

## Échocardiographie - Doppler

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

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

### Valvulopathies du Cœur droit

Dans ce cours sur les valvulopathies du cœur droit, nous envisagerons successivement :

- le rétrécissement tricuspide,
- l'insuffisance tricuspide,
- le rétrécissement pulmonaire,
- et l'insuffisance pulmonaire.

#### Rétrécissement tricuspide (RT)

Le rétrécissement tricuspide correspond à un obstacle à la vidange de l'oreillette droite dans le ventricule droit par sténose de l'orifice tricuspide.

Cette sténose est en règle d'origine rhumatismale.

L'échocardiographie a une place de choix dans le diagnostic positif, de gravité et étiologique de cette atteinte valvulaire.

#### Diagnostic positif

##### Échographie bidimensionnelle

En mode bidimensionnel, le diagnostic positif de rétrécissement tricuspide repose sur la mise en évidence en incidence apicale des 4 cavités d'un remaniement des feuillets de la valve tricuspide, avec un épaississement et un aspect hyperéchogène. La cinétique des feuillets est réduite donnant un aspect en dôme tout à fait caractéristique.

L'oreillette droite apparaît dilatée, de même que la veine cave inférieure. Les cordages sont plus ou moins rétractés, le VD est de petite taille.

##### Mode TM

En TM, il est mis en évidence un aspect en créneau caractérisé par une diminution de l'amplitude de DE, une diminution de la pente EF et une abrasion de l'onde A.

##### Doppler Couleur, Pulsé, Continu

En Doppler couleur, le jet transvalvulaire apparaît étroit, en aliasing à type de « bec benzène ». En amont de la sténose, côté auriculaire, on met en évidence la zone de convergence. Le Doppler pulsé et le Doppler continu guidé par l'imagerie 2D en incidence apicale des 4 cavités permettent de quantifier les vitesses.

Dans le rétrécissement tricuspide, les vitesses sont élevées, peuvent dépasser 1 m/s, la décroissance mésodiastolique est lente.

#### Diagnostic différentiel

Le flux du rétrécissement tricuspide doit être différencié de celui de la sténose mitrale, généralement plus vélocité. Le repérage 2D permet généralement de différencier facilement flux de RM et flux de RT.

A noter qu'un hyperdébit ou une insuffisance tricuspide peuvent générer une augmentation du flux antérograde tricuspide.

#### Diagnostic de gravité

La quantification de la sténose tricuspide se fait par Doppler car la mesure de l'aire tricuspide en écho 2D n'est guère possible.

##### Gradient Tricuspide

Le gradient tricuspide moyen est bien corrélé à celui mesuré en hémodynamique. On parle de **sténose tricuspide significative lorsque ce gradient est supérieur à 5 mmHg et de sténose serrée**

pour un gradient supérieur à 8 mmHg.

Cependant, il faut connaître les limites du gradient. Le gradient est influencé :

- par le cycle respiratoire : majoré à l'inspiration,
- par la fréquence cardiaque : le gradient augmenté lors des diastoles longues en FA,
- la présence d'une fuite tricuspide,
- le débit cardiaque,
- et enfin les conditions de charge : une cure de diurétique va tendre à sous-évaluer le gradient.

### Surface Tricuspide

Le calcul de la surface tricuspide peut s'effectuer à partir du temps de demi-pression (Pressure Half Time : PHT). Par analogie à la formule de Hatle pour le calcul de la surface mitrale ( $S = 220/PHT$ ), certains auteurs ont proposé de calculer la surface tricuspide à partir du PHT tricuspide et ont obtenu de bonnes corrélations avec la surface calculée par cathétérisme.

La surface tricuspide peut être obtenue par l'équation de continuité. Le calcul de la surface tricuspide par l'équation de continuité est en théorie possible en prenant pour référence l'orifice aortique :

$$\text{Surface Tricuspide} = (S_{Ao} \times ITV_{Ao}) / ITV_T$$

En cas de valvulopathie aortique, le débit pulmonaire pourra servir de référence.

### Diagnostic étiologique

- **Les RT congénitaux sont exceptionnels** : valves imperforées, sont souvent associées à une maladie d'Ebstein, à une sténose pulmonaire ou à une atrésie pulmonaire et se voient donc dans un contexte très particulier.

