INSTITUT LA CONFÉRENCE HIPPOCRATE

www.laconferencehippocrate.com

# La Collection Hippocrate

## *Épreuves Classantes Nationales*

# CARDIOLOGIE

# Principes d'échocardiographie utiles pour l'internat

**HP-07**

Dr Alain COMBES
Praticien Hospitalier Universitaire

L'institut la Conférence Hippocrate, grâce au mécénat des Laboratoires SERVIER, contribue à la formation des jeunes médecins depuis 1982. Les résultats obtenus par nos étudiants depuis plus de 20 années (15 majors du concours, entre 90 % et 95 % de réussite et plus de 50% des 100 premiers aux Épreuves Classantes Nationales) témoignent du sérieux et de la valeur de l'enseignement dispensé par les conférenciers à Paris et en Province, dans chaque spécialité médicale ou chirurgicale.

La collection Hippocrate, élaborée par l'équipe pédagogique de la Conférence Hippocrate, constitue le support théorique indispensable à la réussite aux Épreuves Classantes Nationales pour l'accès au 3ème cycle des études médicales.

L'intégralité de cette collection est maintenant disponible gracieusement sur notre site **laconferencehippocrate.com.** Nous espérons que cet accès facilité répondra à l'attente des étudiants, mais aussi des internes et des praticiens, désireux de parfaire leur expertise médicale.

A tous, bon travail et bonne chance !

**Alain COMBES, Secrétaire de rédaction de la Collection Hippocrate**

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite.
Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

# Principes d'échocardiographie utiles pour l'internat

## INTRODUCTION

- L'examen échocardiographique et Doppler cardiaque fait aujourd'hui partie intégrante de l'examen du patient en cardiologie, constituant le prolongement logique de l'examen clinique et de l'électrocardiogramme. Il permet une évaluation fiable et reproductible du fonctionnement de l'appareil valvulaire, du myocarde, des gros vaisseaux et du sac péricardique.
- Avant de commencer la lecture de ce chapitre, il est particulièrement recommandé de réviser l'anatomie du médiastin et d'avoir à l'esprit les rapports anatomiques entre les différents constituants médiastinaux dans les trois dimensions de l'espace !

## A/ Échocardiographie

### 1. Principe général

- Le principe physique utilisé est l'émission d'ultrasons par un transducteur électromagnétique. Ces ultrasons traversent les milieux biologiques en subissant des réflexions et des réfractions aux interfaces entre les différents constituants de l'organisme (par exemple, entre le sang et les parois du cœur).
- Les ultrasons réfléchis sont renvoyés vers la sonde, qui possède également un récepteur, et sont transcrits en une image sur le moniteur par l'appareil de traitement informatique du signal.

### 2. Échocardiographie en modebidimensionnel (ou écho 2D)

*a) Principe*

– Le transducteur ultrasonique « explore » une coupe du médiastin et du cœur, en deux dimensions (tout comme on découpe une mince tranche de jambon d'un jambon entier !).

– Des impulsions ultrasoniques sont répétées de manière très rapprochée, permettant ainsi de générer une succession d'images, reconstituant sur l'écran le mouvement des parois du cœur au cours du cycle cardiaque. Le signal ECG est inscrit en permanence sur le moniteur pour permettre le repérage des temps systolique et diastolique.

*b) Les principales « fenêtres » acoustiques*

– Patient en décubitus latéral gauche, bras gauche sous la tête.

* fenêtre parasternale gauche, entre le deuxième et le quatrième espace intercostal gauche, à proximité du sternum ;
* fenêtre apicale, au niveau des cinquième et sixième espaces intercostaux gauches, entre la ligne mamelonnaire et la ligne axillaire.

**N.B. :** Ce sont les 2 fenêtres principales.

– *Autres fenêtres :*

* fenêtre sus-sternale, patient en décubitus dorsal, cou en hyperextension ;
* fenêtre sous-costale, sous la xiphoïde, patient en décubitus dorsal.

