



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
 EM|consulte
www.em-consulte.com



Échographie trans-œsophagienne tridimensionnelle temps réel en cardiologie interventionnelle

3D real time transoesophageal echocardiography in interventional cardiology

E. Brochet*, L. Lepage, D. Messika-Zeitoun, P. Aubry, J.-M. Juliard, D. Himbert, A. Vahanian

Département de Cardiologie, Hôpital Bichat, 46 rue Huchard 75018 Paris, France.

MOTS CLÉS

Échocardiographie ;
Échocardiographie
trans-œsophagienne ;
Échocardiographie
tridimensionnelle
temps réel ;
Cardiologie
interventionnelle

KEYWORDS

Echocardiography ;
Transoesophageal
echocardiography ;
Real time three
dimensional
echocardiography ;
Percutaneous cardiac
interventions

Résumé

L'échocardiographie est devenue en quelques années un outil indispensable en salle de cathétérisme pour le guidage de procédures interventionnelles percutanées. L'introduction récente de l'échographie transœsophagienne tridimensionnelle (ETO 3D) temps réel représente une avancée majeure, apportant une visualisation véritablement anatomique des structures cardiaques, un meilleur repérage spatial et un guidage plus précis par rapport aux techniques bidimensionnelles (2D) conventionnelles [1-3]. Cette mise au point illustre l'apport de cette technique au cours des procédures percutanées.

© 2011 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary

Echocardiography has emerged during the recent years as an essential tool in the catheterization laboratory for the guidance of percutaneous interventions. To that regard, recent introduction of real time three dimensional transoesophageal echocardiography has represented a real breakthrough, providing true anatomic visualization of cardiac structures, enhanced spatial relationship analysis, and more precise guidance than conventional bidimensional techniques. This short review illustrates the benefit of this technique during percutaneous cardiac interventions.

© 2011 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Auteur correspondant.

Adresse e-mail : eric.brochet@bch.aphp.fr (E. Brochet)

Introduction

L'ETO 3D a été développée grâce à la miniaturisation des capteurs matriciels utilisés en échographie 3D temps réel transthoracique. Ces capteurs, contenant plus de 3 000 éléments permettent d'effectuer avec la même sonde (sonde X7-2t, Philips) une imagerie ETO 2D multiplan de qualité, une imagerie Xplan (biplane) et l'imagerie 3D temps réel.

Plusieurs modes d'imagerie 3D sont disponibles :

- Le mode temps réel (Live 3D), qui utilise un volume étroit intégrant toute la hauteur de l'image. L'avantage de ce mode est sa bonne résolution temporelle et spatiale, mais l'étroitesse du volume analysé ne permet d'avoir qu'une visualisation partielle des structures cardiaques.
- Le mode zoom 3D est le mode le plus utilisé au cours des procédures interventionnelles. Il permet de sélectionner un sous volume, réglable en largeur et en profondeur (élévation) pour analyser une région d'intérêt (valve mitrale, septum interauriculaire), tout en gardant une assez bonne cadence d'imagerie et un excellent rendu volumique.
- Le mode *full volume* n'est pas à proprement parler une modalité temps réel. Il est obtenu par acquisition successive de 4 sous volumes, synchronisés à l'ECG. Dans ce mode, le volume est plus large et il est possible de coupler des images en Doppler couleur 3D. L'inconvénient principal de ce mode est la fréquence des artefacts en cas de rythme cardiaque irrégulier.
- Le mode X plan, autre nouveauté de la sonde matricielle est également très utile au cours des procédures interventionnelles. Il s'agit d'une imagerie 2D offrant deux plans de coupe simultanés non nécessairement orthogonaux. Ce mode est souvent utilisé en alternance avec l'imagerie 3D temps réel, car il permet l'utilisation du Doppler couleur et la réalisation de mesures (non réalisables directement sur l'image en 3D).
- Le mode 3D temps réel permet d'analyser les structures cardiaques en mouvement sans nécessité de reconstruction et donne accès à des plans de coupe non disponibles en échocardiographie bidimensionnelle (vues « en face »). Le réglage de gain est très important car il permet d'optimiser le rendu volumique des structures anatomiques.

