

Échocardiographie chez le sportif

Quoi de neuf 10 ans après ?

Parmi tous les progrès techniques d'exploration en cardiologie, l'échographie tient bien sa place avec de nombreuses avancées technologiques lors de cette dernière décennie. Reste à savoir si ces nouveautés ont une utilité clinique et nous aident en pratique dans l'exploration du cœur du sportif. L'objectif de cette mise au point n'est pas de traiter à nouveau l'échographie du sportif mais de voir à travers une rapide revue de la littérature de ces 10 dernières années ce qui a changé et quels nouveaux outils sont apparus pour nous aider à mieux comprendre le cœur du sportif. Deux nouvelles techniques se détachent à notre avis : l'analyse des déformations myocardiques par le *Speckle Tracking* et l'échographie d'effort. Ces deux techniques, arrivées maintenant à maturité, ont indiscutablement apporté un plus dans l'exploration du cœur du sportif.

Dr Stéphane Cade*

ÉCHOCARDIOGRAPHIE DE REPOS : OBLIGATOIRE POUR LES SPORTIFS FRANÇAIS DE HAUT NIVEAU

Globalement, l'examen échographique transthoracique de repos (ETT) reste, pour l'immense majorité des sportifs, un examen diagnostique de deuxième intention. Son indication doit donc être ciblée. Rappelons cependant que, légalement, l'ETT est obligatoire depuis 2004 (décret et arrêté gouvernemental n°2004-120 de février 2004 modifié en 2006) pour les sportifs de haut niveau (SHN) de performance inscrits par leur fédération sur une liste remise à jour annuellement. Cet examen doit être effectué dans les 3 mois précédant l'inscription

sur les listes de haut niveau ou espoirs. Il doit être réalisé au moins une fois dans la carrière sportive après 18 ans et doit être renouvelé s'il a été effectué auparavant. Certaines fédérations comme celle de rugby sont encore plus exigeantes et imposent une échographie cardiaque tous les 4 ans. Les ligues professionnelles ont leur propre règlement, ETT annuelle pour le football et tous les 2 ans pour le cyclisme, par exemple.

Encore faut-il que cette échographie soit effectuée dans des conditions très rigoureuses de recueil des mesures, notamment concernant les mesures de l'épaisseur des parois myocardiques, de la taille du ventricule gauche (diamètre et volume) mais aussi du cœur droit, l'analyse anatomique et fonctionnelle de toutes les valves avec la recherche systématique du caractère

tricommissural ou non de la valve aortique, d'un prolapsus mitral, la mesure précise de toutes les dimensions de l'aorte et la recherche d'une anomalie de naissance des coronaires et, si cela est possible, de leur trajet initial.

Même si les normes actuelles ne le font pas systématiquement, il paraît légitime d'indexer les valeurs absolues des paramètres pour tenir compte des gabarits parfois hors normes des SHN. L'indexation à la surface corporelle, malgré ses limites, reste la plus utilisée. En effet, gymnastes, rugbymen, volleyeurs, basketteurs, jockeys n'ont certainement pas les mêmes dimensions cavitaires.

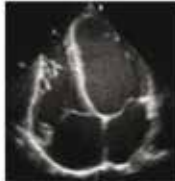
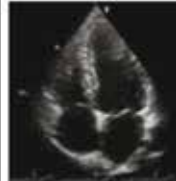

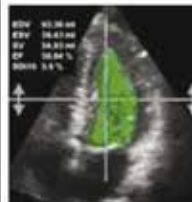
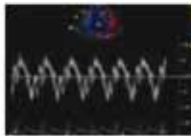
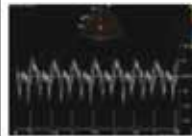

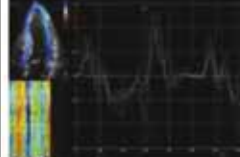
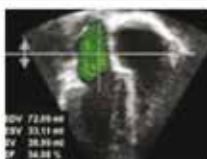
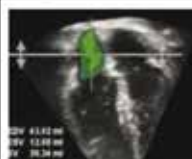

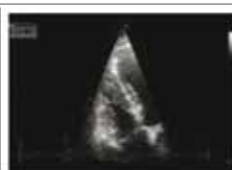
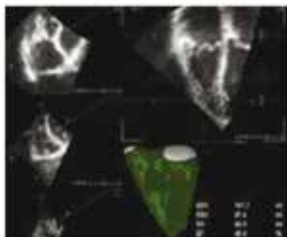
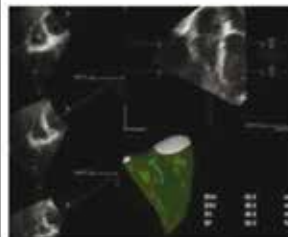
Une très belle revue de la littérature (1) rappelle les spécificités du cœur d'athlète (qui implique un entraînement quantitativement et qualitativement important), les dimensions acceptables et l'importance de l'exploration multimodalité avec une place de plus en plus importante réservée à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) comme examen complémentaire à l'échocardiographie (Tab. 1).

