

Recurrencia de la fibrilación auricular posablación de las venas pulmonares. Identificación de factores predictores

Dres. Javier Pinos Vásquez, Tiago Luiz Luz Leiria, Marcelo Lapa Kruse, Leonardo Martins Pires, Gustavo Glotz De Lima

Resumen

La ablación de la fibrilación auricular mediante el aislamiento de las venas pulmonares, es una estrategia ampliamente utilizada en la actualidad. La recurrencia posablación es un problema frecuente. Se han investigado varios predictores de recurrencia con el fin de optimizar la elección del paciente que más se beneficia del procedimiento. Actualmente la evidencia es controvertida, siendo necesarios más estudios de investigación al respecto.

Palabras clave: RECURRENCIA
FIBRILACIÓN ATRIAL
ABLACIÓN DE LAS VENAS PULMONARES
FACTORES PREDICTIVOS

Atrial fibrillation recurrence post pulmonary vein ablation. Identification of predictive factors

Summary

The ablation of atrial fibrillation based on pulmonary veins isolation, is a widely used strategy nowadays. Post ablation recurrence is a frequent problem. Several recurrence predictors have been researched, with the purpose of choosing the patient that would benefit the most from this procedure. Current evidence is controversial and more research is needed.

Key words: RECURRENCE
ATRIAL FIBRILLATION
PULMONARY VEIN ABLATION
PREDICTIVE FACTORS

Recorrência da fibrilação atrial pós-ablação das veias pulmonares. Identificação de fatores preditivos

Resumo

A ablação da fibrilação atrial ao isolar as veias pulmonares, é uma estratégia amplamente utilizada atualmente. A recorrência pós-ablação é um problema frequente. Vários preditores dessa recorrência tem sido pesquisados, a fim de otimizar a escolha do paciente que mais se beneficia do procedimento. Atualmente a evidência é controversa, tornando-se necessário mais estudos de pesquisa nesse sentido.

Palavras chave: RECIDIVA
FIBRILAÇÃO ATRIAL
ABLAÇÃO DAS VEIAS PULMONARES
FATORES PREDITIVOS

Introducción

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia más frecuente. Está presente en 1% a 2% de la población general, y se estima que su incidencia se incrementará en las próximas décadas⁽¹⁾. Se asocia a un riesgo cinco veces mayor de accidente cerebrovascular, tres veces mayor de insuficiencia cardíaca y mayor mortalidad respecto a la población general⁽²⁾.

La ablación de FA por radiofrecuencia (RF) percutánea se ha convertido en los últimos años en el tratamiento de elección para control del ritmo, cuando la farmacoterapia ha fallado, o como tratamiento de primera línea en situaciones específicas. Este procedimiento actualmente tiene como base el aislamiento de las venas pulmonares (VP) a nivel antral⁽³⁾ (figura 1). No obstante, el éxito del procedimiento no es de 100%, con tasas de recurrencia de aproximadamente 30% en la FA paroxística y de hasta 50% cuando se trata una FA persistente⁽⁴⁾. A continuación presentamos una revisión actualizada sobre los mecanismos involucrados en la recurrencia de FA y sus factores predictores.

Recurrencia de fibrilación auricular

La recurrencia de FA puede ser temprana, tardía o muy tardía. Se denomina recurrencia temprana a cualquier episodio de FA, flutter o taquicardia auricular mayor a 30 segundos durante los primeros tres meses de seguimiento. La recurrencia tardía es aquella que aparece entre los tres y doce meses de seguimiento^(5,6). La recurrencia muy tardía se presenta posterior a los doce meses de seguimiento posablación. Recurrencias tempranas han sido reportadas en más de 50% de pacientes, de los cuales solo la mitad manifestará recurrencias tardías, motivo por el cual este período ha sido llamado de blanqueo (*blanking*)⁽⁶⁾. Entre los mecanismos fisiopatológicos relacionados con la recurrencia temprana de la FA se destacan: el aislamiento incompleto de las VP, cambios inflamatorios agudos debidos a la energía de RF aplicada, recuperación de la conducción en una VP previamente aislada, cambios en el sustrato de la aurícula, efecto retardado de la ablación con RF debido a consolidación de la lesión, y modificación del sistema nervioso autónomo⁽³⁾.

