



P. REANT
Service des Echocardiographies,
Hôpital Cardiologique du Haut-Lévêque, PESSAC.

Echocardiographie

Au cours de ces sessions de l'AHA 2005, les nouvelles techniques échocardiographiques étaient, plus que jamais, au rendez-vous, avec pour objectif une analyse de plus en plus précise de la fonction segmentaire, de la torsion (ou rotation) et de la déformation myocardique au cours du cycle cardiaque. Ainsi, le Doppler tissulaire et ses dérivés (vélocités, strain, strain rate), l'échocardiographie de contraste myocardique (2D et 3D), le strain bidimensionnel (2D strain), l'échocardiographie 3D temps réel et le Velocity Vector Imaging (VVI) ont comme enjeu majeur de nous permettre de détecter plus précocement des anomalies de la fonction myocardique. De nombreuses études cliniques et expérimentales ont fait l'objet de communications à ce sujet.

Par ailleurs, l'analyse de l'asynchronisme ventriculaire occupe toujours une place importante dans les communications et plusieurs études ont été présentées concernant l'évaluation des valvulopathies.

■ FONCTION CARDIAQUE

1. – Fonction diastolique

>>> J.D. Thomas *et al.* ont refait le point, à l'occasion d'une lecture, sur **les critères d'insuffisance cardiaque diastolique et sur les différents paramètres** à étudier lors de son analyse.

Le diagnostic d'insuffisance cardiaque à fonction systolique préservée, d'après les guidelines de l'EHJ 1998, repose sur l'existence :

- de symptômes d'insuffisance cardiaque,
- d'une fraction d'éjection VG conservée ($> 45\%$),
- d'une élévation des pressions de remplissage VG, d'un trouble de la relaxation ou d'un trouble de compliance ventriculaire,

– et nécessite d'avoir exclu, au préalable, une atteinte pulmonaire sous-jacente.

Ces pionniers de la fonction diastolique ont repris l'analyse du Doppler transmitral et montré quelques réticences envers l'analyse du flux veineux pulmonaire. Les autres **paramètres** à recueillir sont la vitesse de propagation du flux mitral (V_p), le rapport de E sur V_p , le DTI à l'anneau et E/E' , mais aussi le gradient de pression intra-VG, la torsion, le couplage ventriculo-vasculaire (avec l'étude de la vitesse de l'onde pulsée, du flux aortique central et la compliance aortique), le strain, le strain rate. Un autre paramètre important est la mesure de la surface ou du volume de l'OG.

>>> Marwik a proposé **l'évaluation des pressions de remplissage à l'effort** afin de dépister les patients en insuffisance cardiaque latente qui ne sont dyspnéiques qu'à l'effort ou qui minorent leur gêne fonctionnelle. Il a mesuré le rapport E/E' au repos et au pic de l'effort chez 168 patients ayant une fonction systolique préservée. Environ 20 % des patients ont également eu un cathétérisme au repos et à l'effort de façon concomitante à l'échocardiographie. Le rapport E/E' était parfaitement corrélé à la PTDVDG au repos ($r = 0,80$) et à l'effort ($r = 0,80$). L'analyse échographique a permis de montrer que E/E' augmente à l'effort chez les patients dont la tolérance à l'effort est la moins bonne. E/E' était inchangé chez les patients dont la performance était bonne ($9,7 \pm 3$ vs $11,3$ m et $S p < 0,05$). Une augmentation de E/E' à l'effort > 13 serait un bon témoin d'élévation des pressions de remplissage (PTDVDG > 15 mmHg).

2. – La torsion

>>> **L'analyse de la torsion (twist) ventriculaire** est d'actualité depuis la première étude échocardiographique de Y. Notomi qui avait analysé la torsion-rotation du ventricule

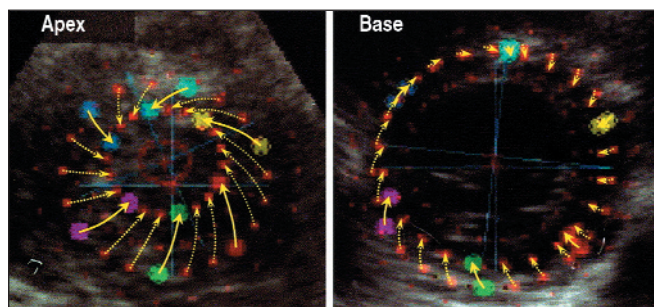


Fig. 1 : Speckled tracking. Notomi 2005.

gauche entre la base et l'apex, à partir d'incidences parasternales court axe. Par l'intégrale des vitesses de rotation à la région septale et après avoir calculé le volume du VG, il est possible d'obtenir des boucles torsion-volume. Ces boucles sont un nouvel indice de fonction ventriculaire gauche et permettent de mieux appréhender la relaxation active du VG avec une détorsion rapide protodiastolique (fig. 1 et 2).