LES DÉFORMATIONS MYOCARDIQUES OU SPECKLE TRACKING IMAGING OU 2D STRAIN

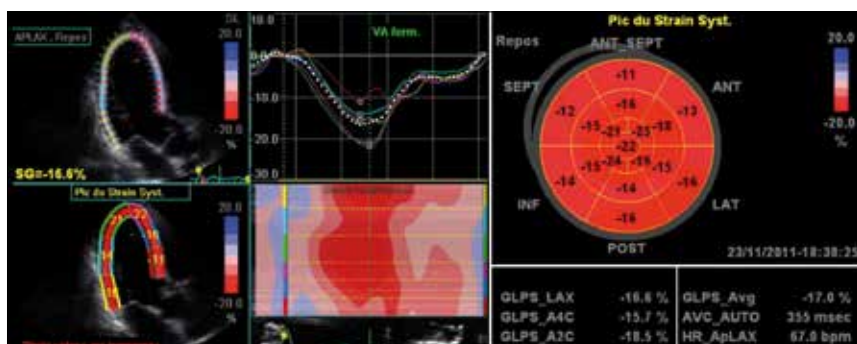
La problématique essentielle qui se pose actuellement est celle de la différenciation entre cœur du sportif ou cœur pathologique. Il faut plutôt parler de cœur d'athlète car pour entraîner des modifications

*Fédération de Médecine et Chirurgie du Sport, CHU de Montpellier

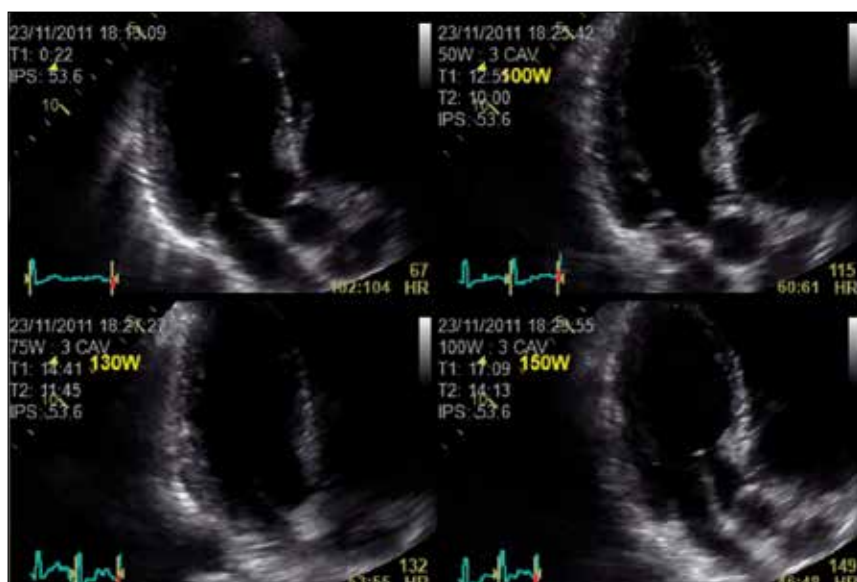
Tableau 1 - Normes échocardiographiques proposées pour le cœur d'athlète en comparaison avec le sédentaire (d'après 1).

	ATHLÈTE	NON ATHLÈTE
Fonction ventriculaire gauche		
Morphologie	 <p>IVSd 8-16 mm < 13 mm LVIDd 49-73 mm < 65 mm LVM 113-818 g < 400 g</p>	 <p>IVSd 6-10 mm LVIDd 42-59 mm LVM 98-224 g</p>
Volumes EF (%)	 <p>LVEDV 130-260 ml < 240 ml EF 41-77 % > 48 %</p>	 <p>LVEDV 67-165 ml EF > 55 %</p>
Tissu Doppler	 <p>S_m 6,5-14 cm/s E_m 7,5-16 cm/s</p>	 <p>S_m > 6 cm/s E_m > 8 cm/s</p>
Strain Taux strain	 <p>Pas de différence significative avec les non-athlètes</p>	 <p>Valeurs normales non établies</p>
Taille LA	 <p>22-55 mm (diamètre)</p>	 <p>30-40 mm (diamètre)</p>
Fonction ventriculaire droite		
RVFAC	 <p>26-60 %</p>	 <p>36-60 %</p>
Volumes EF (%)	 <p>RVEDV 130-260 ml RVEF > 45 %</p>	 <p>RVEDV 60-150 ml RVEF > 50 %</p>

