



Echographie intracardiaque : un nouvel outil en cardiologie interventionnelle

Rev Med Suisse 2007; 3: 1696-701

G. Girod
A. Delabays
C. Roguelov
F. Renders
S. Van de Walle
P. Vogt
E. Eeckhout

Intracardiac echocardiography: a new tool for interventional cardiology

Intracardiac echocardiography is a new technique based on the use of ultrasonic diagnostic catheter, which can be introduced through the femoral vein up of the right atrium. Intracardiac echocardiography provides bidimensional views, coupled to colour and pulsed Doppler. This review summarizes multiple applications of intracardiac echocardiography in the field of interventional cardiology, particularly during percutaneous closure of patent foramen ovale or atrial septal defect. A major advantage of intracardiac echocardiography is the possibility of avoiding general anaesthesia as well as providing equivalent information to the reference technique of transoesophageal echocardiography.

L'échocardiographie intracardiaque est une nouvelle technique échographique basée sur l'utilisation d'un cathéter à ultrasons que l'on introduit par la veine fémorale et que l'on positionne habituellement dans l'oreillette droite. Elle permet d'obtenir des images échographiques bidimensionnelles, avec Doppler couleur ou pulsé. Cet article résume les multiples applications de l'échocardiographie intracardiaque, notamment dans le domaine de la cardiologie interventionnelle où elle trouve une place de choix. Une utilisation de premier plan est la surveillance des procédures de fermeture percutanée de foramen ovale ou de communication interauriculaire, où l'imagerie intracardiaque offre des images comparables à l'échocardiographie transœsophagienne sans l'inconvénient majeur de l'anesthésie générale.

INTRODUCTION

Les interventions par voie percutanée sont largement acceptées comme alternative au traitement chirurgical dans de nombreuses pathologies cardiaques congénitales ou acquises. Une imagerie de haute qualité est indispensable pour assurer la sécurité de procédures telles que la fermeture de communications interauriculaires (CIA) ou de foramen ovale perméable

(FOP), l'ablation myocardique septale en cas d'obstruction sous-aortique, la fermeture de l'auricule gauche ou encore l'isolation des veines pulmonaires chez les patients en fibrillation auriculaire. Des images précises permettent ainsi de contrôler le déploiement des prothèses de fermeture septale ou la ponction transseptale, et une délimitation nette de l'endocarde facilite le repérage des zones d'ablation et le contact de la sonde avec la paroi.

La fluoroscopie ne permet pas d'aborder les tissus mous, et même si elle permet de voir les dispositifs de fermeture septale, elle manque de précision pour le positionnement des sondes d'ablation. L'échocardiographie par voie transœsophagienne (ETO) a été jusqu'à présent l'outil d'imagerie de premier choix tant pour le contrôle que pour le guidage d'interventions percutanées. Actuellement, l'échocardiographie intracardiaque (EIC) est une nouvelle technique basée sur l'utilisation de cathéters diagnostiques ultrasonores offrant des images d'excellente qualité des différentes structures anatomiques. L'expérience la plus importante a été acquise avec la sonde *AcuNav phased array* de haute fréquence permettant d'obtenir des images échocardiographiques bidimensionnelles, couplées au Doppler continu, pulsé ou couleur. Introduit par une veine fémorale, l'EIC permet d'éviter une anesthésie générale et est un outil de choix notamment dans la mise en place des dispositifs de fermeture septale par voie percutanée.

TECHNIQUE

La sonde d'ultrason *AcuNav* (Siemens-Acuson) est un cathéter de calibre disponible en 8 ou 10 French (2,7 ou 3,3 mm) de 90 cm de longueur équipé d'un capteur échographique *phased array* de haute fréquence (5,5 à 10 MHz) permettant



Figure 1. Le cathéter AcuNav

d'obtenir des plans de coupes échographiques sectoriels de 90° avec une pénétration de 2 à 15 cm (figure 1). L'extrémité du cathéter peut être mobilisée dans les plans antérieur, postérieur et latéraux grâce à deux mollettes situées sur la poignée et pouvant être bloquées dans la position souhaitée. Les images bidimensionnelles, y compris toutes les fonctions Doppler, peuvent être acquises grâce à une machine d'ultrason standard (Cypress ou Sequoia, Siemens) et récupérées en format DICOM ou AVI.

