

# Primera experiencia latinoamericana de mapeo y ablación con sistema no fluoroscópico anatomoelectromagnético

E. MARTIN KLOOSTERMAN<sup>†</sup>, HORACIO RUFFA, GUILLERMO MAZO, MONICA ROCCHINOTTI, ALBERTO BOLAÑO, DANIEL SUAREZ, DANIEL AZARA

## RESUMEN

En el presente trabajo se hace una breve reseña sobre un nuevo sistema de mapeo y ablación no fluoroscópico, anatomoelectromagnético, llamado CARTO<sup>®</sup>, recientemente introducido en la Argentina. Describimos nuestra experiencia y metodología de estudio de los primeros cinco casos de taquicardias supraventriculares (2 pacientes con aleteo auricular antihorario, 1 paciente con aleteo auricular horario, 1 paciente con taquicardia auricular y 1 paciente con taquicardia por reentrada intranodal). Este sistema permite combinar los datos electrofisiológicos asociados con la información geométrica endocárdica. Como resultado, la visualización tridimensional de los mapas conformados facilita la comprensión del mecanismo de las arritmias y su interrelación con diferentes estructuras anatómicas. El sistema de mapeo tridimensional anatomoelectromagnético (CARTO<sup>®</sup>) resulta seguro y eficaz en la determinación del mecanismo de las taquicardias supraventriculares y de las estructuras anatómicas comprometidas, lo cual permite su ablación exitosa. *REV ARGENT CARDIOL* 2001; 69: 182-189.

*Palabras clave* Arritmia - Taquicardia supraventricular - Aleteo auricular - Mapeo y ablación - Sistema no fluoroscópico

## INTRODUCCION

Los elementos clave para el estudio y el tratamiento por radioablación de las arritmias son primordialmente la *comprensión de su mecanismo* y su relación directa con la *anatomía cardíaca*. Así, la noción de la ubicación de los catéteres (diagnósticos y de mapeo y ablación) y la interpretación de las señales intracardíacas provenientes de ellos es fundamental. Sobre la base de estas premisas resulta interesante la utilización de un sistema que permita la colección de datos electrofisiológicos (secuencia de activación y voltaje) de diferentes puntos de la cámara cardíaca en estudio, con su ubicación anatómica precisa en el espacio intracavitario, y que su expresión en conjunto permita la creación de una imagen tridimensional.

### Breve reseña del sistema CARTO<sup>®</sup>

Se trata de un sistema de mapeo y ablación no fluoroscópico que utiliza la generación de un cam-

po electromagnético alrededor del tórax del paciente. (1-3) Su aplicación clínica comenzó en el año 1997, su denominación "CARTO<sup>®</sup>" deriva de *cartografía*, producción y estudio de mapas.

El sistema CARTO<sup>®</sup> se basa en el principio físico por el cual una espiral metálica colocada en un campo magnético genera una corriente. La magnitud de la corriente depende de la fuerza del campo magnético y de la orientación de la espiral en este campo. El seguimiento en tiempo real del catéter de mapeo y ablación (NAVI-STAR<sup>®</sup>) depende de la interrelación entre un sensor magnético miniaturizado en la punta del catéter y un sensor externo de referencia fija adherido a la espalda del paciente (REF-STAR<sup>®</sup>), dentro de un campo magnético de ultrabaja potencia generado por tres imanes dispuestos en forma triangular debajo de la mesa de cateterismo (Figura 1).

El producto final de la colección de puntos endocavitarios es la generación de diferentes imá-

---

Servicio de Cardiología, Hospital Militar Central, Buenos Aires

Artículo basado en el resumen 369 del XXVII Congreso Argentino de Cardiología, 24-27 de septiembre de 2000: "Experiencia de mapeo y radioablación de taquicardias supraventriculares", de los Dres. M. Kloosterman, H. Ruffa, G. Mazzo, M. Rocchinotti, A. Bolaño, D. Suárez, D. Azara

<sup>†</sup> Para optar a Miembro Titular SAC

Trabajo recibido para su publicación: 29/11/00 Aceptado: 22/3/01

Dirección para separatas: Arcos 2416, Buenos Aires, Argentina

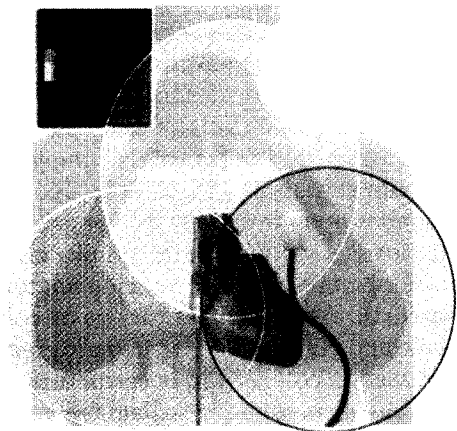


Fig. 1. Esquema de los componentes del sistema CARTO®. Vista de un paciente en posición anatómica en la mesa de cateterismo. La imagen translúcida permite apreciar la estructura triangular con imanes de forma redonda en sus vértices. Los círculos de colores interseccionados, que envuelven el tórax, representan los tres campos electromagnéticos por ellos generados. A la altura del vértice escapular izquierdo se aprecia el parche externo de referencia fija adherido a la espalda del paciente (REF-STAR®). Dentro del corazón está representado el catéter de mapeo y ablación (NAVI-STAR®). En el ángulo superior izquierdo de la figura aparece un *display* con el ícono que simboliza la punta del catéter.

