

Mapas tridimensionales de impedancia para guiar el aislamiento circunferencial de las venas pulmonares en la fibrilación auricular paroxística

Alonso Pedrote, Eduardo Arana-Rueda, Lorena García-Riesco, Adriano Jiménez-Velasco, Juan Sánchez-Brotons, José M. Arizón-Muñoz, José M. Fernández-Pérez y Manuel Frutos-López

Unidad de Arritmias. Servicio de Cardiología. Hospital Virgen del Rocío. Sevilla. España.

En el aislamiento circunferencial de las venas pulmonares, se realizan lesiones de radiofrecuencia en la zona de transición auricular y venosa, fuera de los *ostia*, para evitar las estenosis. Se construyó un mapa tridimensional de impedancias en 25 pacientes con fibrilación auricular paroxística. En los 15 primeros se midieron las impedancias del interior de las venas ($165,4 \pm 7,5 \Omega$), el *ostium* ($141,6 \pm 7,3 \Omega$) y la aurícula izquierda ($131,09 \pm 8,3 \Omega$). Una impedancia de 136Ω definía el límite auricular (área bajo la curva ROC = 0,85). En los siguientes 10 pacientes, un operador que desconocía la posición anatómica del catéter clasificó por la impedancia los puntos para aplicar radiofrecuencia como aurícula izquierda u *ostium* de vena pulmonar, con valor predictivo positivo del 91% y negativo del 73% para identificar aurícula izquierda. En pacientes con fibrilación auricular paroxística, los mapas tridimensionales de impedancia son de ayuda para guiar el aislamiento circunferencial de las venas pulmonares.

Palabras clave: Ablación con catéter. Cartografía tridimensional. Fibrilación auricular.

Three-Dimensional Impedance Mapping as an Aid to Circumferential Pulmonary Vein Isolation in Paroxysmal Atrial Fibrillation

During circumferential pulmonary vein isolation, radiofrequency lesions are created in the transition zone between the left atrium and the pulmonary veins, outside the ostia, to avoid stenosis. Three-dimensional impedance maps were constructed for 25 patients with paroxysmal atrial fibrillation. In the first 15 patients, impedance was measured inside the pulmonary veins ($165.4 \pm 7.5 \Omega$), the ostium ($141.6 \pm 7.3 \Omega$) and the left atrium ($131.09 \pm 8.3 \Omega$). An impedance of 136Ω identified the outer limit of the atrium (area under the receiver operating characteristic curve, 0.85). In the subsequent 10 patients, a single operator who was blinded to the anatomic position of the catheter tip was able to determine, by impedance measurement alone, whether the point targeted for radiofrequency ablation was in the left atrium or the ostium of the pulmonary vein. The positive predictive value for identifying the left atrium was 91% and the negative predictive value was 73%. In patients with paroxysmal atrial fibrillation, three-dimensional impedance mapping was helpful in guiding circumferential pulmonary vein isolation.

Key words: Catheter ablation. Three-dimensional mapping. Atrial fibrillation.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

El aislamiento circunferencial de las venas pulmonares (VP) ha demostrado ser un tratamiento eficaz de la fibrilación auricular¹. Las lesiones de radiofrecuencia se realizan en una zona de transición

entre los *ostia* de las VP (OVP) y la aurícula izquierda (AI), evitando la estenosis de las VP², además de eliminar rotores, *drivers* y plexos ganglionares que ocupan esta región³. Es conocido que las impedancias (R_B) de las VP (R_{VP}), sus *ostia* y la AI (R_{AI}) son diferentes⁴⁻⁷, por lo que se podría identificar la zona de transición utilizando mapas tridimensionales de impedancia para guiar la ablación con seguridad.

MÉTODOS

Se incluyó a 25 pacientes (15 en estudio basal y 10 en fase prospectiva) sometidos a ablación por fibrilación auricular paroxística (tabla 1). Se realizó

Adriano Jiménez-Velasco disfruta una beca de Biosense-Webster.