El manejo de la recurrencia temprana de la FA hasta el momento es controversial. Es interesante ver que la cardioversión eléctrica en los pacientes con recurrencia temprana, realizada dentro de los primeros 30 días de presentada la arritmia, se relaciona con menor incidencia de arritmias al año de seguimiento⁽¹¹⁾.

Otro problema frecuente es la recurrencia muy tardía. Varios estudios publicados hasta el momen-

to destacan el rol que tienen los focos de tipo gatillo (*triggers*) distintos a las VP y *gaps* en líneas previas de ablación, y su relación con la recurrencia muy tardía de FA. Las principales estructuras, diferentes a las VP, que han demostrado ser *triggers* de FA son: vena cava superior, pared posterior de la aurícula izquierda (AI), ligamento de Marshall, fibras miocárdicas dentro del seno coronario, crista terminalis, septum interatrial y apéndice auricular izquierdo⁽¹²⁻¹⁴⁾. En algunas series, la ablación de estas estructuras ha mejorado los resultados a largo plazo, especialmente en la FA no paroxística⁽³⁾. La ablación de los plexos ganglionares, en combinación con el aislamiento de las VP, también ha sido una estrategia estudiada. Un metaanálisis con 718 pacientes demostró que esta intervención se relaciona con mejores resultados, cuando se la realiza en conjunto con la ablación de las VP, en pacientes con FA paroxística y sin cardiopatía estructural significativa⁽⁸⁾.

Predictores de recurrencia posablación de las venas pulmonares

La tecnología ha permitido mejorar el éxito de la ablación con procedimientos como la reconstrucción anatómica en tercera dimensión de las VP, alcanzando una tasa de éxito de hasta 70% en la FA paroxística y 50% en la FA persistente⁽⁴⁾. En los últimos años se han intentado encontrar los factores que se relacionan con la recurrencia de la FA, sin obtener respuestas claras. Se han descrito varios predictores de recurrencia posablación de las VP, a los cuales hemos clasificado en cuatro grandes grupos.

1. Predictores clínicos de recurrencia

Son varios los factores clínicos que se han relacionado con la recurrencia de la FA. Dentro de estos, el tipo y la duración de la FA son los que más evidencia presentan. Como lo describen Wójcik y colaboradores, la FA persistente y la persistente de larga duración tienen mayores tasas de recurrencia en comparación con la FA paroxística⁽¹⁵⁾. Asimismo, el tiempo de evolución desde la aparición de la FA hasta la ablación ha demostrado ser un factor predictor; a mayor duración de la FA, mayor recurrencia posablación, debido probablemente a un mayor remodelado estructural y eléctrico de la AI⁽¹⁶⁾. Las comorbilidades juegan un rol importante en el éxito de la ablación: la presencia de hipertensión arterial con hipertrofia ventricular izquierda y de enfermedad coronaria son las que más se han asociado con recurrencia de FA⁽¹⁷⁾. Otro factor que ha sido descrito es la escala CHA₂DS₂-VASc, que como demuestra

