



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

HISTORIA, PRESENTE Y FUTURO DE LA ABLACIÓN EN FIBRILACIÓN AURICULAR: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE UNA INDICACIÓN DE ALTA COMPLEJIDAD

HISTORY, PRESENT, AND FUTURE OF ABLATION IN ATRIAL FIBRILLATION: SYSTEMATIC REVIEW OF A HIGH-COMPLEXITY INDICATION

Rosa Ines Rueda Amaya

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Daniel Jesús Gil Sierra

Universidad de Santander

Manuel Fernando Cruz Acosta

Universidad Nacional de Colombia

Fredy Alexander García Molina

Universidad Nacional de Colombia

María Alejandra vivas Prada

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Yirena Duarte Morales

Universidad de Santander

Laritz Johana Perez Ardila

Universidad de Santander

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18357

Historia, Presente y Futuro de la Ablación en Fibrilación Auricular: Revisión Sistemática de una Indicación de Alta Complejidad

Rosa Ines Rueda Amaya¹ruedaines@gmail.com<https://orcid.org/0009-0004-2398-7052>

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Daniel Jesús Gil SierraDaniijgil577@gmail.com<https://orcid.org/0000-0003-1988-8575>

Universidad de Santander (UDES)

Manuel Fernando Cruz Acostamafcruzac@unal.edu.com<https://orcid.org/0009-0000-2749-4117>

Universidad Nacional de Colombia

Fredy Alexander García Molinafreagariamol@unal.edu.com<https://orcid.org/0009-0001-6630-933X>

Universidad Nacional de Colombia

María Alejandra vivas PradaMvivas462@gmail.com<https://orcid.org/0009-0005-4719-6244>

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Yirena Duarte Moralesyirenauni@gmail.com<https://orcid.org/0009-0009-0754-4223>

Universidad de Santander

Laritz Johana Perez ArdilaLaritzap22@gmail.Com<https://orcid.org/0009-0008-5908-8947>

Universidad de Santander

RESUMEN

La fibrilación auricular (FA) es la más común de todas las arritmias cardíacas y afecta aproximadamente al 1% de la población general en el mundo occidental. Se prevé que la incidencia de FA se duplique para 2050. La mayoría de los pacientes con FA se tratan con medicamentos orales y solo aproximadamente el 4 % de los pacientes con FA se tratan con técnicas intervencionistas, incluida la ablación con catéter y la ablación quirúrgica. La creciente prevalencia y la morbilidad/mortalidad asociadas con la FA justifican un enfoque más agresivo de su tratamiento. El propósito de este editorial invitado es describir las direcciones pasadas, presentes y futuras anticipadas de la terapia intervencionista de la FA y cristalizar los problemas que quedan.

Palabras clave: fibrilación auricular, mapeo electrofisiológico, ablación con catéter, procedimiento de laberinto

¹ Autor principal.

Correspondencia: ruedaines@gmail.com

History, Present, and Future of Ablation in Atrial Fibrillation: Systematic Review of a High-Complexity Indication

ABSTRACT

Atrial fibrillation (AF) is the most common of all cardiac arrhythmias, affecting roughly 1% of the general population in the Western world. The incidence of AF is predicted to double by 2050. Most patients with AF are treated with oral medications and only approximately 4% of AF patients are treated with interventional techniques, including catheter ablation and surgical ablation. The increasing prevalence and the morbidity/mortality associated with AF warrants a more aggressive approach to its treatment. It is the purpose of this invited editorial to describe the past, present, and anticipated future directions of the interventional therapy of AF, and to crystallize the problems that remain.

Keywords: atrial fibrillation, electrophysiologic mapping, catheter ablation, maze procedure

*Artículo recibido 22 mayo 2025
Aceptado para publicación: 30 junio 2025*



INTRODUCCIÓN

La fibrilación auricular (FA) es una epidemia mundial que afecta a unos 33 millones de pacientes, un número que se espera que se duplique en las próximas dos o tres décadas (1 , 2 , 3 , 4). Solo el 3% de todas las FA están asociadas con otras afecciones cardíacas (FA concomitante) que requieren cirugía cardíaca, como un injerto de derivación de la arteria coronaria (CABG), reparación o reemplazo de la válvula mitral (RVM) y reemplazo de la válvula aórtica (AVR) . En estos pacientes, mucho menos de la mitad de ellos reciben en realidad ablación concomitante de la FA. La gran mayoría del 97 % restante de los pacientes con FA (“FA independiente”) son tratados con medicamentos. Si bien se estima que aproximadamente el 30% de esos pacientes podrían beneficiarse de la terapia intervencionista, solo el 9% de ellos actualmente son tratados con catéter o ablación quirúrgica combinada. El impacto de la cirugía para la FA es insignificante en términos de su impacto general en esta epidemia de FA (Figura 2) (5) y la ablación con catéter es solo marginalmente mejor. Aunque la cirugía se asocia con una mayor morbilidad que la ablación con catéter, esta última no está exenta de riesgos (tabla 1) (6).

