

Artículo original

# Predictores de pérdida luminal de venas pulmonares tras ablación por radiofrecuencia



Susana Martín-Garre<sup>a,\*</sup>, Nicasio Pérez-Castellano<sup>b</sup>, Jorge G. Quintanilla<sup>b</sup>, Joaquín Ferreiros<sup>a</sup> y Julián Pérez-Villacastín<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Radiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

<sup>b</sup>Unidad de Arritmias, Instituto Cardiovascular, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

## Historia del artículo:

Recibido el 12 de julio de 2014

Aceptado el 11 de diciembre de 2014

On-line el 22 de abril de 2015

## Palabras clave:

Fibrilación auricular  
Venas pulmonares  
Ablación percutánea  
Estenosis  
Remodelado  
Resonancia magnética

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** La incidencia descrita de estenosis de venas pulmonares tras la ablación por radiofrecuencia es muy variable. Además, la mayoría de los estudios se han centrado en las estenosis graves y han prestado poca atención a las de carácter leve. El objetivo de este trabajo es estudiar los cambios morfológicos de las venas pulmonares después de la ablación y los posibles factores predictivos de estenosis en la resonancia magnética previa a la ablación.

**Métodos:** Se examinó mediante resonancia magnética cardíaca a un total de 80 pacientes consecutivos con fibrilación auricular antes de practicarles una ablación por radiofrecuencia. Se repitió la resonancia magnética una mediana de 95 días después de la ablación. Entre las variables estudiadas, se midió, utilizando un diseño ciego, el área/elipticidad del ostium, así como el volumen auricular. Se evaluó la presencia de estenosis y se clasificó como leve (< 50% de reducción del área), moderada (50-70%) o grave (> 70%).

**Resultados:** Se identificó estenosis tras la ablación en 78 de 322 venas analizadas (24,2%). La estenosis fue leve en 66 (84,6%) venas, moderada en 11 (14,1%) y grave en 1 (1,3%). Todas estaban asintomáticas. La vena pulmonar inferior izquierda es la que presentó la mayor frecuencia de estenosis: se detectó en un 26% de ellas ( $p < 0,001$ ). Un análisis de regresión múltiple reveló que el tipo de vena (vena pulmonar inferior izquierda, *odds ratio* = 3,089;  $p = 0,02$ ) y una mayor área del ostium antes de la ablación (*odds ratio* = 1,009;  $p < 0,001$ ) eran factores independientes predictivos de estenosis tras la ablación. La edad (*odds ratio* = 1,033) mostró una tendencia fuerte hacia la significación estadística ( $p = 0,06$ ).

**Conclusiones:** Después de la ablación se produce una disminución del tamaño del ostium de las venas pulmonares y se detecta algún grado de estenosis en menos de una tercera parte de los pacientes. La mayoría son leves y las estenosis graves son excepcionales. Los pacientes de más edad, aquellos con venas de mayor tamaño y las venas inferiores izquierdas tienen mayor probabilidad de presentar estenosis.

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Predictors of Luminal Loss in Pulmonary Veins After Radiofrequency Ablation

### ABSTRACT

**Introduction and objectives:** The reported incidences of stenosis after radiofrequency ablation of pulmonary veins are highly variable. Moreover, most studies have focused on severe stenosis and have overlooked mild stenosis. Our aims were to study postablation morphological changes in the pulmonary veins and to evaluate preablation magnetic resonance imaging predictors for stenosis.

**Methods:** Eighty consecutive patients with atrial fibrillation underwent cardiac magnetic resonance imaging before undergoing radiofrequency ablation. Magnetic resonance imaging was repeated a median of 95 days after ablation. Ostium area/ellipticity and atrial volume were blindly assessed. We evaluated the presence of stenosis and classified it as mild (< 50% area reduction), moderate (50%-70%), and severe (> 70%).

**Results:** Postablation stenosis was identified in 78 of 322 veins (24.2%). The stenosis was mild in 66 (84.6%), moderate in 11 (14.1%), and severe in 1 (1.3%). All of them were asymptomatic. The left inferior pulmonary vein showed the highest frequency of stenosis, which was detected in 26% of them ( $P < .001$ ). A multiple regression analysis revealed that left inferior pulmonary vein (*odds ratio* = 3.089;  $P = .02$ ) and a greater preablation ostium area (*odds ratio* = 1.009;  $P < .001$ ) were independent predictors for postablation stenosis. Age (*odds ratio* = 1.033) showed a strong trend to statistical significance ( $P = .06$ ).

## Keywords:

Atrial fibrillation  
Pulmonary veins  
Catheter ablation  
Stenosis  
Remodeling  
Magnetic resonance imaging

## VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2015.08.011>, Rev Esp Cardiol. 2015;68:1056-8.

\* Autor para correspondencia: Servicio de Radiología, Hospital Clínico San Carlos, Prof. Martín Lagos s/n, 28040 Madrid, España.  
Correo electrónico: [smgarre@gmail.com](mailto:smgarre@gmail.com) (S. Martín-Garre).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2014.12.018>

0300-8932/© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**Conclusiones:** After ablation, vein ostia size is reduced and stenosis is detected in less than one third of patients. Most cases are mild, and severe stenosis is rare. Postablation stenosis is more likely to develop in older patients, those with larger vein ostia, and in the left inferior pulmonary veins.