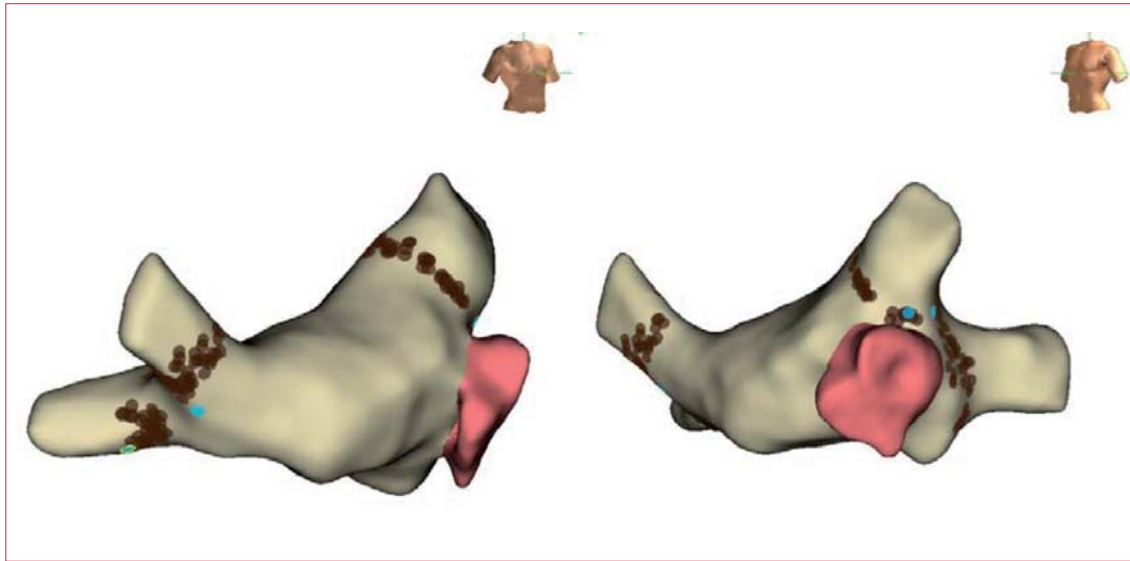


Figura 1. Reconstrucción electro-anatómica en tercera dimensión utilizando EnSite Velocity. Aislamiento a nivel antral por radiofrecuencia: proyección oblicua anterior derecha (a la izquierda) y oblicua anterior izquierda (a la derecha).

Konstantinos P. y colaboradores, puede ser utilizada como predictor independiente de recurrencia⁽¹⁸⁾.

2. Predictores farmacológicos de recurrencia

Algunos autores recomiendan el uso de fármacos antiarrítmicos durante el período de blanqueo, sin embargo, y como lo demostró el estudio 5A⁽⁷⁾, esta estrategia ha demostrado disminuir la prevalencia de arritmias auriculares y hospitalizaciones durante el tratamiento farmacológico, pero sin diferencias en el seguimiento a seis meses respecto a la recurrencia de FA. Mesquita y colaboradores observaron que continuar los fármacos antiarrítmicos más allá del período de blanqueo es una estrategia que disminuye la recurrencia a largo plazo⁽⁸⁾. El uso de corticosteroides posterior a la ablación de la FA también ha sido evaluado, teniendo como base fisiopatológica la inflamación producida por la RF, y su relación con la recurrencia temprana. Si bien esta estrategia ha demostrado disminuir la tasa de recurrencia temprana de FA, no ha sido eficaz en prevenir las recurrencias tardías⁽⁹⁾. Teniendo en cuenta el mismo principio de la inflamación posablación, la colchicina ha demostrado ser útil en disminuir la recurrencia a largo plazo comparada con placebo⁽¹⁰⁾, siendo una estrategia poco utilizada actualmente.

3. Predictores imagenológicos de recurrencia

Volumen auricular

El volumen auricular izquierdo ha sido la variable más estudiada, demostrando, en múltiples ensayos clínicos, mayor poder predictivo que el diámetro⁽¹⁹⁾. La predicción es mayor si el valor es indexado a la

superficie corporal⁽²⁰⁾. Esto probablemente se deba a que una AI muy dilatada es compatible con mayor remodelado estructural y funcional⁽²¹⁾. El volumen de AI evaluado por tomografía computarizada (TC) de 64 cortes ha demostrado ser mejor predictor de recurrencia, comparado con el diámetro medido por ecocardiografía⁽²²⁾. El volumen del apéndice auricular izquierdo también se ha mostrado como un posible predictor: a mayor volumen de esta estructura, mayor riesgo de recurrencia⁽²³⁾.