- **Le RT rhumatismal** est classiquement le plus fréquent en particulier dans les pays d'endémie rhumatismale. Dans ce cas, le RT est en règle associé à une atteinte des valves du cœur gauche. La fréquence de l'atteinte tricuspide dans la cardiopathie rhumatismale serait de l'ordre de 10%.

- **Syndrome carcinoïde** : l'atteinte des valves du cœur droit est classique en cas de tumeur carcinoïde touchant le tube digestif, a fortiori s'il existe des métastases hépatiques. Les valves tricuspides sont rétractées « en battoir », l'appareil sous-valvulaire est également rétracté. La coaptation des valves est incomplète, si bien qu'il existe généralement une insuffisance tricuspide associée. Une sténose pulmonaire est fréquemment associée. Par contre, une atteinte des valves du cœur gauche ne se voit que s'il existe un shunt intracardiaque (FOP, CIA) ou un carcinoïde bronchique.

- **Les autres causes possibles de RT** sont exceptionnelles :

- tumeur du cœur,
- thrombose des cavités droites
- végétation tricuspide pseudo tumorale
- lupus érythémateux disséminé
- syndrome primaire des anti-phospholipides
- endocardite liée à la prise d'ergotamine
- fibrose endomyocardique
- péricardite constrictive
- dysfonction de prothèse mécanique ou biologique...

### Insuffisance tricuspide (IT)

L'IT peut être physiologique, fréquente et minime, ou pathologique. Par définition, elle correspond à la régurgitation de sang en systole au niveau de la valve tricuspide. L'IT est souvent secondaire à une autre cardiopathie et ne sera à prendre en compte que lorsqu'elle est évoluée. L'échocardiographie possède une place de choix dans le diagnostic positif, de gravité et étiologique.

## Diagnostic positif

### Échographie bidimensionnelle

En écho 2D, le diagnostic positif repose avant tout sur des signes indirects : dilatation des cavités droites avec hyperkinésie du VD et mouvement paradoxal du septum interventriculaire, dilatation de l'anneau tricuspide, de la veine cave inférieure.

L'absence de coaptation (AP10) est rare et peut être liée à une dilatation de l'anneau ou à un prolapsus et à un capotage de valve, ici en ETO.

### Mode TM

En écho TM, on enregistre un « aspect de trop belle tricuspide », signe peu sensible et non spécifique. Avant l'ère du Doppler, l'échocardiographie de contraste était utilisé pour confirmer le diagnostic de régurgitation tricuspide sous forme de reflux de microbulles dans la VCI en systole.

### Doppler Couleur

En Doppler couleur, le diagnostic d'IT est aisé. Le flux d'IT se présente sous forme d'un jet en mosaïque couleur en amont du point de coaptation des valves tricuspides, qui s'étend plus ou moins loin dans l'OD avec possible reflux dans la VCI. La sensibilité du Doppler couleur est excellente.

### Doppler Pulsé et Continu

Le Doppler pulsé et continu est classiquement enregistré par voie apicale. L'IT apparaît sous forme d'un reflux holosystolique en doigt de gant négatif qui fait suite au flux antérograde de remplissage du VD. La vitesse maximale est de l'ordre de 2 m/s lorsque les pressions pulmonaires sont normales, mais s'élève en cas d'HTAP.

En cas d'IT minime, l'éjection de contraste peut aider au diagnostic en rehaussant le signal.

A noter le cas particulier de l'IT laminaire de grade 4, associée à une dilatation importante des cavités droites. Les pressions de l'OD sont élevées, le gradient VD/OD faible, la vitesse de cette IT est faible et ne permet plus d'évaluer la PAPS.

## Diagnostic différentiel

Face à une dilatation des cavités droites, il faudra évoquer les autres causes de dilatation des cavités droites comme congénitales avec la communication interauriculaire ou acquises comme l'HTAP primitive.

En Doppler, le flux d'IT ne doit pas être confondu à celui :

- d'une IM
- d'un RA
- d'une communication VG-OD exceptionnelle
- d'un hyper débit droit (anémie, fistule AV)
- d'un flux de CIA,
- et de canal atrio-ventriculaire

Dans ce cadre de diagnostic différentiel, le flux d'IT se caractérise par :

- une durée plus longue que celle de l'IM ou de RA
- la vélocité de l'IT varie avec la respiration.

