulmonaire. L'IT est présente dans 90 % des cas si la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPs) est supérieure à 35 mmHg alors qu'elle n'est présente

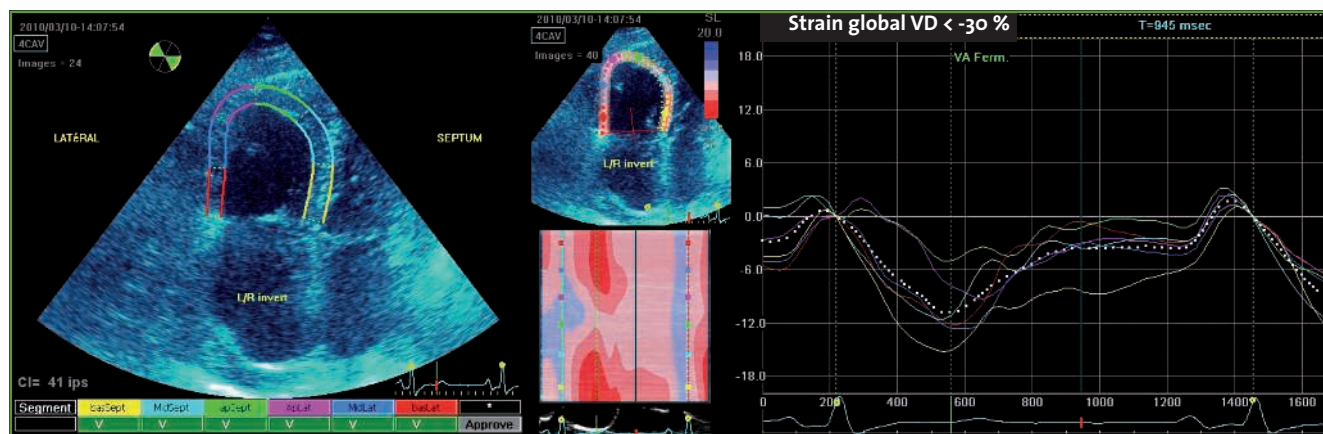


FIG. 3 : Quantification de la fonction ventriculaire droite par analyse du 2D strain.

REVUES GÉNÉRALES

Echocardiographie

VCI	Variations respiratoires	Estimation de la POD
Petite < 15 mm	Vidange complète en inspiration	5 mmHg
Normale 15 – 25 mm	Vidange > 50 %	10 mmHg
Normale 15 – 25 mm	Vidange < 50 %	15 mmHg
Dilatée > 25 mm	Vidange < 50 %	20 mmHg
VCI et VSH dilatées (> 10 mm)	Pas de variation	> 20 mmHg

VCI : veine cave inférieure, VSH : veine sus hépatique, POD : pression auriculaire droite.

TABLEAU III : Estimation de la pression auriculaire droite à partir de la veine cave inférieure.

Vmax IT (m/s)	PAPs estimée* (mmHg)	Autres signes** d'HTP	Probabilité d'HTP	Niveau de recommandation/niveau de preuve
≤ 2,8	≤ 36	Non	Peu probable	I – B
≤ 2,8	≤ 36	Oui	Possible	Ila – C
2,9 – 3,4	37 – 50	Oui/Non	Possible	Ila – C
> 3,4	> 50	Oui/Non	Probable	I – B

PAP : pression artérielle pulmonaire, HTP : hypertension pulmonaire.

*Hypothèse d'une POD normale de 5 mmHg.

**Autres signes échographiques évocateurs d'HTP : augmentation de la vitesse de l'IP, TAP court, dilatation des cavités droites, forme anormale et mouvement paradoxal du SIV, hypertrophie pariétale du VD, dilatation de l'AP.

TABLEAU IV : Critères échographiques de dépistage de l'hypertension pulmonaire.

que dans 60 % des cas lorsque la PAPs est normale. L'équation simplifiée de Bernoulli ($\Delta P = 4 V_{\text{max IT}}^2$) permet d'estimer la PAPs à partir du pic du flux d'IT (équation non valide pour les IT laminaires). On considère qu'il existe une hypertension pulmonaire lorsque la PAPs

est supérieure à 35 mmHg au repos avec des pressions de remplissage VG basses. La PAPs est supposée égale à la pression ventriculaire droite en systole (PVDs) en l'absence de sténose pulmonaire. $PAPs = [\text{gradient de pression OD/VD}] + POD$ (voir ci-dessus). Le **tableau IV** résume

les critères échographiques de dépistage de l'hypertension pulmonaire.

>>> **Le flux d'insuffisance pulmonaire** lorsqu'il est analysable permet d'estimer la PAPd (pic protodiastolique) et la PAPm (pic télédiastolique). La PAPs est alors calculée : $PAPs = 3 PAPm - 2 PAPd$.

