



R. ROUDAUI, S. LAFITTE

## Echocardiographie : quoi de neuf ?

L'année 2006 fut riche dans le domaine de l'échocardiographie, validation de nouvelles techniques (en particulier de "speckle tracking"), publication des nouvelles recommandations de l'AHA/ACC concernant la prise en charge des valvulopathies faisant la place belle à l'échocardiographie, progrès dans le domaine de l'évaluation pré- et post-opératoire des insuffisants cardiaques resynchronisés...

Nous aborderons successivement les principaux domaines suivants :

- valvulopathies,
- insuffisance cardiaque et resynchronisation,
- cardiopathie ischémique et écho de stress,
- nouvelles techniques.

### VALVULOPATHIES

La prise en charge des valvulopathies chez le patient asymptomatique a bénéficié ces dernières années de recommandations européennes [1], françaises [2] et enfin américaines [3]. Ces dernières proposent des critères quantitatifs modifiés de définition de ces différentes valvulopathies en fonction de leur caractère sévère, modéré ou minime (*tableaux I, II et III*).

La place de l'échocardiographie transthoracique au repos, voire de l'ETO et de l'écho d'effort, dans la prise en charge des différentes situations (patient asymptomatique, symptomatique) est analysée de façon très pratique (*fig. 1 à 6*).

L'échocardiographie d'effort apparaît comme un examen très utile dans le RM (*fig. 1 à 3*). Dans le cas particulier du RM asymptomatique : une limitation à l'effort, associée à un gradient > 15 mmHg et une élévation de la PAP > 60 mmHg

	RA minime	RA modéré	RA serré
Vélocité maximale	2,5 à 3 m/s	3 à 4 m/s	> 4 m/s
Gradient moyen	< 25 mmHg	25 à 40 mmHg	> 40 mmHg
Aire valvulaire	> 1,5 cm <sup>2</sup>	1 à 1,5 cm <sup>2</sup>	< 1 cm <sup>2</sup>

**Tableau I :** Définition des différents stades de RA selon la gravité ; d'après Bonow RO, Circulation, 2006 ; 114 : 450-521.

	RA minime	RA modéré	RA serré
Gradient moyen (mmHg)	< 5	5-10	> 10
PAPS (mmHg)	< 30	30-50	> 50
Surface (cm <sup>2</sup> )	> 1,5	1-1,5	< 1

**Tableau II :** Définition des différents stades de RM selon la gravité ; d'après Bonow RO, Circulation, 2006 ; 114 : 450-521.

Mesures	Insuffisance mitrale	Insuffisance aortique	Insuffisance tricuspide
SOR	≥ 40 mm <sup>2</sup>	≥ 30 mm <sup>2</sup>	≥ 40 mm <sup>2</sup>
VR	≥ 60 mL	≥ 60 mL	≥ 40 mL
FR	≥ 50 %	≥ 50 %	

SOR : surface de l'orifice régurgitant, VR : volume régurgité, FR : fraction de régurgitation.

**Tableau III :** Indices de sévérité des valvulopathies régurgitantes obtenues par la méthode de la PISA : ces valeurs ne sont que des paramètres indicatifs extraits des recommandations récentes mais ne sont pas des critères exclusifs d'indication opératoire.

sont une indication à une commissurotomie percutanée (CMP). Un travail en écho 3D [4] confirme l'intérêt de cette méthode pour évaluer la surface mitrale. Après dilatation par ballonnet, la surface 3D prend mieux en compte l'ouverture commissurale.

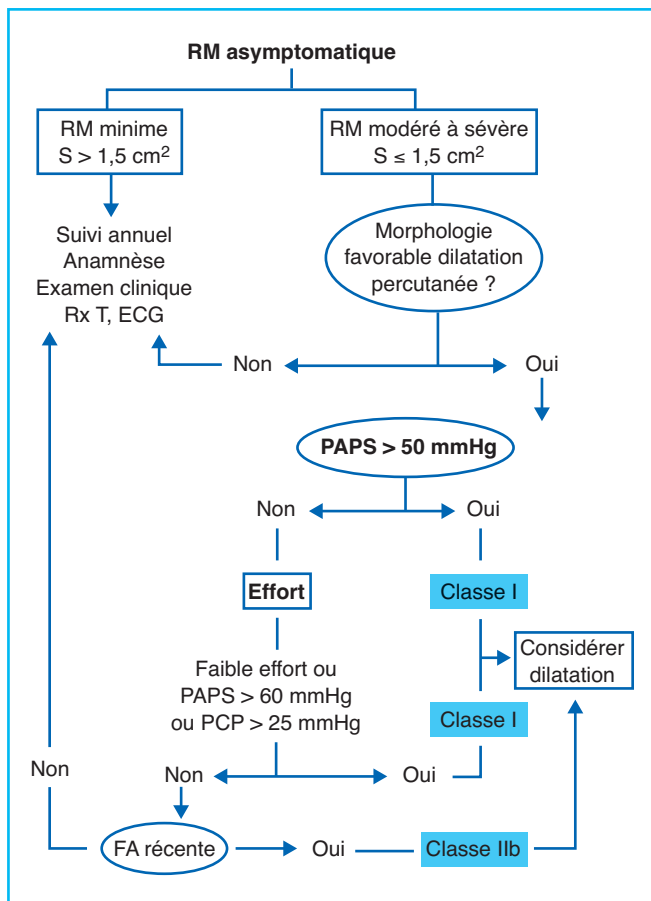


Fig. 1 : RM asymptotique. Algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

Dans le domaine du RA en bas débit, retenons en 2006 les travaux de l'équipe du Québec [5] soulignant l'intérêt de l'étude de la réserve d'ouverture de la valve aortique pour différencier le RA pseudo-sévère du RA sévère et ceux de l'équipe de C. Tribouilloy publiés récemment par Quéré [6] concernant l'influence de la réserve de contractilité préopératoire sur la fraction d'éjection postopératoire dans le RA en bas débit.

