

Ablación quirúrgica de la fibrilación auricular con radiofrecuencia biauricular epicárdico-endocárdica: experiencia inicial

Fernando Hornero Sos, José A. Montero Argudo, Óscar Gil Albarova, Rafael García Fuster, Felipe Atienza Fernández^a, Rafael Paya Serrano^a, José Leandro Pérez Bosca^a, Aurelio Quesada Dorador^a, Sergio Cánovas López, María José Dalmau Sorli y María Bueno Codoñer

Servicios de Cirugía Cardíaca y ^aCardiología. Hospital General Universitario de Valencia.

Introducción y objetivos. La fibrilación auricular es frecuente entre los pacientes quirúrgicos por valvulopatías cardíacas. La energía de radiofrecuencia permite reproducir de forma rápida, segura y eficaz las atriotomías descritas en el procedimiento quirúrgico del laberinto para la ablación de la fibrilación auricular. Presentamos nuestra experiencia inicial en el tratamiento de la fibrilación auricular crónica mediante radiofrecuencia en pacientes con valvulopatía quirúrgica.

Pacientes y método. Entre junio y noviembre del 2000, en 10 pacientes con indicación quirúrgica por valvulopatía la fibrilación auricular fue tratada intraoperatoriamente con radiofrecuencia. Las ablaciones se realizaron en la aurícula derecha desde el epicardio antes de iniciar la circulación extracorpórea, y desde el endocardio en la aurícula izquierda bajo circulación. La radiofrecuencia se aplicó mediante sonda quirúrgica multielectrodo.

Resultados. Un total de 8 pacientes (80%) presentaron algún tipo de arritmia postoperatoria, con recidiva paroxística de la fibrilación en 3 pacientes y flúter en otro. En el momento del alta ningún paciente presentó recidiva de fibrilación auricular crónica. No hubo mortalidad hospitalaria. Tras un seguimiento medio de 3 meses (intervalo, 1-6) han recuperado y mantienen ritmo sinusal 8 pacientes (80%). La contracción biauricular ecocardiográfica se ha restablecido en un solo paciente.

Conclusiones. La radiofrecuencia intraoperatoria nos ha permitido realizar las lesiones de ambas aurículas, de forma simple y con una efectividad inicial del 80%. La ablación epicárdica de la aurícula derecha ha sido simple y segura. Aunque al alta ningún paciente presentó recidiva de la fibrilación auricular crónica, las arritmias postoperatorias han seguido siendo el principal problema posquirúrgico.

Palabras clave: Fibrilación auricular. Cirugía. Radiofrecuencia.

Surgery Ablation of Atrial Fibrillation with Epicardial and Endocardial Biauricular Radiofrequency: Initial Experience

Background. Atrial fibrillation is frequent in surgical patients with cardiac valvulopathies. Radiofrequency energy applied by means of surgical probes permits the reproduction of atriotomies described in the maze surgical procedure for the ablation of atrial fibrillation in a fast, safe and efficient way. This study presents our initial experience in treatment of chronic atrial fibrillation through radiofrequency performed in patients with surgical cardiac valvulopathies.

Patients and method. From June to November 2000, 10 patients, with surgical indications of valvulopathy, were intraoperatively treated through radiofrequency for its atrial fibrillation. Ablations were performed in the right auricle from the epicardium before starting extracorporeal circulation, and in the left auricle from the endocardium, while under circulation. Radiofrequency was applied through a surgical multielectrode probe.

Results. Eight patients (80%) presented some type of postoperative arrhythmia, with relapse of paroxysmal fibrillation in 3 patients and flutter in another one. At discharge, none of the patients presented relapse of chronic atrial fibrillation. There was no in-hospital mortality. After a mean follow-up of 3 months (range 1-6), 8 patients (80%) have recovered and maintained sinus rhythm. Only one patient has re-established echocardiographic biatrial contraction.

Conclusions. Intraoperative radiofrequency has allowed us to perform the auricular lesions, in both auricles, in a simple way, with an initial effectiveness of 80%. Epicardial ablation of the right auricle was simple and safe. Although no patient presented relapse of chronic atrial fibrillation at hospital discharge, postoperative arrhythmias have continued to be the main postsurgical problem.

Key words: Atrial fibrillation. Surgery. Radiofrequency.

Correspondencia: Dr. F. Hornero Sos.
Servicio de Cirugía Cardíaca.
Hospital General Universitario de Valencia.
Avda. Tres Cruces, s/n. 46014 Valencia.
Correo electrónico: hornero_fer@gva.es

Recibido el 11 de abril de 2001.
Aceptado para su publicación el 23 de agosto de 2001.

INTRODUCCIÓN

La fibrilación auricular (FA) es la arritmia cardíaca preoperatoria más frecuente entre los pacientes de cirugía cardíaca. En el subgrupo de pacientes con valvulopatía mitral la prevalencia es mucho mayor, entre el

ABREVIATURAS

FA: fibrilación auricular.
 ECO: ecocardiografía.
 RF: radiofrecuencia.

40 y el 80%^{1,2}; entre enfermos adultos con comunicación interauricular la prevalencia es del 41%³, y en la cardiopatía isquémica es del 0,6%⁴. La prevalencia es superior al 5,9% entre aquellos pacientes quirúrgicos de edad superior a los 65 años⁵.

El procedimiento quirúrgico del laberinto, o *maze* en terminología anglosajona, es por el momento el tratamiento más eficaz para la FA, con una cardioversión a ritmo sinusal superior al 90%⁶⁻⁹. Sin embargo, por su complejidad técnica ha sido realizada en un escaso número de pacientes. Diversos grupos quirúrgicos han desarrollado procedimientos alternativos más simples y rápidos, aunque en su mayoría no han alcanzado los resultados del *maze*¹⁰⁻¹². La radiofrecuencia (RF) aplicada intraoperatoriamente mediante electrocatéteres ha demostrado poder reproducir las atriotomías quirúrgicas del *maze* de forma rápida, segura y eficaz¹³⁻¹⁶.

Este estudio muestra la experiencia inicial intraoperatoria de nuestro grupo con la energía de RF, aplicada epicárdica y endocárdicamente para la compartimentación biauricular, en un grupo de pacientes en FA crónica que precisan reparación quirúrgica por valvulopatía.

PACIENTES Y MÉTODO

Entre junio y noviembre del 2000, 10 pacientes en FA crónica (> 6 meses) fueron intervenidos bajo circulación extracorpórea de su cardiopatía valvular, asociando RF intraoperatoria para el tratamiento de su arritmia. El procedimiento quirúrgico empleado en este estudio fue una compartimentación biauricular realizada mediante RF con sonda quirúrgica. La indica-

ción quirúrgica se estableció por su enfermedad valvular. Todos los pacientes fueron informados del procedimiento y dieron por escrito su consentimiento. Se excluyeron los pacientes con coronariopatía asociada. El grupo de estudio estaba formado por 4 varones y 6 mujeres, con edades comprendidas entre 51 y 69 años (60 ± 11 años). La cardiopatía quirúrgica fue: 6 pacientes con valvulopatía mitral (reumática en 5 casos, degenerativa en uno), 2 pacientes con valvulopatía mitroaórtica, un paciente con valvulopatía aórtica de etiología degenerativa, y un paciente con canal auriculoventricular incompleto. En dos pacientes la intervención fue una reoperación mitral. La antigüedad de la FA se documentó electrocardiográficamente y osciló entre 7 meses y 14 años, con una media de 7,8 ± 4,8 años. Un paciente tenía FA crónica de menos de 3 años, y los nueve restantes con más de 3 años de antigüedad. El voltaje electrocardiográfico de la onda f en precordial V1 fue 0,074 ± 0,08 mV, entre 0,01 y 0,2 mV. La mayoría de pacientes había tomado al menos 2 fármacos antiarrítmicos diferentes para el control de su FA, fundamentalmente digital y amiodarona; el promedio de antiarrítmicos por paciente fue de 1,9 ± 0,3 (intervalo, 1-3). Una paciente tenía antecedentes de hipotiroidismo secundario a la amiodarona. En el momento de la intervención todos los pacientes consumían alguna clase de antiarrítmico. En la tabla 1 se exponen los principales datos clínicos.

