

Patrick Ruchat<sup>a</sup>, Karam Eisa<sup>a</sup>,  
Ludwig K. von Segesser<sup>a</sup>, Jürg Schlöpfer<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Service de Chirurgie Cardio-Vasculaire,  
Centre Hospitalier Universitaire Vaudois,  
Lausanne

<sup>b</sup> Service de Cardiologie,  
Centre Hospitalier Universitaire Vaudois,  
Lausanne

# Le traitement chirurgical moderne de la fibrillation auriculaire<sup>1</sup>

## Summary

Atrial fibrillation (AF) remains the most common sustained arrhythmia disorder, with recurrent symptoms and thromboembolic risk. In the last few years AF has become the focus of intense clinical and experimental interest which confirm that this arrhythmia is due to increased atrial tissue automaticity with subsequent re-entry mechanisms. With better understanding of its pathophysiology, an efficient surgical treatment has been developed. Surgical interventions of supraventricular tachycardias are targeted to neutralise the arrhythmogenic disorder using exclusion or ablation. Several methods can be used like surgical incisions, cryoablation, radiofrequency, microwave or laser energy ablation. Since surgery is a transpericardial approach requiring cardiopulmonary bypass, myocardial preservation and atriotomy, associated morbidity is due to the high technicalities of this treatment and not necessarily to the therapy in itself. New developments in the surgical approach tend to avoid cardiopulmonary bypass to reduce morbidity. The modified Maze procedure with alternative energy sources to achieve transmural atrial lesions allows to broaden surgical indication to all cardiac surgery patients with a history of paroxysmal or permanent AF. The aim of this review is to describe this evolving domain of modern surgical management of atrial fibrillation.

*Key words:* atrial fibrillation; surgical treatment; alternative therapy; physiopathology

atrial; et la meilleure compréhension de ses mécanismes intrinsèques a permis de mettre au point un traitement chirurgical radical. Le but de la chirurgie est de neutraliser le substrat anatomique arythmogène en utilisant deux approches: l'exclusion ou l'ablation. Le traitement peut être réalisé par divers moyens, à savoir incision chirurgicale, cryoablation, courant de radiofréquence, microondes ou énergie laser. La façon dont les tissus cibles sont abordés et le traitement dispensé définit le type d'intervention; dès lors la chirurgie est définie comme une approche transpericardiale nécessitant une haute technicité comme la circulation extracorporelle, le clampage aortique avec préservation myocardique et la cardiectomie. Chacun des différents temps de la procédure est associé à une morbidité et une mortalité inhérente. Le «risque chirurgical» est par conséquent associé au moyen de délivrance, et non pas forcément à la thérapeutique en elle-même. La tendance est à l'ameublissement de ces risques. L'expérience acquise avec de nouvelles énergies alternatives pour obtenir des lésions transmursales dans un Maze simplifié permet d'élargir les indications opératoires à tous patients avec une FA paroxystique ou permanente qui doivent subir une chirurgie cardiaque. Le but de cette revue est de décrire l'évolution du traitement chirurgical de la FA.

*Mot-clefs:* fibrillation auriculaire; traitement chirurgical; thérapie alternative; physiopathologie

## Introduction

La fibrillation auriculaire (FA) est l'arythmie soutenue la plus fréquente, dont la prévalence

Correspondance:  
Dr Patrick Ruchat  
Service de Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Centre Hospitalier Universitaire Vaudois  
Rue du Bugnon 46  
CH-1011 Lausanne  
E-Mail: Patrick.Ruchat@chuv.ch

## Résumé

La fibrillation auriculaire demeure une arythmie invalidante du fait de son caractère multi récidivant, de son retentissement fonctionnel et de son risque thromboembolique. Les études réalisées ces dernières années ont permis de montrer que cette arythmie est secondaire à une augmentation de l'automaticité du tissu

<sup>1</sup> Cet article a été présenté à la réunion annuelle de la Société Suisse de Cardiologie à Genève, en juin 2007.

