

## Ablación del sustrato de arritmias cardíacas con catéter de radiofrecuencia

### *Radiofrequency catheter ablation of the substrate of cardiac arrhythmias*

T. A. SIMMERS, R.N.W. HAUER, E. O ROBLES de MEDINA

Instituto Cardiopulmonar, Departamento de Cardiología, Hospital de la Universidad de Utrecht, Holanda

Trabajo recibido para su publicación: 10/95 Aceptado: 3/96

Dirección para separatas: Dr. T. A. Simmers, c/o Heart-Lung Institute, E03.406, University Hospital Utrecht, P.O. Box 85500, 3508 GA, Utrecht, The Netherlands

Este trabajo presenta los resultados de siete años de experiencia de ablación con catéter de radiofrecuencia en el Hospital de la Universidad de Utrecht, Holanda. En este período, un total de 448 pacientes fueron tratados por una variedad de taquiarritmias supraventriculares y ventriculares. Los porcentajes de éxito fueron excelentes en pacientes con vías accesorias auriculoventriculares y taquicardia auriculoventricular por reentrada nodal, con un 95% y 93% respectivamente. La incidencia de bloqueo auriculoventricular completo accidental en el último grupo fue bajo: 5,4% para la aproximación anterior y 1,5% para la posterior. La ablación del haz de His se efectuó predominantemente en pacientes con fibrilación auricular refractaria a las drogas, con 100% de éxito. Mientras los resultados fueron también buenos en pacientes con taquiarritmia ventricular idiopática, con 5 de 6 pacientes libres de recurrencia durante el seguimiento sin medicación, solamente el 36% de los pacientes con taquiarritmia debida a enfermedad cardíaca estructural subyacente fueron tratados con éxito. Los resultados demuestran que la ablación por radiofrecuencia es una modalidad segura y potencialmente curativa de tratamiento en pacientes con arritmias que se originan en un sustrato anatómico circunscrito o se mantienen debido al mismo. Por otra parte, las lesiones endomiocárdicas discretas producidas muestran resultados significativamente más pobres en pacientes con sustratos arritmogénicos grandes y complejos. Los hallazgos subrayan la enorme importancia de una cuidadosa localización del blanco y de la localización del catéter para el éxito y el uso racional de la ablación por radiofrecuencia. *REV ARGENT CARDIOL* 1996; 64 (5): 441-460.

*Palabras clave* Ablación - Radiofrecuencia - Arritmias - Catéter

*This report presents results of seven years experience with radiofrequency catheter ablation at the University Hospital of Utrecht, The Netherlands. During this period, a total of 448 patients were treated for a variety of supraventricular and ventricular tachyarrhythmias. Success rates were excellent in patients with accessory atrioventricular pathways and atrioventricular nodal reentry tachycardia, at 95% and 93% respectively. Incidence of inadvertant total auriculoventricular block in the latter group was low: 5.4% for the anterior approach and 1.5% for the posterior approach. His bundle ablation was performed predominantly in patients with drug refractory atrial fibrillation, with 100% success. While results were also good in patients with idiopathic ventricular tachycardia, with 5 of 6 patients free of recurrence during drug-free follow-up, only 36% of patients with ventricular tachycardia due to underlying structural heart disea-*

*se were treated successfully. Result demonstrate that radiofrequency ablation is a safe and potentially curative modality in the treatment of patients with arrhythmias originating in or sustained by a circumscribed anatomical substrate. On the other hand, the discrete endomyocardial lesions created result in significantly poorer results in patients with large and complex arrhythmogenic substrates. Findings underline the enormous importance of careful target localization and catheter positioning for the successful and rational use of radiofrequency ablation. REV ARGENT CARDIOL 1996; 64 (5): 441-460.*

**Key words** Ablation - Radiofrequency - Arrhythmias - Catheter

Antes de los años 80, las únicas modalidades terapéuticas de que se disponía para el tratamiento de taquiarritmias eran la terapéutica por drogas y la cirugía. Entre 1982 y 1984, los primeros trabajos sobre ablación por catéter con corriente directa (DC) representaron una revolución en el tratamiento de las arritmias. (1-9) Mientras ofrecían la posibilidad de cura sin toracotomía en una amplia variedad de taquiarritmias, la liberación de choques endocárdicos de DC tenía numerosos problemas: (10-17) barotrauma, la necesidad de anestesia general, arritmogénesis potencial y lesiones relativamente grandes que producían el riesgo potencial de un daño innecesario al miocardio normal y a las estructuras específicas del sistema de conducción. Esto produjo un considerable empuje en la investigación de nuevas formas de energía para la ablación por catéter.

La liberación de energía de radiofrecuencia (RF) a través de un catéter fue publicada primero en perros por Marcus y colaboradores en 1986 y aplicada por primera vez en pacientes con taquiarritmias el año siguiente. (18-21) El tamaño discreto, el desarrollo controlado y la naturaleza netamente demarcada de las lesiones endomiocárdicas por RF hicieron a esta nueva modalidad particularmente adecuada para el tratamiento de taquiarritmias originadas en o mantenidas por un sustrato anatómico circunscripto, o cerca del sistema específico de conducción auriculoventricular (AV). (22-25) En el transcurso de 8 años la ablación por catéter de RF ha sido empleada segura y efectivamente en varios miles de pacientes en todo el mundo. Se ha convertido en la modalidad de primera elección en el tratamiento de pacientes con vías accesorias auriculoventriculares y taquicardia por movimiento circular o fibrilación auricular con una respuesta ventricular preexcitada rápida, (26-29) taquicardia auriculoventricular por reentrada nodal (TAVRN), (30-37) aleteo auricular aislado (38, 39) y fibrilación auricular refractaria a las drogas. (40-43) Mientras que el tratamiento de la taquicardia ventricular (TV) en pacientes con enfermedad cardíaca estructural subyacente muestra solamente resultados moderadamente satisfactorios, (44, 45) los índices de éxito en pacientes con TV "idiotópica" son excelentes. (46, 47)

Prior to the early 1980s, the only therapeutic modalities available for the treatment of tachyarrhythmias were drug therapy and surgery. Between 1982 and 1984, the first reports on direct current (DC) catheter ablation therefore represented a revolution in the management of arrhythmias. (1-9) While offering the possibility of cure without thoracotomy in a wide variety of tachyarrhythmias, the endocardial delivery of DC shocks posed several problems: (10-17) barotrauma, the need for general anesthesia, potential arrhythmogenicity and relatively large lesions, causing potential risk of unnecessary damage to normal myocardium and specific structures of the conduction system. This provided considerable impetus to research into new energy forms for catheter ablation.

The transcatheter delivery of radiofrequency (RF) energy was first reported in dogs by Marcus and coworkers in 1986, (18, 19) and applied in patients with tachyarrhythmias the following year. (20, 21) The discrete size, controllable growth and sharply demarcated nature of endomyocardial RF lesions (22-25) made this new modality particularly suitable for the treatment of tachyarrhythmias originating in or sustained by a circumscribed anatomical substrate, or near the specific AV conduction system. In the intervening 8 years, RF catheter ablation has been employed safely and effectively in many thousands of patients worldwide. It has become the modality of first choice in the treatment of patients with an accessory atrioventricular pathway and circus movement tachycardia or atrial fibrillation with a rapid preexcited ventricular response, (26-29) atrioventricular nodal reentry tachycardia (AVNRT), (30-37) lone atrial flutter (38, 39) and drug refractory atrial fibrillation. (40-43) While the treatment of ventricular tachycardia (VT) in patients with underlying structural heart disease shows only moderately successful results, (44, 45) success rates in patients with "idiopathic" VT are excellent. (46, 47)

This report describes the results of all RF ablation procedures performed at the Cardiac Arrhythmia Unit at the University Hospital of Utrecht, The Netherlands in the period October 1988 to July 1995.

## PATIENTS AND METHOD

### Patients

Between October 1988 and July 1995 a total of 448

**MATERIAL Y METODO**

**Pacientes**

Entre octubre de 1988 y julio de 1995 fueron remitidos a nuestra institución 448 pacientes para ablación por RF. Con la excepción de dos pacientes asintomáticos, ambos con síndrome de WPW (un militar y un piloto civil), todos los pacientes habían experimentado síntomas previamente. La mayoría tenía taquiarritmias refractarias a las drogas o el deseo explícito de discontinuar la medicación antiarrítmica. El objetivo de la ablación y las características de los pacientes se muestran en la Tabla 1.

**Procedimiento de ablación**

La ablación se realizó en la misma sesión que el estudio electrofisiológico. Los pacientes estaban en ayunas y después de la suspensión durante por lo menos 5 vidas medias de todas las drogas antiarrítmicas. Se hizo una excepción con la ablación del haz de His, en la cual las drogas antiarrítmicas fueron continuadas en un intento de controlar la frecuencia ventricular durante la fibrilación auricular o de mantener el ritmo sinusal, para facilitar en ambos casos la localización del haz de His, la posición del catéter y la ablación subsecuente. La ablación se efectuó con un dispositivo hecho a la medida (en el departamento de electrónica del hospital) que producía una corriente sinusoidal continua de RF no modulada de 500 kHz aplicada entre la punta de un catéter cuadripolar dirigible y un electrodo de gran superficie en la región subescapular izquierda.

Mientras en los primeros pacientes se usó una punta de 2 mm, después de 1990 los procedimientos fueron efectuados con un catéter con punta de 4 mm, más grande y clínicamente más efectiva, comercialmente asequible en ese momento. (26, 41) La distancia habitual interelectrodos fue de 2 mm. La corriente, fue aplicada con un máximo de 25-35 W (o 10 W aproximadamente usando la punta de 2 mm) durante 40 segundos, o hasta la dislocación del ca-

patients were referred to our institution for RF ablation. With the exception of two asymptomatic patients, both with Wolff-Parkinson-White syndrome (WPW) (one military and one amateur pilot), all patients had previously experienced symptoms. The majority had either drug refractory tachyarrhythmias or the explicit desire to discontinue antiarrhythmic medication. Ablation target and patient characteristics are shown in Table 1.

**Ablation procedure**

Ablation was performed in the same session as the baseline electrophysiological study. Patients were in the postabsorptive state and at least 5 half-lives after discontinuation of all antiarrhythmic drugs. An exception was made for His bundle ablation, where antiarrhythmic drugs were continued in an attempt to control ventricular rate in atrial fibrillation or sustain sinus rhythm, in both cases facilitating localization of the His bundle, catheter positioning and subsequent ablation. Ablation was performed using a custom-made device (hospital's department of electronics) generating a continuous unmodulated sine wave RF current at 500 kHz applied between the tip electrode of a steerable quadripolar catheter and a large surface electrode at the left subscapular region.

While a 2 mm tip was used in the first patients, procedures after 1990 were performed using the larger and clinically more effective 4 mm tip ablation catheter made commercially available at that time. (26, 41) The usual interelectrode distance was 2 mm. Current was dissipated at a maximum of 25-35 W (or approximately 10 W using the 2 mm tip) for 40s, or until occurrence of catheter dislocation or a sudden rise of impedance indicating coagulum formation at the catheter tip. Procedure success was defined as noninducibility of tachycardia and no recurrence while off antiarrhythmic drugs during follow-up, or persisting third degree AV block after His bundle ablation.

**Accessory pathways**

For accessory pathway localization and subsequent ablation, the ablation catheter was advanced to the AV ring using a transaortic retrograde or transeptal atrial

**Tabla 1**  
Características de los pacientes y objetivos de la ablación

Blanco	Nº hombres	Nº mujeres	Edad (años)
Vía anómala	114	69	34,8 ± 12,5
Vía anómala oculta	27	17	36,3 ± 11,7
TAVRN	25	65	40,6 ± 14,4
His	51	51	60,0 ± 12,7
TV	15	5	45,5 ± 16,1
TA	3	4	34,0 ± 12,1
AA	2	0	66,0 ± 3,0 (78/54)

TAVRN: taquicardia AV por reentrada nodal. TV: taquicardia ventricular. TA: taquicardia auricular. AA: aleteo auricular. Nº: número. Edad expresada como media ± 1 DS.

**Table 1**  
Patient characteristics and ablation target

Target	Male (n)	Female (n)	Age (years)
AP	114	69	34.8 ± 12.5
CAP	27	17	36.3 ± 11.7
AVNRT	25	65	40.6 ± 14.4
His	51	51	60.0 ± 12.7
VT	15	5	45.5 ± 16.1
AT	3	4	34.0 ± 12.1
AFL	2	0	66.0 ± 3.0 (78/54)

AP: accessory atrioventricular pathway. AVNRT: atrioventricular nodal reentry tachycardia. CAP: concealed accessory pathway. n: number. VT: ventricular tachycardia. Age expressed as mean ± 1 SD.

téter o el aumento súbito de la impedancia, que indica la formación de un coágulo en la punta del catéter. El éxito del procedimiento se definió como la imposibilidad de inducir taquicardia, la no recurrencia durante el seguimiento sin drogas o la persistencia de bloqueo AV de tercer grado después de la ablación del haz de His.