Full English text available from: [www.revespcardiol.org/en](http://www.revespcardiol.org/en)

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Abreviaturas

FA: fibrilación auricular  
RM: resonancia magnética  
VP: vena pulmonar

## INTRODUCCIÓN

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia más frecuente. Es probable que se produzca un aumento de la incidencia de FA debido al aumento progresivo de la edad de la población<sup>1</sup>. La aurícula izquierda y las venas pulmonares (VP) proximales desempeñan un papel clave en el inicio y el mantenimiento de la FA<sup>2</sup>. Este trastorno puede ser iniciado por latidos ectópicos rápidos originados en manguitos de miocardio de la aurícula izquierda que se extienden hacia el interior de las VP<sup>3</sup>. Durante la última década, el aislamiento de las VP por medio de múltiples aplicaciones consecutivas de energía de radiofrecuencia alrededor del *ostium* se ha establecido como una opción terapéutica eficaz y de importancia creciente en el tratamiento de la FA<sup>3–6</sup>.

La estenosis de las VP se ha identificado como complicación de este procedimiento<sup>7–9</sup>. Su riesgo puede minimizarse reduciendo la energía de radiofrecuencia aplicada y evitando las aplicaciones en el interior de las VP<sup>6,10,11</sup>. Por consiguiente, el conocimiento detallado de la anatomía de las VP de cada paciente puede ser esencial para optimizar el aislamiento de las venas<sup>12</sup>.

En varios estudios se ha evaluado la incidencia de estenosis grave de las VP tras la ablación; los porcentajes descritos han sido muy variables (entre el 0.0 y el 42,4%<sup>9,13–16</sup>). Sin embargo, se sabe poco sobre los grados menores de pérdida luminal tras la ablación.

Los objetivos del presente estudio son: a) evaluar el remodelado anatómico de las VP tras la ablación, y b) estudiar los posibles factores predictivos del riesgo de estenosis de las VP basados en estudios de resonancia magnética (RM) realizados antes y después de la ablación por radiofrecuencia de la FA.

## MÉTODOS

### Pacientes y procedimiento de ablación

Se estudió a 80 pacientes consecutivos con FA recurrente sintomática (paroxística o persistente), refractaria a los fármacos antiarrítmicos, remitidos para ablación por radiofrecuencia de la FA, en los que se obtuvo una RM con contraste antes y aproximadamente 3 meses después del procedimiento (mediana de 95 [intervalo intercuartílico, 90–104] días).

El método de ablación consistió en el aislamiento del *ostium* de la VP usando catéteres con punta irrigada (Navistar y Navistar Thermo-cool; Biosense Webster) y catéteres circulares decapolares (Lasso; Biosense Webster) con empleo simultáneo de un sistema de cartografía electroanatómica (CARTO; Biosense-Webster) integrado con las imágenes tridimensionales de RM. El objetivo de la ablación era producir un bloqueo bidireccional de la conducción de la VP en todas las VP.

El comité ético local aprobó el protocolo del estudio y los pacientes del estudio dieron su consentimiento informado por escrito para la RM y para el procedimiento de ablación.

### Adquisición de las imágenes

La RM cardíaca se realizó con un sistema de 1 T (Signa LX; GE Medical Systems) o de 1,5 T (Sigma Excite; GE Medical Systems). La inyección del contraste de gadolinio para la secuencia angiográfica se realizó con una técnica de rastreo del bolo (*bolus tracking*) o con una adquisición de imagen del bolo (*bolus timing*) (2 ml de contraste de gadolinio a una velocidad de 2 ml/s, seguidos de un bolo de 20–30 ml de solución fisiológica a una velocidad de 2 ml/s) previa a una angiografía tridimensional con contraste de gadolinio y en apnea, en un plano coronal que incluía la aurícula izquierda y las VP (20 ml de gadopentetato de dimeglumina a una velocidad de 2 ml/s, seguido de un bolo de 20–30 ml de solución fisiológica a una velocidad de 2 ml/s).

Se realizó estudio de cine-RM con sincronización electrocardiográfica para la medición de los volúmenes de la aurícula izquierda mediante secuencias de eco-gradiente (sistema de 1 T) o secuencias de precesión libre en estado de equilibrio estable (sistema de 1,5 T) adquiridas en apnea en planos axiales adyacentes que cubrían la aurícula izquierda y las VP proximales.

### Mediciones morfométricas de venas pulmonares y de la aurícula izquierda

Un observador que desconocía si la exploración se había llevado a cabo antes o después de la ablación evaluó las imágenes obtenidas en todos los estudios. Tal como se muestra en la *figura 1*, se determinaron los diámetros superoinferior y anteroposterior de cada VP en cortes de 8–10 mm de grosor en dos imágenes MIP (proyección de intensidad máxima) de las VP (*maximum intensity projection*) basadas en el eje longitudinal de la VP. El *ostium* de la VP se definió como el punto de inflexión entre la pared de la aurícula izquierda y la pared de la VP. Se estimó el área seccional transversal del *ostium* con la siguiente fórmula:

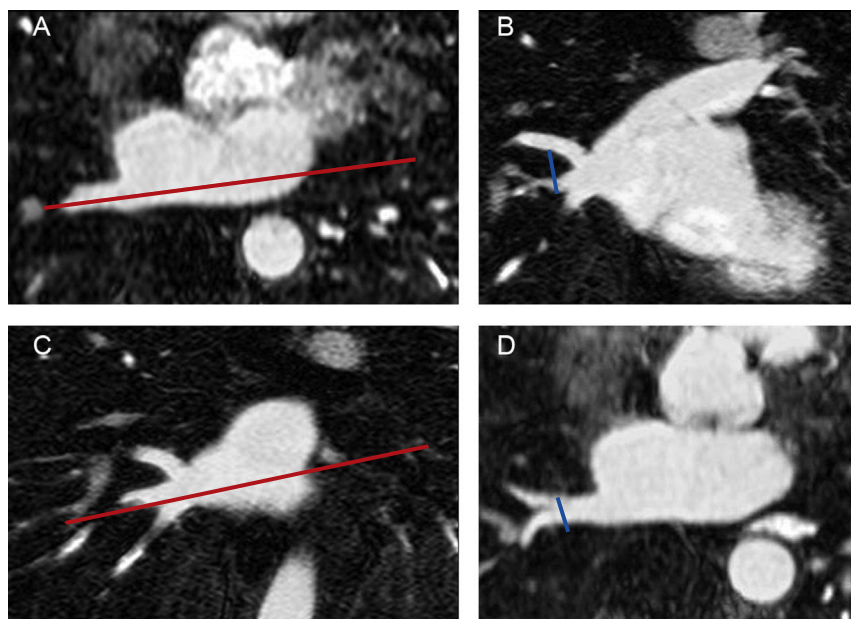
$$\begin{aligned} &\text{Área de la sección transversal del } \textit{ostium} \\ &= \pi \times \frac{\text{diámetro superoinferior}}{2} \times \frac{\text{diámetro anteroposterior}}{2} \end{aligned}$$

Se determinó el área de la sección transversal de la VP en la situación basal y después de la ablación a nivel del *ostium* de la VP, a intervalos de 3 mm y en el punto de máxima reducción.

Se calculó la elipticidad del *ostium* de la siguiente forma:

$$\text{Elipticidad del } \textit{ostium} = \frac{(\text{diámetro máximo} - \text{diámetro mínimo})}{\text{diámetro máximo}}$$

Esta fórmula proporciona un valor entre 0 (circunferencia) y 1 (línea recta). Se midió también la distancia del *ostium* de la VP a la primera ramificación y los ángulos de la VP respecto a los planos axial y coronal del cuerpo.



**Figura 1.** Medición de los diámetros de las venas pulmonares. Eje longitudinal de la vena pulmonar en un plano axial (A). El diámetro superoinferior de cada vena pulmonar se midió en una reconstrucción de imagen coronal oblicua (B) basada en el plano que se muestra en A. Eje longitudinal de la vena pulmonar en un plano coronal (C). El diámetro anteroposterior se midió en una imagen axial oblicua (D) basada en el plano que se muestra en C. El ostium de la vena pulmonar se definió como el punto de inflexión entre la pared de la aurícula izquierda y la pared de la vena pulmonar.

Se midieron los diámetros de la aurícula izquierda (anteroposterior, transversal y longitudinal) y los volúmenes (telesistólico y telediastólico).

Se realizaron reconstrucciones MIP y MPVR (*multiprojection volume reconstruction*) con la ayuda de un programa informático comercial de visualización de volumen (Advantage Workstation 4.2; GE Medical Systems).

Para determinar el grado de acuerdo interobservador, un evaluador con 15 años de experiencia en RM realizó las mediciones de las VP de manera independiente. Para determinar la concordancia intraobservador, el evaluador inicial volvió a realizar las mediciones 1 año después utilizando un diseño ciego.

### Estenosis de venas pulmonares

La estenosis de VP se definió como una disminución del diámetro de la VP de más del doble de la desviación estándar de las diferencias intraobservador. Las estenosis se clasificaron como concéntricas (reducción tanto del diámetro superoinferior como del anteroposterior) o excéntricas (reducción de solo uno de los diámetros). Según el grado de reducción del área de la sección transversal de la VP, las estenosis se clasificaron como leves (< 50%), moderadas (50–70%) o graves (> 70%).

### Análisis estadístico

Las variables continuas no seguían una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk, por lo que se presentan en forma de mediana [intervalo intercuartílico], y se compararon con la prueba de la U de Mann-Whitney. Las variables discretas se compararon con la prueba de la  $\chi^2$ . Se utilizó un análisis de ecuaciones de estimación generalizada para identificar los factores clínicos y anatómicos que predecían la estenosis de las VP tras la ablación. A diferencia de la regresión logística convencional, que utiliza la asunción de casos independientes, el método empleado aquí (ecuaciones de estimación generalizada) tiene en cuenta que los casos están correlacionados (mediciones de varias venas en

cada paciente), lo que proporciona estimaciones más fiables de la *ratio. ratio* (OR). Se probaron en el análisis multivariable las variables clínicamente relevantes (edad, sexo, hipertensión, cardiopatía estructural y tipo de FA) y las variables morfométricas que podían estar asociadas a la pérdida luminal tras la ablación (volúmenes de la aurícula izquierda, tipo de VP, área del ostium de la VP, elipticidad del ostium de VP, angulación de las VP y distancia hasta la primera ramificación). Inicialmente se incluyeron en el modelo todas las variables, y luego se aplicó una selección retrógrada escalonada de las variables, fijando un valor de  $p = 0,25$  para la inclusión y  $p = 0,10$  para la exclusión. Se calculó el coeficiente de correlación intraclase para evaluar la reproducibilidad interobservador e intraobservador de las mediciones. Las categorías de Fleiss describen la fuerza de la concordancia: > 0,75, concordancia alta; 0,41–0,75, concordancia moderada; < 0,40, concordancia baja. Para los análisis de los datos, se emplearon los programas informáticos JMP (7.0) y SPSS (19.0), con un nivel de significación bilateral de 0,05.

