

Incidência de lesões esofágicas em pacientes submetidos a ablação de fibrilação atrial com cateter circular multipolar (PVAC-GOLD®)

Incidence of esophageal lesions in patients undergoing ablation for atrial fibrillation with multipolar pulmonary vein ablation catheter (PVAC-GOLD®)

Renato David da Silva, Ruitter Carlos Arantes Filho, Liélia Malaquias da Cunha Araújo, Carla Septimio Margalho, Jairo Macedo da Rocha, Tamer Najar Seixas, Henrique César Maria, Ayrton Klier Péres

RitmoCardio – Serviço de Arritmia e Eletrofisiologia de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

RESUMO

Introdução: Lesões do esôfago são descritas como complicação da ablação por radiofrequência da fibrilação atrial. Os trabalhos que avaliaram a formação das lesões esofágicas em ablações de fibrilação atrial tiveram como padrão de fonte de energia a radiofrequência em modo unipolar, utilizando o cateter irrigado. Atualmente está disponível o cateter circular multipolar (PVAC-GOLD®), que utiliza ciclos de aplicação de energia em fases (Duty-Cycled Phased RF). Este trabalho tem como objetivo avaliar a ocorrência de lesão esofágica em pacientes submetidos a ablação de fibrilação atrial utilizando-se o cateter PVAC-GOLD®. **Método:** Entre agosto de 2014 e agosto de 2017, foram incluídos pacientes submetidos a ablação de fibrilação atrial sintomática com uso do cateter PVAC-GOLD®. Por meio da realização de endoscopia digestiva alta no pós-operatório, buscou-se determinar a ocorrência de lesão esofágica térmica associada ao procedimento. **Resultados:** O estudo incluiu um total de 117 pacientes (74% com fibrilação atrial paroxística), com média de idade de 54,8 anos, e predominantemente do sexo masculino. Destes, apenas 2 apresentaram lesões esofágicas térmicas diagnosticadas por meio da endoscopia digestiva alta. **Conclusão:** A lesão esofágica parece ser um achado incomum em pacientes submetidos a isolamento elétrico das veias pulmonares com o cateter circular multipolar (PVAC-GOLD®).

DESCRITORES: Fibrilação Atrial; Endoscopia do Sistema Digestório; Fístula Esofágica; Perfuração Esofágica; Ablação por Cateter.

ABSTRACT

Background: Esophageal lesions are described as a complication after ablation for atrial fibrillation. The studies evaluating the development of esophageal lesions in ablation due to atrial fibrillation had unipolar mode radiofrequency energy source using an irrigated catheter. A multipolar pulmonary vein ablation catheter (PVAC-GOLD®) is currently available, which uses phase-in cycles of energy (Duty-Cycled Phased RF). This study aims to evaluate the occurrence of esophageal lesions in patients undergoing ablations due to atrial fibrillation using the PVAC-GOLD® catheter. **Method:** Between August 2014 and August 2017, patients undergoing ablation due to symptomatic atrial fibrillation with the use of the PVAC-GOLD® catheter were included in the study. Upper digestive endoscopy was performed in the postoperative period to determine the presence of thermal esophageal lesions associated to the procedure. **Results:** A total of 117 patients, with mean age of 54.8 years, predominantly males, were included in the study. Of these patients, only 2 presented thermal esophageal lesions diagnosed by endoscopy. **Conclusion:** Esophageal lesion seems to be an unusual finding in patients undergoing electrical isolation of the pulmonary veins using the multipolar pulmonary vein ablation catheter (PVAC-GOLD®).

KEYWORDS: Atrial Fibrillation; Endoscopy, Digestive System; Esophageal Fistula; Esophageal Perforation; Catheter Ablation.

INTRODUÇÃO

A fístula atRIOESOFÁGICA foi descrita, pela primeira vez, como uma complicação fatal da ablação por radiofrequência de fibrilação atrial, em 2001¹, e, desde então, tem sido relatada por vários autores^{2,3} como complicação desse procedimento. A incidência dessa complicação não está bem estabelecida, sendo estimada entre 0,03%⁴ e 0,5%⁵ e associada a elevada mortalidade (93%)³. Outras alterações do esôfago decorrentes da aplicação de radiofrequência, tais como enantema e ulceração da mucosa, têm sido documentadas por endoscopias realizadas entre 24 horas e 48 horas após o procedimento de ablação^{3,6}. Essas lesões são consideradas precursoras da fístula atRIOESOFÁGICA e sua ocorrência é observada em até 47% dos pacientes⁶.