## Diagnostic de gravité

### Mode Bidimensionnel

En écho 2D, le degré de dilatation des cavités droites est peu spécifique. L'existence d'un mouvement septal paradoxal est en faveur d'une IT sévère. Plusieurs travaux ont montré qu'il existe une corrélation entre le diamètre de l'anneau et la sévérité de l'IT. Un diamètre diastolique de l'anneau tricuspide supérieur à 34 mm et systolique supérieur à 32 mm sont en faveur d'une fuite significative. Un aspect de capotage de valve est également un argument en faveur d'une IT sévère. Enfin, il faut rechercher une expansion systolique de la VCI.

### Doppler Couleur

En Doppler couleur, la quantification est basée sur la planimétrie (grade 1 – 2 – 3). Une IT sévère est caractérisée par un reflux de la VCI. **Une surface maximale et jet régurgitant supérieur à 9 cm<sup>2</sup>** va

généralement de paire avec une IT sévère. Cependant, cette approche connaît de nombreuses limites. Le diamètre du jet au niveau de la vena contracta est bien corrélé à l'importance de l'IT : un diamètre supérieur à 6.5 mm est en faveur d'une IT importante avec une sensibilité de 88.5% et une spécificité de 93.3%.

La méthode de la zone de convergence permet de calculer :

- le débit instantané régurgité en mésosystole
- la surface de l'orifice régurgitant (SOR)
- le volume régurgité par cycle cardiaque.

Une SOR supérieur à 40 mm<sup>2</sup> et un volume régurgité supérieur à 45 ml sont en faveur d'une IT sévère.

L'étude du flux de la veine cave inférieure recherche un reflux en TM couleur au niveau de la VCI à l'abouchement dans l'OD.

### Doppler continu

Un flux laminaire en Doppler continu caractérisé par un spectre étroit et une faible vitesse est en règle évocateur d'une IT sévère.

La modification de la courbe de l'IT à type de flux asymétrique avec pente mésosystolique lente est en faveur d'un gradient télé-diastolique VD/OD faible lié à l'IT volumineuse.

### Doppler pulsé

En Doppler pulsé (AP19), en l'absence de RT, une accélération du flux antérograde au-delà de 1 m/s avec ITV > 30 cm et en faveur d'une IT significative.

Le flux de la VCI et des veines sus-hépatiques enregistré par voie sous-costale identifie en cas d'IT une morphologie qui varie en fonction de l'importance de la fuite. Une fuite de grade 4 est caractérisée par une inversion totale de l'onde systolique qui devient positive. A noter que la sensibilité n'est pas de 100% et qu'une dilatation importante de l'OD peut minimiser le reflux.

### Diagnostic étiologique

Les causes d'IT sont très nombreuses, il faut avant tout différencier l'IT physiologique, très fréquente et précieuse puisqu'elle nous permet d'avoir accès aux pressions pulmonaires, et l'IT pathologique.

L'IT physiologique est habituellement de faible importance et reste localisée : 1 à 2 cm en amont de valves.

L'IT pathologique connaît des étiologies multiples et variées :

- **congénitale** dans le cadre d'une anomalie de la valve tricuspide, fuite, maladie d'Ebstein...
- **rhumatismale**, en règle associée à une atteinte d'autres valves et en particulier des valves du cœur gauche. L'aspect échographique est caractérisé par un épaississement des valves avec diminution de l'amplitude d'ouverture et épaississement des cordages.
- **endocardite du cœur droit** : l'endocardite tricuspide ne représente que 4% des endocardites sur valves natives, elle se rencontre avant tout chez les toxicomanes, les patients porteurs de cathéter et de pace-maker.
- **syndrome carcinoïde** : l'IT est très fréquente dans le Sd carcinoïde, souvent associée à une atteinte à type d'épaississement ou de rétraction.
- **IT dystrophique** : le prolapsus tricuspide est souvent associé à un prolapsus mitral et entre dans ce cadre dans les maladies du tissu élastique.
- **IT traumatique** : complication rare des traumatismes fermés du thorax. Il existe un aspect de rupture de valve avec capotage parfois mieux vu en ETO.
- IT et pace-maker : il s'agit d'une étiologie fréquente mais rarement à l'origine d'une IT massive.
- **Infarctus du VD** : l'IT de l'infarctus du VD est de mécanisme varié, le plus souvent de volume modéré par dilatation du VD et de l'anneau tricuspide, rarement par rupture de muscle papillaire.