#### Vías accesorias

Para la localización y ablación subsecuente de vías accesorias, el catéter de ablación fue introducido hasta el anillo AV usando un abordaje retrógrado transaórtico o transeptal auricular para las vías accesorias izquierdas o venoso subclavio o femoral para las vías derechas. El mapeo se efectuó durante ritmo sinusal o marcapaseo auricular en pacientes con

*approach for left-sided pathways and a subclavian or femoral venous approach for right-sided pathways. Mapping was performed during sinus rhythm or atrial pacing in patients with overt preexcitation and either circus movement tachycardia or ventricular pacing in patients with a concealed accessory pathway. Bipolar and unipolar electrograms were used simultaneously to localize the accessory pathway. The advantages and use of the unipolar recording mode in accessory pathway ablation have been described previously. (48-52) In short, parameters used to identify the best potential ablation site were for patients with overt preexcitation (Figure 1A): 1) initial negativity of the unipolar ventricular signal during anterograde conduction, 2) onset of local endocardial ventricular activity before onset of QRS in the surface ECG, and 3) shortest possible local AV interval. For patients with a concealed*

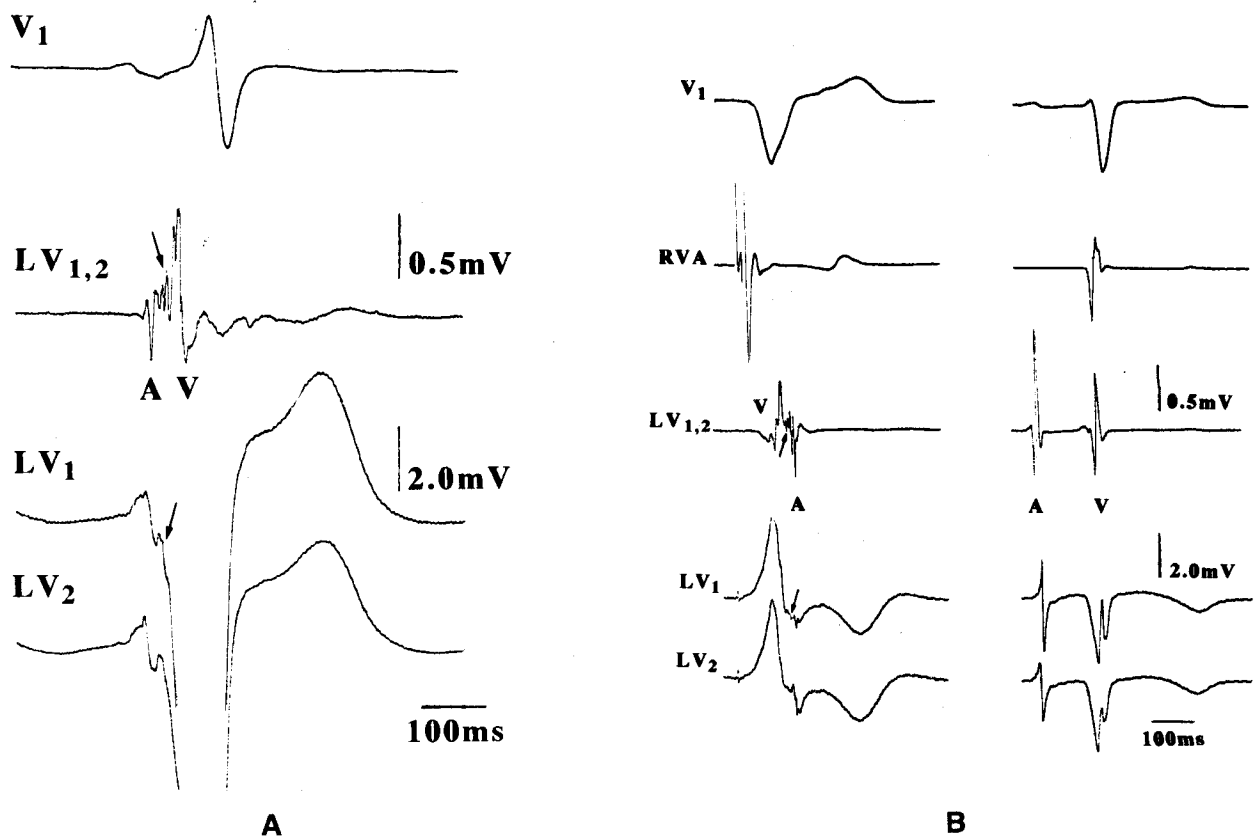


Fig. 1. Electrogram from subsequently successful sites of accessory pathway ablation. Panel A: overt preexcitation. Note the presence of a bipolar accessory pathway potential, which the unipolar mode demonstrates to originate at the ablation catheter's tip electrode (arrows), initial negativity of the unipolar ventricular electrogram at the ablation site with onset before QRS in the surface leads, short local AV interval and unipolar lesion potential. Panel B: concealed bypass. During ventricular pacing (left) note the short local VA interval and the retrograde accessory pathway potential (arrows). During sinus rhythm (right) there is no preexcitation. A = atrial electrogram. LV1,2 = bipolar recording from the tip and second electrode. LV1 and LV2 = corresponding unipolar recordings. V = ventricular electrogram. [This and subsequent figures reproduced with permission: *Cardiology* 1995; 2: 314-323, Simmers TA et al.]

Fig. 1. Electrogram from subsequently successful sites of accessory pathway ablation. Panel A: overt preexcitation. Note the presence of a bipolar accessory pathway potential, which the unipolar mode demonstrates to originate at the ablation catheter's tip electrode (arrows), initial negativity of the unipolar ventricular electrogram at the ablation site with onset before QRS in the surface leads, short local AV interval and unipolar lesion potential. Panel B: concealed bypass. During ventricular pacing (left) note the short local VA interval and the retrograde accessory pathway potential (arrows). During sinus rhythm (right) there is no preexcitation. A = atrial electrogram. LV1,2 = bipolar recording from the tip and second electrode. LV1 and LV2 = corresponding unipolar recordings. V = ventricular electrogram. [This and subsequent figures reproduced with permission: *Cardiology* 1995; 2: 314-323, Simmers TA et al.]

preexcitación evidente y en pacientes con una vía accesoria oculta durante una taquicardia por movimiento circular o marcapaseo ventricular. Se usaron simultáneamente electrogramas bipolares y unipolares para localizar la vía accesoria. Las ventajas del uso de registros unipolares para la ablación de vías accesorias han sido descritas previamente. (48-52) En síntesis, los parámetros usados para identificar el mejor sitio potencial para la ablación en pacientes con preexcitación evidente (Figura 1A) fueron: 1) negatividad inicial de la señal ventricular unipolar durante la conducción anterógrada, 2) el comienzo de actividad ventricular local en el endocardio antes del comienzo del QRS en el ECG de superficie, y 3) la ubicación del intervalo AV más corto posible. Para pacientes con una vía accesoria oculta (Figura 1B): 4) el sitio de la negatividad endocárdica auricular inicial durante la conducción retrógrada, 5) el intervalo VA más corto posible y para ambos grupos: 6) las deflexiones auriculares y ventriculares características que indican una posición en el surco AV, 7) presencia de un potencial de la vía accesoria, registrado de preferencia sólo en el electrograma unipolar derivado de la punta del electrodo, 8) la estabilidad del electrograma manifestado por señales A y V estables, y 9) potencial de lesión unipolar indicando contacto entre el electrodo y el endocardio.

### Taquicardia AV por reentrada nodal

Se han descrito dos vías de abordaje para la ablación de TAVRN. La vía anterior, dirigida a la ablación de la "vía rápida", implica la descarga de pulsos de RF delante del triángulo de Koch, cerca de la parte compacta del nódulo A-V. (30-35) Esta aproximación lleva a una prolongación significativa del intervalo AV después de la ablación exitosa debida a la conducción subsiguiente por el "haz lento" y tiene cierto riesgo de provocar bloqueo AV permanente accidental. Mientras la ablación en esta zona fue aceptada extensamente hasta fines de los '80, desde entonces ha sido reemplazada por la vía de acceso posterior. Esta está dirigida a la ablación del "haz lento" y llevada a cabo produciendo lesiones por RF en la zona posterior del triángulo de Koch próximo al seno del ostium coronario. (34-37) Este procedimiento no afecta generalmente la conducción AV normal y tiene un riesgo de bloqueo AV significativamente menor.

El catéter de ablación se introdujo por la vena femoral derecha. En el abordaje anterior, el catéter se colocaba en el lugar de la deflexión máxima del haz de His y entonces se lo retiraba cuidadosamente bajo rotación horaria continua. La RF era aplicada en lugares con amplitud y  $dV/dt$  bajas de la deflexión del haz de His y una relación de amplitud A/V > 1

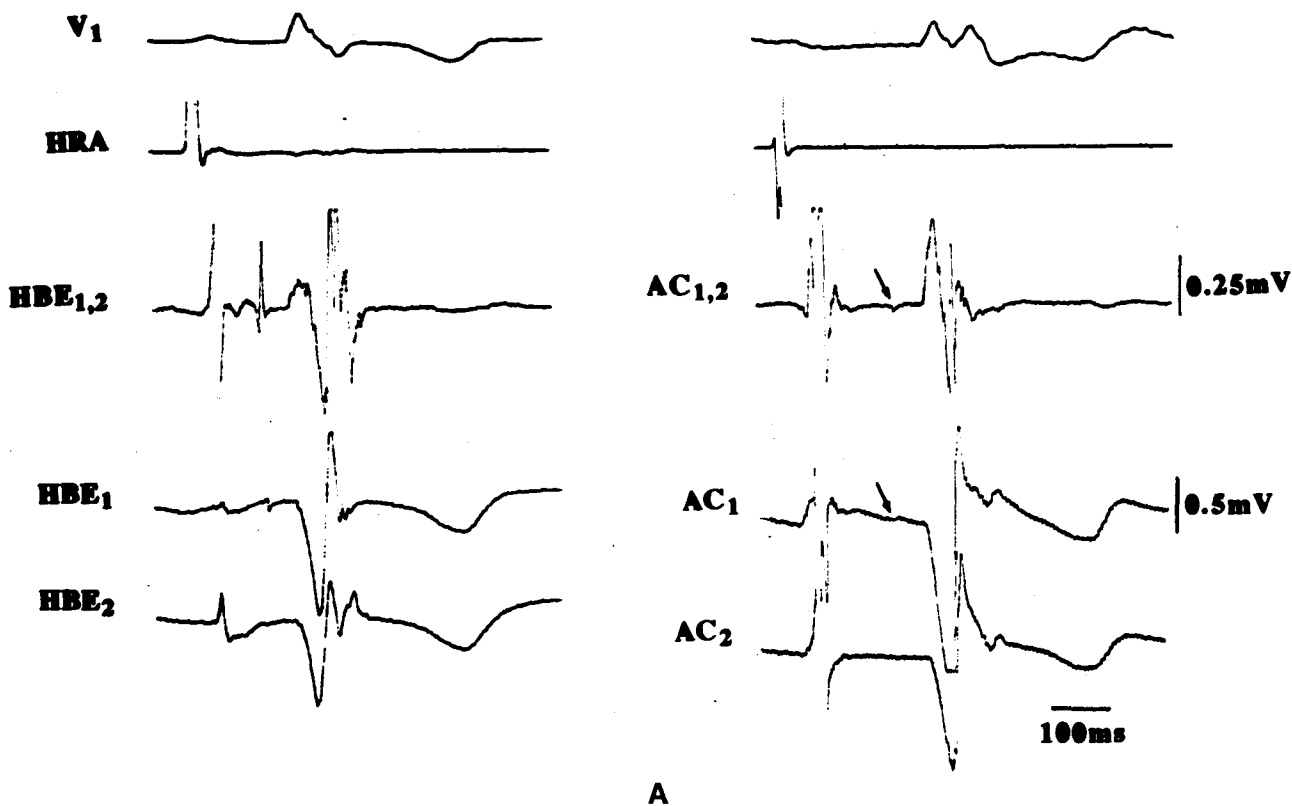
accessory pathway (Figure 1B): 4) initial negativity of the local endocardial atrial signal during retrograde conduction, 5) shortest possible local VA interval, and for both groups, 6) distinct atrial and ventricular deflections indicating a position at the AV groove, 7) presence of an accessory pathway potential, preferably recorded only in the unipolar electrogram derived from the tip electrode, 8) electrogram stability as reflected by stable A and V signals, and 9) unipolar lesion potential indicating electrode-endocardial contact.

