



Revista Uruguaya de Cardiología

ISSN: 0797-0048

bibliosuc@adinet.com.uy

Sociedad Uruguaya de Cardiología  
Uruguay

Arceluz, Martín R; Cruz, Pedro F; Falconi, Estela; Delgado, Reina; Vásquez, Carlos;  
Ortega, Marta; Merino, José L

Estado actual de la ablación de la fibrilación auricular

Revista Uruguaya de Cardiología, vol. 31, núm. 1, enero-abril, 2016, pp. 118-127

Sociedad Uruguaya de Cardiología  
Montevideo, Uruguay

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=479755423022>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Estado actual de la ablación de la fibrilación auricular

ESPECIAL

FIBRILACIÓN AURICULAR

Dres. Martín R Arceluz, Pedro F Cruz, Estela Falconi, Reina Delgado, Carlos Vásquez, Marta Ortega, José L Merino

## Resumen

La fibrilación auricular es la arritmia más común en la práctica clínica. La ablación se considera el tratamiento de elección (indicación clase I) en los pacientes sintomáticos con recurrencias a pesar del tratamiento con fármacos antiarrítmicos. El presente artículo revisa tanto los mecanismos propuestos de esta arritmia como las diferentes metodologías de ablación con catéter y sus indicaciones.

**Palabras clave:** ABLACIÓN CON CATÉTER  
FÁRMACOS ANTIARRÍTMICOS  
FIBRILACIÓN AURICULAR  
MECANISMOS  
TRATAMIENTO

## Current status on atrial fibrillation ablation

### Summary

Atrial fibrillation is the most common arrhythmia in clinical practice. Catheter ablation is the treatment of choice (Class I indication) for symptomatic patients with recurrences despite antiarrhythmic drugs. The present article reviews the proposed mechanisms of this arrhythmia and the different ablation methods and indications.

**Key words:** ANTIARRHYTHMIC DRUGS  
ATRIAL FIBRILLATION  
CATHETER ABLATION  
MECHANISMS  
TREATMENT

## Introducción

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia más común en la práctica clínica. Se estima un riesgo de padecerla en los mayores de 40 años del 25%<sup>(1)</sup>, aumentando exponencialmente cada década luego de la quinta década de vida<sup>(2)</sup>. Los datos epidemiológicos sugieren que 6 millones de personas en Europa pueden actualmente padecerla y el número proyectado de pacientes con FA para los próximos 40 años se espera que sea el doble<sup>(3,4)</sup>.

La ablación de la FA se ha generalizado en los últimos años. Esto ha sido motivado fundamentalmente por los mejores resultados en supervivencia libre de arritmia y calidad de vida con la ablación que con la terapia farmacológica en pacientes con

FA paroxística<sup>(5,6)</sup> y FA persistente<sup>(7)</sup>. A pesar de todo, la eficacia de la ablación de la FA sigue siendo más baja que la de la ablación de otros sustratos arrítmicos<sup>(8,9)</sup>. Así, la eficacia de la ablación de la FA es de 60% a 80% a un año tras múltiples procedimientos y de 40% a 60% a un año en pacientes a quienes se les realiza un solo procedimiento<sup>(10,11)</sup>. Sin embargo, estas cifras son notablemente heterogéneas entre distintas series.

En este artículo se revisan los diversos mecanismos propuestos como responsables de la FA y a los que van a ir dirigidos las distintas técnicas de ablación, los diferentes abordajes, las herramientas utilizadas en dichos abordajes, los resultados de la ablación y, finalmente, sus indicaciones.

## Mecanismos fisiopatológicos

Hacía finales y principios de la década de 1950, un grupo de investigadores del Colegio de Medicina de Nueva York, liderados por Scherf, plantearon una hipótesis que trataba de explicar el origen y el mantenimiento de la FA. Sostenían que la participación de “focos ectópicos” con frecuencias de activación tan rápidas no permitían a las aurículas activarse de forma homogénea y organizada, por lo cual la conducción de los impulsos se encontraría con zonas de refractariedad y anisotropía que producirían bloqueos funcionales de localización variable, fragmentando la activación en múltiples frentes u ondas. Esto se conoció como conducción fibrilatoria. Scherf y colaboradores experimentaron realizando aplicaciones locales de acetilcolina en la aurícula derecha (AD) de perros, produciendo taquicardias auriculares rápidas que se manifestaban como FA<sup>(12,13)</sup>.

En el año 1959, Moe y colaboradores postularon que la persistencia de la FA no dependía de cómo se originaba la misma, sino que se debía a la coexistencia de varias ondas de reentrada en las aurículas. De tal manera que los frentes de activación se desplazaban de forma aleatoria según fueran encontrando a su paso tejido excitable o no, dividiéndose o extinguiéndose, según el caso. Esta teoría se conoció como de reentrada autosostenida<sup>(14)</sup>.

En el año 1985, Allesie y colaboradores apoyaron la hipótesis de Moe. Según esta hipótesis, la FA es una reentrada caótica con múltiples frentes activos simultáneamente que se mantienen de manera indefinida siempre que el tamaño de la aurícula sea suficientemente grande, que el período refractario sea corto y desigual (dispersión del período refractario) y que la velocidad de conducción sea lenta<sup>(15)</sup>.

En el año 1997, Jais y colaboradores presentaron una serie de nueve pacientes con FA paroxística que provenía de las descargas rápidas de un foco ectópico con conducción fibrilatoria a las aurículas, tratados de forma efectiva mediante la ablación puntual de dicho foco y que habitualmente se encontraba en las venas pulmonares (VP)<sup>(16)</sup>. Posteriormente, en 1998, Haisaguerre y colaboradores demostraron que en la mayoría de los pacientes con FA paroxística, esta era iniciada por focos ectópicos provenientes de las VP<sup>(17)</sup>.