### RESULTADOS

Las características basales de la población del estudio se incluyen en la [tabla 1](#). Se realizó ablación en un total de 304 VP de 80 pacientes. Se consiguió un bloqueo bidireccional de la VP en la totalidad de las VP abordadas. Se produjeron complicaciones asociadas a la ablación en 5 (6,3%) de 80 pacientes (fístula arteriovenosa femoral en 2 pacientes, hematoma femoral en 1, embolia gaseosa con coronariografía normal en 1 y lesión de cuerda tendinosa mitral en 1).

### Anatomía de las venas pulmonares

El patrón clásico de 4 VP distintas estaba presente en 51 (64%) de 80 pacientes; 15 de 80 (19%) tenían un tronco común izquierdo, 17 de 80 (21%) presentaban una VP media derecha independiente y en 3 de 80 (4%) había a la vez un tronco común izquierdo y una VP media derecha independiente. Como se indica en la [tabla 2](#), los

**Tabla 1**

Características de la población de estudio

Edad (años)	54 [47-60]
Sexo	
Varones	66 (82,5)
Mujeres	14 (17,5)
Hipertensión arterial	28 (35)
Cardiopatía estructural	14 (18)
Isquémica	4 (5)
Hipertensiva	4 (5)
Taquimiocardiopatía	3 (3,8)
Valvular	1 (1,3)
Dilatada	1 (1,3)
Congénita	1 (1,3)
Tipo de fibrilación auricular	
Paroxística	54 (68)
Persistente	26 (32)
Fármacos antiarrítmicos previos a la ablación	68 (85)

Los datos expresan n (%) o mediana [intervalo intercuartílico].

*ostium* de las VP del lado derecho eran mayores y más circulares que los de las VP del lado izquierdo ( $p < 0,001$  para ambas comparaciones). Las VP inferiores eran de menor tamaño que las superiores (área de los *ostium* de las VP inferiores, 182 [141-227] mm<sup>2</sup>, frente a la de los de las superiores, 215 [188-247] mm<sup>2</sup>;  $p < 0,001$ ) y eran más ovaladas (elipticidad de las VP inferiores, 0,16 [0,07-0,28], frente a la de las superiores, 0,09 [0,04-0,17];  $p < 0,001$ ). Los *ostium* más elípticos y más pequeños de las 4 VP fueron los observados en la VP inferior izquierda ( $p < 0,001$  para ambas comparaciones). La VP superior derecha fue la que mostró un *ostium* más circular y más grande, pero la diferencia no alcanzó significación estadística. La distancia máxima entre el *ostium* de la VP y la primera ramificación fue la observada en la VP superior izquierda ( $p < 0,001$ ) y la distancia mínima fue la de la VP inferior derecha ( $p < 0,001$ ). La distancia fue mayor en las venas del lado izquierdo que en las del lado derecho (media de la diferencia, 8,7 [intervalo de confianza del 95%,] mm;  $p < 0,001$ ).

El análisis univariable mostró unos *ostium* de mayor tamaño en los varones (209 [173-241] mm<sup>2</sup>) que en las mujeres (185 [143-216] mm<sup>2</sup>;  $p = 0,002$ ), con hipertensión (214 [173-246] frente a 198 [161-233] mm<sup>2</sup>;  $p = 0,05$ ), con miocardiopatías estructurales ( $p = 0,03$ ), con FA persistente (222 [180-258] frente a 194 [161-230] mm<sup>2</sup>;  $p < 0,001$ ) y con mayor tamaño de la aurícula izquierda. El análisis de regresión múltiple reveló que solo el tamaño auricular izquierdo era un predictor independiente del tamaño de las VP.

**Tabla 2**

Morfometría de las venas pulmonares

	Área (mm <sup>2</sup> )	Elipticidad	Distancia a la primera ramificación (mm)
VP derechas	223 [187-257] (120-448)	0,00,09 [0,04-0,15] (0,00-0,48)	10 [7-13] (2-34)
VPID	220 [180-244] (120-362)	0,00,10 [0,06-0,18] (0,00-0,48)	9 [6-12] (3-18)
VPSD	227 [199-269] (131-448)	0,00,08 [0,03-0,12] (0,00-0,30)	12 [8-15] (2-34)
VP izquierdas	177 [138-211] (63-388)	0,00,20 [0,09-0,30] (0,00-0,55)	19 [16-23] (8-36)
VPIL	141 [113-178] (63-330)	0,00,28 [0,17-0,35] (0,00-0,55)	17 [14-20] (8-31)
VPSI	198 [177-234] (87-388)	0,011 [0,05-0,22] (0,01-0,38)	21 [18-26] (9-36)
VPMD	61 [45-75] (33-116)	0,09 [0,05-0,16] (0,01-0,25)	9 [5-12] (1-22)
TCI	355 [292-438] (216-589)	0,00,34 [0,30-0,42] (0,00-0,56)	22 [19-24] (11-28)

TCI: tronco común izquierdo; VP: venas pulmonares; VPID: vena pulmonar inferior derecha; VPIL: vena pulmonar inferior izquierda; VPMD: vena pulmonar media derecha; VPSD: vena pulmonar superior derecha; VPSI: vena pulmonar superior izquierda. Los datos expresan mediana [intervalo intercuartílico] (intervalo).