### AV nodal reentry tachycardia

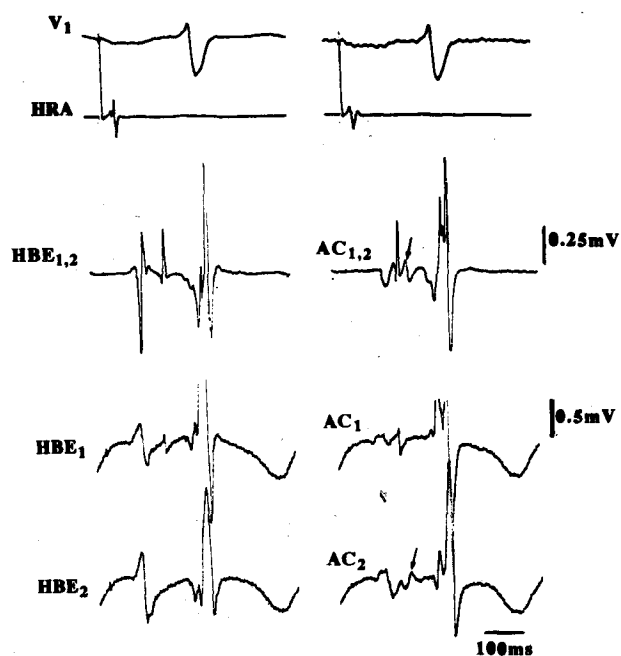
Two approaches have been described for the ablation of AVNRT. The anterior approach, aimed at ablation of the "fast pathway", entails delivery of RF pulses anterior in Koch's triangle in the vicinity of the compact AV node. (30-35) This approach leads to a significant prolongation of the AV interval after successful ablation due to subsequent conduction via the "slow pathway" and holds some risk of inadvertent permanent AV block. While this approach was widely accepted in the late 1980s, it is since been superseded by the posterior approach. This is aimed at ablation of the "slow pathway", and accomplished by creating RF lesions posterior in Koch's triangle near the ostium of the coronary sinus. (34-37) This procedure generally does not affect normal AV conduction and carries a significantly lower risk of AV block.

The ablation catheter was introduced via the right femoral vein. In the anterior approach, the catheter was positioned at the site of maximum His bundle deflection and then carefully pulled back under continuous clockwise torque. RF was delivered at sites with a low amplitude and low  $dV/dt$  His bundle deflection and an A/V amplitude ratio of > 1 in the bipolar electrogram from the ablation catheter's distal electrode pair (Figure 2A). In the posterior approach, the ostium of the coronary sinus was identified and the catheter tip then moved towards the tricuspid annulus in that area. Ablation was performed by preference at sites with an A/V amplitude ratio of 1 or less showing fractionated local atrial activity and "slow pathway potentials" as previously described, (53, 55) and no His bundle deflection (Figure 2B). In both approaches, a stable catheter position was prerequisite for RF delivery.

RF power was started at approximately 10 W, then gradually increased to a maximum of 25-35 W. This titrated output has previously been shown to allow more controlled lesion growth and a lower risk of inadvertent AV block. (23, 56, 57) After reaching maximum output, pulses were delivered for a further 40s. Power delivery was interrupted if a non-conducted atrial complex was observed or if prolonged junctional rhythm prohibited assessment of AV conduction. During accelerated junctional rhythm, in itself a marker for successful ablation sites, (58-60), power output was kept stable and only raised further after integrity of AV conduction had been confirmed. To facilitate this, RF power was delivered during atrial pacing. If



A



B

Fig. 2. Electrograms de sitios en que la subsiguiente ablación de la vía de reentrada de la taquicardia nodal AV fue exitosa y registro del haz de His de los mismos pacientes. Panel A: abordaje anterior. Nótese la relación A/V grande y la deflexión del haz de His pequeña y lejana (flecha) en el lugar de ablación. Panel B: abordaje posterior. Nótese el electrograma auricular multifásico fraccionado y el potencial de la vía lenta en el registro bipolar (flecha). Los registros unipolares demuestran que el último deriva de AC2, mientras que de AC1 derivan la mayor amplitud y el componente dV/dt. El registro del haz de His del mismo paciente prueba que el potencial de la vía lenta no puede ser una señal remota de haz de His, debido al diferente tiempo en relación con el comienzo del QRS ( $-70$  y  $-50$  msec respectivamente). AC1,2 = registro bipolar del par de electrodos distal del catéter de ablación. AC1 y AC2 = corresponden al electrodo unipolar de la punta (1) y al segundo (2). HBE1,2/1/2 = registro del haz de His bipolar/unipolar 1/unipolar 2. HRA = electrograma auricular derecho alto.

Fig. 2. Electrograms from subsequently successful ablation sites for AV nodal reentry tachycardia, and His bundle recording from the same patients. Panel A: the anterior approach. Note the high A/V ratio and small, remote His bundle fractionated, multiphasic atrial electrogram and the slow pathway potential in the bipolar recording (arrow). The unipolar recordings demonstrate that the latter is derived from AC2, while the higher amplitude and dV/dt component is derived from AC1. The His bundle recording from the same patient proves that the slow pathway potential can not be a remote His bundle signal, because of the different timing relative to onset of QRS ( $-70$  and  $-50$  msec respectively). AC1,2 = bipolar recording from ablation catheter's distal electrode pair. AC1 and AC2 = corresponding unipolars from tip (1) and second (2) electrode. HBE1,2/1/2 = His bundle recording bipolar/unipolar 1/unipolar 2. HRA = high atrial electrogram.

en el electrograma bipolar del par distal de electrodos del catéter de ablación (Figura 2A). En el abordaje posterior se identificaba el ostium del seno coronario y entonces la punta del catéter era llevada

tachycardia remained inducible after several pulses at maximum output at a given site the catheter was repositioned, care being taken to remain at least 5 mm away from the site of maximum His bundle deflection. Proce-

hacia el anillo tricuspídeo en esa área. La ablación se realizaba de preferencia en sitios con una relación de amplitud A/V de 1 o menos que mostraban actividad auricular local fraccionada y "potenciales de vía lenta", como se ha descrito previamente, (53, 55) sin deflexiones del haz de His (Figura 2B). En ambas vías de aproximación, la posición estable del catéter fue un prerrequisito para la liberación de RF.

La RF se inició con una energía aproximada de 10 W y de allí fue aumentada gradualmente hasta un máximo de 25-35 W. Se ha demostrado previamente que esto permite un control mejor de la extensión de la lesión y disminuye el riesgo de bloqueo AV accidental. (23, 56, 57) Después de alcanzar la descarga máxima, los pulsos fueron aplicados por 40 segundos adicionales. La corriente se interrumpía si se observaba un complejo auricular no conducido o si un ritmo prolongado de la unión impedía la conducción AV. Durante el ritmo acelerado de la unión, un marcador de zonas de ablación exitosas en sí mismo, la potencia de salida se mantuvo estable y fue aumentada solamente después que la integridad de la conducción AV fue confirmada. (58-60) Para facilitar esto, la corriente de RF fue descargada durante el marcapaseo auricular. Si la taquicardia continuaba siendo inducible después de varios pulsos a máxima potencia en un sitio dado, el catéter era reposicionado, teniendo cuidado de dejarlo alejado del sitio de la deflexión máxima del haz de His por lo menos 5 mm. Los objetivos finales del procedimiento eran la no inducibilidad de la taquicardia por reentrada nodal o la producción de bloqueo AV de segundo o tercer grado. Después de una ablación aparentemente exitosa, la inducibilidad fue probada también durante la infusión intravenosa continua de isoproterenol en dosis suficiente para aumentar la frecuencia del ritmo sinusal por lo menos en un 30% (1-4 µg/min).

#### **Haz de His**

La implantación de un marcapasos, en general un VVI-R, se realizó por lo menos 6 semanas antes de la ablación en todos los pacientes. El catéter de ablación fue introducido por la vena femoral derecha y avanzado hasta el área del haz de His bajo orientación fluoroscópica. En dos pacientes se utilizó un acceso transaórtico retrógrado luego del fracaso de la ablación por el lado derecho. La corriente de RF fue descargada idealmente con el catéter estable en sitios con negatividad inicial del electrograma unipolar de His obtenido del electrodo de ablación y una señal auricular prominente, ambas indicando una posición próxima al haz de His (Figura 3). A continuación de una ablación aparentemente exitosa el ritmo del paciente fue monitoreado por 30 minutos con el marcapasos programado a 30-40 lati-

*dures end points were noninducibility of AV nodal reentry tachycardia occurrence of second or third degree AV block. After apparently successful ablation, inducibility was also tested during continuous intravenous infusion of isoproterenol in a dose sufficient to increase the rate of sinus rhythm by at least 30% (1-4 µg/min).*

#### **His bundle**

*Implantation of in general a VVI-R pacemaker was performed at least 6 weeks before ablation in all patients. The ablation catheter was introduced via the right femoral vein and advanced to the area of the His bundle under fluoroscopic guidance. In two patients, a transaortic retrograde approach was used after failure of right-sided ablation. RF current was ideally delivered with the catheter stable at sites with initial negativity of the unipolar His electrogram derived from the ablation electrode and a prominent atrial signal, both indicating a position at the proximal His bundle (Figure 3). Following apparently successful ablation the patient's rhythm was monitored for 30 minutes with the pacemaker programmed at 30-40 beats/min if hemodynamic condition allowed, to ensure persisting total AV block. In addition, 2 mg of atropine was administered intravenously 20 minutes after ablation to challenge any latent residual AV conduction.*

#### **Ventricular tachycardia**

*Of the patients treated, 14 had underlying structural heart disease (9 post-infarction and 5 arrhythmogenic right ventricular dysplasia) and 6 had idiopathic VT (4 right and 2 left ventricular origin). Patients were considered eligible for ablation given: 1) electrocardiographically documented episode(s) of monomorphic VT, 2) failure or intolerance of antiarrhythmic drugs, 3) reproducible inducibility of the "clinical", hemodynamically tolerated VT at baseline electrophysiological study, and 4) no more than 3 different morphologies inducible.*

*The ablation catheter was introduced via either the right femoral vein or artery, depending on the ventricle of origin of the VT. The method of localization of the site of origin of the VT using pace mapping and endocardial activation mapping has been described in detail elsewhere. (44-47, 61) During pace mapping, bipolar stimulation with the distal electrode pair of the ablation catheter was used to locate an area which, when paced, produced a 12 lead surface ECG with the closest possible resemblance to the targeted VT. Tachycardia was subsequently induced and the ablation catheter manipulated within the region identified by pace mapping to identify the endocardial site with the earliest possible local ventricular activity, before onset of QRS in the surface leads. In patients with underlying structural heart disease, mapping was also —and preferentially (62)— directed to identify sites showing isolated middiastolic potentials, indicative of a zone of slow conduction (Figure 4). Such potentials were accepted as a marker for the ablation site if it could be demonstrated by*

dos/min si lo permitían las condiciones hemodinámicas, para asegurar un bloqueo AV total persistente. Además, se administraron 2 mg de atropina endovenosa 20 minutos después de la ablación para descartar toda conducción AV latente residual.

### Taquicardia ventricular

De los 20 pacientes tratados, 14 tenían enfermedad cardíaca subyacente (9 posinfarto y 5 displasia arritmogénica del ventrículo derecho) y 6 tenían TV idiopática (4 de origen derecho y 2 izquierdo). Los

*pacings manoeuvres that they represented an essential part of the tachycardia circuit. (44, 45, 61, 62) If VT remained inducible after RF delivery at a site identified in this fashion, the catheter was repositioned and additional pulses delivered at adjacent sites thus creating a larger confluence of lesions.*

### Atrial tachycardia and flutter

*Since late 1994, preliminary experience has been gained at our institution in the treatment of atrial flutter and atrial tachycardia. For atrial flutter, the ablation*

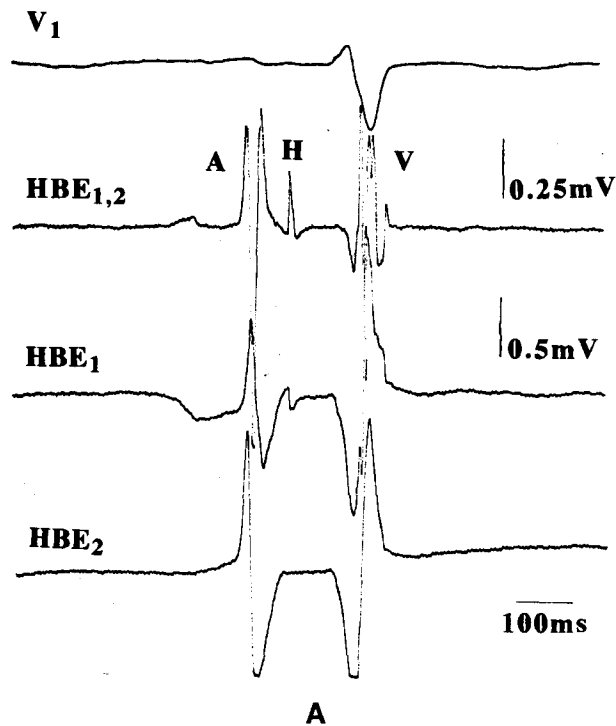
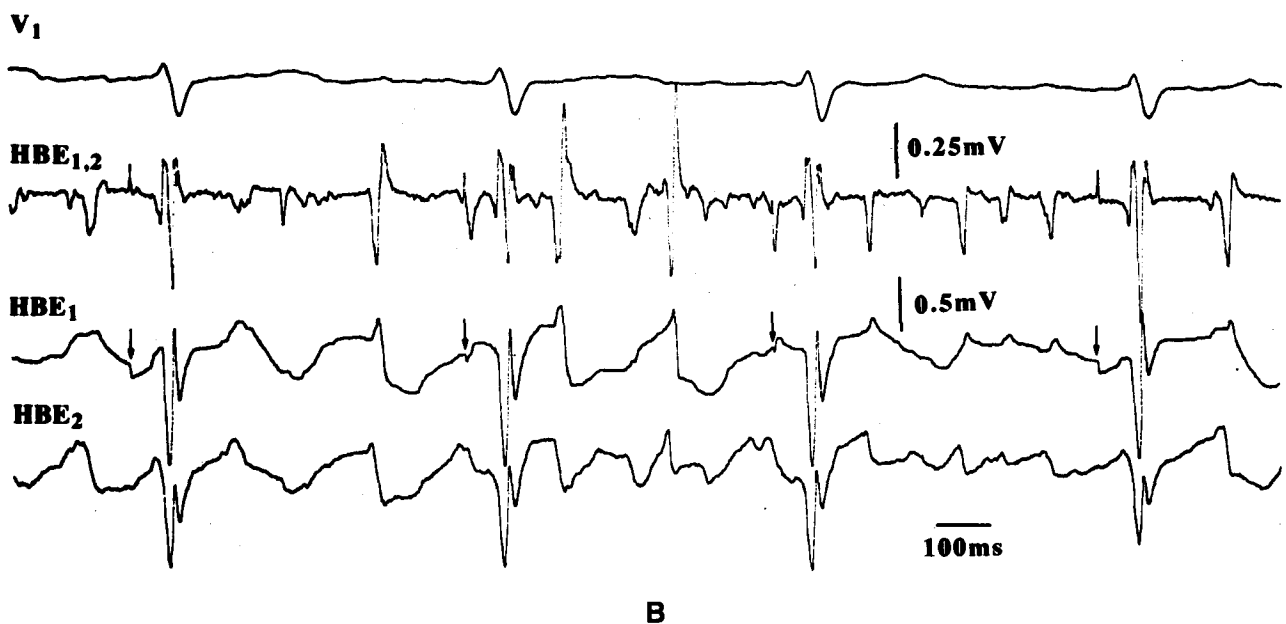