Tabla 1: Tasas de complicaciones específicas por indicación de ablación con catéter de 2000 a 2013 (6).

	FA	AFL	Vermont	TSV
Procedimientos de ablación con catéter (no ponderados)	39,562	25,723	9642	33,346
Procedimientos de ablación con catéter (ponderados)	190,398	123,163	46,495	159,895
≥1 complicación	7.21	3.91	9.90	3.29
Mortalidad	0.24	0.20	1.82	0.12
Accidente cerebrovascular posprocedimiento o TIA	0.31	0.19	0.38	0.14
Infección posprocedimiento	0.26	0.32	1.07	0.18
Complicaciones ^{cardíacas}	1.15	0.53	1.24	0,68
Complicaciones pericárdicas	2.02	0.41	2.47	0.81
Complicaciones vasculares	1.09	0,64	2.08	0.48
Hemorragia	3.64	2.04	3.67	1.37
Hemorragia que requiere transfusión	0,69	0.37	0.86	0.18
Parálisis del diafragma	0.11	0.05	0.02	0.04
Neumotórax o hemotórax	0.14	0.09	0.04	0.15

Duración de la estancia	2,63 ± 0,06	3,18 ± 0,05	4,7 ± 0,09	2,22 ± 0,04
-------------------------	----------------	----------------	---------------	----------------

Los valores son % o media ± SEM. $p < 0,05$ considerado significativo. ^a Incluye bloqueo cardíaco posoperatorio, infarto de miocardio, paro cardíaco e insuficiencia cardíaca congestiva. FA = fibrilación auricular; AFL = aleteo auricular; TSV = taquicardia supraventricular; AIT = ataque isquémico transitorio; TV = taquicardia ventricular.

Quizás porque la FA es la más común de todas las arritmias cardíacas y ocurre predominantemente en los ancianos, a menudo se considera menos peligrosa que otras enfermedades. Sin embargo, la tasa de supervivencia a 5 años para la FA ocuparía el puesto número 11 si se clasificara en una lista de los 25 cánceres más mortales en los EE. UU., muy por encima del cáncer de colon, el melanoma, el cáncer de mama y otros 12 (figura 3) (7 , 8 , 9). Además, la FA es mucho más letal en mujeres que en hombres (Figura 4) (10). La prevalencia creciente y la morbilidad/mortalidad asociadas con la FA justifican un enfoque más agresivo de su tratamiento, incluido el uso de terapia intervencionista. El propósito de este editorial invitado es describir las direcciones pasadas, presentes y futuras anticipadas de la terapia intervencionista de la FA y cristalizar los problemas que quedan.

Intervención quirúrgica de la fibrilación auricular

El primer "procedimiento de laberinto" quirúrgico para el tratamiento de la fibrilación auricular (FA) se realizó el 25 de septiembre de 1987 (11). Dio como resultado la restauración del ritmo sinusal normal y el paciente permaneció libre de FA y sin medicamentos antiarrítmicos durante 19 años, 11 meses y 1 semana. Desde entonces, el procedimiento de laberinto ha pasado por múltiples iteraciones que lo han hecho menos invasivo, más rápido y más seguro, manteniendo su estatus como el estándar de oro para el tratamiento intervencionista de la fibrilación auricular.

Unos 11 años después de que se realizó el primer procedimiento de laberinto, se introdujeron técnicas basadas en catéteres de radiofrecuencia (RF) menos invasivas (12) y rápidamente se convirtieron en el modo preferido de terapia intervencionista. En las últimas décadas, nuevas y sofisticadas técnicas de mapeo han aclarado aún más la electrofisiología subyacente de la FA y el enfoque terapéutico intervencionista óptimo para pacientes individuales se ha vuelto más claro, aunque persisten algunos puntos de controversia.