## Estenosis de venas pulmonares

El coeficiente de correlación intraclase fue de 0,96 para la reproducibilidad intraobservador y de 0,85 para la variabilidad interobservador en la medición de los diámetros de las VP (concordancia alta según las categorías de Fleiss). La desviación estándar de las diferencias intraobservador e interobservador fue de 1,625 mm, sin diferencias en los diámetros superoinferior y anteroposterior. Así pues, la estenosis de VP se definió como la reducción de cualquier diámetro de la VP (superoinferior o anteroposterior)  $> 3,25$  mm.

Globalmente, hubo una mediana de reducción de 32 [7,7-57,7] mm<sup>2</sup> en el área del *ostium* de las VP después de la ablación (figura 2). No se encontró asociación entre esta reducción y los cambios en el volumen de la aurícula izquierda.

Se observó estenosis en 78 (24,2%) de las 322 venas analizadas. La estenosis fue leve en 66 (84,6%) de 78 VP, moderada en 11 (14,1%) de 78 venas y grave en 1 (1,3%) de 78 venas (figura 3A). Todos los pacientes con estenosis venosa estaban asintomáticos y ninguno necesitó tratamiento. La tasa más alta de estenosis fue la observada en la VP inferior izquierda (24 de 65). De hecho, la única estenosis grave se identificó en una VP inferior izquierda (reducción del área de la sección transversal del 78%) (figuras 3B-D).

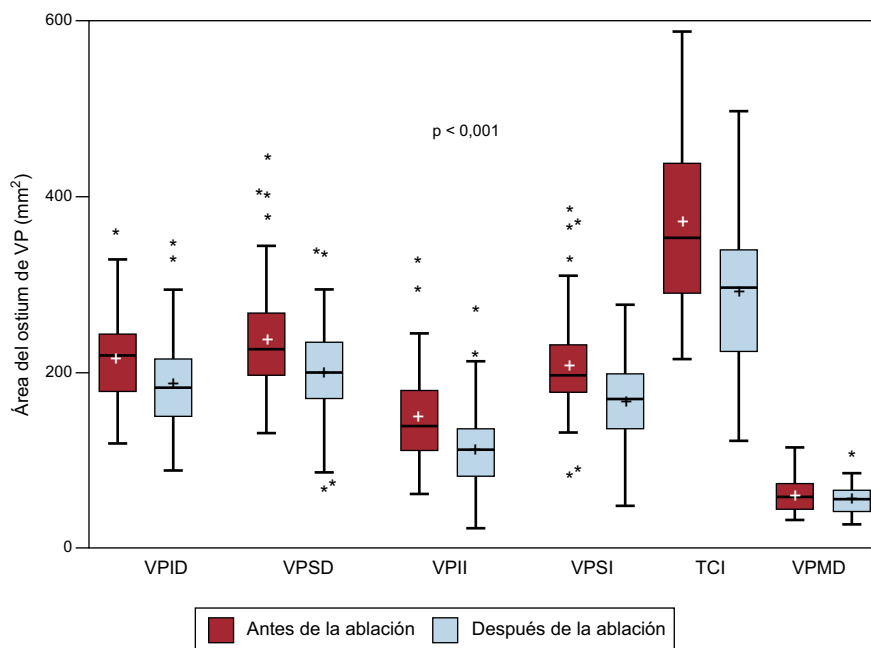
Las estenosis de las VP fueron excéntricas en 58 VP (74%) y concéntricas en 20 (26%). No se observaron diferencias en la frecuencia de reducción de los diámetros superoinferior o anteroposterior. El cociente de estenosis de VP excéntricas respecto a las concéntricas fue similar en todas las VP. La mayoría de las estenosis moderadas (8 de 78, 73%) y el único caso de estenosis grave fueron de tipo concéntrico, mientras que la mayoría de los casos de estenosis leves (55 de 66, 83%) fueron de tipo excéntrico ( $p < 0,001$ ).

Un modelo de regresión múltiple que incluía factores clínicos y características morfométricas de las VP y de la aurícula izquierda reveló que la VP inferior izquierda (odds ratio = 3,089; intervalo de confianza del 95%, 1,229-7,757;  $p = 0,02$ ) y una mayor área de la sección transversal de los *ostium* antes de la ablación (odds ratio = 1,009; intervalo de confianza del 95%, 1,004-1,015, por 1 mm<sup>2</sup> de aumento;  $p < 0,001$ ) eran factores independientes predictivos de estenosis de VP (tabla 3). La edad avanzada (odds ratio = 1,033; intervalo de confianza del 95%, 0,998-1,068, por cada 1 año de edad más) mostró una tendencia muy marcada a la significación estadística ( $p = 0,06$ ).

## DISCUSIÓN

### Técnicas de imagen anatómicas

Estos resultados indican que la RM realizada antes de la ablación percutánea de VP en pacientes con FA puede ser útil no



**Figura 2.** Área del ostium de la vena pulmonar antes y después de la ablación. Gráficos de cajas que muestran la diferencia entre las áreas de la sección transversal de las venas pulmonares antes y después de la ablación. Los recuadros indican mediana [intervalo intercuartílico]. TCI: tronco común izquierdo; VP: vena pulmonar; VPID: vena pulmonar inferior derecha; VPIL: vena pulmonar inferior izquierda; VPMD: vena pulmonar media derecha; VPSD: vena pulmonar superior derecha; VPSI: vena pulmonar superior izquierda. Los recuadros indican mediana [intervalo intercuartílico]. Las líneas indican los valores mínimo y máximo, excepto cuando hay un valor extremo, que se indica con un punto. La media se indica con +.

solo para la evaluación del número, la posición y el tamaño de los ostium venosos, sino también para predecir el riesgo de estenosis tras ablación por radiofrecuencia.