genes tridimensionales, **mapas**, de las cámaras cardíacas estudiadas, las que pueden orientarse y particionar a discreción del operador. La información faltante entre los puntos tomados es proporcionada por el sistema mediante la interpolación de datos adyacentes con un algoritmo de triangulación. El

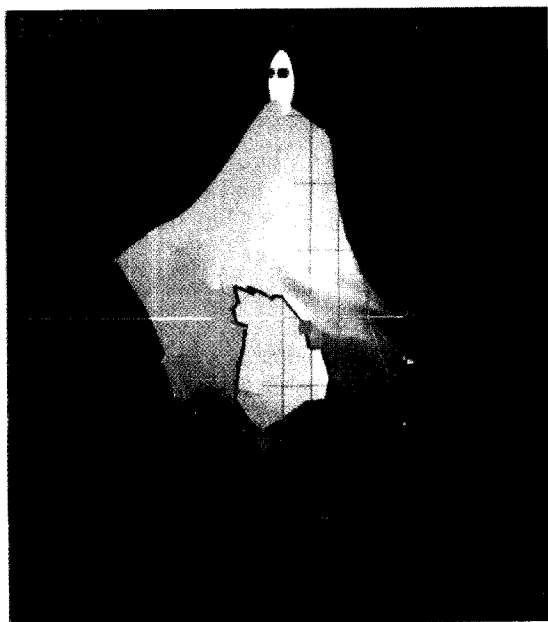


Fig. 3 (paciente N° 3). Aleteo auricular típico antihorario. Mapa de activación. Vista oblicua izquierda. Mecanismo de reentrada a través del istmo cavotricuspidé. Nótese que la activación no sigue un patrón focal, con el color rojo en contigüidad al violeta.



Fig. 2 (paciente N° 5). Ritmo sinusal, mapa de activación sólido. Vista oblicua derecha. Puntos anaranjados: "nube de His". Puntos rojos: sitios de ablación de la vía lenta.

grado de interpolación de los datos depende del *umbral de relleno* seleccionado; cuanto más pequeño el umbral, mayor será la cantidad de puntos necesarios para representar un área determinada.

Las escalas de colores en los mapas se refieren a la secuencia de *activación* o *voltaje*, según el mapa. Obsérvese que cuando se trata de un foco automático, en el **mapa de activación** el color rojo indica el área de despolarización más temprana y a partir de éste los colores se continúan homogéneamente hasta el

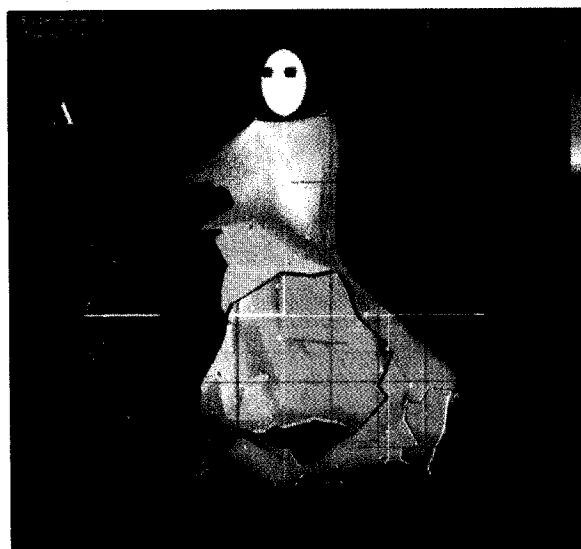


Fig. 4 (paciente N° 4). Aleteo auricular típico horario. Mapa de activación. Vista oblicua izquierda.

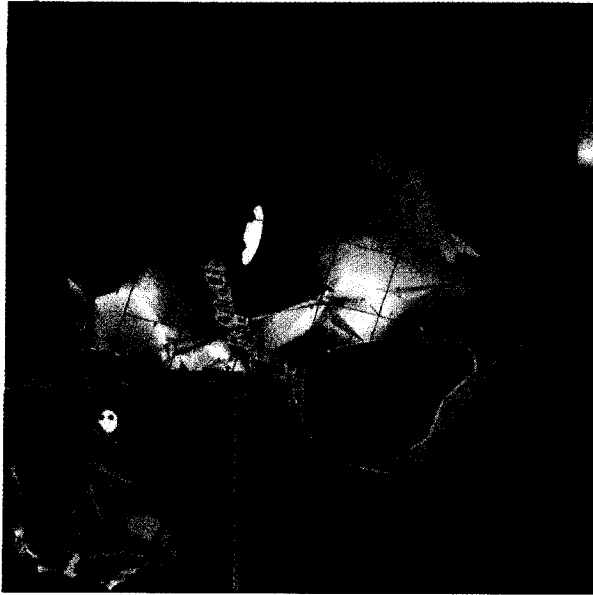


Fig. 5 (paciente N° 4). Mapa de voltaje. Vista oblicua izquierda caudal (principal). Oblicua izquierda (complementaria). Se puede apreciar bajo voltaje (rojo) en general con plan de línea de ablación (marrón claro).