Cette étude a inclus 66 patients consécutifs présentant un RA en bas débit, opérés et ayant survécu à la chirurgie. L'écho-dobutamine préopératoire a décelé une réserve de contractilité chez 46 patients (groupe 1) et l'absence de réserve chez 20 patients (groupe 2). Presque tous les patients ont amélioré leur symptomatologie, seulement 9 % restent en classe 3-4. Il n'existe pas de différence significative de l'amélioration fonctionnelle entre les deux groupes. Dans le groupe 1, 38 patients ont une augmentation  $\geq 10 \%$  de la FE, mais ils sont également 13 patients dans le groupe 2. Il n'y a pas de différence significative de l'amélioration moyenne de la FE après chirurgie entre les deux groupes (19 vs 17 %) ! En analyse multivariée, les seuls facteurs prédictifs de

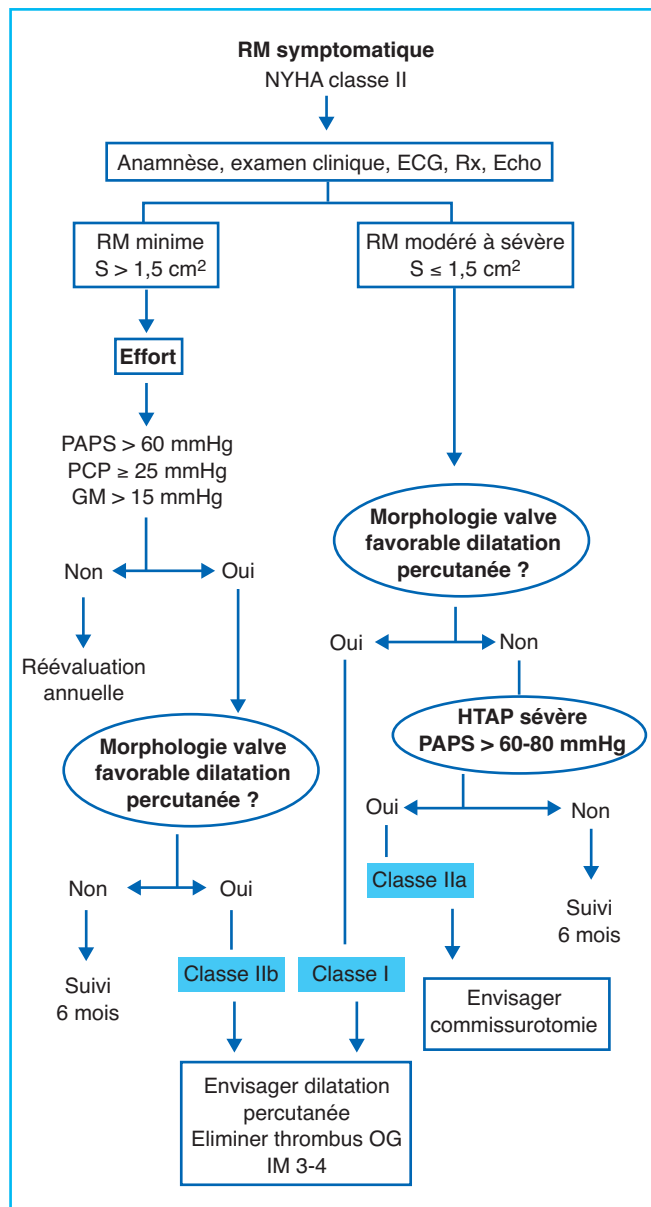


Fig. 2 : RM symptomatique NYHA classe II. Algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

l'absence d'amélioration de la FE sont la maladie coronaire plurifonctionnelle et un bas gradient moyen transaortique.

La stratification du risque dans l'insuffisance mitrale asymptotique a été analysée par R. Rosenhek [7]. Les travaux récents de la littérature montrent que les résultats de la chirurgie sont meilleurs si l'opération est précoce (avant la dysfonction VG, la dilatation importante du VG, la FA, l'HTAP) et si la plastie est réalisable. Cependant, les bases de données nationales et européennes (EuroHeart Survey) montrent bien que beaucoup de patients opérés de la valve mitrale bénéficient

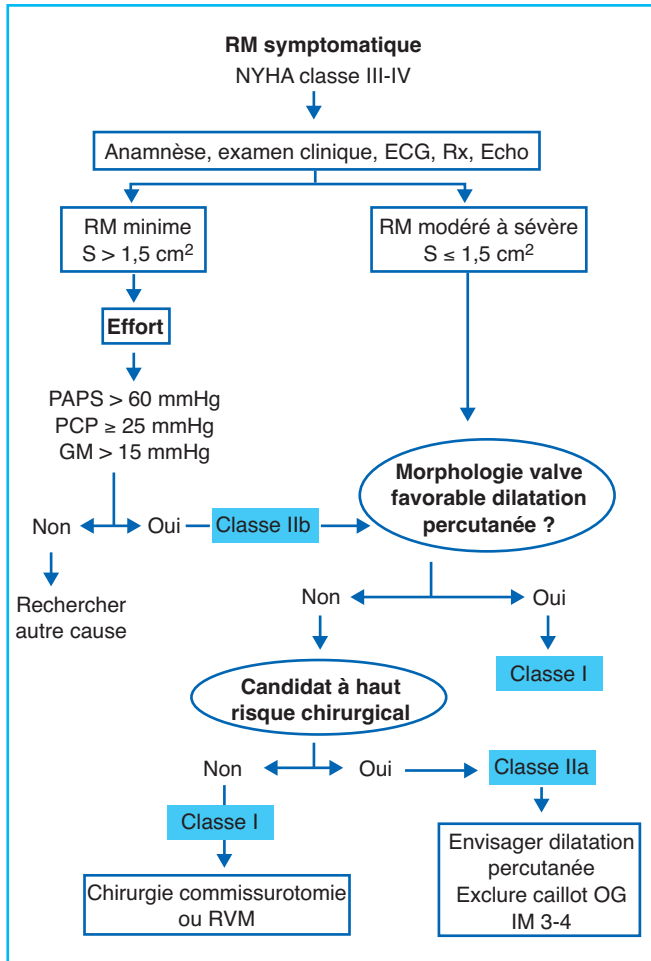


Fig. 3: RM symptomatique NYHA classe III-IV. Algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

