

Capítulo 6

Tratamento Cirúrgico da Fibrilação Atrial

João Roberto Breda
Robinson Poffo
Gustavo Calado de Aguiar Ribeiro
Fátima Dumas Cintra

Pontos-chave

- A fibrilação atrial (FA) no pré-operatório de operações cardíacas abertas, incluindo revascularização cirúrgica do miocárdio (RCM) e operações valvares, representa fator de risco independente para eventos cardíacos maiores e redução de sobrevida.
- O resultado da ablação operatória da FA permanece controverso, apesar de trabalhos prospectivos e randomizados terem demonstrado diferença significativa no retorno ao ritmo sinusal, em pacientes tratados com ablação *versus* grupo controle, porém, serão necessários outros estudos para confirmar o impacto nos resultados clínicos e na qualidade de vida desses pacientes.
- Os principais fatores envolvidos no insucesso do procedimento são o diâmetro do átrio esquerdo, idade avançada, FA de longa duração, FA permanente, linhas de ablação incompletas com abordagem uniatrial e a não transmuralidade da lesão.
- O futuro dessa operação irá depender da possibilidade de realização de maneira minimamente invasiva (endoscópica ou robótica), evitando-se anestesia geral, entubação orotraqueal e drenos torácicos.

Introdução

A fibrilação atrial (FA) no pré-operatório de operações cardíacas abertas, incluindo revascularização cirúrgica do miocárdio (RCM) e operações valvares, representa fator de risco independente para eventos cardíacos maiores e redução de sobrevida.¹⁻³

O resultado da ablação operatória da FA permanece controverso, apesar de trabalhos prospectivos e randomizados terem demonstrado diferença significativa no retorno ao ritmo sinusal, em pacientes tratados com ablação *versus* grupo-controle, porém serão necessários outros es-

tudos para confirmar o impacto nos resultados clínicos e na qualidade de vida desses pacientes.⁴⁻⁶

Assim, com interesse crescente no entendimento das bases fisiopatológicas responsáveis pela ocorrência dessa arritmia, foram desenvolvidas técnicas operatórias com o intuito de aumentar a efetividade dessa operação e reduzir a possibilidade de falha terapêutica, que pode atingir 20% dos pacientes submetidos à operação para tratamento da arritmia em associação com operação da válvula mitral.^{7,8} Os principais fatores envolvidos no insucesso do procedimento são o diâmetro do átrio esquerdo, idade avançada, FA de longa duração, FA permanente, linhas de ablação incompletas com abordagem uniatrial e a não transmuralidade da lesão.⁹⁻¹¹

Em 2007, publicação conjunta da Heart Rhythm Society (HRS) e Society of Thoracic Surgeons (STS) concluiu que as indicações para tratamento operatório da FA são: FA sintomática em pacientes que serão submetidos a outros procedimentos cardíacos, FA assintomática apenas em pacientes selecionados, FA isolada em pacientes sintomáticos que optaram pela abordagem cirúrgica após uma ou mais tentativas de ablação por cateter sem sucesso.⁵ Apesar da grande importância dessa publicação na tentativa de uniformizar as indicações do tratamento operatório da FA, por conta da complexidade do assunto, principalmente na avaliação das taxas de sucesso, foi proposta uma declaração de consenso pela International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS), com o intuito de determinar se a ablação operatória da FA promove resultados clínicos favoráveis em pacientes submetidos a outras operações cardíacas, sobretudo operação valvar e/ou RCM, na comparação com operações isoladas sem ablação.¹²

Métodos de ablação do tecido atrial

A ablação do tecido atrial pode ser obtida de várias maneiras. Além da tradicional técnica de “corte e sutura”,

as principais fontes alternativas de energia desenvolvidas para esse fim são: crioablação, radiofrequência, micro-ondas, ultrassom de alta intensidade e laser. Nos parágrafos seguintes descreveremos sucintamente essas fontes de energia e os resultados da literatura.

