

Estudio morfológico de las venas pulmonares por angiorresonancia magnética

Francesc Carreras, Eva Guillaumet, Sandra Pujadas, Raúl López-Salguero, Carme Ligeró, Rubén Leta y Guillem Pons-Lladó

Unidad de Imagen Cardíaca. Servicio de Cardiología. Hospital de la Santa Creu i de Sant Pau. Barcelona. España.

El desarrollo de la electrofisiología clínica ha potenciado el interés por el conocimiento de la anatomía de las venas pulmonares. Con el objetivo de valorar la utilidad de la angiografía por resonancia magnética para este fin se estudió a 17 pacientes no seleccionados, en los que se visualizó la totalidad de las venas en cada paciente. El diámetro máximo de los *ostium* osciló entre 9 y 22 mm y su morfología era oval en el 35% de casos. En 14 casos (82%) se observó una desembocadura independiente de las 4 venas. En 2 (12%) había una vena media derecha independiente y 1 (6%) presentaba un *ostium* común para las venas izquierdas. Las venas derechas mostraron ramificación precoz en un 74% de los casos, frente a un 10% de las izquierdas. La angiorresonancia magnética con contraste permite estudiar, de manera adecuada, la morfología de las venas pulmonares y sus variantes anatómicas, información potencialmente útil para el electrofisiólogo.

Palabras clave: Resonancia magnética nuclear. Venas pulmonares. Ablación con catéter. Fibrilación auricular.

Morphologic Study of the Pulmonary Veins by Magnetic Resonance Angiography

Accurate knowledge of the anatomy of the pulmonary veins is important in clinical electrophysiology. In order to evaluate the usefulness of magnetic resonance angiography for this purpose, we studied 17 unselected patients. All the pulmonary veins were visualized in each individual. The diameters of the ostia ranged between 9 mm and 22 mm. The cross-section of the ostium was elliptical in 35% of cases. In 14 patients (82%), the 4 veins each had independent drainage. In 2 patients (12%), there was an additional intermediate right vein and, in 1 patient (6%), both left veins had a common ostium. In 74% of patients, the right pulmonary veins had a short common trunk with early branching. This pattern was seen in only 10% of left veins. Magnetic resonance angiography using a contrast medium is an excellent technique for studying the anatomy of the pulmonary veins and for identifying variants. The resulting information is potentially useful for electrophysiologists.

Key words: Magnetic resonance imaging. Pulmonary veins. Catheter ablation. Atrial fibrillation.

Full English text available at: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

La técnica de la ablación por radiofrecuencia de focos ectópicos localizados en la desembocadura de las venas pulmonares (VP), en pacientes con fibrilación auricular paroxística, ha despertado el interés por los métodos de imagen capaces de ofrecer una adecuada información anatómica de las VP¹. El objetivo del presente estudio es determinar la utilidad de la angiorre-

sonancia magnética (angio-RM) para el estudio anatómico sistemático de las VP.

PACIENTES Y MÉTODO

Se incluyó a 17 pacientes consecutivos en los que se realizaba un estudio de cardiorresonancia magnética (cardio-RM) en nuestro centro, siempre que precisara de la administración de contraste paramagnético. En todos los pacientes se realizaron secuencias angio-RM 3D (equipo Philips Intera 1.5T, Best, Países Bajos) durante la administración de gadoteridol 0,2 mmol/kg (ProHance, Bracco Internacional BV, Amsterdam, Países Bajos), a una velocidad de infusión de 3 ml/s. El análisis detallado de las imágenes se realizó a partir de imágenes proyectadas (fig. 1A), sólidas tridimensiona-

Correspondencia: Dr. F. Carreras.
Unidad de Imagen Cardíaca. Servicio de Cardiología.
Hospital de la Santa Creu i de Sant Pau.
Sant Antoni M. Claret, 167. 08025 Barcelona. España.
Correo electrónico: fcarreras@santpau.es

Recibido el 30 de abril de 2004
Aceptado para su publicación el 3 de febrero de 2005

Fig. 1. Modalidades de visualización de las venas pulmonares (VP) obtenidas en un paciente con la vena del lóbulo medio derecho (VPLMD) independiente. A: imagen MIP (*maximal intensity projection*) en la que se observa el conjunto de las VP proyectadas en un solo plano. B: imagen sólida tridimensional, obtenida por posprocesado del volumen de adquisición original, en la que destaca la independencia de la VPLMD. C: plano coronal orientado sobre el eje longitudinal de la VP superior derecha (VPSD). *Ostium* delimitado por las flechas. La línea corresponde a la programación del corte ortogonal obtenido en D. E: imagen intracavitaria de la aurícula izquierda, orientada a la desembocadura de las VP derechas, obtenida por endoscopia virtual en la estación de posprocesado. Se identifican tres *ostium* independientes correspondientes, de arriba abajo, a la VPSD, la VPLMD (obsérvese la confluencia de dos ramas, que a su vez forman un *ostium* claramente ovalado) y la VP inferior derecha (VPID).