IMAGERIE PAR ÉCHOGRAPHIE INTRACARDIAQUE

Le cathéter d'ultrason est introduit par une veine fémorale au travers d'un introducteur 8 ou 10 F, en principe du côté gauche, le côté droit étant réservé pour l'accès interventionnel. En gardant les molettes de la sonde en position libre, on monte ensuite par la veine cave inférieure jusque dans l'oreillette droite sous contrôle de la fluoroscopie afin d'éviter d'endommager une veine secondaire. Sur le plan des risques et inconvénients liés à son utilisation, on peut noter un faible risque de perforation d'une veine secondaire au niveau du bassin, pouvant aller jusqu'à entraîner une hémorragie rétropéritonéale. Ceci peut toutefois être évité simplement en montant délicatement la sonde sous contrôle de la fluoroscopie, en particulier depuis l'abord fémoral gauche où l'on doit surmonter davantage de tortuosités. Il convient aussi de tourner la sonde doucement, afin d'éviter des douleurs qui peuvent survenir suite à la traction sur les veines lors de trajet sinueux. Une fois dans l'oreillette droite, on peut obtenir au moins plusieurs incidences «classiques» :

1. La position initiale de la sonde d'EIC se situe dans la partie basse de l'oreillette droite, en position «neutre», sans flexion antéro-postérieure ou latérale. Cette coupe sectorielle permet de visualiser l'oreillette et le ventricule droit en long axe, la valve tricuspide et la valve d'Eustachi, si celle-ci est présente.
2. A partir de cette position, une rotation horaire fournit une vue de la chambre de chasse du ventricule droit, de l'aorte, de la valve pulmonaire et de l'oreillette droite (figures 2A et 2B).
3. En avançant un peu la sonde, tout en appliquant une rétroflexion avec une rotation horaire plus importante, on obtient une visualisation du septum interauriculaire avec la fosse ovale dans son long axe, séparant l'oreillette droite de l'oreillette gauche (figures 3A et 3B). En avançant ou en

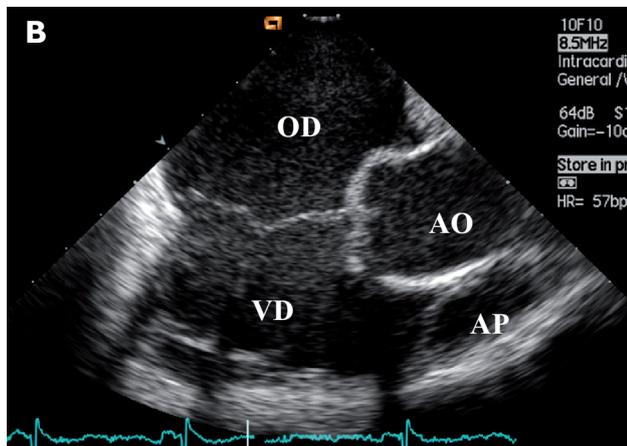
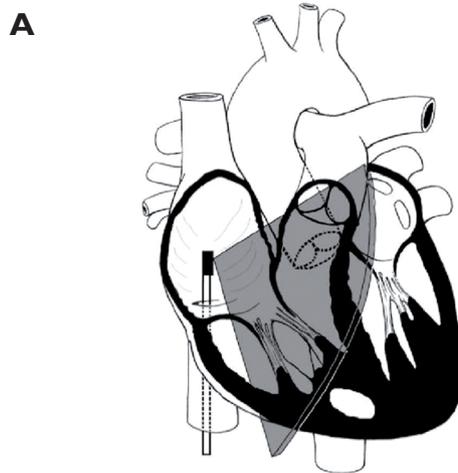


Figure 2A et 2B. La sonde en position neutre et rotation antihoraire montre l'oreillette droite, le ventricule droit, la valve pulmonaire et la racine aortique

OD : oreillette droite. VD : ventricule droit. AO : aorte. AP : artère pulmonaire.

reculant la sonde dans cette même position, on élargit la vue à l'abouchement à la veine cave supérieure ou à la partie inférieure du septum.