La ecocardiografía (ECO) preoperatoria y los controles postoperatorios se realizaron con ecocardiógrafo Doppler Hewlett-Packard Sonos 1.500. En cada paciente se midieron, además de los parámetros ecocardiográficos habituales, los diámetros de la aurícula izquierda en milímetros. El área de la aurícula izquierda se planimetró ecocardiográficamente en el eje apical cuatro cámaras, y el volumen auricular se calculó aplicando la fórmula de la elipse¹⁷. Todas las medidas fueron realizadas en telesístole. La contribución auricular en el llenado ventricular izquierdo y derecho fue valo-

TABLA 1. Datos clínicos y hospitalarios

Paciente	Edad (años)	Sexo	Diagnóstico	Duración FA (meses)	Diámetro AI (mm)	Volumen		Cirugía	Diámetro AI poscirugía (mm)	Estancia (días)
						AI (ml)				
1	55	M	DLM + DLAo	59	61	146		Comisuro-M + SVAo	55	11
2	63	M	DLM	168	55	159		SVM	46	7
3	62	M	DLM + DLAo	96	56	120		SVM + SVAo	41	26
4	66	M	DLM	86	58	87		SVM	41	8
5	60	V	IAo	7	47	85		SVAo	45	7
6	69	V	IM	83	59	115		Plastia M	55	7
7	56	M	EM	101	56	80		SVM	42	6
8	51	M	IM + IT + CIA	87	57	146		Plastia M y T + cierre CIA	41	13
9	64	V	Redo-DLM	118	47	79		SVM	41	12
10	54	V	Redo-EM	136	77	452		SVM + reducción AI	67	12

FA: fibrilación auricular; AI: aurícula izquierda; Redo: reintervención; DLM: doble lesión mitral; IM: insuficiencia mitral; EM: estenosis mitral; IT: insuficiencia tricuspídea; CIA: comunicación interauricular; IAo: insuficiencia aórtica; SVM: sustitución valvular mitral; SVAo: sustitución valvular aórtica.

rada mediante eco-Doppler, midiendo la velocidad pico de la contracción auricular (onda A) en m/s, velocidad de llenado auricular protodiastólica (onda E) en m/s, y la razón A/E.

La RF intraoperatoria se aplicó mediante sonda maleable quirúrgica ThermoLine® (modelo 15.907, Boston Scientific Corporation, EP Technologies), con dos placas de electrodos indiferentes situadas en la espalda del paciente. Esta sonda quirúrgica de RF consta de 7 electrodos tipo coil de 10 mm de longitud, separados entre sí por 3 mm, lo que permite realizar lesiones largas de hasta 9 cm cuando la ablación se efectúa simultáneamente a través de todos ellos. Cada electrodo dispone de dos sensores de temperatura, situados en sus extremos. La sonda es conectada a un generador de RF (EPT 1000XP), a través de una caja de conexión (EPT Meca APM 830T) lo que permite una selección de los electrodos a usar en cada lesión en función de las variedades anatómicas del paciente. El protocolo de ablación empleado fue de 100 W durante 120 s, bajo el control de temperatura, con 85 °C de límite para aurículas de grosor normal y 75 °C en las aurículas de pared fina (< 2 mm) a fin de evitar una excesiva lesión con riesgo de perforación^{16,18}. El grosor de la pared auricular fue ponderado macroscópicamente por el cirujano. Ensayos previos en animales nos sirvieron para concretar un único protocolo de ablación para las aplicaciones endocárdicas y epicárdicas, y comprobar su seguridad y efectividad. En estos ensayos también observamos lesiones mejores (más continuas) cuando la RF se aplicó desde la superficie lisa del epicardio auricular derecho, probablemente por obtener un mejor contacto entre tejido-electrodo, difícilmente equiparable al alcanzado a través de la superficie trabeculada endocárdica. En el campo quirúrgico, además del control por temperatura durante la ablación, también se realizó una valoración visual de la lesión por parte del cirujano. Cuando la ablación fue discontinua macroscópicamente en algún punto, se repitió hasta alcanzar la línea uniforme de coagulación blanca. Todas las lesiones fueron realizadas en campo exangüe. La audición de «pops» no fue criterio para detener la ablación. La inspección visual de la lesión permitió analizar otros aspectos característicos de la ablación con RF, como los puntos de carbonización tisular. Después de cada ablación, la lesión se limpió manualmente con una gasa quirúrgica de las pequeñas partículas de carbonización, originadas en su mayoría por el contacto con sangre. La ablación se realizó siempre antes de implantar las prótesis cardíaca, con el fin de evitar cualquier derivación anómala en la corriente.

Una aproximación a la modificación maze III fue el procedimiento elegido para ser reproducido con la sonda de RF, con los cambios que a continuación describimos (fig. 1). El corazón fue expuesto mediante esternotomía longitudinal media. Antes de iniciar la ablación de la FA se administró heparina sódica

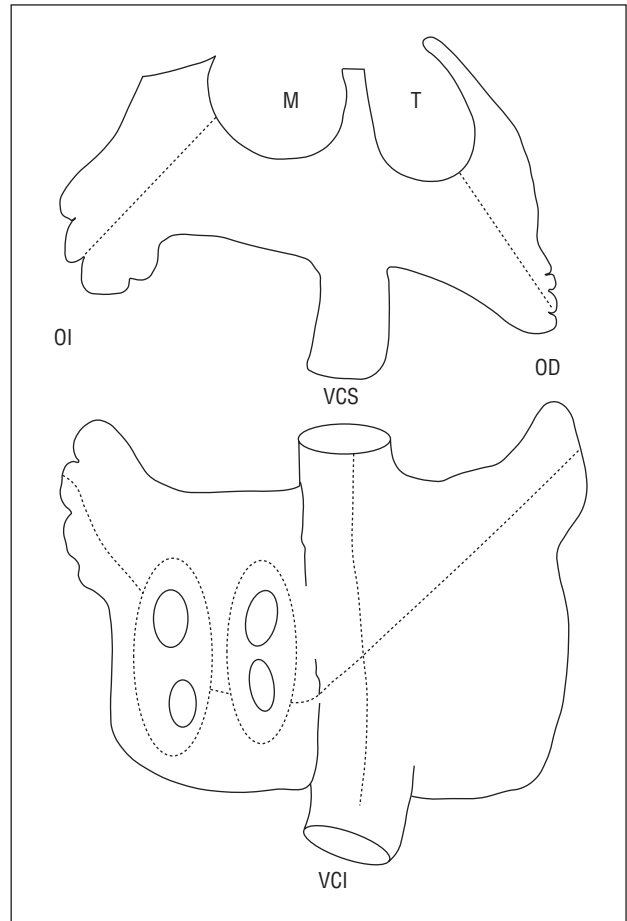


Fig. 1. Patrón auricular de líneas de ablación, representadas con el trazo discontinuo. OI: orejuela izquierda; OD: orejuela derecha; VCS: vena cava superior; VCI: vena cava inferior; M: mitral; T: tricúspide.