Crioablação

Na atualidade, existem duas fontes de energia criotermais disponíveis comercialmente: uma que utiliza óxido nítrico e outra que utiliza argônio. A diferença entre as duas reside na capacidade de congelamento do tecido. O óxido nítrico é capaz de produzir temperaturas de -89,5°C e o argônio pode atingir -185,7°C, ambos em condições de uma atmosfera (1 atm) de pressão. O tamanho e a profundidade da lesão irão depender de vários fatores: temperatura do cateter de crioablação, temperatura do tecido, dimensão do cateter, duração e quantidade de linhas de ablação e particularmente o agente de resfriamento utilizado (óxido nítrico aplicado por 2 a 3 minutos no endocárdio se mostrou eficaz em gerar lesão transmural, já com o uso de argônio não existem dados suficientes para avaliação da dose-efeito ideal para se obter resposta eficaz).¹³⁻¹⁵

A crioablação apresenta como grande vantagem a preservação da arquitetura tecidual do coração (com exceção das artérias coronárias) e representa uma tecnologia com comprovada eficácia e segurança. A potencial desvantagem envolve o longo tempo de aplicação dessa fonte de energia (entre 1 a 3 minutos). Além disso, seu uso é limitado na técnica "minimamente invasiva", pois com o coração batendo o congelamento do sangue pode levar à coagulação e ao aumento do risco de fenômenos tromboembólicos.¹³

Em 2007, Blomström-Lundqvist et al.,⁶ publicaram estudo prospectivo, multicêntrico e randomizado para avaliar a eficácia da crioablação aplicada no epicárdio do átrio esquerdo em pacientes submetidos a operação valvar mitral. Foram analisados 69 pacientes, submetidos à operação valvar isolada e em associação com a crioablação. Durante o acompanhamento, o ritmo cardíaco foi definido aos 6 e 12 meses, a taxa de ritmo sinusal nos pacientes submetidos a ablação foi de 73,3% (em ambos os períodos) e no grupo sem ablação foi de 45,7% (6 meses) e 42,9% (12 meses), com diferença significativa entre os grupos nos dois períodos de acompanhamento. Os autores concluíram pelo benefício da crioablação na reversão e manutenção do ritmo sinusal nos pacientes submetidos a operação da válvula mitral.⁶

Radiofrequência

A radiofrequência inicialmente utilizada no laboratório de eletrofisiologia foi a primeira fonte de energia alternativa aplicada de forma operatória no tratamento da FA e vem sendo amplamente testada durante os últimos anos, podendo ser uni ou bipolar.¹⁶

O dispositivo unipolar irrigado produz lesão linear do tecido, com aplicação da fonte de energia "ponto a ponto". O cateter bipolar é capaz de promover uma ablação de todo o tecido envolvido pelos eletrodos e de forma rápida (geralmente menos de 10 segundos). A condução da energia pode ser medida durante a ablação e isso pode estar correlacionado à comprovada transmuralidade da lesão.^{17,18} Em estudos experimentais, a obtenção de transmuralidade com radiofrequência unipolar requer tempo prolongado de aplicação (acima de 2 minutos), e observou-se que durante operação valvar mitral após 2 minutos de ablação unipolar endocárdica somente 20% das lesões eram transmurais.¹⁹ Entretanto, a radiofrequência bipolar em estudos animais e seres humanos foi capaz de gerar lesões transmurais com tempo médio de ablação entre 5 a 10 segundos.²⁰ As possíveis complicações do dispositivo unipolar são infarto agudo do miocárdio por acometimento de artérias coronárias, acidente vascular encefálico (AVE) e perfuração esofágica, eventos que não estão relacionadas à aplicação biatrial.²¹

Assim, a radiofrequência irrigada como fonte de energia alternativa para ablação operatória da FA tem efetividade reconhecida, com taxa de sucesso na reversão para ritmo sinusal podendo variar entre 75 e 80%.^{11,22,23} Em 2008, Beukema et al.²⁴ publicaram acompanhamento de médio e longo prazo após ablação por radiofrequência com outra operação cardíaca associada e mostraram manutenção do ritmo sinusal em 69% dos casos tratados em acompanhamento de 1 ano, 56% em 3 anos, 52% em 5 anos e 57% nos períodos mais tardios. A terapêutica com drogas antiarrítmicas foi mantida em 64% dos pacientes vivos que estavam livres de FA e somente 1% estava em regime de anticoagulação oral.²⁴