azul-violeta, despolarización más tardía (Figura 2). En los casos de macrorreentrada, la determinación del punto de origen (color rojo) es arbitraria; a partir de éste la escala de colores adquiere dirección con un vector de despolarización que termina con el color

azul-violeta adyacente al rojo inicial, definiendo una franja rojo carmín que identifica la brecha entre el frente de onda y la cola de despolarización (Figuras 3 y 4). (4) En los **mapas de voltaje**, la escala de colores se refiere a la amplitud de las señales: el rojo indica el área de menor amplitud y el violeta la máxima (Figura 5). En ambos tipos de mapas, el color gris identifica áreas de fibrosis y cicatriz sin señales eléctricas. Cuando sólo se presenta información anatómica, el **mapa estructural** también se muestra de color gris. Cabe destacar que sobre éste se pueden agregar puntos de activación coloreando la estructura con esta información; esta modalidad se llama **remap** (Figura 6). El **mapa de "red"** permite ver a través de la estructura haciendo semitransparentes sus paredes (Figura 7). Por último, el **mapa de propagación** es la expresión en movimiento del mapa de activación, lo cual facilita la interpretación de la secuencia de despolarización, visualizándose la estructura geométrica de la cámara en estudio en color azul y la secuencia de activación como isocronas de color rojo (Figura 8).

Es importante mencionar que no siempre es necesario que la representación geométrica tridimensional de la cámara cardíaca elegida sea completa, por lo que puede confeccionarse un mapa parcial limitado a un área de principal interés según la arritmia (p. ej., istmo cavotricuspidé en el aleteo auricular, o triángulo de Koch en la reentrada intranodal) dándole una densidad de puntos mayor. Esto ahorra tiempo de procedimiento focalizando el área problema.

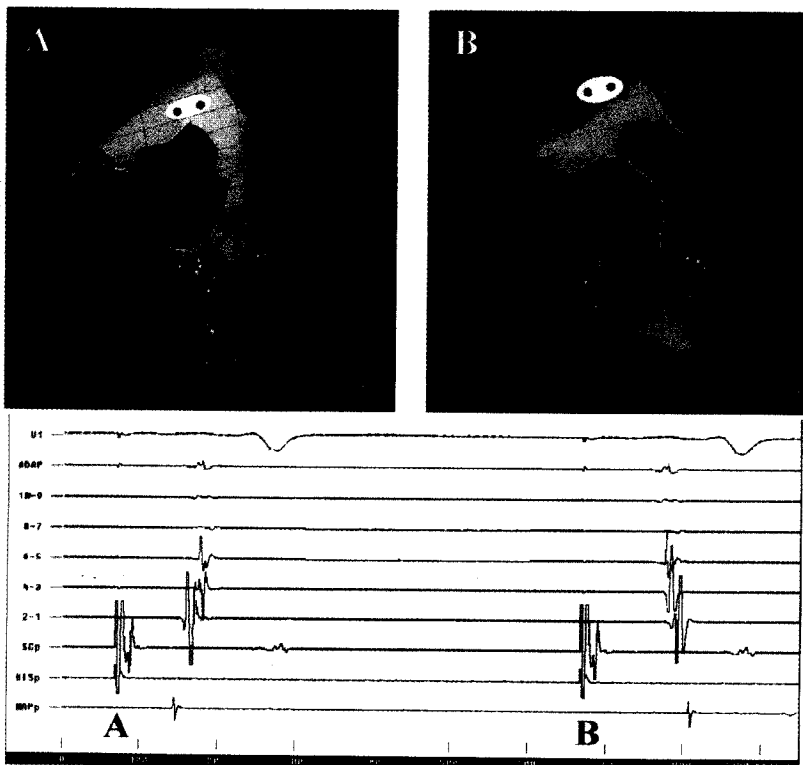


Fig. 6 (paciente N° 4). A corresponde a un **remap**, con estimulación del SC, luego de la ablación lineal del istmo. Electrogramas de obtención de bloqueo cavotricuspidé durante aplicación de RF con estimulación desde el SC. Se puede observar el pasaje de conducción a través de una brecha señalada con el ícono del catéter. Luego de una aplicación de RF, sellada la brecha se obtiene bloqueo de la conducción con cambio significativo de la activación. Nótese en B que el color rojo es adyacente al violeta, lo que implica que el resto de la activación transcurrió en sentido antihorario. Los electrogramas durante la estimulación del SC en el momento del cambio de activación, por bloqueo del istmo, se corresponden con las figuras.