Fig. 3. Electrograms from subsequently successful sites of His bundle ablation. Panel A: sinus rhythm. Note the initial negativity of the unipolar His bundle electrogram exclusively from the tip electrode and the large atrial signal, indicating catheter positioning at the proximal His bundle. Panel B: atrial fibrillation. Note in particular the unipolar His deflections, which are at times visible while the bipolar His deflection is concealed by atrial activity (arrows). A = atrial deflection. V = ventricular. H = His.

*Fig. 3. Electrograms from subsequently successful sites of His bundle ablation. Panel A: sinus rhythm. Note the initial negativity of the unipolar His bundle electrogram exclusively from the tip electrode and the large atrial signal, indicating catheter positioning at the proximal His bundle. Panel B: atrial fibrillation. Note in particular the unipolar His deflections, which are at times visible while the bipolar His deflection is concealed by atrial activity (arrows). A = atrial deflection. V = ventricular. H = His.*





pacientes fueron considerados elegibles para ablación cuando tenían: 1) episodios documentados electrocardiográficamente de TV monomorfa; 2) fracaso o intolerancia a las drogas antiarrítmicas; 3) inducibilidad reproducible de las TV "clínicas", toleradas hemodinámicamente en los estudios electrofisiológicos basales; y 4) no más de tres morfologías inducibles diferentes.

El catéter de ablación fue introducido tanto por la vena o la arteria femoral derecha, dependiendo del ventrículo de origen de la TV. El método de localización del lugar de origen de la TV usando topoestimulación (*pace mapping*) y mapeo de la activación endocárdica ha sido descrito en detalle en otra parte. (44-47, 61) Durante el *pace mapping*, la estimulación bipolar por el par de electrodos distales del catéter de ablación se utilizó para localizar el área en la cual, cuando era marcapaseada, se producía un electrocardiograma de superficie de 12 derivaciones lo más parecido posible a la TV espontánea. Subsiguientemente se indujo la taquicardia y el catéter de ablación fue manipulado dentro de la región ubicada por la topoestimulación para identificar el sitio del endocardio con la actividad ventricular local más temprana posible antes del comienzo del QRS en las derivaciones de superficie. En pacientes con enfermedad cardíaca estructural subyacente, el mapeo fue también —y preferentemente— dirigido a identificar sitios que mostraran potenciales mesodiastólicos aislados, indicativos de una zona de conducción lenta (Figura 4). (62) Tales potenciales fueron aceptados como marcadores del sitio de ablación si se podía demostrar por maniobras de marcapaseo que representaban una parte esencial del circuito de la taquicardia. (44, 45, 61, 62) Si la TV continuaba siendo inducible después de la liberación de RF en el sitio identificado de esta forma, el catéter era reposicionado y se liberaban pulsos adicionales en sitios adyacentes, creando de esta manera lesiones confluentes más grandes.

### Taquicardia y aleteo auricular

Desde fines de 1994 se ha conseguido una experiencia preliminar en nuestra institución en el tratamiento del aleteo y la taquicardia auricular. Para el aleteo auricular, el catéter de ablación fue introducido por la vena femoral derecha y avanzado hasta el anillo tricuspídeo; una línea de lesiones por RF fue creada subsiguientemente entre ese lugar y la vena cava inferior, como fue descrito previamente por Cosio y colaboradores. (39) En las taquicardias auriculares se empleó un abordaje venoso por femoral o subclavia para los focos auriculares derechos y transeptal para los del lado izquierdo. La localización del lugar de origen de la taquicardia fue realizada usando mapeo de la activación endocárdica y *entrain-*

*catheter was introduced via the right femoral vein and advanced to the tricuspid annulus; a line of RF lesions was subsequently created between that location and the*

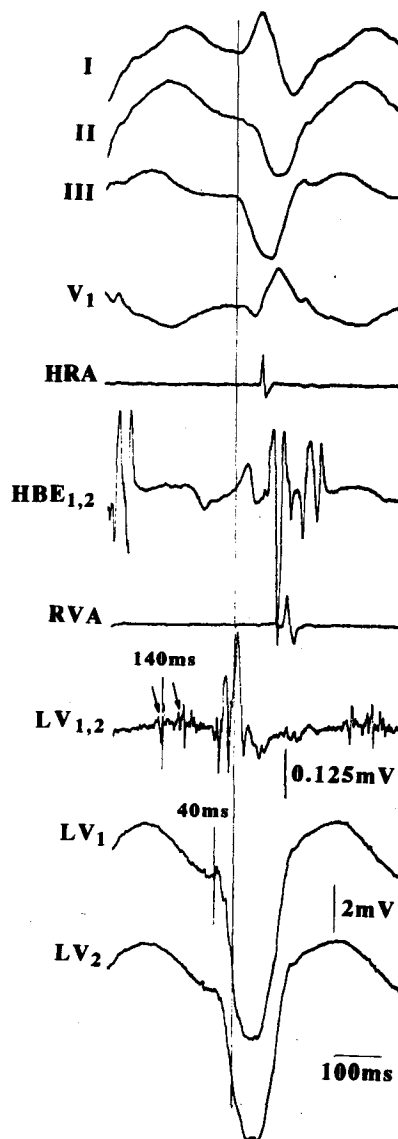


Fig. 4A. Electrograma durante el mapeo de la activación endocárdica y aplicación de RF en taquicardia ventricular; paciente con infarto de miocardio inferior previo. Nótese los potenciales mesodiastólicos en el registro bipolar desde el par de electrodos distales, 140 msec antes del comienzo del QRS (flechas) y el comienzo predominantemente negativo, de la señal ventricular unipolar, desde la punta del catéter, 40 msec antes del comienzo del QRS en las derivaciones de superficie. Las líneas verticales marcan el comienzo de la actividad ventricular local y del QRS en las derivaciones de superficie, respectivamente.

Fig. 4A. Electrogram during endocardial activation mapping and RF delivery in ventricular tachycardia; patient with prior inferior myocardial infarction. Note the middiastolic potentials in the bipolar recording from the distal electrode pair at 140 msec before QRS onset (arrows), and onset of the predominantly initially negative unipolar ventricular signal from the catheter tip, 40 msec before onset of QRS in the surface leads. Vertical lines mark onset of local ventricular activity and QRS in the surface leads respectively.

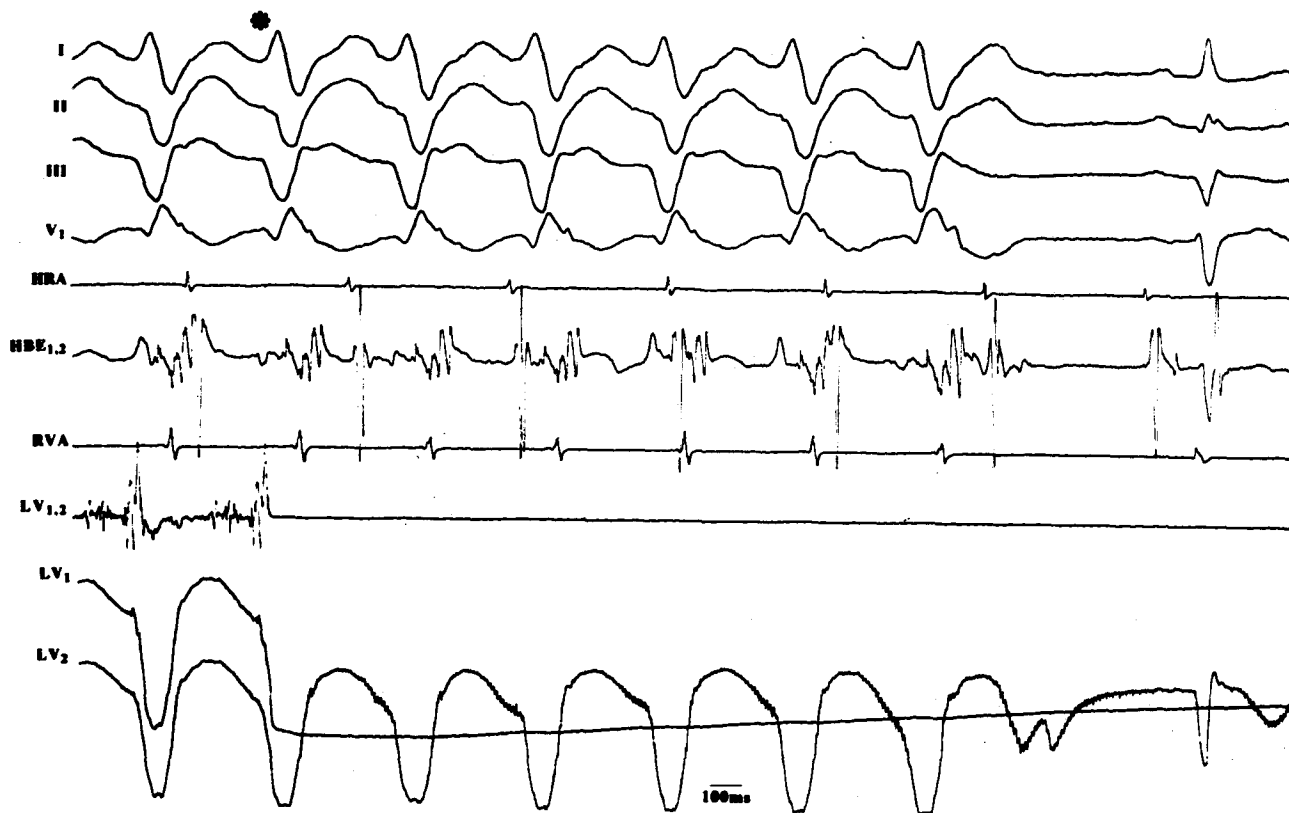


Fig. 4B: Electrograma durante el mapeo de la activación endocárdica y aplicación de RF en taquicardia ventricular; paciente con infarto de miocardio inferior previo. En el mismo lugar del endocardio (Fig. 4A), la taquicardia termina 3 seg después de comenzar la aplicación de RF con 25 W. La TV no fue inducible de allí en más. RVA = electrograma desde el ápex ventricular. Resto de abreviaturas como en las figuras 1 y 2. El asterisco marca el comienzo de la aplicación de RF.

Fig. 4B: Electrogram during endocardial activation mapping and RF delivery in ventricular tachycardia; patient with prior inferior myocardial infarction. Same endocardial site (Fig. 4A), tachycardia terminates 3 seconds after start of RF delivery at 25 W. VT was noninducible thereafter. RVA = electrogram from right ventricular apex. Further abbreviations as in figures 1 and 2. Asterisk marks onset of RF delivery.

ment durante el *pace mapping*, análogo a los procedimientos empleados en ablación de TV.

## RESULTADOS

### Vías accesorias

Se efectuó un total de 249 procedimientos en 227 pacientes, con ablación dirigida a un total de 238 vías. El tiempo medio de seguimiento fue de  $26,4 \pm 18,2$  y  $24,8 \pm 21,0$  meses para pacientes con síndrome de WPW y vías accesorias ocultas, respectivamente. El porcentaje de éxitos fue alto, con el 94,8% de las vías accesorias ablacionadas en pacientes con síndrome de WPW (170/183 pacientes = 92,9%) y 93,5% en pacientes con vías anómalas ocultas. Los resultados de acuerdo con la localización de la vía accesoria, duración del procedimiento y cantidad de pulsos de RF aplicados requeridos para una ablación exitosa se muestran en la Tabla 2. El tiempo de fluoroscopia por procedimiento fue  $28,8 \pm 19,8$  y  $37,3 \pm 18,9$  minutos, respectivamente, para síndromes de Wolff-Parkinson-White (WPW) y vías anó-

inferior vena cava, as previously described by Cosio et al. (39) In atrial tachycardias, a femoral or subclavian venous approach was employed for right atrial foci and a transeptal approach for left-sided foci. Localization of the tachycardia site of origin was performed using endocardial activation mapping and (entrainment) pace mapping, analogous to the procedures employed in VT ablation.

