

## Échocardiographie - Doppler

**S. Lafitte, M. Lafitte, P. Réant, R. Roudaut**

C.H.U. de Bordeaux ~ Hôpital Cardiologique du Haut Lévêque Pessac ~ France

### Insuffisance Aortique

#### Définition

L'insuffisance aortique est une pathologie fréquente définie par un reflux de sang de l'aorte vers le ventricule gauche liée à une incontinence des sigmoïdes aortiques.

Autrefois d'étiologie essentiellement rhumatismale, elle est aujourd'hui plus souvent d'origine congénitale ou dystrophique.

L'échocardiographie Doppler est d'un apport capital tant en ce qui concerne le diagnostic positif, le diagnostic de gravité ou encore le diagnostic étiologique.

Deux situations cliniques sont à différencier :

- l'insuffisance aortique aiguë qui reconnaît des étiologies bien spécifiques et qui est d'emblée mal tolérée,
- et l'IA chronique d'évolution lente, très longtemps asymptomatique, pour laquelle il faut rester particulièrement vigilant pour ne pas laisser passer l'heure de la chirurgie et risquer une altération irréversible de la fonction myocardique.

#### Sommaire

Nous envisagerons successivement les diagnostics positif, différentiel, de gravité et étiologique avant d'aborder le rôle de l'ETO dans l'insuffisance aortique et enfin l'évolution et la surveillance de cette atteinte valvulaire.

#### Diagnostic positif

##### Écho 2D

En échocardiographie bidimensionnelle le diagnostic positif d'IA est avant tout évoqué sur des signes indirects que sont la surcharge volumétrique des cavités gauches avec en particulier un VG dilaté sphérique et hyperkinétique.

##### Mode TM

En mode TM, l'IA se traduit par un fluttering mitral caractérisé par des vibrations de haute fréquence de la valve mitrale antérieure mais aussi parfois de l'endocarde du septum interventriculaire. On observe également cet aspect dilaté et hyperkinétique du VG.

Plus rarement, il existe des signes directs comme un diastasis entre les sigmoïdes aortiques en diastole, voire un capotage ou un prolapsus de la valve.

En cas d'IA aiguë, il est intéressant de rechercher une fermeture prématurée de la valve mitrale liée à une égalisation des pressions OG-VG en télodiastole. On observe alors une fermeture de la mitrale avant le pied du QRS et une abolition de l'onde A.

L'ouverture prématurée de la valvule aortique est plus rare mais signe également l'élévation de la PTDVG.

##### Doppler

En Doppler le diagnostic est facilement posé grâce au Doppler couleur :

##### Doppler couleur

Le Doppler couleur met en évidence en incidence parasternale grand axe ou apicale 3 ou 4 cavités, un jet diastolique en mosaïque couleur, qui naît au niveau des sigmoïdes aortiques et se disperse dans la chambre de chasse du VG.

Il est d'une très grande sensibilité et spécificité proches de 100 %.

##### Doppler pulsé

Le Doppler pulsé est fort utile en l'absence de Doppler couleur. Les incidences utilisées sont

également la parasternale grand axe et surtout l'apicale des 5 cavités.

L'échantillon Doppler est positionné d'abord sous les sigmoïdes aortiques puis déplacé dans le VG afin de préciser l'extension spatiale du jet régurgitant.

L'IA se traduit par un signal diastolique bidirectionnel du fait de l'aliasing.

La sensibilité et la spécificité du Doppler pulsé sont aussi proches de 100 % quand on prend la précaution de rechercher l'IA à partir de plusieurs incidences.

#### Doppler continu

Le Doppler continu complète les données du Doppler couleur ou du Doppler pulsé.

Il met en évidence en incidence apicale des 2 ou 5 cavités, un flux diastolique positif de haute vitesse, de l'ordre de 4 m/s, de forme trapézoïdale et de durée prolongée car couvrant les phases de relaxation et de contraction isovolumique.

Lorsqu'il est enregistré par voie parasternale droite grâce à la sonde Pedoff le flux de l'IA apparaît en négatif car s'éloignant du capteur.

La sensibilité du Doppler continu est également excellente, de l'ordre de 100 %.

### Diagnostic Différentiel

#### Échographie bidimensionnelle

Concernant le diagnostic différentiel, en échocardiographie bidimensionnelle, la surcharge volumétrique des cavités gauches est rencontrée dans l'insuffisance mitrale et dans les shunts gauches/droits (CIV, canal artériel) mais l'auscultation oriente le diagnostic.

