Cir. Cardiov. 2008;15(4):385-92

Avances en cartografía para el tratamiento percutáneo de las arritmias cardíacas

Aurelio Quesada, Javier Jiménez

Unidad de Arritmias. Servicio de Cardiología
Hospital General Universitario. Valencia

La investigación ha realizado considerables y rápidos progresos en el tratamiento de las arritmias. Avanzados sistemas de cartografía de arritmia facilitan nuevas formas de cartografía, permitiendo la reconstrucción de modelos tridimensionales de las cámaras cardíacas, combinando información eléctrica y anatómica de múltiples lugares, creando mapas de voltaje y activación sin la necesidad de fluoroscopia. En esta revisión son analizados los diferentes navegadores así como su utilidad clínica.

Palabras clave: **Arritmias. Ablación. Electroanatómico.**

Advances in cartography for the percutaneous treatment of cardiac arrhythmias

Investigation carries out considerable and quick progresses in arrhythmia treatment. Conventional catheter mapping techniques continue to form the basis of mapping for all arrhythmias. Constantly evolving «advanced» mapping systems can facilitate arrhythmia mapping by allowing reconstruction of three-dimensional models of cardiac chambers, combining electrical and anatomical information at multiple sites, creating voltage and activation maps and reducing the need for fluoroscopy. In this review are analyzed the different browsers as well as its clinical utility.

Key words: **Arrhythmias. Ablation. Electroanatomic.**

Correspondencia:
Aurelio Quesada
Servicio Cardiología
Hospital General Universitario Valencia
Avda. Tres Cruces, s/n
46017 Valencia
E-mail: quesada_aur@gva.es

Recibido 15 de noviembre de 2008
Aceptado 20 de noviembre de 2008

INTRODUCCIÓN

Desde que en 1991 se publicaran los primeros casos de ablación percutánea de vías accesorias[1,2], el desarrollo de este campo de la cardiología ha sido vertiginoso. Del abordaje inicial de sustratos arrítmicos sencillos tales como taquicardias por vías accesorias o taquicardias focales, se ha logrado pasar al abordaje de arritmias de gran complejidad, como las taquicardias auriculares macrorreentrantes, taquicardias ventriculares y la fibrilación auricular. Esto, en gran parte, ha sido posible al desarrollo de los sistemas de mapeo electroanatómico que han permitido la realización de mapas de activación de estas arritmias con localización de aquellas zonas críticas susceptibles de ablación[3-5].

En los procedimientos de ablación más sencillos, el abordaje «clásico», con la disposición de catéteres en lugares estratégicos y la obtención de los electrogramas de dichas zonas, así como el análisis de la respuesta de la taquicardia a los estímulos desde las diversas ubicaciones, es suficiente generalmente para determinar el circuito de la taquicardia y determinar el lugar de ablación. Así, en los casos de taquicardia por reentrada a través de una vía accesoria el análisis de la precocidad de estos electrogramas permite determinar la localización de la misma (Fig. 1). La respuesta a la estimulación programada durante la taquicardia también es útil para determinar si nos encontramos dentro del circuito en los casos de taquicardia por reentrada mediante el análisis de los ciclos de retorno y del fenómeno de encarrilamiento con fusión y con fusión oculta (Fig. 2 A y B).

Figura 1. A: *la imagen de radioscopia muestra la localización de los catéteres en seno coronario (SC), His (H), aurícula derecha (AD) y ventrículo derecho (VD). En el panel de la izquierda* ***(B)*** *se muestran los electrogramas obtenidos en dichos puntos durante la taquicardia de reentrada auriculoventricular. El análisis de los electrogramas auriculares* ***(A)*** *tras los electrogramas ventriculares (V) permite determinar cuál es la zona de la aurícula que se activa más precozmente (en este caso SC 3-4), permitiendo ubicar el catéter de ablación en dicha zona. Tras ubicar el catéter de ablación en el punto donde el auriculograma retrógrado es más precoz y el intervalo VA es el más corto se determina la ubicación de la vía procediéndose a la ablación.*