Correspondencia: Dr. A. Pedrote.
Unidad de Arritmias. Servicio de Cardiología. Hospital Virgen del Rocío.
Manuel Siurot, s/n. 41013 Sevilla. España.
Correo electrónico: pedroteal@hotmail.com

Recibido el 4 de febrero de 2008.
Aceptado para su publicación el 14 de mayo de 2008.

TABLA 1. Características clínicas de la población

Pacientes, n	25
Edad (años)	50 ± 9
Varones, n	20
Duración arritmia (meses)	64 ± 52
Episodios/mes/paciente	18 ± 10
Antiarrítmicos I y III	1,7 ± 0,5
Cardiopatía, n	4
Miocardiopatía hipertrófica, n	2
Cardiopatía isquémica, n	2
Hipertensión, n	8
Tamaño aurícula izquierda (mm)	40 ± 3
Fracción de eyección (%)	57 ± 8

ecocardiograma transesofágico y tomografía computarizada de tórax. El estudio se practicó bajo sedación con remifentanilo y anticoagulación con heparina sódica. Mediante punción transeptal se introdujeron en la AI un catéter circular para cartografiar secuencialmente cada VP (Lasso, Biosense-Webster) y un catéter de ablación de punta irrigada de 3,5 mm (Navi-Star, Thermocool™, Biosense-Webster).

Construcción del mapa de impedancia

Componían el circuito de impedancia: el generador de radiofrecuencia (Stockert, Biosense-Webster), el catéter de ablación y el parche de referencia (Ref-Star, Biosense-Webster), colocado en todos los pacientes entre las vértebras dorsales 2 y 6. La R_B se midió tras liberar desde el generador una corriente eléctrica de 50 kHz y baja amplitud (2µA). El contacto entre el catéter y el tejido se consideró óptimo si eran estables el movimiento del catéter y la señal eléctrica. En cada punto explorado, la R_B fue medida al menos dos veces antes de registrarla. Para considerarla válida no debía variar más de 2 Ω en la misma posición.

El mapa tridimensional de impedancias de la AI y las VP se realizó con un sistema de cartografía

electroanatómica (CARTO XP, Biosense-Webster) con codificación en colores (rojo, el valor más bajo; violeta, el más alto) de las R_B . Se reconstruyó cada VP y la AI en mapas independientes. Con el catéter de ablación se comenzó la adquisición de puntos desde en el interior de cada VP (1-3 cm) hasta el OVP, donde se tomaron puntos en toda su circunferencia. El OVP fue definido por la aparición simultánea de señal eléctrica correspondiente al potencial de VP junto al potencial de AI en el electrodo distal, y ausencia de potencial de VP en el proximal, coincidentes con la entrada del catéter en la silueta cardiaca. Se consideró que se estaba en la AI cuando coincidía la aparición de la señal eléctrica de AI en el electrodo distal sin potencial de VP, junto con un desplazamiento característico del catéter al salir de la vena. En la AI se tomaron puntos en pared posterior, techo, *septum*, anillo mitral y orejuela, poniendo especial cuidado y adquiriendo el mayor número de puntos posible en la vecindad de los OVP. El mapa obtenido fue integrado a la imagen de la tomografía computarizada (CARTO MERGE Biosense-Webster) (fig. 1).

Fase prospectiva. Ablación

En los últimos 10 pacientes, un operador independiente que no conocía la situación del catéter en el CARTO, clasificó 36 puntos/paciente (fig. 1) como AI o OVP leyendo exclusivamente el valor de la R_B . Se consideró impedancia límite de AI la $R_{AI} + 4\% \Omega$ (*vide infra*). Otro operador que no conocía el valor de la R_B clasificaba el mismo punto como AI o OVP con CARTO. En todos se realizó una ablación circunferencial de las VP haciendo un cerclaje o corona de venas ipsolaterales (hasta la disminución de voltaje del electrograma auricular en un 90% o < 0,05 mV) según las líneas de impedancia del mapa (fig. 2), con aplicaciones de radiofrecuencia de 35 W y temperatura máxima de 45 °C. En caso de «distorsión» de la línea de impedancia, se utilizaba la imagen anatómica para decidir la aplicación. Si con