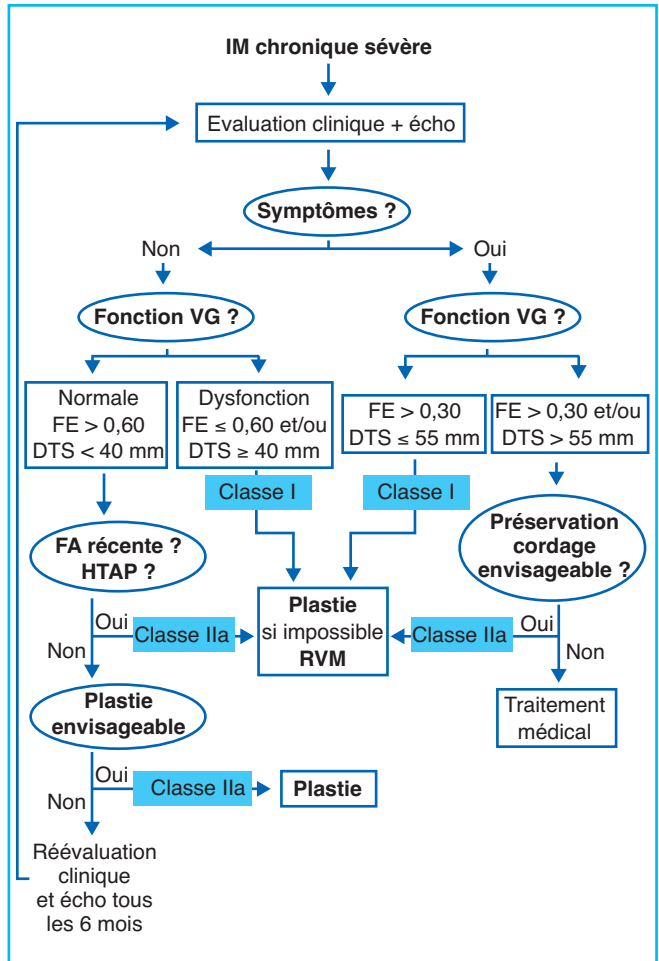


Fig. 4: IM. Algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

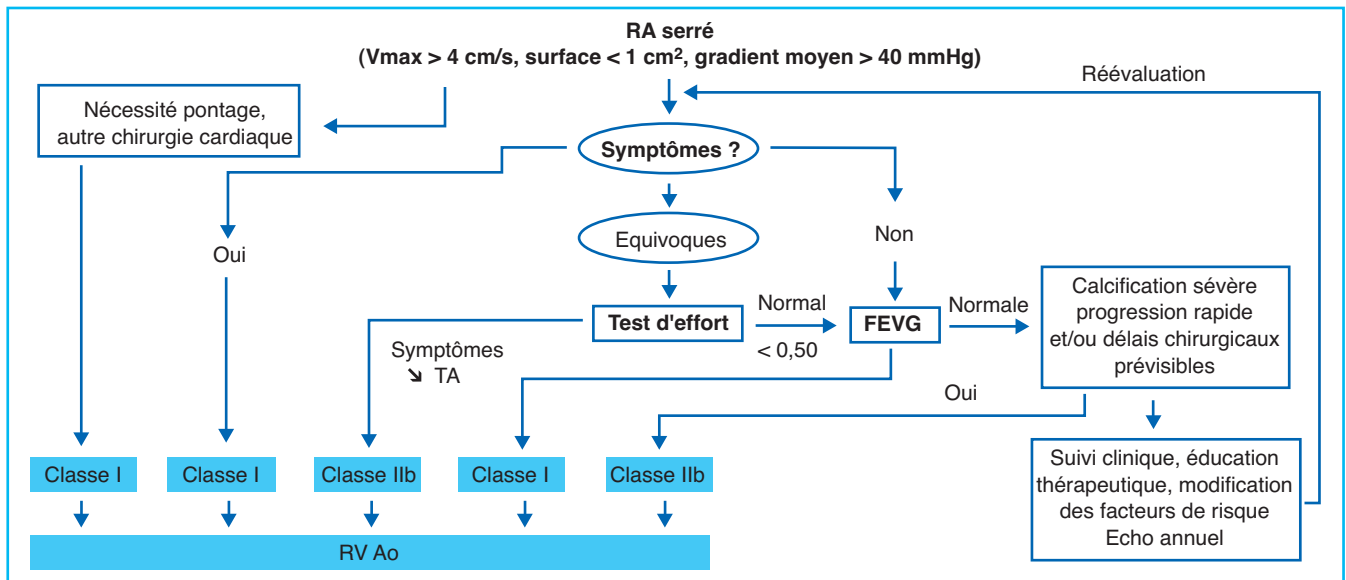


Fig. 5: RA serré/algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

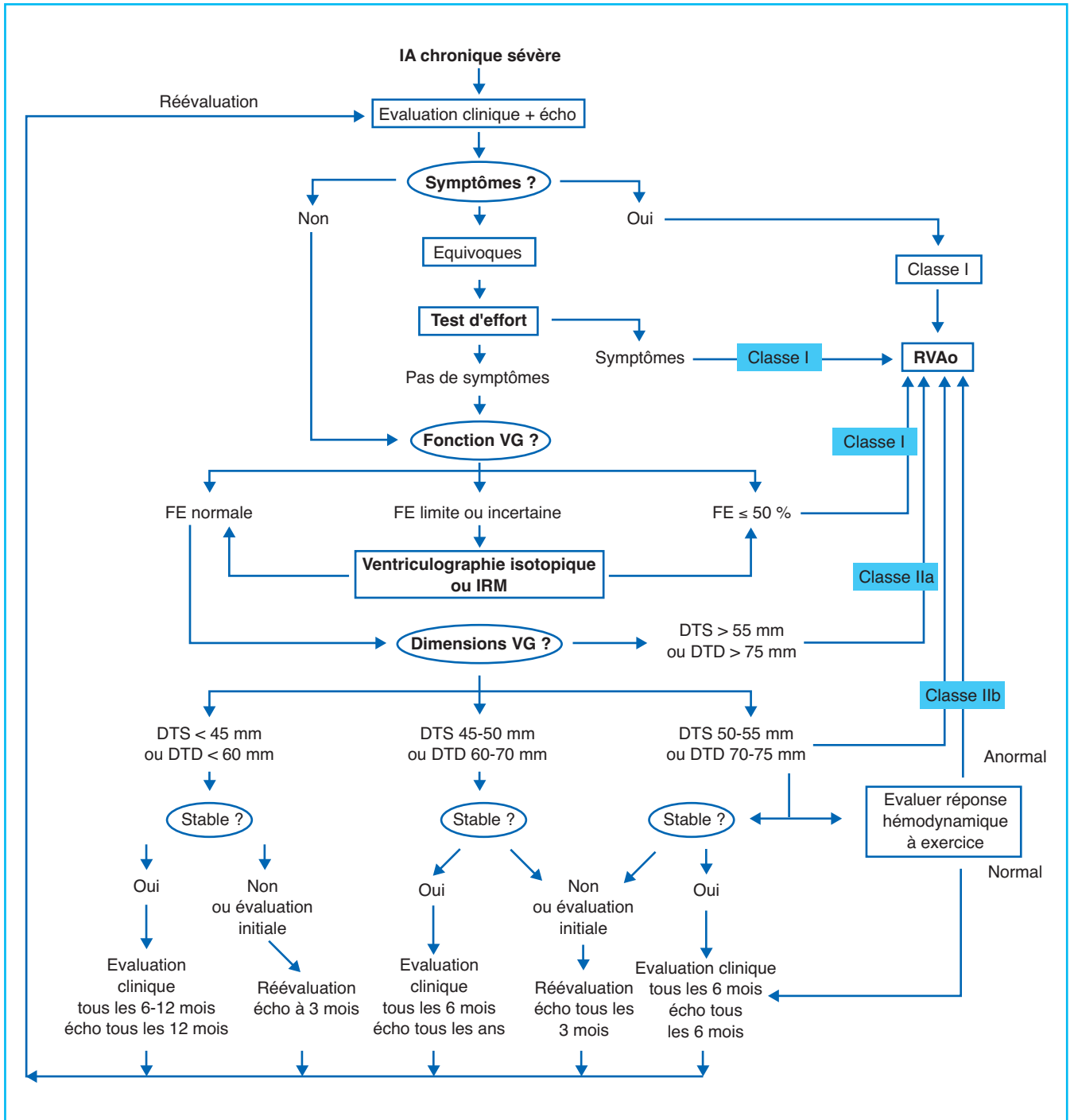


Fig. 6 : IA. Algorithme décisionnel. Adapté d'après Bonow, Circulation, 2006.

cient non pas d'une plastie mais d'une prothèse ! Aussi, les risques et les bénéfices de la chirurgie doivent être pesés précisément. Une stratégie consistant en un suivi soigneux des patients jusqu'à ce que les premiers symptômes apparaissent ou jusqu'à ce que les patients asymptomatiques atteignent les critères de dilatation ventriculaire (DTS > 45 mm) et de fon-

ction ventriculaire gauche (FE ≈ 60 % chez des patients dont la FE devrait être supranormale) ou le développement d'une HTAP ou encore d'une FA est associée avec un excellent pronostic péri- et postopératoire. Une telle prise en charge nécessite un suivi clinique soigneux incluant des échocardiographies régulières entre des mains entraînées.

INSUFFISANCE CARDIAQUE

Le domaine de l'insuffisance cardiaque à fonction systolique préservée reste controversé. Pour Brutsaert [8], l'ICFSP n'est qu'un des phénotypes du large éventail des formes cliniques de l'insuffisance cardiaque. Un algorithme diagnostique pratique a été proposé par Juillière [9] (fig. 7 et 8). Il comprend 7 étapes depuis les symptômes et les signes cliniques jusqu'à l'analyse échocardiographique de la fonction diastolique pour conduire à une affection certaine d'IC à FSP.

La valeur pronostique des paramètres écho-Doppler a été rapportée par Liang [10]. Les auteurs ont testé la valeur prédictive des paramètres hémodynamiques Doppler et invasifs dans la survenue d'une poussée d'IC, en analyse multivariée, il apparaît qu'une élévation de la PTDVG > 20 mmHg, un rapport E/Ea > 15 et un volume OG indexé > 23 mL/m<sup>2</sup> apparaissent comme les meilleurs paramètres prédictifs d'une nouvelle poussée d'IC.