Con estos y otros criterios de electrofisiología básica se han podido abordar gran parte de las arritmias más sencillas; sin embargo el salto cualitativo para el abordaje de las arritmias más complejas se ha producido gracias al desarrollo de los sistemas de navegación electroanatómica, que han permitido definir y abordar circuitos más

A **B**

Figura 2. *Respuesta a la sobreestimulación desde dos puntos diferentes durante un flutter auricular típico con el catéter de ablación en el istmo cavotricuspídeo. Al estimular a una frecuencia ligeramente superior llevamos la taquicardia a la frecuencia de estimulación (encarrilamiento) sin que se modifique el patrón de los electrogramas intracavitarios ni la morfología de las ondas F (encarrilamiento con fusión oculta). Tras cesar la estimulación, la taquicardia continúa y vemos cómo el tiempo transcurrido desde el último estímulo al siguiente electrograma de la taquicardia (ciclo de retorno) es similar a la longitud de ciclo de la taquicardia (LC) ± 30 ms, indicando que el istmo forma parte del circuito, siendo una zona de conducción lenta necesaria para el mantenimiento de la taquicardia.*

complejos. La presente revisión quiere ofrecer una perspectiva de la situación actual de los sistemas de navegación electroanatómica, conocidos popularmente como navegadores, la parte más reciente y desconocida de la electrofisiología, no sólo para el cirujano cardiovascular sino incluso para el cardiólogo. Aún quedan muchos problemas arritmológicos por resolver en los que el cirujano cardiovascular puede decir mucho trabajando en equipo con el electrofisiólogo. La labor de aquellos cirujanos pioneros debe animar a los más jóvenes a acercarse de nuevo al apasionante campo de las arritmias.

SISTEMAS DE MAPEO ELECTROANATÓMICO

Un navegador es un sistema de localización del catéter dentro del organismo que básicamente consigue hacer visible en cada momento su posición dentro de corazón sin emplear radioscopia (pero con mayor exactitud). A partir de esta información (conocimiento espacial exacto de los distintos puntos a los que desplazamos el catéter de ablación) y de las señales eléctricas intracavitarias (electrogramas) recogidas en cada uno de ellos, un sofisticado *software* permite:

- Ofrecer una imagen virtual de la cámara o cámaras cardíacas de interés obtenida mediante una reconstrucción por ordenador de los puntos de endocardio donde el catéter se ha situado (puntos visitados). A más puntos, mayor exactitud de la reconstrucción.
- Dibujar sobre esa cámara diversos mapas (activación, voltaje, potenciales anormales, etc.) obtenidos a través del análisis de los electrogramas recogidos en los puntos visitados.

Aunque se han desarrollado varios sistemas de navegación, los utilizados actualmente son dos: el sistema CARTO (Biosense, Johnson & Johnson) y el denominado NavX Ensite (St. Jude Medical). El primero detecta el catéter por su ubicación respecto de un campo magnético, mientras que el segundo lo hace respecto de una señal eléctrica.

En realidad, otros aparatos que también conocemos como navegadores, los empleados en los coches o barcos para conocer dónde nos encontramos o la ruta que debemos seguir, tienen un fundamento idéntico, la emisión desde tres puntos diferentes (en este caso tres satélites) de una señal que por triangulación permite conocer el punto exacto de ubicación del receptor.

Sistema CARTO

Sus orígenes se remontan al sistema de localización (GPS, *global positioning system*), que acabamos de comentar, desarrollado inicialmente con fines militares y actualmente tan difundido para usos civiles. El sistema CARTO utiliza campos magnéticos de baja energía (5×10^6 - 6×10^6 Teslas) para la localización de la punta del catéter generados mediante un emisor externo de un campo magnético de intensidad ultrabaja (0,05-0,5 Gauss) o placa de localización, situado bajo la mesa del paciente, que consta de tres emisores de campos magnéticos. El campo magnético es detectado mediante un sensor pasivo de campos magnéticos miniaturizado de localización (sensor de localización, en catéter de mapeo) (Fig. 3). Un parche externo en la espalda sirve como segunda referencia para corregir los movimientos del paciente. La intensidad con la que cada campo magnético de cada emisor es detectado por el sensor es inversamente proporcional a la distancia entre el sensor y el emisor. Mediante una unidad de procesado (Biosense®, Tirat Hacarmel, Israel) las medidas de cada uno de los tres campos son convertidas en distancias localizando el sensor (y, por lo tanto, la punta del catéter de ablación) de forma tridimensional en el espacio.