Os trabalhos que avaliaram a formação das lesões esofágicas em ablações de fibrilação atrial tiveram como padrão de fonte de energia a radiofrequência em modo unipolar, com a corrente passando a partir da ponta do cabo-eletrodo do cateter intracardiaco até um cabo-eletrodo de retorno maior colocado sobre a pele do paciente. Em sua maioria, era utilizado um cateter 4 mm continuamente irrigado com solução salina, resultando em lesão tecidual mais profunda⁷.

Atualmente está disponível o cateter circular multipolar (9 polos), com cabos-eletrodos de 3,5 mm sem irrigação extrínseca (PVAC-GOLD® – Medtronic Inc., Minneapolis, Estados Unidos), que utiliza ciclos de aplicação de energia em fases (Duty-Cycled Phased RF), isto é, aplicações de curtos períodos de radiofrequência em modos unipolar (entre os

cabos-eletrodos do cateter e o de retorno) e bipolar (entre cabos-eletrodos adjacentes)⁸, intercalados com longos períodos de não aplicação de energia.

Neste trabalho avaliou-se a ocorrência de lesão esofágica térmica, definida pela endoscopia digestiva alta realizada em 117 pacientes consecutivos submetidos a ablação de fibrilação atrial, utilizando-se o cateter PVAC-GOLD®.

MÉTODO

Pacientes do estudo

O estudo incluiu 117 pacientes com fibrilação atrial sintomática e refratária à terapia antiarrítmica, no período de agosto de 2014 a agosto de 2017. Nenhum dos pacientes encontrava-se em uso de anti-inflamatório não hormonal ou apresentava sintomas de dispepsia nas quatro semanas prévias ao procedimento. Todos os pacientes estavam em uso de anticoagulante oral iniciado ao menos quatro semanas antes do procedimento e mantido até o dia anterior à ablação. Ecocardiograma transesofágico foi realizado dentro das 48 horas que antecederam a ablação, e o procedimento somente foi realizado na ausência de trombos intracavitários. Todos os pacientes assinaram o termo de consentimento para o procedimento aprovado pelo comitê de ética do hospital.

Protocolo de isolamento das veias pulmonares

Os procedimentos foram realizados com os pacientes sob sedoanalgesia, e o tempo de coagulação ativada foi mantido durante todo o procedimento em níveis > 350 segundos, com avaliações a cada 30 minutos. O procedimento foi realizado após punção venosa femoral e colocação de introdutores (7 F e 9,5 F), que permitiram o acesso ao seio coronário, ao ventrículo direito e, após punção transeptal, ao átrio esquerdo. Atriografia esquerda sob estimulação ventricular rápida (ciclo de 300 ms) foi realizada para determinação da anatomia das veias pulmonares (Figura 1). Depois de adequado preparo do cateter PVAC-GOLD®, procedeu-se à cateterização das veias com fio-guia 0,14 mm e posterior posicionamento do cateter nos óstios venosos para isolamento sequencial das veias pulmonares (Figura 2).

Foram realizadas, no mínimo, quatro aplicações de radiofrequência (Genius® – Medtronic), com rotação sequencial do cateter em 90 graus, até obter-se um dos seguintes critérios de isolamento das veias pulmonares: ausência de potencial venoso ou dissociação entre atividade elétrica veia-átrio. Caso o paciente apresentasse *flutter* atrial típico documentado previamente ou induzido durante o exame, procedia-se à aplicação de radiofrequência no istmo cavotricuspídeo até a obtenção da linha de bloqueio bidirecional. Após o isolamento elétrico das veias pulmonares, o cateter PVAC-GOLD® era posicionado na veia cava superior a fim de avaliar a presença de potencial elétrico dessa veia. Na presença de potencial elétrico acima de 3 cm do óstio da veia, o cateter era reposicionado 1 cm acima da junção átrio-veia cava superior e então realizava-se seu isolamento, com os mesmos critérios de isolamento usados para as veias pulmonares.