Enfin, soulignons le travail de l'équipe de Marwick [11] sur les possibilités d'évaluation des pressions de remplissage du VG à l'effort. Cette étude porte sur 37 patients explorés simultanément par cathétérisme et écho-Doppler au repos et à l'effort. Le rapport E/Ea est bien corrélé à la PTDVG à l'effort et peut être retenu pour identifier les patients présentant une élévation de la PTDVG à l'effort.

Si les recommandations actuelles d'implantation d'un stimulateur multisite sont basées sur des critères électriques, plusieurs travaux récents de la littérature ont souligné l'intérêt de l'écho-Doppler pour la sélection des patients. Cependant, quelle que soit la méthode de sélection utilisée (ECG, écho) 1/3 des patients sont non répondeurs. Lafitte [12] souligne le rôle de l'écho d'effort dans une population de 65 patients avec FE < 35 %. Dans cette population, le comportement des paramètres d'asynchronisme à l'effort est variable: aggravation dans 34 % des cas, absence de modification dans 37 % des cas et disparition dans 29 % des cas, alors que dans un groupe témoin, aucune modification n'est constatée à l'effort.

Une seconde étude, de Ennezat [13], a porté sur 21 patients candidats à une resynchronisation présentant une IM fonctionnelle, il apparaît dans ce travail que la resynchronisation s'accompagne d'une diminution significative de l'IM d'effort. Par Doppler tissulaire, Porciani [14] étudie le retard de contraction des segments ventriculaires dans une population de 59 candidats à la resynchronisation. Dans ce travail basé sur l'étude des paramètres de déformation sur 12 seg-

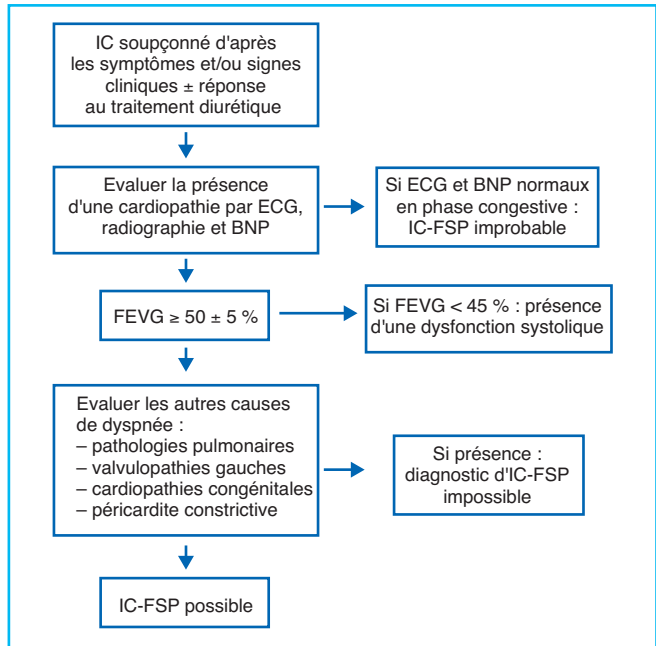


Fig. 7 : Algorithme diagnostique pour une définition pragmatique de l'IC-FSP. D'après Juillière, Arch Mal Cœur, 2006 ; 99 : 1-8.