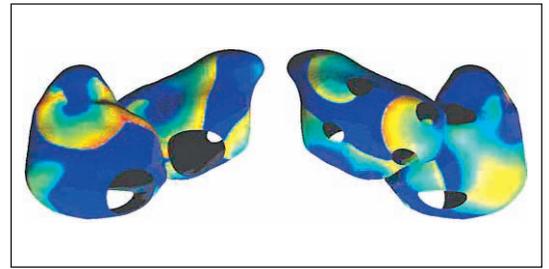
Il n'y a pas de conflit d'intérêts.

est de 0,5% dans la population générale et augmente fortement avec l'âge pour atteindre 10% chez les plus de 80 ans [1]. Le pronostic vital est assombri par le développement d'une FA qui génère un doublement de la mortalité globale et cardio-vasculaire (Risque Relatif: 2) [2]. Elle constitue un important problème de santé publique, puisque 40% des hospitalisations justifiées par une arythmie cardiaque le sont par la présence d'une fibrillation ou d'un flutter auriculaire. Les patients avec une FA sont à risque augmenté de développer une dysfonction ventriculaire (cardiomyopathie rythmique), un accident vasculaire cérébral (AVC) ou autre épisode embolique (Risque Relatif: 6). Après pontages coronariens, la FA est associée à une augmentation de mortalité de 25%. Chez le patient porteur de valvulopathie mitrale, la présence d'une FA augmente intrinsèquement la mortalité cardiovasculaire [3] et le risque d'AVC est augmenté de 17 fois. Par ailleurs, la FA cause des symptômes subjectivement désagréables et affecte la qualité de vie. De nombreux efforts ont été effectués pour restaurer et maintenir un rythme sinusal (RS) chez les patients présentant une FA. Cependant quelques études randomisées n'ont pas montré de supériorité du contrôle rythmique par rapport au contrôle de fréquence avec anticoagulation appropriée [4, 5]. Cet état de fait confirme le manque d'efficacité des antiarythmiques pour maintenir un RS.

A côté des traitements conventionnels, de nombreuses thérapies non médicamenteuses sont aujourd'hui proposées. Le «Gold Standard» du traitement curatif de la FA chronique est l'opération du «labyrinthe» biauriculaire décrite par Cox sous le nom de Maze-III. Celle-ci conduit à un taux de conversion en rythme sinusal de plus de 95% à 8 ans [6]. La dissection étendue et l'usage de la machine cœur-poumon limite la diffusion de cette opération en raison de la morbidité accrue associée. La recherche chirurgicale actuelle tend à découvrir l'étiologie de la FA et à proposer l'intervention ablatrice la moins délétère pour le patient, [7] tout en obtenant le taux de cardioversion le plus élevé possible. Nous présentons une revue de ce cheminement avec une mise au point sur nos résultats actuels et la direction déjà amorcée des traitements arythmiques de demain.

### Définitions et physiopathologie

La fibrillation auriculaire est appelée *paroxystique* si elle se termine spontanément en moins de 7 jours (généralement <24 h), *persistante* si



**Figure 1**

Visualisation d'une fibrillation auriculaire: représentation des multiples ondes de micro réentrées entretenant une FA chronique modélisé par ordinateur. L'ablation consiste à créer des barrières électriques réduisant la masse critique capable d'entretenir une FA.

elle dure plus longtemps mais peut-être cardioversée et *permanente* si elle résiste définitivement aux traitements [1].

La FA provient d'une augmentation de l'automatisme dans des foyers de dépolarisation rapide. L'origine focale de la FA paroxystique a été décrite par Haissaguerre [8] avec des foyers ectopiques localisés dans 90% des cas dans les veines pulmonaires. Parfois, on peut retrouver des foyers dans l'oreillette droite, la veine cave supérieure et le sinus coronaire [9]. Dès 1959, Moe [10] a le premier proposé par simulation les mécanismes physiopathologiques de la fibrillation auriculaire. Son hypothèse était que l'auto-entretien de la FA résulte de la coexistence de multiples fronts d'activation (vaguelettes de dépolarisation qui se propagent sur la surface auriculaire) (fig. 1). Une vaguelette est ralentie, détournée ou s'interrompt en fonction de variations locales du substrat tissulaire dépendant de la variation de la *période réfractaire* et de la *vitesse de conduction* intra atriale qui l'entoure. La persistance de l'arythmie est directement fonction du nombre de vaguelettes coexistantes. Un petit nombre de front d'activation aboutit généralement à une fusion ou à une collision des influx et au retour en RS; au contraire si leur nombre est élevé, la probabilité de retour simultané en phase est si faible que l'arythmie se perpétue [11]. Une quantité minimale de tissu auriculaire, dite «*masse critique*», est nécessaire à la stabilité de la fibrillation auriculaire. Alessie [12] a confirmé ces données par des études expérimentales menées chez l'animal. Un nombre minimal de 4 à 6 vaguelettes paraît nécessaire à la pérennisation de l'arythmie. Boldt [13] a démontré que la FA en elle-même remodèle morphologiquement les oreillettes en favorisant la synthèse de collagène type I d'où une augmentation de la fibrose auriculaire. Des altérations de la géométrie auriculaire secondaire à la dilatation, une altération intra pariétale et une fibrose de