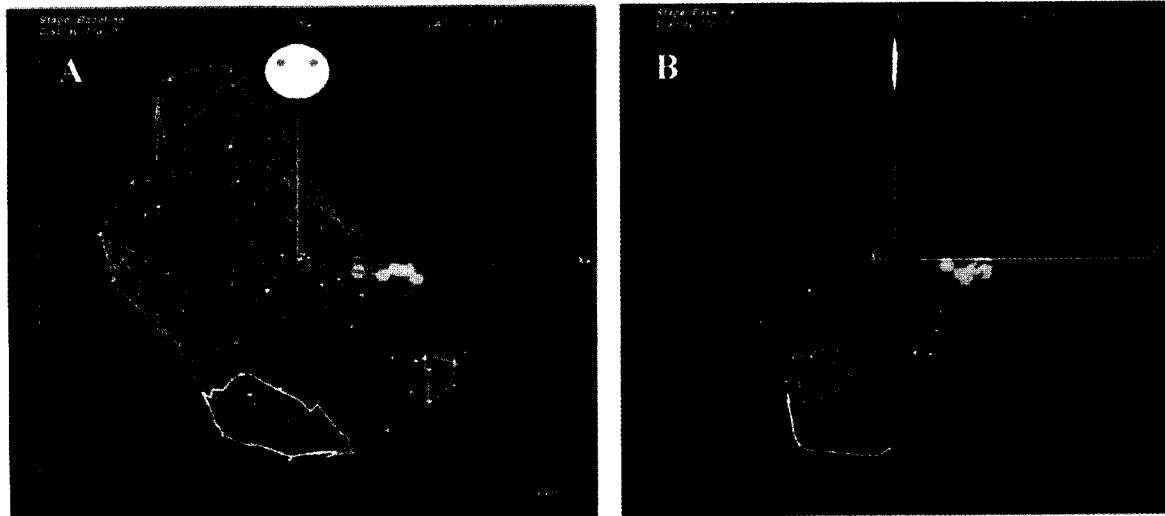


Fig. 7 (paciente N° 4). Ritmo sinusal. Mapa de activación en red. Vistas: A. Anteroposterior, corte sagital. B. Lateral derecha. Puntos rojos: sitios de ablación de la vía lenta. Puntos anaranjados: "nube de His". Nótese la clara separación del sitio de ablación y la zona del haz de His (2,2 cm), con adecuado margen de seguridad.

**Componentes del sistema CARTO®**

- a) Catéter intracardiaco de mapeo y ablación (NAVI-STAR® [Cordis-Webster, Baldwin Park, CA, USA]).
- b) Parche externo con un sensor fijo que actúa como punto de referencia (REF-STAR® [Cordis-Webster, Baldwin Park, CA, USA]).
- c) Tres imanes generadores de un campo electro-magnético ultrabajo.

- d) Central recolectora de datos y procesamiento gráfico de los puntos adquiridos.
- e) Monitores con pantallas de visualización.

**OBJETIVO**

El propósito del presente trabajo es el de evaluar la seguridad y la eficacia de un nuevo método no fluo-

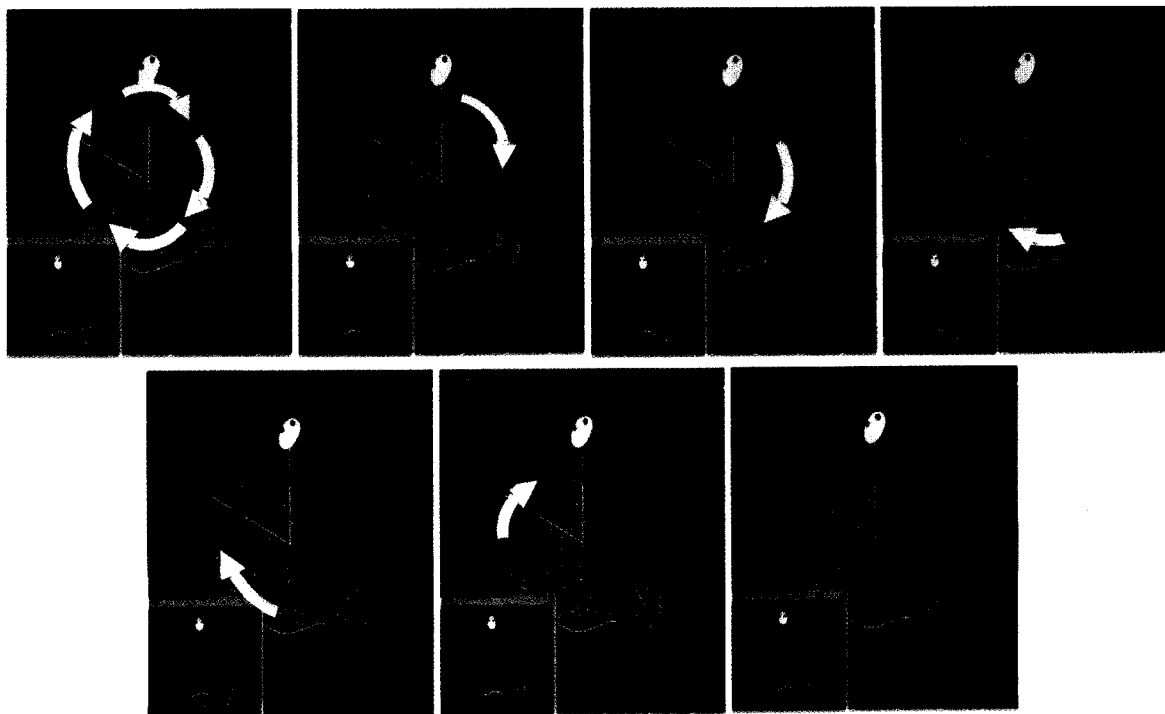


Fig. 8 (paciente N° 4). Aleteo auricular típico horario. Mapa de propagación. Secuencia en oblicua izquierda caudal con vista accesoria oblicua izquierda.

roscópico de mapeo y ablación (sistema CARTO®) en taquicardias supraventriculares (TSV).