4. La poursuite du mouvement horaire avec une rétroflexion plus marquée dans le but de diriger le capteur vers le haut et la gauche fournit une vue de l'oreillette gauche et l'abouchement des veines pulmonaires gauches, le Doppler couleur permettant d'en optimiser la visualisation (figures 4A et 4B).

5. Enfin, en poursuivant la rotation horaire sur 180° avec toujours une rétroflexion du cathéter, on met en évidence une vue en court axe du septum interauriculaire et de la racine aortique (figures 5A et 5B).

Selon la nécessité, de multiples autres vues sont possibles, comme lors de l'avancement de la sonde d'EIC dans le ventricule droit avec rotation horaire permettant de couper l'oreillette et le ventricule gauche ainsi que la valve mitrale dans leur long axe. Il est également possible de suivre une sonde de pacemaker sur tout son trajet à la recherche de végétations.

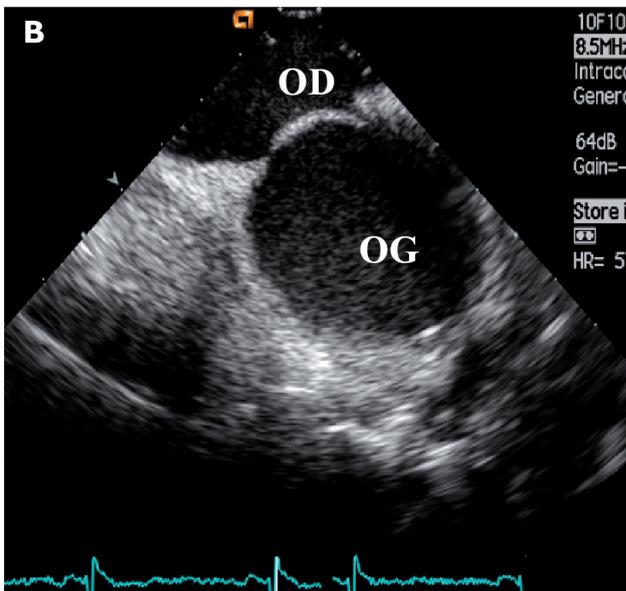
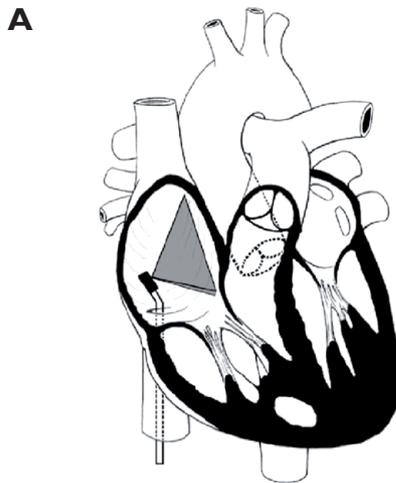


Figure 3A et 3B. Avec une rétroflexion, on coupe le septum interauriculaire et l'oreillette gauche dans son long axe

OD : oreillette droite. OG : oreillette gauche.

UTILISATION DE L'EIC DANS LA FERMETURE DES FOP ET CIA

L'EIC trouve sa place de choix dans le contrôle de la fermeture de FOP ou de CIA par voie percutanée.^{1,2} Bien que l'ETO soit la technique de référence pour la surveillance et le guidage de cette procédure, l'EIC offre une excellente alternative d'imagerie avec l'avantage majeur d'éviter une anesthésie générale.³ Nous ne reviendrons pas sur toutes les étapes qui mènent au diagnostic et à l'évaluation des patients porteurs de FOP ou de CIA. Rappelons néanmoins brièvement que l'ETO est un outil indispensable à la quantification des shunts et à l'évaluation des structures anatomiques de ces patients.