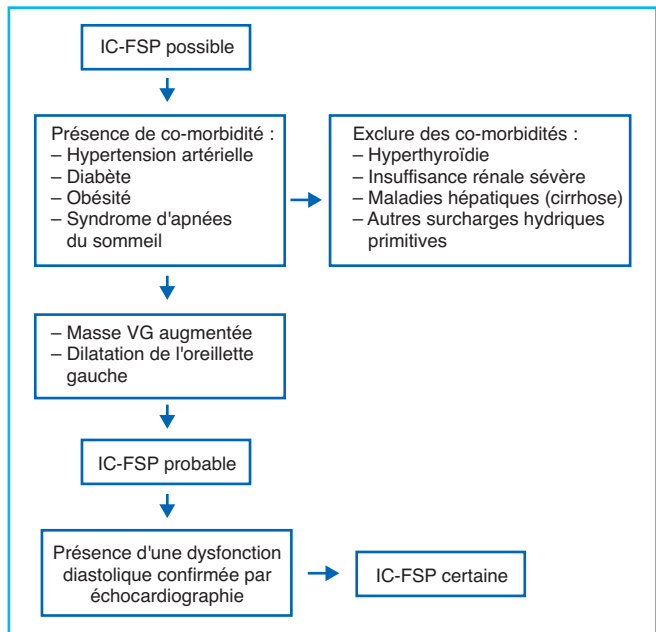


Fig. 8 : Algorithme diagnostique pour une définition pragmatique de l'IC-FSP. D'après Juillière, Arch Mal Cœur, 2006 ; 99 : 1-8.

ments, une somme des retards de contraction de 760 ms est corrélé à une bonne réponse à la resynchronisation. L'équipe de Suffoletto [15] a souligné l'intérêt de l'étude de la déformation par "speckle tracking" pour évaluer l'asynchronisme spatial chez 64 candidats à la resynchronisation. Un délai entre les pics de déformation des parois septale et postérieure

> 130 ms identifie fiablement les futurs répondeurs. L'étude de Westenberg [16] montre une bonne corrélation entre les paramètres d'asynchronisme mesurés par DTI et par IRM. Enfin, Da Costa [17] souligne l'intérêt de la recherche d'une viabilité par écho de stress à la dobutamine dans cette population pour identifier les futurs répondeurs.

## CARDIOPATHIE ISCHEMIQUE ET ECHO DE STRESS

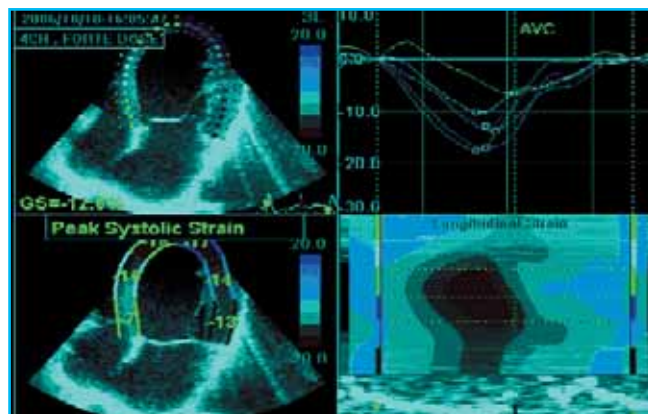
La place de l'échocardiographie dans l'évaluation de la cardiopathie ischémique n'est plus à démontrer. En matière d'échocardiographie de stress à la dobutamine, retenons l'étude de Camarozano [18] qui souligne l'intérêt d'injection précoce d'atropine dès le palier de 20 g de dobutamine (0,25 mg toutes les minutes jusqu'à 2 mg). Cette façon de procéder supprime les malaises vagues, n'engendre pas d'excès de troubles du rythme et raccourcit la durée de l'examen de 25 %.

En pratique clinique, soulignons l'étude de Chaowalit [19] chez le diabétique. 2300 patients (47 % de diabétiques insulino-requérants) ont été suivis 5 ans. En analyse multivariée, l'âge, l'incapacité d'attendre le FC cible, le nombre de segments ischémiques sont des marqueurs pronostiques. Les taux de mortalité et de morbidité sont de 44 et 13 % respectivement au cours d'un suivi à 5 ans.

L'échographie d'effort a une valeur pronostique, comme l'atteste l'étude de Peteiro [20]. 2436 patients ayant bénéficié d'une écho d'effort ont été suivis pendant 2 ans. 89 événements graves (IDM ou décès) ont été observés dans le groupe écho d'effort pathologique (1203 patients). Les paramètres : sexe, charge, produit  $Fc \times PA$ , score et contraction pariétale au repos, nombre de segments se dégradant à l'effort, sont des prédicteurs indépendants d'événements graves. L'écho d'effort a une valeur incrémentale sur les autres paramètres, particulièrement significative et proportionnelle au nombre de segments positifs au pic.

## NOUVELLES TECHNIQUES

Ces dernières années ont vu l'introduction en pratique de plusieurs nouvelles techniques échocardiographiques permettant une évaluation plus précise et détaillée de l'anatomie et de la fonction cardiaque. Si le DTI marque le pas, une nouvelle méthode de mesure de la déformation (strain) basée sur l'imagerie 2D (speckle tracking – 2D strain) a vu le jour ces derniers mois.



**Fig. 9 :** Evaluation des déformations longitudinales en modes "speckle tracking" avec calcul du strain global et régional et visualisation des déformations au cours du temps sous forme de courbe ou de tracé TM.

### 1. – Speckle tracking ou 2D-strain

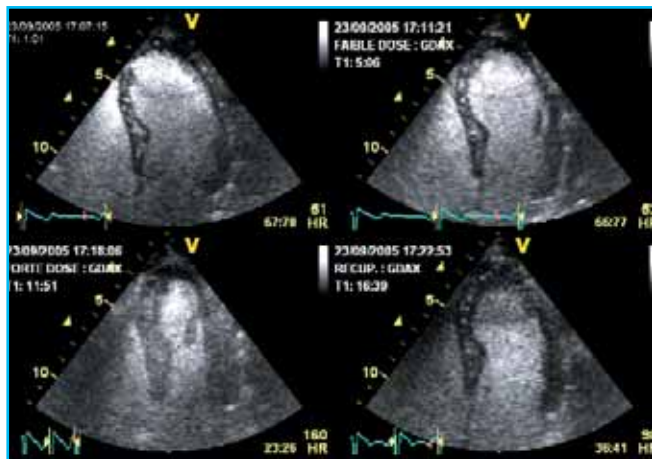
Cette technique se base sur l'identification de marqueurs acoustiques naturels au sein du myocarde. Le déplacement de ces marqueurs est suivi image par image au cours du cycle cardiaque, par une technique appelée "speckle tracking", permettant ainsi le calcul des vitesses tissulaires et de la déformation. L'avantage principal de cette méthode vient du fait que les mesures sont indépendantes de l'angle d'interrogation, contrairement aux mesures obtenues par Doppler. De plus, elle permet l'analyse des trois composantes normales de la déformation dans les axes longitudinal, radial et circonférentiel, tandis que l'analyse par Doppler tissulaire est habituellement restreinte à la composante longitudinale. Finalement, la simplicité et la rapidité de cette méthode semi-automatisée en font une technique de choix pour l'analyse de la déformation [21] (*fig. 9*).