## RESULTS

### Accessory pathways

A total of 249 procedures was performed in 227 patients, with ablation directed at a total of 238 pathways. Mean follow-up was  $26.4 \pm 18.2$  and  $24.8 \pm 21.0$  months for patients with WPW syndrome and concealed accessory pathways, respectively. Overall success rate was high, with 94.8% of accessory pathways successfully ablated in patients with WPW syndrome (170/183 patients = 92.9%) and 93.5% in patients with a concealed bypass. Results according to accessory pathway location, procedure duration and

**Tabla 2**  
Resultados de la ablación de vías anómalas

Localización de la VA	n	Exito después		RF (n)	Duración (min)
		1°	2°		
<b>WPW:</b>					
I	128	108	124	5,6 ± 12,1	172 ± 101
IPS	8	7	8	6,6 ± 6,5	228 ± 60
PH	5	4	5	8,4 ± 8,4	276 ± 50
DAS	8	3	5	10,0 ± 6,7	235 ± 40
DPS	13	11	12	9,8 ± 8,7	255 ± 75
D	30	23	28	2,9 ± 2,5	207 ± 104
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>156</b>	<b>182</b>	<b>4,8 ± 4,9</b>	<b>195 ± 93</b>
		(81,3%)	(94,8%)		
<b>VAO:</b>					
I	38	34	36	6,2 ± 8,4	219 ± 82
PH	1	0	1	9	360
DPS	2	2	2	3,0 ± 2,8	290 ± 156
D	5	4	4	5,0 ± 2,4	351 ± 148
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>6,0 ± 7,7</b>	<b>233 ± 99</b>
		(87,0%)	(93,5%)		

VA = vía anómala. n = número. VAO = vía anómala oculta. I = pared libre de ventrículo izquierdo. IPS = posteroseptal izquierda. PH = parahisiana. D = pared libre de ventrículo derecho. DAS = anteroseptal derecha. DPS = posteroseptal derecha. RF = radiofrecuencia. WPW = síndrome de Wolff-Parkinson-White. Se muestra el número de pulsos de RF requeridos para una ablación exitosa y la duración total del procedimiento, que se dan como media ± 1 DS.

malas ocultas. Debe destacarse que la duración del procedimiento fue definida como el tiempo desde el comienzo del cateterismo hasta el retiro de las coberturas; esto incluye el estudio electrofisiológico previo a la ablación, la localización de la vía, la ablación y testear posablación la inducibilidad de taquicardia, incluyendo una espera de 30 minutos después de la aplicación presuntamente exitosa de RF, para asegurar que el efecto no era transitorio. Desde marzo de 1993, 54 vías accesorias (4 derechas y 50 izquierdas) han sido ablacionadas empleando "una aproximación con catéter único" abreviada que ha sido descrita previamente por Kuck y colaboradores. (27) En estos pacientes, un solo catéter fue introducido por la vena femoral derecha para todos los objetivos diagnósticos y un segundo catéter por mapeo y ablación. La duración media del procedimiento fue marcadamente más corta en este grupo que en el resto de la población: 129,0 versus 248,5 minutos. Se registraron seis complicaciones en los procedimientos (2,4%): cuatro casos de neumotórax durante la punción de la vena subclavia (uno requirió terapia) y la producción de dos falsos aneurismas de la arteria femoral derecha (uno requirió cirugía). De los 13 casos de fracaso de la ablación, 7 estaban entre los primeros 50 pacientes tratados. Seis fueron tratados con éxito posteriormente con cirugía, tres están en la actualidad esperando un segundo intento de ablación y cuatro desistieron de tera-

**Table 2**  
Results of accessory pathway ablation

AP location	n	Success after		RF (n)	Length (min)
		1st	2nd		
<b>WPW:</b>					
I	128	108	124	5.6 ± 12.1	172 ± 101
IPS	8	7	8	6.6 ± 6.5	228 ± 60
PH	5	4	5	8.4 ± 8.4	276 ± 50
DAS	8	3	5	10.0 ± 6.7	235 ± 40
DPS	13	11	12	9.8 ± 8.7	255 ± 75
D	30	23	28	2.9 ± 2.5	207 ± 104
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>156</b>	<b>182</b>	<b>4.8 ± 4.9</b>	<b>195 ± 93</b>
		(81.3%)	(94.8%)		
<b>VAO:</b>					
I	38	34	36	6.2 ± 8.4	219 ± 82
PH	1	0	1	9	360
DPS	2	2	2	3.0 ± 2.8	290 ± 156
D	5	4	4	5.0 ± 2.4	351 ± 148
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>43</b>	<b>6.0 ± 7.7</b>	<b>233 ± 99</b>
		(87.0%)	(93.5%)		

AP = accessory pathway. CAP = concealed accessory pathway. L = left free wall. LPS = left posteroseptal. n = number. PH = parahisian. R = right free wall. RAS = right anteroseptal. RF = radiofrequency. RPS = right posteroseptal. WPW = Wolff-Parkinson-White syndrome. Shown are the number of RF pulses required for successful ablation, and total procedure duration. Values for number of RF pulses and procedure duration are given as mean ± 1 SD.

number of RF deliveries required for successful ablation are shown in Table 2. Fluoroscopy time per procedure was 28.8 ± 19.8 and 37.3 ± 18.9 minutes, respectively, for WPW syndrome and concealed bypasses. It should be noted that procedure duration was defined as the time from start of catheterization to removal of the sheaths; this includes pre-ablation electrophysiological study, pathway localization, ablation and post-ablation testing of tachycardia inducibility including a 30 minute wait after apparently successful RF delivery to ensure that effect was not transient. Since March 1993, 54 accessory pathways (4 right-sided and 50 left) have been ablated using an abbreviated "single catheter approach" as previously described by Kuck et al. (27) In these patients, only one catheter was introduced via the right femoral vein for all diagnostic purposes and a second catheter for mapping and ablation. Mean procedure duration was markedly shorter in this group than in the rest of the population: 129.0 versus 248.5 minutes. Six procedural complications were observed (2.4%): four cases of pneumothorax (one requiring therapy) during puncture of the subclavian vein, and two occurrences of false aneurysm (one requiring surgery) of the right femoral artery. Of the 13 ablation failures, 7 were among the first 50 patients treated. Six were later successfully treated surgically, three are currently awaiting a second ablation attempt and four declined further nonpharmacological therapy due to decreased symptoms.

**Tabla 3**  
Resultados de 102 ablaciones en 90 pacientes con TAVRN

Abordaje	Exito después del procedimiento		Duración (min)
	1°	2°	
Anterior	14/26 (53,8%)	23/37 (62,2%)	317 ± 70
Posterior	60/64 (93,8%)	61/65 (93,9%)	241 ± 79
<b>Total de pac. tratados con éxito</b>	<b>74 (82,8%)</b>	<b>84 (93,3%)</b>	

Se muestran los porcentajes de éxito de acuerdo con la vía de abordaje después del primer intento de ablación y su repetición y el número total de pacientes tratados exitosamente; la duración es el tiempo total en el laboratorio de electrofisiología. Los valores para la duración del procedimiento se dan como media  $\pm$  1 DS. La discrepancia entre el número total de procedimientos y de pacientes es debida a que en algunos pacientes se efectuó más de una ablación. TAVRN = taquicardia AV por reentrada nodal.

péutica adicional no farmacológica debido a la disminución de los síntomas.

#### Taquicardia nodal por reentrada AV (TAVRN)

Se realizaron 102 procedimientos en 90 pacientes: 62 por abordaje posterior y 47 anterior, de los cuales 5 fueron un cruzamiento después del fracaso del acceso posterior. El seguimiento medio fue  $26,6 \pm 19,7$  meses. De los 62 procedimientos usando el abordaje posterior, 2 tuvieron una prolongación significativa del intervalo AH, sugiriendo deterioro de la "vía rápida" de conducción; lo opuesto no fue observado en esta población. Los resultados y la duración total de los procedimientos se muestran en la Tabla 3. El tiempo medio de fluoroscopia fue de  $38,2 \pm 18,9$  minutos ( $36,8 \pm 18,6$  para el abordaje posterior y  $42,4 \pm 22,0$  para el anterior). El índice total de éxitos fue alto, con 93,3% de pacientes libres de recurrencias y conducción AV intacta durante el seguimiento. De los 6 fracasos de la ablación, 2 tuvieron bloqueo AV de tercer grado accidental (uno declinó cualquier tratamiento no farmacológico adicional y en 3 se efectuó la ablación del haz de His con implante de marcapasos). Se registraron cuatro complicaciones en los procedimientos (3,9%): una fístula AV que posteriormente se ocluyó espontáneamente y tres bloqueos AV de tercer grado permanente que requirieron implantación de marcapasos (dos siguiendo a un abordaje anterior, de los cuales en uno la TAVRN no era inductible antes de dejar el laboratorio de cateterismo pero desarrolló bloqueo AV 24 horas después del procedimiento).

#### Haz de His

Se realizaron 112 procedimientos en 102 pacientes. El tiempo medio de seguimiento fue de  $23,7 \pm 14,8$  meses. Los resultados de la ablación, el número

**Table 3**  
Results of 102 ablation procedures in 90 patients with AVNRT

Approach	Success rate after procedure		Duration (min)
	1st	2nd	
Anterior	14/26 (53.8%)	23/37 (62.2%)	317 ± 70
Posterior	60/64 (93.8%)	61/65 (93.9%)	241 ± 79
<b>Total successfully treated patients</b>	<b>74 (82.8%)</b>	<b>84 (93.3%)</b>	

Shown are the relative success rates per approach after first and repeat ablation attempts, and the overall number of successfully treated patients; duration is total time in the electrophysiology laboratory. Values for procedure duration are given as mean  $\pm$  1 SD. The discrepancy between total number of procedures and patients is caused by the fact that in some patients more than one procedure was performed. AVNRT = atrioventricular nodal reentry tachycardia.

#### AV nodal reentry tachycardia (AVNRT)

A total of 102 procedures was performed in 90 patients: 62 posterior approach and 37 anterior, of which 5 were a crossover after failure of the posterior approach. Mean follow-up was  $26.6 \pm 19.7$  months. Of the procedures performed using the posterior approach, 2 resulted in a significant prolongation of the AH interval, suggesting impairment of "fast pathway" conduction; the reverse was not observed in this patient population. Results and total procedure duration are shown in Table 3. Mean fluoroscopy time was  $38.2 \pm 18.9$  minutes ( $36.8 \pm 18.6$  for the posterior and  $42.4 \pm 22.0$  for the anterior approach). Overall success rate was high, with 93.3% of patients free of recurrence with intact AV conduction during follow-up. Of the 6 ablation failures, two had inadvertant third degree AV block, one declined further nonpharmacological therapy and three underwent His bundle ablation and pacemaker implantation. Four procedural complications were observed (3.9%): one AV fistula which later occluded spontaneously and three permanent third degree AV block requiring pacemaker implantation (two following the anterior approach, of which one had demonstrated noninducibility of AVNRT before leaving the catheterization laboratory but developed AV block 24 hours after the procedure).

#### His bundle

A total of 112 procedures was performed in 102 patients. Mean follow-up was  $23.7 \pm 14.8$  months. Ablation results, number of RF deliveries and total procedure duration are shown in Table 4. Total fluoroscopy time was  $17.2 \pm 19.8$  minutes. Success rate was 100%. Two procedural complications were observed (1.8%): chorda rupture leading to minor mitral regurgitation following a left-sided approach in one patient and ventricular fibrillation immediately following successful ablation due to a bradycardia dependent QT lengthen-

**Tabla 4**  
Resultados de la ablación del haz de His

Pacientes tratados exitosamente después del procedimiento:			RF (n)	Duración (min)
1°	2°	3°		
93 (91,2%)	99 (97,1%)	102 (100%)	4,0 ± 6,4	104,0 ± 66,0

n = número. RF ± pulsos de radiofrecuencia. Duración es el tiempo total en el laboratorio de electrofisiología.

de aplicaciones de RF y la duración total del procedimiento se muestran en la Tabla 4. El tiempo total de fluoroscopia fue de  $17,2 \pm 19,8$  minutos. El porcentaje de éxitos fue de 100%. Se observaron dos complicaciones en los procedimientos (1,8%): una ruptura de cuerda que causó una regurgitación mitral mínima luego de un acceso por vía izquierda y una fibrilación ventricular inmediata a una ablación exitosa en un paciente con prolongación del QT bradicárdico dependiente. (63) El funcionamiento del marcapasos después de la ablación fue normal en todos los casos.