Nenhum dos pacientes foi submetido a qualquer método de avaliação das relações anatômicas entre o esôfago e o átrio esquerdo e, durante o procedimento, não foi monitorizada

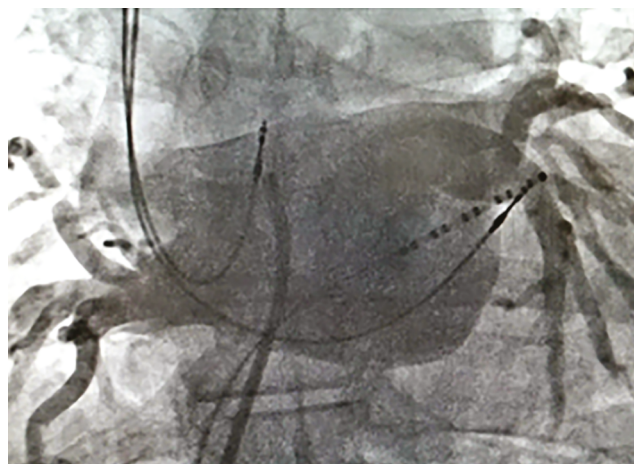


Figura 1: Atriografia e visualização das veias pulmonares.



Figura 2: Cateter PVAC-GOLD® posicionado em veia superior esquerda.

a temperatura esofágica⁹. Os pacientes foram submetidos a endoscopia digestiva alta no dia seguinte à ablação, e as imagens eram analisadas para identificação de possíveis lesões térmicas.

Protocolo da endoscopia

Em todos os pacientes a endoscopia foi realizada dentro das 24 horas após o isolamento das veias pulmonares. Alterações na parede do esôfago foram definidas como: ausência de anormalidades, enantema, úlcera esofágica ou lesão não relacionada ao procedimento de isolamento das veias pulmonares^{10,11}. Caso fossem detectadas alterações na parede esofágica, era realizada endoscopia de controle a cada duas semanas até o completo desaparecimento das lesões encontradas. Os relatórios das endoscopias foram revisados por dois gastroenterologistas independentes para avaliar as alterações esofágicas que poderiam ser decorrentes da aplicação de radiofrequência.

Acompanhamento

Todos os pacientes foram monitorizados no pós-operatório por uma unidade de telemetria. O retorno ao uso do fármaco

anticoagulante e antiarrítmico ocorria, em todos os pacientes, no mesmo dia do isolamento das veias pulmonares. Todos os pacientes receberam prescrição de bloqueador da bomba de prótons, que foi mantido por um mínimo de 30 dias após o procedimento, independentemente da ocorrência de lesão esofágica. Caso houvesse registro de alterações na parede esofágica, os pacientes recebiam tratamento adicional com sucralfato, e uma endoscopia de controle era realizada com intervalos de duas semanas até a recuperação completa das lesões.

Análise estatística

As variáveis contínuas foram expressas como média \pm desvio padrão. O teste *t* de Student foi utilizado para comparações de variáveis contínuas. O teste qui-quadrado de Pearson foi utilizado para comparações de dados categóricos. Valores de $P \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significantes.

RESULTADOS

O estudo incluiu, no total, 117 pacientes (67 homens e 50 mulheres), com média de idade de $54,8 \pm 12$ anos, portadores de fibrilação atrial sintomática e refratária à terapia antiarrítmica. Desses pacientes, 74% apresentavam fibrilação atrial paroxística e 26%, persistente. Os pacientes apresentaram escores médios CHADS de $0,483 \pm 0,8$ e CHADS-VASc de $1,14 \pm 0,9$, tamanho médio do átrio esquerdo de 38 ± 7 mm (índice de volume do átrio esquerdo: 31 ± 11 ml/m²) e fração de ejeção do ventrículo esquerdo de $65 \pm 5\%$ (Tabela 1). O tempo médio total do procedimento foi de 150 minutos, com média de 15 minutos de exposição à radiação ionizante. A média de aplicações por paciente foi de 27 ± 7 . Em 58 pacientes (49%) foi registrado potencial elétrico em veia cava superior, exigindo uma média de 1,2 aplicação para seu isolamento. Do total de 117 pacientes, 27 foram submetidos a ablação adicional de outras arritmias: 19 *flutters* atriais, 7 taquicardias atriais e 1 taquicardia por reentrada nodal. O tempo médio de hospitalização foi de 48 horas (Tabela 2).