Au cours de la procédure de fermeture percutanée de FOP ou de CIA, l'EIC permet tout d'abord de détecter la

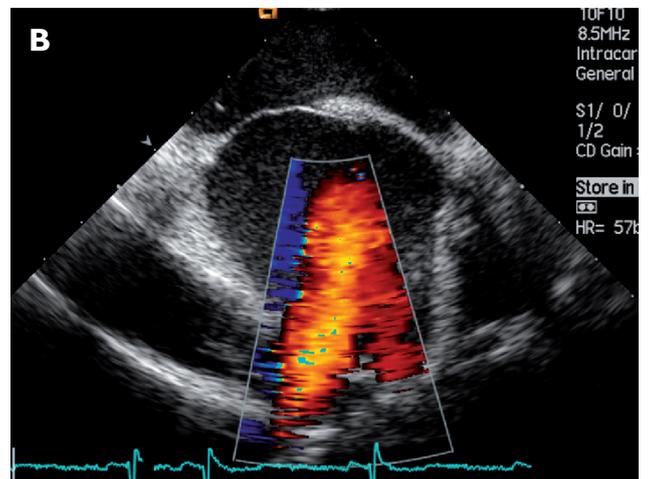
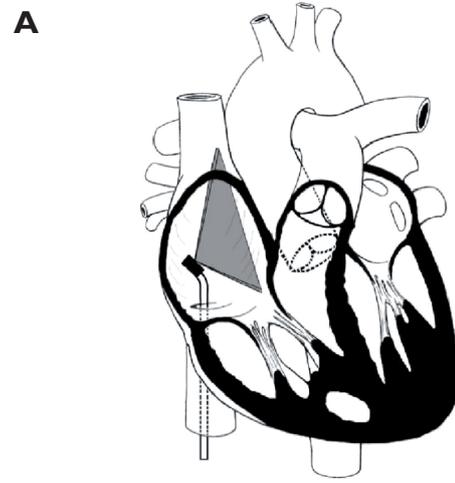


Figure 4A et 4B. En augmentant encore la rétroflexion, on met en évidence l'abouchement des 2 veines pulmonaires gauches, soulignées par le Doppler couleur

présence d'un réseau de Chiari ou d'une valve d'Eustachi qui pourrait potentiellement entraver l'expansion de la prothèse. Ensuite, le type et la taille du dispositif de fermeture sont choisis en fonction de la présence et de l'importance d'un anévrisme du septum interauriculaire, de la largeur et de la longueur du FOP ou de la taille de la CIA. L'EIC permet également de mesurer la taille exacte des CIA en deux dimensions ainsi que lors de la calibration au ballon (figure 6). Le guide est alors passé au travers du septum interauriculaire, puis la prothèse est amenée au travers d'un cathéter pour être déployée d'abord dans l'oreillette gauche (figure 7). L'ombrelle gauche de la prothèse est ainsi ramenée sur le septum et l'ombrelle droite est alors déployée du côté droit. Avant le largage du dispositif de fermeture, on s'assure du bon positionnement des ombrelles de part et d'autre du septum (figure 8), ainsi que de l'absence de shunt résiduel ou de conflit entre la prothèse et les veines pulmonaires ou encore les valves tricuspide et mitrale. L'EIC permet un excellent contrôle de toutes les étapes de la procédure, ce qui autorise une intervention avec le maximum de sécurité.⁴

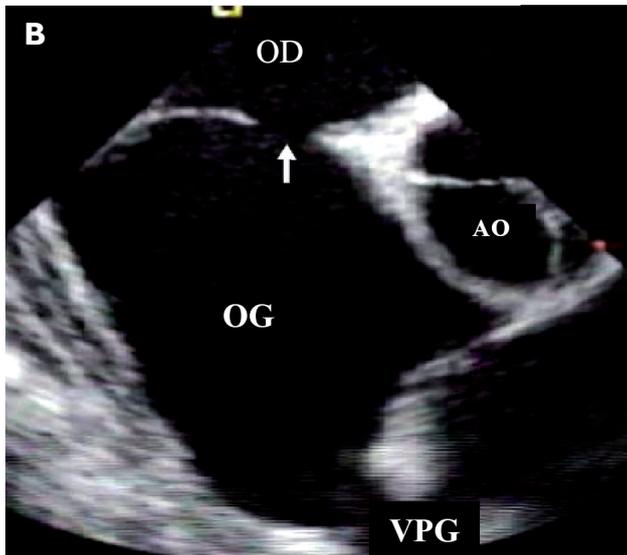
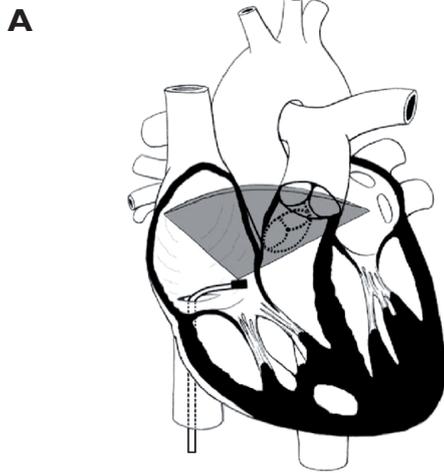