En la actualidad diversos trabajos han demostrado que además de las descargas rápidas desencadenadoras de FA, las VP frecuentemente están implicadas en su mantenimiento, habiendo incluso descripciones de persistencia de la FA en el interior de una VP una vez que se ha aislado esta de la AI y se ha recuperado el ritmo sinusal (RS)<sup>(18)</sup>. Más recientemente, el grupo del Dr. José Jalife postuló, por

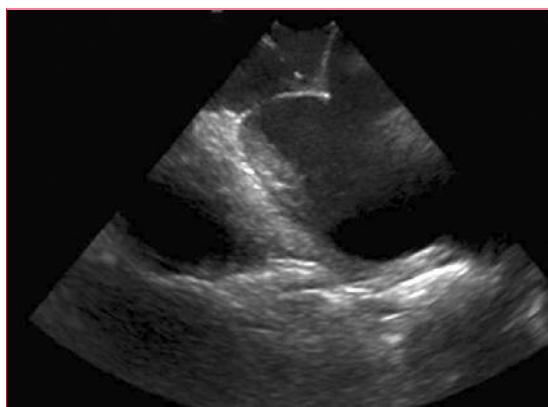
medio de un mapeo óptico en ovejas, la existencia de lo que denominaron “rotorestable” que podrían ser los que mantienen la FA<sup>(19)</sup>. Estos rotorestable se localizaban principalmente en la aurícula izquierda (AI), mientras que la AD tendería a activarse pasivamente, de forma irregular, por la aparición de líneas o zonas de bloqueo ante las altas frecuencias de activación. La ablación local del punto de anclaje del rotor puede impedir la inducción de FA en algunos modelos experimentales<sup>(20)</sup>; sin embargo, en otros modelos de reentrada auricular funcional se ha podido comprobar la capacidad de migración de los rotorestable de una zona a otra de ambas aurículas<sup>(21)</sup>, lo que hace que el enfoque focal de la ablación de estos puntos de anclaje sea muy debatable, aunque algunos investigadores, como el Dr. Sanjiv Narayan, han comunicado resultados prometedores con este abordaje<sup>(22)</sup>.

## Técnicas de ablación

La identificación de focos ectópicos que actúan como desencadenadores de la FA y que habitualmente provienen de dentro de las VP llevó a una estrategia inicial de ablación directa con radiofrecuencia (RF) de estos focos. La eliminación de estos focos ectópicos, en ocasiones con una sola aplicación de RF, puede curar a estos pacientes. Sin embargo, esta aproximación tiene varias limitaciones. Una de ellas es la frecuencia con la que estos focos puedan manifestarse durante el procedimiento de ablación, que, si es escasa, puede dificultar su localización. Otras limitaciones de la ablación directa de los focos ectópicos es la existencia de múltiples focos en algunos pacientes, lo que dificulta su abordaje y aumenta las recurrencias de FA tras el procedimiento.

Por este motivo, Haissaguerre y colaboradores desarrollaron la técnica de ablación ostial segmentaria, la cual consiste en la introducción de forma secuencial de un catéter circular en cada una de las VP que registra la actividad eléctrica en el interior de la misma. Posteriormente, mediante la aplicación de RF en distintos puntos del ostium de la VP, se intenta aislar eléctricamente del resto de miocardio de la AI. El aislamiento de la VP puede demostrarse observando en los registros del catéter circular la desaparición de la señal eléctrica de la VP o la disociación de su actividad respecto a la actividad auricular.

Paralelamente, el grupo de Pappone y colaboradores describió un procedimiento alternativo para la desconexión de las VP, en la que se aplicaba de forma continua lineal RF creando un círculo de tejido inexcitable rodeando a cada par de venas pulmonares ipsilaterales, donde la demostración de blo-



**Figura 1.** Punción transeptal guiada por ecografía intracardíaca. Se observa aguja de Brockenbrough antes de atravesar el septum interauricular.

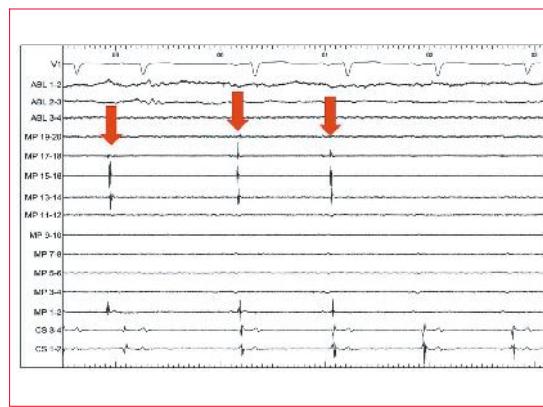
queo eléctrico no era condición para considerar exitoso el procedimiento, sí, en cambio, la consecución anatómica de dicho círculo<sup>(23)</sup>. En la actualidad se ha desarrollado una combinación de ambos procedimientos, lo que se denomina ablación circunferencial de las VP y en la que es necesario probar la desconexión eléctrica aparte de la anatómica, que es la técnica más ampliamente utilizada. Para este objetivo se han desarrollado diversas técnicas y herramientas que se describen más abajo.

Aunque el aislamiento eléctrico circunferencial de las VP se ha convertido en la piedra angular de la ablación de la FA y tiene muy buenos resultados en pacientes con FA paroxística, puede ser insuficiente en algunos pacientes en quienes la FA depende más del sustrato que mantiene la arritmia del que la desencadena, como ocurre en formas más avanzadas de FA, por ejemplo, la forma persistente o persistente de larga evolución. Para estos pacientes se han desarrollado otras estrategias como la ablación lineal o de potenciales fragmentados que se describen más abajo.

### Aislamiento de venas pulmonares mediante radiofrecuencia

El procedimiento estándar en la mayoría de los centros del mundo es la ablación por RF, utilizando la técnica de ablación punto por punto. Habitualmente para este procedimiento se utilizan catéteres de ablación de punta irrigada que permiten crear lesiones más profundas<sup>(24)</sup>, incluso últimamente se está proponiendo el uso de catéteres que permiten estimar la fuerza de contacto entre la punta del catéter y el tejido asegurando la eficacia y mejorando la seguridad<sup>(25)</sup>.