Mapeo electrofisiológico de la fibrilación auricular

La ablación intervencionista de la FA no fue factible hasta que fue posible correlacionar la anatomía auricular tridimensional con los mapas eléctricos tridimensionales de la fibrilación auricular a mediados de la década de 1980. Antes de 1980, la electrofisiología de la fibrilación auricular se estudiaba principalmente en corazones animales aislados utilizando modelos de perfusión de Langendorff, hiperestimulación de los nervios vagos o aconitina tóxica, una solución irritante que provocaba la fibrilación de las aurículas. En un esfuerzo por desarrollar un modelo de FA más clínicamente relevante que pudiera usarse para evaluar técnicas ablativas potenciales, en 1980 se diseñó un modelo canino de FA secundaria a insuficiencia valvular mitral crónica (13). Durante la creación de la insuficiencia mitral experimental se tuvo mucho cuidado de no causar ningún tipo de cicatrización auricular o adherencias pericárdicas porque podrían alterar artificialmente la electrofisiología de la FA. Por lo tanto, bajo condiciones quirúrgicas estériles, se realizó una toracotomía izquierda en perros y se colocó una sutura en bolsa de tabaco en la vena pulmonar superior izquierda (LSPV) en el espacio pleural izquierdo externo al pericardio. Se insertó un catéter de presión Millar de alta fidelidad a través de esta sutura en bolsa de tabaco y se pasó a la aurícula izquierda (AI) para el control continuo de la presión de la AI. Luego se insertó una aguja de biopsia de Cope a través de la misma sutura en bolsa de tabaco en el LSPV extrapericárdico y se pasó a través de la válvula mitral hacia el ventrículo izquierdo. También se utilizó la aguja de biopsia para seccionar las cuerdas tendinosas individuales de la válvula mitral de forma secuencial hasta que la presión de la AI aumentó desde su valor normal de 2-3 mm Hg a aproximadamente 20 mm Hg. Luego se retiraron el catéter Millar y la aguja de biopsia, se aseguró la sutura en bolsa de tabaco y se cerró la toracotomía izquierda. Durante las siguientes semanas, la AI se agrandó significativamente, aunque ninguno de los animales desarrolló FA espontánea.

En tiempos que variaban de 3 meses a 3 años después de la creación de la insuficiencia mitral, los animales eran sumamente sensibles a la inducción eléctrica de la FA, que a menudo seguía a un solo estímulo prematuro de las aurículas. Además, mientras que los corazones caninos normales pueden mantener la FA durante solo unos segundos, si es que lo hacen, las aurículas agrandadas en nuestro modelo normalmente mantuvieron la FA indefinidamente hasta que se cardiovirtió, lo que permitió realizar un mapeo eléctrico prolongado de la FA. Se utilizaron exploraciones de imágenes de resonancia



magnética (IRM) sincronizadas para crear modelos anatómicos tridimensionales de las aurículas (14) y conjuntos de electrodos de silastic tridimensionales que contienen hasta 256 electrodos bipolares individuales luego se aplicaron directamente a las superficies epicárdica y endocárdica de ambas aurículas para mapear los episodios prolongados de FA. Se desarrollaron programas informáticos para registrar los 256 electrogramas de forma simultánea y continua, proporcionando los primeros mapas electrofisiológicos tridimensionales de la fibrilación auricular. Durante este mismo período, la fibrilación auricular humana se cartografió con 156 conjuntos de electrodos bipolares en el quirófano de pacientes sometidos a cirugía por el síndrome de Wolff-Parkinson-White, el 30 % de los cuales también tenían episodios de fibrilación auricular clínica (15).

Desarrollo del Procedimiento Maze para la Fibrilación Auricular

La información clave que proporcionaron estos estudios experimentales y clínicos fue que la fibrilación auricular se caracterizaba por la presencia de múltiples circuitos grandes de macrorreentrada de 5 a 6 cm de diámetro en una o ambas aurículas (16). Si solo estaba presente uno de esos circuitos, el ritmo era aleteo auricular. Sin embargo, si ocurría más de un circuito de macrorreentrada simultáneamente en una o ambas aurículas, el ritmo era fibrilación auricular. Esta observación de que los episodios establecidos tanto de FA experimental como de FA clínica se caracterizaban por la presencia de múltiples circuitos grandes de macrorreentrada presentaba la posibilidad de que la interrupción quirúrgica de esos circuitos pudiera eliminar la fibrilación auricular.

