

Nouvelles techniques d'imagerie dans l'évaluation du ventricule droit

RÉSUMÉ : Bien que longtemps négligée, l'exploration du ventricule droit (VD) fait maintenant partie de tout examen évaluant la géométrie et la fonction cardiaque. Cette exploration est à visée diagnostique, du fait de l'implication du ventricule droit dans de nombreuses pathologies mais également à visée pronostique du fait de l'impact pronostique négatif d'une dysfonction ventriculaire droite démontrée dans de nombreuses situations pathologiques.

L'IRM est considérée comme l'examen de référence, mais l'échocardiographie reste l'examen de première intention pour un suivi régulier. L'évaluation du ventricule droit concerne sa géométrie (recherche d'une dilatation et/ou hypertrophie), sa fonction systolique et sa postcharge (pressions pulmonaires).

En IRM, la mesure des volumes et de la fraction d'éjection du ventricule droit (FEVD) est bien validée. L'évaluation échocardiographique de la fonction systolique repose sur plusieurs indices : TAPSE, vélocité systolique de l'anneau tricuspide, fraction de raccourcissement et, plus récemment, *strain* longitudinal de la paroi libre du VD ou mesure de la FEVD par échographie 3D. Les indices de la phase de contraction isovolumique sont également prometteurs.

Les techniques isotopiques n'ont aujourd'hui qu'une place très restreinte et le scanner cardiaque ne fait pas encore partie de la pratique clinique.



→ L. ERNANDE
Service des Explorations
fonctionnelles,
Hôpital Henri-Mondor, CRÉTEIL.

Pourquoi explorer le ventricule droit ?

L'évaluation du ventricule droit (VD), longtemps négligée, est aujourd'hui indispensable du fait de sa dysfonction dans de nombreuses pathologies et de son importance pronostique majeure. Une dysfonction ventriculaire droite survient en cas de surcharge en pression ou en volume (embolie pulmonaire, hypertension pulmonaire, cardiopathies congénitales), dans certaines cardiomyopathies, lors d'une ischémie (environ 50 % des infarctus myocardiques inférieurs), ou encore par interaction entre ventricules (augmentation de la pression télédiastolique du ventricule gauche, constriction péricardique).

La valeur pronostique péjorative, indépendante, d'une dysfonction ventri-

culaire droite a été démontrée dans l'insuffisance cardiaque [1], après infarctus du myocarde, au cours des valvulopathies, des cardiopathies congénitales, de l'hypertension artérielle pulmonaire ou encore de l'embolie pulmonaire [2].

L'évaluation ventriculaire droite est donc indispensable au diagnostic et à la stratification pronostique de nos patients.

Pour quelles raisons avon-nous des difficultés à explorer le ventricule droit ?

L'évaluation du ventricule droit est un véritable défi pour de multiples raisons. Sa situation antérieure rétrosternale rend difficile l'exploration ultrasonore ; sa géométrie complexe (avec une chambre d'admission, une portion apicale trabéculée

REVUES GÉNÉRALES

Imagerie

et une chambre de chasse) ne permet pas d'appliquer un modèle mathématique simple à l'estimation de ses volumes. Il est également difficile de définir les limites de l'endocarde du fait de ses nombreuses trabéculations. Enfin, la grande dépendance des indices fonctionnels systoliques du ventricule droit vis-à-vis des conditions de charge est une difficulté supplémentaire dans l'appréciation de sa contractilité intrinsèque. Il est important de connaître ces difficultés afin d'apprécier les limites de chacune des méthodes d'imagerie que nous allons décrire.

Quelle(s) technique(s) d'imagerie pour l'évaluation du ventricule droit ?

Bien que pour les physiologistes la méthode de référence reste la mesure invasive de la relation pression-volume en télésystole (évaluation de la contractilité) et en télédiastole (évaluation de la fonction diastolique) [3], l'imagerie par résonance magnétique (IRM) est actuellement considérée comme l'examen non invasif de référence pour l'évaluation du ventricule droit [4]. Cependant, du fait des difficultés d'accès à l'IRM, l'échocardiographie représente en routine l'examen de première intention et de suivi.