Les premières études publiées ont démontré l'intérêt de cette technique chez des patients porteurs de myocardopathie ischémique, de myocardopathie hypertrophique [22], dans l'amylose cardiaque ainsi que dans le domaine de la resynchronisation.

En raison de sa simplicité, de sa rapidité et de sa reproductibilité, l'analyse de la déformation par 2D-strain semble être l'outil idéal pour l'étude de la déformation et pourrait ainsi permettre au strain de devenir un outil clinique accessible à tous au laboratoire d'échographie.

### 2. – Echocardiographie de contraste (*fig. 10*)

Avec l'apparition d'agents de contraste passant la barrière pulmonaire, l'opacification du cœur gauche est devenue possible. La confirmation d'un thrombus de l'auricule en cas



**Fig. 10 :** Injection de contraste. Mise en évidence d'une hypokinésie apicale (en bas à gauche) avec défaut de perfusion en regard de la zone.

d'ETO douteux peut être une bonne indication, de même que la confirmation d'un thrombus VG.

Cependant, les deux applications principales de l'échographie de contraste sont l'opacification du ventricule gauche (VG) et l'étude de la perfusion myocardique. L'opacification du VG permet d'améliorer la détection de l'endocarde en particulier chez les patients peu échogènes (obèses, insuffisants respiratoires, patients de réanimation). L'amélioration de la détection de l'endocarde facilite aussi grandement l'étude des volumes ventriculaires, de la fonction ventriculaire gauche et de la cinétique segmentaire. En échographie de stress, l'utilisation de contraste chez les patients peu échogènes permet une meilleure détection des anomalies de cinétique, avec une qualité d'analyse équivalente à celle de patients échogènes.

De façon pragmatique, Hoffman (Aachen) [23] apporte les résultats d'une étude multicentrique explorant la fiabilité de l'analyse de contraction pariétale obtenue par différentes modalités d'imagerie comme l'échocardiographie avec et sans contraste, la ventriculographie et l'IRM. L'étude a été conduite sur une population de 100 patients en comparant les interprétations obtenues sur site à celles réalisées par deux investigateurs experts du centre de relecture. Les résultats s'avèrent surprenants, car ne positionnent pas l'IRM comme l'examen de référence en matière de variabilité. C'est en effet l'échographie de contraste qui génère les valeurs de la constante Kappa de reproductibilité les plus élevées avec moins de faux positifs que l'IRM.

L'échographie de contraste myocardique permet quant à elle une étude non invasive de la perfusion. Après injection intraveineuse, l'étude du transit intramyocardique des microbulles per-

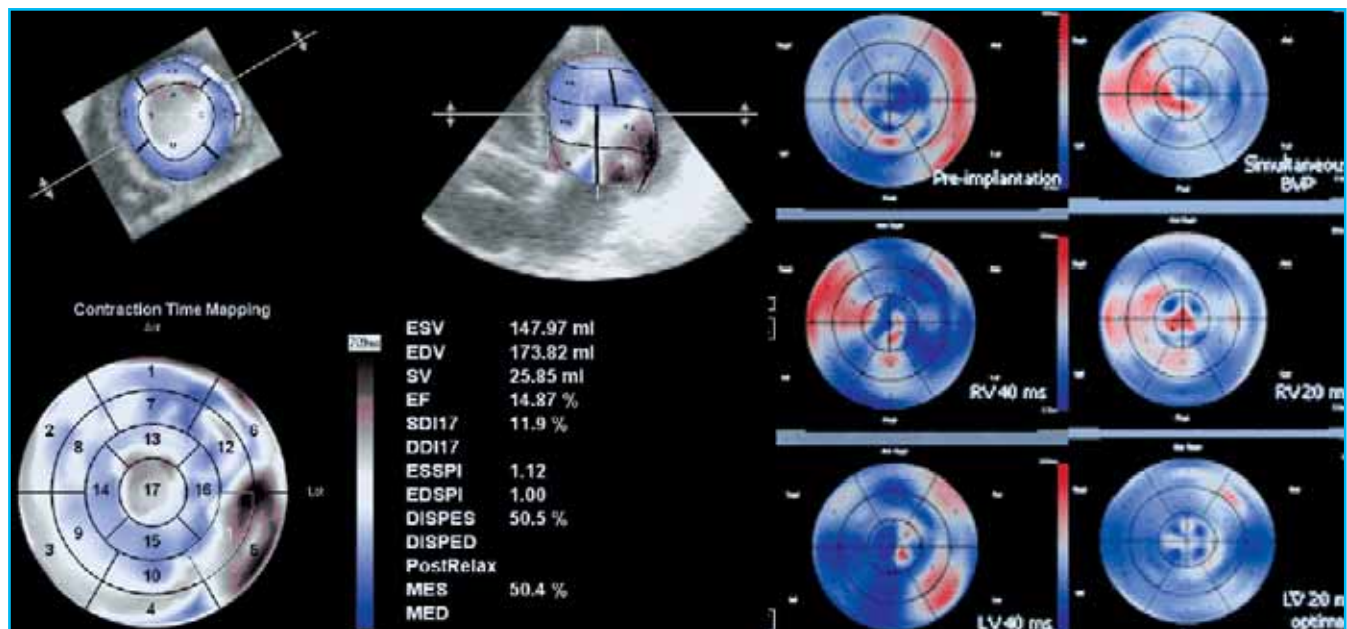
met d'évaluer le flux sanguin myocardique. Après la destruction des microbulles à l'aide d'ultrasons de haute énergie "flash", on mesurera ensuite (en imagerie à basse énergie) la vitesse à laquelle elles réapparaissent, témoignant ainsi de l'intégrité de la perfusion myocardique. Plusieurs études ont démontré la précision de l'échographie de contraste myocardique dans la détection de l'ischémie et des sténoses coronaires, avec des résultats comparables aux méthodes isotopiques.

Dans le domaine de la perfusion, après avoir validé la quantification durant ces dernières années, l'échographie de contraste semble évoluer vers une simplification de l'interprétation des données. C'est en tout cas ce que démontre cette étude de l'équipe de Lang [24] en validant l'imagerie paramétrique de perfusion. Sous cette terminologie se dévoile une représentation cartographique couleur des débits de perfusion locorégionaux obtenus en combinant une injection continue d'agent de contraste et l'application de séquence d'imagerie type flash. Cette dernière associe une émission continue à basse énergie à de ponctuelles images de destruction qui autorisent la mesure des vitesses de déplacement des microbulles au sein des capillaires : 34 patients devant bénéficier d'une coronarographie étaient inclus dans cette évaluation au repos et sous dipyridamole. Comparativement à l'analyse traditionnelle en interprétation qualitative et quantitative, la lecture des images paramétriques obtenues de façon automatisée s'est avérée équivalente pour prédire les lésions coronariennes supérieures à 70 %. Les auteurs insistent sur l'absence de variabilité interobservateur dans l'obtention de telles images, ce qui promulgue l'outil à une place très prometteuse dans ce champ d'application.