l'endothélium avec des perturbations de la contraction (mauvaise vidange de l'auricule) sont des causes reconnues de la survenue d'un thrombus intra auriculaire et dès lors d'une embolie systémique. L'auricule gauche avec sa morphologie particulière en est la principale source: la diminution du risque d'embolie systémique passe donc par son exclusion.

### Historique de l'expérience chirurgicale

#### Expériences initiales

Le traitement chirurgical de la FA réfractaire a été rapporté pour la première fois en 1981 par Seally et coll. [14] qui ont cryo-ablaté le faisceau de His pour contrôler une réponse ventriculaire inappropriée. Williams [15] rapporte en 1980 une intervention isolant électriquement le corps de l'oreillette gauche du reste du cœur par des incisions chirurgicales transmurales. Ainsi, l'oreillette isolée reste en FA ou devient électriquement muette mais n'interfère pas avec le RS de l'oreillette droite et la conduction atrio-ventriculaire. Graffina [16] publie en 1992 son expérience sur 100 patients dont 70% sont en RS à 2 ans de suivi. En 1985, Guiraudon [17] a introduit une technique d'isolation chirurgicale d'une bande de tissu auriculaire ou «corridor» reliant le nœud sinusal au nœud auriculo-ventriculaire. Ces techniques présentent deux inconvénients: (1.) la persistance d'une activité fibrillatoire dans l'oreillette gauche, donc du risque embolique et (2.) la fréquence des dysfonctions sinusales secondaires ayant nécessité l'implantation d'un stimulateur définitif chez 40% des patients. Par ailleurs, la compromission hémodynamique associée à l'absence de transport auriculaire gauche persiste.

#### Opération du «labyrinthe»

En 1991 Cox a rapporté son expérience initiale avec un nouveau procédé chirurgical basé sur le principe de la fragmentation et de la canalisation des oreillettes. Cette procédure crée au moyen d'incisions transmurales des zones de bloc entre les différents obstacles anatomiques des oreillettes sous circulation extracorporelle et cardioplégie. Les résultats rythmologiques sont excellents puisqu'une récurrence de fibrillation auriculaire est notée chez seulement 2% des patients opérés et que 98% des patients sont en RS sans traitement anti-arythmique. Toutefois cette technique reste agressive et grevée d'un taux de complications important, avec une mortalité de 3%, une morbidité impor-

tante avec 7% de réinterventions pour des manifestations hémorragiques. Depuis sa première publication, l'intervention du labyrinthe a subi 3 modifications, pour aboutir à la référence du traitement chirurgical, à savoir le «Maze-III» [18].

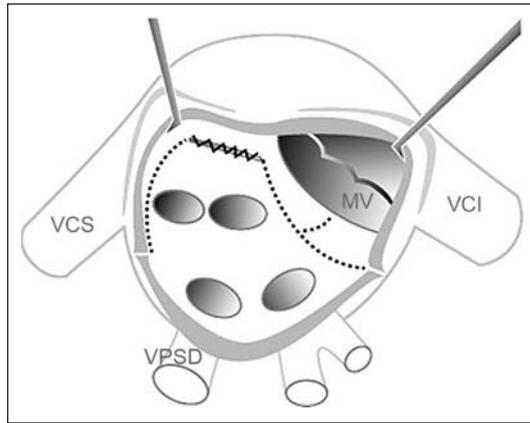
### Nouveaux concepts pour le traitement chirurgical de la FA

Les cinq objectifs idéaux du traitement de la fibrillation auriculaire ont été définis par Ferguson et Cox [19]: (1.) élimination *totale* de la FA; (2.) Restauration du rythme sinusal; (3.) Rétablissement de la synchronisation atrioventriculaire; (4.) Restauration de la fonction de transport atrial actif; (5.) Réduction du risque de thrombo-embolie. Les principes d'ablation chirurgicale visent au contrôle du site d'origine de l'arythmie, à la neutralisation du mécanisme de réentrée perpétuant la FA, ainsi qu'à l'élimination des sources potentielles d'embolie (résection de l'auricule gauche) avec le moins de traumatisme possible pouvant interférer avec la fonction contractile [20]. Cependant, les résultats des meilleures séries chirurgicales ne permettent pas d'apporter des preuves irréfutables que les principes chirurgicaux proposés soient suffisants et qu'il n'y ait pas d'autre mécanisme sous-jacent. Le fait que l'intervention du labyrinthe de Cox (Maze-III) soit techniquement longue et associée à une importante morbidité, a poussé plusieurs équipes à simplifier la procédure.