Alors qu'historiquement les techniques isotopiques représentaient la seule méthode d'évaluation de la fraction d'éjection du ventricule droit avec l'angiographie isotopique (ou scintigraphie cavitaire), leur utilisation est devenue exceptionnelle. Enfin, quelques études ont démontré le possible recours au scanner cardiaque en cas de contre-indication à l'IRM [5].

Évaluation du ventricule droit par échocardiographie

L'évaluation du ventricule droit fait maintenant partie intégrante de l'échocardiographie de routine et comprend

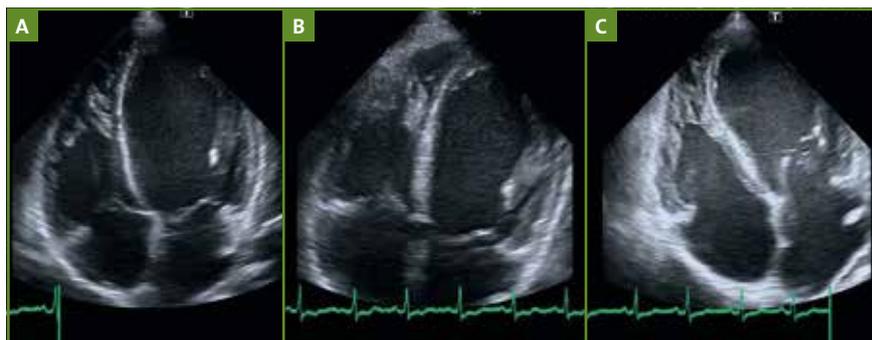


FIG. 1 : Coupe apicale des 4 cavités, standard (A), modifiée (B) et centrée sur le ventricule droit (C) pour son évaluation.

essentiellement l'évaluation de sa géométrie, de sa fonction et de sa post-charge en cas de contre-indication à l'IRM. Elle a fait l'objet de recommandations par l'*American Society of Cardiology* en 2010, validées par l'*European Association of Cardiovascular Imaging* (ex. *European Association of Echocardiography*) et une mise à jour de certaines recommandations a également été récemment publiée [6].

Le ventricule droit peut être évalué dans de nombreuses incidences : "incidence apicale 4 cavités standard" (fig. 1A) ; sur des coupes dites "modifiées" (fig. 1B) et "centrées sur le ventricule droit" (fig. 1C) ; incidences parasternales "grand axe" et "petit axe" ; et incidence sous-costale. Une incidence parasternale de la chambre d'admission du ventricule

droit peut également être utile (fig. 2). Enfin l'échocardiographie 3D s'avère très prometteuse pour l'évaluation des volumes et de la fraction d'éjection.

>>> Évaluation de la géométrie

Bien qu'il ne s'agisse pas d'une technique nouvelle, l'évaluation de la géométrie reste primordiale, à la recherche d'une dilatation et/ou d'une hypertrophie. Les mesures linéaires du ventricule droit se font le plus aisément sur une coupe "apicale des 4 cavités", centrée sur le ventricule droit. Plusieurs diamètres peuvent être mesurés sur cette coupe selon les recommandations actuelles, mais celui apparaissant le plus pertinent en pratique clinique est la mesure du diamètre basal (fig. 3). Le



FIG. 2 : Coupe parasternale du grand axe modifiée permettant de visualiser la chambre d'admission du VD avec sa paroi antérieure et inférieure, ainsi que les feuillets antérieur et postérieur de la valve tricuspide.



FIG. 3 : Mesure du diamètre ventriculaire basal sur une coupe apicale 4 cavités centrée sur le VD.

ventricule droit est considéré comme dilaté si ce diamètre est supérieur ou égale à 42 mm. La comparaison de ce diamètre au diamètre basal du ventricule gauche peut être également utile. En effet, on considère le ventricule droit comme dilaté si son diamètre est significativement supérieur à celui du ventricule gauche. Le diamètre du ventricule droit peut également être mesuré au niveau médioventriculaire. Une valeur supérieure à 35 mm est en faveur d'une dilatation [6].