#### Doppler

En Doppler, il faut surtout discuter les autres causes de flux diastolique de haute vitesse en Doppler continu :

- le flux de rétrécissement mitral est un flux de plus faible vitesse et de plus courte durée,
- le flux de rétrécissement tricuspidien est également de plus faible vitesse et de durée plus courte avec une orientation du faisceau ultrasonore qui n'est pas celle de la voie aortique,
- le flux d'IP avec HTAP ressemble à celui de l'IA mais dans ce cas la dilatation des cavités droites et le contexte orientent vers le diagnostic.

La distinction de ces flux nécessite une analyse outre du contexte, du site d'enregistrement, de l'alignement, de la durée du flux et des chronologies.

### Physiopathologie

Sur un plan physiopathologique le volume de la fuite aortique est fonction de 3 facteurs :

- le diamètre de l'orifice
- la pression diastolique aortique en sachant que plus elle est élevée plus la fuite est grande
- la durée de la diastole qui augmente l'importance de la fuite.

Par ailleurs, la fuite sera plus ou moins bien tolérée selon qu'elle est aiguë ou chronique.

### Diagnostic de gravité

Le diagnostic de gravité est réalisé en échographie bidimensionnelle et principalement en Doppler.

#### Échocardiographie

En échocardiographie, l'IA aiguë n'a pas de traduction nette sur le diamètre des cavités gauches, mais le VG est hyperkinétique.

L'IA chronique au stade compensé entraîne une dilatation ventriculaire gauche avec hyperkinésie. Le stress télésystolique pariétal déterminé par la loi de Laplace reste normal grâce au remodelage ventriculaire avec augmentation de la masse VG.

Au stade décompensé, le VG, toujours dilaté, voit sa fonction se détériorer progressivement et on observe une élévation du stress pariétal.

NR : Loi de Laplace :  $T = P \times r / h$

Ce schéma illustre l'évolution du volume et de l'épaisseur de la paroi myocardique soumise à la loi de Laplace dans l'insuffisance aortique.

Au stade initial l'hypertrophie compense la dilatation ; le stress pariétal est normalisé.

A l'opposé, au stade décompensé, le degré de dilatation ventriculaire excède l'hypertrophie compensatrice entraînant une augmentation du stress pariétal.

### Doppler

Le Doppler, grâce à ses différentes modalités : couleur, pulsé, continu, permet une approche multiparamétrique de la sévérité de l'IA :

- cartographie du jet,
- débitmétrie,
- taille de l'orifice régurgitant,
- courbe de vitesse du flux
- retentissement droit.

### Cartographie du jet

La cartographie du jet étudie l'extension spatiale du jet soit par Doppler pulsé soit par Doppler couleur.

En **Doppler pulsé**, il s'agit d'une semi quantification. On parle d'IA :

- de **grade 1** lorsque le flux régurgitant est localisé sous les sigmoïdes aortiques,
- de **grade 2** lorsque le jet ne dépasse pas l'extrémité de la grande valve mitrale,
- de **grade 3** quand il gagne la région médicoventriculaire
- et de **grade 4** quand il atteint le fond du VG.

En **Doppler couleur**, on peut adopter une quantification de même type, il est par ailleurs possible, plus facilement qu'en Doppler pulsé, de réaliser une cartographie des contours du jet en mosaïque couleur.

Toutefois, les corrélations avec le grade angiographique sont décevantes particulièrement pour les formes modérées.

Le Doppler couleur connaît en outre un certain nombre de limites qui peuvent représenter autant de pièges et de difficultés :

- échogénicité du patient,
- réglage de l'échographe (gains, fréquence de la sonde, PRF),
- conditions hémodynamiques (débit cardiaque, pressions)
- association pathologique.

### Débitmétrie

L'étude des débits est d'un grand intérêt dans l'évaluation des IA et peut se faire de 2 différentes façons :

- confrontation des débits en 2 sites différents,
- confrontation des débits au même site.

La débitmétrie par comparaison des débits en 2 sites de mesure s'effectue en calculant la fraction de régurgitation (FR) obtenue à partir de l'évaluation du débit mitral et du débit aortique selon la formule suivante :

$$FR = \frac{Q_{Ao} - Q_{Mi}}{Q_{Ao}}$$

Le débit aortique est estimé à l'anneau par le produit de la surface aortique, de l'ITV aortique et de la FC.

Le débit mitral peut être apprécié selon la méthode de Lewis qui consiste à mesurer le diamètre de l'anneau mitral en incidence apicale des 4 cavités et l'ITV mitrale à l'anneau.

**L'IA est dite sévère lorsque la fraction de régurgitation est supérieure ou égale à 50 %.**

Les limites de la technique sont liées aux difficultés de mesure du débit mitral. Bien entendu, cette méthode n'est valable qu'en l'absence de sténose mitrale associée, ou d'IM, de FA, de dystrophie sévère (dilatation) des anneaux valvulaires.