La tomografía computarizada y la RM son buenas técnicas para evaluar la anatomía de las VP<sup>2,8,17,18</sup>. La información aportada por la RM previa a la ablación resulta muy útil a los cardiólogos intervencionistas, ya que les permite no solo elegir el catéter apropiado, sino también asegurarse de que se evalúan todos los ostium de las VP durante el procedimiento. La evaluación de estas características en la angiografía convencional puede no ser óptima, puesto que solo se muestran los bordes superior e inferior de los ostium de las VP.

#### Caracterización morfométrica de las venas pulmonares y las aurículas

Por lo que respecta al patrón anatómico, el tamaño y la forma de las VP, los resultados de este estudio concuerdan con lo referido por la mayoría de los estudios previos en los que se ha utilizado la tomografía computarizada o la RM<sup>17,19–23</sup>. Sin embargo, estas mediciones de los diámetros de las VP en pacientes del sudoeste de Europa son ligeramente inferiores a las descritas en pacientes de Norteamérica y Europa central.

Coincidiendo con lo descrito por un amplio estudio reciente<sup>19</sup>, los ostium de las VP fueron mayores en los pacientes con FA persistente. Otros estudios no han observado diferencias entre los dos grupos<sup>2,8,22</sup>. Sin embargo, en el presente estudio, esta asociación perdió la significación estadística al ajustar según el volumen de la aurícula izquierda, lo que indica que el aumento de tamaño de las VP es un proceso ligado al crecimiento de la aurícula izquierda como consecuencia del remodelado auricular que se produce en estos pacientes.

#### Incidencia de estenosis

La incidencia real de la estenosis de VP tras la ablación sigue siendo incierta; se han publicado porcentajes que van de 0 al

42,4%<sup>15,16,24–26</sup>. En el presente estudio se observó una estenosis leve en 66 (20,5%) de las 322 venas analizadas, moderada en 11 (3,4%) y grave en 1. Entre las posibles causas de estas diferencias se encuentran los criterios para la definición de la estenosis (p. ej., la medición de solo un diámetro frente al área de la sección transversal o la consideración de que hay estenosis solo cuando la reducción es > 50%), el uso de métodos diagnósticos diferentes y de técnicas de ablación diversas.

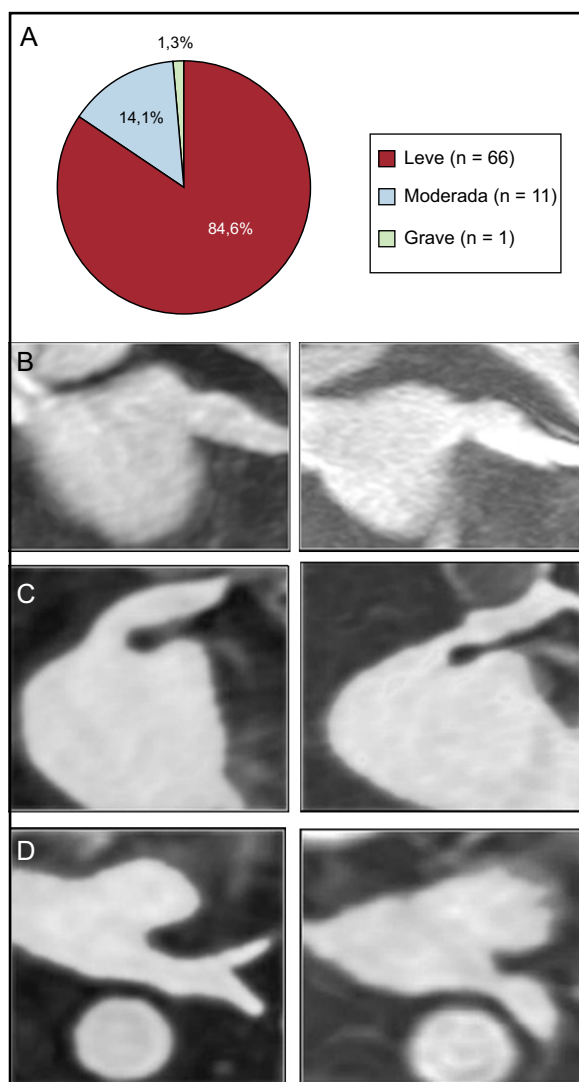
#### Factores predictivos de estenosis previos a la ablación

Los pacientes de más edad, los que tenían ostium de VP de mayor tamaño y las VP inferiores izquierdas se asociaron a mayor riesgo de estenosis de VP tras la ablación. Aunque los factores técnicos de la ablación, como el número, la duración, la temperatura y la potencia de las aplicaciones en las VP, influyen en las estenosis<sup>7,27,28</sup>, es poco lo que se sabe acerca de los factores morfométricos predictivos de las estenosis.

Por lo que respecta a la edad, se ha descrito una mayor frecuencia de discontinuidad y de hipertrofia y un mayor grado de fibrosis del miocardio auricular en las VP de los pacientes con FA<sup>29</sup> y en los pacientes ancianos<sup>30</sup>. Al parecer, la fibrosis adicional inducida por las aplicaciones de radiofrecuencia en estas VP potencialmente patológicas de los pacientes de más edad podría contribuir al desarrollo de estenosis.

Además, se observó que la presencia de ostium venosos de mayor tamaño antes de la ablación era un predictor de estenosis. Hay varios factores que pueden influir en este resultado aparentemente sorprendente: a) las VP grandes suelen necesitar más aplicaciones para conseguir el aislamiento, y b) el operador, de forma consciente o no, puede haber sido menos conservador al aplicar la ablación en las VP de mayor tamaño. En concordancia con lo indicado por estos datos, se ha descrito que el tamaño (mayor) de las VP es un factor predictivo de estenosis<sup>14</sup>.