Técnicamente el procedimiento consiste en los siguientes pasos. Se accede a la AD mediante punción venosa femoral derecha y posteriormente, para acceder a la AI, se realiza una punción transeptal (a



**Figura 2.** Derivación V1 de electrocardiograma de superficie. Registros intracavitarios del catéter de ablación posicionado en el ostium de la vena pulmonar superior derecha, catéter circular dentro de la misma vena pulmonar y catéter tetrapolar emplazado en el seno coronario. Se observan registros de vena pulmonar (flechas) en el catéter circular que desaparecen durante la aplicación de radiofrecuencia.

nivel de la fosa oval) mediante guía fluoroscópica o guiado mediante ecografía intracardíaca (ICE) (figura 1). A través de la punción transeptal se avanza el catéter de ablación y un catéter diagnóstico circular multipolar. Una vez en la AI, se inicia anticoagulación intravenosa, procurando alcanzar un tiempo de coagulación activado mayor de 300 ms<sup>(26)</sup>. A continuación se realiza un mapa anatómico 3D de la AI con ayuda de sistemas de navegación electroanatómica y técnicas de imagen que se describen más abajo, y luego se procede a la aplicación de RF durante un tiempo que oscila entre 15 y 60 segundos por punto tratando de crear una circunferencia de puntos coalescente en el ostium de cada VP.

En la FA paroxística el objetivo del procedimiento de ablación es el aislamiento de las VP. Para ello, el catéter circular se sitúa en el interior de las VP. En su registro se puede observar simultáneamente la actividad eléctrica de las fibras musculares de las VP y, habitualmente, actividad del tejido auricular adyacente. La aplicación de RF se realiza lejos del interior de la VP para evitar el riesgo de su estenosis; complicación que se ha reducido mucho con esta práctica. El objetivo es la eliminación completa de los potenciales de VP en el catéter circular (figura 2), que representa el bloqueo de entrada desde la AI hacia la VP en ritmo sinusal y, si es posible, la demostración de bloqueo de salida desde la VP hacia la AI mediante la estimulación eléctrica desde su interior o por actividad espontánea de esta.



Figura 3. Imagen del balón láser liberando un haz de láser verde sobre un experimento animal.

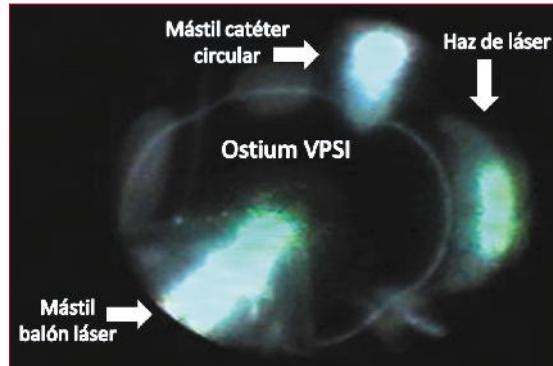


Figura 4. Visualización del ostium de la vena pulmonar superior izquierda mediante el angioscopio del balón láser. Al mismo tiempo se aprecia el mástil del catéter circular así como el haz láser.

### Aislamiento de venas pulmonares mediante balón láser endoscópico

La actual generación de balón láser endoscópico (BLE) consiste en un balón-globo distensible que puede variar su tamaño entre 9 y 35 mm de diámetro y que se adapta al ostium de las VP. El balón incorpora una fuente de energía láser y un endoscopio (figura 3). Esto permite visualizar el aspecto endocárdico del ostium de las VP (figura 4). El arco láser abarca un segmento de 30° del círculo completo del ostium y se va dirigiendo secuencialmente por toda la circunferencia de la VP, creando una línea de ablación de forma análoga a lo que se hace con la aplicación de RF punto por punto. Además, el BLE ofrece una titulación de energía que va desde 5,5 W a un máximo de 12 W.

Los niveles más altos de energía son típicamente aplicados a lo largo de la pared anterior del ostium de la VP, que se caracteriza por un tejido cardíaco más grueso y los niveles más bajos de energía en la pared posterior que es más delgada y cercana a estructuras colindantes como el esófago.

Los estudios iniciales demostraron la viabilidad del aislamiento de las VP con balón láser, con una eficacia clínica aguda y a medio plazo convincente, además de un favorable perfil de seguridad. Se han documentado altas tasas de eficacia aguda en la desconexión de las VP que van desde 98% a 100%<sup>(27,28)</sup>, incluso esto se tradujo en 86% de tasa de aislamiento duradero después de tres meses<sup>(29)</sup>.

En un análisis multicéntrico en el que se incluyeron 200 pacientes, la incidencia de parálisis del nervio frénico fue de 2,5% y la incidencia de taponamiento pericárdico fue de 2%. Sin embargo, no se observó ningún ictus, accidente isquémico transitorio (AIT), fistula atrio-esofágica o estenosis significativa de las VP<sup>(30)</sup>.

### Aislamiento de venas pulmonares mediante crio-balón

El sistema de ablación basado en crio-balón (CB) se introdujo hace diez años. Se compone de un globo no distensible (disponible en dos diámetros, 23 mm y 28 mm) que utiliza óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) como refrigerante. El procedimiento de ablación se inicia mediante el acceso a la AI mediante doble punción transeptal, introduciendo el CB y un catéter multipolar circular diagnóstico. Inicialmente se evalúan los potenciales de las VP mediante la introducción del catéter diagnóstico en las mismas. Recientemente se ha modificado la técnica para llevar a cabo solo una punción transeptal. Así, la evaluación de los potenciales de las VP se realiza ahora mediante el uso de un pequeño catéter de mapeo circular (calibre de 15 o 20 mm de diámetro) introducido en el lumen central del CB (Achieve, Medtronic, Minneapolis, MN, USA). El catéter Achieve permite actuar como guía y a la vez permite verificar en tiempo real los potenciales de las VP durante el ciclo de congelación, un período durante el cual no es posible colocar un catéter circular diagnóstico convencional por la oclusión que el CB provoca en la VP (figura 5).