Quedó claro a partir de los estudios experimentales de Moe a principios de la década de 1960 (17) que dividir las aurículas en pequeños segmentos podría eliminar la FA experimental. El hecho de que los subsegmentos individuales de la aurícula dejaran de fibrilar demostró que la FA no estaba sustentada por mecanismos focales; de lo contrario, los segmentos individuales más pequeños habrían continuado fibrilando. Sin embargo, tal compartimentación de las aurículas en pequeños segmentos aislados fue inútil clínicamente porque impediría la capacidad de activación de los segmentos auriculares aislados no contiguos al nódulo sinoauricular (SA). Por lo tanto, era evidente que si se iban a usar lesiones de bloqueo de conducción (cicatrices) creadas quirúrgicamente para interrumpir los circuitos macrorreentrantes responsables de la FA, no deberían dar lugar específicamente a la compartimentación de las aurículas en múltiples segmentos aislados. Además, es esencial que después de la ablación de la

FA, ambas aurículas deben ser capaces de ser activadas por un impulso generado en el nodo SA, dictando que todo el miocardio auricular debería permanecer eléctricamente contiguo. La única forma de lograr este resultado fue colocar las lesiones quirúrgicas en un patrón de laberinto con las lesiones lo suficientemente cerca como para impedir el desarrollo de circuitos macrorreentrantes mientras se dejaba el miocardio auricular contiguo al nódulo SA y al nódulo AV para asegurar la función auricular posoperatoria y sincronía AV electromecánica del corazón.

Se imaginó un patrón de laberinto de lesiones auriculares y se aplicó inmediatamente a las aurículas de los modelos caninos de fibrilación auricular descritos anteriormente. En términos de ablación de la FA, este llamado "procedimiento de laberinto" tuvo éxito en todos los experimentos. Sin embargo, debido a la preocupación de que las múltiples lesiones auriculares del procedimiento pudieran desvascularizar las aurículas o dañar su capacidad de contracción posoperatoria, se llevó a cabo una evaluación experimental exhaustiva. Afortunadamente, esos experimentos documentaron que las aurículas no fueron desvascularizadas por el procedimiento de laberinto y que la función de transporte de ambas aurículas permaneció intacta después de la operación. Luego, el procedimiento del laberinto se aplicó clínicamente en el primer paciente mencionado anteriormente, y luego en un paciente cada 6 meses durante los siguientes 3 años hasta que se concedió la aprobación institucional para realizarlo cuando estuviera clínicamente indicado.

Cronología del Laberinto-I al Laberinto-IV. Procedimientos para la Fibrilación Auricular

Después de la publicación inicial de los detalles del procedimiento de laberinto original en 1991, se realizó de forma rutinaria en varios centros médicos líderes en todo el mundo, pero debido a su complejidad, la mayoría no lo aceptó como un procedimiento de intervención factible para el tratamiento de la FA. cirujanos y cardiólogos. De hecho, durante los primeros 3 o 4 años de la década de 1990, los únicos dos cirujanos en el mundo que realizaron el procedimiento del laberinto de manera rutinaria fueron el autor principal (JLC) en el Hospital Barnes/Universidad de Washington en St. Louis, donde se desarrolló. y el primer autor (PMM) entonces en la Clínica Cleveland. Entre septiembre de 1987 y abril de 1992, se utilizaron dos iteraciones separadas del patrón de lesiones del laberinto original (laberinto-I), lo que eventualmente resultó en el patrón final del procedimiento del laberinto-III, en 1997, (18).



Tanto el procedimiento de corte y sutura original, que se realizó a través de una esternotomía mediana, como el procedimiento totalmente crioquirúrgico que se realizó a través de una minitoracotomía en el cuarto espacio intercostal derecho, fueron procedimientos de laberinto III con patrones de lesión idénticos. Debido a que los patrones de lesión permanecieron sin cambios, el procedimiento crioquirúrgico mínimamente invasivo no se designó con otro número romano como procedimiento "laberinto-IV" por temor a causar confusión. El procedimiento maze-IV actual fue introducido en 2002 por Damiano y asociados (19), y difiere del maze-III solo en la forma en que se rodean las venas pulmonares. La principal ventaja del procedimiento maze-IV sobre el procedimiento maze-III es que, en manos de la mayoría de los cirujanos, el procedimiento maze-IV se puede realizar con tiempos de pinzamiento aórtico más cortos.