Figure 5A et 5B. Une rétroflexion du cathéter en direction de l'aorte montre le septum interauriculaire, l'oreillette gauche et la valve aortique depuis dessous

OD : oreillette droite. OG : oreillette gauche. AO : valve aortique. VPG : veine pulmonaire gauche. La flèche désigne une petite communication interauriculaire.

ALCOOLISATION SEPTALE DANS LES CARDIOMYOPATHIES OBSTRUCTIVES

L'alcoolisation septale par voie percutanée peut être une alternative à la myomectomie chirurgicale chez les patients réfractaires au traitement médicamenteux. La sélection de l'artère septale perfusant la partie du septum responsable de l'obstruction est déterminante dans le succès de la procédure. Plusieurs méthodes ont été proposées et le gonflage probatoire d'un ballon dans la branche septale incriminée a été remplacé par l'injection de produit de contraste échogène permettant de visualiser la zone exacte du septum perfusée par l'artère.⁵ L'EIC permet ainsi de situer très précisément la région septale à risque pour la

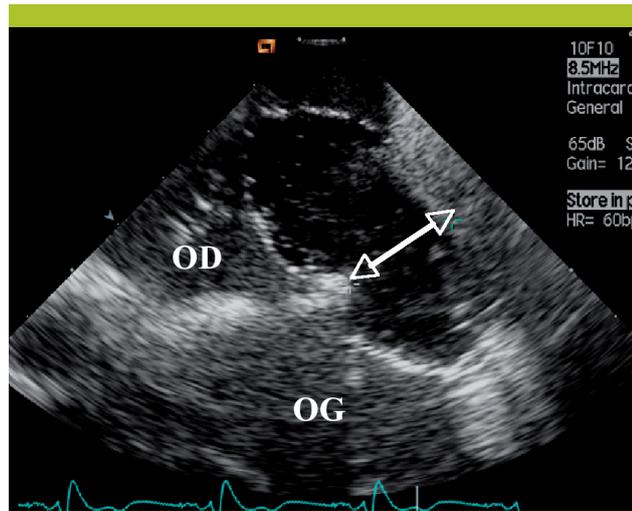


Figure 6. Calibrage de la taille d'une communication interauriculaire

On voit l'empreinte du septum sur le ballon (flèche).

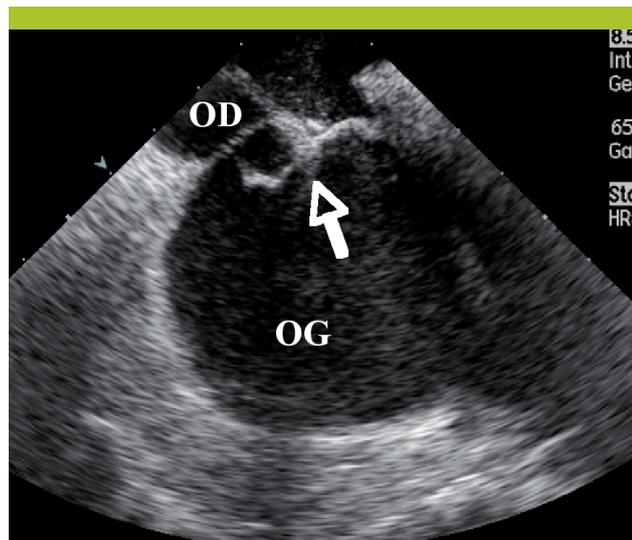


Figure 7. Vue en long axe

Déploiement de la partie gauche du dispositif de fermeture (STARFlex) avec ouverture de l'ombrelle dans l'oreillette gauche (OG).

nécrose alcoolique, de confirmer la zone septale responsable de l'obstruction et d'exclure une vascularisation aberrante d'un pilier mitral ou d'une paroi libre du ventricule gauche par cette branche septale. On peut aussi aisément mesurer l'effet SAM induit par l'obstruction dynamique du ventricule gauche et évaluer l'importance de l'insuffisance mitrale au cours de la procédure.