(3 mg/kg). El procedimiento se inició en la aurícula derecha, sin necesidad de circulación extracorpórea, creando epicárdicamente dos líneas independientes, la primera a lo largo de la crista terminalis desde la cava superior a la inferior, y la segunda perpendicular a la anterior desde la vena pulmonar inferior derecha hasta el anillo tricuspídeo a lo largo de la orejuela derecha (fig. 2). Estas dos lesiones se realizaron en condiciones de normotermia miocárdica. No se realizó crioblación en el punto del anillo tricuspídeo, ni se reseco la orejuela derecha. A continuación se canuló e inició la circulación extracorpórea, alcanzando una hipotermia sistémica moderada de 30 °C. El corazón fue parado con solución cardiopléjica hemática B/Braun® (4 °C; K = 25 mEq/l; pH = 7,6; hematócrito = 20%) a 4 °C por vía anterógrada y retrógrada. La hipotermia del corazón fue mantenida con lavados tópicos de suero fisiológico frío (4 °C). La aurícula izquierda se abordó del modo habitual a través del surco interauricular. Todas las líneas de ablación en esta aurícula se realizaron desde el endocardio en hipotermia miocárdica, a menos de 25 °C. Los ostium de las venas pulmonares izquierdas y derechas se aislaron indepen-

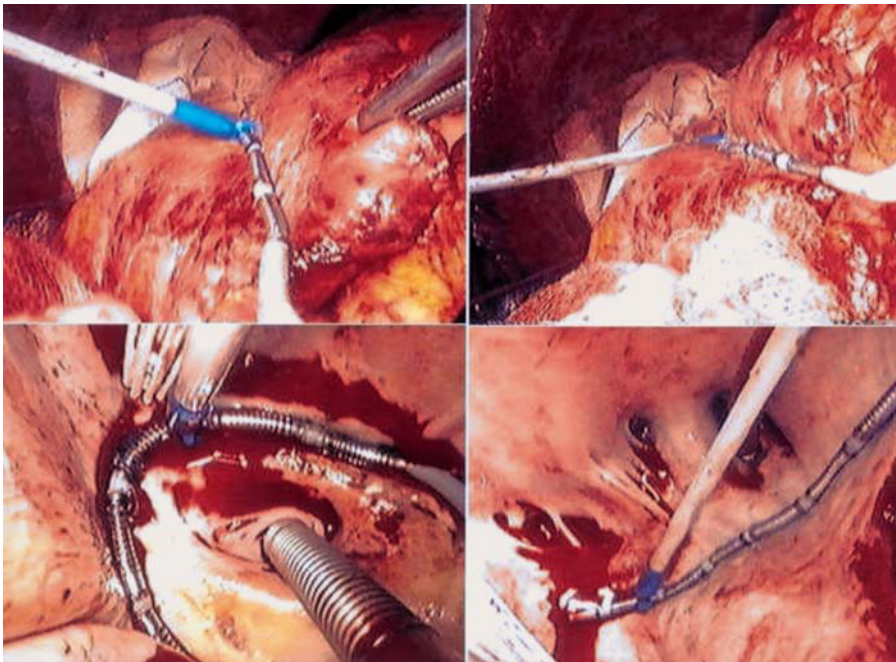


Fig. 2. Fotos superiores, ablación epicárdica de la aurícula derecha. Foto inferior izquierda, aislamiento endocárdico ostiums venas pulmonares izquierdas; foto inferior derecha aislamiento de los ostiums venas pulmonares derechas. Nótese el número de ostiums de venas pulmonares derechas, concretamente cinco.

dientemente mediante dos lesiones circunferenciales, enlazas entre sí con una nueva línea dispuesta a lo largo de la pared posterior de la aurícula (fig. 2). Otras dos líneas de ablación conectaron la circunferencia de las venas pulmonares izquierdas con el anillo mitral y la orejuela izquierda. Las líneas de ablación próximas anatómicamente a la arteria coronaria circunfleja se realizaron de manera simultánea con perfusión retrógrada por seno coronario de sangre fría a 4 °C. No se realizó crioablación en el punto del anillo mitral ni se extirpó la orejuela izquierda, aunque sí se cerró mediante sutura interna. La atriotomía septal del maze III no fue reproducida en estos pacientes. Finalizada la ablación se realizó el procedimiento quirúrgico de base.

El ritmo cardíaco fue monitorizado de forma continua durante las primeras 48 h en la unidad de cuidados intensivos (Hewlett-Packard System model 64S). Se dejaron en todos los pacientes 3 electrodos temporales epicárdicos auriculares (en el techo de la aurícula izquierda, en la zona del nodo sinusal y en la pared libre de la aurícula derecha en su porción anterior) y dos ventriculares, para estimulación o registro de ritmos cardíacos, y/o sobreestimulación auricular (Myo/Wire™ size 2-0, Temporary Cardiac Pacing Wire, A&E Medical Corp., EE.UU.). Se emplearon auriculogramas epicárdicos unipolares para el diagnóstico y la tipificación de las arritmias postoperatorias, agrupando la FA en 3 variedades¹⁹: tipo A, definida como auriculogramas regulares separados por línea isoelectrica, poco fragmentados; tipo B, auriculogramas irregulares con alteraciones en la línea isoelectrica y/o altamente fragmentados; tipo C, cuando se alternan tipo A y B. Se consideró FA paroxística cuando la arritmia suce-

dió en episodios de duración inferior a las 24 h, con intervalos de ritmo auricular regular; y FA crónica cuando el episodio duró más de 24 h.

El tratamiento antiarrítmico del paciente no se retiró antes de la intervención. Durante la cirugía se inició tratamiento con amiodarona (300 mg i.v. en bolo), continuado en el postoperatorio inmediato (1.200 mg i.v. al día durante las primeras 48 h), y tardío (200 mg/día oral). Las arritmias postoperatorias fueron tratadas con cardioversión si tenían repercusión hemodinámica. La profilaxis antiarrítmica con amiodarona fue mantenida durante los primeros 60 días del postoperatorio y posteriormente retirada en los pacientes que se mantuvieron en ritmo sinusal. Otros fármacos antiarrítmicos como la digoxina, antagonistas del calcio y bloqueadores beta se añadieron cuando fue necesario por la enfermedad del paciente. En todos los pacientes se pautó tratamiento diurético con espirolactona, 50-100 mg al día durante la estancia hospitalaria, para evitar la retención hídrica consecuencia de la disminución del factor natriurético por lesión-eliminación de tejido auricular. La anticoagulación se suspendió al tercer mes en los pacientes sin prótesis mecánica cardíaca y con contracción auricular efectiva en los controles ecocardiográficos. Los controles postoperatorios durante el seguimiento se realizaron al alta y al tercer mes mediante electrocardiograma y ecocardiografía. El estudio Holter sólo se realizó cuando el paciente refirió nuevos episodios de palpitaciones.

Los datos se expresaron estadísticamente como media \pm desviación estándar. Este estudio es parte de la fase clínica del proyecto con beca FISS 99/0484 para el estudio y desarrollo de sistemas intraoperatorios de RF en el tratamiento de la FA.