Figura 3. *Componentes y esquema de funcionamiento mediante campos magnéticos del sistema CARTO. (Véase explicación en el texto.)*

El catéter de ablación posee un par distal y otro proximal de electrodos de detección, y la punta es capaz de liberar energía de radiofrecuencia. También nos referimos a él bajo los términos de catéter explorador o de mapeo. Conforme se desplaza, registra puntos de localización para generar una reconstrucción en 3D de la cámara. Estudios de validación han mostrado una gran precisión en la navegación, permitiendo retornar a puntos de interés previos y crear líneas de ablación de la longitud deseada. *In vitro* ha mostrado una gran reproducibilidad con medidas de localización repetidas con varias orientaciones y varios lugares con un error medio de 0,16 ± 0,02 mm (rango SD 0,55 ± 0,07 mm) y unas

Figura 4. Reconstrucción anatómica de la cámara seleccionada con mapa de reactivación efectuada con el sistema CARTO. (Véase explicación en el texto).

distancias relativas medidas por el sistema entre sitios de localización conocidas con un error medio de 0,42 ± 0,05 mm[6,7]. En humanos han mostrado un nivel similar de precisión y una reconstrucción de la geometría de la cámara y de la activación eléctrica durante la arritmia muy similar a la real, con una reproducibilidad media de 0,54 ± 0,05 mm (rango 1,26 ± 0,08 mm) y una seguridad con un error medio de 0,73 ± 0 mm[8,9].

A la vez que el catéter va adquiriendo puntos para la reconstrucción anatómica mientras es desplazado a lo largo de la superficie interna de la cámara, registra los tiempos de activación de los potenciales locales para realizar el mapeo de la arritmia. Es importante comprender que estos tiempos se realizan comparándolos con un punto, instante, de referencia que es conocido y lo más estable posible, y puede ser el inicio de la onda P o del QRS, o bien el electrograma recogido en seno coronario o el ápex del ventrículo derecho (VD). La elección de la referencia depende de la arritmia a la que nos enfrentamos, taquiarritmia auricular, ventricular o vía accesoria, siendo preferibles las del ECG de superficie por ser más estables (un pequeño desplazamiento del catéter intracavitario cambia la referencia e invalida el trabajo previo). No obstante, hay métodos (casi «trucos») para reposicionar un electrodo de referencia desplazado. El tiempo transcurrido entre el electrograma registrado por el catéter hasta la activación de la referencia escogida puede ser precoz, simultáneo o tardío, y es calculado automáticamente por el sistema, pero a menudo ha de ser reajustado manualmente. Viene representado por una gradación de colores que aparece al lado de colores, siendo el color rojo lo más precoz (el punto cuya activación precede más al del electrograma de referencia) y el violeta lo más tardío; los puntos de activación intermedia se van representando con un degradado de los colores del arco iris (Fig. 4). Los tiempos en que se va a considerar rojo o violeta son ajustables.

Sistema EnSite NavX®

Este sistema (St. Jude Medical, St. Paul, Minnesota, USA) es capaz de mostrarnos la posición en 3D de múltiples catéteres. Esto se consigue mediante la emisión de una corriente de baja frecuencia de 5,6 kHz a través de parches cutáneos dispuestos ortogonalmente. El voltaje registrado y la impedancia que genera cada electrodo del catéter permiten definir la distancia respecto a cada parche, y finalmente su localización en el espacio, que es triangulada, con la ayuda de un electrodo de referencia. Imágenes tridimensionales de cada catéter pueden ser conseguidas. La geometría de la cámara puede lograrse desplazando los catéteres por el interior de la misma[10].