Ablación con catéter para la fibrilación auricular

Los estudios de mapeo clínico y experimental del procedimiento pre-laberinto descritos anteriormente documentaron que una vez que se genera un episodio de FA, es sostenido por múltiples circuitos de macrorreentrada auricular que se perpetúan a sí mismos. Este concepto a menudo se ha interpretado como el mismo que la antigua y desacreditada "teoría de ondículas múltiples" de la fibrilación auricular, aunque el concepto de macrorreentrada no tiene nada que ver con las "ondas múltiples" errantes. El éxito clínico del procedimiento de laberinto quirúrgico en los últimos más de 30 años, que está diseñado específicamente para impedir o interrumpir los múltiples circuitos de macrorreentrada responsables de mantener la FA, confirma la validez de este concepto electrofisiológico de cómo se mantiene la fibrilación auricular. Sin embargo, esos estudios iniciales no lograron detectar la presencia de los disparadores auriculares que inducían los episodios de FA.

Evolución de los objetivos terapéuticos de la ablación con catéter para la FA

En 1998, Haissaguerre et al. (12) informó que cada episodio individual de fibrilación auricular paroxística es inducido por "desencadenantes" auriculares y que el 90% de esos desencadenantes se localizan en las venas pulmonares. Su estudio también mostró que la frecuencia de aparición de los episodios paroxísticos de FA podría reducirse drásticamente o eliminarse por completo aislando estos factores desencadenantes del resto de la aurícula mediante una nueva técnica de intervención, aislamiento de venas pulmonares (AVP) con catéter de radiofrecuencia (RF), que fue mucho menos

invasivo que el procedimiento de laberinto quirúrgico, que requiere un bypass cardiopulmonar incluso cuando se realiza mediante técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas. Por lo tanto, el artículo seminal de Haissaguerre proporcionó una comprensión más completa de la electrofisiología de la FA y una forma mucho menos invasiva de tratar su forma paroxística (FAP).

Desafortunadamente, muchos lectores parecen pasar por alto el hecho de que casi la mitad de los pacientes con fibrilación auricular sufren de fibrilación auricular prolongada, no intermitente, y no de episodios paroxísticos de fibrilación auricular. Sin embargo, no había ninguna sugerencia en el artículo de Haissaguerre de que la AVP sola debería aplicarse para cualquier tipo de FA excepto del tipo paroxístico (FAP) o que los desencadenantes de las venas pulmonares fueran responsables de mantener la FA en pacientes en sus formas más prolongadas y persistentes. Sin embargo, después del artículo de Haissaguerre, tanto los electrofisiólogos intervencionistas como los cirujanos comenzaron de inmediato a realizar AVP con catéter para todos los tipos de FA, incluida la FA persistente de larga data, y nuestros colegas rápidamente se prepararon para crear dispositivos quirúrgicos que tenían un solo propósito: rodear las venas pulmonares (20). Además, la inadecuación de la AVP sola como tratamiento óptimo para los tipos de FA más prolongados y sostenidos se hizo evidente rápidamente. Como resultado, las áreas objetivo para la ablación con catéter en la aurícula izquierda se extendieron más allá de los orificios de las VP para incluir el "antro" del miocardio de la aurícula izquierda que rodea los orificios de las VP (21). Este agrandamiento de las áreas diana auriculares resultó en una mejora en las tasas de éxito para la ablación de la FA, pero se abandonó en gran medida un intento de abarcar aún más la pared posterior de la AI debido a un aumento en la lesión esofágica que causó lesiones atrioesofágicas (EA) letales como lo son las fístulas (22). Los electrofisiólogos intervencionistas finalmente decidieron realizar AVP que incluyeran la mayor cantidad posible de áreas antrales circundantes sin riesgo de lesión esofágica. Se utilizaron varias medidas para disminuir la probabilidad de lesión esofágica durante la ablación con catéter, incluido el "desplazamiento" manual del esófago durante el procedimiento con una sonda esofágica permanente (23). Otros enfoques han incluido dispositivos de enfriamiento esofágico intraluminales (24).