Enfin, l'utilisation de logiciels embarqués sur l'échographe permet une découpe du volume acquis (reconstruction multiplan). Ce mode permet d'effectuer des mesures de dimensions et surfaces.

Apport de l'ETO 3D temps réel au cours des procédures interventionnelles percutanées

L'ETO 3D trouve une application majeure en cardiologie interventionnelle, pour toutes les interventions percutanées où l'analyse précise des structures cardiaques et un

excellent repérage spatial sont nécessaires : fermeture de communication inter-auriculaire (CIA) ou de foramen ovale perméable (FOP) ou lors des interventions valvulaires percutanées.

Fermeture percutanée des CIA

L'ETO 3D temps réel apporte des informations utiles à toutes les étapes de la procédure de fermeture de CIA [4-6].

Analyse morphologique

L'analyse morphologique des CIA a été révolutionnée par l'imagerie 3D temps réel (*cf.* chapitre précédent). Grâce aux vues « en face » du septum interauriculaire (SIA), la morphologie du ou des défauts du SIA est immédiatement accessible, de manière beaucoup plus rapide et plus précise qu'en ETO 2D multiplan [6] (Fig. 1a et 1b). Les variations de dimensions systolo-diastoliques sont visualisées en temps réel. Les CIA multiples, souvent difficiles à analyser en ETO 2D sont clairement identifiées en ETO 3D (Fig. 1c). À noter l'importance d'une optimisation du réglage du gain afin de ne pas faire apparaître de faux défauts, surtout en présence d'un SIA très fin ou anévrysmal.

L'analyse de la position de la CIA et de l'étendue de ses berges est également facilitée par la visualisation de la face auriculaire droite du septum inter-auriculaire (*cf.* chapitre précédent) [4]. La mesure des dimensions de la CIA et de ses berges n'est pas directement réalisable sur l'image 3D temps réel mais elle peut être obtenue en quelques minutes grâce à un logiciel embarqué (QLAB), permettant une reconstruction dans 3 plans de coupe (Fig. 1d). Il a été récemment montré que les mesures de surface (Fig. 1e) et de diamètre maximal et minimal de la CIA obtenues en 3D (Fig. 1f) étaient plus précises que les mesures obtenues en 2D, grâce à la possibilité d'effectuer des mesures réellement orthogonales [6].

Le diamètre maximal de la CIA en 3D commence à être utilisé dans certaines équipes pour choisir la taille de la prothèse Amplatzer. Si celle-ci est classiquement déterminée par le diamètre étiré lors de la calibration au ballon, certains proposent d'utiliser le diamètre maximal de la CIA obtenu en 3D. Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires pour se passer complètement de la calibration.

Apport de l'ETO 3D pendant la procédure

Le guidage échographique par l'ETO 3D temps réel permet de préciser en permanence la position des cathéters, gaines et dispositifs par rapport aux structures cardiaques et de diminuer le temps de fluoroscopie [4-6]. Ceci est illustré dans la figure 2. Le franchissement de la CIA est parfaitement visualisé, ce qui est particulièrement utile dans les CIA complexes (CIA multi perforées, anévrysme du septum interauriculaire ou CIA de localisation inhabituelle) (Fig. 2a).