## MATERIAL Y METODO

### Población

Se estudiaron 5 pacientes consecutivos con TSV documentadas. El rango de edad fue de 24 a 73 años, 2 de sexo femenino. Dos pacientes tenían el antecedente de ablaciones previas. Tres presentaron alteración estructural cardíaca que incluyó agrandamiento auricular de diferente grado. Tres ingresaron en el estudio con TSV como ritmo de base. Al resto se le realizó un protocolo de estimulación auricular programada con inducción de TSV (véase Tabla 1).

### Estudio electrofisiológico

Los estudios se realizaron habiendo suspendido las drogas antiarrítmicas por al menos 5 vidas medias. El estudio electrofisiológico se realizó en principio en forma convencional con catéteres cuadrilobulares, ubicados en la aurícula derecha alta (ADA) alternando con el ventrículo derecho (VD), en la zona del potencial de His, en el seno coronario (SC) y un catéter decapolar a lo largo de la crista terminalis en la pared posterolateral de la aurícula derecha según el caso, registrándose las señales en un polígrafo multicanal. Para el mapeo y la ablación se utilizó un catéter de 7 F/4 mm del sistema CARTO® con sensor electromagnético (Navistar Biosense-Webster® de curva D) y un parche sensor de referencia (Ref-Star Biosense-Webster®). El generador de radiofrecuencia empleado fue un Stockert® (Cordis Webster®). El protocolo de estimulación auricular consistió en estimulación decremental hasta alcanzar bloqueo AV 2:1 y estimulación programada con un tren de 10 estímulos (en dos largos de ciclo) y un extraestímulo decreciente hasta alcanzar el período refractario del nódulo AV. Este protocolo se realizó en los pacientes en ritmo sinusal a efectos de inducir la arritmia y en todos los casos luego de la ablación para comprobar no inducibilidad y se repitió durante la infusión de isoproterenol.

### Características de las arritmias

Aleteo auricular: paciente N° 1: antihorario, LC

A-A: 340 mseg; paciente N° 2: antihorario, LC A-A: 310 mseg; paciente N° 4: horario, LC A-A: 350 mseg. Taquicardia auricular: inducción durante la infusión de isoproterenol y sobreestimulación auricular, LC 310 mseg. Reentrada intranodal: salto AH @ 600/350, largo de ciclo (LC): 320 mseg.

### Mapeo y ablación con el sistema anatomoelectromagnético

En todos los pacientes se generaron imágenes tridimensionales de la aurícula derecha sobre la base de la colección de puntos con información espacial y eléctrica obtenidos del mapeo intracavitario. Las principales estructuras anatómicas utilizadas en todos los mapas fueron el anillo tricuspídeo y el haz de His, la VCS, la VCI y el ostium del seno coronario. Se siguió un protocolo de estrategia de mapeo y ablación específico para cada arritmia.

En la **reentrada intranodal** (Figura 2) se realizó el mapa de la aurícula derecha en ritmo sinusal. En él se marcaron las diferentes localizaciones en que se obtuvieron registros del haz de His, generando una "nube de His"; así también se identificaron el ostium de seno coronario, la vena cava inferior y el anillo tricuspídeo. La clara delimitación de los límites del triángulo de Koch le otorgan al operador una idea acabada de los márgenes de seguridad, con visualización en tiempo real del ícono del catéter en el momento de la ablación.

Los electrogramas correspondientes a la vía lenta se encontraron adyacentes a la nube de His, por encima del ostium del SC, comprobándose en este caso un amplio margen de seguridad de 2,2 cm (Figura 7). Allí se dio un pulso de radiofrecuencia (RF) por 20 segundos, durante el que se produjo ritmo de la unión. (5)

En los pacientes que impresionaban con **aleteo auricular** como ritmo de base se constató que fueran istmo dependiente por medio de técnicas de encarrilamiento (*entrainment*). Luego se procedió a la confección del *mapa de activación* tridimensional, priorizándose el área del istmo cavotricuspídeo con una densidad de puntos mayor, corroborándose la secuencia de activación correspondiente al aleteo auricular típico antihorario en dos casos y horario en uno de ellos (véanse Figuras 3, 4 y 9).