La recherche d'une hypertrophie peut être réalisée sur une coupe "parasternale grand axe" ou plus facilement en incidence sous-costale en mode bidimensionnel ou mode TM. Une épaisseur de paroi supérieure à 5 mm est en faveur d'une hypertrophie du ventricule droit. Elle peut être en lien soit avec une augmentation de la postcharge (hypertension pulmonaire) soit avec une cardiomyopathie hypertrophique ou restrictive [7]. Il faut cependant souligner que cette mesure est difficile et souffre de problèmes de reproductibilité.

>>> Évaluation de la fonction systolique

Nous avons évoqué plus haut les difficultés d'évaluation de la fonction systolique du ventricule droit liée à sa géométrie complexe et à la grande dépendance des indices vis-à-vis des conditions de charge. Cependant, plusieurs indices échocardiographiques validés en comparaison d'une méthode de référence et retenus à cause de leur valeur pronostique sont utilisables en routine clinique. Comme toujours en échocardiographie, une analyse basée sur plusieurs indices est requise afin de pouvoir délivrer une conclusion fiable.

● Indices basés sur la fonction longitudinale du ventricule droit

Contrairement au ventricule gauche, le raccourcissement longitudinal du ventricule droit (permettant le rapprochement de la base vers l'apex) est le

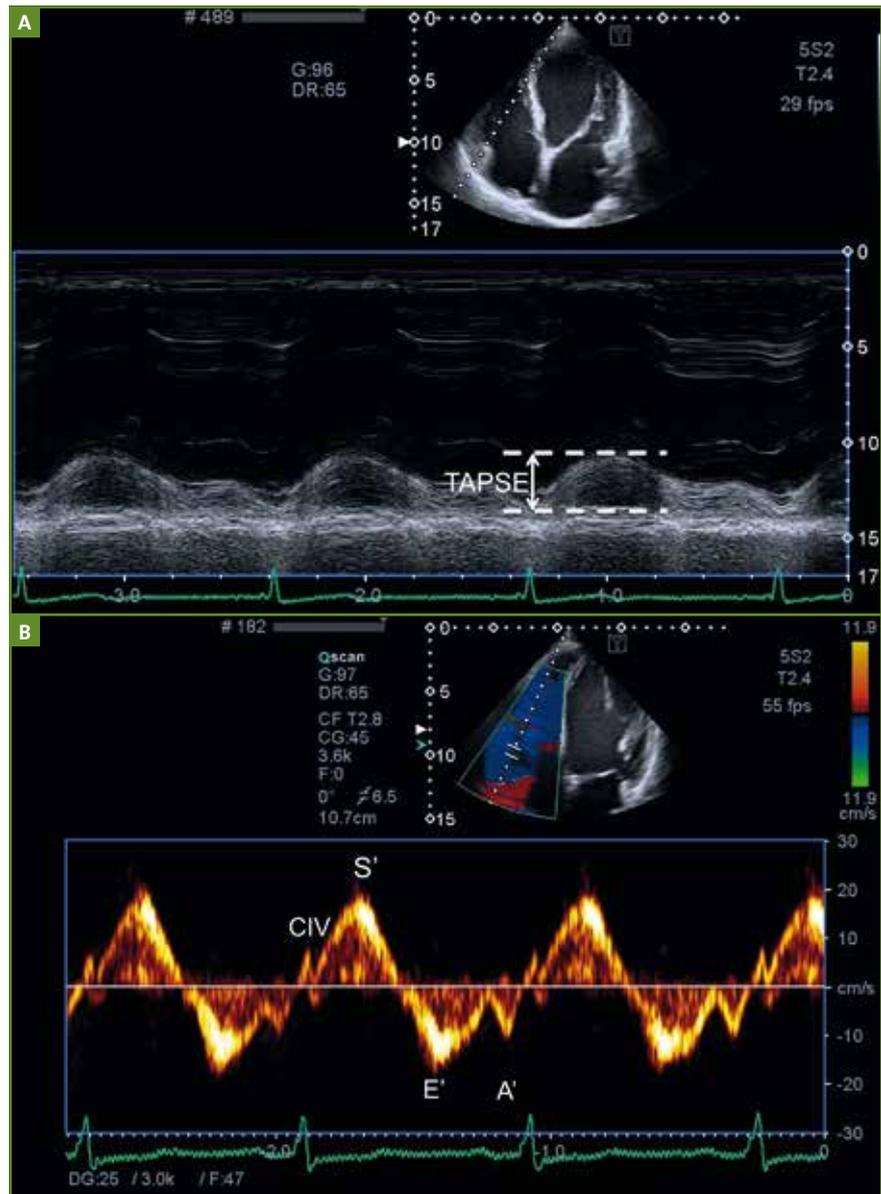


FIG. 4: Évaluation de la fonction systolique du VD par des indices de fonction longitudinale: l'excursion systolique de l'anneau tricuspide ou TAPSE (A), et la vitesse systolique de l'anneau tricuspide (B).