#### Taquicardia ventricular

Se realizaron 23 procedimientos en la población tratada. El tiempo medio de seguimiento fue de  $17,7 \pm 7,8$  meses. De 6 pacientes con TV idiopática, 5 (83,3%) fueron tratados exitosamente. El paciente restante, que tenía como lugar de origen de la TV un sitio del ventrículo derecho, experimentó recurrencia temprana de la TV pero hasta la fecha ha declinado un segundo intento de ablación debido a una apreciable disminución de los síntomas con sotalol. La duración total del procedimiento en estos pacientes fue de  $286,0 \pm 73,6$  minutos, y el tiempo de fluoroscopia de  $25,8 \pm 7,34$  minutos. El porcentaje de éxitos fue significativamente más bajo en el grupo con enfermedad cardíaca estructural: fueron observadas 23 morfologías en los 14 pacientes tratados, de los cuales 11 fueron ablacionados exitosamente (48%). De los 14 pacientes, sin embargo, sólo 5 (36%) permanecieron libres de recurrencias durante el seguimiento sin drogas (una displasia arritmogénica de ventrículo derecho y 4 posinfarto). La duración del procedimiento fue de  $339,0 \pm 69,0$  minutos y el tiempo de fluoroscopia de  $57,3 \pm 22,9$  minutos. De los 9 pacientes con ablación infructuosa, cinco recibieron drogas antiarrítmicas, dos un cardioversor-desfibrilador implantable y dos se sometieron a una ablación quirúrgica exitosa. Se registraron tres complicaciones debidas a los procedimientos (13%), todas en un paciente con TV originada en el ventrículo izquierdo y enfermedad cardíaca estructural: regurgitación aórtica leve, una fístula arteriovenosa y disección de la arteria femoral que requirió cirugía.

**Table 4**  
Results of His bundle ablation

Successfully treated patients after procedure:			RF (n)	Duration (min)
1st	2nd	3rd		
93 (91.2%)	99 (97.1%)	102 (100%)	4.0 ± 6.4	104.0 ± 66.0

n = number. RF = radiofrequency pulses. Duration is total time in the electrophysiology laboratory.

ing in the other. (63) Pacemaker function was invariably normal subsequent to ablation.

#### Ventricular tachycardia

A total of 23 procedures was performed in the treated population. Mean follow-up was  $17.7 \pm 7.8$  months. Of the 6 patients with idiopathic VT, 5 (83.3%) were treated successfully. The remaining patient, who had a right ventricular site of VT origin, experienced early recurrence of VT but to date declined a second ablation attempt due to an appreciable decrease of symptoms on sotalol. Total procedure duration in these patients was  $286.0 \pm 73.6$  minutes, and fluoroscopy time  $25.8 \pm 7.34$  minutes. Success rate was significantly lower in the group with structural heart disease: 23 morphologies were targeted in the 14 patients treated, of which 11 were successfully ablated (48%). Of the 14 patients, however, only 5 (36%) remained free of recurrence during drug-free follow-up (one arrhythmogenic right ventricular dysplasia and four post-infarction). Procedure duration was  $339.0 \pm 69.0$  minutes and fluoroscopy time  $57.3 \pm 22.9$  minutes. Of the 9 patients with an unsuccessful ablation five received antiarrhythmic drugs, two an implantable cardioverter defibrillator and two underwent successful surgical ablation. Three procedural complications were observed (13%), each in a patient with a left ventricular VT site of origin and structural heart disease: minor aortic regurgitation, an arteriovenous fistula, and dissection of the femoral artery requiring surgery.

#### Atrial tachycardia and flutter

Of the two patients treated for atrial flutter one has remained free of recurrence while off antiarrhythmic drugs; the other went on to undergo His bundle ablation. Of the 7 patients with an atrial tachycardia, four (57%) were successfully ablated. No complications were observed.

#### DISCUSSION

Results of the present study demonstrate RF ablation to be a safe and effective modality in the treatment of a variety of cardiac tachyarrhythmias, obviating the need for chronic drug therapy or surgery in these patients. After a follow-up of up to 7 years, close to 95% of the

### Taquicardia y aleteo auricular

De los dos pacientes tratados por aleteo auricular, uno ha permanecido libre de recurrencias aun sin medicación antiarrítmica; el otro debió someterse a ablación del haz de His. De los 7 pacientes con taquicardia auricular, cuatro (57%) fueron ablacionados exitosamente. No se observaron complicaciones.

### DISCUSION

Los resultados del presente estudio demuestran que la ablación por RF es una modalidad efectiva y segura de tratamiento de una variedad de taquiarritmias cardíacas, obviando la necesidad de terapéutica crónica con drogas o cirugía en estos pacientes. Después de un seguimiento de hasta 7 años, aproximadamente el 95% de los pacientes tratados por arritmias supraventriculares ha permanecido libre de síntomas. Mientras los resultados de la ablación para la TV idiopática son asimismo alentadores la frecuencia de éxito es relativamente pobre en presencia de enfermedad cardíaca subyacente con sustratos arritmogénicos grandes.

### Ablación de vías accesorias

Con un 95% de éxitos, este estudio se compara favorablemente con otros trabajos, en los cuales la frecuencia varía del 89% al 100%. (26-29) De particular importancia en la literatura, sin embargo, es el gran número de pulsos de RF que a veces son necesarios para una ablación exitosa. En esta serie fue requerido para una ablación exitosa un promedio de menos de 5 pulsos de RF. Esto subraya la importancia de una localización y posicionamiento del catéter cuidadosos para prevenir la aplicación de numerosos pulsos inefectivos, los cuales producen pérdida innecesaria de miocardio sano, agrandan las lesiones endomiocárdicas potencialmente trombogénicas y aumentan la duración del procedimiento. Tradicionalmente se utilizaron las características del electrograma bipolar para localizar la vía accesoria, con particular atención en la presencia de una vía accesoria potencial. En un trabajo previo demostramos que el modo unipolar de registro ofrece información suplementaria importante al modo bipolar, aun sin el registro de un potencial de la vía accesoria. (51) En este trabajo encontramos que el uso de registros unipolares y bipolares es invaluable para la localización de vías accesorias y creemos firmemente que esta práctica jugó un papel importante en la alta frecuencia de éxitos y el bajo número de aplicaciones de RF requerido.

### Ablación para TAVRN

En este estudio, el 93,3% de los pacientes tratados fue curado de su TAVRN manteniendo intacta la conducción AV. Si se incluyen los tres pacientes

*patients treated for supraventricular arrhythmias have remained free of symptoms. While results of ablation for idiopathic VT are also encouraging, success rates are relatively poor in the presence of underlying heart disease with large arrhythmogenic substrates.*

### Ablation of accessory pathways

*At 95%, the success rate in the present study compares favorably with other reports, in which rates are given varying from 89% to 100%. (26-29) Of particular note in the literature, however, is the sometimes large number of RF pulses required for successful ablation. In this series an average of less than 5 RF pulses was required for successful ablation. This underlines the importance of careful localization and catheter positioning in preventing delivery of numerous ineffective pulses which incur unnecessary loss of viable myocardium, enlarge the potentially thrombogenic endomyocardial lesion and extend procedure duration. Traditionally, bipolar electrogram characteristics were used to localize the accessory pathway, with particular attention to the presence of an accessory pathway potential. In a previous report, we demonstrated that the unipolar recording mode offers important information supplementary to the bipolar mode even without the recording of an accessory pathway potential. (51) In the present study we found the simultaneous use of unipolar and bipolar recordings invaluable in accessory pathway localization, and firmly believe that this practice played an important role in the high success rate and low number of RF deliveries required.*

### Ablation for AVNRT

*In the present study, 93.3% of the patients treated were cured of AVNRT while maintaining intact AV conduction. If the three patients with inadvertant AV block are included, the total number of asymptomatic patients is 87, or 96.7%. While the initial success rate with the anterior approach was relatively low, many of these procedures were among the first performed at our institution and were conducted using the now obsolete 2 mm electrode. Compromise of normal AV conduction is the most important risk in ablation for AVNRT, in particular with the anterior approach. In a recent multicenter report on more than 4000 patients treated using RF ablation, the reported incidence of inadvertant third degree AV block was 6.2% and 2.1% for the anterior and posterior approach respectively. (64) Given the non-blinded and voluntary mode of data acquisition, however, some degree of underreporting is quite possible. Studies by Lee et al and Langberg et al describe rates of closer to 10% for the anterior approach. (32, 35) Results of the present study therefore compare favorably, at 5.4% and 1.5% for the anterior and posterior approach respectively. While the posterior approach has made the anterior approach virtually obsolete and is as-*

con bloqueo AV accidental, el número total de pacientes asintomáticos es 87, o sea 96,7%. Mientras que la frecuencia de éxitos inicial con el abordaje por vía anterior fue relativamente bajo, muchos de estos procedimientos estuvieron entre los primeros realizados en nuestra institución y fueron efectuados utilizando el electrodo de 2 mm, actualmente obsoleto. El compromiso de la conducción AV normal es el riesgo más importante en la ablación en TAVRN, en particular por la vía de abordaje anterior. En un trabajo multicéntrico reciente con más de 4.000 pacientes tratados empleando la ablación por RF, la incidencia de bloqueo AV de tercer grado accidental fue del 6,2% y 2,1% para las vías de abordaje anterior y posterior respectivamente. (64) Dado el modo de adquisición de datos no-ciego y voluntario, algún grado de subinformación es muy posible. Los estudios de Lee y colaboradores y Langberg y colaboradores describen frecuencias cercanas al 10% para el abordaje anterior. (32, 35) Los resultados de este estudio por lo tanto se comparan favorablemente, con 5,4% y 1,5% para el abordaje anterior y posterior respectivamente. Mientras que el posterior ha hecho al anterior virtualmente obsoleto y está asociado con un riesgo significativamente menor de bloqueo AV accidental, debe comprenderse que la vía posterior puede sin embargo afectar la función de la "vía rápida" y viceversa. (34-36) Más aún, nosotros hemos demostrado recientemente que la ablación por RF de la TAVRN puede estar asociada con una progresión del retardo en la conducción AV dentro de las 48 horas que siguen al procedimiento. (65) Esto subraya la importancia de monitorear la conducción AV en estos pacientes, no sólo durante sino también después del procedimiento. Con el fin de minimizar el riesgo de bloqueo AV accidental, en este estudio la descarga de la RF fue iniciada con una potencia relativamente baja y aumentada gradualmente hasta el máximo. En un trabajo de Langberg y colaboradores, la incidencia de bloqueo AV con abordaje anterior descendió desde el 10% al 0% gracias al uso de un aumento escalonado similar de la potencia de salida. (55)

#### **Ablación del haz de His**

En pacientes que sufren de fibrilación auricular (crónica) se ha demostrado que la ablación del haz de His con implante de un marcapasos permanente conduce a una mejoría en la calidad de vida y en la función cardíaca. (66-69) Con el fin de abolir exitosamente la conducción AV, se debe producir una lesión por RF que interrumpa el haz de His proximal antes de su división en las ramas derecha e izquierda. En este estudio, el registro unipolar fue invaluable para la identificación de este sitio. Así como el lugar de inserción de una vía anómala se caracteri-

*sociated with a significantly lower risk of inadvertant AV block, it must be realized that the posterior approach can still affect "fast pathway" function and vice versa. (34-36) Moreover, we have recently demonstrated that RF ablation for AVNRT can be associated with a progression of AV conduction delay for up to 48 hours following the procedure. (65) This underlines the importance of monitoring of AV conduction in these patients, not only during but also after the procedure. In order to minimize the risk of inadvertant AV block, RF power in the present study was started at a relatively low output and raised gradually to maximum. In a report by Langberg et al, the incidence of AV block in the anterior approach was seen to decrease from 10% to 0% subsequent to the use of a similar stepwise increase of power output. (55)*

#### **His bundle ablation**

*In patients suffering from (chronic) atrial fibrillation, it has been demonstrated that ablation of the His bundle with implantation of a permanent pacemaker leads to improvement of quality of life and cardiac function. (66-69) In order to successfully abolish AV conduction, an RF lesion must be created which interrupts the proximal His bundle before its arborization in the left and right bundle branches. In the present study, the unipolar recording mode was invaluable in identifying this site. Just as the site of accessory pathway insertion is characterized by initial negativity of the unipolar ventricular electrogram (Figure 1), (50, 51) the most proximal part of the His bundle is characterized by initial negativity of the unipolar His bundle deflection (Figure 3). The success rate of 100% with an average of only four RF pulses in the present study seems to underline the utility of the unipolar mode.*

*Although the incidence of procedural complications in the present study was low, however, it should be remembered that patients having undergone His bundle ablation are subject to the entire spectrum of pacemaker-related morbidity and inconvenience as an indirect result of this procedure. This factor should always be weighed carefully against the severity of the patient's symptoms and alternative therapeutic options before deciding to perform His bundle ablation. Recently, it has been demonstrated by several investigators that ventricular response rate in atrial fibrillation can be reduced by ablating the "slow pathway", i.e. by performing modification of the AV node by the posterior approach. (70-74) While this may provide relief from the symptoms of a rapid ventricular rate, it unfortunately does not restore sinus rhythm and thus symptoms of a rapid ventricular rate, it unfortunately does not restore sinus rhythm and thus the atrial component to ventricular filling, nor need it necessarily remove symptoms associated with an irregular pulse. Recent reports on catheter ablative replications of the surgical "Maze"*

za por la negatividad inicial del electrograma ventricular unipolar (Figura 1), (50, 51) la porción más proximal del haz de His se caracteriza por la negatividad inicial de la deflexión unipolar del His (Figura 3). El porcentaje de éxitos del 100% con un promedio de sólo cuatro pulsos de RF en el presente estudio parece subrayar la utilidad del modo unipolar.