La importancia, o la falta de ella, del mapeo de FA en tiempo real

Es de destacar que durante esta evolución de dos décadas en los objetivos terapéuticos específicos que deben alcanzarse durante la ablación con catéter de la FA, el único objetivo constante ha sido el aislamiento de las venas pulmonares, un procedimiento que se basa en la anatomía, no en la electrofisiología. Durante el mismo período, han evolucionado ingeniosas técnicas de mapeo electrofisiológico que han mejorado nuestra comprensión de la fibrilación auricular, pero en la mayoría de los casos, se han utilizado principalmente para documentar la integridad de las lesiones por ablación con catéter en y alrededor de las venas pulmonares. Sin embargo, más recientemente, algunos investigadores clínicos han intentado posicionar las lesiones ablativas auriculares sobre la base de mapas electrofisiológicos auriculares en tiempo real y extirpar áreas específicas de la aurícula que exhiben actividad eléctrica fraccionada continua ("ablación CFAE") (25), así como pequeños "rotores" independientes de actividad eléctrica que se cree que son responsables de mantener la FA en sus formas más persistentes (26).

La pregunta persistente es si los procedimientos intervencionistas para extirpar la fibrilación auricular pueden ser "guiados por mapa" como lo son para arritmias menos complejas como el síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW), la taquicardia de reentrada del nódulo AV, la taquicardia auricular automática y muchos tipos de Arritmias ventriculares isquémicas y no isquémicas. Hasta ahora, la respuesta parecería ser "no". A diferencia de otras arritmias más simples, el intento de "adaptar" los procedimientos intervencionistas al tratamiento de hallazgos electrofisiológicos específicos en diferentes pacientes ha demostrado ser frustrante en el mejor de los casos e inútil en el peor. Por lo tanto, los únicos dos procedimientos intervencionistas que han demostrado ser consistentemente óptimos para el tratamiento de la FA durante las últimas tres décadas son: (1) AVP para la FA paroxística y (2) el procedimiento de laberinto para todos los tipos de FA (27). Esto no pretende sugerir que se deban abandonar los intentos de guía por mapa de la FA, sino más bien señalar que, a pesar de nuestra capacidad para mapear la fibrilación auricular de la manera más elegante y detallada actual, el impacto de la guía por mapa en su función específica el tratamiento intervencionista sigue siendo insignificante.



Quizás la principal diferencia entre la fibrilación auricular y todas las demás arritmias cardíacas es que sus patrones electrofisiológicos son inestables, a menudo de naturaleza fugaz, y pueden cambiar en relación con la anatomía subyacente de un instante a otro. De hecho, datos recientes no publicados en los que se registraron secuencialmente mapas separados de la superficie corporal en los mismos pacientes con FA con 10 días de diferencia mostraron diferencias dramáticas en los patrones electrofisiológicos de la FA en el mismo paciente en diferentes intervalos de tiempo (28). Dado que la ablación de sitios auriculares específicos que muestran anomalías electrofisiológicas (sitios CFAE, pequeños rotores locales, etc.) cambian de ubicación anatómica con el tiempo, es probable que su ablación focal en el momento del mapeo sea ineficaz porque simplemente pueden reaparecer más tarde en algún otro sitio anatómico. Tal es la naturaleza diabólica de la fibrilación auricular persistente, lo que hace que sea problemático "guiar en un mapa" su tratamiento intervencionista. Este problema se reconoció por primera vez a mediados de la década de 1980 y fue la razón principal por la que, en lugar de tratar de "guiar en un mapa" el tratamiento quirúrgico de la FA, como era habitual en ese momento para todas las demás arritmias menos complejas, un Se siguió un enfoque en el que todos los pacientes con FA recibieron la misma intervención quirúrgica basada en la anatomía, el procedimiento de laberinto.

Problemas fundamentales de la ablación con catéter para la FA

Un concepto erróneo de la ablación con catéter que siempre ha causado confusión es la discrepancia entre los sitios de ablación previstos y los sitios de ablación real. Esto a menudo ha dado lugar a que se extraigan conclusiones inexactas con respecto a la relación entre la anatomía auricular y la electrofisiología de la FA. Por ejemplo, se ha demostrado repetidamente que el hecho de no aislar las VP de forma permanente no significa necesariamente que se producirá una FA recurrente. Por ejemplo, se ha documentado una alta incidencia de "reconexión" de venas pulmonares dentro de un año después de un procedimiento de AVP con catéter (29). Esto llevó a muchos a concluir que el aislamiento completo y permanente de las VP podría no ser esencial para el éxito del tratamiento de la FAP como si, de alguna manera, el aislamiento parcial de las PV fuera suficiente. Sin embargo, una explicación alternativa es que el procedimiento de AVP tiene éxito en tales pacientes porque en realidad no es un procedimiento de aislamiento, sino más bien un procedimiento de ablación, en el que las lesiones en la

AI eliminan inadvertidamente la mayoría de los disparadores auriculares cerca de las VP en lugar de aislarlos. No hay nada intrínsecamente malo con ese enfoque involuntario, pero la ablación de los desencadenantes en lugar de aislarlos conduce a conceptos erróneos sobre cómo funciona realmente la ablación con catéter para librar a los pacientes de FAP y esos conceptos erróneos pueden tener consecuencias no deseadas (discusión de STAR-AF II).