*c) Les différentes coupes obtenues*

– Coupe parasternale « grand axe » (*cf.* figure n°1 en page suivante) :

* obtenue à partir de la fenêtre parasternale gauche ;

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

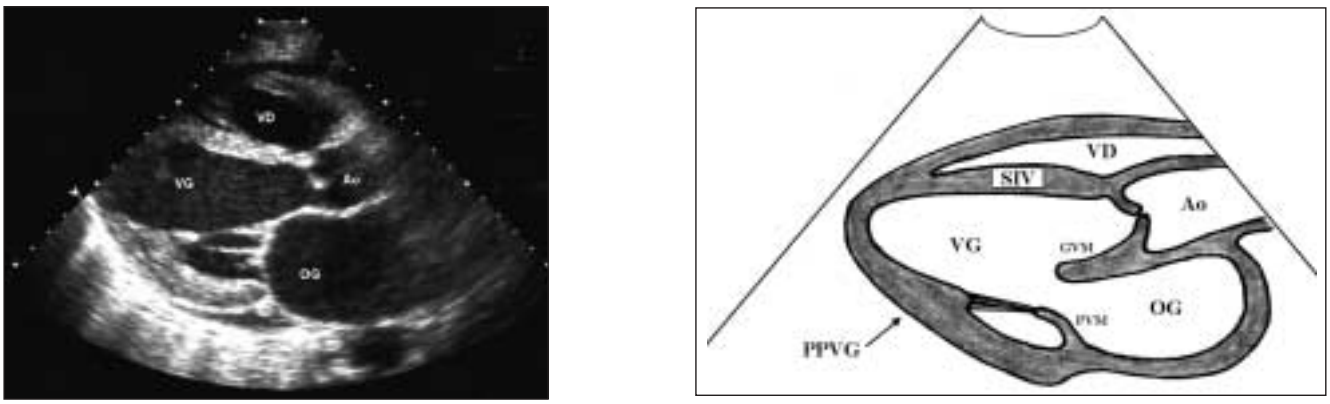



***Fig. 1 a et b : coupe échocardiographique parasternale gauche grand axe en diastole.***
**OG,** ***oreillette gauche ;*** **VG,** ***ventricule gauche ;*** **PPVG,** ***paroi postérieure du VG ;*** **GVM,** ***grande valve mitrale ;*** **PVM,** ***petite valve mitrale ;*** ***Ao, aorte ;*** **SIV,** ***septum interventriculaire ;*** **VD,** ***ventricule droit.***