Comme suggérés par les mécanismes physiopathologiques, l'isolation des veines pulmonaires afin d'exclure les foyers ectopiques originels, semble être un pré requis important pour l'ablation de la FA. Dès 1996, Melo [21] en a introduit le concept par application de radiofréquence autour des veines pulmonaires par voie endo et épicaudique. A une année, 63% de ses patients étaient en RS. Par ailleurs, en 1997, Kottkamp a introduit le concept visant à l'élimination des circuits de réentrée anatomiquement déterminés en proposant de créer un bloc de conduction à travers l'isthme gauche reliant l'isolation des veines pulmonaires au tissu non-conducteur de l'anneau mitral. *L'ablation de l'isthme gauche est importante pour éviter la survenue du redoutable flutter auriculaire atypique ayant son origine dans l'oreillette gauche.* Ainsi traités, 90% des patients ne présentent plus de FA [22]. La fibrillation auriculaire peut également être générée dans les orifices de l'oreillette droite ou résulter de la désorganisation du circuit de macro

**Figure 2**

Schéma de notre Maze modifié: les lignes pointillées correspondent aux zones d'ablation, la ligne zigzag est la résection de l'auricule gauche. (Reproduit d'après [26]: Ruchat P, Schlaepfer J, Delabays A, Hurni M, Milne J, von Segesser LK. Left atrial radiofrequency compartmentalization for chronic atrial fibrillation during heart surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;50:155–9. Copyright © 2008, avec la gracieuse permission de Georg Thiema Verlag KG, Stuttgart, Allemagne.)  
 VCS = veine cave supérieure; VCI = veine cave inférieure; VPSD = veine pulmonaire supérieure droite; VM = valve mitrale.



réentrée générant le flutter auriculaire typique. Dès lors, une augmentation du taux de conversion en RS passe par une extension des lignes d'ablation à l'oreillette droite. L'interruption de l'isthme de Cosio semble importante. De plus, nous avons démontré par simulation sur un modèle biophysique qu'une ligne reliant les veines caves supérieure et inférieure est essentielle à l'interruption d'une FA permanente [7].

Bien que le design des lignes d'ablation soit important, le moyen de les réaliser l'est tout autant. Le résultat de l'ablation dépend de deux facteurs supplémentaires, à savoir la *continuité* et la *transmuralité* des lésions de la paroi atriale. La simplification de la procédure d'ablation a été facilitée par le recours à des énergies alternatives pour effectuer les lignes d'ablation. De nombreux procédés tels que l'électrocoagulation, la radiofréquence, les micro-ondes, le rayon laser, les ultrasons et la cryothérapie ont été essayés avec des succès divers comparativement à la section chirurgicale originale. Khargi [23] a comparé les résultats post-opératoires de taux de RS dans une méta-analyse qui ne révèle pas de différence statistiquement significative entre la méthode classique et les énergies alternatives (RF, cryothérapie et micro-ondes). Cependant, la morbidité de la procédure dépend de l'agressivité des moyens physiques utilisés. La technique originale de section chirurgicale (cut-and-sew) favorise les complications hémorragiques, alors que le pouvoir pénétrant des micro-ondes est à l'origine des redoutables fistules auriculo-œsophagiennes.