IVSd : septum interventriculaire ; LVIDd : diamètre télédiastolique ventriculaire gauche ; LVM : masse ventriculaire gauche ; LVEDV : volume télédiastolique du ventricule gauche ; EF : fraction d'éjection du ventricule gauche ; S_m, E_m : valeurs des ondes systoliques et E du doppler tissulaire ; RVEDV : volume télédiastolique du ventricule droit ; RVEF : fraction d'éjection du ventricule droit ; LA : oreillette gauche ; RVFAC : fraction de raccourcissement de surface du ventricule droit.



>>> Figure 1 - Étude des déformations longitudinales par *Speckle Tracking Imaging* chez un cycliste de haut niveau de 17 ans. À gauche : image apicale trois cavités, à droite : représentation globale VG en *bull eyes* avec 2D *strain* global longitudinal à -17 %.



>>> Figure 2 - Échocardiographie d'effort chez un sportif de 47 ans porteur d'une bicuspidie aortique à l'état basal et aux différents paliers (100 W, 130 W) jusqu'au pic de l'effort (150 W).

Tableau 2 - Comparaison des *strains* longitudinaux et transversaux à la base, la moitié et l'apex du ventricule gauche entre footballeurs professionnels et sujets contrôles (d'après 2).

	Footballeurs professionnels	Sujets contrôles
Longitudinal		
Base (%)	-15,0 ± 3,6	-18,9 ± 4,1
Moitié (%)	-16,4 ± 3,0	-20,8 ± 4,5
Apex (%)	-18,9 ± 4,0	-24,1 ± 5,3
Transversal		
Base (%)	35,4 ± 22,2	31,9 ± 21,5
Moitié (%)	32,8 ± 13,9	28,0 ± 17,6
Apex (%)	35,5 ± 18,9	26,5 ± 15,2

physiologiques adaptatives significatives, il faut un minimum d'activités physiques en termes de durée et d'intensité d'entraînement (classiquement $\geq 6h/semaine > 60\%$ du VO_2max).

Trois pathologies sont essentiellement et rarement (3-5 % des cas) évoquées à la frontière du cœur d'athlète adaptatif : la cardiomyopathie hypertrophique (CMH), la cardiopathie dilatée (CMD) et la maladie arythmogène ventriculaire droite (MAVD). Ces questions se posent lorsque nous rencontrons des épaisseurs de parois limites, des tailles et des fonctions ventriculaires gauche ou droite subnormales.

C'est dans la CMH que l'analyse des déformations a apporté ces dernières années le plus de renseignements. En complément du DTI, le *Speckle Tracking Imaging* (STI) est très informatif sur la physiologie myocardique (Fig. 1) avec une littérature riche depuis 10 ans. En 2007, un premier travail de l'équipe bordelaise de Stéphane Lafitte (2) a comparé les déformations entre sujets contrôles, CMH et SHN, et a permis de retrouver, dans les deux dernières populations, des déformations longitudinales abaissées par rapport aux sujets contrôles mais avec de meilleures déformations circonférentielles, radiales et transverses chez l'athlète contrairement aux CMH. Le gradient base-apex était moins marqué chez le SHN que chez les patients avec une répartition segmentaire différente dans les deux populations (Tab. 2). L'intérêt du STI couplé au DTI dans la différenciation cœur d'athlète-CMH a aussi été utilisé (3). Une baisse du 2D *strain* longitudinal pourrait suggérer la prise d'anabolisants comme cela a été mis en évidence chez les *body-builders* consommateurs de ces substances (4).

L'échocardiographie de l'athlète

reste, dans la majorité des cas, normale mais il n'est pas rare de constater une dilatation cavitaire harmonieuse touchant les quatre cavités. De la même façon, il est possible de retrouver au repos chez nos athlètes, surtout endurants, des ventricules gauches (VG) dont la fonction systolique apparaît modérément et globalement hypokinétique (5). Cette fonction VG subnormale peut s'accompagner d'une diminution modérée du *strain* longitudinal et global ($-17,5 \pm 3\%$), sans différence évidente entre athlètes endurants et résistants (6). La littérature est encore très pauvre sur l'utilisation de l'analyse des déformations pour différencier dilatation adaptative du VG de l'athlète d'une cardiopathie dilatée. Les différentes études ont le plus souvent exploré le cœur d'athlète au repos, alors qu'il serait plus intéressant, comme nous le verrons plus loin, d'analyser son comportement à l'effort.