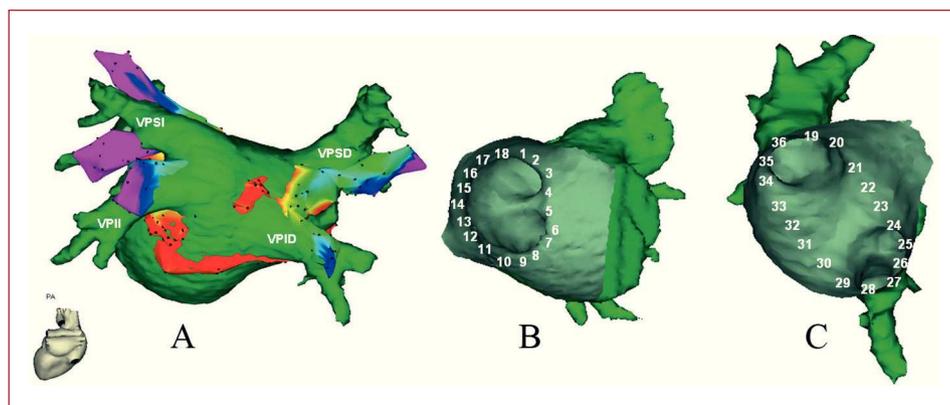


Fig. 1. A: mapa de impedancia integrado en la tomografía (CARTO MERGE). B-C: esquema de la toma de 36 puntos alrededor de las venas pulmonares (VP). VPID: VP inferior derecha. VPII: VP inferior izquierda. VPSD: VP superior derecha. VPSI: VP superior izquierda.