Anatomía de las venas pulmonares

La evidencia en la actualidad es controvertida con respecto a esta variable. Sohns y colaboradores valoraron la anatomía de las VP utilizando TC de 64 cortes y observaron que una anatomía atípica, diferente a cuatro venas, cada una con su propio ostium, es un fuerte predictor de recurrencia, siendo la variante tronco común izquierdo la que asocia un riesgo mayor⁽²⁴⁾. Contrariamente, Odozynski y colaboradores valoraron de forma retrospectiva la anatomía de las VP de pacientes que recibieron ablación de FA paroxística refractaria a fármacos antiarrítmicos y observaron que la presencia de un tronco común izquierdo se relaciona con menos recurrencia⁽²⁵⁾. Huang y colaboradores, en un estudio prospectivo utilizando crioablación, demostraron que las variantes en la anatomía de las VP no son factores predictores de éxito a largo plazo⁽²⁶⁾.

Estudios previos han demostrado también que el punto de origen para iniciar la FA está usualmente localizado en las VP superiores⁽²⁷⁾, las cuales generalmente tienen una morfología más compleja que puede dificultar su adecuada ablación. Wei y co-

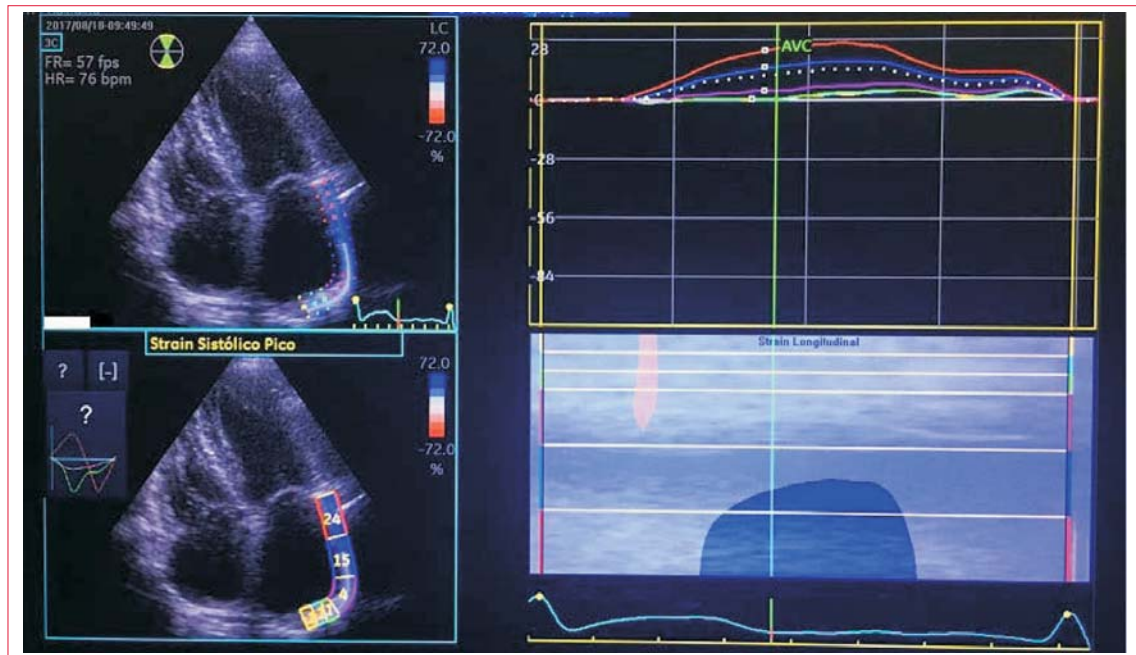


Figura 2. Strain longitudinal en pico sistólico medido a nivel de la pared lateral de la aurícula izquierda.

laboradores demostraron que un diámetro aumentado de las VP medidas por TC es un predictor independiente de recurrencia de FA⁽¹⁶⁾.

Disfunción diastólica, onda A' y strain auricular

Es bien conocido el hecho de que la disfunción diastólica severa aumenta el riesgo de padecer FA⁽²⁸⁾, al producir un remodelado estructural de la AI, constituyendo un sustrato propicio⁽²⁹⁾. La fibrosis resultante ha mostrado ser un fuerte predictor de recurrencia⁽³⁰⁾, del mismo modo que la disfunción diastólica medida por ecocardiografía⁽³¹⁾. Otro factor ecocardiográfico descrito es la onda A' mediante doppler tisular, indicando la función contráctil después de la conversión a ritmo sinusal posablación, con resultados contradictorios en los pocos estudios disponibles a la fecha³².