Aunque la incidencia de complicaciones del procedimiento fue bajo en este estudio, debe recordarse que los pacientes que han sido sometidos a la ablación del haz de His están expuestos al espectro completo de la morbilidad e inconvenientes relacionados con el marcapasos, como un resultado indirecto de este procedimiento. Este factor debe ser considerado siempre cuidadosamente contra la severidad de los síntomas del paciente y las opciones terapéuticas alternativas antes de decidir la ablación del haz de His. Recientemente ha sido demostrado por varios investigadores que la frecuencia de la respuesta ventricular en la fibrilación auricular puede ser reducida por ablación de la "vía lenta", por ejemplo produciendo modificación del nódulo AV por el abordaje posterior. (70-74) Mientras esto puede proporcionar alivio de los síntomas de una frecuencia ventricular alta, ello desafortunadamente no restaura el ritmo sinusal y por lo tanto el componente auricular del ritmo ventricular, así como tampoco elimina los síntomas asociados con un pulso irregular. Trabajos recientes de ablación por catéter que reproducen el procedimiento quirúrgico del "laberinto" en modelos caninos de fibrilación auricular describen la restauración del ritmo sinusal, (75-77) lo que puede, por lo tanto, marcar el comienzo de una nueva era en el tratamiento de la fibrilación auricular refractaria al tratamiento por drogas.

#### **Ablación en TV**

En el presente estudio, los resultados de la ablación en pacientes con TV idiopática fueron buenos, con 5/6 (83%) pacientes tratados exitosamente luego de un procedimiento. Aunque este número es ligeramente menor al 89% y 94% informado por Coggins y colaboradores y Klein y colaboradores, (46, 47) puede esperarse que la frecuencia de éxitos aumente concomitantemente con el número de pacientes tratados. Los resultados en los pacientes con enfermedad cardíaca subyacente fueron considerablemente peores, con solamente un 36% de pacientes libres de recurrencias y de drogas antiarrítmicas durante el seguimiento. Esto es apreciablemente menor que el 75% aproximado informado por Morady y colaboradores y Kim y colaboradores. (44, 45) En el estudio de Morady, sin embargo, todos los pacientes continuaron recibiendo drogas antiarrítmicas después de la ablación, mientras en ambos estudios sólo

*procedure in canine models of atrial fibrillation, in which restoration of sinus rhythm is described, (75-77) may therefore mark the beginning of a new era in the treatment of drug-refractory atrial fibrillation.*

#### **Ablation for VT**

*In the present study, results of ablation for patients with idiopathic VT were good, with 5/6 (83%) patients treated successfully after one procedure. Although this figure is slightly lower than the 89% and 94% reported by Coggins et al and Klein et al (46, 47) success rate may be expected to increase concomitant with the number of patients treated. Results in patients with underlying structural heart disease were considerably worse, with only 36% of patients free of recurrence and off antiarrhythmic drugs during follow-up. This is appreciably less than the approximately 75% reported by Morady et al and Kim et al. (44, 45) In the study by Morady and coworkers, however, all patients continued to receive antiarrhythmic drugs after ablation, while in both studies only 25% of patients had more than one VT morphology. In the present study half of the patients had two or even three VT morphologies. Moreover, in both studies all patients had coronary artery disease. In contrast, 5 of the 14 patients in the present study suffered from arrhythmogenic right ventricular dysplasia. This is in itself a progressive disorder and hence predisposes to recurrence of VT, in addition to being associated with multiple VT morphologies. In fact, results of the present study are soberingly similar to those of the registry on DC ablation of VT, (78) which reported only 18% freedom of VT recurrence while off drugs and 41% while on antiarrhythmic medication during follow-up in 164 patients. These findings underline the need for appropriate patient selection and precise mapping of the arrhythmogenic substrate, but above all the fact that the discrete endocardial lesions in RF catheter ablation make this modality only marginally successful in the treatment of patients with large and complex arrhythmogenic substrates. In recent years, the introduction of the (third generation) implantable cardioverter defibrillator has provided an alternative in the management of this patient category which is enjoying increasing preference, in particular in those patients having survived an out-of-hospital cardiac arrest. (79)*

#### **Ablation for atrial flutter and tachycardia**

*In the present study, the choice was made to perform ablation of the reentry circuit in atrial flutter according to the "anatomical approach" described by Cosio et al. (39) While unequivocal proof of the clinical superiority of either this approach or the "mapping guided" approach as described by Feld et al (38) is lacking, it has been reported that the former is associated with a shorter procedure time and smaller number of RF le-*



el 25% de los pacientes tenían más de una morfología de TV. En nuestro estudio, la mitad de los pacientes tenían dos o aun tres morfologías de TV. Más aún, en ambos estudios todos los pacientes tenían enfermedad arterial coronaria. En contraste, 5 de los 14 pacientes de este estudio tenían una displasia arritmogénica de ventrículo derecho. Este es en sí mismo un trastorno progresivo y que por lo tanto predispone a recurrencias de la TV, además de asociarse con morfologías múltiples de TV. De hecho, los resultados del presente estudio son razonablemente similares a aquellos del registro de ablación con DC para la TV, (78) los cuales informan de solamente un 18% de recurrencia de TV mientras están sin medicación y 41% mientras están con medicación antiarrítmica, durante el seguimiento de 164 pacientes. Estos hallazgos destacan la necesidad de una selección de pacientes apropiada y del mapeo preciso del sustrato arritmogénico, pero sobre todo el hecho de que las lesiones endocárdicas discretas producidas por el catéter de ablación por RF hacen que esta modalidad sea sólo exitosa parcialmente en el tratamiento de pacientes con sustratos arritmogénicos grandes y complejos. En años recientes, la introducción de cardiodesfibriladores implantables de tercera generación ha proporcionado una alternativa en el tratamiento de esta categoría de pacientes, que está recibiendo una preferencia mayor, en particular en aquellos que han sobrevivido a un paro cardíaco fuera del hospital. (79)

#### **Ablación del aleteo y la taquicardia auricular**

En el presente estudio se eligió realizar la ablación del circuito de reentrada en el aleteo auricular de acuerdo con el "acceso anatómico" descrito por Cosio y colaboradores. (39) Mientras falta una prueba inequívoca de la superioridad de este abordaje o del "mapeo guiado", como ha sido descrito por Feld y colaboradores, (38) se ha publicado que el primero está asociado con un tiempo de procedimiento más corto y menor número de lesiones por RF. (80) Aunque la frecuencia de éxitos en este estudio es algo inferior a la de series mayores de ablación, tanto para aleteo como para la taquicardia auricular, (38, 39, 81-83) puede esperarse que una experiencia mayor mejore estos resultados preliminares.

#### **CONCLUSIONES**

El advenimiento del catéter de ablación por RF sólo 7 años atrás ha revolucionado el tratamiento de pacientes con taquiarritmias cardíacas. En manos experimentadas y con equipamiento apropiado, ello ofrece la posibilidad de curación a pacientes que de otra manera requerirían terapéutica medicamentosa crónica o tratamiento quirúrgico. Se puede esperar que esto resulte en una reducción significativa

*sions. (80) Although success rates in the present study are somewhat lower than in larger series for ablation of both atrial flutter and tachycardia, (38, 39, 81-83) further experience may be expected to improve these preliminary results.*

#### **CONCLUSIONS**

*The advent of RF catheter ablation only 7 years ago has revolutionized the management of patients with cardiac tachyarrhythmias. In experienced hands and with proper equipment, it offers the possibility of cure to patients who would otherwise require chronic drug therapy or surgical management. This may be expected to result in a significant reduction of health care expenditure in this patient category. Careful localization of critical sites in the arrhythmogenic substrate is, however, of paramount importance if RF ablation is to be used in a rational manner. This is not only of importance to ensure successful ablation, but also to prevent the injudicious and unnecessary creation of large numbers of ineffective endomyocardial lesions. In the present study, use of the unipolar recording mode in addition to bipolar electrograms was invaluable to endocardial mapping procedures.*

del gasto de salud en esta categoría de pacientes. La localización cuidadosa de sitios críticos en el sustrato arritmogénico es, sin embargo, de importancia suprema para emplear la ablación por RF en forma racional. Esto no sólo es de importancia para asegurar una ablación exitosa, sino también para prevenir la producción imprudente e innecesaria de gran número de lesiones endomiocárdicas inefectivas. En este estudio, el uso del modo de registro unipolar además del electrograma bipolar fue invaluable para el mapeo endocárdico de los procedimientos.

#### BIBLIOGRAFIA

- Gallagher JJ, Svenson RH, Kasell JH y col. Catheter technique for closed-chest ablation of the atrioventricular conduction system: a therapeutic alternative for the treatment of refractory supraventricular tachycardia. *N Engl J Med* 1982; 306: 194-200.
- Scheinman MM, Morady F, Hess DS, González R. Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmias. *JAMA* 1982; 248: 851-855.
- Fisher JD, Brodman R, Kim SG, Matos JA. Nonsurgical Kent bundle ablation via the coronary sinus in patients with the Wolff-Parkinson-White syndrome (abstract). *Circulation* 1982; 66 (Suppl II): II-375.
- Weber H, Schmitz L. Catheter technique for closed-chest ablation of an accessory atrioventricular pathway (letter). *N Engl J Med* 1983; 308 (11): 653-654.
- Jackman WM, Friday KJ, Scherlag BJ y col. Direct endocardial recording from an accessory pathway: localization of the site of block, effect of antiarrhythmic drugs, and attempt at nonsurgical ablation. *Circulation* 1983; 68 (5): 906-916.
- Nathan AW, Bennet DH, Ward DE, Bexton RS, Camm AJ. Catheter ablation of atrioventricular conduction. *Lancet* 1984; 1: 1280-1284.
- Critelli G, Perticone F, Coltorti F, Monda V, Gallagher J. Closed-chest modification of atrioventricular conduction system in man for treatment of refractory supraventricular tachycardia. *Br Heart J* 1983; 49: 544-549.
- Hartzler GO. Electrode catheter ablation of refractory focal ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 1107-1113.
- Puech P, Gallay P, Grolleau R, Koliopoulos N. Traitement par electrofulguration endocavitaire d'une tachycardie ventriculaire recidivante par dysplasie ventriculaire droite. *Arch Mal Coeur* 1984; 77: 826-834.
- Belhassen B, Miller HI, Geller E, Laniado S. Transcatheter electric shock ablation of ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 1347-1355.
- Garan H, Kuchar D, Freeman C, Finkelstein D, Ruskin J. Early assessment of the effect of map-guided transcatheter intracardiac electric shock on sustained ventricular tachycardia secondary to coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1988; 61: 1018-1023.
- Fontaine G, Tonet JL, Frank R, Rougier I. Clinical experience with fulguration and antiarrhythmic therapy for the treatment of ventricular tachycardia: long-term follow-up in 43 patients. *Chest* 1989; 95: 785-797.
- Hauer RNW, Robles de Medina EO, Kuijper PJ, Westerhof PW. Electrode catheter ablation for ventricular tachycardia: efficacy of a single cathodal shock. *Br Heart J* 1989; 61: 38-45.
- Borggreffe M, Breithardt G, Podczeck A, Rohner D, Budde T, Martínez-Rubio A. Catheter ablation of ventricular tachycardia using defibrillator pulses: electrophysiological findings and long-term results. *Eur Heart J* 1989; 10: 591-601.
- Scheinman MM. Catheter ablation for patients with cardiac arrhythmias. *PACE* 1986; 9: 551-564.
- Hauer RNW, Straks W, Borst C, Robles de Medina EO. Electrical catheter ablation in the left right ventricular wall in dogs: relation between delivered energy and histopathologic changes. *J Am Coll Cardiol* 1986; 8: 637-643.
- Hauer RNW, Robles de Medina EO, Borst C. Proarrhythmic effects of ventricular electrical catheter ablation in dogs. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 1350-1356.
- Huang SK, Bharati S, Lev M, Marcus FI. Pathological and electrophysiological observations of chronic atrioventricular block induced by closed-chest catheter ablation with radiofrequency energy (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 131A.
- Hoyt RA, Huang SK, Marcus FI, Odell RS. Factors influencing trans-catheter radiofrequency ablation of the myocardium. *J Appl Cardiol* 1986; 1: 469-486.
- Lavergne T, Guize L, Le Heuzey J-Y y col. Transvenous ablation of the atrioventricular junction in human with high-frequency energy (abstract). *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 99A.
- Borggreffe M, Budde T, Podczeck A, Breithardt G. Application of transvenous high frequency alternating current in humans-first clinical experience (abstract). *PACE* 1987; 10 (II): 649.
- Huang SK. Use of radiofrequency energy for catheter ablation of the endomyocardium: a prospective energy source. *J Electrophysiol* 1987; 1: 78-91.
- Wittkamps FHM, Hauer RNW, Robles de Medina EO. Control of radiofrequency lesion size by power regulation. *Circulation* 1989; 80: 962-968.
- Haines DE. Determinants of lesion size during radiofrequency catheter ablation: the role of electrode-tissue contact pressure and duration of energy delivery. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1991; 2: 509-515.
- Simmers TA, Wittkamps FHM, Hauer RNW, Robles de Medina EO. In vivo ventricular lesion growth in radiofrequency catheter ablation. *PACE* 1994; 17 (II): 523-531.
- Jackman WM, Wang X, Friday K y col. Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways (Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current. *N Engl J Med* 1991; 324: 1605-1611.
- Kuck KH, Schlüter M. Single-catheter approach to radiofrequency current ablation of left-sided accessory pathways in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation* 1991; 84: 2366-2375.
- Lesh MD, Van Hare GF, Schamp DJ y col. Curative percutaneous ablation using radiofrequency energy for accessory pathways in all locations: results in 100 consecutive patients. *J Am Coll Cardiol* 1992; 19: 1303-1309.
- Calkins H, Langberg J, Sopusa J y col. Radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections in 250 patients: abbreviated therapeutic approach to Wolff-Parkinson-White syndrome. *Circulation* 1992; 85: 1337-1346.
- Kunze KP, Schlüter M, Geiger M, Kuck KH. Transcatheter modulation of atrioventricular nodal conduction by radiofrequency current. *Intervent Cardiol* 1988; 1: 277-284.
- Goy JJ, Fromer M, Schlaepfer J, Kappenberger L. Clinical efficacy of radiofrequency current in the treatment of patients with atrioventricular node reentrant tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 418-423.
- Lee MA, Morady F, Kadish A y col. Catheter modification of the atrioventricular junction with radiofrequency energy for control of atrioventricular nodal reentry tachycardia. *Circulation* 1991; 83: 827-835.
- Wu D, Yeh SJ, Wang CC, Wen MS, Chang HJ, Lin FC. Nature of dual atrioventricular node pathways and the tachycardia circuit as defined by radiofrequency ablation technique. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 884-895.