déterminant majeur de la fonction systolique du ventricule droit. La mesure de l'excursion systolique de l'anneau tricuspide ou TAPSE (fig. 4A) et celle de sa vitesse systolique (S', fig. 4B) sont basées sur l'hypothèse que la fonction longitudinale de la paroi libre du ventricule droit permet d'évaluer sa fonction systolique globale.

Ces deux indices ont pour avantages leur grande simplicité de mesure et leur bonne reproductibilité, permettant leur utilisation en routine. Ils ont été corrélés à la FEVD isotopique [8, 9]. Leurs principales limitations sont :

- leur dépendance vis-à-vis des conditions de charge, qui rend difficile l'évaluation de la contractilité en

REVUES GÉNÉRALES

Imagerie

cas d'élévation des pressions pulmonaires ;
 –leur dépendance vis-à-vis de l'angle de tir des ultrasons (particulièrement pour S' qui nécessite un alignement avec le mouvement longitudinal de l'anneau tricuspide) ;
 –l'influence possible des mouvements du massif cardiaque [9].

Leur valeur pronostique a été démontrée dans de nombreuses pathologies, notamment dans l'insuffisance cardiaque, après infarctus du myocarde ou dans l'HTAP. Un TAPSE inférieur à 17 mm et une onde S' supérieure à 9,5 cm/s sont fortement évocateurs d'une dysfonction systolique [6].

● **Fraction de raccourcissement de surface**

L'évaluation de la fraction de raccourcissement de surface repose sur la mesure en "coupe apicale des 4 cavités" de la surface du ventricule droit en télédiastole et en télesystole (fig. 5). Cette méthode ne reposant sur aucune

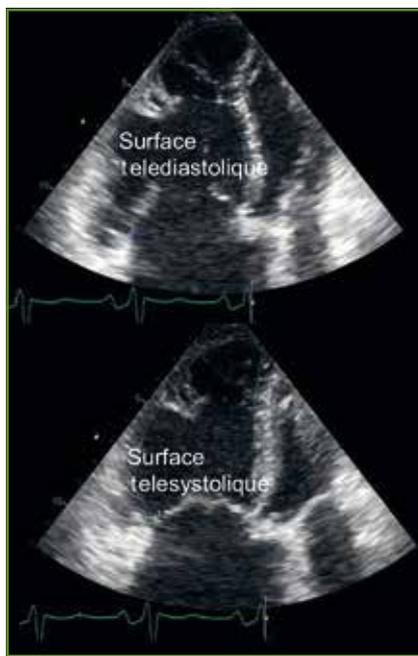


FIG. 5 : Mesure de la fraction de raccourcissement de surface du VD = (surface télédiastolique – surface télesystolique)/surface télédiastolique × 100.