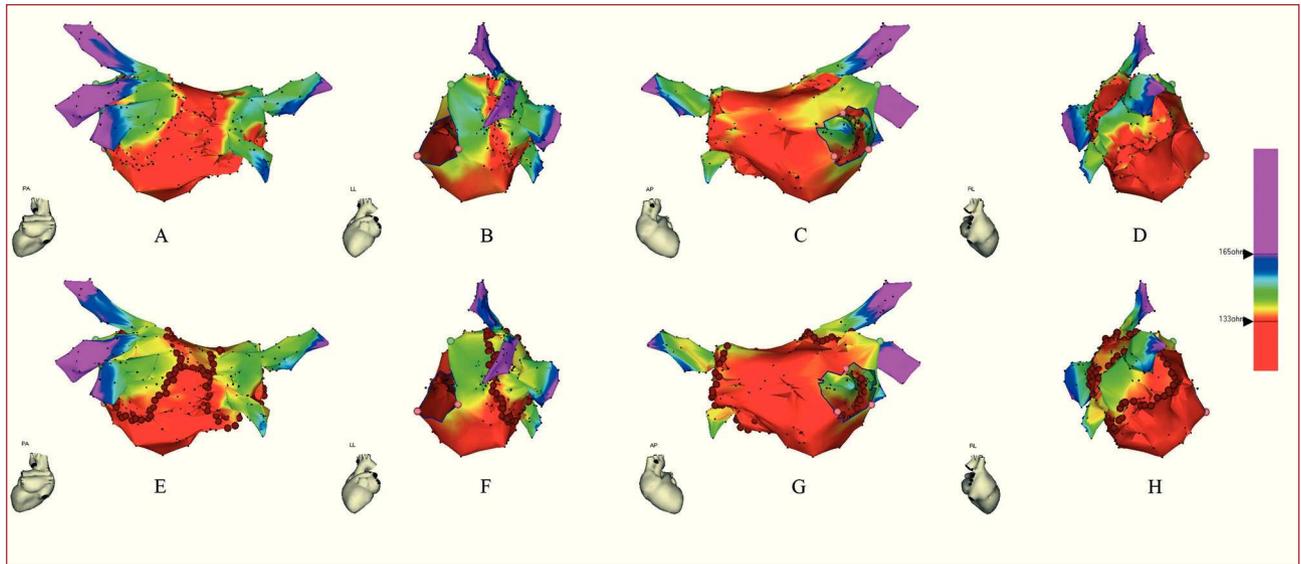


Fig. 2. A-D: proyecciones de un mapa tridimensional de impedancias con un rango entre 133 Ω , límite inferior en la aurícula izquierda (AI) (rojo), y 166 Ω (violeta) que es el límite superior obtenido 1-3 cm dentro de las venas pulmonares (VP). Destaca el gradiente de impedancias desde las VP profundas hasta la AI, así como la transición AI-VP (rojo-verde). E-H: ablación (puntos rojos) siguiendo las líneas de impedancia en la unión VP-AI.

el cerclaje no se conseguía el aislamiento de las VP —comprobado por la desaparición de todos los potenciales en cada VP con el catéter Lasso—, se aplicaba en el interior de la corona hasta alcanzar el objetivo de la ablación, que fue el aislamiento de todas las VP. Todos los pacientes fueron dados de alta con antiarrítmicos durante 3 meses y se hicieron una tomografía cardiaca de control.

Se utilizó el paquete estadístico SPSS14 (Chicago, Illinois) para Windows. Para identificar diferencias significativas entre medias de impedancias se utilizó la prueba de la t de Student. Se trazó la curva ROC (*receiver operating characteristic*) para conocer de forma gráfica la sensibilidad y la especificidad de un determinado valor de impedancia que diferencie AI de OVP.

RESULTADOS

En los primeros 15 pacientes se observó un gradiente de R_B desde el interior de las VP (1-3 cm) hasta a la AI: R_{VP} , $165,4 \pm 7,5 \Omega$; R_{VP} *ostium*, $141,6 \pm 7,3 \Omega$; R_{AI} , $131,09 \pm 8,3 \Omega$ (tabla 2), que se mantuvo individualmente en cada paciente (fig. 3A). La R_{AI} no mostró diferencias en las diferentes zonas analizadas (*septum*, anillo mitral, pared posterior y techo), pero fue más alta en la base de la orejuela izquierda y en su vértice (tabla 2). Un valor de 136Ω ($R_{AI} + 4\% \Omega$) definió los límites de la AI con sensibilidad del 80%, especificidad del 80% y área bajo la curva ROC = 0,85 (intervalo de confianza del 95%, 0,79-0,90) (fig. 3B).

En los últimos 10 pacientes un observador que sólo conocía la R_B clasificó como AI ($\leq R_{AI} + 4\% \Omega$)

TABLA 2. Valores de impedancia

Región	Impedancia (Ω)
Aurícula izquierda, media ^a	$131,1 \pm 8,3$
Orejuela izquierda	
Base	$135,4 \pm 14,3$
Vértice	$149,3 \pm 16,4$
<i>Ostium</i> vena pulmonar, media	$141,6 \pm 7,3$
Superior izquierda	$140,8 \pm 7,1$
Inferior izquierda	$141,9 \pm 9,1$
Superior derecha	$141,4 \pm 7,2$
Inferior derecha	$142,2 \pm 8,3^b$
Vena pulmonar profunda, media	$165,4 \pm 7,5$

^aIncluye todas las zonas de la aurícula izquierda.

^bp < 0,001 con *ostium* de la vena pulmonar superior izquierda.

206 (85%) de 242 puntos de CARTO en la AI, y como OVP ($> R_{AI} + 4\% \Omega$) 98 (83%) de 118 puntos de CARTO en los OVP (valor predictivo positivo del 91% y negativo del 73% para identificar la AI). Utilizando como guía las líneas de impedancia, se aislaron todas las VP, y fue necesario aplicar en el interior de la corona hasta en un 10% de las VP. Si la R_B subía más de un 4% Ω , se paraba la aplicación de radiofrecuencia. El tiempo medio de radiofrecuencia para la corona izquierda fue 22 ± 9 min y para la derecha, 19 ± 6 min. No hubo complicaciones. Un 70% de los pacientes estaban libres de arritmias auriculares a los 5 ± 3 meses. No se han observado estenosis de las VP en la tomografía de tórax.