RESULTADOS

Asociadas al procedimiento quirúrgico antiarrítmico se realizaron en la válvula mitral 6 sustituciones y 3 reparaciones (2 plastias y una comisurotomía), una sustitución valvular aórtica y un cierre de CIA con plastia mitral y tricúspide. En un paciente con una aurícula izquierda gigante se normalizó el tamaño auricular mediante una reducción de tejido. No hubo mortalidad hospitalaria o tardía durante el seguimiento medio de 3 meses (intervalo, 1-5,5). El tiempo medio de isquemia cardíaca fue de 70 ± 47 min (intervalo, 38-114 min) y el de circulación extracorpórea de 109 ± 47 min (intervalo, 65-170 min). Todos los pacientes fueron extubados durante las primeras 48 h, excepto la paciente 3, que precisó de intubación prolongada (cuadro de hipertensión pulmonar severa secundaria, complicada posteriormente con neumonía nosocomial). El sangrado medio postoperatorio fue 741 ± 475 ml y ningún paciente precisó reintervención por sangrado. El paciente 4 presentó, al tercer día del postoperatorio, un accidente isquémico cerebral transitorio. La estancia media hospitalaria fue de 10,9 días (intervalo, 7-26 días).

Las líneas de ablación en la aurícula derecha se realizaron con sólo 3 aplicaciones de la sonda en aproximadamente 11 min. En la aurícula izquierda se efectuaron las líneas con 4 aplicaciones sucesivas de la sonda en aproximadamente 16 min. Durante la aplicación de la RF no se produjo ninguna lesión por perforación auricular, a pesar de que en algunas áreas el grosor de la pared era mínimo, menos de 1 mm, en especial en la aurícula derecha. En las ablaciones epicárdicas se apreciaron frecuentes puntos de carbonización en los extremos de los electrodos, probablemente por el efecto de bordes. En todas las ablaciones se pudo controlar visualmente la evolución de la lesión. En cerca de un 11% de las aplicaciones hubo macroscópicamente *gaps* de tejido sano, es decir, una falta de decoloración tisular propia de las coagulaciones blancas por RF, repitiéndose la lesión en estas áreas de manera puntual. Esta circunstancia fue más frecuente en las lesiones endocárdicas de la aurícula izquierda. Las lesiones de la aurícula derecha pudieron realizarse en todos los pacientes antes del inicio de la circulación extracorpórea, evitando de este modo un mayor tiempo de circulación e isquemia miocárdica. Estas aplicaciones de RF en la aurícula derecha no comprometieron en ningún caso la hemodinámica del paciente ni produjeron alteración arrítmica que obligase a abandonar el procedimiento. Igualmente, la RF no ocasionó ninguna lesión apreciable en ningún órgano vecino.

Ningún paciente recuperó el ritmo sinusal con tan sólo la aplicación de la RF en la aurícula derecha. Todos los enfermos salieron de quirófano sin FA. Electrocardiográficamente, durante las primeras horas 6 pacientes presentaron un ritmo nodal de escape que precisó estimulación temporal con marcapasos DDD

durante los primeros 2,7 días (intervalo, 1-5). Los otros 4 pacientes recuperaron en el quirófano ritmo sinusal y uno de ellos presentó bradicardia, que necesitó de apoyo con marcapasos (< 45 lat/min). Durante el resto de estancia hospitalaria 8 pacientes presentaron algún tipo de arritmia: tres de ellos tuvieron episodios de FA paroxística (caso 1, tipo A con longitud de ciclo aproximado de 230 ms, caso 5, tipo A alrededor de 220 ms, y caso 8, tipo A alrededor de 210 ms), otros tres bloqueo auriculoventricular de primer y/o segundo grados, un paciente aleteo atípico 2:1 (320 ms) y dos disfunción sinusal (fig. 3). Ningún paciente reinició una FA crónica durante la estancia hospitalaria. Al alta habían recuperado ritmo sinusal 9 (90%) enfermos y en un paciente se mantenía el flúter auricular. En los 3 casos de recidiva de la FA los auriculogramas pusieron de manifiesto un patrón regular, con longitudes de ciclo superiores a los 210 ms, que podrían clasificarse como flúter o taquicardia auricular, aunque en el ECG de superficie se apreció en todos ellos una variabilidad entre latidos superior a 30 ms, por lo que la consideramos nueva FA. En ninguno de los 3 pacientes se pudo realizar estudio electrofisiológico postoperatorio dado al carácter transitorio de la FA durante la estancia hospitalaria. El paciente con flúter fue estudiado electrofisiológicamente durante el postoperatorio, comprobándose ser un flúter atípico, de origen izquierdo. No se realizó cateterismo transeptal para la ablación del supuesto gap, por lo que fue dado de alta. Durante el seguimiento este paciente recuperó espontáneamente el ritmo sinusal.

Tras el seguimiento se documentó recidiva de la FA crónica en 2 pacientes (20%), a pesar del tratamiento farmacológico y la cardioversión. Ocho pacientes (80%) recuperaron el ritmo sinusal y, entre ellos, dos presentaron disfunción sinusal sin indicación de marcapasos en el estudio Holter (tabla 2).

Ecocardiográficamente, al final del seguimiento tan sólo se observó contracción auricular izquierda con onda A transmitral en un paciente. Por el contrario, en ninguno de los restantes enfermos en ritmo sinusal se apreció una recuperación efectiva de la contracción auricular izquierda (onda A transmitral de cero), aunque tres de ellos presentaban onda A de flujo transtricuspídeo por contracción auricular derecha efectiva (tabla 2). Atendiendo a la clasificación de Santa Cruz, de Melo et al²⁰, para la recuperación de la contracción auricular poscirugía de la FA, un paciente (10%) presentaría una puntuación de 4, tres (30%) de 3, cuatro (40%) de 1 y dos (20%) de 0.

DISCUSIÓN

La FA es la arritmia preoperatoria que con mayor frecuencia encontramos en los pacientes de cirugía cardíaca. Entre un 10 y 15% presentan alguna variedad de FA, en su mayoría crónica. En pacientes con valvu-

lopatía mitral quirúrgica esta incidencia es mayor, entre el 40 y 80%^{1,2}. Sus consecuencias clínicas son bien conocidas: pérdida de la sincronía auriculoventricular, la sensación subjetiva del paciente de latido cardíaco irregular por un ritmo ventricular irregular, deterioro hemodinámico como consecuencia de la pérdida de la función contráctil auricular, riesgo de tromboembolismo por la estasis sanguínea en las aurículas, instauración de una miocardiopatía de origen arritmogénico y la disminución en la calidad y las expectativas de vida.

En la actualidad es poco habitual tratar intraoperatoriamente la FA, debido en parte a la complejidad y morbilidad de las propias técnicas quirúrgicas. Diversos grupos han intentado simplificar este tipo de cirugía describiendo modificaciones en la técnica maze III: el Kosakimaze descrito por el mismo autor en 1994²¹, la compartimentación auricular de Shyu et al en 1994¹¹, el maze de aurícula izquierda de Sueda et al en 1996²², el maze modificado mediante RF de Beukema et al en 1998²³, el aislamiento de las venas pulmonares con RF de Melo et al en 1999²⁴ y las auriculotomías parciales²⁵⁻²⁷. Todas ellas son muestra de esta tendencia quirúrgica y, aunque consiguen restablecer el ritmo sinusal, por lo general sus resultados son inferiores a los del maze^{7,8}.