>>> De nouvelles études apparaissent avec l'étude de la rotation grâce à la **vectographie** (Velocity Vector Imaging). Au cours de ce congrès, cette nouvelle méthode d'analyse a fait l'objet de 3 présentations orales. Le VVI (Siemens Corp) permet dévaluer la fonction cardiaque systolique et diastolique régionale et la torsion grâce à une couronne de vecteur qui changent d'orientation et d'amplitude au cours du cycle cardiaque. Le principe est celui du speckled tracking qui permet une analyse de la dynamique longitudinale et de la torsion en détectant automatiquement l'interface tissu/cavité. Le maximum de torsion semble exister au niveau du septum avec un mouvement de détorsion apical. Des études sont réalisées sur différents modèles comme l'hypertrophie ventriculaire gauche post-HTA par exemple.

>>> L'équipe de M. Vannan (Orange, USA) a mis en évidence à l'aide du VVI que le septum interventriculaire est anatomi-

quement et fonctionnellement constitué de **2 couches de fibres myocardiques**. La contraction systolique de la partie droite du SIV et la détorsion apicale contribuent à l'élongation du VG et au remplissage diastolique. Une contraction anormale de la partie droite du SIV et une détorsion apicale peuvent être à la base d'une dysfonction diastolique. Chez 30 patients porteurs d'HVG, les auteurs ont mis en évidence que :

- le pic de contraction de la partie droite du septum survient plus tardivement que celui de la partie gauche du septum chez les sujets normaux,
- les vitesses de torsion (twist) et de détorsion (untwist) apicales sont comparables chez les sujets sains,
- le pic de contraction de la partie droite du SIV est significativement retardé chez les sujets ayant une HVG,
- le "untwist" et le pic de vitesse mitrale protodiastolique sont diminués de manière marquée en cas d'HVG.

>>> M. Canesson (Pittsburgh) a présenté le VVI comme un nouvel outil pour quantifier l'asynchronisme avant resynchronisation biventriculaire.

3. – 2D strain

>>> **Le strain bidimensionnel (2D strain)** est l'autre événement technologique de ce congrès 2005. Le 2D strain, contrairement au strain obtenu à partir du Doppler tissulaire, permet de s'affranchir des contraintes angulaires et améliore le rapport signal sur bruit. E. Donal (CHU de Rennes) a validé cette nouvelle technique chez le porcelet en la comparant à la technique de référence, la sonomicrométrie. Le positionnement de deux cristaux l'un en regard de l'autre sur la paroi antérieure du VG permet d'analyser la composante longitudinale de raccourcissement systolique des fibres myocardiques. Un autre couple de cristaux placés au niveau endo- et épicaudique permet d'explorer l'étirement radial des fibres myocardiques durant la systole. Le strain 2D est un nouvel outil échocardio-