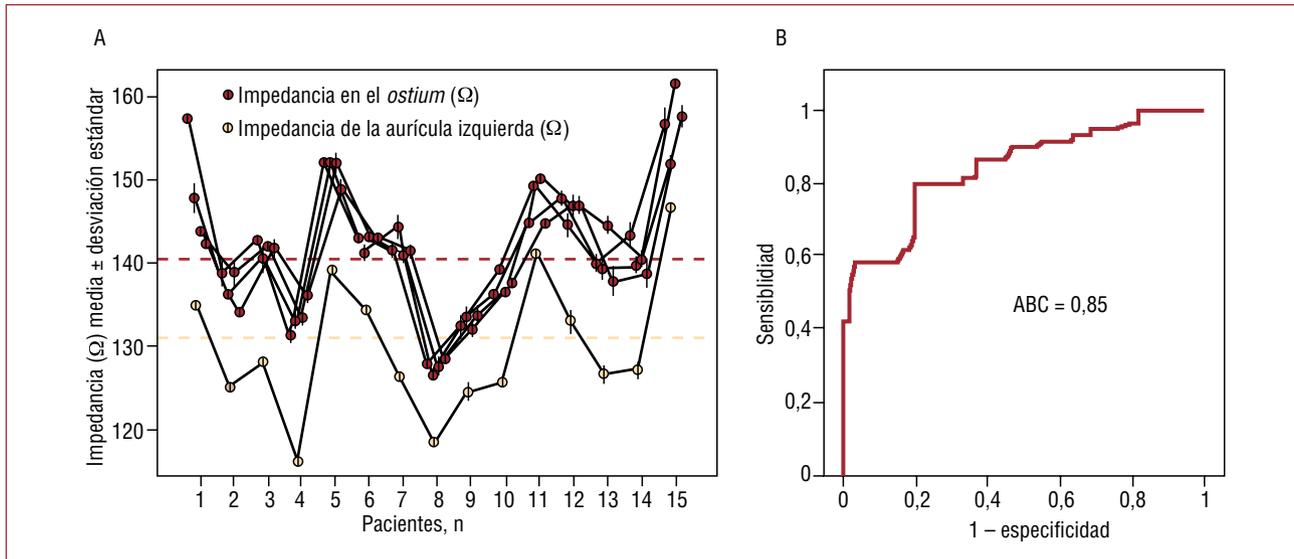


Fig. 3. A: gradiente de impedancias entre los *ostia* de las venas pulmonares (OVP) (por vena) y la aurícula izquierda (AI) en los primeros 15 pacientes. B: curva ROC de impedancia para diferenciar AI y OVP. ABC = área bajo la curva.

DISCUSIÓN

Existe un gradiente lineal de impedancias de mayor a menor desde las VP profundas hasta la AI, que es homogéneo y constante para cada paciente. Es posible reconstruir un mapa tridimensional de impedancias de la AI y de las VP en el que, ajustando la escala un 4% de la impedancia por encima del valor medio de la R_{AI} , se puede delimitar la zona transicional para realizar el aislamiento circunferencial con seguridad.

El valor basal de la impedancia cardiaca está determinado por multitud de factores, algunos biológicos, como el volumen de sangre dentro de una cavidad, el radio de ésta o la resistividad pulmonar adyacente a una vena⁴⁷. Hay que tener en cuenta también factores extrínsecos como el tamaño y la colocación del parche de referencia, el tamaño del electrodo del catéter de cartografía, la presión que se ejerce en el tejido, la fuente de energía utilizada y factores relacionados con el paciente, como la superficie corporal⁴⁷. Todo ello hace que la R_B varíe para cada investigador y cada centro, por lo que cada uno debería conocer sus valores. Lo importante es que, aunque cada paciente presente un R_B diferente, se mantiene lineal y constante el gradiente descendente desde el interior de una VP hasta la AI en cada uno de ellos.