A análise dos resultados da endoscopia demonstrou que, após a ablação, não foi encontrado nenhum caso de úlcera esofágica. Contudo, foram observados 2 casos de lesão enantematosa (Figura 3) e 1 caso de lesão em parede posterior do esôfago (hematoma), embora este tenha sido considerado não relacionado ao isolamento das veias pulmonares. Não houve complicações relacionadas à realização de endoscopia digestiva alta.

As lesões compatíveis com lesão térmica (Figura 3) ocorreram na parede anterior do esôfago e na altura equivalente ao átrio esquerdo. A lesão considerada não relacionada ao isolamento da veia pulmonar ocorreu na parede posterior (estando a parede anterior sem alterações), e abaixo da região anatômica do átrio esquerdo. Essa lesão foi associada ao ecocardiograma transesofágico realizado pelo paciente 24 horas antes da ablação^{10,11}.

Não houve nenhuma característica relacionada às comorbidades associadas ou regime medicamentoso que diferenciasse os pacientes que apresentaram lesão de esôfago. Um dos pacientes apresentava um tronco venoso único nas pulmonares esquerdas e o outro, quatro veias pulmonares (duas à esquerda e duas à direita), e não houve diferença quanto ao

Tabela 1: Características da população.

Idade, anos	54,8 \pm 12
Gênero masculino, %	57
Tipo de FA, %	
- Paroxística	74
- Persistente	26
Reablação, número de pacientes	16
CHADS	0,483 \pm 0,8
CHADS-VASc	1,14 \pm 0,9
Tamanho do AE, mm	38 \pm 7
IVAE, ml/m ²	31 \pm 11
FEVE, %	65 \pm 5

AE = átrio esquerdo; FA = fibrilação atrial; FEVE = fração de ejeção do ventrículo esquerdo; IVAE = índice de volume do átrio esquerdo.

Tabela 2: Dados do procedimento.

Duração, minutos	151 \pm 27
Aplicações, número	27 \pm 7
Média de aplicações	
- VPSE	8,49
- VPJE	5,33
- VPSD	6,29
- VPID	4,52
Potencial elétrico em VCS, número de pacientes	58
Outras arritmias, número	
- Flutter atrial	19
- Taquicardia atrial	7
- Taquicardia por reentrada nodal	1
Tempo de hospitalização, horas	48

VCS = veia cava superior; VPID = veia pulmonar inferior direita; VPJE = veia pulmonar inferior esquerda; VPSD = veia pulmonar superior direita; VPSE = veia pulmonar superior esquerda.

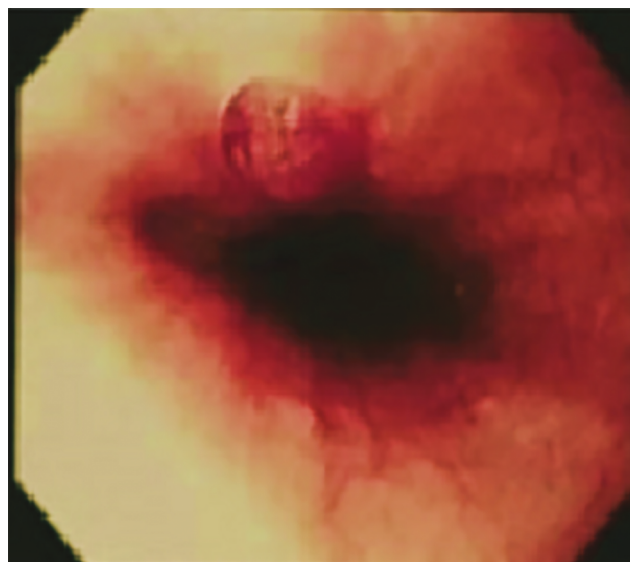


Figura 3: Lesão enantematosa no terço médio da parede anterior do esôfago.

número de aplicações de energia entre esses pacientes e os demais pacientes do grupo estudado (Tabela 2).

Os pacientes que apresentaram lesão esofágica foram acompanhados clinicamente e submetidos a endoscopia digestiva alta 15 dias após o procedimento, em que foi observada remissão completa das lesões esofágicas (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A avaliação prospectiva, clínica e endoscópica de alterações esofágicas imediatamente após ablação de fibrilação atrial pelo cateter PVAC-GOLD® demonstrou baixa incidência de lesão. Apesar da não monitorização da temperatura esofágica ou da análise pré-procedimento da relação anatômica entre átrio e esôfago, houve apenas dois casos de lesão relacionada à aplicação de energia no átrio esquerdo entre os pacientes analisados. Esse é um achado importante e apoia o debate em curso sobre como as diferentes fontes e formas de aplicação de energia podem minimizar a formação de lesão esofágica durante o procedimento de ablação de fibrilação atrial.