El *strain* de la AI usando *speckle tracking* es una innovadora e interesante propuesta, que si bien ha dado resultados contradictorios en distintos artículos publicados, en su mayoría coinciden en su utilidad, especialmente al usar *strain* longitudinal^(33,34). El *strain* auricular izquierdo obtenido en vista apical de 4 cámaras es una medida de deformación auricular que es inversamente proporcional a la presión auricular⁽³⁵⁾. El valor del pico sistólico (*o en fase reservorio*) corresponde a la sístole ventricular compatible con la fase diastólica auricular⁽³⁶⁾ (figura 2). La afectación de este valor demuestra una alteración en el llenado auricular, que refleja indirectamente un alto contenido fibrótico⁽³⁷⁾. Los valores pico menores a 30% indican

afectación significativa⁽³⁸⁾. Kuppahally y colaboradores demostraron que la fibrosis de la AI valorada por resonancia magnética tiene correlación significativa con el *strain* en pico sistólico⁽³⁹⁾. Como describen Motoki H.⁽⁴⁰⁾ y colaboradores, un valor de *strain* longitudinal global disminuido es un predictor de recurrencia posablación.

4. Predictores electrocardiográficos y electrofisiológicos de recurrencia

Han sido los factores menos estudiados hasta el momento. Knecht y colaboradores evaluaron las propiedades de conducción de la AI mediante la duración de la onda P al final del procedimiento de ablación, y demostraron que una duración mayor a 120 ms es predictor independiente de recurrencia de FA⁽⁴¹⁾. Wu y colaboradores evaluaron prospectivamente el bloqueo interauricular avanzado antes del procedimiento de ablación en pacientes con FA paroxística, y demostraron que su presencia constituye un predictor independiente de recurrencia de FA posablación de las VP⁽⁴²⁾.

Existen también predictores electrofisiológicos, como es el caso del tiempo de conducción interauricular (TCIA). Higuchi y colaboradores demostraron que un TCIA prolongado (mayor a 123 ms), medido desde el inicio de la onda P hasta la activación auricular más tardía en el seno coronario, constituye un predictor de recurrencia posablación en la FA persistente⁽⁴³⁾.

Conclusión

La ablación de la FA ha evolucionado considerablemente en los últimos años, contando con tecnología y técnicas que permiten mejores resultados, aunque la tasa de recurrencia aún es elevada, en especial en la FA no paroxística. Actualmente existen varios factores predictores de recurrencia que pueden ayudar a definir mejor el tipo de paciente que más se beneficia de este procedimiento. Sin embargo, se necesita un mayor número de estudios, basados en la fisiopatología de la FA, para entender de mejor manera el fenómeno de recurrencia y seleccionar más adecuadamente a los pacientes para ablación de VP.

Dr. Javier Pinos Vásquez:

<https://orcid.org/0000-0001-7237-6136>

Dr. Tiago Luiz Luz Leiria:

<https://orcid.org/0000-0002-3905-102X>

Dr. Marcelo Lapa Kruse:

<https://orcid.org/0000-0002-2429-4491>

Dr. Leonardo Martins Pires:

<https://orcid.org/0000-0001-8003-8081>

Dr. Gustavo Glotz De Lima:

<https://orcid.org/0000-0003-0097-5206>

Bibliografía

1. **Keegan R, Aguinaga L, Secchi J, Pozzer D, Valentino M, Femenía F, et al.** Guías de ablación de arritmias cardíacas de la Federación Argentina de Cardiología. *Rev Urug Cardiol.* 2012; 27(1):78-107. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-04202012000100012. [Consulta: 20 Oct. 2019].
2. **January C, Wann L, Alpert J, Calkins H, Cigarroa J, Cleveland JJr, et al.** 2014 AHA/ACC/HRS guideline 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 Heart Rhythm Society. *Circulation* 2014; 130(23):2071-104. doi: 10.1161/CIR.0000000000000040
3. **Calkins H, Hindricks G, Cappato R, Kim Y, Saad E, Aguinaga L, et al.** 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2017; 14(10):e275-e444. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.05.012
4. **Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, Ahlsson A, Atar D, Casadei B, et al.** 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur Heart J.* 2016; 37(38):2893-962. doi: 10.1093/eurheartj/ehw210
5. **Andrade J, Khairy P, Macle L, Packer D, Lehmann J, Holcomb R, et al.** Incidence and significance of early recurrences of atrial fibrillation after cryoballoon ablation: insights from the multicenter Sustained Treatment of Paroxysmal Atrial Fibrillation (STOP AF) Trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2014;7(1):69-75. doi: 10.1161/CIRCEP.113.000586
6. **Willems S, Khairy P, Andrade J, Hoffmann B, Levesque S, Verma A, et al.** Redefining the blanking period after catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation: insights from the advice (adenosine following pulmonary vein isolation to target dormant conduction elimination) trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2016; 9(8):e003909. doi: 10.1161/CIRCEP.115.003909
7. **Leong-Sit P, Roux J, Zado E, Callans D, Garcia F, Lin D, et al.** Antiarrhythmics after ablation of atrial fibrillation (5A Study): six-month follow-up study. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2011; 4(1):11-4. doi: 10.1161/CIRCEP.110.955393
8. **Kampaktsis P, Oikonomou E, Y Choi D, Cheung J.** Efficacy of ganglionated plexi ablation in addition to pulmonary vein isolation for paroxysmal versus persistent atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *J Interv Card Electrophysiol.* 2017; 50(3):253-260. doi: 10.1007/s10840-017-0285-z
9. **Kim Y, Nam G, Han S, Kim S, Kim K, Lee S, et al.** Effect of short-term steroid therapy on early recurrence during the blanking period after catheter ablation of atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2015; 8(6):1366-72. doi: 10.1161/CIRCEP.115.002957
10. **Deftereos S, Giannopoulos G, Efremidis M, Kosyvakis C, Katsivas A, Panagopoulou V, et al.** Colchicine for prevention of atrial fibrillation recurrence after pulmonary vein isolation: mid-term efficacy and effect on quality of life. *Heart Rhythm* 2014; 11(4):620-8. doi: 10.1016/j.hrthm.2014.02.002
11. **Malasana G, Day J, Weiss J, Crandall B, Bair T, May H, et al.** A strategy of rapid cardioversion minimizes the significance of early recurrent atrial tachyarrhythmias after ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2011; 22(7):761-6. doi: 10.1111/j.1540-8167.2010.02005.x
12. **Tsai C, Tai C, Hsieh M, Lin W, Yu W, Ueng K, et al.** Initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating from the superior vena cava: electrophysiological characteristics and results of radiofrequency ablation. *Circulation* 2000; 102(1):67-74. doi: 10.1161/01.cir.102.1.67
13. **Hwang C, Chen PS.** Ligament of Marshall: why it is important for atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm.* 2009;6:S35-40. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.08.034
14. **Saffitz J, Kanter H, Green K, Tolley T, Beyer E.** Tissue-specific determinants of anisotropic conduction velocity in canine atrial and ventricular myocardium.