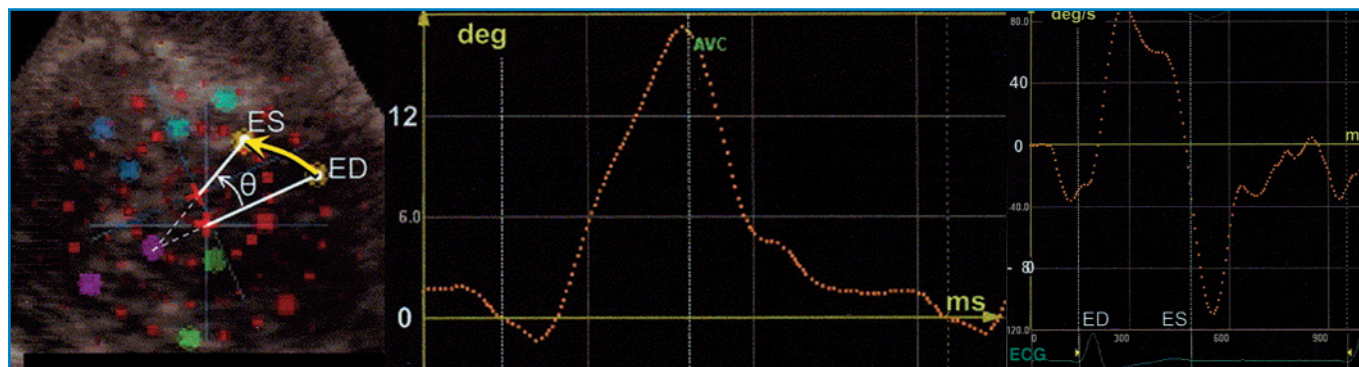


Fig. 2 : Quantification de la torsion par speckled tracking.

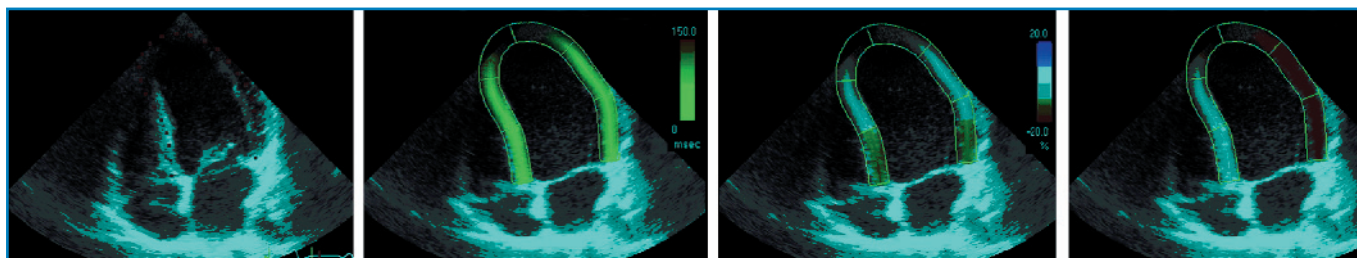


Fig. 3 : Strain bidimensionnel en incidence apicale des 4 cavités à partir du logiciel Echopac (GE) : images paramétriques. Pour les images de droite : pic maximal de strain longitudinal et pic maximal de strain transversal (en codage couleur).

graphique pour analyser de manière non invasive et reproductible le pourcentage de déformation longitudinale, radiale, mais aussi circonférentielle, lors de la systole ventriculaire. Ce nouvel outil ne présente pas les contraintes angulaires du Doppler tissulaire et de ses dérivés, sur cœur sain ni lors d'une élévation de la postcharge VG par banding graduel de l'aorte. Il faut noter qu'en cas de banding de l'aorte le strain longitudinal diminue plus précocement que le strain radial.

Le 2D strain a également fait l'objet de nombreuses études cliniques. Il pourrait permettre de réaliser une cartographie des séquences d'activation myocardique d'après une nouvelle étude de Y. Notomi (Cleveland) (*fig. 3*).

4. – La fonction ventriculaire droite

>>> **L'exploration du ventricule droit**, longtemps laissée pour compte, a fait salle comble lors de plusieurs sessions. L'index de performance myocardique (indice de fonction systolique et diastolique) proposé par l'équipe de C. Tei, le Doppler tissulaire à l'anneau tricuspide (S'avec un cut-off de 10 cm/s à 11,5 cm/s selon les équipes), le déplacement de l'anneau tricuspide (TAPSE) et le 3D permettent de mieux évaluer la fonction du ventricule droit. Il faut souligner aussi l'importance de l'évaluation des volumes de l'OD et de l'OG qui sont également des indicateurs de dysfonction ventriculaire et qui auraient une valeur plus robuste que l'évaluation des surfaces en temps que marqueur de risque cardiovasculaire.

>>> J.E. Sanderson (Hong Kong) a évalué **la fonction systolique du ventricule droit** chez 22 patients après infarctus du myocarde par DTI et l'a comparée à une évaluation de la FEVD en IRM. Ils concluent que l'onde S'en DTI à l'anneau tricuspide est un indicateur utile de fonction VD globale chez les patients en post-infarctus avec un cut-off dans cette étude à 9,8 cm/s. Cela confirme les résultats antérieurs de Meluzin (*Eur Heart J*, 2001) qui, lui, fixe un cut-off à 11,5 cm/s.