Tabla 1  
Descripción de los pacientes

| Paciente | Edad | Sexo | Ablación previa | Alteración estructural | Ritmo base       | Arritmia                              |
|----------|------|------|-----------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1        | 58   | M    | NO              | SI                     | Aleteo auricular | Aleteo auricular típico (antihorario) |
| 2        | 67   | F    | NO              | NO                     | Aleteo auricular | Aleteo auricular típico (antihorario) |
| 3        | 62   | M    | SI              | SI                     | Sinusal          | Taquicardia auricular focal           |
| 4        | 73   | M    | SI              | SI                     | Aleteo auricular | Aleteo auricular atípico (horario)    |
| 5        | 24   | F    | NO              | NO                     | Sinusal          | Reentrada intranodal típica           |

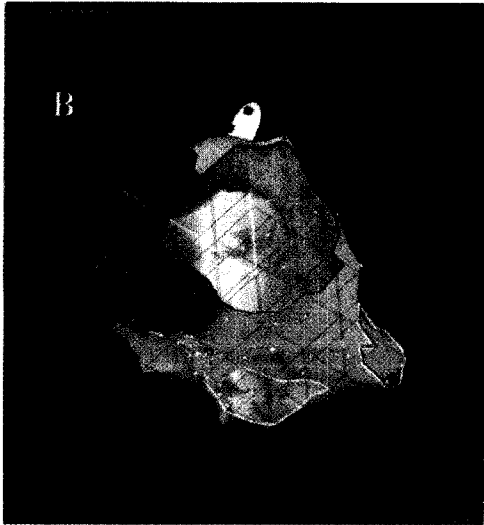


Fig. 9 (paciente N° 4). Aleteo auricular típico horario. Mapa de activación. Oblicua izquierda caudal (vista del istmo).

(6, 7) Sobre la base de este mapa se procedió a diseñar el trazado de la línea de ablación a través del istmo cavotricuspidé. Para esto se tuvo en cuenta la distancia más corta, el voltaje del recorrido (véase *mapa de voltaje*, Figura 5) y la tendencia natural de posicionamiento del catéter. Se realizaron aplicaciones de radiofrecuencia por períodos de aproximadamente 30 segundos; luego se movilizó el catéter siguiendo una solución de contigüidad



Fig. 10. Línea de bloqueo bidireccional. Mapa de activación (*remap*). Anteroposterior cefálica. Estimulación desde el seno coronario y luego desde la porción inferior de la crista terminalis. Rojo y violeta enfrentados indicando bloqueo.

de los puntos ablacionados. Cabe destacar que el sistema permite el monitoreo en tiempo real de la posición del catéter y su corrección si se hubiera desplazado del recorrido planeado. En todos los pacientes se logró la terminación del aleteo auricular durante el recorrido de la línea diseñada; no obstante, en el paciente N° 4 no se obtuvo bloqueo bidireccional luego de ella (Figura 6).

En todos los casos se realizaron dos *remaps* del área del istmo. Uno durante estimulación desde el seno coronario y otro con estimulación desde la crista baja. A la estructura anatómica del istmo del mapa basal se le agregaron los nuevos puntos de activación para cada *remap*. El objetivo de estos *remaps* es establecer en forma fehaciente bloqueo bidireccional de activación a lo largo de la línea de ablación realizada. En el paciente N° 4 se evidenció una brecha de conducción puesta de manifiesto en el *remap*, con activación desde el seno coronario, la cual se procedió a cerrar puntualmente (véanse Figuras 6 y 10). Se confirmó así el bloqueo bidireccional a través del istmo cavotricuspidé en todos los casos.

En el paciente con la **taquicardia auricular** se realizó un *mapa de activación* en ritmo sinusal (basal) previo a la inducción de la taquicardia y otro durante ella (Figura 11). En este caso, la secuencia de activación aparece claramente en el punto de partida

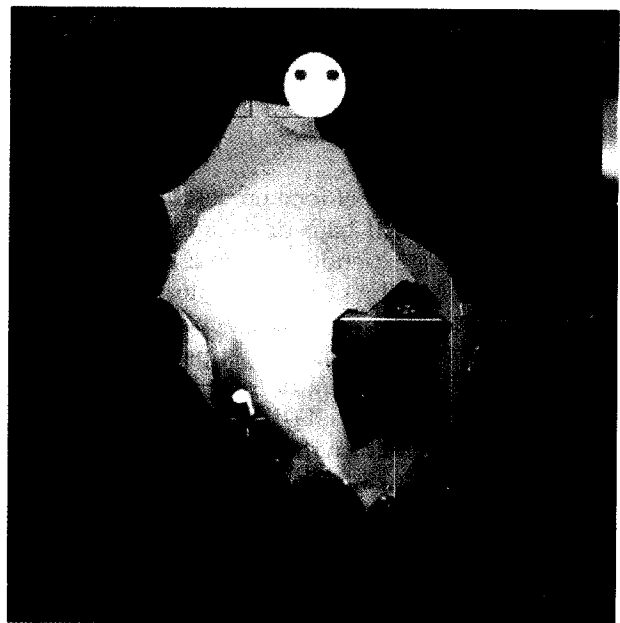


Fig. 11 (paciente N° 3). Taquicardia auricular focal derecha. Mapa de activación. Oblicua derecha (ligera). La activación parte desde la zona roja en el aspecto inferior de la pared posterolateral y se dirige uniformemente alrededor del anillo tricuspídeo hasta llegar al área del seno coronario, en violeta. Puntos rojos: sitios de ablación con icono del catéter.