>>> **Le flux éjectionnel** pulmonaire permet de mesurer le temps d'accélération pulmonaire (TAP). Un TAP supérieur à 130 ms a une bonne valeur prédictive négative, alors qu'un TAP court (< 90 ms) évoque l'existence d'une hypertension pulmonaire (**fig. 4**).

>>> **L'évaluation des résistances vasculaires pulmonaires (RVP)** peut se faire par la formule d'Abbas : $RVP = V_{\text{max IT}} / \text{intégrale temps vitesse sous-pulmonaire (cm)}$. Les RVP sont élevées lorsque l'indice est supérieur à 0,2.

IRM cardiaque et fonction ventriculaire droite

L'IRM cardiaque est à l'heure actuelle l'examen de référence permettant de mesurer la FEVD, mais elle souffre de problèmes de disponibilité. Par opposition à l'échographie cardiaque, il n'existe pas de zone d'ombre, elle permet une analyse complète de la cinétique seg-

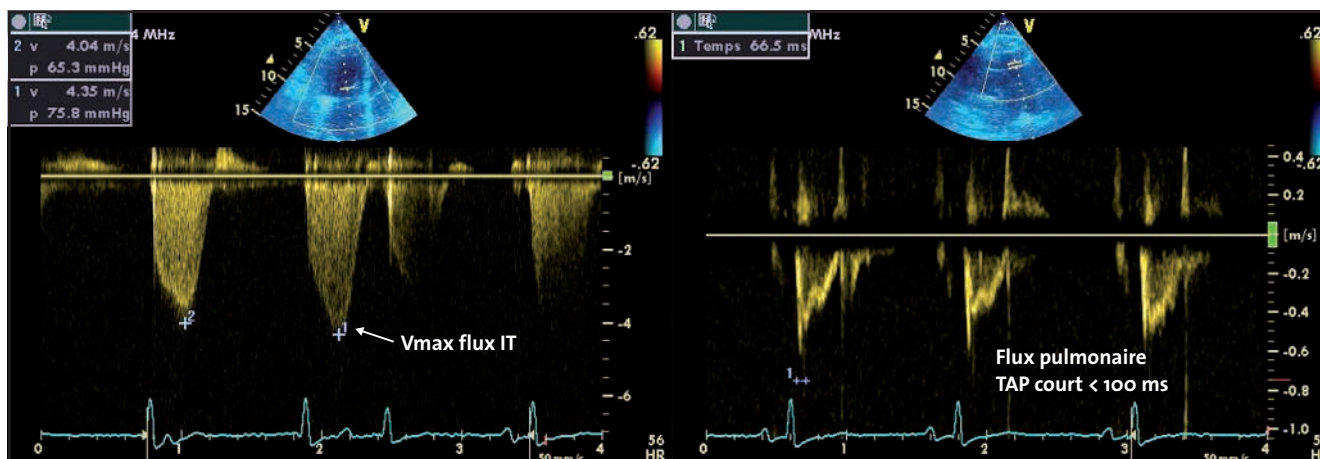


FIG. 4 : Evaluation des pressions pulmonaires par échographie.

mentaire ainsi que l'analyse morphologique et une analyse plus fine de l'atteinte intrinsèque du tissu myocardique et du remodelage VD. Les problèmes de résolution temporelle et spatiale sont toujours un frein à son utilisation.

Conclusion

L'exploration de la fonction ventriculaire droite reste difficile malgré les nombreux outils mis à notre disposition. L'étude de la fonction VD est devenue indispensable dans de nombreuses pathologies, qu'il s'agisse de cardiopathie gauche ou droite ou encore d'hypertension pulmonaire de cause extracardiaque. La fonction VD est un déterminant essentiel des symptômes fonctionnels et de la capacité d'effort des patients. Elle conditionne le pronostic et est un puissant facteur prédictif de survie.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflit d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

POINTS FORTS

- ➔ L'analyse de la fonction VD est indispensable devant l'existence d'une cardiopathie mais également pour évaluer le retentissement de l'hypertension pulmonaire.
- ➔ L'échographie cardiaque permet une analyse fine anatomique et fonctionnelle du VD.
- ➔ La fonction systolique VD est évaluée au mieux par l'évaluation de la contraction longitudinale du VD (pic de S en Doppler tissulaire, TAPSE) et par la fraction de raccourcissement en surface.
- ➔ L'échographie en 3 dimensions permet une approche plus précise de la FEVD.
- ➔ Les techniques de 2D speckle tracking et Doppler tissulaire sont toujours à l'étude dans l'analyse de la fonction VD.
- ➔ L'évaluation des pressions pulmonaires fait partie de l'analyse de la fonction VD.
- ➔ L'IRM cardiaque permet l'analyse d'une atteinte intrinsèque du VD.