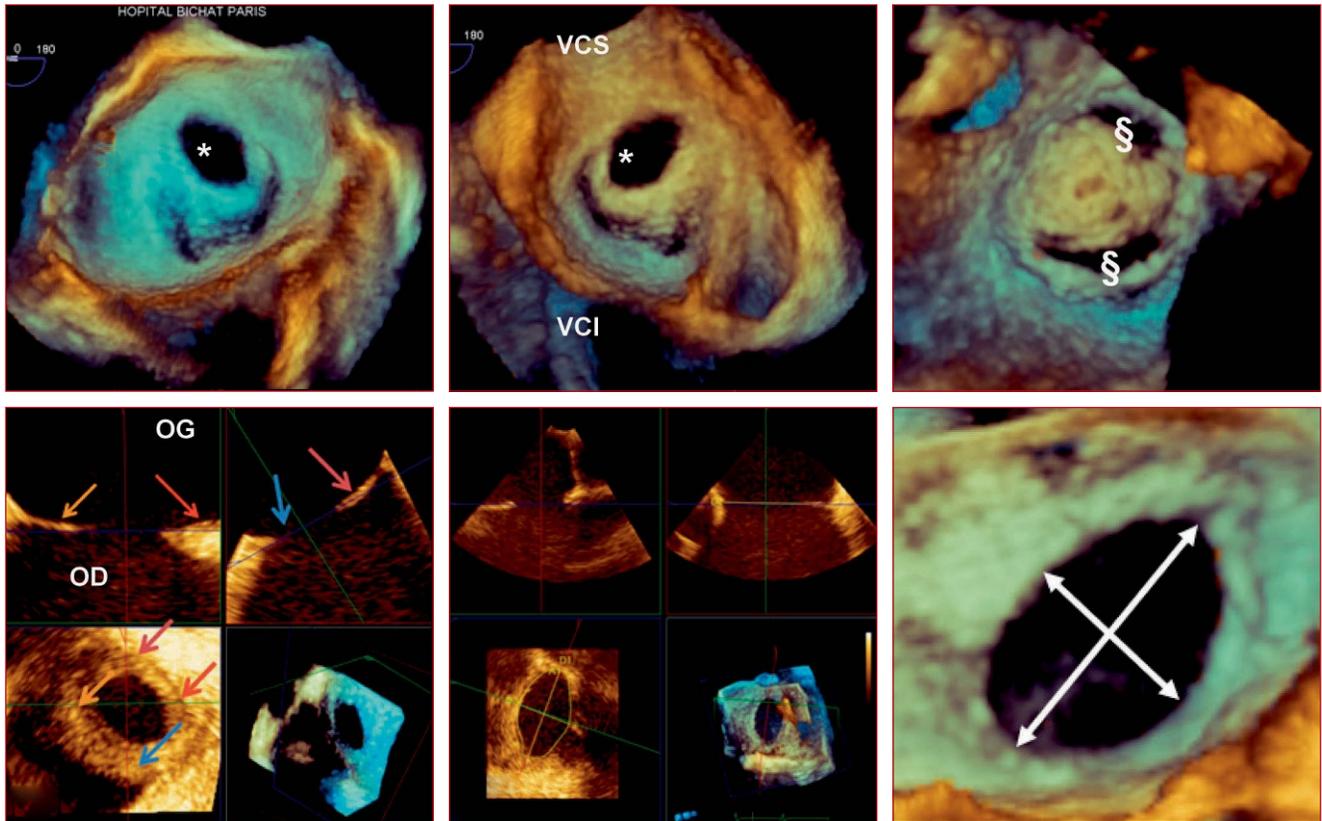


Figure 1. Analyse d'une communication inter-auriculaire (CIA) en ETO 3D :

a : CIA (*) vue en Face par la face gauche du septum ; b : CIA (*) vue en face par la face droite du septum ; c : CIA multi-perforée (\$) au sein d'un anévrysme du septum inter-auriculaire ; d : reconstruction multi-plan permettant l'analyse et la mesure des berges de la CIA (flèches) ; e et f : mesure des dimensions de la CIA à partir d'une reconstruction multi-plan (QLab Philips).

a	b	c
d	e	f

Le déploiement du disque gauche de la prothèse Amplatzer est visualisé en 3D temps réel par une vue supérieure du massif auriculaire gauche (Fig. 2b). La même vue permet de suivre le retrait du disque gauche vers le septum interauriculaire (Fig. 2c) et son apposition sur la cloison septale et le rebord aortique.

Le déploiement de la partie droite de la prothèse Amplatzer peut être analysé soit en 3D temps réel (mode 3D live plus que mode zoom) ou en mode X plan (Fig. 2d).

Après ouverture du disque droit l'analyse 3D et X plan permet de vérifier la capture de toutes les berges, l'absence de shunt résiduel. Les vues en face du versant gauche et droit de la prothèse permettent également de vérifier le bon déploiement de la prothèse. (Fig. 2 e et 2f).