Une méthode simplifiée consiste à s'affranchir du calcul du débit mitral et à se baser uniquement sur le débit aortique en sachant que plus il est élevé plus la régurgitation est sévère, ceci en l'absence d'altération de la fonction VG.

Pour exemple, un flux aortique de vélocité augmentée avec une ITV à 41 cm implique une augmentation significative du débit aortique.

Selon Tribouilloy, un **débit aortique supérieur à 10 l/min indique une IA grade 3-4** avec une sensibilité de 73,5 % et une spécificité de 92,5 %.

L'analyse de l'effet Doppler télédiastolique isthmique est également d'un apport non négligeable dans l'évaluation des IA, sous couvert d'une méthode d'enregistrement rigoureuse.

En incidence suprasternale, la fenêtre Doppler pulsé est positionnée au niveau de l'isthme de l'aorte, en aval de la sous-clavière gauche; les filtres sont réglés au minimum.

Une vitesse télédiastolique supérieure ou égale à 18 cm/s identifie une IA sévère avec une sensibilité de 89 % et une spécificité de 92 %.

Les limites de cette technique sont une fenêtre US médiocre, des rythmes cardiaques extrêmes, bradycardie < 50 ou tachycardie > 100, une coarctation, une fistule AV, une dissection aortique, un RA ou encore une IA aiguë avec élévation de la PtDVG.

#### Surface orifice régurgitant

La surface de l'orifice régurgitant peut être appréciée par l'étude de la surface du jet à l'orifice en Doppler couleur sur une coupe parasternale petit axe.

Cette méthode reste d'application délicate malgré l'amélioration de la qualité du matériel du fait de la nécessité de comparer des surfaces strictement perpendiculaires à l'axe central de l'aorte.

**Un rapport aire du jet sur aire de la chambre de chasse > 0,45 est en faveur d'une IA sévère.**

Une autre approche de la taille de l'orifice régurgitant consiste en la mesure du diamètre du jet à l'origine : cette mesure s'effectue en TM couleur, en incidence parasternale grand axe.

Le faisceau TM est positionné au ras des sigmoïdes aortiques, ce qui permet de mesurer le diamètre du jet aux différents temps de la diastole.

Un diamètre de jet à l'orifice supérieur à 12 mm identifie une IA sévère avec une Se de 86 % et une Sp de 94 %.

Les limites de cette méthode doivent être connues : fréquence du capteur, gain, orientation du jet et forme de l'orifice qui doit être circulaire.

Le calcul de la surface de l'orifice de régurgitation peut s'effectuer également à partir du volume régurgitant et de l'ITV.

Sachant que le flux est égal à l'aire de l'orifice multiplié par la vélocité, l'aire de l'orifice est égale au rapport volume régurgitant sur l'ITV du flux régurgitant.

Le volume régurgitant est obtenu par la différence entre le volume aortique et le volume mitral. Rappelons que le volume est égal au produit de l'ITV du flux et du diamètre de l'orifice.

**Une IA sévère est caractérisée par une SOR supérieure à 30 mm<sup>2</sup>.**

L'avantage de la technique tient au fait que cet indice n'est pas affecté par la pression Ao et la fréquence cardiaque.

Pour exemple, une ITV mitrale à 17 cm et un diamètre mitral à 3.0 cm, le volume mitral est de 51 ml, pour une ITV aortique à 40 cm et un diamètre aortique à 2.0 cm, le volume aortique est de 80 ml, d'où un volume régurgitant de 29 ml et une SOR pour une ITV de régurgitation aortique à 90 cm de l'ordre de 31 mm<sup>2</sup>.

**Mesure du jet à l'origine (vena contracta)**

La mesure du jet à l'origine à partir de la vena contracta est à différencier de la mesure précédemment décrite en TM couleur.

Techniquement, en Doppler couleur on mesure à partir d'une incidence parasternale gauche, grand axe, la largeur du jet à l'origine dans **sa zone la plus étroite** qui correspond à la vena contracta.

**Une largeur de vena contracta supérieure à 6 mm est en faveur d'une insuffisance aortique de haut grade.**

Cette méthode possède peu de limites en dehors de la mauvaise échogénicité et les jets asymétriques ; elle tend donc à supplanter les autres techniques de mesure du jet à l'origine.

**Étude de la zone de convergence**

Plus récemment, l'étude de la zone de convergence a été appliquée à l'évaluation des insuffisances aortiques.