- dium. *Circ Res.* 1994; 74(6):1065-70. doi: 10.1161/01.res.74.6.1065
15. **Wójcik M, Erkapic D, Berkowitsch A, Zaltsberg S, Greiss H, Schmitt J, et al.** Ipsilateral circumferential radiofrequency ablation of atrial fibrillation with irrigated tip catheter: long term outcome and pre-procedural predictors. *Circ J.* 2013; 77(9):2280-7. doi:10.1253/circj.CJ-13-0275
 16. **Wei W, Ge J, Zou Y, Lin L, Cai Y, Liu X, et al.** Anatomical characteristics of pulmonary veins for the prediction of postoperative recurrence after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *PLoS One* 2014; 9(4):e93817. doi: 10.1371/journal.pone.0093817
 17. **Fredersdorf S, Ucer E, Jungbauer C, Dornia C, Eglmeier J, Eissnert C, et al.** Lone atrial fibrillation as a positive predictor of left atrial volume reduction following ablation of atrial fibrillation. *Europace* 2014; 16(1):26-32. doi: 10.1093/europace/eut152
 18. **Letsas K, Efremidis M, Giannopoulos G, Deftereos S, Lioni L, Korantzopoulos P, et al.** CHADS2 and CHA2DS2-VASc scores as predictors of left atrial ablation outcomes for paroxysmal atrial fibrillation. *Europace* 2014; 16(2):202-7. doi: 10.1093/europace/eut210
 19. **Ejima K, Arai K, Suzuki T, Kato K, Yoshida K, Nuki T, et al.** Long-term outcome and preprocedural predictors of atrial tachyarrhythmia recurrence following pulmonary vein antrum isolation-based catheter ablation in patients with non-paroxysmal atrial fibrillation. *J Cardiol.* 2014; 64(1):57-63. doi: 10.1016/j.jjcc.2013.11.010
 20. **Arana-Rueda E, Pedrote A, García-Riesco L, Arce-León A, Gómez-Pulido F, Durán-Guerrero J, et al.** Reverse atrial remodeling following pulmonary vein isolation: the importance of the body mass index. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2015; 38(2):216-24. doi: 10.1111/pace.12560
 21. **Maciel W, Andréa E, Araújo N, Carvalho H, Belo L, Siqueira L, et al.** Prognostic criteria of success and recurrence in circumferential ablation for the treatment of atrial fibrillation. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 88(2):134-43. doi: 10.1590/s0066-782x2007000200002
 22. **Sohns C, Sohn J, Vollmann D, Lüthje L, Bergau L, Dorenkamp M, et al.** Left atrial volumetry from routine diagnostic work up prior to pulmonary vein ablation is a good predictor of freedom from atrial fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013; 14(7):684-91. doi: 10.1093/ehjci/jet017
 23. **Pinto Teixeira P, Martins Oliveira M, Ramos R, Rio P, Silva Cunha P, Delgado A, et al.** Left atrial appendage volume as a new predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation. *J Interv Card Electrophysiol.* 2017; 49(2):165-71. doi: 10.1007/s10840-017-0256-4
 24. **Sohns C, Sohn J, Bergau L, Sossalla S, Vollmann D, Lüthje L, et al.** Pulmonary vein anatomy predicts freedom from atrial fibrillation using remote magnetic navigation for circumferential pulmonary vein ablation. *Europace* 2013; 15(8):1136-42. doi: 10.1093/europace/eut059
 25. **Odozynski G, Forno A, Lewandowski A, Nascimento H, d'Avila A.** Paroxysmal atrial fibrillation catheter ablation outcome depends on pulmonary veins anatomy. *Arq Bras Cardiol.* 2018; 111(6): 824-830. doi: 10.5935/abc.20180181
 26. **Huang S, Jin Q, Zhang N, Ling T, Pan W, Lin C, et al.** Impact of pulmonary vein anatomy on long-term outcome of cryoballoon ablation for atrial fibrillation. *Curr Med Sci.* 2018; 38(2):259-67. doi: 10.1007/s11596-018-1874-5
 27. **Haissaguerre M, Jaïs P, Shah D, 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(10):659-66. doi: 10.1056/NEJM199809033391003
 28. **Jaïs P, Peng J, Shah D, Garrigue S, Hocini M, Yamane T, et al.** Left ventricular diastolic dysfunction in patients with so-called lone atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2000; 11(6):623-5. doi: 10.1111/j.1540-8167.2000.tb00023.x
 29. **Pritchett A, Mahoney D, Jacobsen S, Rodeheffer R, Karon B, Redfield M.** Diastolic dysfunction and left atrial volume: a population-based study. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 45(1):87-92. doi: 10.1016/j.jacc.2004.09.054
 30. **Verma A, Wazni O, Marrouche N, Martin D, Kilicaslan F, Minor S, et al.** Pre-existent left atrial scarring in patients undergoing pulmonary vein antrum isolation: an independent predictor of procedural failure. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 45(2):285-92. doi: 10.1016/j.jacc.2004.10.035
 31. **Hu Y, Hsu T, Yu W, Huang S, Tsao H, Tai C, et al.** The impact of diastolic dysfunction on the atrial substrate properties and outcome of catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Circ J.* 2010; 74(10):2074-8. doi: 10.1253/circj.cj-10-0175
 32. **Yoon J, Moon J, Chung H, Choi E, Kim J, Min P, et al.** Left atrial function assessed by Doppler echocardiography rather than left atrial volume predicts recurrence in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Clin Cardiol.* 2013; 36(4):235-40. doi: 10.1002/clc.22105
 33. **Mirza M, Caracciolo G, Khan U, Mori N, Saha S, Srivathsan K, et al.** Left atrial reservoir function predicts atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: a two-dimensional speckle strain study. *J Interv Card Electrophysiol.* 2011; 31(3):197-206. doi: 10.1007/s10840-011-9560-6
 34. **Shaikh A, Maan A, Khan U, Aurigemma G, Hill J, Kane J, et al.** Speckle echocardiographic left