Fermeture percutanée de foramen ovale perméable

L'apport de l'ETO 3D est très voisin de celui des CIA. L'ETO 3D temps réel permet une analyse morphologique précise du FOP, qui est aussi très variable (longueur du chenal notamment) (Fig. 3a et 3b) et permet guidage du geste de fermeture percutanée (Fig. 3c).

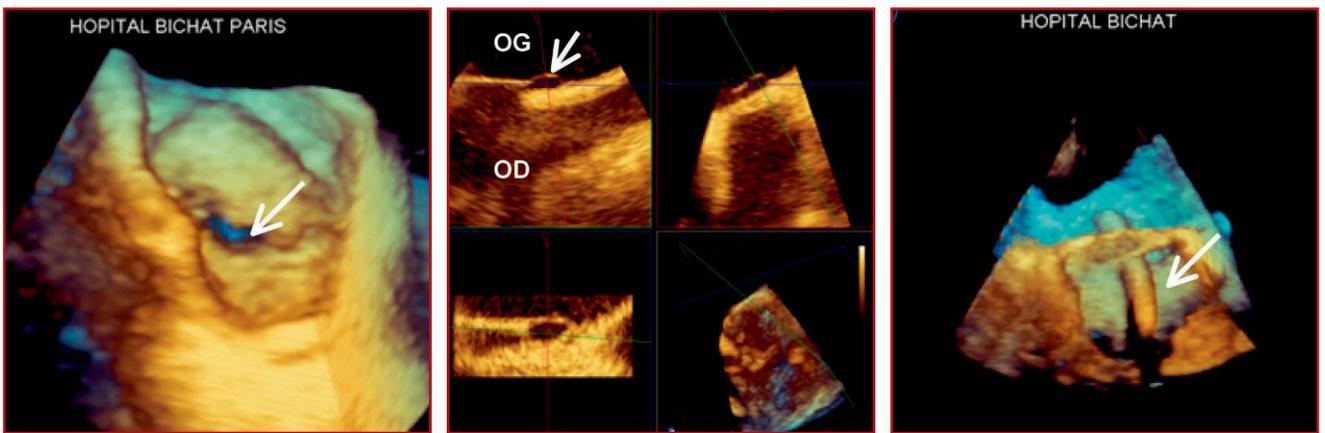
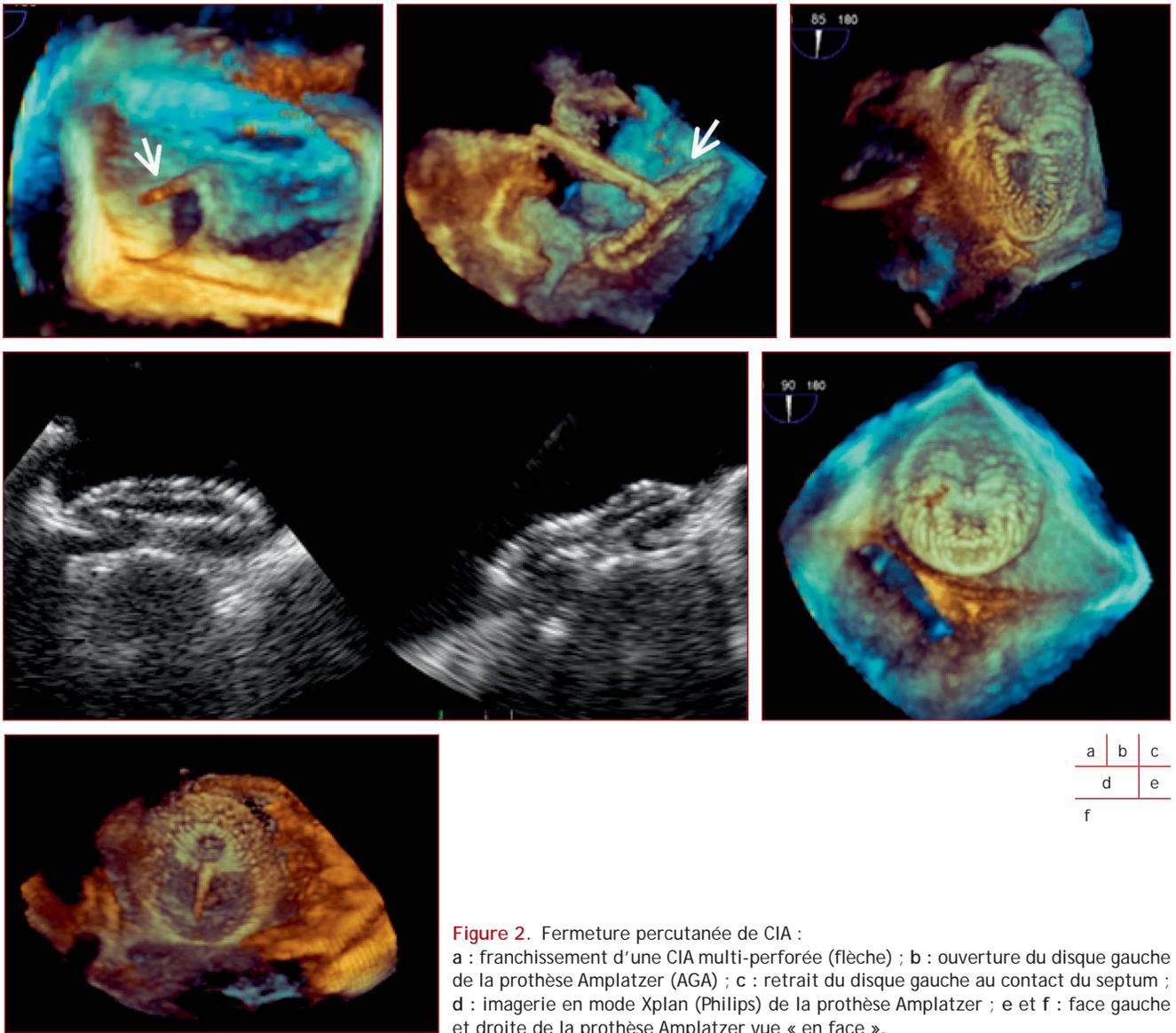
Cathétérisme transseptal