Dans le cadre du péri-infarctus, Hayat [25] se pose la question de l'évaluation de la transmuralité de la nécrose, reconnue comme puissant facteur de récupération fonctionnelle à distance de l'épisode aigu. En s'appuyant sur l'IRM comme technique de référence, il compare l'échographie de contraste perfusion à la SPECT : 40 patients étaient ainsi évalués entre 7 et 10 jours après fibrinolyse par ces trois méthodes d'imagerie. La précision de l'échographie de contraste s'avérait plus élevée pour la prédiction d'une transmuralité supérieure à 50 % que celle obtenue avec la SPECT (77 vs 70 %). La technique ultrasonore présentait également une meilleure sensibilité dans la détection d'une transmuralité inférieure à 25 % (84 vs 76 %).

### 3. – Echocardiographie tridimensionnelle (fig. 11)

C'est tout d'abord dans le domaine de l'estimation des volumes ventriculaires que la validation du 3D/4D se poursuit avec ici le cas des cardiomyopathies ischémiques explorées



**Fig. 11 :** Imagerie paramétrique type "bull-eye" représentative de zones myocardiques asynchrones (en rouge) obtenue à partir d'une acquisition 3D/4D. Cette approche permet également le calcul automatique des volumes ventriculaires et de la fraction d'éjection. A droite, application de ce mode d'imagerie à l'optimisation des délais W avec déplacement des zones asynchrones vers le septum en mode biventriculaire puis optimisation de la contraction en pré-activation gauche de 20 ms (LV20 ms) à l'opposé des pré-activations droite (RV20, RV40) ou gauche à 40 ms (LV40).

par l'équipe de Marwick [26]. Dans leur série, 30 patients atteints de séquelle d'infarctus ont été étudiés par SPECT et échographie 3D avec l'IRM comme technique de référence. En termes de reproductibilité, ces techniques génèrent un même niveau de variabilité, mais la sous-estimation est moins marquée en échocardiographie qu'en technique.

Par ailleurs, le 3D/4D continue également son positionnement dans le domaine des cardiopathies congénitales. L'équipe du Thoraxcenter de Rotterdam rapporte son expérience de la caractérisation morphologique des communications interauriculaires (ICA) chez 45 patients [27]. Dans cette étude, l'échographie 3D et l'échographie transœsophagienne étaient comparées en termes de localisation et de mesure de la largeur de la CIA. Les valeurs de références étaient issues soit de la procédure transcathéter de fermeture, soit directement par mesure anatomique pour les patients traités par chirurgie. Dans cette population jeune, la faisabilité s'est avérée excellente avec seulement deux échecs d'analyse pour cause de mauvaise fenêtre en 3D/4D. Le temps d'acquisition était en moyenne de 7 minutes pour 20 minutes de traitement des images. Les corrélations entre les dimensions mesurées par les différentes techniques étaient très satisfaisantes, comprises entre 0,75 et 0,95.

En termes de nouvelles applications, on retiendra une évaluation descriptive de la morphologie de l'anneau tricuspide

comparativement à l'ETT [28]. Dans cette étude de 15 sujets sains et de 16 patients atteints d'une insuffisance tricuspide (IT) fonctionnelle, il est principalement noté une dynamique de variation de surface annulaire différente entre les deux groupes avec une courbe biphasique chez les témoins non retrouvée dans le groupe IT. L'élévation des points cardinaux de l'anneau s'avère parallèlement réduite en présence d'une IT sévère. Les auteurs décrivent enfin la morphologie de cet anneau chez le sujet sain, foncièrement différente de celle de l'anneau mitral. Ils en déduisent la nécessité d'adopter des techniques chirurgicales spécifiques pour le traitement des régurgitations tricuspidiennes sévères.

Plus récemment, l'échographie 3D a été appliquée à l'étude de l'asynchronisme intraventriculaire gauche et la sélection des candidats à une resynchronisation. Basés sur l'étude des volumes régionaux et la dispersion temporelle de ces volumes, les résultats préliminaires laissent entrevoir un rôle prometteur pour l'échographie 3D en resynchronisation.

En pratique, l'échographie 3D n'est pas encore d'utilisation routinière. Toutefois, le développement du 3D temps réel, l'amélioration de la qualité d'images et la simplification des logiciels d'exploitation devraient permettre un usage croissant de cette technologie.



#### 4. – Echographie intracardiaque

L'échographie intracardiaque a vu son intérêt croître ces dernières années avec le développement de nouvelles sondes. Avec l'apparition de sondes avec imagerie à basse fréquence, la technique permet d'avoir non seulement une excellente résolution mais aussi une meilleure pénétration tissulaire. Le principe de l'échographie intracardiaque est simple : un cathéter souple muni d'une sonde échographique (cathéter ACUNAV) est introduit par voie veineuse fémorale et monté dans l'oreillette droite sous guidage fluoroscopique. Le cathéter ainsi en place permet une excellente visualisation des structures cardiaques, en particulier du septum interauriculaire, de l'oreillette gauche et des veines pulmonaires. La proximité de ces structures permet d'obtenir une imagerie de haute résolution.

En pratique, l'échographie intracardiaque est utilisée en salle de cathétérisme pour guider les procédures interventionnelles, en particulier la fermeture de communications interauriculaires ou de foramen ovale perméables, le cathétérisme transseptal et les valvuloplasties percutanées. L'échographie transœsophagienne est la technique traditionnellement utilisée, avec l'inconvénient d'avoir à procéder à une anesthésie générale. L'expérience clinique actuelle a permis de valider le rôle de l'échographie intracardiaque dans la fermeture des communications interauriculaires et des foramen ovale perméables.

Dans certains centres, c'est devenu la technique de choix pour ces procédures avec comme avantage principal de pouvoir éviter une anesthésie générale. Le guidage du cathétérisme transseptal est une autre application clinique de l'échographie intracardiaque, lors d'interventions valvulaires du cœur gauche ou lors de procédures électrophysiologiques. La technique permet une visualisation optimale du septum interauriculaire et de la fosse ovale, sécurisant ainsi la ponction. D'autres indications potentielles sont l'étude de l'auricule gauche à la recherche de thrombus, et plus rarement le guidage de biopsie de tumeurs intracardiaques, ainsi que la surveillance de valvuloplasties percutanées ou de mise en place de valves percutanées.