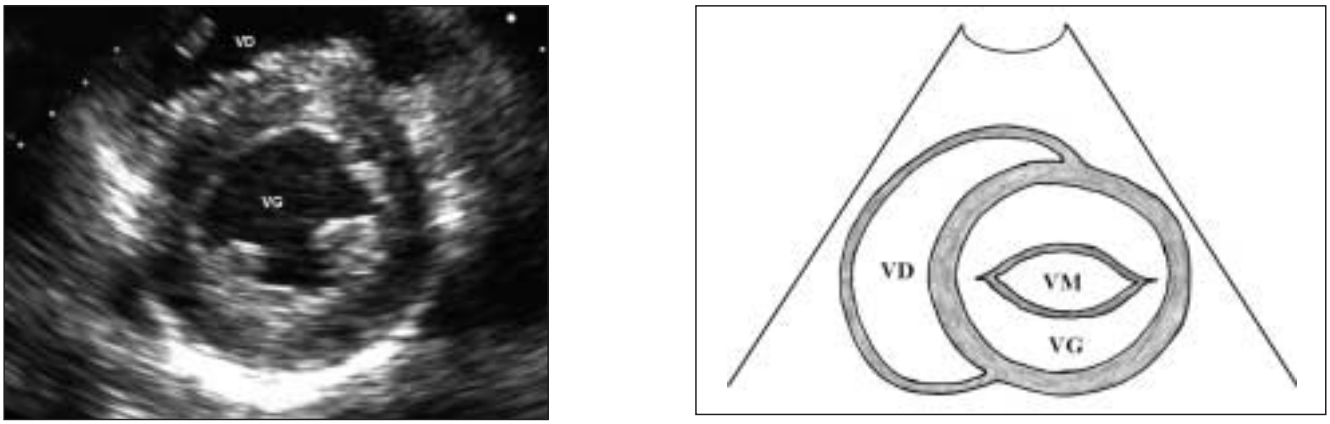



***Fig. 2 a et b : Coupe échocardiographique parasternale gauche petit axe.***

*a) Au niveau libre de la valve mitrale.*
*b) Au niveau des piliers mitraux.*

* coupe le cœur dans son grand axe, de la base vers la pointe ;
* explore l'oreillette gauche, le VG (paroi postérieure, septum), la valve mitrale et l'appareil sous-valvulaire mitral, la chambre de chasse du VG, la valve aortique et la racine aortique.

– Coupe parasternale « petit axe » (*cf.* figure n° 2 ci-dessus) :
* obtenue à partir de la fenêtre parasternale gauche ;
* coupe le cœur dans son petit axe : le VG a un aspect circulaire (en forme de roue) ;
* en déplaçant le plan de coupe de la base vers la pointe on explore : la valve mitrale, notamment au niveau de son bord libre, permettant la mesure de la surface maximale de l'orifice en diastole, puis les piliers mitraux, les parois antérieure, latérale, postérieure et septale du VG depuis la base jusqu'à la pointe.

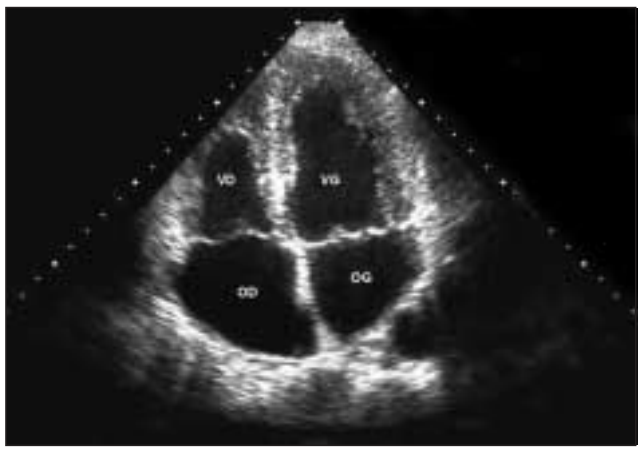



***Fig. 3 : Coupe échocardiographique apicale des 4 cavités.***

– Coupe apicale des « 4 cavités » (*cf.* figure n°3) :
* obtenue à partir de la fenêtre apicale ;
* coupe le cœur dans un plan transversal, de la pointe vers la base, dégageant les « 4 cavi-

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

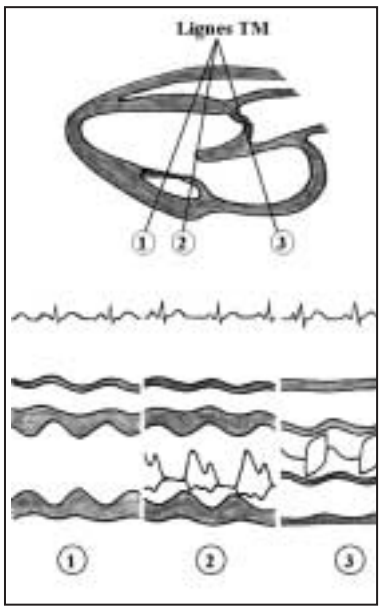



***Fig. 4. Coupes écho-cardio-graphiques TM (temps-mouvement)***
*1. Explore la cinétique du VG au niveau de ses parois septales et postérieure, permet ainsi le calcul de la fraction de raccourcissement.*
*2. Au niveau de la valve mitrale, elle dessine un M diastolique avec 3 accidents : E (premier pic d'ouverture correspondant au remplissage ventriculaire protodiastolique), F et A (deuxième pic correspondant à l'ouverture amplifiée par la systole auriculaire).*
*3. Au niveau de la valve aortique et de l'OG, on mesure ainsi le diamètre aortique, le diamètre de plus grande ouverture des valves aortiques (qui dessinent une « boîte » quadrangulaire) et, en bas, le diamètre antéro-postérieur de l'OG.*

tés » cardiaques : OG, OD, VD et VG. Cette coupe explore également la valve mitrale, la chambre de chasse du VG, la valve tricuspide.