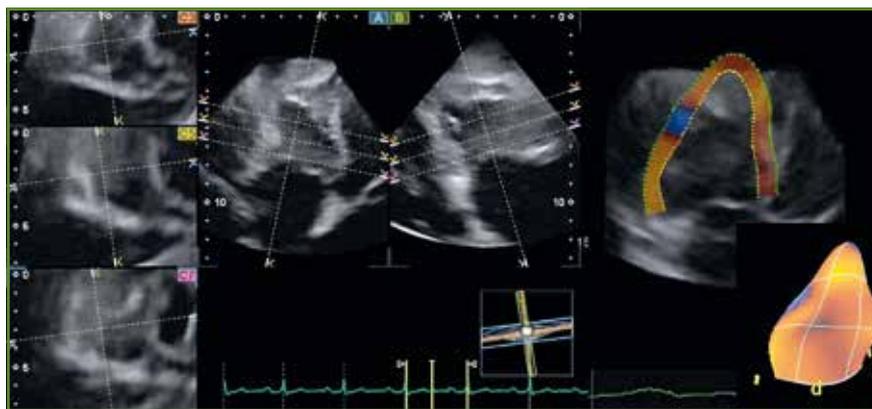


FIG. 6 : Mesure de la fraction d'éjection du VD en échographie 3D.

assomption géométrique a été validée en comparaison avec la mesure de la FEVD isotopique et par IRM. Sa valeur pronostique a été particulièrement bien étudiée en post-infarctus [11]. Une fraction de raccourcissement de surface inférieure à 35 % est en faveur d'une dysfonction systolique du VD [6]. Sa principale limite est sa faible reproductibilité due à la difficulté de distinguer l'endocarde en présence de trabéculations.

● **Évaluation des volumes et de la FEVD par échographie 3D**

L'évaluation des volumes et de la fraction d'éjection par échographie 3D a

pour avantage une mesure "directe" des volumes sans assomption géométrique, et une très bonne corrélation à la FEVD mesurée par IRM (fig. 6) [12, 13]. Cependant, son utilisation en routine clinique reste encore limitée du fait de la nécessité d'une bonne fenêtre ultrasonore, de la coopération du patient (apnée pour acquisitions multibattelements), d'un rythme cardiaque régulier et de son caractère chronophage. De plus, il faut garder en mémoire que la FEVD, quelle que soit la technique employée, est un paramètre très dépendant des conditions de charge. Bien que les données soient encore limitées, on considère comme pathologique une FEVD inférieure à 45 % [6].

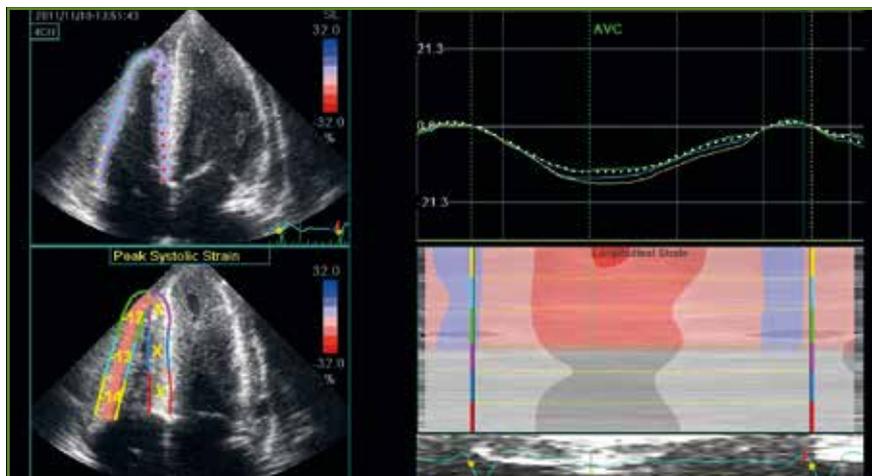


FIG. 7 : Mesure du strain longitudinal systolique de la paroi libre du VD chez un patient présentant une altération de sa fonction systolique.

● *Strain systolique longitudinal*

Plusieurs études ont démontré l'utilité de la mesure du *strain* systolique longitudinal de la paroi libre du VD par Doppler tissulaire ou *speckle tracking* (fig. 7) [14]. Sa faible dépendance vis-à-vis des mouvements du massif cardiaque est un avantage par rapport au TAPSE ou à la vélocité systolique de l'anneau tricuspide [10]. Sa valeur pronostique a été démontrée dans l'insuffisance cardiaque, en post-infarctus, dans l'hypertension pulmonaire ou encore dans l'amylose. Une valeur absolue de *strain* inférieure à 20 % est en faveur d'une dysfonction systolique du VD. Toutefois, une grande limite est à souligner : l'absence de reproductibilité des mesures entre fabricants. En effet, la plupart des études ont utilisé des machines provenant seulement de deux fabricants ; il paraît difficile d'étendre leurs conclusions à d'autres machines.