Este concepto de que la AVP con catéter es tanto un procedimiento de ablación como un procedimiento de aislamiento está respaldado por la ubicación y distribución de las cicatrices de RF endocárdicas auriculares reales que los cirujanos pueden ver fácilmente en pacientes después de la ablación con catéter que requieren una cirugía posterior de FA. Los cirujanos comúnmente describen el interior de la AI en tales pacientes como si hubiera sido "bombardeado con alfombras" debido a la ubicación aleatoria de las cicatrices de la ablación en toda la parte posterior de la AI. Es innegable que las cicatrices endocárdicas auriculares terminan localizándose donde realmente se aplicó la energía de RF endocárdica auricular. Estas lesiones típicamente no son contiguas entre sí ni uniformemente transmurales. Nuevamente, esta discrepancia llevó a muchos a la conclusión de que la transmuralidad/contigüidad completa de las lesiones por ablación no es esencial para el bloqueo de conducción a largo plazo, una noción que es completamente inconsistente con los principios anatómico-electrofisiológicos probados. Por ejemplo, sabemos desde hace más de 50 años que una única vía accesoria (que en realidad es una hebra de músculo auricular) responsable de la taquicardia recíproca asociada con el síndrome de WPW solo necesita tener el tamaño de un cabello humano para conducir la actividad eléctrica. Otros han demostrado que solo 1 mm de miocardio auricular conducirá actividad eléctrica. Por lo tanto, cualquier "brecha" que quede entre las lesiones de ablación con catéter individuales o las lesiones endocárdicas no transmurales que el miocardio auricular subepicárdico viable por encima de una lesión endocárdica permanente dará como resultado con toda seguridad una conducción eléctrica a través de cualquier "línea" prevista de lesiones de ablación con catéter endocárdica. Además, hasta donde sabemos, ningún cirujano ha identificado nunca ninguna combinación de lesiones del catéter de radiofrecuencia que formen una "línea" real dentro de la AI después de la ablación con catéter para la FA. Como dijo una vez el mismo Haissaguerre a uno de los autores (JLC), "Tratar de crear una línea en el atrio con la punta de un catéter es como tratar de cortar



la esquina de una hoja de papel con un alfiler, es posible , pero es muy difícil". Tanto el sistema Stereotaxis (30) y el sistema robótico Hansen (31) se diseñaron para facilitar la creación de lesiones de RF auricular individuales en una línea contigua, pero ninguno mejoró significativamente los resultados de la ablación con catéter para la FA.

Incluso si se puede crear una "línea" de lesiones de RF con mayor precisión utilizando estos sistemas, ninguno de ellos aborda el problema de la falta de transmuralidad de las lesiones de RF endocárdicas. La imposibilidad de estar seguros de que una determinada lesión endocárdica del catéter de radiofrecuencia es transmural ha sido un problema para los electrofisiólogos intervencionistas desde el advenimiento de la ablación con catéter para la FA. Si bien las "pruebas" eléctricas intraprocedimiento pueden mostrar un aislamiento completo de la VP en el momento del procedimiento de ablación, no significa necesariamente que todas las lesiones permanecerán transmurales una vez que se hayan curado. Las lesiones pueden parecer transmurales poco después de que se crean porque la conducción eléctrica no puede ocurrir a través del tejido lesionado irreversiblemente o del tejido viable que se ha vuelto temporalmente no conductor debido a la lesión subletal temporal de algunas de las células miocárdicas adyacentes. Una vez que la curación posterior permite que el miocardio lesionado pero viable reanude la conducción eléctrica, el procedimiento falla. El problema de la falta de transmuralidad se abordó de manera más agresiva con la introducción de puntas de catéter de "fuerza de contacto" que pueden medir la fuerza ejercida sobre el endocardio por la punta del catéter de ablación (32). Esto mejoró el porcentaje de lesiones transmurales después de la ablación con catéter, pero inicialmente se acompañó de un aumento de las fístulas EA (33). Ese problema se superó en gran medida al evitar la creación de lesiones auriculares cerca del esófago, pero la incapacidad de crear lesiones transmurales lineales contiguas y uniformes en las aurículas con un catéter sigue siendo uno de los principales obstáculos para lograr una eficacia óptima.