– Coupe apicale des « 2 cavités » :
  * obtenue immédiatement après la coupe précédente en imprimant au capteur une rotation « anti-horaire » de 90° ;
  * dégage le VG, parois antérieure et postérieure, la valve mitrale et son appareil sous-valvulaire ainsi que l'oreillette gauche.
– Autres coupes :
  * coupe sous-costale :
    ▪ utile en cas de mauvaise échogénicité transthoracique ;
    ▪ dégage les 4 cavités.
  * Coupe suprasternale : dégage la valve aortique et toute la crosse aortique ainsi que l'origine des gros vaisseaux.

## 3. Échographie en mode « T-M » (temps-mouvement)

### *a) Principe*

– La première étape consiste à obtenir une coupe du cœur en mode 2D, le plus souvent dans le plan parasternal grand axe.
– Un curseur permet alors de déplacer sur l'écran une ligne virtuelle.
– Une coupe T-M reproduit les mouvements des différentes parties du cœur situées sur cette ligne en fonction du temps.
– Il s'agit donc d'une exploration en fonction du temps dans une dimension de l'espace.

### *b) Coupes réalisées*

(*cf.* figure n° 4 ci-dessus)

– Le plus souvent, le premier temps de l'examen T-M est le repérage de la coupe parasternale grand axe du cœur.
– Ensuite, grâce au curseur, on positionne la ligne T-M imaginaire :
  * au niveau de la valve aortique et de l'OG ;
  * au niveau de la valve mitrale ;
  * dans un plan orthogonal au septum et à la paroi postérieure du VG, juste sous la valve mitrale.

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

## B/ Examen Doppler cardiaque

### 1. Principe

- Le principe du Doppler est de mesurer la différence entre la fréquence ultrasonique émise par le transducteur (fe) et la fréquence réfléchie (fr) par un objet.
- Lorsque cet objet est immobile :
  - fr = fe et Df = fe/fr = 0.
- Lorsque l'objet se rapproche du capteur :
  - fr > fe et Df est positif.
- Lorsque l'objet s'éloigne du capteur :
  - fe < fr et Df est négatif.
- Le Doppler cardiaque adapte ce principe aux mouvements du flux sanguin dans les cavités et à travers les valves cardiaques.

### 2. Examen Doppler couleur

- Le premier temps de l'examen Doppler couleur est l'obtention de l'une des coupes cardiaques en mode 2D.
- Ensuite, grâce à un curseur, on déplace sur l'écran un volume de taille variable. Lorsque le mode Doppler couleur est activé, les flux sanguins en mouvement sont matérialisés par des couleurs :
  - rouge si le flux se rapproche du capteur ;
  - bleu si le flux s'éloigne du capteur ;
  - mosaïque de jaune et vert si le flux est à très haute vitesse et turbulent (on parle d'aliasing).
- Le Doppler couleur est particulièrement performant pour mettre en évidence les fuites valvulaires (aortique, mitrale, tricuspide) et dans les pathologies de l'aorte (dissection).

### 3. Examen Doppler pulsé

- Le premier temps de l'examen est également l'obtention d'une coupe échographique en 2D.
- Ensuite, on matérialise sur l'écran un petit volume que l'on déplace au niveau des cavités cardiaques, tout particulièrement à hauteur des orifices valvulaires.
- Lorsque le mode Doppler est activé, une courbe apparaît sur l'écran, qui décrit la vélocité des flux sanguins observée au niveau du volume choisi. Par définition, le flux se rapproche du capteur s'il est codé positivement, et il s'éloigne du capteur s'il est négatif.
- Parallèlement, l'appareil synthétise des sons dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse des flux.