Micro-ondas

A energia por micro-ondas usa aquecimento por meio de um campo eletromagnético gerado por oscilação das moléculas do tecido, produzindo calor e ablação local com penetração uniforme sem carbonizar os tecidos adjacentes.²⁵ Essa fonte de energia parece produzir lesão transmural após 90 segundos de aplicação, em modelo experimental com coração parado; porém, em modelos com coração batendo existe controvérsia quanto à transmuralidade das lesões produzidas, o que poderia limitar a aplicação em operações minimamente invasivas.^{26,27} Por conta do calor gerado pelo dispositivo durante a ablação, existem relatos de complicações sobre as artérias coronárias suscetíveis a estenose e também preocupação com possível perfuração esofágica. Publicação com 600 pacientes operados com esse dispositivo não relatou complicações maiores, comprovando sua segurança e também eficácia (com reversão para ritmo sinusal entre 70 e 90% dos casos tratados).^{28,29}

Em 2008, Vicol et al. publicaram acompanhamento em longo prazo de 41 pacientes submetidos a ablação endocárdica por micro-ondas para tratamento da FA perma-

nente e após 5 anos de acompanhamento apenas 39,3% dos pacientes estavam em ritmo sinusal, concluindo que o método não é confiável na manutenção do ritmo sinusal em longo prazo.³⁰

Laser

A ablação produzida pelos raios laser pode ser estreita e profunda com uma rápida aplicação, representando assim uma fonte de energia atrativa para tratamento da FA. Porém, sua capacidade de gerar lesões transmurais ainda necessita de comprovação, principalmente em aplicações clínicas em que os dados ainda são insuficientes para detectar a efetividade do método.³¹

Essa forma de energia, apesar de promissora, foi testada somente em estudos experimentais, com resultado satisfatório em termos de eficácia e segurança.³² O grupo da Universidade Columbia de Nova York empregou o laser em 8 pacientes submetidos ao tratamento operatório da FA e, após 1 ano de acompanhamento, 6 (75%) deles estavam em ritmo sinusal. Os autores desses estudos sugerem que essa nova tecnologia poderá oferecer vantagens em relação às outras modalidades existentes, com possível redução de efeitos indesejáveis.³³

Ultrassom de alta intensidade

A utilização do ultrassom no tratamento da FA envolve lesão tecidual por hipertermia com necrose do tecido, podendo ser utilizada de forma focal com ondas de alta intensidade, capazes de produzir lesão transmural após 2 segundos de aplicação.³⁴ O uso dessa tecnologia vem despertando interesse, pois permite ablação de forma não invasiva e sem necessidade de contato focal com o tecido, diminuindo a chance de acometer estruturas adjacentes.³⁵

No Brasil, Brick et al. publicaram os resultados de 27 pacientes submetidos a aplicação de ultrassom para tratamento da FA e obtiveram reversão para ritmo sinusal em 81,4% dos casos na alta hospitalar.³⁶ A utilização epicárdica do ultrassom foi avaliada em portadores de doença isquêmica e, em período mínimo de 6 meses de acompanhamento, observou-se taxa de sucesso de 85% de pacientes livres de taquiarritmias (*flutter* ou FA).^{37,38}

Importância do padrão de lesão

Em 1998, Haissaguerre et al. publicaram pela primeira vez que a maioria dos episódios de FA são induzidos por gatilhos focais localizados ao redor dos orifícios das veias pulmonares. Isso permitiu a incorporação cirúrgica das múltiplas fontes de energia desenvolvidas primariamente para ablação ao redor das veias pulmonares.³⁹ A introdução dessas duas mudanças no tratamento operatório da FA (novas fontes de energia e tipos de lesão) gerou confusão na inter-

pretação das possíveis falhas terapêuticas dessa técnica. Apesar de trabalhos sugerirem que a fonte de energia utilizada tem implicação direta no resultado favorável da terapêutica, a importância do padrão de lesão na eficácia do tratamento ainda é fundamental para o bom resultado.⁴⁰⁻⁴²