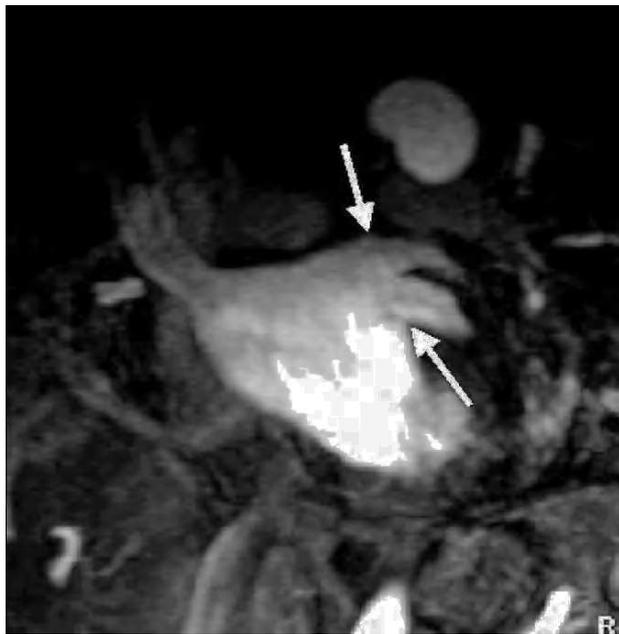
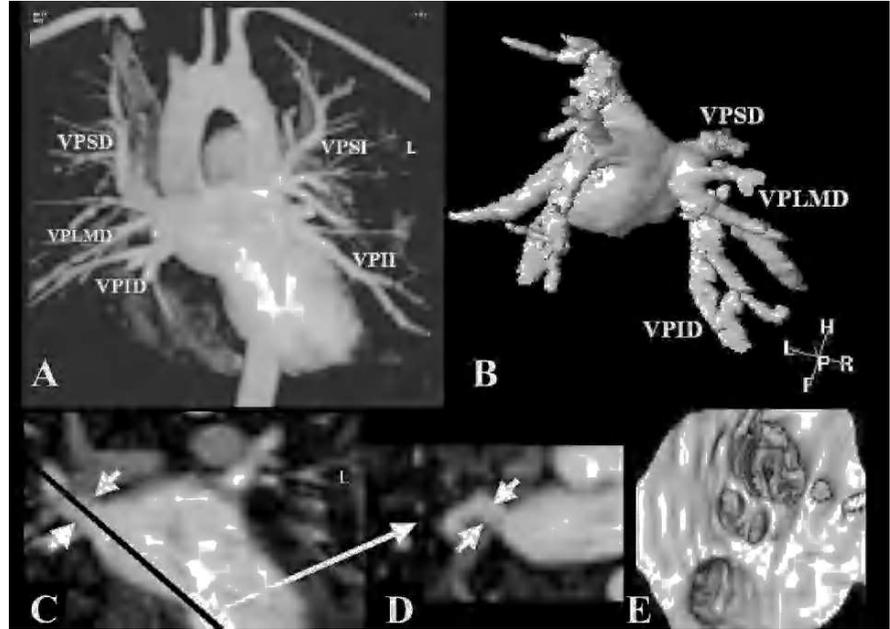


Fig. 2. Sección en plano oblicuo coronal en la que se visualiza la confluencia de las venas pulmonares izquierdas, que forman un gran *ostium* común en la aurícula izquierda.

les (fig. 1B), tomográficas (fig. 1C y D) y por endoscopia virtual (fig. 1E), y con la utilización de un *software* especializado (Easy Vision, Philips Medical Systems, Best, Países Bajos y MASS Plus V 5.0 MEDIS, Leiden, Países Bajos). Dada la forma irregular del orificio de desembocadura de las venas pulmonares, se sistematizó la medida de los *ostium* por medio de dos diámetros ortogonales (fig. 1C y D), así como por el área croseccional, y se calcularon el valor medio y la