Estudos anteriores

A determinação da relação entre esôfago e átrio esquerdo associada à monitorização adequada da temperatura esofágica durante a aplicação de energia no átrio esquerdo supostamente ajudariam a evitar lesões na parede esofágica e, portanto, fístulas esofágicas atriais¹².

Várias formas de determinação da posição do esôfago têm sido descritas, entre elas o uso de contraste baritado no esôfago durante o procedimento¹³ e o uso de ecografia intracardíaca¹⁴. Esses métodos têm por vantagem a monitorização dinâmica, evitando falsa informação decorrente da mobilidade frequente do esôfago¹⁵.

Embora úteis, essas técnicas podem levar ao aumento do tempo do procedimento ou ao isolamento incompleto das veias pulmonares. A fim de que não ocorra formação de lesão, comumente evita-se a aplicação de energia nas proximidades do esôfago ou aplica-se baixa quantidade de energia¹⁵⁻¹⁷.

Outra forma de proteção proposta pela literatura é a monitorização da temperatura esofágica durante o procedimento^{18,19}. No entanto, a eficiência dessa abordagem é questionável¹⁸ e potencialmente prejudicial^{6,9}.

A avaliação dos padrões de liberação de energia durante aplicação convencional (unipolar) tem demonstrado não haver correlação entre a quantidade de energia liberada no átrio e a formação de lesão esofágica¹⁸. O uso de cateteres com irrigação extrínseca aberta, em comparação à crioblação, demonstrou que o cateter irrigado resulta em menor chance

de lesão esofágica e maior eficácia no isolamento das veias pulmonares²⁰. Por outro lado, o uso de crioblação resulta em menor formação de microbolhas, quando comparada ao cateter de radiofrequência irrigado. No entanto, demonstrou-se que esse fato não tem relação consistente com superaquecimento do tecido ou formação de lesão esofágica²¹.

Essas observações sugerem que diferentes formas de aplicação de energia podem resultar em diferentes ocorrências de lesão esofágica. Neste trabalho, utilizou-se o cateter circular multipolar para aplicação de radiofrequência simultânea por vários cabos-eletrodos (PVAC-GOLD®). Esse cateter utiliza gerador de energia próprio (Genius®), com padrão de liberação de energia que difere da ablação habitual. Enquanto nos procedimentos habituais a radiofrequência é aplicada continuamente entre o cabo-eletrodo distal do cateter e o cabo-eletrodo indiferente colocado nas costas do paciente (aplicação unipolar), o cateter PVAC-GOLD® aplica pulsos de curta duração, alternando aplicações unipolares e bipolares, nas proporções de 2:1 ou 4:1. Além disso, são intercalados períodos de não aplicação de energia, permitindo que os cabos-eletrodos do cateter sofram resfriamento intrínseco pela passagem do sangue (Figura 4). Com esse padrão de aplicação de energia (em modos 2:1 ou 4:1), a lesão resultante tem dimensões aproximadas da espessura da parede atrial e é menor, em profundidade, que a gerada pelo cateter irrigado (Figura 5)^{22,23}.

Estudos anteriores avaliaram esse modo de aplicação de energia, bem como sua relação com lesões de estruturas extracardíacas, em um grupo de 18 pacientes e encontraram lesão esofágica em apenas um dos pacientes. Relataram também outros achados, como derrame pericárdico e alterações no mediastino, sem que, contudo, essas ocorrências fossem diferentes das encontradas na ablação pelo cateter irrigado²³.

Neste estudo não houve ocorrência de fístula atrofesofágica após o isolamento das veias pulmonares. Os únicos achados compatíveis com complicação térmica foram duas lesões enantematosas e edemaciadas em parede anterior do esôfago, resolvidas com tratamento clínico conservador.