TRAITEMENTS PAR VOIE PERCUTANÉE DE LA FIBRILLATION AURICULAIRE

L'approche thérapeutique par voie percutanée des patients souffrant de fibrillation auriculaire repose sur la fermeture de l'auricule gauche, qui est l'endroit de prédilection où se forment les thrombi susceptibles d'emboliser, et l'isolation des veines pulmonaires par radiofréquence.

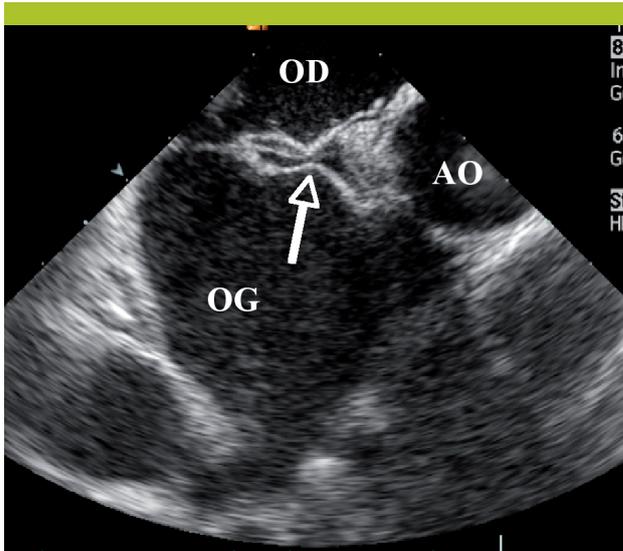


Figure 8. Vue en court axe avec la prothèse (STARFlex) en place (flèche)

La procédure de fermeture de l'auricule gauche par le dispositif PLATOO nécessite une ponction transseptale qui peut être guidée par EIC, qui détecte aussi d'éventuelles anomalies à ce niveau, comme un anévrisme du septum ou une infiltration lipomateuse par exemple. Une fois la taille de l'entrée de l'auricule gauche mesurée par EIC, on pourra procéder au positionnement et au largage du dispositif, tout en s'assurant du bon contact de la prothèse avec toutes les parois de l'auricule.

L'isolation des veines pulmonaires nécessite une double ponction transseptale par le cathéter d'enregistrement et celui d'ablation. La ponction et le positionnement des cathéters sont guidés par l'IEC.^{6,7} De plus, il convient de contrôler l'intégrité du flux dans les veines pulmonaires avant et après l'ablation (figure 4B) et d'exclure une sténose pulmonaire ou une lésion de l'oreillette gauche. L'EIC permet également de contrôler l'intensité de formation de bulles au niveau du contact de l'électrode avec la paroi

auriculaire durant la délivrance de l'énergie nécessaire à l'ablation, dans le but d'éviter une surchauffe de l'extrémité du cathéter.⁸ Par la suite on peut également détecter précocement des sténoses veineuses pulmonaires après ablation ou la présence de thrombus intra-auriculaire.⁹

AUTRES APPLICATIONS

Le **tableau 1** résume les indications où l'EIC est déjà utilisée. On peut également aisément s'imaginer qu'elle pourrait aussi s'avérer très utile à l'avenir dans d'autres interventions par voie percutanée comme les remplacements valvulaires aortiques, les réparations valvulaires mitrales ou la fermeture de communications interventriculaires. Mentionnons encore l'utilité de l'EIC dans le domaine vasculaire, en particulier pour la pose de prothèses endovasculaires lors d'anévrisme de l'aorte.