Múltiples estudios han demostrado una alta tasa de éxito agudo (92% a 100%) después del aislamiento de las VP utilizando el CB de primera generación<sup>(31)</sup> y una curva de aprendizaje corta, como se ha demostrado en el estudio STOP-AF<sup>(32)</sup>. Las tasas de éxito clínico a un año con CB de primera generación son de 73%<sup>(33)</sup>. Sin embargo, tras un seguimiento más prolongado, las tasas de éxito a cinco años son comparables con las tasas de éxito obtenidas tras ablación con RF (47%)<sup>(34)</sup>. En cuanto al perfil clínico de seguridad, la ablación mediante BC de primera generación se asoció con una baja tasa de estenosis de las VP (0,9%), taponamiento cardíaco (0,57%) y ACV o AIT (0,32%). La incidencia de parálisis transitoria del nervio frénico fue una complica-



**Figura 5.** Esquema gráfico que representa un crio-balón ubicado en las proximidades del ostium de una vena pulmonar.

ción característica (6,4%) de la ablación con CB de primera generación, mientras que la tasa de parálisis frénica persistente ( $\geq 1$  año) fue considerablemente menor (0,37%)<sup>(31)</sup>. La incidencia de lesiones esofágicas está entre 0% y 17%, dependiendo del diámetro del globo<sup>(35)</sup>. Inicialmente solo se comunicó un caso con fistula atrio-esofágica<sup>(36)</sup>.

El CB de segunda generación fue introducido en el año 2012. Este cuenta con un sistema modificado de inyección de ocho chorros de refrigeración situados en una posición más distal en el globo. El resultado es un enfriamiento más homogéneo incluyendo la punta distal. La tasa de aislamiento de las VP es similar a la primera generación (99%)<sup>(37)</sup>. Sin embargo, estudios recientemente publicados demuestran tasas de éxitos superiores a un año que van desde 80% a 86%<sup>(38,39)</sup>. Con respecto a las complicaciones, utilizando CB de segunda generación se han publicado tasas discordantes de parálisis frénica persistente (3,5% a 19,5%)<sup>(40,41)</sup>. La incidencia de lesiones esofágicas relacionadas con la ablación con CB de segunda generación (28 mm) parece haberse incrementado (12% a 19%)<sup>(42,43)</sup>.

Otro aspecto interesante que se ha documentado en estudios es la incidencia de lesiones isquémicas cerebrales silentes después de ablación con BLE (11,4%), RF (18,2%) y CB (5%), sin que se hayan observado diferencias significativas entre las mismas<sup>(44)</sup>.

#### Catéteres de ablación multielectrodo

La posibilidad de realizar procedimientos de aislamiento eléctrico de las VP utilizando un único catéter, que sirva de registro y ablación, es un campo que ha generado desde hace años gran interés. En este sentido existen en el mercado y se utilizan en la actualidad principalmente dos catéteres: el *pulmonary vein ablation catheter* (PVAC) (Medtronic, Ablation Frontiers, Carlsbad, CA, USA) y el catéter de ablación circular

nMARQ (Biosense Webster, Diamond Bar, CA, USA). El uso de un catéter multipolar circunferencial de ablación se basa en el supuesto de que la ablación simultánea desde todos los electrodos del catéter circunferencial crea una lesión continua que aislará la VP, permitiendo asimismo el registro de la actividad eléctrica de la VP desde el propio catéter durante o inmediatamente antes y tras la ablación. Es importante destacar que, y en contraste con otras técnicas, en la ablación con catéter circunferencial este se posiciona alrededor del ostium PV, pero no dentro de la vena. La tasa de éxito en los pacientes con FA persistente para un único procedimiento es baja, 13%, y continúa siendo baja cuando se realiza más de un procedimiento 20%<sup>(45)</sup>, por lo cual esta técnica solo se recomienda para pacientes con FA paroxística. Recientemente se han comunicado varias complicaciones severas (fistulas atrio-esofágicas) con el catéter nMRQ que han llevado a emitir una nota de seguridad sobre el mismo.

#### Ablación lineal en la aurícula izquierda

Dada la elevada tasa de recurrencia que se observa en pacientes con FA persistente y persistente de larga duración con el aislamiento de las VP, se han propuesto varias estrategias para mejorar los resultados de la ablación de la FA. Una de esas estrategias es crear lesiones mediante aplicaciones lineales de RF adicionales a las de las VP en la AI. Las que se realizan más frecuentemente son la línea del techo de la AI (que conecta las VP superiores contralaterales) y la línea del istmo mitral (que une la VP inferior izquierda y la válvula mitral).

En un estudio aleatorizado, prospectivo, con pacientes con FA paroxística, en el que se comparó el aislamiento segmentario de las VP frente al aislamiento circunferencial con realización de la línea del techo, se observó que el grupo en el que se realizaba la línea, además del aislamiento circunferencial de las VP, presentaba una incidencia significativamente mayor de flutter izquierdo, lo que sugiere que no se deberían realizar líneas de ablación adicionales en el caso de la FA paroxística<sup>(46)</sup>. El papel de las líneas adicionales en el caso de la FA persistente sigue siendo un tema de controversia. El aislamiento rutinario de la pared posterior no parece ofrecer mejores resultados<sup>(47)</sup>. Por otra parte, sabemos que la presencia de líneas de ablación incompletas favorece la aparición de taquicardias auriculares macrorreentrantas.

#### Ablación de zonas con electroagramas auriculares complejos fraccionados

La cartografía auricular durante la FA ha puesto de manifiesto zonas con electroagramas auriculares complejos y fraccionados (CFAE) que pueden co-

rresponder a puntos fijos en la AI con fibrosis y zonas de conducción lenta (sustrato anatómico). La localización y ablación de zonas con CFAE durante la FA se ha convertido en otra técnica de ablación que se corresponde con un sustrato anatómico y posiblemente relacionado con el mantenimiento de la FA<sup>(48,49)</sup>. Los CFAE son electrogramas con potenciales muy fraccionados o con una longitud de ciclo muy corta. Habitualmente son de bajo voltaje, las localizaciones más frecuentes de los CFAE son las VP, el septum interauricular, el techo de la AI y el seno coronario.