Durante los últimos años se están perfeccionando electrocatéteres de RF con la finalidad de reproducir quirúrgicamente las atriotomías del maze mediante lesiones térmicas transmurales²⁸⁻³¹. Beukema et al, en 1998, comunicaron su experiencia inicial en 60 pacientes intervenidos por valvulopatía mitral a los que se asoció la ablación de la FA con RF mediante maze III, obteniendo un éxito del 80% tras un año de seguimiento²³. Diversos grupos, entre los que nos encontramos, hemos iniciado nuestra experiencia utilizando la RF en el tratamiento de la FA por valvulopatía mitral, realizando parcialmente el maze en la aurícula izquierda (aislamiento de las venas pulmonares, la orejuela izquierda y el anillo mitral), y los resultados iniciales han

variado entre un 50 y 77% de éxito^{15,16,32}. Para ello hemos empleado sondas largas multielectrodo con las que poder realizar las lesiones con el menor número posible de aplicaciones y de tiempo quirúrgico. Otros grupos emplean la RF de forma distinta, alcanzado también unos resultados satisfactorios, entre el 60 y el 82%;

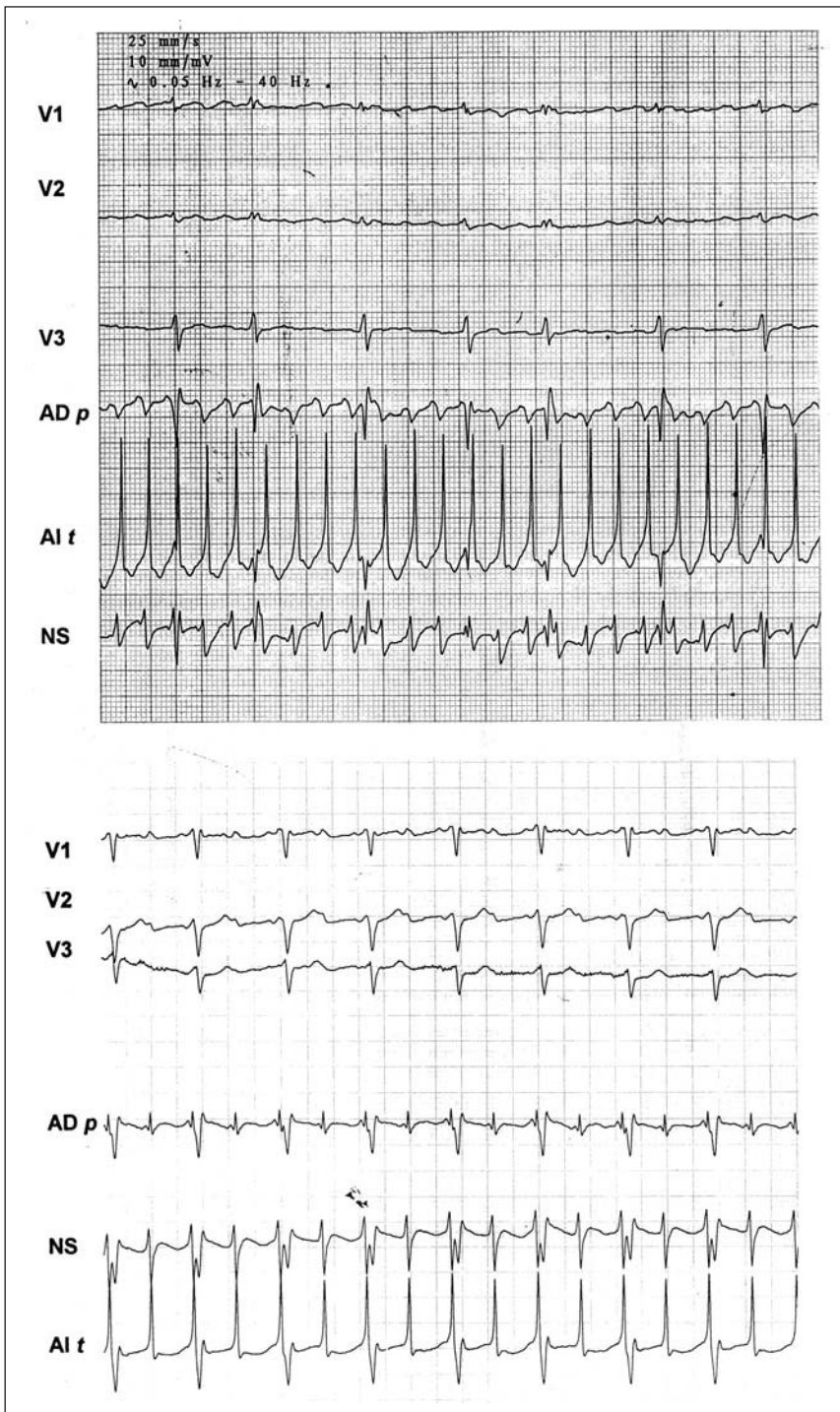


Fig. 3. Auriculogramas epicárdicos unipolares. En el trazado superior (caso 1), fibrilación regular tipo A con una longitud de ciclo de 230 ms. Trazado inferior (caso 3), flúter auricular 2:1. Derivaciones techo aurícula izquierda (AI t), zona nodo sinusal aurícula derecha (NS) y pared libre aurícula derecha (AD p).

TABLA 2. Arritmias postoperatorias. Resultados del seguimiento

Paciente	Quirófano	Arritmias hospital	Ritmo al alta	Seguimiento (meses)	Seguimiento ritmo	Onda A-m/A-t
1	RN + MCPp	FA parox	RS	5,5	RS	0
2	RN + MCPp	BAV 1°	RS con BAV 1°	4,5	FA	0
3	RN + MCPp	Aleteo	Aleteo	4,5	RS	0
4	RS	RN, BAV 1°	BAV 2°	4	DNS	0
5	RN + MCPp	FA parox	RS	3,5	FA	0
6	RS	0	RS	2,5	RS	0
7	RN + MCPp	DNS	RS	2	RS	+/+
8	RN + MCPp	FA parox, DNS	DNS	2	DNS	0/+
9	RS	0	RS	1,5	RS	0/+
10	RN + MCPp	BAV 1°	RS	1	RS	0/+

RS: ritmo sinusal; RN: ritmo nodal; DNS: disfunción nodo sinusal; MCPp: marcapasos provisional; FA parox: fibrilación auricular paroxística; Onda A-m: onda A transmitral; Onda A-t: onda A transtricuspidéa.

prefieren sondas quirúrgicas unielectrodos de menor longitud, realizan diferentes patrones de lesión en la aurícula izquierda, emplean ablación bipolar, etc^{15,33,34}. En su conjunto, todos estos estudios han validado la RF intraoperatoria como técnica quirúrgica segura, con mínima morbilidad asociada, capaz de crear las lesiones auriculares de forma rápida, lo que permite acortar el tiempo de isquemia miocárdica y de circulación de extracorpórea. Sin embargo, es difícil alcanzar con la RF los resultados del maze quirúrgico, próximos al 99% de éxito^{7,8}. La explicación a estos peores resultados podría ser atribuida a diversos factores, entre los que cabría destacar la escasa experiencia intraoperatoria con el uso de la RF, el empleo de diferentes patrones de lesión en su mayoría circunscritos a la aurícula izquierda (maze izquierdo) y, quizá, al diseño de las sondas quirúrgicas todavía en fase de desarrollo. Siguen habiendo aspectos de la RF intraoperatoria por definir como, por ejemplo, los protocolos de energía, la modalidad de ablación unipolar o bipolar, el abordaje endocárdico y/o epicárdico, la geometría y diseño del electrodo quirúrgico, la ablación en normotermia o en hipotermia miocárdica, los patrones de lesión auricular en función de la enfermedad cardíaca, etc. Probablemente son necesarios más estudios intraoperatorios si se desean alcanzar con la RF resultados equiparables a los del maze quirúrgico.