La technique semble être sûre sans évidence de complications significatives liées à l'utilisation de ces cathéters, autres que les hématomes au site de ponction et quelques arythmies atriales. L'inconvénient principal reste le coût élevé du cathéter qui est à usage unique [28]. ■

#### BIBLIOGRAPHIE

1. JUNG B, GOHLKE-BARWOLF, TORNOS P *et al.* Recommendations on the management of the asymptomatic patient with valvular heart disease. *Eur Heart J*, 2002; 23: 1253-66.
2. TRIBOUILLOY C, DE GEVIGNEY G, ACAR C *et al.* Recommandations de la Société Française de Cardiologie concernant la prise en charge des valvulopathies acquises et des dysfonctions de prothèse valvulaire. *Arch Mal Cœur*, 2005; 98: 5-57.
3. BONOW RO, CARABELLO BA, KANU C *et al.* ACC/AHA guidelines for the management of patients with valvular heart disease : a report of the American College of Cardiology/American Heart Association. Task Force on Practice guidelines. *Circulation*, 2006; 114: e84-e231.
4. MESSIKA ZEITOUN D, BROCHET E *et al.* Three-dimensional evaluation of the mitral valve area and commissural opening before and after percutaneous mitral commissurotomy in patients with mitral stenosis. *Eur Heart J*, 2007; 28: 72-9.
5. BLAIS C, BURWASH IG, MUNDIGLER G *et al.* Projected valve area at normal flow rate improves the assessment of stenosis severity in patients with low-flow, low-gradient aortic stenosis : the multicenter TOPAS (Truly or Pseudo-Severe Aortic Stenosis) Study. *Circulation*, 2006; 113: 711-21.
6. QUERE JP, MONIN JL, LEVY G *et al.* Influence of preoperative left ventricular contractile reserve on postoperative ejection fraction in low-gradient aortic stenosis. *Circulation*, 2006; 113: 1738-44.
7. ROSENHECK R, RADER F, KLAAR U *et al.* Outcome of watchful waiting in asymptomatic severe mitral regurgitation. *Circulation*, 2006; 113: 2238-44.
8. BRUTSAERT DL, DE KEULENAER GW. Diastolic heart failure: a myth. *Curr Opin Cardiol*, 2006; 21: 240-8.
9. JUILLIERE Y, TROCHU JN, DE GROOTE P *et al.* Heart failure with preserved systolic function : a diagnostic algorithm for a pragmatic definition. *Arch Mal Cœur*, 2006; 99: 279-86.
10. LIANG HY, CAUDURO SA, PELLIKA *et al.* Comparison of usefulness of echocardiographic Doppler variables to left ventricular end-diastolic pressure in predicting future heart failure events. *Am J Cardiol*, 2006; 97: 866-71.
11. BURGESS MI, JENKINS C, SHARMAN JE *et al.* Validation and clinical significance of estimation of ventricular filling pressure with exercise. *J Am Coll Cardiol*, 2006; 47: 1891-900.
12. LAFITTE S, BORDACHAR P, LAFITTE M *et al.* Dynamic ventricular dyssynchrony: an exercise-echocardiography study. *J Am Coll Cardiol*, 2006; 47: 2253-9.
13. ENNEZAT PV, GAL B, KOUAKAM C *et al.* Cardiac resynchronization therapy reduces functional mitral regurgitation during dynamic exercise in patients with chronic heart failure: an acute echocardiographic study. *Heart*, 2006; 92: 1091-5.
14. PORCIANI MC, LILLI A, MACIOCE R *et al.* Utility of a new asynchrony index as a predictor of reverse remodelling after cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*, 2006; 27: 1818-2.
15. SUFFOLETTO MS, DOHI K, CANNESON M *et al.* Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation*, 2006; 113: 960-8.
16. WESTENBERG JJM, LAMB HJ, VEN DER GEEST RJ *et al.* Assessment of left ventricular dyssynchrony in patients with conduction delay and idiopathic dilated cardiomyopathy. Head-to-head comparison between tissue Doppler imaging and velocity-encoded magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*, 2006; 47: 2042-8.
17. DA COSTA A, THEVENIN J, ROCHE F *et al.* Prospective evaluation of stress echocardiography as an identifier of cardiac resynchronization therapy responders. *Heart Rhythm*, 2006; 3: 406-13.
18. CAMAROZANO AC, SIQUEIRA-FILHO AG, WEITZEL LH *et al.* The effects of early administration of atropine during dobutamine stress echocardiography : advantages and disadvantages of early dobutamine-atropine protocol. *Cardiovasc Ultrasound*, 2006; 4: 17.

19. CHAOWALIT N, ARRUDA AL, McCULLY RB *et al.* Dobutamine stress echocardiography in patients with diabetes mellitus : enhanced prognostic prediction using a simple risk score. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1029-36.
20. PETEIRO JC, MONTSERRAT L, BOUZAS A *et al.* Risk stratification by treadmill exercise echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006 ; 19 : 894-901.
21. MARWICK TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography : ready for prime time ? *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1313-27.
22. SERRI K, REANT P, LAFITTE M *et al.* Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain. Application in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 1175-81.
23. HOFFMAN R, VON BARDELEBEN S, KASPRAK JD *et al.* Analysis of regional left ventricular function by cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, and unenhanced and contrast-enhanced echocardiography. *J Am Coll Cardiol*, 2006 ; 47 : 121-8.
24. TOLEDO E, JACOBS LD, LODATO JA *et al.* Quantitative diagnosis of stress-induced myocardial ischemia using analysis of contrast echocardiographic parametric perfusion images. *Eur J Echocardiography*, 2006 ; 7 : 2172-25.
25. HAYAT SA, JANARDHANAN R, MOON JC *et al.* Comparison between myocardial contrast echocardiography and single-photon emission computed tomography for predicting transmuralty of acute myocardial infarctions. *Am J Cardiol*, 2006 ; 97 : 1718-21.
26. CHAN J, JENKINS C, KHAFAGI F *et al.* What is the optimal clinical technique for measurement of left ventricular volume after myocardial infarction ? A comparative study of 3-dimensional echocardiography, single photon emission computed tomography, and cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006 ; 19 : 815-21.
27. FUKUDA S, SARACINO G, MATSUMURA Y *et al.* Three-dimensional geometry of the tricuspid annulus in healthy subjects and in patients with functional tricuspid regurgitation : A real-time, 3-dimensional echocardiographic study. *Circulation*, 2006 ; 114 : 1492-8.
28. KORT S. Intracardiac Echocardiography : Evolution, recent advances, and current applications. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006 ; 19 : 1192-201.