- atrial strain and stiffness index as predictors of maintenance of sinus rhythm after cardioversion for atrial fibrillation: a prospective study. *Cardiovasc Ultrasound*. 2012; 10:48. doi: 10.1186/1476-7120-10-48
35. **Flachskampf F, Biering-Sørensen T, Solomon S, Duvernoy O, Bjerner T, Smiseth O.** Cardiac Imaging to Evaluate Left Ventricular Diastolic Function. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015; 8(9):1071-93. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.07.004
36. **Collier P, Phelan D, Klein A.** A test in context: myocardial strain measured by speckle-tracking echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2017; 69(8): 1043-56. doi: 10.1016/j.jacc.2016.12.012
37. **Pappone C, Rosanio S, Oreto G, Tocchi M, Gugliotta F, Vicedomini G, et al.** Circumferential radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia: A new anatomic approach for curing atrial fibrillation. *Circulation* 2000; 102(21):2619-28. doi: 10.1161/01.cir.102.21.2619
38. **Donal E, Lip G, Galderisi M, Goette A, Shah D, Marwan M, et al.** EACVI/EHRA Expert consensus document on the role of multi-modality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016; 17(4):355-83. doi: 10.1093/ehjci/jev354
39. **Kuppahally S, Akoum N, Burgon N, Badger T, Kholmovski E, Vijayakumar S, et al.** Left atrial strain and strain rate in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation: relationship to left atrial structural remodeling detected by delayed-enhancement MRI. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010; 3(3):231-9. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.109.865683
40. **Motoki H, Negishi K, Kusunose K, Popoviæ Z, Bhargava M, Wazni O, et al.** Global left atrial strain in the prediction of sinus rhythm maintenance after catheter ablation for atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014; 27(11):1184-92. doi: 10.1016/j.echo.2014.08.017
41. **Knecht S, Pradella M, Reichlin T, Mühl A, Bossard M, Stieltjes B, et al.** Left atrial anatomy, atrial fibrillation burden, and P-wave duration-relationships and predictors for single-procedure success after pulmonary vein isolation. *Europace* 2018; 20(2):271-8. doi: 10.1093/europace/euw376
42. **Wu J, Long D, Dong J, Wang S, Fan X, Yang H, et al.** Advanced interatrial block predicts clinical recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation. *J Cardiol* 2016; 68(4):352-6. doi: 10.1016/j.jjcc.2015.10.015
43. **Higuchi S, Ejima K, Shoda M, Yamamoto E, Iwanami Y, Yagishita D, et al.** Impact of a prolonged interatrial conduction time for predicting the recurrence of atrial fibrillation after circumferential pulmonary vein isolation of persistent atrial fibrillation. *Heart Vessels* 2019; 34(4):616-24. doi: 10.1007/s00380-018-1272-8