La très bonne visualisation du septum interauriculaire obtenue en ETO 3D temps réel permet un guidage précis du cathétérisme transseptal. L'ETO 3D visualise la zone de déformation de la cloison septale (*tenting*), permettant d'optimiser le site de ponction. (Fig. 4) [2,3]. Ceci est particulièrement utile lors de certaines procédures valvulaires mitrales percutanées ou l'emplacement de la ponction doit être très précis. L'imagerie X plan est également très utile, permettant une visualisation du *tenting* simultanément dans les deux plans.

Implantation percutanée de prothèse aortique

L'implantation de prothèse percutanées aortiques s'est rapidement développée ces dernières années pour le traitement des sténoses aortiques chez les patients à haut risque ou en cas de contre indication à la chirurgie. L'ETO 3D apporte plusieurs éléments intéressants dans ce contexte [1-3].

La mesure précise du diamètre de l'anneau aortique est important pour le choix de la taille de la prothèse. L'ETO 3D, par sa capacité d'analyse multiplan, peut aider à réaliser



a | b | c

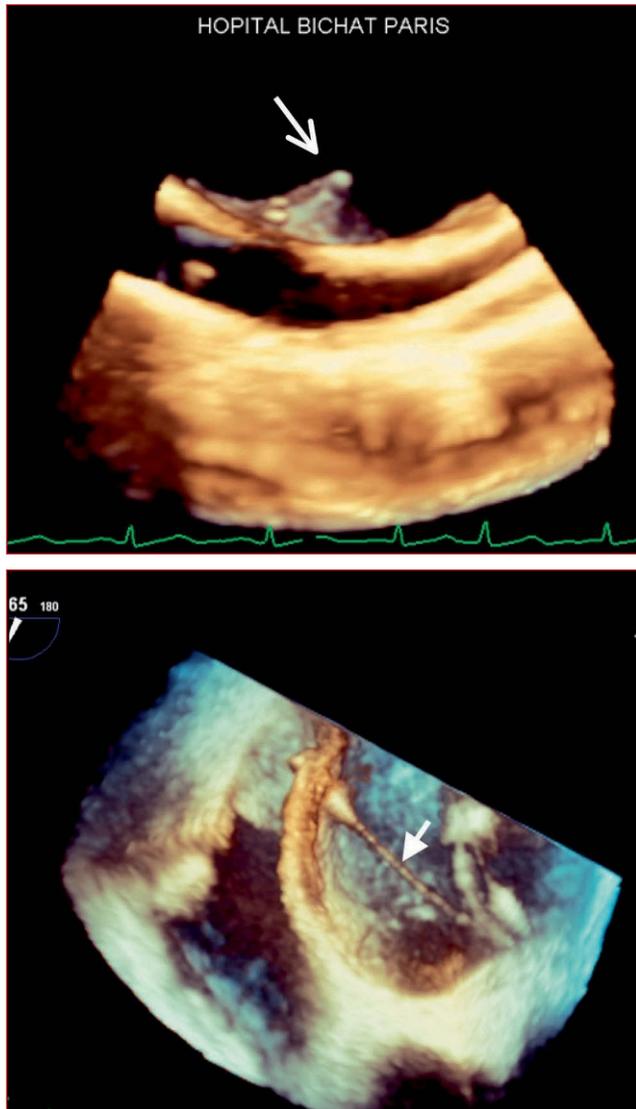