*Autres causes d'IT :*

*atteinte valvulaire des anorexigènes, de l'ergotamine, de la pergolide, lupus érythémateux disséminé, endocardite fibroblastique, tumeur des cavités droites, radiothérapie médiastinale, transplantation cardiaque orthotopique.*

Enfin, l'IT fonctionnelle est fréquente dès qu'il existe une dilatation de l'anneau tricuspide diamètre diastolique supérieur à 38 mm (21 mm/m<sup>2</sup>) et diamètre systolique supérieur à 27 mm (16 mm/m<sup>2</sup>). Une IT fonctionnelle peut être observée en cas de CIA, HTA, myocardiopathie dilatée ...

### Hémodynamique Doppler

Les principales applications hémodynamiques de l'IT sont en pratique :

- le calcul des pressions pulmonaires : la Vmax de l'IT donne accès à la PAPS en l'absence d'obstacle à l'éjection du VD.
- l'évaluation de la fonction systolique du VD : la mesure de la dp/dt de l'IT permet d'évaluer simplement la contractilité VD. Cependant, ce paramètre n'a pas fait l'objet d'études de validation suffisantes.

### Rétrécissement pulmonaire (RP)

Le rétrécissement pulmonaire (RP) correspond à un obstacle fixe à l'éjection du VD au niveau de la valve pulmonaire. Cette anomalie est le plus souvent congénitale.

### Diagnostic positif

#### Mode bidimensionnel

En Écho 2D, il existe un épaissement des valves pulmonaires avec aspect en dôme et dilatation post sténotique. Dans certains cas, les valves sont rétractées.

#### Mode TM

En TM, on constate une augmentation de l'amplitude de l'onde A (8 à 13 mm versus 3 mm chez le sujet normal). Au niveau du VD, il existe un certain degré d'HVD qui tient compte de la sévérité de la sténose et de son ancienneté.

#### Doppler Couleur

En Doppler couleur, en incidence parasternale petit axe orientée vers l'infundibulum pulmonaire, le jet de RP apparaît en systole sous forme d'un jet en mosaïque couleur au sommet du dôme valvulaire.

#### Doppler continu

En Doppler continu, le flux de RP prend la forme d'une courbe en doigt de gant négatif (BP28) en continuité avec le flux d'IP.

### Diagnostic différentiel

Concernant le diagnostic différentiel, en mode bidimensionnel, une sténose pulmonaire peut être sous orificielle, supra-valvulaire ou extrinsèque, liée à une compression tumorale. Les tumeurs valvulaires obstructives sont rares, de même que les végétations pseudo-tumorales.

En Doppler, le flux de RP ne doit pas être confondu avec celui d'un RA, d'une IM ou de certaines formes de CIV.

### Diagnostic de gravité

L'évaluation de la sévérité du RP est essentielle, basée sur la notion de gradient mesuré en Doppler continu et de surface.

Le gradient moyen est bien corrélé au gradient hémodynamique. **On considère habituellement** qu'un RP est serré lorsque celui-ci dépasse 50 mmHg. Il faut se méfier de surévaluer le gradient en cas d'hyper débit (shunt, fistule, fièvre, hyperthyroïdie...) ou à l'inverse de le sous-évaluer en cas de bas débit.

L'évaluation de la surface valvulaire pulmonaire est rarement faite en pratique. Elle fait appel à l'équation de continuité à partir de la détermination du débit aortique et de l'ITV pulmonaire en l'absence de fuite ou de shunt significatif.

Surface pulmonaire =  $ITV_{Ao} \times S_{Ao} / ITV_{pulm}$ .

### Diagnostic étiologique

- **RP congénital** : le plus fréquent et le plus souvent décelé pendant l'enfance et traité de nos jours le plus souvent aisément par dilatation percutanée.
- **RP rhumatismal** : rare, est en règle associé à une atteinte des valves du cœur gauche ou de la

tricuspide.

- **RP du syndrome carcinoïde** : l'association IT et RP est très évocatrice du syndrome carcinoïde. Les valves pulmonaires sont rétractées, hyperéchogènes, tout comme le plus souvent la valve tricuspide déformée en dôme.

L'insuffisance pulmonaire correspond à une régurgitation, elle peut être physiologique (fréquente et minime) ou pathologique. L'échocardiographie a une place de choix dans le diagnostic positif, de gravité et étiologique.