### 4. Examen Doppler continu

- Il fait appel la plupart du temps à une sonde aveugle dite « pedoff » qui ressemble à un crayon. Cette sonde est positionnée le plus souvent au niveau de la fenêtre acoustique apicale. Lorsque le mode Doppler est activé, un graphe apparaît sur l'écran, qui décrit la vélocité des flux circulants tout au long du faisceau ultrasonique émis par la sonde, en fonction du temps (et non dans un petit volume prédéterminé, comme pour le Doppler pulsé).
- Les flux se rapprochent du capteur s'ils sont positifs et s'en éloignent s'ils sont négatifs.
- L'examinateur peut s'aligner à partir de la fenêtre apicale sur le flux mitral, aortique ou tricuspide.
- L'appareil synthétise également des sons dont l'intensité et l'enveloppe spectrale sont similaires à la vitesse des flux étudiés, et permettent à l'examinateur de s'aligner à l'aveugle de façon optimale sur le flux étudié, c'est-à-dire de telle manière que l'angle entre le faisceau d'ultrasons et le flux sanguin soit le plus proche de 0. Lorsque cet angle est égal à 0, on obtient la mesure exacte de la vitesse du flux.
- Le mode Doppler continu est également accessible par les sondes transthoraciques classiques à partir de l'imagerie 2D.

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

# C/ Les deux équations fondamentales de l'examen échodoppler cardiaque

## 1. Équation de Bernoulli

- Par définition, la différence de pression (ΔP) existant entre deux cavités séparées par un orifice à travers lequel circule un flux de sang de vitesse v est égale à :

$$DP = 4\ v_2$$

- Par exemple, si la vitesse maximale des hématies au niveau d'un rétrécissement aortique est mesurée au Doppler à 5 m.s –1, le gradient de pression maximale VG-aorte est égal à 100 mmHg.

## 2. Équation de continuité

(*cf.* figure n° 5 ci-dessous)

- Supposons un tube cylindrique de surface $S_1$ où circule un flux sanguin de vitesse $v_1$.
- Ce tube présente un rétrécissement de surface $S_2$, où le flux sanguin est bien sûr accéléré pour maintenir un débit constant, avec une vitesse $v_2$.

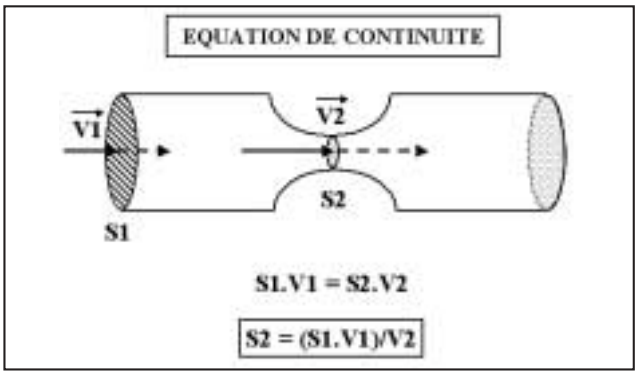



***Fig. 5 : Équation de continuité pour la mesure de la surface aortique.***

- Par définition : $S_1v_1 = S_2v_2$.
- Application à la mesure de la surface d'un rétrécissement aortique valvulaire :
  - $S_2$ est l'inconnue.
  - $S_1$ est la surface sous-valvulaire, surface de la chambre de chasse du VG, extrapolée à partir du diamètre sous-aortique mesuré sur la coupe parasternale grand axe par exemple : $S_1 = 3\ cm^2$.
  - $v_1$ est la mesure de la vitesse au niveau de S1 (mesurée par Doppler pulsé) par exemple : v1 = 100 cm/s.
  - $v_2$ est la mesure de la vitesse maximale du flux, vitesse obtenue au niveau du plus petit diamètre de la sténose, par Doppler continu par exemple : $v_2 = 500$ cm/s.
  - On déduit : $S_2 = 0{,}6\ cm^2$, soit un rétrécissement aortique serré.