Figure 4. Cathéterisme trans-septal :
 a : vue de profil du septum inter-auriculaire avec la déformation en tente ou « *tenting* » (flèche) ; b : le cathéter est visible dans l'oreillette gauche (flèche) après franchissement du septum.

cette mesure, en permettant des mesures réellement orthogonales, et donc plus reproductibles (Fig. 5a).

Pendant la procédure, l'ETO 3D apporte des renseignements très précis sur le positionnement de la prothèse avant son déploiement, permettant notamment de mieux séparer la prothèse du ballon sous jacent et vérifier sa bonne coaxialité (Fig. 5b).

Interventions valvulaires mitrales percutanées

L'analyse en face de la valve mitrale est l'un des gros avantages de l'ETO 3D par rapport aux techniques 2D. Ceci est particulièrement utile lors de certaines procédures percutanées mitrales.

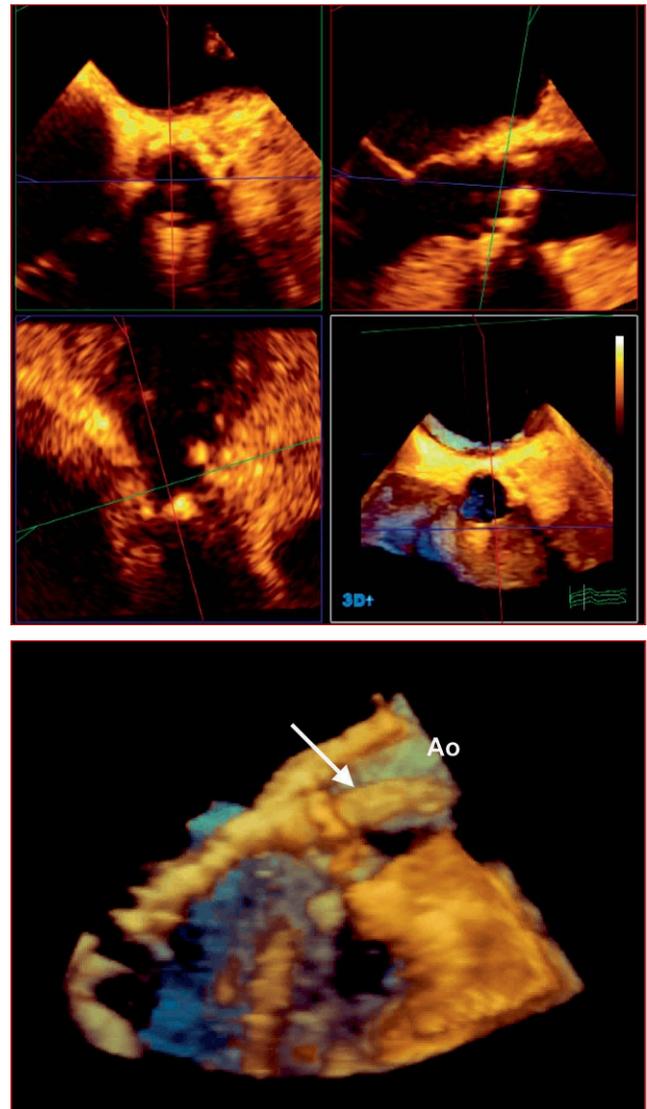


Figure 5. Implantation percutanée de prothèse aortique :
 a : mesure de l'anneau aortique en reconstruction multiplan ; b : positionnement du stent (flèche) sous contrôle ETO 3D avant implantation.
 Ao : aorte.