O objetivo da maior parte dos tratamentos operatórios da FA tem sido a possibilidade de realização desse procedimento de forma menos invasiva e, diante dessa premissa, o tipo de lesão está relegado a um plano secundário, embora a obtenção do melhor resultado deva partir de dois conceitos fundamentais: o padrão de lesão de ablação deve ser consistente (independentemente da via de acesso e da fonte de energia utilizada) e obrigatoriamente envolver os dois átrios.⁴³ Barnett e Ad publicaram metanálise extensa envolvendo 69 estudos e 5.885 pacientes, mostrando que os melhores resultados são obtidos com lesões contíguas e transmurais aplicadas de forma batrial.⁴⁴

Esse estudo reforça o conceito histórico de que a operação clássica de “corte e sutura” apresenta maior efetividade não só porque as incisões são contíguas e transmurais, mas principalmente pelo padrão correto de aplicação em termos de localização. Em resumo, todas as fontes de energia deveriam apresentar a mesma taxa de sucesso que a operação clássica de “corte e sutura”, desde que além da transmuralidade as linhas de ablação fossem aplicadas nos locais corretos.⁴³

Na maioria dos casos, a falha terapêutica é atribuída à fonte de energia sem verificar o padrão de lesão. Isso pode provocar um engano na interpretação dos resultados, impedindo o desenvolvimento de fontes de energia alternativas promissoras para ablação da FA (caso do laser e micro-ondas). Em publicação recente, Cox comenta que o insucesso da ablação da FA está associado às modificações da operação do labirinto (Maze III), envolvendo apenas o isolamento das veias pulmonares e o fechamento do apêndice atrial esquerdo.⁴³

Assim, o chamado Wolf Mini-Maze realiza o isolamento das veias pulmonares de forma minimamente invasiva, mas não oferece vantagens em relação à ablação por cateter.⁴⁵ Outra modificação chamada de procedimento Ex-Maze utiliza a radiofrequência como fonte de energia e, apesar de as lesões apresentarem padrão semelhante ao da operação clássica, ocorre falha no tratamento do átrio, pois a técnica não contempla linhas no anel mitral, no seio coronário e no átrio direito, embora se deva ressaltar o caráter inovador dessa modificação, que poderá permitir o tratamento endoscópico da FA com ablação exclusivamente epicárdica.⁴⁶ Além disso, Edgerton et al. publicaram trabalho com padrão de lesão “eletrofisiologicamente” equivalente às lesões clássicas da operação de Cox, a Maze III, procedimento chamado de *Dallas lesion set*.⁴⁷ Esse conceito foi considerado incorreto em comentário de Cox, pois não faz parte da técnica a aplicação de linha no átrio direito e o padrão de lesão seria ineficaz na prevenção de *flutter* atrial esquerdo atípico. Além disso, a técnica de Dallas sugere que o padrão de lesão proposto poderia permitir transmuralidade com qualquer das fontes de

energia atualmente disponíveis, se aplicada de forma epicárdica e com o coração batendo, afirmações que necessitarão de posterior confirmação.⁴³

O desenvolvimento das operações minimamente invasivas com maior aplicação de linhas epicárdicas, em associação com padrão de lesões sem completa confirmação de efetividade, poderá gerar confusão nos casos de insucesso, permanecendo a dúvida se a falha terapêutica está associada à fonte de energia ou ao padrão de lesão.

Consenso da Ismics – International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (2009)

O objetivo dessa declaração de consenso era determinar se a ablação operatória da FA durante procedimentos cardíacos associados melhora os resultados clínicos pós-operatórios. O grupo envolvido no trabalho analisou as melhores evidências disponíveis com revisão sistemática de dados, inclusão de trabalhos randomizados-controlados ou não, sempre em ordem decrescente de importância. A revisão sistemática com metanálises identificou 10 trabalhos randomizados (650 pacientes) e 23 não randomizados (3.997 pacientes), cuja maioria foi publicada em língua inglesa e realizada nos Estados Unidos.¹²

Os resultados obtidos podem ser sumarizados da seguinte forma, em termos de nível de evidência e classes de recomendação:

1. A ablação operatória da FA melhora a chance de reestabelecimento de ritmo sinusal na alta hospitalar e com 1 ano de acompanhamento (nível A). Esse efeito é mantido em 5 anos (nível B). Não reduz o uso de drogas antiarrítmicas em 12 meses de pós-operatório (nível A), apesar dos trabalhos não terem sido desenvolvidos para responder essa questão.