# D/ Plan de l'examen échodoppler cardiaque

## 1. Cavités gauches/fonction VG

### *a) Fonction VG segmentaire*

- À partir des coupes parasternales et apicales 2D, on observe la contraction des différents segments (basal, moyen, apical) des différentes parois (antérieure, latérale, inférieure, septale) du cœur.
- Chaque segment est évalué :
  * hyperkinétique ;

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

* normokinétique ;
* hypokinétique ;
* akinétique ;
* ou dyskinétique.

– On mesure l'épaisseur des différentes parois VG grâce aux coupes TM, en positionnant la ligne TM orthogonalement aux parois.
– On recherche un éventuel thrombus.

*b) Fonction VG globale*

– Fraction de raccourcissement (FR) (*cf.* figure n° 6 ci-dessous) :
* FR = (DTD – DTS)/DTD ;
* DTD = diamètre télédiastolique du VG ;
* DTS = diamètre télésystolique du VG.

– La fraction d'éjection (FE) peut être évaluée en mode 2D.

*c) Oreillette gauche*

– Mesure de son diamètre antéro-postérieur en coupe parasternale gauche grand axe.
– Mesure de sa largeur et de sa profondeur en coupe apicale des 4 cavités.
– Planimétrie de sa surface en coupe apicale des 4 cavités.
– Recherche d'un thrombus libre ou pariétal.
– Recherche d'une masse (myxome).

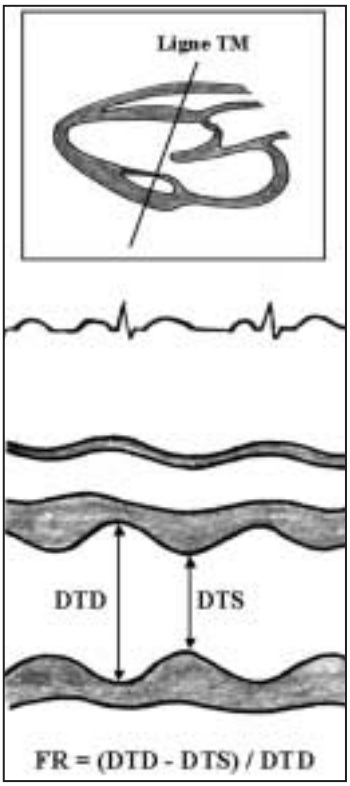



***Fig. 6.*** ***Mesure de la fraction de raccourcissement.***

$$F = \frac{DTD - DTS}{DTD}$$

## 2. Valves du cœur gauche

*a) Valve mitrale*

– Étude en mode 2D et T-M de la morphologie de la valve et de son appareil sous-valvulaire : recherche de calcifications, d'une sténose (planimétrie de l'orifice en coupe parasternale petit axe), d'un épaississement des feuillets, d'un excès de tissu valvulaire. En mode T-M, les mouvements valvulaires reproduisent un M.
– Morphologie de l'appareil sous-valvulaire (piliers et cordages) : longueur, épaisseur, mobilité, recherche de calcifications.
– Étude Doppler pulsé du flux mitral à partir de la fenêtre apicale : flux positif composé de 2 ondes (E précoce, correspondant au flux de remplissage du VG et onde A tardive, correspondant à la systole auriculaire).
– Recherche et évaluation semi-quantitative d'une fuite mitrale en mode Doppler couleur.

*b) Valve aortique*

– En mode T-M et 2D, mesure du diamètre aortique, de l'ouverture intersigmoïdienne du diamètre de la chambre de chasse du VG.
– Recherche de calcifications valvulaires.
– Analyse des flux sous-aortique (par Doppler pulsé) et aortique (par Doppler continu) à partir de la fenêtre apicale. Ces flux sont codés négativement, car ils s'éloignent du capteur.
– Recherche et analyse d'une fuite aortique en mode Doppler couleur et Doppler continu.

## 3. Cœur droit

- Analyse de la taille et de la morphologie du cœur droit (OD et VD) à partir des différentes coupes 2D.
- Analyse du flux pulmonaire en Doppler pulsé et recherche d'une fuite pulmonaire en Doppler pulsé et couleur.