● *Indices durant la phase de contraction isovolumique*

L'accélération myocardique ou le pic de vélocité (noté CIV sur la figure 4B) durant la phase de relaxation isovolumique ont pour avantage une faible dépendance vis-à-vis des conditions de charge. Le caractère pronostic du

POINTS FORTS

- ➔ L'évaluation du ventricule droit doit maintenant faire partie de la pratique clinique quotidienne du fait de la fréquence des situations pathologiques pouvant comporter une altération de sa fonction et du caractère pronostique péjoratif de la survenue d'une dysfonction ventriculaire droite dans de nombreuses pathologies.
- ➔ L'IRM est actuellement considérée comme l'examen non invasif de référence pour l'évaluation géométrique et fonctionnelle du ventricule droit.
- ➔ L'échocardiographie, du fait de son accessibilité, est l'examen de première intention permettant également un suivi régulier.
- ➔ L'évaluation échocardiographique du ventricule droit repose sur l'évaluation de sa géométrie, de sa fonction systolique (reposant sur la mesure d'au moins deux paramètres) et de sa post-charge.
- ➔ Les techniques isotopiques, autrefois seules à permettre la mesure de la FEVD, sont à l'heure actuelle peu utilisées dans cette indication. Le scanner quant à lui nécessite une plus grande évaluation.

pic de vélocité durant la relaxation isovolumique a été démontré dans l'hypertension artérielle pulmonaire [15]. Cependant, les études restent encore insuffisantes pour utiliser ces paramètres en routine clinique [6].

● *Indice de Tei*

L'indice de performance myocardique ou indice de Tei figure toujours dans les

recommandations internationales mais il est très peu utilisé en pratique clinique du fait de ses très nombreuses limites.

>>> *Évaluation de la postcharge du ventricule droit (pressions pulmonaires)*

L'évaluation des pressions pulmonaires est bien entendu indispensable afin d'apprécier la postcharge ventriculaire droite.

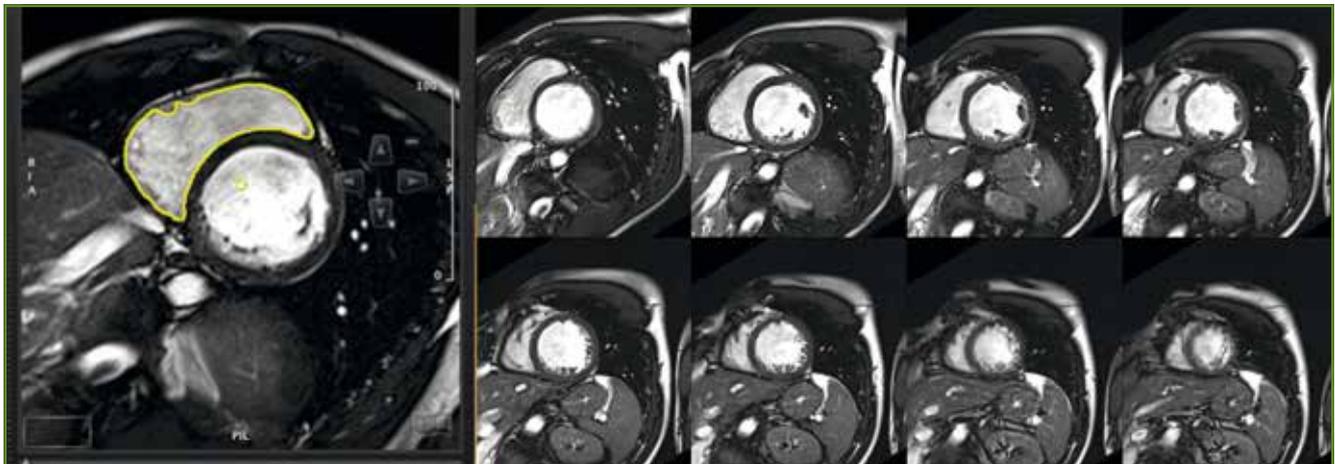


FIG. 8 : Mesure de la fraction d'éjection du VD par IRM.