Limitações do estudo

Este foi um estudo observacional, prospectivo, não randomizado, com o objetivo de avaliar a ocorrência clínica de lesão de esôfago após isolamento elétrico das veias pulmonares com cateter PVAC-GOLD®, em pequeno grupo de pacientes. O real impacto dessa tecnologia na formação de lesão esofágica teria sido mais evidente se este estudo tivesse um desenho randomizado, prospectivo, controlado e com maior amostragem.

Tabela 3: Resultado da endoscopia e acompanhamento dos pacientes.

	Pré-procedimento	24 horas pós-procedimento	15 dias pós-procedimento
Número de pacientes	117	117	3
Sintomas dispépticos	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Endoscopia	Não realizada	Ausência de lesões esofágicas: 114 Lesão em parede anterior do esôfago: 2 Lesão em parede posterior do esôfago: 1	Remissão completa das lesões esofágicas

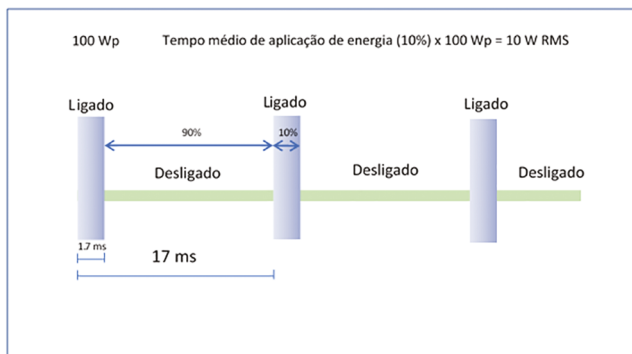


Figura 4: Esquema de liberação de energia durante ablação com PVAC-GOLD®.

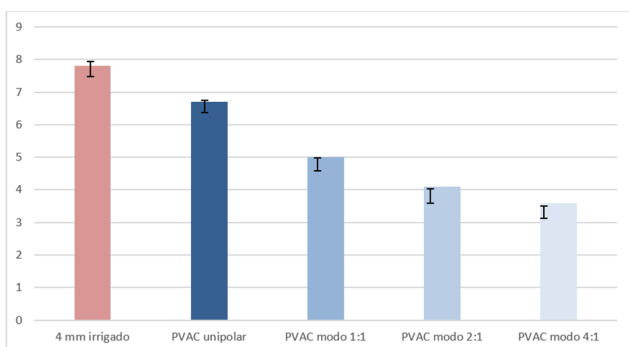


Figura 5: Comparação da profundidade da lesão gerada pelo PVAC-GOLD® e o cateter de 4 mm irrigado.

Outra limitação deste estudo é a falta de endoscopia prévia ao isolamento das veias pulmonares. No entanto, a endoscopia pós-procedimento evidenciou somente uma alteração não relacionada ao isolamento das veias pulmonares, o que parece não comprometer os resultados encontrados.

CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que a lesão do esôfago parece ser um achado incomum em pacientes submetidos a isolamento elétrico das veias pulmonares com o cateter PVAC-GOLD®, com ocorrência comparável às menores taxas descritas com cateter irrigado. Apesar disso, por ser exame não invasivo e de baixo risco, pode ser interessante a realização de endoscopia digestiva alta nos pacientes submetidos a ablação da fibrilação atrial, já que possibilita diagnóstico e tratamento precoces de possíveis lesões esofágicas.

REFERÊNCIAS

- Gillinov AM, Pettersson G, Rice TW. Esophageal injury during radiofrequency ablation for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;122(6):1239-40. PMID: 11726904 DOI: <http://dx.doi.org/10.1067/mtc.2001.118041>
- Scanavacca MI, D'ávila A, Parga J, Sosa E. Left atrial-esophageal fistula following radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004;15(8):960-2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1540-8167.2004.04083.x>
- Pappone C, Oral H, Santinelli V, et al. Atrio-esophageal fistula as a complication of percutaneous transcatheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation.* 2004;109(22):2724-6. PMID: 15159294 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000131866.44650.46>
- Ghia KK, Chugh A, Good E, et al. A nationwide survey on the prevalence of atrioesophageal fistula after left atrial radiofrequency catheter