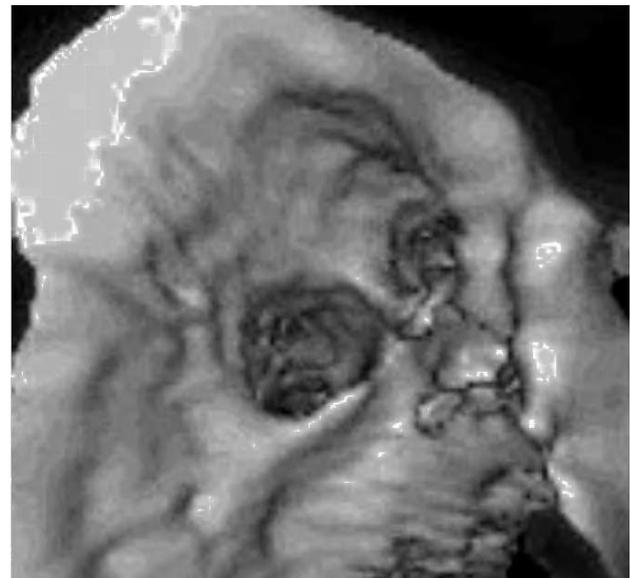


Fig. 3. Mismo caso de la figura 2 en el que se muestra la visión intracavitaria del *ostium* común por endoscopia mitral.

desviación estandar de cada vena principal. Se utilizó la prueba de la t de Student como método de comparación de medias entre variables numéricas y se consideraron significativos los valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En todos los pacientes se obtuvieron imágenes interpretables de buena calidad. En la tabla 1 se muestran las características del grupo estudiado y los valores de las mediciones.

TABLA 1. Características de los pacientes estudiados y valores de los diámetros (mm) y del área (mm²) de los ostium en cada una de las venas pulmonares analizadas

| Paciente | Sexo | Diagnóstico | Superior derecha | | | Inferior derecha | | | Superior izquierda | | | Inferior izquierda | | |
|-----------------|------|-----------------------------|------------------|------------|-----------|------------------|------------|-----------|--------------------|------------|-----------|--------------------|------------|-----------|
| | | | Diámetro 1 | Diámetro 2 | Área | Diámetro 1 | Diámetro 2 | Área | Diámetro 1 | Diámetro 2 | Área | Diámetro 1 | Diámetro 2 | Área |
| 1 | V | Preablación VP | 14 | 15 | 6,6 | 13 | 17 | 6,9 | 13 | 14 | 5,7 | 12 | 15 | 5,6 |
| 2 | M | Miocarditis | 16 | 13 | 6,5 | 17 | 13 | 6,9 | 11 | 15 | 5,2 | 12 | 16 | 6,0 |
| 3 | V | Muerte súbita | 15 | 18 | 8,5 | 14 | 14 | 6,1 | 15 | 13 | 6,1 | 10 | 10 | 3,1 |
| 4 | V | Cardiopatía isquémica | 22 | 20 | 13,8 | 19 | 17 | 10,1 | 21 | 22 | 14,5 | 20 | 17 | 10,7 |
| 5 | V | Miocardiopatía dilatada | 17 | 18 | 9,6 | 15 | 16 | 7,5 | 16 | 16 | 8,0 | 17 | 18 | 9,6 |
| 6 | V | Miocardiopatía hipertrofica | 19 | 15 | 8,9 | 17 | 18 | 9,6 | 14 | 16 | 7,0 | 12 | 15 | 5,6 |
| 7 ^a | V | Preablación VP | 15 | 16 | 7,5 | 16 | 16 | 8,0 | 12 | 11 | 4,1 | 11 | 15 | 5,2 |
| 8 | M | Miocardiopatía hipertrofica | 14 | 14 | 6,1 | 18 | 19 | 10,7 | 11 | 12 | 4,1 | 11 | 17 | 5,9 |
| 9 | M | Preablación VP | 11 | 17 | 5,9 | 10 | 13 | 4,1 | 15 | 15 | 7,1 | 13 | 14 | 5,7 |
| 10 | M | Comunicación interatrial | 14 | 15 | 6,6 | 14 | 18 | 7,9 | 15 | 14 | 6,6 | 11 | 14 | 4,8 |
| 11 | V | Enfermedad de Takayasu | 15 | 13 | 6,1 | 15 | 15 | 7,1 | 15 | 16 | 7,5 | 12 | 19 | 7,2 |
| 12 ^a | M | Preablación VP | 16 | 14 | 7,0 | 14 | 19 | 8,3 | 17 | 12 | 6,4 | 11 | 17 | 5,9 |
| 13 | M | Preablación VP | 16 | 18 | 9,0 | 16 | 18 | 9,0 | 13 | 15 | 6,1 | 14 | 14 | 6,1 |
| 14 | V | Amiloidosis | 20 | 17 | 10,7 | 13 | 11 | 4,5 | 15 | 13 | 6,1 | 11 | 16 | 5,5 |
| 15 ^b | V | Preablación VP | 20 | 19 | 11,9 | 14 | 17 | 7,5 | 17 | 16 | 8,5 | 16 | 17 | 8,5 |
| 16 | V | Miocardiopatía dilatada | 13 | 15 | 6,1 | 19 | 15 | 8,9 | 17 | 15 | 8,0 | 9 | 16 | 4,5 |
| 17 | V | Cardiopatía isquémica | 13 | 13 | 5,3 | 12 | 14 | 5,3 | 16 | 14 | 7,0 | 12 | 14 | 5,3 |
| Media ± DE | | | 15,8 ± 2,9 | 15,9 ± 2,2 | 8,0 ± 2,4 | 15,1 ± 2,5 | 15,9 ± 2,3 | 7,6 ± 1,9 | 14,9 ± 2,5 | 14,6 ± 2,4 | 7,0 ± 2,3 | 12,6 ± 2,8 | 15,5 ± 2,0 | 6,2 ± 1,9 |