### Les indications chirurgicales actuelles

La correction chirurgicale isolée d'une pathologie cardiaque accompagnée de FA ne permet que rarement d'empêcher la poursuite de l'arythmie auriculaire. Ainsi il est admis que

80% des patients en FA chronique préopératoire le resteront après l'intervention. Dès lors, une chirurgie visant à traiter la fibrillation auriculaire semble être un geste bénin associé à la chirurgie correctrice. Les indications actuelles au traitement chirurgical de la FA dépendent de deux situations distinctes:

- (1.) Tout patient devant subir une chirurgie cardiaque et qui présente une anamnèse de FA paroxystique ou une FA permanente est candidat à une ablation de sa FA pour autant que le geste n'apporte pas une morbidité supplémentaire et que l'espérance de vie du patient soit supérieure à 5 ans.
- (2.) Un patient avec une FA isolée paroxystique est candidat à une ablation endocavitaire, mais dans la FA permanente, l'ablation chirurgicale *pourrait être une alternative amenant à un taux de conversion plus élevé*. L'évolution des approches chirurgicales minimales invasives par thoracoscopie permettent des ablations épicaudiques complètes à cœur battant [24, 25].

### Casuistique lausannoise

Notre expérience initiale de compartimentation auriculaire gauche par radiofréquence a déjà été rapportée (fig. 2) [26]. De juin 1998 à mars 2007 nous avons pratiqué une intervention de compartimentation auriculaire chez 121 patients (77 hommes [63%]) d'un âge moyen de  $64 \pm 10$  ans (extrêmes de 12–78 ans) adressés pour une chirurgie cardiaque et qui présentaient une fibrillation auriculaire permanente depuis  $34 \pm 51$  mois (2 mois à 14 ans) ayant résisté au traitement médicamenteux et/ou à la cardioversion électrique. La classe fonctionnelle selon la NYHA était en moyenne de  $2,7 \pm 0,8$  (médiane: 3). La fraction d'éjection préopératoire du ventricule gauche était de  $60 \pm 11\%$ . Le diamètre auriculaire gauche était de  $59 \pm 13$  mm. Il s'agit pour tous les cas d'un geste complémentaire lors d'une chirurgie mitrale chez 76 patients, aortique chez 23 patients, de pontages coronariens chez 13 patients et de double valve, CIA et myxome chez 9 patients. Le temps opératoire moyen est de 195 minutes, le temps moyen de circulation extracorporelle de 92 minutes et le temps moyen de clampage aortique de 79 minutes. Le temps opératoire réservé à l'ablation est de  $13 \pm 5$  minutes soit 16% du temps d'ischémie myocardique. Le collectif est divisé en 2 groupes chronologiques, les 61 premiers patients ayant subi une ablation par radiofréquence, les 60 derniers patients par cryothérapie.

Le suivi des patients est complet à 99%. On déplore 4 décès péri opératoires (3,3%) qui ne sont pas liés à l'intervention rythmique: 3 chocs cardiogènes réfractaires et une hémorragie au 4<sup>e</sup> jour postopératoire d'une rupture myocardique sur massage cardiaque interne. Au 4<sup>e</sup> jour postopératoire un patient présente un syndrome de «mort subite» réanimé avec succès; il bénéficiera de l'implantation d'un défibrillateur. 3 patients bradycardes sur maladie du sinus ont subi l'implantation d'un stimulateur bicaméral. Sur un suivi d'une durée moyenne de 48 mois (extrême de 6–84 mois), 3 autres patients sont décédés (mortalité totale: 5,8%). Le rythme sinusal est présent chez 73% des patients du groupe radiofréquence et chez 92% du groupe cryothermie ( $p = 0,01$ ).

## Conclusions

La fibrillation auriculaire prend un caractère épidémique avec le vieillissement de notre population. Cette augmentation de la prévalence de la FA représente un problème de santé publique et d'augmentation des hospitalisations. Le développement de nouvelles technologies donne un intérêt renouvelé au traitement chirurgical de cette arythmie. La simplification de la procédure et de ses voies d'application par thoracoscopie permettent un élargissement des indications opératoires.