- ablation. *J Interv Card Electrophysiol.* 2009;24(1):33-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10840-008-9307-1>
- Cummings JE, Schweikert RA, Saliba WJ, et al. Brief communication: atrial-esophageal fistulas after radiofrequency ablation. *Ann Intern Med.* 2006;144(8):572-4. PMID: 16618954 DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00007>
- Schmidt M, Nölker G, Marschang H, et al. Incidence of oesophageal wall injury post-pulmonary vein antrum isolation for treatment of patients with atrial fibrillation. *Europace.* 2008;10(2):205-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/europace/eun001>
- Aryana A, O'Neill PG, Pujara DK, et al. Impact of irrigation flow rate and intrapericardial fluid on cooled-tip epicardial radiofrequency ablation. *Heart Rhythm.* 2016;13(8):1602-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.05.008>
- Weber S, Höher M, Schultes D. First results and follow-up of a second-generation circular mapping and ablation catheter. *J Interv Card Electrophysiol.* 2016;47(2):213-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10840-016-0140-7>
- Müller P, Dietrich JW, Halbfass P, et al. Higher incidence of esophageal lesions after ablation of atrial fibrillation related to the use of esophageal temperature probes. *Heart Rhythm.* 2015;12(7):1464-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.04.005>
- MacGregor DA, Zvara DA, Treadway RM Jr, et al. Late presentation of esophageal injury after transesophageal echocardiography. *Anesth Analg.* 2004;99(1):41-4. PMID: 15281500 DOI: <http://dx.doi.org/10.1213/01.ANE.0000120085.40108.24>
- Mathur SK, Singh P. Transoesophageal echocardiography related complications. *Indian J Anaesth.* 2009;53(5):567-74.
- Lemola K, Sneider M, Desjardins B, et al. Computed tomographic analysis of the anatomy of the left atrium and the esophagus: implications for left atrial catheter ablation. *Circulation.* 2004;110(24):3655-60. PMID: 15569839 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000149714.31471.FD>
- Alaeddini J, Wood MA, Parvez B, Pathak V, Wong KA, Ellenbogen KA. Site localization and characterization of pain during radiofrequency ablation of the pulmonary veins. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2007;30(10):1210-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-8159.2007.00842.x>
- Leite LR, Santos SN, Maia H, et al. Luminal esophageal temperature monitoring with a deflectable esophageal temperature probe and intracardiac echocardiography may reduce esophageal injury during atrial fibrillation ablation procedures: results of a pilot study. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2011;4(2):149-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCEP.110.960328>
- Good E, Oral H, Lemola K, et al. Movement of the esophagus during left atrial catheter ablation for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(11):2107-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2005.08.042>
- Nademanee K, McKenzie J, Kosar E, et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(11):2044-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2003.12.054>
- Marrouche N, Wazni OM, Martin DO, et al. Response to pharmacological challenge of dissociated pulmonary vein rhythm. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2005;16(2):122-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1540-8167.2005.40333.x>
- Cummings JE, Schweikert RA, Saliba WJ, et al. Assessment of temperature, proximity, and course of the esophagus during radiofrequency ablation within the left atrium. *Circulation.* 2005;112(4):459-64. PMID: 16027254 DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.104.509612>
- Redfearn DP, Trim GM, Skanes AC, et al. Esophageal temperature monitoring during radiofrequency ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2005;16(6):589-93.
- Marrouche NF, Guenther J, Segerson NM, et al. Randomized comparison between open irrigation technology and intracardiac-echo-guided energy delivery for pulmonary vein antrum isolation: procedural parameters, outcomes, and the effect on esophageal injury. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2007;18(6):583-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-8167.2007.00879.x>
- Bunch TJ, Bruce GK, Johnson SB, Sarabanda A, Milton MA, Packer DL. Analysis of catheter-tip (8-mm) and actual tissue temperatures achieved during radiofrequency ablation at the orifice of the pulmonary vein. *Circulation.* 2004;110(19):2988-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000146905.19945.99>

22. Melo SL, Scanavacca MI, Darrieux FCC, Hachul DT, Sosa EA. Ablação do flutter atrial típico: estudo prospectivo e randomizado do cateter irrigado fechado versus cateter com eletrodo distal de 8 mm. *Arq Bras Cardiol.* 2007;88(3):273-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2007000300004>
23. Zellerhoff S, Lenze F, Ullerich H, et al. Esophageal and Mediastinal Lesions Following Multielectrode Duty-Cycled Radiofrequency Pulmonary Vein Isolation: Simple Equals Safe? *Pacing Clin Electrophysiol.* 2016;39(4):316-20.