Acoplado a él, se encuentra otro sistema denominado simplemente EnSite, que utiliza un catéter con múltiples electrodos (EnSite Array) (Fig. 5). Este catéter dispone de un balón inflable en el que están dispuestos 64 electrodos en su superficie, lo que le permite registrar simultáneamente la activación de múltiples zonas; de este modo, un mapeo de una densidad relativamente alta se puede realizar con un solo latido de taquicardia. La localización tridimensional de los electrodos en el NavX se realiza aplicando una corriente de baja frecuencia (5,6 kHz) entre un electrodo en la punta del catéter y dos electrodos en anillo ubicados uno proximal y otro distal al balón. De

forma similar, la ubicación de otros catéteres de mapeo se puede determinar contabilizando la impedancia entre este catéter y los dos electrodos mencionados. La geometría de la cámara puede ser reconstruida desplazando este catéter por el interior de la cámara estudiada, y los potenciales eléctricos registrados pueden ser superpuestos en esta representación geométrica de la cámara.

Su principal ventaja consiste en la adquisición de múltiples electrogramas con un solo latido, resultando especialmente útil en el mapeo de extrasístoles, taquicardias no sostenidas y en trastornos del ritmo mal tolerados hemodinámicamente. Las desventajas incluyen la inexactitud en la morfología y tiempo de activación de los electrogramas de puntos ubicados a grandes distancias del catéter balón, la dificultad en su posicionamiento, especialmente en ciertas cámaras como el ventrículo izquierdo en el que su empleo resulta problemático, y la imprecisión en la reconstrucción anatómica de la geometría de ciertas porciones de las cámaras estudiadas.

REALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS CON UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN

Aunque nos referiremos frecuentemente al sistema CARTO, por ser el navegador con el que tenemos mayor experiencia, todos los sistemas tienen actualmente más similitudes que diferencias. Como premisa fundamental, es básico comprender que los sistemas de navegación añaden precisión y, probablemente, rapidez con un mínimo uso de los rayos X. Sin embargo no dan el diagnóstico ni aportan automáticamente el mecanismo de la arritmia, por lo que el estudio debe siempre iniciarse intentando contestar estas dos cuestiones que nos permitirán definir cuál es la estructura o área que debe ser sometida a ablación. En ese momento, se iniciará la reconstrucción anatómica de la cámara seleccionada, que en el CARTO es con una primera aproximación a partir de los primeros cuatro puntos visitados en forma de elipsoide; en esta aproximación se tratará de incluir todos los puntos en una forma de «cáscara de huevo» (Fig. 4 A). El sistema NavX, por el contrario, representa los puntos directamente, modificando el volumen y la forma de la cámara a cada punto adquirido.

La reconstrucción puede ser sólo anatómica, representada en un único color, como la que se emplea en la ablación de venas pulmonares, pero en el resto de procedimientos, cada punto que constituye la imagen se representa en un color diferente en función de los tiempos de activación en relación al registro de referencia. En un segundo tiempo, el sistema CARTO se ajusta la «cáscara» a los nuevos puntos adquiridos, obteniéndose una mejor definición de la anatomía (mayor cuanto más punto se registre). Cuando se añade un nuevo punto, las zonas precoces y tardías se reajustan (Fig. 4 B).

Catéter ablación

EnSite Array

Figura 5. *Representación esquemática del catéter EnSite Array (St. Jude Medical). El catéter permite localizar más fácilmente la taquicardia o la arritmia clínica, incluso con un único latido. No obstante, es sólo un catéter de diagnóstico, y requiere el concurso auxiliar de un catéter de ablación para completar el procedimiento.*

Finalmente, el procesador interpola la información existente para rellenar el campo entre los puntos. A menor número de puntos recogidos, mayor será la información interpolada y, por lo tanto, menor la exactitud del mapa. Se puede seleccionar mayor o menor «relleno» en función de las preferencias del operador (Fig. 5), aunque es un factor que debe ser siempre controlado, especialmente en el caso de microrreentradas, donde la zona responsable de la arritmia puede resultar «invisible» si no se recoge un número suficiente de puntos en ella. Únicamente no se realiza interpolación en las zonas que definimos como escaras por ser áreas con voltaje bajo. Cuando se marca un punto como cicatriz *(scar)* se realiza una reconstrucción en color gris de la zona de cicatriz cercana a la real y no se realiza interpolación de color en ella.