## Références

- Fuster V, Ryden LE, Asinger RW, Cannom DS, Crijns HJ, Frye RL, et al. ACC/AHA/ESC guidelines for the management of patients with atrial fibrillation: executive summary a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines and Policy Conferences (Committee to develop guidelines for the management of patients with atrial fibrillation) developed in collaboration with the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 2001; 104:2118–50.
- Benjamin EJ, Wolf PA, D'Agostino RB, Silbershatz H, Kannel WB, Levy D. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 1998;98: 946–52.
- Bando K, Kasegawa H, Okada Y, Kobayashi J, Kada A, Shimokawa T, et al. Impact of preoperative and postoperative atrial fibrillation on outcome after mitral valvuloplasty for nonischemic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;129:1032–40.
- Hohnloser SH, Kuck KH, Lilienthal J. Rhythm or rate control in atrial fibrillation – Pharmacological Intervention in Atrial Fibrillation (PIAF): a randomised trial. *Lancet*. 2000;356:1789–94.
- Van Gelder IC, Hagens VE, Bosker HA, Kingma JH, Kamp O, Kingma T, et al. A comparison of rate control and rhythm control in patients with recurrent persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2002;347:1834–40.
- Cox JL, Schuessler RB, Lappas DG, Boineau JP. An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation. *Ann Surg*. 1996;224:267–73.
- Ruchat P, Dang L, Virag N, Schlaepfer J, von Segesser LK, Kappenberger L. A biophysical model of atrial fibrillation to define the appropriate ablation pattern in modified maze. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;31:65–9.
- Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *New Engl J Med*. 1998;339:659–66.
- Natale A, Pisano E, Beheiry S, Richey M, Leonelli F, Fanelli R, et al. Ablation of right and left atrial premature beats following cardioversion in patients with chronic atrial fibrillation refractory to antiarrhythmic drugs. *Am J Cardiol*. 2000; 85:1372–5.
- Moe G, Abildskov J. Atrial fibrillation as a self-sustaining arrhythmia independent of focal discharge. *Am Heart J*. 1959;58:59–70.
- Nattel S. New ideas about atrial fibrillation 50 years on. *Nature*. 2002;415:219–26.
- Allessie MA, Konings K, Kirchhof CJ, Wijffels M. Electrophysiologic mechanisms of perpetuation of atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 1996;77:A10–23.
- Boldt A, Wetzel U, Lauschke J, Weigl J, Gummert J, Hindricks G, et al. Fibrosis in left atrial tissue of patients with atrial fibrillation with and without underlying mitral valve disease. *Heart*. 2004;90:400–5.
- Sealy WC, Gallagher JJ, Kasell J. His bundle interruption for control of inappropriate ventricular responses to atrial arrhythmias. *Ann Thorac Surg*. 1981;32:429–38.
- Williams JM, Ungerleider RM, Lofland GK, Cox JL. Left atrial isolation: new technique for the treatment of supraventricular arrhythmias. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1980; 80:373–80.
- Graffigna A, Pagani F, Minzioni G, Salerno J, Viganò M. Left atrial isolation associated with mitral valve operations. *Ann Thorac Surg*. 1992;54:1093–7.
- Leitch JW, Klein G, Yee R, Guiraudon G. Sinus node-atrioventricular isolation: long term results with the corridor operation for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 1991;17: 970–5.
- Cox JL, Boineau JP, Schuessler RB, Jaquiss RD, Lappas DG. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. I. Rationale and surgical results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;110:473–84.
- Ferguson T, Cox J. Surgery for Atrial Fibrillation. In: *Cardiac Electrophysiology: From Cell To Bedside*. Zipes DP, Jalife J (editors). 2nd edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1995. p. 1563–76.
- Ishii Y, Nitta T, Fujii M, Ogasawara H, Iwaki H, Ohkubo N, et al. Serial change in the atrial transport function after the radial incision approach. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:572–6.
- Melo J, Adragao P, Neves J, Ferreira MM, Pinto MM, Rebcho MJ, et al. Surgery for atrial fibrillation using radiofrequency catheter ablation: assessment of results at one year. *Eur J Cardio Thorac Surg*. 1999;15:851–4.
- Kottkamp H, Hindricks G, Autschbach R, Krauss B, Straszer B, Schirdewahn P, et al. Specific linear left atrial lesions in atrial fibrillation: intraoperative radiofrequency ablation using minimally invasive surgical techniques. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:475–80.
- Khargi K, Hutten BA, Lemke B, Deneke T. Surgical treatment of atrial fibrillation; a systematic review. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005;27:258–65.
- Ruchat P, Schlaepfer J, Von Segesser LK. Off-pump epicardial compartmentalization for ablation of atrial fibrillation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2002;1:55–7.
- Maessen JG, Nijs JF, Smeets JL, Vainer J, Mochtar B. Beating-heart surgical treatment of atrial fibrillation with microwave ablation. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:S1307–11.
- Ruchat P, Schlaepfer J, Delabays A, Hurni M, Milne J, Von Segesser LK. Left atrial radiofrequency compartmentalization for chronic atrial fibrillation during heart surgery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;50:155–9.