Los objetivos primarios de la ablación con RF utilizando esta técnica son la eliminación completa de los puntos donde se localizan estos CFAE, la conversión de la FA a ritmo sinusal o la no inducibilidad de FA. En los pacientes con FA paroxística, el objetivo de la ablación utilizando esta técnica es la no inducibilidad de la arritmia. En pacientes con FA persistente, el objetivo es la terminación de la FA. Una de las limitaciones de esta técnica es la gran cantidad de miocardio auricular que se necesita abordar para la eliminación de los CFAE. Al mismo tiempo, diversos estudios no han encontrado mejores resultados complementando el aislamiento de las VP con dicho método. Por todo ello, en la actualidad no es una técnica rutinaria estándar y está siendo abandonada por muchos grupos.

### Ablación escalonada para fibrilación auricular persistente de larga duración

En el año 2005, Haïssaguerre y colaboradores propusieron lo que llamaron ablación escalonada para pacientes con FA persistente de larga duración. La misma se realiza con monitorización de la longitud de ciclo (LC) media de la FA en un punto fijo (habitualmente las orejuelas auriculares) y con el objetivo final de terminación de la FA. Todo ello se basa en la hipótesis de que la prolongación de la LC y la terminación de la FA son indicadores de reducción y erradicación del sustrato de la arritmia<sup>(50,51)</sup>. Su estrategia de modificación del sustrato bajo monitorización de la LC de la FA fue respaldada por su propia hipótesis de que en la FA persistente las múltiples microrreentradas fijas actúan continuamente como reservorio, reabasteciendo el proceso de la persistencia de la FA. Los CFAE representan zonas de reentradas pequeñas y conducción fibrilaria desde ellas, siendo la LC un marcador del sustrato de la carga de FA<sup>(52)</sup>. Los autores tomaron como definición de CFAE la publicada por el Dr. Nademanee y colaboradores<sup>(49-53)</sup>. El abordaje incluye como primer paso el aislamiento de las VP seguido de la ablación de áreas de CFAE, tanto en el septum de la AI como a lo largo del seno coronario, en la base del

apéndice de la AI y, opcionalmente, en la AD. Posteriormente, si la LC de la FA en la AD permanece menor que la de la AI, como segundo paso se procede a realizar una línea de ablación en el techo de la AI y como tercer paso se realiza una línea de ablación en el istmo mitral. Las investigaciones iniciales incluyeron a 60 pacientes con FA persistente de larga duración, en el 87% de ellos la arritmia fue terminada durante la ablación (13% pasaron directamente a ritmo sinusal y 74% a taquicardia auricular). Los pacientes en quienes se revirtió la FA durante el procedimiento se mantuvieron en ritmo sinusal tras 11 meses de seguimiento y sin fármacos antiarrítmicos (FAA)<sup>(50,51)</sup>. Otros estudios también han comunicado un efecto beneficioso de la ablación escalonada como alternativa terapéutica en los pacientes con FA persistente de larga duración<sup>(54,55)</sup>.

### Ablación de rotores

En los últimos años se ha propuesto que la FA podría estar sostenida por fenómenos similares a la reentrada en forma de espirales y denominados rotores<sup>(56)</sup>. El mapa de impulsos focales y la modulación de rotores (FIRM, de la sigla en inglés *focal impulse and rotor modulation mapping*) fue la primera publicación en el año 2011 en identificar rotores y fuentes focales<sup>(57)</sup>. Varias técnicas alternativas han sido propuestas desde entonces que revelan rotores y fuentes focales con algunas similitudes entre ellas. Tres principales características técnicas son utilizadas por los autores para la realización de un mapa de rotores. Primero es necesario realizar un mapeo electroanatómico tanto de la AD como de la AI, con un catéter especial denominado catéter canasto que consta de 64 electrodos, registrando señales eléctricas para establecer dichos rotores. Posteriormente se intenta separar señales de actividad local y separarlas de actividad de campo lejano a través de la utilización de potenciales de acción monofásicos. Por último se procesan las señales para identificar y rastrear rotores o señales que predigan la aparición de rotores, sin utilizar cartografía de activación convencional. Típicamente se identifica más de un rotor y su ablación se realiza junto con el aislamiento de las VP.

El estudio más grande en la actualidad sobre ablación focal y modulación de rotores es el CONFIRM trial<sup>(58)</sup>. En este ensayo se incluyeron prospectivamente 92 pacientes con FA (70% persistente), los cuales eran refractarios al tratamiento médico y fueron derivados para ablación. El estudio constaba de dos brazos: un brazo fueron los pacientes (34%) a quienes se les realizó ablación focal de rotores y posterior aislamiento de las VP. El otro brazo fueron los pacientes (66%)

a quienes se les realizó aislamiento de las VP junto con mapa de impulsos locales, pero este último no condujo la ablación. A los tres años se observaron diferencias significativas en el porcentaje de pacientes libre de eventos (77,8% versus 38,5% p = 0,001) en el grupo de ablación de rotores junto con aislamiento de las VP.

Sin embargo, dentro de las limitaciones que presenta el método podemos mencionar que durante el mapeo electroanatómico es posible encontrar circuitos epicárdicos o intramioocárdicos que dificultan nuestra interpretación. Además, todavía no contamos con evidencia suficiente para su realización sistemática.