TIPOS DE MAPAS OFRECIDOS POR LOS NAVEGADORES

Los sistemas de navegación, además de la reconstrucción anatómica, recogen una gran cantidad de información que puede ser presentada de distintas formas para facilitar su comprensión. Estos posibles mapas incluyen los siguientes:

- Activación.
- Voltaje.
- Isocronal.
- Propagación.
- Impedancias.
- Potenciales fragmentados (CFAE).

Todos son automáticamente adquiridos, midiendo el sistema las características del electrograma en el punto donde se encuentra el catéter de ablación, aunque también es frecuente que requieran un reajuste manual de la medida por el encargado del aparato (puede ser un mé-

Figura 6. Ejemplos de la representación electroanatómica de una cavidad con escasos puntos visitados dependiendo del grado de interpolación que empleamos. Con un grado alto podemos ver una forma completa de la cámara, pero hemos de ser conscientes de que muchos de estos puntos no son reales. Lo ideal es emplear un mínimo mapeo en las zonas que claramente no están involucradas en el mantenimiento de la taquicardia, mientras que éste debe ser más exhaustivo en las que se sospeche su participación.

Figura 7. Taquicardia auricular focal a nivel del ostium del seno coronario. La zona de activación más precoz (origen de la taquicardia) es la que está representada en el mapa en color rojo.

dico o un técnico especializado). Son simultáneos, y durante el procedimiento, en cualquier instante, podemos pasar de uno a otro simplemente pulsando una utilidad de un menú desplegable que nos aparece en pantalla.

El mapa de activación, que ya hemos comentado antes, presenta, mediante una escala de colores de rojo (más precoz) a violeta (más tardío), una imagen de cuáles son los tiempos de activación de cada una de las zonas del endocardio; dicha información resulta muy útil, por ejemplo en taquicardias focales, donde el foco de la taquicardia se activará de forma más precoz y, por lo tanto, estará representada en rojo (Fig. 6). En aquellas taquicardias por macrorreentrada encontraremos que las zonas rojas (más precoces) se ubicarán junto a las violeta (más tardías) (Fig. 7).

La realización de mapas de voltaje resulta muy útil para permitirnos definir aquellas zonas donde el catéter no registra ninguna señal, o si aparece es de muy baja amplitud. Estas zonas de nulo o mínimo voltaje son compatibles con áreas de cicatriz, fibrosis o necrosis, y en sus inmediaciones o dentro de ella podemos detectar pequeños canales de conducción conservada pero enlentecida que representan el sustrato donde se sostiene la taquicardia.

Los otros mapas facilitan algunas situaciones específicas; por ejemplo, la detección de electrogramas complejos fragmentados en aurícula se ha relacionado con puntos clave para el mantenimiento de la fibrilación auricular, y se piensa que su ablación, asociada al aislamiento de las venas pulmonares, aumenta las posibilidades de éxito del procedimiento. Además de los mapas, podemos marcar aquellos puntos de interés a los que en un momento posterior nos queramos aproximar o, por ejemplo, no lesionar, como el haz de His. Asimismo, es posible ubicar y reconstruir estructuras tales como las venas pulmonares o cavas y la localización de los anillos valvulares.

APLICACIONES CLÍNICAS DE LOS NAVEGADORES

Los navegadores van a permitirnos, en primer lugar, definir el mecanismo de las arritmias en estudio, bien gracias a la visualización de una macrorreentrada en un mapa de activación o de propagación, o de una microrreentrada por la detección en un mapa de voltaje de un canal de conducción lenta dentro de una escara, o mediante la representación de un foco de la taquicardia. Aunque el análisis de los electrogramas puede conseguir lo mismo, los navegadores lo representan de una forma mucho más directa y de inmediata comprensión.

También permiten una visión «virtual» de las estructuras involucradas en la arritmia, como puede ser una vía accesoria auriculoventricular, en las que la creación de un mapa de activación alrededor de anillo AV implicado diferenciará claramente la zona de activación más precoz que corresponde al punto de inserción de la vía. Otro ejemplo son las taquicardias ventriculares, que se originan en el fascículo posterior de la rama izquierda del haz de His (Fig. 8).