Concernant les cavités droites, nous rencontrons, surtout chez les endurants (cyclistes, triathlètes, ultratrailers...), des dilatations qui posent problème. Une diminution associée des déformations régionales basales du ventricule droit (VD) a été décrite, soulevant parfois un problème diagnostique avec la MAVD (7). À l'effort, la réponse du VD à l'exercice est identique entre athlète et sédentaire témoignant de l'existence d'une réserve contractile appropriée à droite comme à gauche chez le sportif (8). En cas de doute, il ne faut pas hésiter à se tourner vers l'imagerie de coupe par IRM, examen complémentaire de plus en plus incontournable.

L'ÉCHOCARDIOGRAPHIE D'EFFORT

L'échocardiographie d'effort s'est démocratisée et fait maintenant

partie intégrante du panel d'examen à notre disposition pour l'exploration du sportif. C'est une technique prometteuse en plein développement. Elle devient un complément très intéressant, parfois même indispensable à l'ETT, puisqu'elle permet d'analyser la réponse du cœur d'athlète à l'exercice musculaire : adaptations physiologiques ou pathologiques des fonctions cardiaques gauche et droite, adaptation hémodynamique avec estimation des pressions de remplissage du VG ou systolique droite (PAP), adaptation du système cardiovasculaire en cas de valvulopathie...

L'échocardiographie d'effort permet d'apprécier le débit cardiaque qui peut être multiplié

par cinq à six lors de l'exercice. Ce débit est le produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique (VES), différence entre les volumes télédiastolique et télé-systolique. Le VES dépend ainsi de l'augmentation du retour veineux (précharge) et donc de la compliance VG et de la contractilité (loi de Starling et réponse catécholergique). La postcharge qui intervient aussi sur le VES est plus difficile à évaluer car elle associe une élévation de la pression artérielle systémique et une diminution des résistances vasculaires périphériques. Dans tous les cas, l'échocardiographie d'effort est bien plus physiologique que l'échocardiographie de stress pharmacologique, classiquement à la dobutamine.

L'échocardiographie d'effort peut aussi aider à différencier la CMH du cœur d'athlète. En cas d'hypertrophie VG suspecte au repos, la mise en évidence d'une obstruction intra-VG au cours d'un effort serait en faveur d'une CMH avec une

proportion d'environ 1/3 de CMH non obstructive, 1/3 d'obstruction présente au repos et 1/3 qui apparaît à l'effort (9). Cette nouvelle donnée a été intégrée aux dernières recommandations américaines sur la prise en charge de la CMH pour une valeur de gradient obstructif dynamique supérieure à 50 mmHg (10). Attention, cette obstruction pendant l'effort est à différencier de celle qui peut apparaître en post-effort immédiat. En effet, en dehors de possibles symptômes associés, la présence d'une obstruction dynamique en post-effort, même im-

portante, n'a pas de caractère pathologique. Elle résulterait de la persistance lors de la récupération d'un excès de sti-

L'IMAGERIE DE COUPE PAR IRM : UN EXAMEN DE PLUS EN PLUS INCONTOURNABLE

mulation catécholergique responsable d'une hypercontractilité myocardique concomitante de la baisse du retour veineux et des résistances périphériques. Cela entraîne une diminution brutale des pré- et postcharges responsables d'une obstruction intra-VG physiologique comme cela peut se voir en échographie de stress par dobutamine. Néanmoins, il a été décrit qu'un gradient intra-VG pouvait apparaître au cours de l'effort chez des patients sans CMH vraie mais symptomatiques (douleur thoracique, vertige, syncope ou antécédents familiaux, anomalies ECG...) (11) avec, dans ce cas, une efficacité démontrée des β -bloquants sur les symptômes et le gradient intra-VG (12). Il ne faut donc pas hésiter à proposer cet examen pour explorer tous les sportifs qui ont des plaintes fonctionnelles ou des anomalies ECG diverses inexplicables.