2. A operação não aumenta a necessidade de implante de marca-passo definitivo (nível A).

3. Não aumenta a mortalidade operatória (nível A), acidente vascular encefálico (AVE) (nível A), infarto do miocárdio (nível B), tamponamento cardíaco (nível A), reoperação por sangramento (nível A), perfuração esofágica (nível B), síndrome de baixo débito cardíaco (nível A), uso de balão intra-aórtico (nível B), insuficiência cardíaca congestiva (ICC) (nível B), derrame pleural (nível A), pneumonia (nível A), disfunção renal (nível B) e mediastinite (nível A).

4. Não reduz a mortalidade em 1 ano (nível A). Há uma possível redução na mortalidade após 1 ano (nível B), mas sem diferença na incidência de AVE (nível A), infarto do miocárdio (nível A) e ICC (nível B).

5. Observa-se aumento na tolerância ao exercício em 1 ano (nível A), mas sem impacto favorável na qualidade de vida com 3 meses e 1 ano (nível A); porém, a metodologia e o número de trabalhos analisados é insuficiente para conclusão.

6. O aumento no tempo de anoxia e de perfusão não produzem diferença no tempo de permanência na unidade de terapia intensiva e de internação hospitalar (nível A).

Os autores desse consenso identificaram alguns fatores limitantes do trabalho, que podem enfraquecer as conclusões:

- os trabalhos apresentavam *endpoints* não uniformes e diferentes definições de sucesso e falha terapêutica;
- descrição insuficiente das modificações técnicas empregadas em termos de tipo de lesão e fonte de energia utilizada;
- monitoração e vigilância do ritmo cardíaco muito heterogênea;
 - acompanhamento acima de 1 ano incompleto, principalmente nos trabalhos não randomizados;
 - falta de discussão da importância e influência do diâmetro atrial esquerdo nos resultados;
 - subgrupos especiais (idade avançada e baixa fração de ejeção) não foram suficientemente estudados;
 - uso de anticoagulação oral após o procedimento sem protocolo definido;
 - o consenso não incluiu a participação de eletrofisiologistas.

Assim, após tecer essas considerações e revisar as melhores evidências disponíveis, os autores do consenso definiram as seguintes recomendações: em pacientes portadores de FA persistente e permanente, a ablação operatória é recomendada para aumentar a incidência de ritmo sinusal em curto e longo prazos (classe 1, nível A); para reduzir o risco de AVE e fenômenos tromboembólicos (classe 2a, nível A); aumentar a tolerância ao exercício e melhorar a função ventricular (classe 2a, nível A) e aumentar a sobrevida (classe 2a, nível B).

Tratamento híbrido

O tratamento híbrido representa um procedimento combinado, no qual o eletrofisiologista atua com linhas de ablação endocárdica e o cirurgião cardíaco atua de forma epicárdica. Essa abordagem conjunta tem como objetivo melhorar a taxa de reversão para ritmo sinusal, principalmente nos casos mais complexos (FA persistente ou permanente) de forma menos invasiva ou sem abertura do tórax. Ao contrário do que se observa nos casos de FA paroxística, em que os focos geradores da arritmia se localizam preferencialmente ao redor do orifício das veias pulmonares, os casos crônicos se caracterizam por mudanças no tecido atrial com alteração do substrato anatômico, levando a atividade elétrica caótica. Assim, esses casos mais complexos necessitam de um maior número de áreas abordadas durante o procedimento, ampliando o que já é feito durante a ablação por cateter com isolamento das veias pulmonares.

O racional do tratamento híbrido envolve o melhor de duas abordagens (por cateter e cirúrgica), visando maiores taxas de sucesso, redução de complicações e ablação de áreas específicas por cada especialista. O eletrofisiologista realiza a ablação do átrio direito, do seio coronário e do istmo cavotricuspídeo e o cirurgião age sobre a veia cava superior, o átrio esquerdo e o ligamento de Marshall.

Os potenciais benefícios do procedimento combinado são a maior probabilidade de propagação da energia por todas as camadas do tecido atrial, a redução da chance de perfuração esofágica ou cardíaca e a possibilidade de avaliação intraoperatória da efetividade das linhas de ablação em produzir bloqueio completo dos estímulos elétricos.