Probablemente, la principal utilidad de los navegadores es guiar las ablaciones, tanto en su estrategia como en su realización (Fig. 10). Así, la detección en *flutter* atípico de áreas de escara nos permite decidir en qué puntos y cuántas líneas de ablación con radiofrecuencia debemos crear para cortar la taquicardia. Además, los actuales procedimientos de ablación para la fibrilación auricular son impensables sin la ayuda de un navegador. La técnica más difundida, el aislamiento circunferencial de las venas pulmonares (Fig. 9), requiere de la creación de una serie de

Figura 8. Flutter auricular típico. El sistema de navegación permite observar con claridad el circuito de la taquicardia. Las zona rojas precoces están adyacentes a las violetas (tardías), indicando el sentido rotacional antihorario del frente de activación alrededor del anillo tricuspídeo.

Figura 9. Mapa de activación en oblicua anterior derecha del ventrículo izquierdo durante una taquicardia ventricular. En este caso se registra una zona amplia de activación precoz que corresponde precisamente a la zona de distribución de la subdivisión posterior de la rama izquierda del haz de His, permitiendo guiar la ablación hacia esta área. Generalmente se requieren numerosas aplicaciones para suprimir completamente la inducibilidad de la taquicardia.

lesiones alrededor de las venas pulmonares, lo suficientemente próximas para que impidan de manera efectiva la conducción eléctrica desde las venas, junto con al menos dos líneas de ablación, en el techo entre las venas superiores derecha e izquierda, y desde el anillo mitral hasta la vena inferior izquierda. Frecuentemente se completa con una línea de ablación el istmo cavotricuspídeo (también representada, sin anatomía, en la figura 9).

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS NAVEGADORES

Cuando se utiliza un sistema de mapeo electroanatómico disponemos de una gran ventaja, sin embargo su coste y el tiempo de preparación adicional debe estar justificado[11]. Esto es relativamente claro cuando arritmias o anatomías complejas están previstas. Cuando

Figura 10. Mapa anatómico (sin activación) utilizado como guía para localizar las aplicaciones durante la ablación de fibrilación auricular. El sistema, tras reconstruir la aurícula izquierda y las desembocaduras de las venas pulmonares, nos permite realizar el aislamiento anatómico de las mismas y la realización de una línea de ablación a nivel del techo auricular.

disponemos de información que sugiere un mecanismo localizado cerca de estructuras importantes (p. ej. el nodo AV) nos permite marcar aquellas estructuras que no deben ser lesionadas. De forma similar, cuando se prevé la existencia de anatomías complejas y zonas extensas de cicatriz que contribuyan a mecanismos de macrorreentrada, estos sistemas nos permiten determinar aquellas áreas a abordar. Las taquicardias no sostenidas o aquellas hemodinámicamente mal toleradas pueden ver facilitado su abordaje mediante estos sistemas y seleccionar de forma más precisa el objetivo de la ablación. Además, la posibilidad de conocer la posición del catéter sin la utilización de rayos X supone una ventaja adicional.

Los tiempos de fluoroscopia y las dosis de radiación se reducen con la utilización de estos sistemas de forma significativa[12]. Aunque pudiera parecer no relevante, esa radiación implica un incremento significativo en la tasa de neoplasias entre los pacientes en los que se ha realizado un procedimiento convencional (1:18.000) respecto de aquellos en los que se emplea el navegador (en torno a 1:9.000).

En cuanto a las limitaciones, inicialmente el mapeo punto por punto requiere en ocasiones un tiempo de mapeo prolongado. En segundo lugar, el sistema es capaz solamente de mapear ritmos con ciclos constantes (con excepción del sistema EnSite), por lo que arritmias inestables con ciclos variables no se pueden mapear. El sistema tiene dificultades también en cuanto a la reconstrucción anatómica de estructuras de poco tamaño (bandas tendinosas, resaltes de estructuras, recesos, ostia de venas pulmonares, etc.), dado que el sistema interpola la anatomía entre los puntos adquiridos. Finalmente, es importante apreciar que el sistema solamente puede proporcionar un mapa de aquellas partes que se han mapeado. Si una cámara cardíaca no ha sido mapeada, no tendremos su representación.