### Complicaciones

Uno de los registros más grandes (14.218 pacientes) y que incluyó a pacientes de todo el mundo fue publicado por Cappato y colaboradores en 2010<sup>(59)</sup>. Se observó una tasa general de complicaciones de 4,5% en la ablación de FA independientemente del método empleado. Se registró una baja tasa de ACV y AIT (0,23% y 0,71% respectivamente), junto con una baja tasa de fistula atrio-esofágica (0,04%) y de mortalidad (0,15%). La complicación más frecuente fue el taponamiento cardíaco (1,31%). Se documentaron también pseudoaneurismas femorales y fistulas arterio-venosas en 0,93% y 0,54% de los procedimientos respectivamente. Otras complicaciones registradas menos frecuentes fueron neumotórax, hemotorax y parálisis diafragmática, con tasas de 0,09%, 0,02% y 0,17% respectivamente<sup>(59)</sup>. La estenosis de VP significativa solo se objetivó en 0,29% de los pacientes, una tasa mucho menor que en los inicios de la ablación con catéter cuando se aplicaba RF en el interior de las VP en lugar de su ostium.

### Indicaciones actuales de ablación de fibrilación auricular

El tratamiento para controlar el ritmo cardíaco, ya sea con FAA o con ablación por catéter, principalmente está indicado para aliviar los síntomas asociados con la FA. Tanto las guías de la Sociedad Europea de Cardiología / European Heart Rhythm Association (ESC/EHRA)<sup>(64)</sup> como las de American Heart Association / Heart Rhythm Society / American College of Cardiology (AHA/HRS/ACC)<sup>(65)</sup> recomiendan la ablación en pacientes con FA paroxística, sin cardiopatía estructural, intolerantes a FAA o refractarios a los mismos, como indicación clase I con nivel de evidencia A. Esta indicación está basada en ensayos que han demostrado la superioridad de la ablación con catéter para el mantenimiento

del RS en esta población de pacientes<sup>(66)</sup>. Los pacientes que presentan recurrencias en los tres primeros meses tras la ablación, período conocido como de “blinking”, deben ser tratados con FAA antes de plantear un nuevo procedimiento dado que durante el mismo puede haber fenómenos irritativos inflamatorios pasajeros responsables de las arritmias.

A pesar de que la eficacia de la ablación en la FA persistente es menor que en la FA paroxística, también se considera su indicación en este tipo de pacientes si son sintomáticos y refractarios o intolerantes a FAA (indicación clase IIA nivel de evidencia A). En los pacientes sintomáticos y refractarios o intolerantes a FAA con FA persistente de larga duración (de más de 12 meses) las guías recomiendan la ablación con catéter con menor énfasis (indicación clase IIB con un nivel de evidencia B). En cuanto a los pacientes con insuficiencia cardíaca (IC) y disfunción ventricular izquierda, la ablación con catéter ha demostrado mejoría de la fracción de eyeción del ventrículo izquierdo (FEVI) y razonables tasas de éxito en el mantenimiento del ritmo sinususal<sup>(67)</sup>. La mejoría de la FEVI se produce principalmente cuando la disfunción ventricular izquierda es debida a la propia FA. En este grupo de pacientes puede ser difícil determinar si los síntomas son debido a la FA o a la IC.

Es importante mencionar que la ablación está contraindicada (indicación clase III – AHA/HRS/ACC) en aquellos pacientes que no puedan recibir tratamiento anticoagulante durante y luego del procedimiento debido al riesgo asociado de ACV y AIT periprocedimiento independientemente del riesgo tromboembólico basal del paciente<sup>(65)</sup>.

### Bibliografía

1. Heeringa J, van der Kuip DA, Hofman A, Hofman A, Breteler MM, Lip GY, et al. Prevalence, incidence and lifetime risk of atrial fibrillation: the Rotterdam study. Eur Heart J 2006; 27:949–53.
2. Feinberg WM, Blackshear JL, Laupacis A, Kronmal R, Hart RG. Prevalence, age distribution, and gender of patients with atrial fibrillation. Analysis and implications. Arch Intern Med. 1995 Mar 13; 155(5):469-73.
3. Miyasaka Y, Barnes ME, Gersh BJ, Cha SS, Bailey KR, Abhayaratna WP et al. Secular trends in incidence of atrial fibrillation in Olmsted County, Minnesota, 1980 to 2000, and implications on the projections for future prevalence. Circulation 2006;114: 119–25.
4. Stefansdottir H, Aspelund T, Gudnason V, Arnar DO. Trend in the incidence and prevalence of atrial