Considerações finais

O objetivo das técnicas de ablação operatória da FA é manter o paciente livre da arritmia. Esse conceito deveria ter o mesmo significado para todos os pesquisadores desse assunto, porém ainda gera controvérsia. Assim, após período de acompanhamento de 3 a 6 meses, todos os casos de recorrência de FA, *flutter* atrial direito e *flutter* atrial esquerdo atípico devem ser considerados falha terapêutica.⁴³ Clinicamente, os pacientes toleram melhor FA do que o *flutter* atrial. Se após ablação operatória o ritmo deixa de ser o de FA e se torna *flutter* atrial, alguns autores consideram a técnica como bem-sucedida. Isso produz um engano de interpretação do resultado e da acurácia do método.⁴⁸

Na atualidade, a noção de que taxas de sucesso da ablação operatória da FA entre 70 e 80% dos casos é satisfatória pode não ser mais válida, já que atualização recente com 16.309 pacientes submetidos a tratamento no laboratório de eletrofisiologia apresentou resultado semelhante.⁴⁹ Desse modo, muitos autores concordam que o futuro dessa operação irá depender da possibilidade de realizá-la de forma minimamente invasiva (endoscópica ou robótica), evitando-se anestesia geral, entubação orotraqueal e drenos torácicos. Além disso, os cirurgiões precisam estar atentos à obtenção de resultados satisfatórios acima dos atuais 80% e principalmente em oferecer um tratamento definitivo e eficaz ao paciente portador dessa arritmia.

Resumo

A fibrilação atrial (FA) no pré-operatório de operações cardíacas abertas, incluindo revascularização cirúrgica do miocárdio (RCM) e operações valvares, representa fator de risco independente para eventos cardíacos maiores e redução de sobrevida.

O resultado da ablação operatória da FA permanece controverso, apesar de trabalhos prospectivos e randomizados terem demonstrado diferença significante no retorno ao ritmo sinusal, em pacientes tra-

tados com ablação versus grupo controle, porém, serão necessários outros estudos para confirmar o impacto nos resultados clínicos e na qualidade de vida destes pacientes.

Este capítulo teve o objetivo de descrever as principais formas de tratamento operatório da FA, abordando as características das principais fontes de energia alternativas utilizadas e destacando as possibilidades para o futuro com a terapia híbrida.

Referências bibliográficas

- Ngaage DL, Schaff HV, Mullany CJ, Sundt TM, Dearani JA, Barnes S, et al. Does preoperative atrial fibrillation reduce survival after coronary artery bypass grafting? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133:182-9.
- Ngaage DL, Schaff HV, Mullany CJ, Barnes S, Dearani JA, Daly RC, et al. Influence of preoperative atrial fibrillation on late results of mitral valve repair: is concomitant ablation justified? *Ann Thorac Surg.* 2007;84:434-42.
- Lim E, Barlow CW, Hosseinpour AR, Wisbey C, Wilson K, Pidgeon W, et al. Influence of atrial fibrillation on outcome following mitral valve repair. *Circulation.* 2001;104(1):159-63.
- Kalman J, Munuwara M, Howes LG, Louis WJ, Buxton BF, Gutteridge G, et al. Atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting is associated with sympathetic activation. *Ann Thorac Surg.* 1995; 60:1709-15.
- Calkins H, Brugada J, Packer DL, Cappato R, Chen SA, Crijns R, et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up: a report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on catheter and surgical ablation. *Heart Rhythm.* 2007;4:816-61.
- Blomström-Lundqvist C, Johansson B, Berglin E. A randomized double-blind study of epicardial left atrial cryoablation for permanent atrial fibrillation in patients undergoing mitral valve surgery: the SWEDish Multicentre Atrial Fibrillation study (SWEDMAF). *Eur Heart J.* 2007;28:2902-8.
- McCarthy PM, Kruse J, Shalli S, Ilkhanoff L, Goldberger JJ, Kadish AH, et al. Where does atrial fibrillation surgery fail? Implications for increasing effectiveness of ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139:860-7.
- Shemin RJ, Cox JL, Gillinov AM, Blackstone EH, Bridges CR. Guidelines for reporting data and outcomes for the surgical treatment of atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg.* 2007;83:1225-30.
- Gillinov AM, Bhavani S, Blackstone EH, Rajesvaran J, Svensson LG, Navia JL, et al. Surgery for permanent atrial fibrillation: impact of patient factors and lesions set. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:502-13.
- Gillinov AM, Bakaeen F, McCarthy PM, Blackstone EH, Rajesvaran J, Petterson G, et al. Surgery for paroxysmal atrial fibrillation in the setting of mitral valve disease: a role for pulmonary vein isolation? *Ann Thorac Surg.* 2006;81:19-27.
- Breda JR, Ragognette RG, Breda ASCR, Gurian DB, Horiuti L, Machado LN, et al. Avaliação inicial da ablação operatória biastral por radiofrequência de fibrilação atrial. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2010;25(1):45-50.
- Ad N, Cheng DCH, Martin J, Berglin EE, Chang BC, Doukas G, et al. Surgical Ablation for atrial fibrillation in cardiac surgery: a consensus statement of the International Society of Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS) 2009. *Innovations.* 2010;5(2):74-83.
- Voeller RKI, Schuessler RB, Damiano R. Surgical treatment of atrial fibrillation. In: Cohn LH. *Cardiac Surgery in the adult.* New York: McGraw-Hill; 2008. p.1375-94.