CONCLUSIONES

En la actualidad se dispone de varios sistemas de mapeo electroanatómico para facilitar los esfuerzos de mapeo y ablación de las arritmias, cada uno con distinta tecnología, sus ventajas e inconvenientes. La decisión de usar uno u otro depende de los datos que esperemos obtener (mapa de activación, sustrato mapeado, geometría cardíaca), la arritmia que se espera encontrar, la compatibilidad con el resto de material disponible (p. ej. catéteres de diagnóstico y ablación) y, posiblemente, lo más importante, la familiaridad del operador con el sistema. Aunque estos sistemas proporcionan una gran cantidad de datos y pueden facilitar los esfuerzos de mapeo de forma importante, reducir el tiempo de procedimiento y fluoroscopia, no pueden sustituir la interpretación cuidadosa de los datos y la utilización de los criterios clásicos electrofisiológicos. El cirujano cardíaco debe saber que, en caso de un fracaso endocárdico, percutáneo, en el que se plantee un tratamiento quirúrgico, la información del mapeo electroanatómico puede ayudarle a dirigir el procedimiento. A la inversa, la información ofrecida por estos sistemas en el caso de taquicardias poscirugía, ya sean incisionales, tras la intervención del *maze* o de otro tipo, puede ayudar a modificar la técnica para intentar reducir su incidencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calkins H, Sousa J, El-Atassi R, et al. Diagnosis and cure of the Wolff-Parkinson-White syndrome or paroxysmal supraventricular tachycardias during a single electrophysiologic test. N Engl J Med. 1991;324(23):1612-8.
2. Jackman WM, Wang X, Friday KJ, et al. Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways (Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current. N Engl J Med. 1991;324(23):1605-11.
3. Earley M, Showkathali R, Alzetani M, et al. Radiofrequency ablation of arrhythmias guided by non-fluoroscopic catheter location: a prospective randomized trial. Eur Heart J. 2006;27:1223-9.
4. Earley MJ, Showkathali R, Alzetani M, et al. Radiofrequency ablation of arrhythmias guided by non-fluoroscopic catheter location: a prospective randomized trial. Eur Heart J. 2006;27:1223-9.
5. Sporton S, Earley M, Nathan A, Schilling R. Electroanatomic versus fluoroscopic mapping for catheter ablation procedures: a prospective randomized study. J Cardiovasc Electrophysiol. 2004;15:310-5.
6. Schilling R, Peters N, Davies D. Simultaneous endocardial mapping in the human left ventricle using a noncontact catheter. Comparison of contact and reconstructed electrograms during sinus rhythm. Circulation. 1998;98:887-98.
7. Gepstein L, Hayam G, Ben-Haim S. A novel method for nonfluoroscopic catheter-based electroanatomical mapping of the heart. *In vitro* and *in vivo* accuracy results. Circulation. 1997;95:1611-22.
8. Smeets J, Ben-Haim S, Rodríguez L, Timmermans C, Wellens H. New method for nonfluoroscopic endocardial mapping in humans. Accuracy assessment and first clinical results. Circulation. 1998;97:2426-32.
9. De Groot N, Bootsma M, Van der Velde E, Schalij M. Three-dimensional catheter positioning during radiofrequency ablation in patients: first application of a real-time position management system. J Cardiovasc Electrophysiol. 2000;11:1183-92.
10. Estner H, Deisenhofer I, Luik A, et al. Electrical isolation of pulmonary veins in patients with atrial fibrillation: reduction of fluoroscopy exposure and procedure duration by the use of a non-fluoroscopic navigation system (NavX). Europace. 2006;8:583-7.
11. Packer D. Three-dimensional mapping in interventional electrophysiology: techniques and technology. J Cardiovasc Electrophysiol. 2005;16:1110-6.
12. Rotter M, Takahashi Y, Sanders P, et al. Reduction of fluoroscopy exposure and procedure duration during ablation of atrial fibrillation using a novel anatomical navigation system. Eur Heart J. 2005;26:1415-21.

BIOMED
unidix
Especialistas
en cirugía
cardiovascular
desde 1977 al cuidado de tu salud
91 803 28 02
info@biomed.es