La unión entre la VP y la AI es una zona histológica compleja con fibras miocárdicas entrecruzadas en varias direcciones⁸. La resistividad eléctrica está determinada por la dirección de las fibras⁹ y el grado de fibrosis que pueden justificar las diferencias de R_B obtenidas en esta zona. Hemos validado de

forma prospectiva que $R_{AI} + 4\% \Omega$ delimita una zona de seguridad en la AI para guiar el aislamiento circunferencial. A diferencia del modelo utilizado por Lang et al⁷, consideramos más exacto un incremento porcentual y no absoluto de R_{AI} , ya que varía de paciente a paciente.

Los mapas de cada VP, en vez de los tubos virtuales que se utilizan habitualmente, permiten delimitar su forma y observar el gradiente de impedancia cuando se acerca el catéter al OVP. De esta forma, pequeños ramos de las VP serán identificados y codificados con una impedancia mayor, con lo que se evita el riesgo de aplicar radiofrecuencia en su interior. También es útil cuando existen ramos accesorios derechos (dos en nuestra población).

La principal limitación del estudio es la identificación de los OVP en ausencia de imagen de las VP¹⁰. Las técnicas de imagen, con sus limitaciones, podrían haber ayudado a una localización más exacta del OVP, pero la combinación de fluoroscopia, señales eléctricas y desplazamiento del catéter utilizadas por nosotros pueden ser admitidas como válidas. Este estudio está limitado a pacientes sometidos a un único procedimiento de ablación y que presentan fibrilación auricular paroxística. Los resultados no deben trasladarse a pacientes ya sometidos a ablación o con fibrilación auricular crónica.

En conclusión, los mapas tridimensionales de impedancia permiten identificar la zona de transición entre los OVP y la AI, y son de ayuda para guiar el aislamiento circunferencial de las VP.

BIBLIOGRAFÍA

1. Oral H, Scharf C, Chugh A, Hall B, Cheung P, Good E, et al. Catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation: Segmental pulmonary vein ostial ablation versus left atrial ablation. *Circulation*. 2003;108:2355-60.
2. Saad E, Rossillo A, Saad C, 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.
3. Jalife J, Berenfeld O, Mansour M. Mother rotors and fibrillatory conduction: a mechanism of atrial fibrillation. *Cardiovasc Res*. 2002;54:204-16.
4. Cheung P, Hall B, Chough A, Good E, Lemola K, Han J. Detection of inadvertent catheter movement into a pulmonary vein during radiofrequency catheter ablation by real-time impedance monitoring. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004;15:674-8.
5. Reithmann C, Remp T, Hoffmann E, Matis T, Wakili R, Steimbeck G. Different patterns of the fall of impedance as the result of heating during ostial pulmonary vein ablation: implications for power titration. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005;28:1282-91.
6. Vasegui M, Cesario DA, Valderrábano M, Boyle NG, Ratib O, Finn JP, et al. Impedance monitoring during catheter ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2005;2: 914-20.
7. Lang C, Gugliotta F, Santinelli V, Mesas C, Tomita T, Vicedomini G, et al. Endocardial impedance mapping during circumferential pulmonary vein ablation of atrial fibrillation differentiates between atrial and venous tissue. *Heart Rhythm*. 2006;3:171-8.
8. Moubarak JB, Rozwadowski JV, Strzalka CT, Buck WR, Tan WS, Kish GF, et al. Pulmonary vein-left atrial junction: anatomic and histologic study. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2000;23:1836-8.
9. Kucera J, Rudy Y. Mechanistic insights into very slow conduction in branching cardiac tissue. *Circ Res*. 2001;89: 799-807.
10. Pérez-Castellano N, Villacastin J, Moreno J, Rodríguez M, Moreno M, Conde A, et al. Errors in pulmonary vein identification and ostia location in the absence of pulmonary vein imaging. *Heart Rhythm*. 2005;2:1082-9.