En la actualidad existe poca experiencia clínica en el tratamiento quirúrgico de la FA mediante maze III (maze de aurícula derecha e izquierda) realizado con RF^{23,35}. La mayoría de grupos limitan el uso de la RF al procedimiento parcial del maze izquierdo para pacientes con valvulopatía mitral. Nuestra experiencia con RF en el tratamiento de la FA se inició también con el maze izquierdo, pero en la actualidad estamos realizando el patrón completo de lesiones del maze III. Nuestras razones para preferir el patrón biauricular de lesiones son diversas. En primer lugar, creemos que en la FA asociada a enfermedad mitral es necesario también el patrón biauricular de lesiones del maze si se desean mejorar los resultados iniciales alcanzados con

la RF aplicada con el maze izquierdo. Revisando la bibliografía, actualmente aún persisten dudas sobre cuál es el procedimiento quirúrgico de elección para el tratamiento de la FA en los pacientes con valvulopatía mitral. Los mejores resultados han sido publicados con el maze III, superiores al 88% y próximos al 99% de efectividad a largo plazo^{7-9,36,37}. Los estudios de Harada et al³⁹ y Sueda et al²² han demostrado con maze izquierdo en la valvulopatía mitral una recuperación del ritmo sinusal del 74%^{38,39}. Kosakai et al no han encontrado diferencias entre las dos modalidades de maze, maze III y maze parcial de aurícula izquierda, cuando se aplicaron en el tratamiento de la FA con valvulopatía mitral, aunque el número de recidivas durante el seguimiento fue superior en el procedimiento parcial⁴⁰. Otra de las razones por las que nuestro grupo prefiere el patrón biauricular de lesiones ha sido la posibilidad de tratar quirúrgicamente la FA asociada a enfermedad no mitral, es decir, asociada a valvulopatía aórtica, comunicación interauricular y/o cardiopatía isquémica. En estos pacientes existe una mayor unificación de criterios a favor del maze completo, es decir, el tratamiento de la FA se realiza siempre mediante el maze III debido a que los resultados han sido mejores que con los maze parciales^{7,40,41}.

Nuestro patrón de lesiones auriculares no correspondió exactamente con el del maze. Estas modificaciones se basan en razones exclusivamente quirúrgicas de nuestro medio, es decir, no aplicamos crioablación por no disponer del equipo y no efectuamos la lesión en el septo auricular para no abrir la aurícula derecha. Intentando simplificar el número de líneas de ablación y con ello el procedimiento, realizamos las lesiones de la pared libre de la aurícula derecha con una sola ablación, con la que incluimos la lesión de la orejuela derecha. Como otros autores, no creemos que sea necesaria la eliminación-apendicectomía de la orejuela derecha, aunque mantenemos su lesión-partición^{16,42,43}. Por el contrario, con la apendicectomía auricular más bien pueden producirse problemas postoperatorios de retención de líquidos en el tercer espacio, parejos a la

disminución de factor natriurético, algo observado por otros grupos y por nosotros con la reducción de tejido auricular^{27,44-46}. Algunos grupos quirúrgicos tampoco realizan la crioblación en el anillo, ni la septostomía auricular, pero obtienen a pesar de ello buenos resultados^{13,33,47,48}. El resto de las lesiones de localización izquierda que realizamos corresponde a las efectuadas por la mayoría de grupos con la radiofrecuencia. El aislamiento completo y, en conjunto, de las venas pulmonares derechas e izquierdas realizado en el maze representa una exclusión de un 30-35% de masa de tejido auricular, porcentaje que quizás pueda alterar la posterior recuperación de la contracción auricular^{42,49}. En la actualidad se prefiere aislar selectivamente las venas pulmonares derechas e izquierdas, comunicadas por una línea de lesión. A pesar de los cambios introducidos por cada autor no existen estudios que comparen estas modificaciones con el maze.

La ablación epicárdica ha sido descrita en modelos animales y posteriormente aplicada a humanos mediante el aislamiento de las venas pulmonares para el tratamiento de la FA secundaria a valvulopatía mitral^{16,32,50}. Existe poca experiencia en ablación epicárdica quirúrgica de la aurícula derecha¹⁸. En nuestros casos, la ablación epicárdica fue simple, rápida y segura (ninguna perforación), aun en aquellos casos en que se aplicó en aurículas de pared fina.

En nuestra experiencia, en puntos de difícil acceso de la aurícula, en especial la izquierda, se pueden producir lesiones discontinuas por diferentes causas: la falta de contacto del electrodo con el endocardio, las diferencias en las presiones de apoyo entre electrodos o, en ocasiones, por un campo quirúrgico con restos de sangre. La fuente de RF no tuvo la sensibilidad suficiente para detectar estas diferencias de contacto de los electrodos con el tejido. Macroscópicamente, las lesiones presentaron gaps en un 11%, en especial en los puntos correspondientes a la porción central de cada electrodo. Fue necesario el posterior control visual de la lesión para garantizar que ésta tuviera aspecto uniforme, sin discontinuidades. Aunque la valoración macroscópica de la lesión es poco sensible, estudios en modelos *in vitro* de RF han demostrado que el contorno de la zona de ablación, apreciable visualmente mediante decoloración tisular, puede ser útil como marcador de lesión al corresponder con la línea isoterma de 60 °C⁵¹. En los actuales protocolos de RF endocárdica intraoperatoria se suele programar los 70-85 °C^{16,32}. No obstante, es necesario para garantizar la efectividad de la lesión realizar intraoperatoriamente su validación, es decir, comprobar su grado de bloqueo a la conducción eléctrica. En la actualidad aplicamos los protocolos intraoperatorios de energía sin comprobar *in situ* la efectividad de las lesiones. Una lesión continua puede no ser efectiva si no alcanza transmuralidad. Por el contrario, una lesión discontinua con gaps menores de 2-3 mm puede ser efectiva si es trans-

mural^{52,53}. En modelo canino de RF, Avitall et al demostraron que la impedancia es el mejor parámetro de control durante la ablación para alcanzar profundidad en la lesión, mientras que la temperatura es el parámetro ideal para controlar la anchura deseada de la lesión⁵⁴. Por el momento, la mayoría de dispositivos disponibles realiza la ablación mediante control de temperatura. Para nuestra práctica diaria, creemos que el aspecto macroscópico de la lesión también puede ayudarnos a asegurar la ablación mientras no se compruebe intraoperatoriamente la conducción a través de las lesiones. No obstante, no existen datos bibliográficos que avalen esta afirmación.

La incidencia de arritmias auriculares postoperatorias es uno de los principales problemas del maze con RF. En la actualidad, entre el 40 y el 60% de pacientes con valvulopatía mitral presentan recidiva de la FA tras maze izquierdo con RF durante el primer mes del postoperatorio, cifras que mejoran a lo largo de los 3 meses siguientes, cuando se alcanza ritmo sinusal en el 50-77%, probablemente con la maduración de las lesiones^{14,16,32,33}. Diversos factores parecen estar implicados en la incidencia precoz de arritmias tras la RF, algunos de ellos relacionados con la técnica, es decir, fallos en la transmuralidad de la lesión o gaps en la continuidad de las ablaciones, que permiten posteriores macrorreentradas³³. También suponemos que deben de influir factores más genéricos propios de la cirugía, como el proceso inflamatorio del traumatismo quirúrgico (atriotomías, edema tisular postisquémico, pericarditis, etc.) o el mayor tono adrenérgico postoperatorio. En nuestra experiencia, el 80% de los pacientes presentó algún tipo de arritmia, aunque la recidiva de FA o flúter sólo tuvo lugar en 4 pacientes. Tres de éstos presentaron FA en el ECG de superficie, aunque el auriculograma reveló en todos ellos un patrón de arritmia regular que podrían corresponder a una FA con actividad regular, a un flúter auricular o a una taquicardia auricular. El patrón biauricular de lesiones, en nuestra experiencia, ha reducido esta tasa inicial de recidiva de la FA crónica.