Concernant l'adaptation VG à l'effort de l'athlète, une amélioration des déformations globales

longitudinales est rapportée chez le jeune athlète lors d'un effort sous-maximal avec un STI évoluant de $-17 \pm 1,3$ % au repos à $-22,1 \pm 2,1$ % à l'effort. Il est noté une normalité du 2D *strain* pour une fréquence cardiaque située à 85 % de la FMT (13). De même, les rôles des torsion et détorsion ventriculaires au cours de l'exercice ont été étudiés chez le jeune sédentaire sain (14). La torsion est la résultante de la rotation des segments apicaux en sens contraire de celle des segments basaux. Cette étude souligne l'importance de la réserve de torsion dans le couplage systolo-diastolique durant l'exercice. Dans un travail ultérieur chez l'athlète (résultats non encore

publiés), la torsion ventriculaire au repos apparaît diminuée chez l'athlète avec une réserve de torsion néanmoins augmentée à l'effort et une meilleure fonction diastolique à l'exercice qui pourrait expliquer l'amélioration de la performance myocardique. Il est également possible d'approcher les fonctions diastoliques et l'évolution des pressions de remplissage VG ou VD à l'exercice par l'échocardiographie d'effort (15). Il est donc clair que cette modalité d'échocardiographie nous apporte de plus en plus de réponses et d'éléments précis sur la réponse adaptative du myocarde soumis à un exercice et trouve donc toute sa place chez le sportif.

CONCLUSION

L'essentiel des avancées en échocardiographie de ces 10 dernières années s'est attaché à nous apporter des réponses sur le fonctionnement cardiaque au repos ou à l'exercice. L'échocardiographie, parfois obligatoire, reste un examen essentiel de l'exploration classique du sportif. Mais par l'analyse des déformations, par le biais de l'échographie d'effort, voire le couplage des deux, nous entrons, sans jeu de mots, au cœur même des mécanismes adaptatifs du cœur du sportif. ■

MOTS-CLÉS

Législations, Déformations, Échocardiographie d'effort

BIBLIOGRAPHIE

1. La Gerche A, Taylor AJ, Prior DL. Athlete's heart: the potential for multimodality imaging to address the critical remaining questions. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009 ; 2 : 350-63.
2. Richand V, Lafitte S, Reant P et al. An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2007 ; 100 : 128-32.
3. Butz T, van Buuren F, Mellwig KP et al. Two-dimensional strain analysis of the global and regional myocardial function for the differentiation of pathologic and physiologic left ventricular hypertrophy: a study in athletes and in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging* 2011 ; 27 : 91-100.
4. D'Andrea A, Caso P, Salerno G et al. Left ventricular early myocardial dysfunction after chronic misuse of anabolic androgenic steroids: a Doppler myocardial and strain imaging analysis. *Br J Sports Med* 2007 ; 41 : 149-55.
5. Abernethy WB, Choo JK, Hutter AM Jr. Echocardiographic characteristics of professional football players. *J Am Coll Cardiol* 2003 ; 41 : 280-4.
6. D'Andrea A, Cocchia R, Riegler L et al. Left ventricular myocardial velocities and deformation indexes in top-level athletes. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1281-8.
7. Teske AJ, Prakken NH, De Boeck BW et al. Echocardiographic tissue deformation imaging of right ventricular systolic function in endurance athletes. *Eur Heart J* 2009 ; 30 : 969-77.
8. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J* 2012 ; 33 : 998-1006.
9. Maron MS, Olivotto I, Zenovich AG et al. Hypertrophic cardiomyopathy is predominantly a disease of left ventricular outflow tract obstruction. *Circulation* 2006 ; 114 : 2232-9.
10. Gersh BJ, Maron BJ, Bonow RO et al. ACCF/AHA Guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2011 ; 58 : e212-60.
11. Cotrim C, Almeida AR, Miranda R et al. Stress-induced intraventricular gradients in symptomatic athletes during upright exercise continuous wave Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 2010 ; 106 : 1808-12.
12. Cotrim C, Lopes LR, Almeida AR et al. Efficacy of beta-blocker therapy in symptomatic athletes with exercise-induced intra-ventricular gradients. *Cardiovasc Ultrasound* 2010 ; 8 : 38.
13. Donal E, Rozoy T, Kervio G et al. Comparison of the heart function adaptation in trained and sedentary men after 50 and before 35 years of age. *Am J Cardiol* 2011 ; 108 : 1029-37.
14. Doucende G, Schuster I, Rupp T et al. Kinetics of left ventricular strains and torsion during incremental exercise in healthy subjects: the key role of torsional mechanics for systolic-diastolic coupling. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010 ; 3 : 586-94.
15. La Gerche A, MacIsaac AI, Burns AT et al. J Appl Physiol (1985). Pulmonary transit of agitated contrast is associated with enhanced pulmonary vascular reserve and right ventricular function during exercise. *J Appl Physiol* 2010 ; 109 : 1307-17.