14. Lustgarten DL, Keane D, Ruskin J. Cryothermal ablation: Mechanism of tissue injury and current experience in the treatment of tachyarrhythmias. *Prog Cardiovasc Dis.* 1999;41:481.
15. Doll N, Kornherr P, Aupperle H, Fabricius AM, Kiaii B, Ullmann C et al. Epicardial treatment of atrial fibrillation using cryoablation in an acute off-pump sheep model. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;51(5):267-73.
16. Viola N, Williams MR, Oz MC, Ad N. The technology in use for the surgical ablation of atrial fibrillation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;14(3):198-205.
17. Demazumder D, Mirotznik MS, Schwarzman D. Biophysics of radiofrequency ablation using an irrigated electrode. *J Interv Card Electrophysiol.* 2001;5(4):377-89.
18. 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(3):155-9.
19. Santiago T, Melo JQ, Gouveia RH, Martins AP. Intra-atrial temperatures in radiofrequency endocardial ablation: histologic evaluation of lesions. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:1495-501.
20. Gaynor SL, Diodato MD, Prasad SM, Ishii Y, Schuessler RB, Bailey MS, et al. A prospective, single-center trial of a modified Cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;128:535-42.
21. Laczkovics A, Khargi K, Deneke T. Esophageal perforation during left atrial radiofrequency ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:2119.
22. Breda JR, Breda ASCR, Meneghini A, Freitas ACO, Pires AC. Ablação operatória da fibrilação atrial por radiofrequência. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2008;23(1):118-22.
23. Wang J, Meng X, Li H, Cui Y, Han J, Xu C. Prospective randomized comparison of left atrial and biatrial radiofrequency ablation in the treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiovasc Surg.* 2009;35(1):116-22.
24. Beukema WP, Sie HT, Misier ARR, Delnoy PPHM, Wellens HJJ, Elvan A. Intermediate to long-term results of radiofrequency modified Maze procedure as an adjunct to open-heart surgery. *Ann Thorac Surg.* 2008;86:1409-14.
25. Williams MR, Knaut M, Bérubé D, Mehmet OZ. Application of microwave energy in cardiac tissue ablation: from in vitro analyses to clinical use. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:1500-5.
26. Gaynor SL, Byrd GD, Diodato MD, Ishii Y, Lee AM, Prasad SM, et al. Dose response curves for microwave ablation in the cardioplegia - arrested porcine heart. *Heart Surg Forum.* 2005;8(5):E331-6.
27. Manasse E, Colombo PG, Barbone A, Braidotti P, Bulfamante G, Roiccalli M, et al. Clinical histopathology and ultrastructural analysis of myocardium following microwave energy ablation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23:573-77.
28. Manasse E, Medici D, Ghiselli S, Ornaghi D, Gallotti R. Left main coronary artery lesion after microwave epicardial ablation. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:276-7.
29. Williams MR, Argenziano M, Oz MC. Microwave ablation for surgical treatment of atrial fibrillation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;14:232-7.
30. Vicol C, Kellerer D, Petrakopoulou P, Kaczmarek I, Lamm P, Reichart B. Long-term results after ablation for long-standing atrial fibrillation concomitant to surgery for organic heart disease: Is microwave energy reliable? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136(5):1156-9.
31. Reddy VY, Houghtaling C, Fallon J, Fischer G, Farr N, Clarke J, et al. Use of a diode laser balloon ablation catheter to generate circumferential pulmonary venous lesions in an open-thoracotomy caprine model. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004;27:52-7.