Por último, tal como se ha descrito en estudios previos<sup>27,31</sup>, la mayoría de las estenosis se produjeron en la VP inferior izquierda.



**Figura 3.** Estenosis de venas pulmonares. A: frecuencia de estenosis según el porcentaje de reducción del área de la sección transversal (leve, < 50%; moderada, 50-70%; grave, > 70%). B-D: reconstrucciones de la secuencia de resonancia magnética tridimensional con contraste de gadolinio. B: estenosis leve de una vena pulmonar superior izquierda, plano coronal oblicuo. C: estenosis moderada de una vena pulmonar superior izquierda, plano coronal oblicuo. D: estenosis grave de una vena pulmonar inferior izquierda, plano axial.

**Tabla 3**

Factores predictivos de estenosis tras la ablación

	OR (IC95%)	p
Edad	1,033 (0,998-1,068)	0,06
FA persistente	1,986 (0,776-5,085)	0,15
VTSAl antes de la ablación	0,988 (0,972-1,003)	0,12
VP		< 0,001
VPID	0,279 (0,100-0,778)	0,01
VPSD	0,721 (0,031-1,679)	0,45
VPII	3,089 (1,229-7,757)	0,02
VPMD	No estimable	—
TCl	0,679 (0,124-3,723)	0,65
Área del ostium antes de la ablación	1,009 (1,004-1,015)	< 0,001

FA: fibrilación auricular; IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: odds ratio; TCl: tronco común izquierdo; VP: vena pulmonar; VPID: vena pulmonar inferior derecha; VPII: vena pulmonar inferior izquierda; VPMD: vena pulmonar media derecha; VPSD: vena pulmonar superior derecha; VTSAl: volumen telesistólico auricular izquierdo.

Sin embargo, que nosotros sepamos, no se ha descrito anteriormente que sea un factor predictivo de estenosis en RM. La forma oval de la mayoría de los ostium de la VP inferior izquierda puede contribuir a producir un contacto prolongado del catéter de ablación con las paredes anterior y posterior de la VP, lo que podría conducir a una ablación más extensa de lo pretendido. De hecho, la mayoría de las estenosis moderadas o graves observadas en las VP inferiores izquierdas mostraron una mayor reducción del diámetro anteroposterior.

### Limitaciones

La principal limitación del presente estudio fue que la RM posterior a la ablación se obtuvo tras una mediana de 95 días; por lo tanto, las mediciones podrían variar en una evaluación a más largo plazo. Además, las RM cardíacas se realizaron con sistemas de 1 o 1,5 T, que no corresponden a la tecnología más moderna. Sin embargo, estos son los sistemas que se emplean en la práctica clínica en la mayoría de los hospitales de todo el mundo. Además, estos sistemas permiten alcanzar vóxeles de resoluciones de  $1,5 \times 1,25 \times 1,78$  mm, más que suficiente para los objetivos de este estudio. Hay que señalar que solo se ha considerado reducciones de la estenosis de más de 3,25 mm (el doble de la desviación estándar de la variabilidad intraobservador), aproximadamente el doble de la resolución de la técnica en cualquier dimensión, por lo que no es un factor limitante de importancia. Por último, las exploraciones de tomografía computarizada habrían proporcionado mejor resolución, pero a costa de irradiar al paciente dos veces (antes y después de la ablación).

### CONCLUSIONES

Después de la ablación, se observa una pérdida luminal de las VP, y se detecta estenosis en menos de una tercera parte de los pacientes. La mayoría de las estenosis son leves, y las estenosis graves son excepcionales. En pacientes ancianos, en aquellos con ostium de VP de mayor tamaño, así como en las VP inferiores izquierdas, es más probable la aparición de estenosis tras la ablación.

### FINANCIACIÓN

Jorge G. Quintanilla contó con la financiación del FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y del Instituto de Salud Carlos III: RD06/0003/0009 (REDINSCOR [Red Española de Insuficiencia Cardíaca]) y RD12/0042/0036 (RIC [Red de Investigación Cardiovascular]).

### CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Beukema WP, Elvan A, Sie HT, Misier AR, Wellens HJ. Successful radiofrequency ablation in patients with previous atrial fibrillation results in a significant decrease in left atrial size. *Circulation*. 2005;112:2089-95.
2. Schwartzman D, Lacomis J, Wigginton WG. Characterization of left atrium and distal pulmonary vein morphology using multidimensional computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41:1349-57.
3. 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.
4. Katritsis D, Merchant FM, Mela T, Singh JP, Heist EK, Armondas AA. Catheter ablation of atrial fibrillation the search for substrate-driven end points. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2293-8.
5. Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Iesaka Y, Kalman J, et al. Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation*. 2005;111:1100-5.