La recuperación de la contracción auricular es otro de los objetivos en la cirugía de la FA. Sin embargo, las atriotomías del maze producen un efecto deletéreo en la contracción auricular⁵⁵, algo también observado con la RF³². Sueda et al comunicaron en los pacientes intervenidos por valvulopatía mitral y maze izquierdo que recuperaron ritmo sinusal una contracción auricular derecha del 100% e izquierda del 60%³⁸. Melo et al describen en 25 pacientes con cirugía mitral y maze izquierdo mediante RF, tras 6 meses del seguimiento, una recuperación de la contracción auricular derecha del 42% e izquierda del 30% de los casos³². En nuestra serie de 10 pacientes pudimos observar una recuperación precoz (durante los primeros 3 meses) de la contracción auricular izquierda y derecha en un solo paciente (10%), y limitada a la aurícula derecha en tres (30%).

El tamaño auricular es un factor predictivo en la mayoría de los procedimientos quirúrgicos de la FA, razón por la que diversos grupos quirúrgicos han planteado asociar una reducción de tejido auricular^{10,25,27}. Melo et al describen una recidiva de la FA del 80% a los 6 meses de seguimiento tras el aislamiento de las venas pulmonares con RF entre los pacientes con valvulopatía mitral con aurículas de más de 200 ml de volumen, medido mediante balón quirúrgico³². En nuestra serie el seguimiento es menor, pero también en su mayoría las aurículas son ecocardiográficamente grandes, en las que se esperan *a priori* resultados peores para la cirugía de la FA. Sólo en un paciente normalizamos su tamaño por presentar compresión de estructuras vecinas.

Este estudio presenta diversas limitaciones, como son el reducido número de pacientes, un corto período de seguimiento en un tipo de cirugía que precisa de resultados a más largo plazo, y unos resultados influenciados por el efecto antiarrítmico de la amiodarona. Otra limitación ha sido la falta de mapeo auricular en las arritmias postoperatorias, básico en la diferenciación de los diferentes mecanismos electrofisiológicos implicados. Nuestro principal objetivo en este estudio ha sido describir los resultados iniciales en esta nueva técnica quirúrgica, de la que existe poca experiencia en la bibliografía, y que podría constituir un paso más en el tratamiento quirúrgico de la FA. Serán necesarios estudios comparativos con el resto de procedimientos quirúrgicos para confirmar estos resultados. Nuestro grupo quirúrgico está manteniendo en la actualidad esta línea de trabajo, aunque probablemente la introducción de nuevos conceptos en el tratamiento de la FA puedan hacer que cambiemos nuestros protocolos de trabajo.

Nuestra experiencia inicial con la RF aplicada de forma mixta, desde el endocardio y el epicardio, compartimentando ambas aurículas, ha alcanzado unos resultados satisfactorios sin incrementar el riesgo quirúrgico, con una efectividad inicial en el tratamiento de la FA del 80%. La RF intraoperatoria nos ha permitido reproducir las atriotomías quirúrgicas de forma simple y segura. La ablación epicárdica en la aurícula derecha puede ser realizada en la totalidad de los pacientes sin necesidad de circulación extracorpórea. El aspecto macroscópico de la lesión probablemente es también necesario durante la aplicación intraoperatoria de la RF, aunque no suficiente para validar la ablación. Aunque en el momento del alta ningún paciente presentaba recidiva de la FA permanente, las arritmias postoperatorias han supuesto el principal problema destacable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chua YL, Schaff HV, Orszulak TA, Morris JJ. Outcome of mitral valve repair in patients with preoperative atrial fibrillation. Should the maze procedure be combined with mitral valvuloplasty? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 408-415.
2. Brodell GK, Cosgrove D, Schiavone W, Underwood DA, Loop FD. Cardiac rhythm and conduction disturbances in patients undergoing mitral valve surgery. *Cleve Clin J Med* 1991; 58: 397-399.

3. Murphy JG, Gersh BJ, McGoon MD, Mair DD, Porter CJ, Ilstrup DM et al. Long-term outcome after surgical repair of isolated atrial septal defect. Follow-up at 27 to 32 years [see comments]. *N Engl J Med* 1990; 323: 1645-1650.
4. Cameron A, Schwartz MJ, Kronmal RA, Kosinski AS. Prevalence and significance of atrial fibrillation in coronary artery disease (CASS Registry). *Am J Cardiol* 1988; 61: 714-717.
5. Furberg CD, Psaty BM, Manolio TA, Gardin JM, Smith VE, Rautaharju PM. Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the Cardiovascular Health Study). *Am J Cardiol* 1994; 74: 236-241.
6. Cox JL, Jaquiss RD, Schuessler RB, Boineau JP. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. II. Surgical technique of the maze III procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 110: 485-495.
7. Cox JL, Schuessler RB, Lappas DG, Boineau JP. An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation [see comments]. *Ann Surg* 1996; 224: 267-273.
8. Cox JL, Schuessler RB, Boineau JP. Current status of the Maze procedure for the treatment of atrial fibrillation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 15-19.
9. McCarthy PM, Gillinov M, Castle L, Chung MK, Cosgrove D. The Cox-Maze Procedure: The Cleveland Clinic experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 25-29.
10. Kosakai Y, Kawaguchi AT, Isobe F, Sasako Y, Nakano K, Eishi K et al. Modified maze procedure for patients with atrial fibrillation undergoing simultaneous open heart surgery. *Circulation* 1995; 92: II359-II364.
11. Shyu KG, Cheng JJ, Chen JJ, Lin JL, Lin FY, Tseng YZ et al. Recovery of atrial function after atrial compartment operation for chronic atrial fibrillation in mitral valve disease. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 392-398.
12. Sueda T, Nagata H, Orihashi K, Morita S, Okada K, Sueshiro M et al. Efficacy of a simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation in mitral valve operations. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 1070-1075.
13. Sie HT, Beukema WP, Ramdat MA, Elvan A, Ennema J, Wellens HJ. The radiofrequency modified maze procedure. A less invasive surgical approach to atrial fibrillation during open-heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 19: 443-447.
14. Melo J, Adragao P, Neves J, Ferreira MM, Pinto MM, Rebocho MJ et al. Surgery for atrial fibrillation using radiofrequency catheter ablation: assessment of results at one year. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15: 851-854.
15. Kottkamp H, Hindricks G, Hammel D, Autschbach R, Mergenthaler J, Borggrefe M et al. Intraoperative radiofrequency ablation of chronic atrial fibrillation: a left atrial curative approach by elimination of anatomic «anchor» reentrant circuits. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999; 10: 772-780.
16. Benussi S, Pappone C, Nascimbene S, Oreto G, Stefano P, Casati V et al. A simple way to treat chronic atrial fibrillation during mitral valve surgery: the epicardial radiofrequency approach. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 17: 524-529.
17. Weyman AE. Left ventricular inflow tract II: the left atrium, pulmonary veins, and coronary sinus. En: *Principles and Practice of Echocardiography* (2.ª ed.). Filadelfia: Lea, Febiger, 1994; 471-479.
18. Kress D, Krum D, Graff N, Mughal K, Swanson DK, Chekanov VS. Experience with an epicardial approach to ablation of persistent atrial fibrillation model: comparison to endocardial ablation. *Circulation* 1999; 100: 443.
19. Kuck KH, Ernst S, Cappato R, Braun E, Lang M, Ben-Haim SA et al. Nonfluoroscopic endocardial catheter mapping of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1998; 9: S57-S62.
20. Melo JQ, Neves J, Adragao P, Ribeiros R, Ferreira MM, Bruges L et al. When and how to report results of surgery on atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; 12: 739-744.
21. Kosakai Y, Kawaguchi AT, Isobe F, Sasako Y, Nakano K, Eishi K et al. Cox maze procedure for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 108: 1049-1054.