Commissurotomie mitrale percutanée (CMP)

L'ETO 3D temps réel permet de guider la direction et le positionnement du ballon d'Inoue dans l'orifice mitral, particulièrement utile lorsque l'orifice est excentré [7] (Fig. 6 a) Immédiatement après l'inflation du ballon, l'imagerie 3D en face permet d'apprécier le degré d'ouverture commissurale (Fig. 6b et 6c).

Le mode X plan est utile pour évaluer la présence ou l'aggravation d'une insuffisance mitrale.

Enfin, après la CMP, l'ETO 3D permet, grâce aux techniques de reconstruction multicoupe, de mesurer la surface valvulaire mitrale par planimétrie, en alignant le plan de coupe au sommet de l'entonnoir mitral.

Traitement percutané de l'insuffisance mitrale (MitraClip)

La mise en place percutanée d'un clip mitral est une technique récemment développée pour le traitement de l'insuffisance mitrale organique ou fonctionnelle, chez des patients à haut risque chirurgical. L'objectif est de créer un double orifice mitral, de manière similaire à l'intervention chirurgicale d'Alfieri.

L'ETO 3D joue un rôle essentiel tout au long de cette procédure, permettant de guider le positionnement du clip mitral [8]. Une orientation standardisée de l'image 3D, permet une bonne communication entre l'échocardiographe et les cardiologues interventionnels durant la procédure (Fig. 7a).

La figure 6 montre le positionnement du clip dans l'oreillette gauche, son orientation vers la valve mitrale, (Fig. 7b). le positionnement du clip perpendiculaire au plan de coaptation (Fig. 7c) mitral et l'aspect final de double orifice mitral.

Traitement percutané des fuites paraprothétiques

Les fuites para prothétiques, notamment mitrales, posent des problèmes thérapeutiques difficiles chez des patients souvent multi-opérés. L'occlusion percutanée de fuite paraprothétique est une technique visant à mettre en place une ou plusieurs prothèses de petite taille dans l'orifice paraprothétique. L'ETO 3D est essentiel pour la sélection des candidats à ce type de geste et lors de la procédure elle-même [9].

La vue en face de la prothèse mitrale permet la mise en évidence de la déhiscence paraprothétique et d'en préciser les dimensions et l'extension (Fig. 8). Le Doppler couleur 3D, réalisé en mode *full volume* permet de préciser le nombre de jets et de planimétrer l'orifice régurgitant (Fig. 8b).

Pendant la procédure elle-même, l'ETO 3D temps réel, en combinaison avec l'imagerie 2D ETO ou Xplan permet un guidage précis des cathéters dans l'orifice paraprothétique, (Fig. 8c) le positionnement et le largage de la prothèse d'occlusion (Fig. 8d) et vérifie l'absence de dysfonction prothétique induite par le dispositif d'occlusion.



Figure 6. Commissurotomie mitrale percutanée (CMP).

a : orientation du ballon d'Inoue vers la valve mitrale ; b : orifice mitral vu en face avant CMP ; fusion bicommissurale ; c : ouverture commissurale après CMP (flèche).