REVUES GÉNÉRALES

Imagerie

Évaluation du ventricule droit par IRM cardiaque

Comme nous l'avons vu, l'IRM est actuellement considérée comme la méthode de référence pour la mesure des volumes et de la fraction d'éjection du ventricule droit. Les mesures sont effectuées sur des séquences standards de ciné-IRM (*Steady-State Free Precession*); elles ont l'avantage de ne reposer sur aucune assumption géométrique, d'être d'une grande reproductibilité (**fig. 8**). Des valeurs de références sont disponibles. L'IRM offre également une étude anatomique détaillée ainsi que, dans certains cas, une aide à la caractérisation tissulaire. Son caractère pronostic a été démontré, notamment dans l'insuffisance cardiaque [1]. Cependant, l'IRM est limitée par sa faible accessibilité et le caractère charge-dépendant de la FEVD.

Bibliographie

- GULATI A, ISMAIL TF, JABBOUR A *et al.* The Prevalence and Prognostic Significance of Right Ventricular Systolic Dysfunction in Nonischemic Dilated Cardiomyopathy. *Circulation*, 2013;128:1623-1633.
- HADDAD F, DOYLE R, MURPHY DJ, HUNT SA. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation*, 2008;117:1717-1731.
- CHAMPION HC, MICHELAKIS ED, HASSOUN PM. Comprehensive invasive and noninvasive approach to the right ventricle-pulmonary circulation unit: state of the art and clinical and research implications. *Circulation*, 2009;120:992-1007.
- VALSANGIACOMO BUEGHEL ER, MERTENS LL. Imaging the right heart: the use of integrated multimodality imaging. *Eur Heart J*, 2012;33:949-960.
- DUPONT M, DRAGEAN C, COCHE E. Right ventricle function assessment by MDCT. *Am J Roentgenol*, 2011;196:77-86.
- Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015;16:233-270. doi: 10.1093/ehjci/jev014.
- ELLIOTT P, ANDERSSON B, ARBUSTINI E *et al.* Classification of the cardiomyopathies: a position statement from the european society of cardiology working group on myocardial and pericardial diseases. *Eur Heart J*, 2007;29:270-276.
- KAUL S, TEI C, HOPKINS JM *et al.* Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J*, 1984;107:526-531.
- MELUZÍN J, SPINAROVÁ L, BAKALA J *et al.* Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion; a new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. *Eur Heart J*, 2001;22:340-348.
- GIUSCA S, DAMBRAUSKAITE V, SCHEURWEGS C *et al.* Deformation imaging describes right ventricular function better than longitudinal displacement of the tricuspid ring. *Heart*, 2010;96:281-288.
- ZORNOFF LAM, SKALI H, PFEFFER MA *et al.* Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2002;39:1450-1455.
- SUGENG L, MOR-AVI V, WEINERT L *et al.* Multimodality Comparison of Quantitative Volumetric Analysis of the Right Ventricle. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2010;3:10-18.
- LANG RM, BADANO LP, TSANG W *et al.* EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2012;13:1-46.
- MOR-AVI V, LANG RM, BADANO LP *et al.* Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the Quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and Indications: Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011;24:277-313.
- ERNANDE L, COTTIN V, LEROUX P-Y *et al.* Right Isovolumic Contraction Velocity Predicts Survival in Pulmonary Hypertension. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013;26:297-306.

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

Emploi

Le Centre Hospitalier de Provins (80 km de Paris) propose à partir du 02/11/2015 un poste de PHC, temps plein, 4^e échelon, pour 1 an, voire plus.

Idéal pour jeune collègue, ancien interne, en attente de poste de clinicien ou de poste définitif.

Possibilité d'une journée *off*.
Logement en ville à loyer symbolique.

Téléphoner au service Cardiologie de l'hôpital de Provins: 06 77 77 03 88 / 01 64 60 47 85.