En Doppler couleur, à partir d'une incidence apicale 3 ou 5 cavités et après avoir diminué la vitesse d'aliasing entre 20 et 40 cm/s, on visualise la zone de convergence. Il faut alors mesurer son rayon, préférentiellement en protodiastole en s'aidant du zoom puis en supprimant le codage couleur, pour repérer le plan de l'orifice régurgitant.

La SOR est alors obtenue par l'équation :

$$\text{SOR} = \text{Débit régurgité} / \text{Vmax régurgité}$$

$$\text{ou SOR} = 2 \pi r^2 \times \text{Va} / \text{Vmax régurgité}$$

Le volume régurgité peut être finalement déduit de la SOR :

$$\text{Vol. régurg.} = \text{SOR} \times \text{ITV régurg.}$$

**Une SOR > 30 mm<sup>2</sup> ou un volume régurgité > 45 ml sont en faveur d'une IA sévère.**

Les limites de cette technique sont les variations de rayon de la PISA au cours du cycle cardiaque et la forme de la surface d'isovitesse dans les cas de maladie annulo-ectasiant.

**Pente de Décroissance - PHT**

Toujours en Doppler et plus classiquement, la sévérité de l'IA peut être appréciée en mode continu à partir d'une incidence apicale 3 ou 5 cavités.

La courbe de vitesse du flux aortique est strictement corrélée au gradient aorte-VG tout au long de la diastole.

Plus qu'à la vitesse maximale du flux, on s'intéresse à la pente de décélération. En cas d'élévation importante de la PtDVG secondaire à une IA aiguë ou une IA chronique sévère, la pente de décélération est plus rapide.

2 paramètres sont à étudier :

- la pente de décélération
- et le PHT ou temps de demi-décroissance qui correspond au temps nécessaire au gradient de pression Ao-VG pour chuter de 50%.

Ce schéma illustre parfaitement l'étroite relation existante entre le gradient hémodynamique Ao -VG et la courbe du flux aortique.

La courbe supérieure représente les variations de pressions ventriculaire et aortique avec les gradients correspondants pour 3 grades d'insuffisance aortique.

La courbe inférieure, les variations de vitesses du flux régurgitant enregistré en mode Doppler Continu.

Notons l'évolution de la pente et du PHT parallèle à celle du gradient entre une IA minime et une IA sévère.

**Une IA sévère est caractérisée par un PHT inférieur à 350 ms et une pente de décélération > 3 m/s<sup>2</sup>.**

Cette technique possède une bonne reproductibilité et faisabilité.

Les limites sont les problèmes de fenêtre US, d'alignement du faisceau, ainsi que les élévations de la PtDVG d'autres origines, RA, MCH, HTA et cardiopathies ischémiques.

L'IA aiguë peut être trompeuse avec notamment un VG peu dilaté.

En Doppler, on saura interpréter à sa juste valeur un PHT court et une pente de décélération très augmentée évocateurs d'une IA aiguë.

Il est parfois possible de déceler une IM diastolique témoignant de l'élévation de la PTDVG au dessus la POG. Il s'agit d'un flux rétrograde de faible vitesse visible avant le pied du QRS.

#### Pressions pulmonaires

L'estimation de la PAPS à partir de l'IT est un bon reflet de la tolérance hémodynamique.

La constatation d'une HTAP représente un facteur de gravité.

Au total en faveur d'une IA sévère on peut regrouper les critères Doppler suivants :

- 1 Intensité acoustique et graphique élevée
- 2 Extension spatiale de grade 4
- 3 Débit aortique > 10 l/min
- 4 PHT < 350 ms
- 5 Fraction de régurgitation > 50 %
- 6 Diamètre du jet à l'orifice en TM > 12 mm
- 7 Diamètre vena contracta > 6 mm
- 8 Rapport surface du jet sur surface chambre de chasse > 0,45
- 9 Effet Doppler diastolique > ou = à 18 cm/s
- 10 Surface de l'orifice régurgitant SOR > ou = 30 mm<sup>2</sup>
- 11 HTAP

## Étiologie

### IA chroniques

Concernant les étiologies des formes chroniques, **l'IA congénitale** est le plus souvent liée à une bicuspidie aortique

**L'IA dystrophique** est la cause la plus fréquente de nos jours dans les pays industrialisés. Elle correspond classiquement à la dégénérescence myxoïde et peut s'intégrer dans un contexte de maladie annulo-ectasiante témoignant d'une affection du tissu conjonctif (Marfan, Ehler danlos,...). Dans ce cas l'IA est liée à un certain degré de dilatation de l'anneau Ao mais aussi à une ballonisation voire de prolapsus des sigmoïdes dans la chambre de chasse en diastole. Le risque évolutif est dominé par le capotage de valve ou la dissection aortique.