DE: desviación estándar; VP: vena pulmonar.

^aPacientes con desembocadura independiente de la vena pulmonar media derecha.^bPacientes con desembocadura confluyente de las 2 venas pulmonares izquierdas.

El diámetro de los *ostium* osciló entre 9 y 22 mm. Si bien el valor medio de los diámetros de cada uno de los *ostium* en cualquier eje fue similar en todas las VP, las áreas calculadas eran superiores en las VP derechas con respecto a las izquierdas, con diferencias significativas entre el área de la VP inferior izquierda ($6,2 \pm 1,9 \text{ cm}^2$) y las de la VP superior derecha ($8,0 \pm 2,4 \text{ cm}^2$; $p = 0,02$) e inferior derecha ($7,6 \pm 1,9 \text{ cm}^2$; $p = 0,04$) respectivamente.

Un 35% de los *ostia* tenía forma elíptica, definida como una diferencia $\geq 3 \text{ mm}$ entre los dos diámetros ortogonales. Esto era más manifiesto en las VP inferiores (el 72% de los casos con *ostium* elíptico) que en las superiores, y la VP inferior izquierda era la que con más frecuencia tenía un *ostium* elíptico (el 61% de todos los pacientes).

En cuanto al número de *ostia*, en 14 pacientes (82% del total) se visualizaron 4, en 2 pacientes (12%) se visualizaron 5, correspondiendo el *ostium* supernumerario a una desembocadura independiente de la VP media derecha (fig. 2), y en 1 paciente (6%) se identificaron 3, al haber una desembocadura confluyente de las dos VP izquierdas (fig. 3). Estos últimos 3 pacientes correspondían a casos preablación.

En cuanto a las ramificaciones de las VP, en 10 pacientes (59%) se observó que la convergencia de las ramas de las VP derechas sucedía muy cerca del *ostium* y daba lugar a un tronco común corto, y en 5 pacientes (29%) no había un tronco común, al estar formado el *ostium* por la confluencia directa de las venas lobares (VP superior derecha, 3 casos; VP superior izquierda, 2 casos; VP inferior derecha, 1 caso). Consideradas en conjunto, se observó que las VP derechas se ramifican más precozmente que las VP izquierdas (el 74 frente al 10%).

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio demuestran que la angio-RM es una técnica muy útil para el estudio anatómico sistemático de las VP, tal como han descrito otros autores^{2,3}. Aunque la descripción completa de las características anatómicas de las venas pulmonares se puede realizar en todos los pacientes a partir de la imágenes pla-

nares, la reconstrucción en formato sólido de 3 dimensiones (3D) resulta muy útil para proporcionar una visión espacial de las VP, mientras que la endoscopia virtual 3D ofrece imágenes muy orientativas de la disposición intracavitaria de los *ostium* de las VP. Esta información es útil para el electrofisiólogo y facilita la planificación y la realización del cateterismo de las VP. Por otra parte, la inocuidad de la técnica, no invasiva y no emisora de radiación ionizante, permite la realización ilimitada de estudios de seguimiento para descartar las posibles complicaciones secundarias a la ablación.