DISCUSSION

L'EIC peut être considérée comme un outil diagnostique évoluant dans le prolongement de l'échographie intravasculaire et de l'échocardiographie conventionnelle transthoracique ou transœsophagienne. Sur le plan interventionnel, l'EIC permet tout d'abord de réduire le temps de procédure et de scopie. Cependant, l'avantage majeur et indéniable de l'EIC sur l'ETO (**tableau 2**) est le contrôle des interventions cardiaques percutanées sans besoin d'anesthésie générale. En effet, l'EIC permet d'obtenir des vues échographiques comparables à ceux de l'ETO. Dans la série de la *Mayo Clinic* portant sur 94 patients avec FOP ou CIA, l'EIC a permis d'identifier des anomalies anatomiques non décrites auparavant chez 34% des patients ayant déjà subi une échocardiographie transthoracique ou une ETO dans 90% des cas.⁴ L'anatomie des cavités droites et du septum interauriculaire, ainsi que certaines variantes anatomiques comme la valve d'Eustachi et le réseau de Chiari sont très bien visualisées. Sur le plan diagnostique, l'EIC est également un excellent outil pour différencier des filaments de fibrine versus des végétations en cas d'endocar-

Tableau 1. Indications à l'échographie intracardiaque lors d'interventions percutanées cardiologiques

FOP: foramen ovale perméable; CIA: communication interauriculaire.

Procédures guidées par échographie intracardiaque	
<ul style="list-style-type: none"> • Fermeture de FOP et CIA <ul style="list-style-type: none"> – Mesure de l'excursion du septum interauriculaire (anévrisme si > 11 mm) – Mesure de la longueur et de la largeur du FOP – Mesure de la taille et évaluation des bords d'ancrage du septum de la CIA – Contrôle des différentes étapes de la procédure de fermeture – Détection des malpositions de la prothèse – Détection d'un éventuel shunt résiduel • Alcoolisation septale lors de cardiomyopathie hypertrophique obstructive <ul style="list-style-type: none"> – Identification et mesure de la portion septale à alcooliser – Exclusion d'une vascularisation aberrante d'un pilier mitral ou de la paroi libre par l'artère septale incriminée – Contrôle du septum interventriculaire lors de l'alcoolisation • Valvuloplastie mitrale par voie percutanée <ul style="list-style-type: none"> – Evaluation de la structure de la valve – Guidage lors de la ponction transseptale – Contrôle du positionnement et du gonflage du ballon 	<ul style="list-style-type: none"> – Evaluation de la fuite résiduelle après dilatation • Procédures électrophysiologiques <ul style="list-style-type: none"> – Positionnement des cathéters d'ablation des veines pulmonaires – Mesure du diamètre des veines pulmonaires – Contrôle du flux veineux pulmonaire après procédure • Occlusion de l'auricule gauche lors de fibrillation auriculaire <ul style="list-style-type: none"> – Guidage lors de la ponction transseptale – Mesure de l'auricule gauche – Contrôle du positionnement du système d'occlusion de l'auricule – Exclusion d'une perforation • Evaluation des cardiopathies congénitales <ul style="list-style-type: none"> – Guidage lors de la ponction transseptale en cas de cathétérisme auriculaire gauche
Utilisations potentielles de l'échographie intracardiaque	
<ul style="list-style-type: none"> • Remplacement valvulaire aortique par voie percutanée • Réparation valvulaire mitrale par voie percutanée • Fermeture percutanée de communication interventriculaire 	



Tableau 2. Comparaison de l'échographie intracardiaque avec l'échocardiographie par voie transœsophagienne

Echographie intracardiaque	Echocardiographie transœsophagienne
Haute résolution de l'imagerie, meilleure vue des cavités droites	Haute résolution de l'imagerie, meilleure vue d'ensemble
Meilleure imagerie chez les patients obèses ou avec BPCO	Meilleure imagerie chez les patients obèses ou avec BPCO
Vues limitées dans certains cas, notamment de l'aorte ascendante	Risque d'artéfacts par air dans l'œsophage ou l'estomac
Pas de seconde harmonique	Contre-indiqué en cas de dysphagie ou de pathologie œsophagienne
Pratiqué en salle de cathétérisme	Pratiqué chez le patient hospitalisé ou ambulatoire
Accès par veine fémorale par introducteur 9 ou 11 F	Inconfort par voie œsophagienne
Lors d'intervention percutanée, le patient est conscient	Nécessite en principe une anesthésie générale
Augmente la sécurité lors de procédures par voie percutanée	Augmente la sécurité lors de procédures par voie percutanée
Effectué par un cardiologue interventionnel ou un échocardiographe	Effectué par un échocardiographe expérimenté
Coût élevé du cathéter d'ultrason à usage unique	Coût en relation avec l'anesthésiste
Faible risque de l'examen (arythmies auriculaires, point de ponction)	Risque en relation avec l'anesthésie générale

dite valvulaire ou sur sondes de stimulation cardiaque, lors d'images équivoques à l'ETO. Enfin, l'EIC peut confirmer le diagnostic de thrombus lors d'imagerie incomplète par les autres modalités.