- fibrillation in Iceland and future projections. Euro-  
pace 2011; 13: 1110-17.
5. Wilber DJ, Pappone C, Neuzil P, De Paola A, Marchlinski F, Natale A, et al. Comparison of antiarrhythmic drug therapy and radiofrequency catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a randomized controlled trial. J Am Med Assoc 2010; 303:333-40.
  6. Packer DL, Kowal RC, Wheelan KR, Irwin JM, Champagne J, Guerra PG, et al. Cryo-balloon ablation of pulmonary veins for paroxysmal atrial fibrillation: first results of the North American Arctic Front (STOP-AF) pivotal trial. J Am Coll Cardiol 2013; 61:1713-23.
  7. Oral H, Pappone C, Chugh A, Good E, Bogun F, Pelosi F Jr, et al. Circumferential pulmonary-vein ablation for chronic atrial fibrillation. N Engl J Med 2006; 354:934-41.
  8. Van Brabandt H, Neyt M, Devos C. Caution over use of catheter ablation for atrial fibrillation. Br Med J 2013; 347: f5 277.
  9. Morillo CA, Verma A, Connolly SJ, Kuck KH, Nair GM, Champagne J, et al. Radiofrequency ablation vs anti-ar rhythmic drugs as first line treatment of paroxysmal atrial fibrillation (RAAFT-2): A randomized trial. JAMA 2014; 311: 692-700.
  10. Calkins CH. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: Recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, end-points, and research trial design. Heart Rhythm 2012; 9: 632-96.
  11. Ganesan AN, Shipp NJ, Brooks AG, Kuklik P, Lau DH, Lim HS, et al. Long-term outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation: A systematic review and met-analysis. J Am Heart Assoc 2013; 2:e004549.
  12. Scherf D. Studies on auricular tachycardia caused by aconitine administration. Proc Soc Exp Biol Med 1947; 64: 233-9.
  13. Scherf D, Chick F. Abnormal cardiac rhythms caused by acetylcholine. Circulation. 1951 May; 3(5):764-9.
  14. Moe GK, Abildskov JA. Atrial fibrillation on a self-sustaining arrhythmia independent of focal discharge. Am Heart J 1959; 58: 59-70.
  15. Allesie MA, Lammers WJ, Bonke FI, Hollen J. Experimental evaluation of Moe's multiple wavelet hypothesis of atrial fibrillation. En: Zipes DP, Jalife J (eds.). Cardiac Arrhythmias. Nueva York: Grune & Stratton; 1985. p. 265-76.
  16. Jais P, Haissaguerre M, Shah DC, et al. A focal source of atrial fibrillation treated by discrete radiofrequency ablation. Circulation 1997; 95: 572-6.
  17. Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. N Engl J Med. 1998; 339:659-666.
  18. Toniolo M, Figueroa J, Castrejòn-Castrejòn S, Merino JL. Induction of tachycardia confined within a pulmonary vein by electrical cardioversion of atrial fibrillation: Is it proof of reentry?. Heart Rhythm Case Reports, Vol 1, No 4, July 2015
  19. Mandapati R, Skanes A, Chen J, Berenfeld O, Jalife J. Stable microreentrant sources as a mechanism of atrial fibrillation in the isolated sheep heart. Circulation 2000; 101: 194-9.
  20. Morillo CA, Klein GJ, Jones DL, Guiraudon CM. Chronic rapid atrial pacing. Structural, functional, and electrophysiological characteristics of a new model of sustained atrial fibrillation. Circulation 1995; 91: 1588-95.
  21. Danse PW, Garratt CJ, Allessie MA. Flecainide widens the excitable gap at pivot points of premature turning wavefronts in rabbit ventricular myocardium. J Cardiovasc Electrophysiol 2001; 12: 1010-7.
  22. Narayan SM, Krummen DE, Shivkumar K, et al. Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources: the Conventional Ablation for Atrial Fibrillation With or Without Focal Impulse and Rotor Modulation: CONFIRM trial. J Am Coll Cardiol 2012;60(7):628-36.
  23. Pappone C, Rosanio S, Oreto G, Tocchi M, et al. Circumferential radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia: A new anatomic approach for curing atrial fibrillation. Circulation. 2000 Nov 21; 102(21):2619-28.
  24. Cuesta A, Mont L, et al. Catéter de 8 mm frente a punta irrigada en la ablación del flutter auricular dependiente del istmo: un estudio prospectivo y aleatorizado. Rev Esp Cardiol. 2009;62(07):750-6 - Vol. 62
  25. Reddy VY, Shah D, Kautzner J, Schmidt B, Saoudi N, Herrera C, Jais P, Hindricks G, Peichl P, Yulzari A, Lambert H, Neuzil P, Natale A, Kuck KH. The relationship between contact force and clinical outcome during radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation in the TOCCATA study. Heart Rhythm. 2012 Nov;9(11): 1789-95.
  26. Calvo N, Nadal M, 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(2):131-138
  27. Schmidt B, Metzner A, Chun KR, et al. Feasibility of circumferential pulmonary vein isolation using a novel endoscopic ablation system. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2010;3(5):481-8.

28. Metzner A, Wissner E, Schmidt B, et al. Acute and long-term clinical outcome after endoscopic pulmonary vein isolation: results from the first prospective, multicenter study. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2013;24(1):7–13.
29. Dukkipati SR, Neuzil P, Kautzner J, et al. The durability of pulmonary vein isolation using the visually guided laser balloon catheter: Multicenter results of pulmonary vein remapping studies. *Heart Rhythm* 2012;9(6):919–25.
30. Dukkipati SR, Kuck KH, Neuzil P, et al. Pulmonary vein isolation using a visually guided laser balloon catheter: the first 200-patient multicenter clinical experience. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6(3):467–72.
31. Andrade JG, Khairy P, Guerra PG, et al. Efficacy and safety of cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a systematic review of published studies. *Heart Rhythm* 2011; 8:1444–51.
32. Packer DL, Kowal RC, Wheelan KR, et al. STOP AF Cryoablation Investigators. Cryoballoon ablation of pulmonary veins for paroxysmal atrial fibrillation: first results of the North American Arctic Front (STOP AF) pivotal trial. *J Am Coll Cardiol* 2013; 61:1713–23.
33. Chun KR, Schmidt B, Metzner A, et al. The “single big cryoballoon” technique for acute pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a prospective observational single centre study. *Eur Heart J* 2009;30:699–709.
34. Neumann T, Wojcik M, Berkowitsch A, et al. Cryoballoon ablation of paroxysmal atrial fibrillation: 5-year outcome after single procedure and predictors of success. *Europace* 2013;15(8):1143–9.
35. Ahmed H, Neuzil P, d'Avila A, et al. The esophageal effects of cryoenergy during cryoablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2009;6(7):962–9.
36. Stockigt F, Schrickel JW, Andrie R, Lickfett L. Atrioesophageal fistula after cryoballoon pulmonary vein isolation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012;23(11):1254–7.
37. Metzner A, Reissmann B, Rausch P, et al. One-year clinical outcome after pulmonary vein isolation using the second-generation 28-mm cryoballoon. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014;7(2): 288–92.
38. Furnkranz A, Bordignon S, Schmidt B, et al. Improved procedural efficacy of pulmonary vein isolation using the novel second-generation cryoballoon. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2013; 24:492–7.
39. Ciccone G, Chierchia GB, DE Asmundis C, et al. Spontaneous and adenosine-induced pulmonary vein reconnection after cryoballoon ablation with the second-generation device. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2014;25(8):845–51.
40. Casado-Arroyo R, Chierchia GB, Conte G, et al. Phrenic nerve paralysis during cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a comparison between the first- and second-generation balloon. *Heart Rhythm* 2013;10(9):1318–24.
41. Metzner A, Rausch P, Lemes C, et al. The incidence of phrenic nerve injury during pulmonary vein isolation using the second-generation 28 mm cryoballoon. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2014; 25:466–70.
42. Metzner A, Burchard A, Wohlmuth P, et al. Increased incidence of esophageal thermal lesions using the second-generation 28 mm cryoballoon. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6(4):769–75.
43. Furnkranz A, Bordignon S, Schmidt B, et al. Luminal esophageal temperature predicts esophageal lesions after second-generation cryoballoon pulmonary vein isolation. *Heart Rhythm* 2013;10(6): 789–93.
44. Wissner E, Metzner A, Neuzil P, et al. Asymptomatic brain lesions following laserballoon-based pulmonary vein isolation. *Europace* 2014;16(2):214–9.
45. Edward KoYluk, Paweł Balsam, et al. Efficacy of multi-electrode duty-cycled radiofrequency ablation in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Cardiology Journal* 2013, Vol. 20, No.6
46. Sawhney N, Anousheh R, Chen W, Feld GK. Circumferential pulmonary vein ablation with additional linear ablation results in an increased incidence of left atrial flutter compared with the segmental pulmonary vein isolation as initial approach ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010; 3 (3): 243–8.
47. Tamborero D, Mont L, Beruezo A, et al. Left atrial posterior wall isolation does not improve the outcome of circumferential pulmonary vein ablation for atrial fibrillation: a prospective randomized study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2009; 2(1): 35–40.
48. Jadidi AS, Duncan E, Miyazaki S, et al. Functional nature of electrogram fractionation demonstrated by left atrial high-density mapping. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012; 5: 32–42.
49. Nademanee K, Mc Kenzie J, Kosar E, et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 2044–53.
50. Haïssaguerre M, Sanders P, Hocini M, Takahashi Y, Rotter M, Sacher F, et al. Catheter ablation of long-lasting persistent atrial fibrillation: critical structure for termination. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005; 16:1125—37.
51. Haïssaguerre M, Hocini M, Sanders P, Sacher F, Rotter M, Takahashi Y, et al. Catheter ablation of long-lasting persistent atrial fibrillation: clinical outcome and mechanisms of subsequent arrhyt-