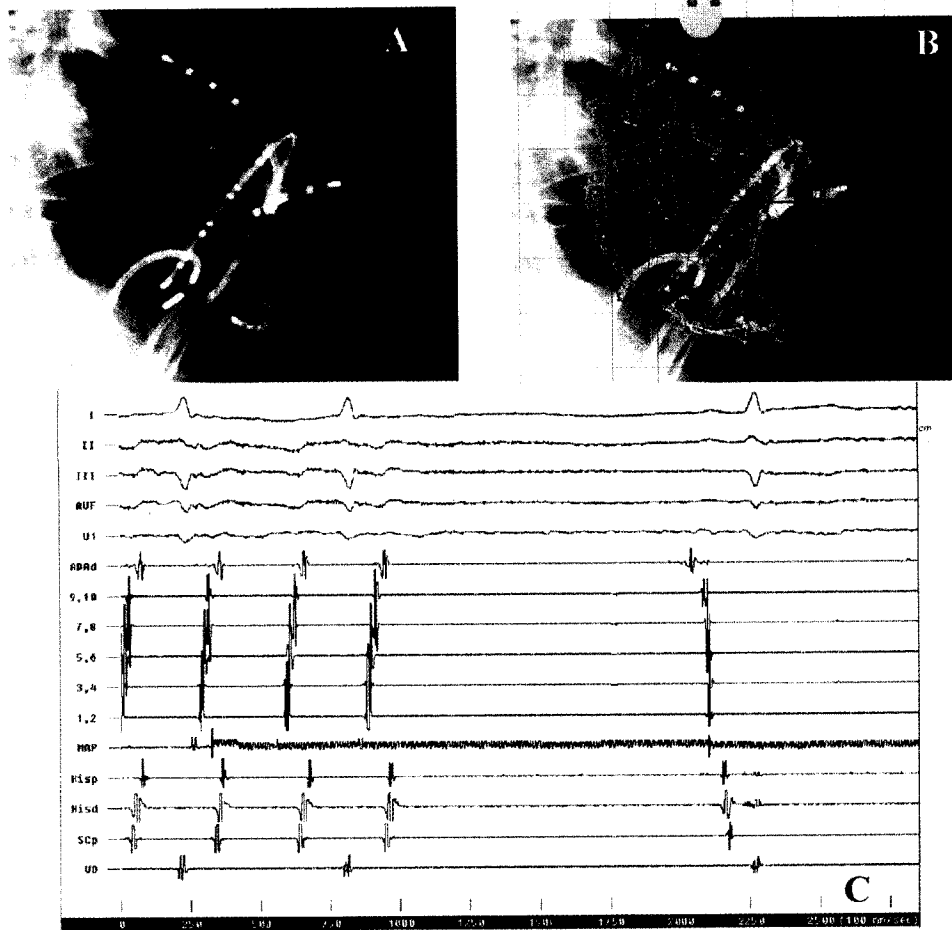


Fig. 12 (paciente N° 3). Taquicardia auricular focal derecha. A. Radioscopia en oblicua derecha. B. Superposición de la imagen radioscópica con la del mapa en red del sistema CARTO®. Nótese la excelente correlación anatómica respecto de la posición de los catéteres (p. ej., His, catéter de ablación). C. Electrograma de terminación de la taquicardia durante RF.

focal, visualizándose el foco en color rojo en el aspecto posterolateral bajo de la aurícula derecha (crista baja) y se extiende en forma homogénea al resto de ella. (8, 9) En el área de color rojo se obtuvieron electrogramas con una precocidad de 30 a 35 mseg respecto de la onda P de superficie. Se hicieron tres aplicaciones de radiofrecuencia (puntos rojos) con terminación de ella durante la última (Figuras 11 y 12). Se dio un cuarto pulso de RF de seguridad durante ritmo sinusal.

## RESULTADOS

En la paciente con taquicardia por reentrada intranodal, la ablación se realizó en ritmo sinusal eliminándose la doble vía nodal. Los pacientes que fueron ablacionados durante el aleteo auricular convirtieron a ritmo sinusal durante la aplicación lineal de RF. En todos se comprobó por *remap* bloqueo bidireccional del istmo. El paciente con taquicardia auricular focal se ablacionó durante la arritmia con

reversión a ritmo sinusal. En todos los casos se realizó un protocolo de estimulación posablación, basal y con infusión de isoproterenol, sin reinducción de las taquicardias. No hubo complicaciones.

## DISCUSION

El éxito de la ablación depende de la identificación del mecanismo de la arritmia y la localización de un blanco preciso, considerando la información electrofisiológica y los reparos anatómicos involucrados. Más allá de la fluoroscopia convencional, el sistema CARTO® brinda la posibilidad de combinar los datos electrofisiológicos asociados con la información geométrica. La visualización tridimensional de los mapas conformados facilita la comprensión del mecanismo de las arritmias y su interrelación con diferentes estructuras anatómicas. Así se puede diferenciar claramente entre arritmias focales y por reentrada, establecer y marcar sitios de interés, por ejemplo, mayor precocidad, His, potenciales dobles,

etc., que ayudarán a determinar el mejor sitio de ablación.