Los hallazgos morfológicos observados en nuestra serie se corresponden con los descritos en los tratados anatómicos clásicos^{4,6}, incluido el hecho de que las VP superiores tienden a presentar áreas croseccionales mayores que las inferiores, al igual que sucede con las VP derechas respecto de las izquierdas, todo ello en concordancia con el tamaño de los lóbulos pulmonares. Asimismo, la medición del diámetro de los *ostia*, en planos ortogonales al eje longitudinal del vaso, permite precisar su morfología, que es de forma elíptica en un tercio de las VP estudiadas, hecho que justifica la recomendación de utilizar para su estudio técnicas de imagen tridimensional⁷. Por ello, además, los controles postablación para descartar estenosis en las venas ablacionadas deberán analizarse siempre en comparación con las imágenes de referencia obtenidas preablación.

En nuestra serie, los 3 pacientes con variantes en la desembocadura de las VP correspondían a casos preablación. Dado el reducido número de casos estudiados es aventurado relacionar estas anomalías con la presentación de fibrilación auricular paroxística y, aunque hay datos en la bibliografía que sugieren una mayor prevalencia de variantes morfológicas en pacientes con dicha arritmia⁸⁻¹¹, no se ha podido demostrar hasta el momento una relación clara entre ambos hechos.

Una limitación del presente estudio es no haberlo realizado en voluntarios sanos, sino en una muestra heterogénea de pacientes con cardiopatía, lo que impide considerar como valores normales de referencia las medidas obtenidas en los *ostium* de las VP.

CONCLUSIONES

El conocimiento de la disposición anatómica y la morfología de las VP mediante angio-RM es de gran utilidad para el electrofisiólogo, ya que facilita el posicionamiento de los catéteres durante el procedimiento de ablación de las venas pulmonares. La disponibili-

dad de información exacta sobre la morfología de cada una de las VP debe suponer una ventaja para los estudios de seguimiento, que son ilimitados dado el carácter no invasivo y la ausencia de radiación de la cardiografía RM.

AGRADECIMIENTOS

A Marc Gómez Godó y Ricard Cullell Salmerón, Diplomados Universitarios de Enfermería del Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital de Sant Pau, por su colaboración en la realización de los estudios de angio-RM. A Han Rademaker, del Departamento de Resonancia Magnética de Philips Ibérica, S.A., por la cesión temporal del módulo de *software* de endoscopia virtual para la realización del presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ho SY, Cabrera JA, Tran VH, Farre J, Anderson RH, Sánchez-Quintana D. Architecture of the pulmonary veins: relevance to radiofrequency ablation. *Heart*. 2001;86:265-70.
2. Vonken EA, Velthuis BK, Wittkamp FH, Rensing BJ, Derksen R, Cramer MM. Contrast-enhanced MRA and 3D visualization of pulmonary venous anatomy to assist radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Magn Res*. 2003;5:545-51.
3. Dill T, Neumann T, Eikinci 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.
4. Testud L, Latarjet A. Anatomía humana. 8.ª ed. Barcelona: Salvat Editores, S.A.; 1981. p. 408-10.
5. Orts Llorca F. Anatomía Humana. Tomo III. 4.ª ed. Barcelona: Editorial Científico-Médica; 1972. p. 225-30.
6. Gray H, Clemente CD. Gray's anatomy of the human body. 13th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1985. p. 794-7.
7. 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.
8. Tsao HM, Wu MH, Yu WC, Tai CT, Lin YK, Hsieh MH, et al. Role of right middle pulmonary vein in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2001;12:1353-7.
9. Takase B, Nagata M, Matsui T, Kihara T, Kameyama A, Hamabe A, et al. Pulmonary vein dimensions with paroxysmal atrial fibrillation using magnetic resonance angiography. *Jpn Heart J*. 2004; 45:81-92.
10. Tsao HM, Yu WC, Cheng HC, Wu MH, Tai CT, Lin WS, et al. Pulmonary vein dilation in patients with atrial fibrillation: detection by magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2001;12:1333-4.
11. Pérez-Lugones A, Schwartzman PR, Schweikert R, Tchou PJ, Saliba W, Marrouche NF, et al. Three-dimensional reconstruction of pulmonary veins in patients with atrial fibrillation and controls: morphological characteristics of different veins. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003;26:8-15.