**L'IA rhumatismale** reste fréquente aujourd'hui dans les pays d'endémie rhumatismale. Elle est caractérisée par un épaississement et une rétraction des sigmoïdes aortiques.

**L'IA dégénérative** est plus fréquente chez le sujet âgé surtout s'il existe une notion d'HTA. Il s'agit rarement dans ce cas d'une IA grave.

Enfin, **l'IA des maladies de systèmes** se développe dans un contexte d'aortite; la gravité du tableau est en fait liée aux lésions associées.

### IA aiguës

Parmi les étiologies des IA aiguës, la plus fréquente est celle survenant sur **endocardite bactérienne**. L'IA peut faire le lit de l'endocardite, se majorer à la faveur de cette infection et persister après guérison bactériologique.

Les mécanismes de l'IA sont multiples : mutilation de valve avec lambeau flottant, perforation. L'ETO est d'un apport capital pour faire un bilan complet des lésions et rechercher des complications.

L'endocardite sur prothèse aortique est particulièrement grave souvent chirurgicale surtout si le germe est un staphylocoque doré.

La dissection aortique est un des plus grands drames thoraciques. Lorsque la dissection pariétale touche l'aorte ascendante, l'IA est fréquente car l'hématome disséquant peut infiltrer la base des sigmoïdes aortiques. L'IA est dans ce cas un élément de gravité, source d'OAP.

Enfin, il existe des **IA d'origine traumatique**. Il s'agit typiquement d'un traumatisme fermé du thorax par décélération brutale rencontrée dans les AVP ou lors de défenestration. Il y a désinsertion d'une sigmoïde donnant une IA aiguë mal tolérée qu'il faut opérer.

## ETO et insuffisance aortique

Comme nous l'avons vu, l'ETO n'a pas une place fondamentale en matière d'IA chronique sauf en ce qui concerne le mécanisme.

Cette technique sera toutefois utile en cas d'IA dystrophique pour la maladie annulo-ectasante dans le cadre de son suivi avec les mesures des diamètres de la racine de l'aorte.

Dans l'IA aiguë, l'ETO est essentielle pour confirmer le mécanisme de la fuite : endocardite, dissection de l'aorte ascendante, déchirure traumatique d'une cuspidé.

## Évolution

Concernant l'évolution de l'IA, on distingue la forme aiguë de la forme chronique.

**L'IA aiguë** est d'emblée mal tolérée car survenant sur un VG non dilaté peu compliant; elle est donc le plus souvent rapidement chirurgicale.

**L'IA chronique**, même sévère, est à l'inverse très bien tolérée. La dilatation ventriculaire va de paire avec une hyperkinésie pariétale; le stress pariétal est normal, le patient asymptomatique : c'est la phase compensée.

L'évolution naturelle de l'IA vers la phase décompensée montre que bien souvent la détérioration de la fonction VG apparaît à bas bruit alors même que le patient reste asymptomatique. Le pronostic s'aggrave rapidement dès que le diamètre télésystolique du VG est supérieur à  $25 \text{ mm/m}^2$  avec une survie de l'ordre de 30% à 10 ans.

C'est dire l'importance de la surveillance de la dilatation mais aussi et parallèlement de la contractilité par Écho Doppler.

Un ventricule hyper contractile évoluant vers une contractilité normale voire diminuée est menacé avec un risque d'irréversibilité des lésions.

## Surveillance et Traitement

Nous récapitulons ici les résultats de l'étude de Henry concernant la surveillance des IA chroniques asymptomatiques :

- pour un diamètre télésystolique inférieur à 45 mm, le TTT est médical avec une surveillance basée sur une échocardiographie tous les deux ans.
- entre 45 et 49 mm, la surveillance échographique est annuelle.
- elle passe à 4-6 mois entre 50 et 54 mm.
- enfin, à partir de 55 mm, la conduite thérapeutique est chirurgicale même si le patient est asymptomatique.

Bien entendu, au vu des résultats récents de Dujardin, il est impératif d'intégrer dans l'algorithme décisionnel, la valeur de diamètre télésystolique du VG seuil de  $25 \text{ mm/m}^2$  qui doit inciter même chez un patient asymptomatique à une prise en charge chirurgicale.

Enfin, il est à noter que la place de l'écho d'effort dans cette pathologie reste à définir.

## Conclusion

En conclusion, l'échocardiographie Doppler a une place de choix dans le diagnostic positif et de gravité d'une IA.

Face à une IA chronique, une surveillance méticuleuse du diamètre ventriculaire et de la contractilité permettront de guider la thérapeutique.

-----o0o-----