a | b | c

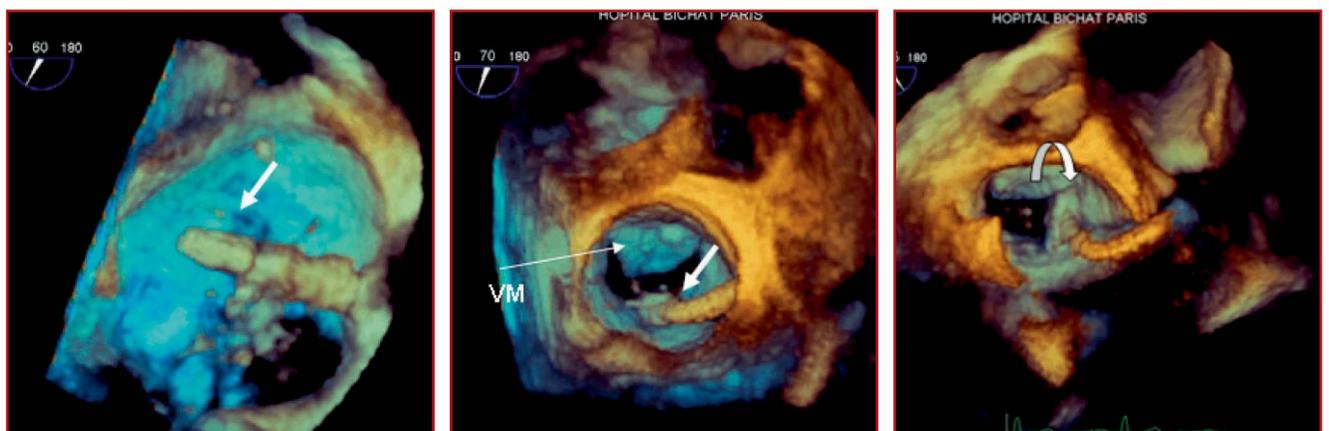


Figure 7. Traitement percutané de l'insuffisance mitrale par Mitraclip.

a : mise en place du clip dans l'oreillette gauche après cathétérisme transseptal ; b : orientation du clip vers la valve mitrale (VM) ; c : rotation du clip pour obtenir une position perpendiculaire à la ligne de coaptation mitrale.

a | b | c



Figure 8. Fuite paraprothétique mitrale :

a : déhiscence paraprothétique vue en face en ETO 3D (flèche) ; b : Orifice regurgitant vue en Doppler couleur 3D ; c : mise en place de la prothèse Amplatzer dans l'orifice paraprothétique.

a | b | c

Conflits d'intérêts

Les auteurs ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêts pour cet article.

Références

- [1] Perk G, Lang RM, Garcia-Fernandez MA, Lodato J, Sugeng L, Lopez J, et al. Use of real time three-dimensional transoesophageal echocardiography in intracardiac catheter based interventions. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:865-82.
- [2] Brochet E, Vahanian A. Echocardiography in the catheterisation laboratory. *Heart* 2010;96:1409-17.
- [3] Lee AP, Lam YY, Yip GW, Lang RM, Zhang Q, Yu CM. Role of real time three dimensional echocardiography in guidance of interventional procedures in cardiology. *Heart* 2010;96:1485-93.
- [4] Acar P, Massabuau P, Elbaz M. Real-time 3D transoesophageal echocardiography for guiding Amplatzer septal occluder device deployment in an adult patient with atrial septal defect. *Eur J Echocardiogr* 2008;9:822-3.
- [5] Balzer J, van Hall S, Rassaf T, Böring YC, Franke A, Lang RM, et al. Feasibility, safety, and efficacy of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guiding device closure of interatrial communications: initial clinical experience and impact on radiation exposure. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:1-8.
- [6] Lodato JA, Cao QL, Weinert L, Sugeng L, Lopez J, Lang RM, et al. Feasibility of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guidance of percutaneous atrial septal defect closure. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:543-8.
- [7] Eng MH, Salcedo EE, Quaife RA, Carroll JD. Implementation of real time three-dimensional transoesophageal echocardiography in percutaneous mitral balloon valvuloplasty and structural heart disease interventions. *Echocardiography* 2009;26:958-66.
- [8] Swaans MJ, Van den Branden BJ, Van der Heyden JA, Post MC, Rensing BJ, Eefting FD, et al. Three-dimensional transoesophageal echocardiography in a patient undergoing percutaneous mitral valve repair using the edge-to-edge clip technique. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:982-3.
- [9] García-Fernández MA, Cortés M, García-Robles JA, Gomez de Diego JJ, Perez-David E, García E. Utility of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography in evaluating the success of percutaneous transcatheter closure of mitral paravalvular leaks. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:26-32.