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

- Recherche d'une insuffisance tricuspide ; la vitesse maximale du flux d'une insuffisance tricuspide étant proportionnelle à la pression artérielle pulmonaire systolique (PAPs), permet le diagnostic d'une hypertension artérielle pulmonaire.
- Recherche d'une masse anormale dans les cavités droites.
- Recherche d'un flux anormal (communication inter-auriculaire ou interventriculaire).

### 4. Péricarde

- Le sac péricardique est étudié à partir des coupes 2D et T-M.
- On recherche, on localise et on mesure un éventuel épanchement péricardique.
- On évalue son retentissement sur les cavités cardiaques (écrasement des cavités droites, septum aplati, voire bombant dans les cavités gauches) et sur les flux étudiés au Doppler.
- On recherche des calcifications péricardiques.

### 5. Aorte

- La racine aortique est étudiée en mode 2D sur la coupe parasternale grand axe. On mesure son plus grand diamètre en mode T-M.
- La crosse aortique est mieux étudiée grâce à la coupe suprasternale.
- Cependant, l'étude de l'aorte par échographie transœsophagienne est beaucoup plus précise.

## E/ Autres techniques échocardiographiques

### 1. Échocardiographie et Doppler par voie transœsophagienne (ETO)

- Le principe est exactement le même que celui décrit précédemment.
- La seule différence est la position du capteur ultrasonique à l'extrémité d'un tube fibroscopique introduit dans l'œsophage, après anesthésie pharyngée.
- Les principales indications de l'ETO sont :
  - Impossibilité technique de l'examen transthoracique.
  - Évaluation précise de la pathologie valvulaire (en particulier mitrale), c'est-à-dire évaluation des fuites, des rétrécissements, bilan des endocardites, suivi des prothèses.
  - Pathologie aortique, en particulier anévrisme et dissection.
  - Bilan de certaines cardiopathies congénitales complexes.
  - Évaluation en continu de la fonction VG, permettant un véritable suivi hémodynamique lors des interventions chirurgicales lourdes
  - Suivi hémodynamique des malades de réanimation.

### 2. Échocardiographie de stress ou échodobutamine

- Le principe de l'examen est l'évaluation, en écho 2D, de la contractilité VG segmentaire à l'état basal, puis lors de la perfusion intraveineuse de dobutamine.
- La perfusion de cet inotrope soumet le myocarde à un stress, augmentant les besoins en oxygène du myocarde, et démasquant ainsi les zones myocardiques hypoperfusées à l'effort du fait d'une sténose coronaire. Ces zones hypoperfusées et hypoxiques deviennent hypokinétiques, voire akinétiques ou dyskinétiques.
- Cet examen, pratiqué par un opérateur entraîné, a les mêmes indications et les mêmes performances qu'une scintigraphie myocardique d'effort.
- Il est bien sûr couplé à l'enregistrement électrocardiographique.
- L'échographie de stress peut également évaluer la viabilité myocardique en particulier dans le postinfarctus.

### 3. Échographie de contraste intraventriculaire

- L'injection intraveineuse de sérum physiologique préalablement mélangé à une petite bulle d'air permet de visualiser sous forme d'un nuage d'échos très brillants la circulation du flux sanguin dans les cavités cardiaques.
- Cet examen est très utile lors de la recherche d'un shunt droit-gauche, en particulier d'une

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier

communication interauriculaire. Il peut être utile de le sensibiliser en demandant au malade de réaliser parallèlement une manœuvre de Valsalva.

## 4. Échographie de contraste myocardique

- L'injection de produit de contraste permet le réhaussement de l'échogénicité myocardique.
- Cet examen est prometteur pour le diagnostic prédictif de reperfusion myocardique en post-infarctus. ■

© 2003-2005 - Association Institut La Conférence Hippocrate - Tous droits réservés
Les droits d'exploitation de ces textes sont gracieusement mis à votre disposition par les Laboratoires Servier