CONCLUSION

L'EIC est une technique nouvelle qui offre des perspectives très intéressantes tant sur le plan diagnostique que dans le contrôle d'interventions cardiovasculaires par voie percutanée.¹⁰ Elle offre une imagerie au moins comparable si ce n'est supérieure à l'ETO. Son défaut principal en raison de l'usage unique est son prix élevé, bien que l'économie d'une anesthésie générale et le raccourcissement de l'hospitalisation qui en résulte puisse justifier ce coût dans certaines situations. L'EIC reste toutefois un outil formidable qui ouvre de nouvelles portes en cardiologie interventionnelle. ■

Implications pratiques

- > L'échocardiographie intracardiaque est un nouvel outil qui fournit des images de qualité équivalente à l'échocardiographie transœsophagienne
- > Elle trouve sa place de choix dans la surveillance d'interventions cardiologiques par voie percutanée telle que la fermeture de foramen ovale perméable ou de communication interauriculaire
- > L'avantage majeur de l'échocardiographie intracardiaque est d'éviter une anesthésie générale habituellement nécessaire en cas de recours à la voie transœsophagienne lors de telles interventions

Adresses

Drs Grégoire Girod, Alain Delabays, Christian Roguelov, Frank Renders, Stefaan Van de Walle
 Prs Pierre Vogt, Eric Eeckhout
 Service de cardiologie
 CHUV, 1011 Lausanne
 gregoire.girod@chuv.ch
 alain.delabays@chuv.ch
 christan.roguelov@chuv.ch
 frank.renders@chuv.ch
 stefaan.van-de-walle@chuv.ch
 pierre.vogt@chuv.ch
 eric.eeckhout@chuv.ch

Bibliographie

- 1 Mullen MJ, Dias BF, Walker F, et al. Intracardiac echocardiography guided device closure of atrial septal defects. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:285-92.
 - 2 Koenig PR, Abdulla RI, Cao QL, Hijazi ZM. Use of intracardiac echocardiography to guide catheter closure of atrial communications. *Echocardiography* 2003;20:781-7.
 - 3 Hizaji Zwang Z, Cao QL, Koenig P, Waight DJ, Lang R. Transcatheter closure of atrial septal defects and patent foramen ovale under intracardiac echocardiography guidance: Feasibility and comparison with transoesophageal echocardiography. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001;52:149-9.
 - 4 * Earing MG, Cabalka AK, Seward JB, et al. Intracardiac echocardiography guidance during transcatheter device closure of atrial septal defect and patent foramen ovale. *Mayo Clin Proc* 2004;79:24-34.
 - 5 Faber L, Seggeswits H, Gleichmann U. Percutaneous transluminal septal myocardial ablation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: Results with respect to intraprocedural myocardial contrast echocardiography. *Circulation* 1998;98:2415-21.
 - 6 Chu E, Fitzpatrick AP, Chin MC, et al. Radiofrequency catheter ablation guided by intracardiac echocardiography. *Circulation* 1994;89:1301-5.
 - 7 Marrouche NF, Martin DO, Wazni O, et al. Phased-array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: Impact on outcome and complications. *Circulation* 2003;107:2710-6.
 - 8 Szili-Torok T, Kimman GP, Theuns D, et al. Visualisation of intracardiac structures and radiofrequency lesions using intracardiac echocardiography. *Eur J Echocardiography* 2003;4:17-22.
 - 9 Ren J, Marchlinski FE, Callans DJ. Left atrial thrombus associated with ablation for atrial fibrillation: Identification with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1861-7.
 - 10 * Vain S, Lightart J, Vijayakumar M, et al. Intracardiac echocardiography during interventional procedures. *EuroIntervention* 2006;1:454-64.
- * à lire
 ** à lire absolument