32. Williams MR, Garrido M, Oz MC, Argenziano M. Alternative energy sources for surgical atrial ablation. *J Card Surg.* 2004;19:201-6.
33. Williams MR, Casher JM, Russo MJ, Hong KN, Argenziano M, Oz MC. Laser energy source in surgical atrial fibrillation ablation: pre-clinical experience. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:2260-4.
34. Ninet J, Roques X, Seitelberger R, Deville C, Pomar JL, Robin J, et al. Surgical ablation of atrial fibrillation with off-pump, epicardial, high-intensity focused ultrasound: results of a multicenter trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:803.
35. Klinkenberg TJ, Ahmed S, Hagen AT, Wiesfeld ACP, Tan ES, Zijlstra F, et al. Feasibility and outcome of epicardial pulmonary vein isolation for lone atrial fibrillation using minimal invasive surgery and high intensity focused ultrasound. *Europace.* 2009;11(12):1624-1631.
36. Brick AV, Seixas T, Portilho C, Peres AK, Vieira Jr JJ, Melo Neto R, et al. Tratamento intra-operatório da fibrilação atrial crônica com ultrassom. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2001;16(4):337-49.
37. Groh MA, Binns OA, Burton HG, Champsaur GI, Ely SW, Johnson AM. Epicardial ultrasonic ablation of atrial fibrillation during concomitant cardiac surgery is a valid option in patients with ischemic heart disease. *Circulation.* 2008;118(14):S78-S82.
38. Klinkenberg TJ, Ahmed S, Hagen AT, Wiesfeld ACP, Tan ES, Zijlstra F, et al. Feasibility and outcome of epicardial pulmonary vein isolation for lone atrial fibrillation using minimal invasive surgery and high intensity focused ultrasound. *Europace* 2009;11(12):1624-31.
39. 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. *N Engl J Med.* 1998;339:659-66.
40. Wolf RK, Schneeberger EW, Osterday R, Miller D, Merrill W, Flege JB Jr, et al. Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:797-802.
41. Pruitt JC, Lazarra RR, Dworkin GH, Badhwar V, Kuma C, Ebra G. Totally endoscopic ablation of lone atrial fibrillation: initial clinical experience. *Ann Thorac Surg.* 2006;81:1325-30.
42. Gammie JS, Didolkar P, Krowsoski LS, Santos MJ, Toran AJ, Young CA, et al. Intermediate-term outcomes of surgical atrial fibrillation correction with CryoMaze procedure. *Ann Thorac Surg.* 2009;87:1452-9.
43. Cox JL. The longstanding, persistent confusion surrounding surgery for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139:1374-86.
44. Barnett SD, Ad N. Surgical ablation as treatment for the elimination of atrial fibrillation: a meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:1029-35.
45. Wolf RK. The Wolf Mini-Maze: the official site [Internet]. Cincinnati; c2004-09 [updated 2010; cited March 22, 2010]. Disponível em: <<http://www.wolfminimaze.com>>.
46. Kiser AC, Wimmer-Greinecker G, Chitwood WR. Totally extracardiac Maze procedure performed on the beating heart. *Ann Thorac Surg.* 2007;84:1783-5.
47. Edgerton JR, Jackman WM, Mack MJ. A new epicardial lesion set for minimal access left atrial maze: the Dallas lesion set. *Ann Thorac Surg.* 2009;88:1655-7.
48. Cox JL, Schuessler RB, Lappas DG, Boineau JP. An 8 year clinical experience with surgery for atrial fibrillation. *Ann Surg.* 1996;224:267-75.
49. Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Jesaka Y, Kalman J, et al. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010;3:32-8.