Las ventajas observadas del sistema incluyen: a) posibilidad de crear una reconstrucción tridimensional de las cámaras cardíacas a través de la recolección de puntos que representan no sólo un electrograma sino también una localización anatómica, b) posibilidad de retornar a un punto determinado previamente mapeado con una precisión milimétrica, c) visualización en tiempo real del catéter de ablación durante la aplicación de radiofrecuencia y su relación con otras estructuras anatómicas o puntos de interés y d) disminución del tiempo de fluoroscopia en los casos de aleteo y taquicardia auricular. Si bien no se midió en comparación con otros casos realizados con el sistema convencional, resulta evidente que en repetidas ocasiones se utilizó la localización electromagnética del catéter de ablación cuando en circunstancias normales se emplearía la fluoroscopia. Cabe destacar que la obtención de un mapa auricular con un *umbral de relleno* estándar toma aproximadamente 15 minutos, por lo que el peso del tiempo total del procedimiento depende principalmente de la complejidad de la arritmia que se ha de tratar y no necesariamente del uso de esta técnica.

Nuestra estrategia de trabajo incluyó el registro simultáneo de múltiples señales de catéteres multipolares ubicados en diferentes sitios de la aurícula. Si bien es concebible la realización de un estudio y ablación con sólo el catéter del sistema (NAVISTAR®) y un catéter fijo de referencia eléctrica, en la práctica la información instantánea que se obtiene del polígrafo multicanal resulta útil.

Los catéteres específicos del sistema CARTO®, además de sus características especiales ya mencionadas, son de uso único por caso y el sistema posee un *timer* que limita su utilización a 24 horas.

La mayor limitación del sistema CARTO®, basado en multipuntos, radica en la necesidad de contar con una arritmia sostenida y regular durante la colección de los puntos. Si bien esto no representó un inconveniente en los casos descriptos, puede ser importante al tratar con arritmias no sostenidas o variantes en su secuencia de activación.

## CONCLUSION

El sistema de mapeo tridimensional anatomoelectromagnético (CARTO®) resulta seguro y eficaz en la determinación del mecanismo de las taquicardias supraventriculares y de las estructuras anatómicas comprometidas, que permite su ablación exitosa.

## SUMMARY

### FIRST LATIN AMERICAN EXPERIENCE OF MAPPING AND ABLATION WITH A NON-FLUOROSCOPIC ANATOMO-ELECTROMAGNETIC SYSTEM

In this paper we present a brief introduction to a new non-fluoroscopic mapping and ablation system, named CARTO®. This multisite anatomic-electromagnetic system has recently been introduced in Argentina. We describe our experience and methodological approach with the first five patients (2 of counter-clockwise atrial flutter, 1 case of clockwise atrial flutter, 1 case of atrial tachycardia and 1 case of AV nodal reentry). The system allows to associate electrophysiologic data with endocardial geometric information. As a result, visualization of the three dimensional maps generated facilitates the understanding of the arrhythmia mechanism and its relationship with the different anatomic structures. The anatomic-electromagnetic system (CARTO®) appears to be safe and efficient to assess the mechanism of supraventricular arrhythmias and the anatomical structures involved, allowing successful ablation.

*Key words* Arrhythmia - Supraventricular tachycardia  
Atrial flutter - Mapping - Ablation - Non-fluoroscopic system

## BIBLIOGRAFIA

1. Shpun S, Gepstein L, Hayam G y col. Guidance of radiofrequency endocardial ablation with real-time three-dimensional magnetic navigation system. *Circulation* 1997; 96: 2016-2021.
2. Gepstein L, Evans S. Electroanatomical mapping of the heart: Basic concepts and implications for the treatment of cardiac arrhythmias. *PACE* 1998; 21 (Pt II): 1268-1278.
3. Gepstein L, Hayam G, Ben-Haim SA. A novel method for nonfluoroscopic catheter-based electroanatomical mapping of the heart: In vitro and in vivo accuracy results. *Circulation* 1997; 95: 1611-1622.
4. Kloosterman M, Castellanos A, Interian A y col. Mapeo y ablación de taquicardias auriculares complejas por marcorreentrada. Más allá de las técnicas convencionales. Edición Latina de Electrocardiografía 1999; 3: 99-104.
5. Cooke PA, Wilber D. Radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentry tachycardia utilizing nonfluoroscopic electroanatomical mapping. *PACE* 1998; 21: 1802-1809.
6. Shah DC, Jais P, Haissaguerre M y col. Three-dimensional mapping of the common flutter circuit in the right atrium. *Circulation* 1997; 96: 3904-3912.
7. Nakagawa H, Jackman WM. Use of a three-dimensional, non-fluoroscopic mapping. System for catheter ablation of typical atrial flutter. *PACE* 1998; 21: 1279-1286.
8. Kottkamp H, Hindricks G, Breithardt G y col. Three-dimensional electromagnetic catheter technology: Electroanatomical mapping of the right atrium and ablation of ectopic atrial tachycardia. *J Cardiovascular Electrophysiol* 1997; 8: 1332-1337.
9. Marchlinsky F, Callans D, Gottlieb C y col. Magnetic electromechanical mapping for ablation of focal atrial tachycardia. *PACE* 1998; 21: 1442-1447.