- hmias. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005; 16: 1138-47.
52. **Haïssaguerre M, Hocini M, Sanders P, Takahashi Y, Rotter M, Sacher F, et al.** Localized sources maintaining atrial fibrillation organized by prior ablation. *Circulation* 2006; 113:616—25.
53. **Nademanee K, Lockwood E, Oketani N, Gidney B.** Catheter ablation of atrial fibrillation guided by complex fractionated atrial electrogram mapping of atrial fibrillation substrate. *J Cardiol* 2010; 55:1—12.
54. **Rostock T, Steven D, Hoffmann B, Servatius H, Drewitz I, Sydow K, et al.** Chronic atrial fibrillation is a batrial arrhythmia: data from catheter ablation of chronic atrial fibrillation aiming arrhythmia termination using a sequential ablation approach. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2008; 1:344—53.
55. **O'Neill MD, Wright M, Knecht S, Jais P, Hocini M, Takahashi Y, et al.** Long-term follow-up of persistent atrial fibrillation ablation using termination as a procedural endpoint. *Eur Heart J* 2009; 30: 1105—12.
56. **Schricker AA, Lalani GG, Krummen DE, et al.** Rotors as drivers of atrial fibrillation and targets for ablation. *Curr Cardiol Rep* 2014;16(8):509.
57. **Narayan SM, Wright M, Derval N, et al.** Classifying fractionated electrograms in human atrial fibrillation using monophasic action potentials and activation mapping: evidence for localized drivers, rate acceleration, and nonlocal signal etiologies. *Heart Rhythm* 2011;8(2):244—53.
58. **Narayan SM, Krummen DE, Shivkumar K, et al.** Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources: the Conventional Ablation for Atrial Fibrillation With or Without Focal Impulse and Rotor Modulation: CONFIRM trial. *J Am Coll Cardiol* 2012;60(7):628—36.
59. **Cappato R, Calkins H, Chen SA, et al.** Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010; 3(1):32-8.
60. **Lafuente C, Mouly S, Longas-Tejero MA, et al.** Antiarrhythmic drugs for maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation: a systematic review of randomized controlled trials. *Arch Intern Med*. 2006;166:719—28.
61. **Piccini JP, Hasselblad V, Peterson ED, et al.** Comparative efficacy of dronedarone and amiodarone for the maintenance of sinus rhythm in patients with atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2009; 54:1089—95.
62. **Hohnloser SH, Crijns HJ, van Eickels M, et al.** Effect of dronedarone on cardiovascular events in atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2009;360:668—78.
63. **Connolly SJ, Camm AJ, Halperin JL, et al.** Dronedarone in high-risk permanent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2011; 365:2268—76.
64. 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation An update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association Authors/Task Force Members: A. John Camm, Gregory Y.H. Lip, Raffaele De Caterina, Irene Savelieva, Dan Atar, Stefan H. Hohnloser, Gerhard Hindricks, Paulus Kirchhof. *European Heart Journal* (2012) 33, 2719—2747.
65. **January CT, Wann LS, Alpert JS, Calkins H, Cigarroa JE, Cleveland JC Jr, et al.** 2014 AHA/ACC/HRS. Guideline for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation* 2014; 130:e199—e267.
66. **Bonanno C, Paccanaro M, La Vecchia L, et al.** Efficacy and safety of catheter ablation versus antiarrhythmic drugs for atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized trials. *J Cardiovasc Med* (Hagerstown). 2010; 11:408—18.
67. **Khan MN, Jais P, Cummings J, et al.** Pulmonary-vein isolation for atrial fibrillation in patients with heart failure. *N Engl J Med*. 2008; 359: 1778—85.