Une étude de R. Prakasa (Baltimore) a évalué la fonction ventriculaire droite chez 19 patients suspects de **dysplasie arythmogène du ventricule droit** et 19 témoins grâce au DTI (Vivid 7, GE). Les paramètres mesurés étaient l'amplitude de l'onde S', l'amplitude de E' ainsi que le déplacement (D), au niveau du segment moyen de la paroi libre du VD. S' ($5,8 \pm 2,1$ cm/s versus $8,8 \pm 1,7$ cm/s), E' ($-5,9 \pm 2,5$ cm/s versus $-9,1 \pm 1,9$ cm/s) et D ($6,7 \pm 2,7$ mm versus $10,1 \pm 2,1$ mm) étaient significativement plus bas en cas de dysplasie arythmogène du VD. Il en était de même pour les mêmes paramètres au niveau de la paroi septale du VD.

■ L'ASYNCHRONISME VENTRICULAIRE

>>> La sélection des patients répondeurs à la resynchronisation ne peut se faire uniquement sur la largeur du QRS. L'échocardiographie et ses nouvelles techniques ont pour objectif d'améliorer la sélection des patients potentiellement répondeurs. Toutefois, il reste toujours à déterminer quel sera le meilleur paramètre pour répondre à cette question. D'autre part, l'analyse des différents indicateurs de fonction et des séquences d'activation myocardiques au repos ne suffit pas et **l'échocardiographie d'effort** devrait y être associée autant que possible. Ce point avait été souligné lors des sessions de l'AHA de 2004 par S. Lafitte (CHU de Bordeaux) et se confirme cette année avec une étude de l'équipe de J. Bartunek (Centre Cardiovasculaire, Aalst, Belgique). Il montre chez 18 patients porteurs de myocardiopathie que les paramètres écho-Doppler au repos ne sont pas bien corrélés avec l'effet immédiat sur l'insuffisance mitrale de la resynchronisation. Par contre, l'amélioration aiguë de l'IM par la resynchronisation est bien corrélée au degré d'asynchronisme VG induit par l'exercice ($r = 0,6$, $p < 0,05$) et à la réserve contractile ($\Delta S'$ en DTI, $r = 0,51$, $p < 0,05$) précédant l'implantation. Aussi, l'évaluation de la performance myocardique et de l'asynchronisme par l'échocardiographie d'effort peut aider à prédire les effets immédiats de la resynchronisation sur l'insuffisance mitrale fonctionnelle.

>>> L'équipe de S. Kapetanakis et M. Monaghan (Londres) ont rapporté une étude d'**échocardiographie 3D temps réel** réalisée chez 26 patients avant et à 10 mois après implantation d'un pacemaker triple chambre. Ils ont étudié les courbes temps-volume de chacun des 16 segments myocardiques et calculé un index d'asynchronisme systolique à partir de la dispersion de temps par rapport au volume minimal de chaque segment. Le remodelage inverse était défini par une réduction d'au moins 20 % du volume télédiastolique, accompagnée d'une amélioration de la symptomatologie clinique (réduction d'au moins 1 classe NYHA). A 10 mois, 26 % des patients n'ont pas été cliniquement améliorés ; par contre, 65 % des patients présentaient un remodelage inverse. L'index d'asynchronisme systolique pré-resynchronisation serait un index prédictif de réponse à la resynchronisation biventriculaire. Cela reste à confirmer par des études sur de plus grandes populations.

>>> Burgess a comparé la valeur pronostique de **la dilatation ventriculaire et de l'asynchronisme** chez 318 patients présentant une cardiopathie ischémique avec fonction VG systolique modérément altérée. Ces patients ont été étudiés au repos et par échocardiographie de stress. Le pronostic était étudié en fonction de la dilatation ventriculaire, de la présence d'un asynchronisme, de la présence d'une ischémie. La dilatation ventriculaire semble le paramètre prédictif le plus robuste d'événements cardiovasculaires.