### Diagnostic positif

#### Mode Bidimensionnel

En écho 2D, il n'y a pas de signe direct d'IP en dehors d'un éventuel capotage de valve, par contre une fuite modérée à sévère entraîne une surcharge volumétrique du VD avec hyperkinésie.

#### Doppler Couleur

En Doppler couleur, le diagnostic de l'IP est aisé. Elle se présente sous forme d'un jet en mosaïque couleur au niveau de l'infundibulum pulmonaire sous les valves. La sensibilité du Doppler couleur est excellente.

#### Doppler pulsé et continu

Le Doppler pulsé et continu est enregistré par voie parasternale petit axe orienté vers l'infundibulum pulmonaire. L'IP apparaît sous forme d'un reflux hodiastolique positif puisque se rapprochant du capteur, de faible vitesse (1 m/s). Ce flux est trapézoïdal. Le temps de demi-décroissance de pression (PHT) est supérieur à 150 ms chez le sujet normal.

### Diagnostic différentiel

En écho 2D, c'est celui d'une surcharge volumétrique des cavités droites : CIA, IT...

En Doppler couleur, le flux est habituellement facile à différencier des autres flux diastoliques : IA, RM, RT.....

### Diagnostic de gravité

#### Mode Bidimensionnel

En écho 2D, le degré de dilatation du VD est proportionnel à l'importance de la régurgitation.

#### Doppler Couleur

En Doppler couleur, l'évaluation de la sévérité est semi quantitative sur la cartographie du flux régurgitant. Certains auteurs ont proposé l'étude du diamètre du jet à l'origine et le rapport diamètre du jet sur diamètre de l'anneau pulmonaire, **le rapport supérieur ou égal à 0,7 et en faveur d'une IT importante.**

#### Doppler pulsé et continu

En Doppler continu, la morphologie de la courbe peut orienter vers une IP importante lorsque le PHT est court avec annulation de la course en télédiastole. En effet, lorsque l'IP est importante, il y a rapidement égalisation des pressions TAP – VD.

## Insuffisance pulmonaire (IP)

### Diagnostic étiologique

L'IP physiologique est très fréquente, bien vue au Doppler couleur, elle reste localisée sous les valves pulmonaires. Son intérêt est l'approche hémodynamique du cœur droit et l'évaluation des pressions pulmonaires.

Les principales causes d'IP pathologiques sont :

- les cardiopathies congénitales : après dilatation par ballonnet d'une sténose pulmonaire, après correction chirurgicale d'une tétralogie de Fallot...
- l'endocardite infectieuse : l'endocardite de la valve pulmonaire est rare et en règle survenant dans un contexte de toxicomanie de cardiopathie congénitale (IP, Fallot, canal artériel persistant).

- un syndrome carcinoïde (aspect de sténose et de fuite)
- une atteinte rhumatismale
- une atteinte dystrophique avec prolapsus.

Enfin, l'IP peut être fonctionnelle dans un contexte de dilatation de l'anneau pulmonaire secondaire à une dilatation des cavités droites.

### Hémodynamique Doppler

Les principales applications pratiques de l'IP sont :

- Le calcul des pressions pulmonaires. Les vitesses proto et télé diastolique de l'IP sont corrélées respectivement à la PAPm et PAPd.  
$$\text{PAPm} = 4 V^2 \text{IPpd} + 10 \text{ mmHg}$$
$$\text{PAPd} = 4 V^2 \text{IPtd} + 10 \text{ mmHg}$$
$$\text{PAPm} = (\text{PAPs} + 2 \text{PAPD})/3$$
$$\text{PAPs} = 3 \text{PAPm} - 2 \text{PAPd}$$

La recherche d'un dip plateau du VD : la courbe de l'IP étant le reflet du gradient de pression TAP/VD, une brusque élévation de la pression diastolique VD va se traduire par une décélération rapide de l'IP avec  $\text{PHT} \leq 150 \text{ ms}$ . Il est important de rechercher cette anomalie de flux sur plusieurs complexes en faisant un enregistrement à petite vitesse et en modifiant la respiration. Une telle morphologie peut être rencontrée dans une péricardite constrictive, dans une myocardiopathie restrictive, dans un infarctus du VD.

-----o0o-----