34. Jazayeri MR, Hempe SI, Sra JS y col. Selective transcatheter ablation of the fast and slow pathways using radiofrequency energy in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *Circulation* 1992; 85: 1318-1328.
35. Lagberg JJ, Leon A, Borganelli M y col. A randomized, prospective comparison of anterior and posterior approaches to radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentry tachycardia. *Circulation* 1993; 87: 1551-1556.
36. Jackman WM, Beckman KJ, McClelland JH y col. Treatment of supraventricular tachycardia due to atrioventricular nodal reentry by radiofrequency catheter ablation of slow-pathway conduction. *N Engl J Med* 1992; 327: 313-318.
37. Kay NG, Epstein AE, Dailey SM, Plumb VJ. Selective radiofrequency ablation of the slow pathway for the treatment of atrioventricular nodal reentrant tachycardia: evidence for involvement of the perinodal myocardium in the reentrant circuit. *Circulation* 1992; 85: 1675-1688.
38. Feld GK, Fleck P, Chen PS y col. Radiofrequency catheter ablation for the treatment of human type I atrial flutter: identification of a critical zone in the reentrant circuit by endocardial mapping techniques. *Circulation* 1992; 86: 1233-1240.
39. Cosio FG, López-Gil M, Goicolea A, Arribas F, Barroso JL. Radiofrequency ablation of the inferior vena cava-tricuspid valve isthmus in common atrial flutter. *Am J Cardiol* 1993; 71: 705-709.
40. Langberg JJ, Chin MC, Rosenqvist M y col. Catheter ablation of the atrioventricular junction with radiofrequency energy. *Circulation* 1989; 80: 1527-1535.
41. Jackman WM, Wang X, Friday K y col. Catheter ablation of the atrioventricular junction using radiofrequency current in 17 patients: comparison of standard and large-tip catheter electrodes. *Circulation* 1991; 83: 1562-1576.
42. YeungLai Wah JA, Alison JF, Lonergan L, Mohama R, Leather R, Kerr CR: High success rate of atrioventricular node ablation with radiofrequency energy. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 1753-1758.
43. Morady F, Calkins H, Langberg JJ y col. A prospective randomized comparison of direct current and radiofrequency ablation of the atrioventricular node. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 102-109.
44. Morady F, Harvey M, Kalbfleisch SJ, El-Atassi R, Calkins H, Langberg JJ. Radiofrequency catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1993; 87: 363-372.
45. Kim YH, Sosa-Suárez G, Trouton T y col. Treatment of ventricular tachycardia by transcatheter radiofrequency ablation in patients with ischemic heart disease. *Circulation* 1994; 89: 1094-1102.
46. Klein LS, Shih T, Hackett FK, Zipes DP, Miles WM. Radiofrequency catheter ablation of ventricular tachycardia in patients without structural heart disease. *Circulation* 1992; 85: 1666-1674.
47. Coggins DL, Lee RJ, Sweeney J y col. Radiofrequency catheter ablation as a cure for idiopathic tachycardia of both left and right ventricular origin. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 1333-1341.
48. Farré J, Grande A, Martinelli J, Fraile J, Ramírez JA, Rábago G. Atrial unipolar waveform analysis during retrograde conduction over left-sided accessory atrioventricular pathways. *En: Brugada P, Wellens HJJ (eds). Cardiac arrhythmias: were to go from here?* Mount Kisco, NY, Futura Publishing Company, Inc, 1987; 243-269.
49. Haissaguerre M, Dartigues JF, Warin JF y col. Electrogram parameters predictive of successful ablation of accessory pathways. Value of the unipolar recording mode. *Circulation* 1991; 84: 188-202.
50. Simmers TA, Wever EFD, Wittkamp FHM, Hauer RNW, Robles de Medina EO. Unipolar electrogram models for prediction of outcome in radiofrequency ablation of accessory pathways. *PACE* 1994; 17: 186-198.
51. Simmers TA, Wever EFD, Wittkamp FHM, Hauer RNW, Robles de Medina EO. Advantages of the unipolar recording mode for the assessment of accessory pathway potentials in radiofrequency catheter ablation (abstract). *Circulation* 1993; 88 (4, II): I-295.
52. Grimm W, Miller J, Josephson ME. Successful and unsuccessful sites of radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections. *Am Heart J* 1994; 128: 77-87.
53. Haissaguerre M, Gaita F, Fisher B y col. Elimination of atrioventricular nodal reentrant tachycardia using discrete slow potentials to guide application of radiofrequency energy. *Circulation* 1992; 85: 2162-2175.
54. McGuire MA, Bourke JP, Robotin MC y col. High resolution mapping of Koch's triangle using sixty electrodes in humans with atrioventricular junctional (AV nodal) reentrant tachycardia. *Circulation* 1993; 88 (I): 2315-2328.
55. McGuire MA, de Bakker JMT, Vermeulen JT, Opthof T, Becher AE, Janse MJ. Origin and significance of double potentials near the atrioventricular node. Correlation of extracellular potentials, intracellular potentials, and histology. *Circulation* 1994; 89: 2351-2360.
56. Langberg JJ, Harvey M, Calkins H, El-Atassi R, Kalbfleisch SJ, Morady F. Titration of power output during radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia. *PACE* 1993; 16 (I): 465-470.
57. Huang SK, Bharati S, Graham AR, Gorman G, Lev M. Chronic incomplete atrioventricular block induced by radiofrequency catheter ablation. *Circulation* 1989; 80: 951-961.
58. Li HG, Klein GJ, Stites W y col. Elimination of slow pathway conduction: an accurate indicator of clinical success after radiofrequency atrioventricular node modification. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1849-1853.
59. Thakur RK, Klein GJ, Yee R, Stites W. Junctional tachycardia: a useful marker during radiofrequency ablation for atrioventricular node reentrant tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1706-1710.
60. Kelly PA, Mann DE, Adler SW, Fuenzalida CE, Bailey WM, Reiter MJ. Predictors of successful radiofrequency ablation of extranodal slow pathways. *PACE* 1994; 17: 1143-1148.
61. Hauer RNW, de Zwan MT, de Bakker JMT y col. Endocardial catheter mapping: wire skeleton technique for representation of computed arrhythmogenic sites compared with intraoperative mapping. *Circulation* 1986; 74 (6): 1346-1354.
62. Fitzgerald DM, Friday KJ, Leung Lai Wah JA, Lazzara R, Jackman WM. Electrogram patterns predicting successful catheter ablation of ventricular tachycardia. *Circulation* 1988; 77 (4): 806-814.
63. Peters RHJ, Wever EFD, Hauer RNW, Wittkamp FHM, Robles de Medina EO. Bradycardia dependent QT prolongation and ventricular fibrillation following catheter ablation of the atrioventricular junction using radiofrequency energy. *PACE* 1994; 17 (I): 108-112.
64. Hindricks G on behalf of the Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS) investigators of the working group on arrhythmias of the European Society of Cardiology. The Multicentre European Radiofrequency Survey (MERFS): complications of radiofrequency catheter ablation of arrhythmias. *Eur Heart J* 1993; 14: 1644-1653.
65. Simmers TA, Wever EFD, Wittkamp FHM, Hauer RNW. Change in delay of atrioventricular conduction after radiofrequency catheter ablation for atrioventricular nodal reentry tachycardia. *Br Heart J* 1995; 73: 442-444.
66. Rosenqvist M, Lee MA, Moulinier L y col. Long-term follow-up of patients after transcatheter direct current ablation of the atrioventricular junction. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 1467-1474.
67. Heinz G, Siostrzonek P, Kreiner G, Gossinger H. Improvement in left ventricular systolic function after successful

- radiofrequency His bundle ablation for drug refractory, chronic atrial fibrillation and recurrent atrial flutter. *Am J Cardiol* 1992; 69: 489-492.
68. Rodríguez LM, Smeets JLRM, Xie B y col. Improvement in left ventricular function by ablation of atrioventricular nodal conduction in selected patients with lone atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 1993; 72: 1137-1141.
  69. Twidale N, Sutton K, Bartlett L y col. Effects on cardiac performance of atrioventricular node catheter ablation using radiofrequency current for drug-refractory atrial arrhythmias. *PACE* 1993; 16: 1275-1284.
  70. Williamson BD, Ching Man K, Daoud E, Niebauer M, Strickberger SA, Morady F. Radiofrequency catheter modification of atrioventricular conduction to control the ventricular rate during atrial fibrillation. *N Engl J Med* 1994; 331: 910-917.
  71. Feld GK, Fleck RP, Fijimura O y col. Control of rapid ventricular response by radiofrequency catheter modification of the atrioventricular node in patients with medically refractory atrial fibrillation. *Circulation* 1994; 90: 2299-2307.
  72. Della Bella P, Carbucicchio C, Tondo C, Riva S. Modulation of atrioventricular conduction by ablation of the "slow" atrioventricular node pathway in patients with drug-refractory atrial fibrillation or flutter. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 39-46.
  73. Blanck Z, Dhala AA, Sra J y col. Characterization of atrioventricular nodal behavior and ventricular response during atrial fibrillation before and after a selective slow-pathway ablation. *Circulation* 1995; 91: 1086-1094.
  74. Feld GK. Radiofrequency catheter ablation versus modification of the AV node for control of rapid ventricular response in atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1995; 6: 217-228.
  75. Haines DE, McRury I, Whyne JG, Fleischman SD. Atrial radiofrequency ablation: the use of a novel deploying loop catheter design to create long linear lesions (abstract). *Circulation* 1994; 90: 1335.
  76. Elvan A, Pride HP, Eble JN, Zipes DP. Radiofrequency catheter ablation of the atria reduces inducibility and duration of atrial fibrillation in dogs. *Circulation* 1995; 91: 2235-2244.
  77. Avital B, Hare J, Helms R. Vagally mediated atrial fibrillation in a dog model can be ablated by placing linear radiofrequency lesions at the junction of the right atrial appendage and the superior vena cava (abstract). *PACE* 1995; 18 (4, II): 857.
  78. Evans GT, Scheinman MM, Zipes DP y col. The percutaneous cardiac mapping and ablation registry: final summary of results. *PACE* 1988; 11 (1): 1621-1625.
  79. Wever EFD, Hauer RNW, van Capelle FJL y col. Randomized study of implantable defibrillator as first-choice therapy versus conventional strategy in postinfarct sudden death survivors. *Circulation* 1995; 91 (8): 2195-2203.
  80. Rigden LB, Klein LS, Mitreani RD, Zipes DP, Miles WM. Improved success rate by ablating atrial flutter with anatomic posteroseptal linear lesions compared with discrete lesions guided by endocardial mapping (abstract). *PACE* 1995; 18 (II): 859.
  81. Walsh EP, Saul JP, Hulse JE y col. Transcatheter ablation of ectopic atrial tachycardia in young patients using radiofrequency current. *Circulation* 1992; 86: 1138-1146.
  82. Kay GN, Cong F, Epstein AE, Dailey SM, Plumb VJ. Radiofrequency ablation for treatment of primary atrial tachycardias. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 901-909.
  83. Lesh MD, Van Hare GF, Epstein LM y col. Radiofrequency catheter ablation of atrial arrhythmias. *Circulation* 1994; 89: 1074-1089.