■ VALVULOPATHIES

1. – La valve mitrale et l'échocardiographie 3D

>>> Le travail présenté par T. Letourneau (Hôpital Cardiologique de Lille) a évalué l'intérêt de l'évaluation de **l'insuffisance mitrale** en échocardiographie 3D live pour en préciser le mécanisme en comparaison avec l'analyse en échocardiographie 2D. En termes de diagnostic, le 3D est bien corrélé



avec l'analyse 2D ($r = 0,86$). En termes de mécanisme, le 3D est moins bien corrélé au 2D en cas de prolapsus valvulaire alors qu'il l'est en cas d'IM rhumatismale ou fonctionnelle. En effet, les prolapsus commissuraux n'ont pas été détectés en 3D pour 4 patients. Par contre, en présence de perforation valvulaire ou de fente mitrale, le 3D s'avérait d'une aide pré-

cieuse. Le Doppler couleur en 3D était bien corrélé avec le 2D dans la localisation du jet principal ($r = 0,85$). Le 3D est également utile en cas de vena contracta non circulaire en 2D, de prolapsus commissural, de jets multiples. Cette étude concluait que le 3D, à ce jour, ne peut pas encore prétendre remplacer l'évaluation 2D du fait de la qualité et de la résolution des images qui restent limitées et non satisfaisantes, surtout en cas d'insuffisance mitrale par prolapsus. Toutefois, il est intéressant, car il apporte des informations additionnelles sur le mécanisme et la caractérisation de l'IM particulièrement en cas d'origine rhumatismale ou fonctionnelle. Le 3D temps réel devrait prendre une place croissante dans l'étude de la valve mitrale en addition de l'analyse 2D.

2. – L'insuffisance aortique

>>> Q. Ruan (Houston) a montré la possibilité de mettre en évidence la présence de myocardiopathie même chez les patients présentant **une insuffisance aortique seulement minime ou modérée grâce au DTI**. Il a comparé 87 patients porteurs d'une insuffisance aortique (légère à sévère) à 52 sujets témoins. S'et E'à l'anneau mitral (septal comme latéral) étaient significativement abaissés par rapport aux témoins, mais sans différence significative selon que l'IA soit légère, modérée ou sévère. Cependant, la prévalence de la dysfonction augmentait avec la sévérité de la régurgitation : 33 % si légère, 45 % si modérée et 69 % en cas d'insuffisance aortique sévère. Les patients avec IA légère ou modérée peuvent donc également avoir une dysfonction systolique et diastolique comparable aux patients porteurs d'une fuite sévère malgré une post-charge plus basse. La sévérité

de l'atteinte myocardique serait liée à la durée d'évolution de la maladie et au volume de régurgitation.

>>> D. Detaint (Mayo Clinic) a souligné **le rôle essentiel de la surface de l'orifice régurgité (SOR)** dans le pronostic des patients présentant une insuffisance aortique à partir d'une étude prospective portant sur 251 patients asymptomatiques et avec un suivi de 10 ans. Le taux de mortalité et d'événements cardiaques se révèle très différent en fonction de l'importance de la fuite. Le volume régurgité et la SOR identifient les patients à haut risque.

■ VASCULAIRE

>>> Selon une étude de B. Haluska (Brisbane, Australie), **le Doppler tissulaire sur l'artère carotide** peut permettre d'analyser de manière simple, non invasive et reproductible les vitesses tissulaires et le déplacement artériel au cours du cycle cardiaque. Chez 48 patients diabétiques de type II sans aucun autre facteur de risque évident ni antécédent cardiovasculaire, l'auteur a montré que la mesure par Doppler tissulaire du déplacement artériel est bien corrélée avec les autres méthodes permettant d'étudier l'élasticité artérielle, et pourrait s'avérer utile chez les patients à risque cardiovasculaire.

■ CORONAROPATHIES ET ECHOCARDIOGRAPHIE DE CONTRASTE MYOCARDIQUE

>>> C. Aggeli a montré que **la combinaison de l'imagerie de perfusion myocardique par échocardiographie de contraste en temps réel et du stress par dobutamine** permet d'obtenir le meilleur équilibre en termes de sensibilité et de spécificité (85 % et 79 % respectivement). La sensibilité du MCE étant meilleure que l'analyse du wall motion au pic du stress (95 % versus 72 %, $p < 0,001$).

■ CONCLUSION

Ces sessions 2005 ont montré que l'échocardiographie est toujours en pleine expansion. Les nouvelles technologies permettent d'appréhender plus précisément la fonction segmentaire du ventricule gauche et de dépister précocement les anomalies de la fonction cardiaque (DTI, strain, strain rate, 2D strain, VVI).

Elles aident aussi à optimiser la prise en charge du patient insuffisant cardiaque (indication et optimisation de la stimulation biventriculaire) et des valvulopathies (DTI, strain, 2D strain, tissue tracking, VVI, 3D Temps réel et Volume Total). ■