6. Haissaguerre M, Shah DC, Jais P, Hocini M, Yamane T, Deisenhofer I, et al. Electrophysiological breakthroughs from the left atrium to the pulmonary veins. *Circulation*. 2000;102:2463–5.
7. Arentz T, Jander N, Von Rosenthal RJ, Blum T, Furmaier R, Görmandt L, et al. Incidence of pulmonary vein stenosis 2 years after radiofrequency catheter ablation of refractory atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2003;24:963–9.
8. Kato R, Lickfett L, Meininger G, Dickfeld T, Wu R, Juang G, et al. Pulmonary vein anatomy in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation: lessons learned by use of magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2003;107:2004–10.
9. Saad EB, Rossillo A, Saad CP, Martin DO, Bhargava M, Erciyes D, et al. Pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation of atrial fibrillation: functional characterization, evolution, and influence of the ablation strategy. *Circulation*. 2003;108:3102–7.
10. Oral H, Knight BP, Tada H, Ozaydin M, Chugh A, Hassan S, et al. Pulmonary vein isolation for paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Circulation*. 2002;105:1077–81.
11. Pappone C, Oreto G, Rosanio S, Vicedomini G, Tocchi M, Gugliotta F, et al. Atrial electroanatomic remodeling after circumferential radiofrequency pulmonary vein ablation: efficacy of an anatomic approach in a large cohort of patients with atrial fibrillation. *Circulation*. 2001;104:2539–44.
12. Mulder AA, Wijffels MC, Wever EF, Boersma LV. Pulmonary vein anatomy and long-term outcome after multi-electrode pulmonary vein isolation with phased radiofrequency energy for paroxysmal atrial fibrillation. *Europace*. 2011;13:1557–61.
13. Anselme F, Gahide G, Savoure A, Gerbaud E, Mabru M, Cribier A, et al. MR evaluation of pulmonary vein diameter reduction after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *Eur Radiol*. 2006;16:2505–11.
14. Dong J, Vasamreddy CR, Jayam V, Dalal D, Dickfeld T, Eldadah Z, et al. Incidence and predictors of pulmonary vein stenosis following catheter ablation of atrial fibrillation using the anatomic pulmonary vein ablation approach: results from paired magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2005;16:845–52.
15. Barrett CD, Di BL, Natale A. How to identify and treat patient with pulmonary vein stenosis post atrial fibrillation ablation. *Curr Opin Cardiol*. 2009;24:42–9.
16. Chen LY, Shen WK. Epidemiology of atrial fibrillation: a current perspective. *Heart Rhythm*. 2007;4:S1–6.
17. Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ, Boersma E, Geleijns K, Lamb HJ, et al. Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation—initial experience. *Radiology*. 2005;234:702–9.
18. Kim YH, Marom EM, Herndon JE, McAdams HP. Pulmonary vein diameter, cross-sectional area, and shape: CT analysis. *Radiology*. 2005;235:43–9.
19. Anselmino M, Blandino A, Beninati S, Rovera C, Boffano C, Belletti M, et al. Morphologic analysis of left atrial anatomy by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation: a large single center experience. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2011;22:1–7.
20. Den Uijl DW, Tops LF, Delgado V, Schuijff JD, Kroft LJ, De RA, et al. Effect of pulmonary vein anatomy and left atrial dimensions on outcome of circumferential radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2011;107:243–9.
21. Dill T, Neumann T, Ekinci O, Breidenbach C, John A, Erdogan A, et al. Pulmonary vein diameter reduction after radiofrequency catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation evaluated by contrast-enhanced three-dimensional magnetic resonance imaging. *Circulation*. 2003;107:845–50.
22. Mansour M, Holmvang G, Sosnovik D, Migrino R, Abbara S, Ruskin J, et al. Assessment of pulmonary vein anatomic variability by magnetic resonance imaging: implications for catheter ablation techniques for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004;15:387–93.
23. Wittkamp FH, Vonken EJ, Derksen R, Loh P, Velthuis B, Wever EF, et al. Pulmonary vein ostium geometry: analysis by magnetic resonance angiography. *Circulation*. 2003;107:21–3.
24. Calvo N, Nadal M, Berruzo A, Andreu D, Arbelo E, Tolosana JM, et al. Evolución de la mejora en los resultados y las complicaciones de la ablación por catéter de la fibrilación auricular: aprendizaje, técnicas y metodología. *Rev Esp Cardiol*. 2012;65:131–8.
25. Martí-Almor J, Bazan V, Vallès E, Benito B, Jauregui-Abularach ME, Bruguera-Cortada J. Resultados a largo plazo de la crioblación con balón para el tratamiento de la fibrilación auricular en un centro de bajo volumen. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:577–8.
26. Moya A, Sancho-Tello MJ, Arenal A, Fidalgo ML, Brugada R, Martínez Ferrer J, et al. Novedades en alteraciones del ritmo cardiaco: electrofisiología cardiaca, arritmias y estimulación cardiaca. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66:116–23.
27. Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Garrigue S, Takahashi A, Lavergne T, et al. Electrophysiological end point for catheter ablation of atrial fibrillation initiated from multiple pulmonary venous foci. *Circulation*. 2000;101:1409–17.
28. Kok LC, Everett TH, Akar JG, Haines DE. Effect of heating on pulmonary veins: how to avoid pulmonary vein stenosis. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2003;14:250–4.
29. Hassink RJ, Aretz HT, Ruskin J, Keane D. Morphology of atrial myocardium in human pulmonary veins: a postmortem analysis in patients with and without atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42:1108–14.
30. Ho SY, Cabrera JA, Tran VH, Farré J, Anderson RH, Sánchez-Quintana D. Architecture of the pulmonary veins: relevance to radiofrequency ablation. *Heart*. 2001;86:265–70.
31. Tintera J, Porod V, Cihák R, Mlcochová H, Rolencová E, Fendrych P, et al. Assessment of pulmonary venous stenosis after radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation by magnetic resonance angiography: a comparison of linear and cross-sectional area measurements. *Eur Radiol*. 2006;16:2757–67.