22. Sueda T, Nagata H, Shikata H, Orihashi K, Morita S, Sueshiro M et al. Simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 1796-1800.
23. Beukema WP, Hauw T, Ramdat MA, Joep L, Ennema J, Jacobs C et al. Radiofrequency modified Maze in patient undergoing valve surgery [resumen]. *Pacing Clin Electrophysiol* 1998; 21: 869.
24. Melo JQ, Adragao P, Aguiar C, Neves AC, Ferreira MM, Teles R et al. Bilateral pulmonary veins isolation by intraoperative radiofrequency ablation for atrial fibrillation surgery [resumen]. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999; 22: 893.
25. Sankar NM, Farnsworth AE. Left atrial reduction for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 254-256.
26. Batista RJV. Retrograde warm blood cardioplegia for difficult surgical problems (heart autotransplantation). En: Salerno TA, editor. *Warm heart surgery*. Londres: Arnold, 1995; 112-118.
27. Hornero F, Atienza F, Montero JA, Gil O, García R, Paya R et al. Auriclectomía parcial izquierda en el tratamiento de la fibrilación auricular por valvulopatía mitral. *Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 703-708.
28. Shimoike E, Kaji Y, Ueda N, Maruyana T, Kanaya S, Niho Y. In vivo and in vitro study of radiofrequency application with a new long linear probe: implication for the maze operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 120: 164-172.
29. Hornero F, Berjano E, Cánovas S, Dalmau MJ, Montero JA. Electrodes for linear radiofrequency ablation of atrial fibrillation: a comparative in vitro study. *Eur Heart J* 2000; 2: 33.
30. Blouin LT, Marcus FI. The effect of electrode design on the efficiency of delivery of radiofrequency energy to cardiac tissue in vitro. *Pacing Clin Electrophysiol* 1989; 12: 136-143.
31. Panescu D, Fleischman SD, Wayne JG, Swanson DK, Mirotznik MS, McRury I et al. Radiofrequency multielectrode catheter ablation in the atrium. *Phys Med Biol* 1999; 44: 899-915.
32. Melo J, Adragao P, Neves J, Ferreira MM, Timoteo A, Santiago T et al. Endocardial and epicardial radiofrequency ablation in the treatment of atrial fibrillation with a new intra-operative device. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 18: 182-186.
33. Thomas SP, Nunn G, Nicholson IA, Rees A, Daly M, Chard R et al. Mechanism, localization and cure of atrial arrhythmias occurring after a new intraoperative endocardial radiofrequency ablation procedure for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 442-450.
34. Patwardhan AM, Dave HH, Tamhane AA, Pandit SP, Dalvi BV, Golam K et al. Intraoperative radiofrequency microbipolar coagulation to replace incisions of maze III procedure for correcting atrial fibrillation in patients with rheumatic valvular disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; 12: 627-633.
35. Kress D, Krum D, Sra J. Clinicals results of the left atrial radiofrequency linear ablation during open heart surgery: endocardial and epicardial approach [resumen]. *Circulation* 2000; 102: II444.
36. Arcidi J, Doty DB, Millar RC. The maze procedure: the LSD Hospital experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 38-43.
37. Schaff HV, Dearani J, Daly R, Orszulak TA, Danielson GK. Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: Mayo Clinic experience. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 30-37.
38. Imai K, Sueda T, Orihashi K, Watari M, Matsuura H. Clinical analysis of results of a simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 577-581.
39. Harada A, Sasaki K, Fukushima T, Ikeshita M, Asano T, Yamauchi S et al. Atrial activation during chronic atrial fibrillation in patients with isolated mitral valve disease. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 104-111.
40. Kosakai Y. Treatment of atrial fibrillation using the maze procedure: The Japanese experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 44-52.
41. Cox JL, Palazzo T, Fitzpatrick AP, Suyderhoud J, DeGroot K, Pirovic L et al. The maze-III procedure combined with valve surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 12: 38-43.
42. Nitta T, Lee R, Watanabe H, Harris KM, Erikson JM, Schuessler RB et al. Radial approach: a new concept in surgical treatment for atrial fibrillation. II. Electrophysiologic effects and atrial contribution to ventricular filling. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 36-50.
43. Williams MR, Stewart JR, Bolling SF, Freeman S, Anderson JT, Argenziano M et al. Surgical treatment of atrial fibrillation using radiofrequency energy. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 1939-1944.
44. McCarthy PM, Castle LW, Trohman RG, Simmons TW, Maloney JD, Klein AL et al. The Maze procedure: surgical therapy for refractory atrial fibrillation. *Cleve Clin J Med* 1993; 60: 161-165.
45. Kim KB, Lee CH, Kim CH, Cha YJ. Effect of the Cox maze procedure on the secretion of atrial natriuretic peptide. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 139-146.
46. Yoshihara F, Nishikimi T, Kosakai Y, Isobe F, Matsuoka H, Takishita S et al. Atrial natriuretic peptide secretion and body fluid balance after bilateral atrial appendectomy by the maze procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 213-219.
47. Gregori FJ, Cordeiro CO, Couto WJ, da Silva SS, de Aquino WK, Nechar AJ. Cox maze operation without cryoablation for the treatment of chronic atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 361-363.
48. Tuinenburg AE, Van Gelder IC, Tieleman RG, Grandjean JG, Huet RC, Van der Maaten JM et al. Mini-maze suffices as adjunct to mitral valve surgery in patients with preoperative atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11: 960-967.
49. Tsui SS, Grace AA, Ludman PF, Schofield PM, Page AJ, Rowland E et al. Maze 3 for atrial fibrillation: two cuts too few? *Pacing Clin Electrophysiol* 1994; 17: 2163-2166.
50. Chevalier P, Obadia JF, Timour Q, Bui-Xuan B, Fatemi M, Kirkorian G et al. Thoracoscopic epicardial radiofrequency ablation for vagal atrial fibrillation in dogs. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999; 22: 880-886.
51. Panescu D, Wayne JG, Fleischman SD. Three-dimensional finite element analysis of current density and temperature distributions during radiofrequency ablation. *IEEE Trans Biomed Eng* 1999; 42: 879-890.
52. Mitchell MA, McRury ID, Everett TH, Li H, Mangrum JM, Haines DE. Morphological and physiological characteristics of discontinuous linear atrial ablations during atrial pacing and atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999; 10: 378-386.
53. Taylor G, Walcott G, Hall KA, Bishop S, Kay GN, Ideker RE. High-resolution mapping and histologic examination of long radiofrequency lesions in canine atria. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999; 10: 1467-1477.
54. Avital B, Mughal K, Hare J, Helms RW, Krum D. The effects of electrode-tissue contact on radiofrequency lesion generation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997; 20: 2899-2910.
55. Feinberg MS, Waggoner AD, Kater KM, Cox JL, Lindsay BD, Perez JE. Restoration of atrial function after the maze procedure for patients with atrial fibrillation. Assessment by Doppler echocardiography. *Circulation* 1994; 90: II285-II292.