El problema de interpretar los resultados de la ablación con catéter causados por estas deficiencias fue quizás más evidente en el ensayo STAR-AF II (34) en el que la adición de "líneas" creadas por catéter al aislamiento de la vena pulmonar (AVP) no tuvo ningún efecto sobre el éxito de la ablación de la FA. El estudio ignoró por completo el hecho de que, como dijo Haissaguerre, es extremadamente difícil crear una línea transmural contigua y uniforme en la aurícula con la punta de un catéter. Además, se

puede estar relativamente seguro de que el interior de la aurícula izquierda en los tres grupos comparados (AVP solo, AVP con ablación CFAE y AVP con “líneas” adicionales) se veía muy similar una vez que las lesiones sanaron, lo que sugiere que los tres los grupos en el estudio tenían esencialmente el mismo procedimiento ablativo. Por lo tanto, la falla fatal en la prueba STAR-AF II se introdujo con su diseño inicial, que supuso erróneamente que todas las "líneas" auriculares eran uniformemente contiguas y no transmurales. Esta suposición errónea negó automáticamente la validez de comparar el AVP con y sin “líneas”. Los resultados de este famoso e impactante ensayo llevaron a la conclusión contraria a la intuición y totalmente indefendible de que "menos es más" en la ablación con catéter de la fibrilación auricular.

Resultados de la ablación con catéter para la fibrilación auricular

Hay pocos desarrollos en cardiología clínica en los últimos 50 años, si es que hay alguno, que sean más impresionantes que el éxito que ahora se puede lograr mediante la ablación con catéter para prácticamente todas las arritmias cardíacas, excepto las formas persistentes de fibrilación auricular. El hecho de que la ablación con catéter sea extremadamente exitosa para el síndrome de WPW (que antes les tomaba a los cirujanos varias horas de cirugía a corazón abierto), la taquicardia por reentrada del nódulo AV, la taquicardia auricular automática, la taquicardia ventricular isquémica (que antes les tomaba a los cirujanos todo el día para lograrlo con cirugía de muy alto riesgo), no se puede negar la taquicardia ventricular no isquémica, el aleteo auricular y la fibrilación auricular paroxística. Además, también es sorprendente que las ablaciones múltiples con catéter también tengan éxito (a los 5 años) en casi la mitad de todos los pacientes con FA persistente de larga data (35). Ese sería un resultado inaceptable para la cirugía cardíaca, pero para un procedimiento que es mínimamente invasivo, como la ablación con catéter, es nada menos que notable. No obstante, todavía hay mucho margen de mejora, que casi con seguridad llegará con el desarrollo de las herramientas adecuadas para la ablación con catéter de estas formas más complejas de fibrilación auricular. Mientras tanto, nos quedamos con el estado actual de la ablación con catéter para la FA.

Cuando se analiza el efecto de cualquier procedimiento intervencionista para la FA, es fundamental separar los resultados en FAP y no FAP (FA persistente y persistente de larga duración) y es útil dividir aún más estos últimos en FA persistente y persistente de larga duración. Sin embargo, la mayoría de los

estudios, incluidos los que informan sobre la ablación con catéter y la ablación quirúrgica, no lo han hecho. Además, los resultados de la ablación con catéter de FA y los estudios quirúrgicos se han informado con demasiada frecuencia como resultados de 1 año. Eso es muy parecido a informar los resultados de 1 año de la cirugía para el cáncer de páncreas, que es bastante bueno al año pero pésimo a los 3 años. Además, los estudios de resultados están publicados o en curso para evaluar las estrategias de ablación relacionadas con las fuentes de energía y los conjuntos de lesiones en poblaciones específicas para adaptar aún más el tratamiento del paciente (36 , 37 , 38 , 39). Finalmente, la ablación con catéter por lo general no se usa en pacientes con agrandamiento grave de la aurícula izquierda.

Fibrilación auricular paroxística: en 2017, Takagawa et al. informó un metanálisis de los resultados de la ablación con catéter para FAP (40). Los resultados mostraron tasas de éxito para la ablación con un solo catéter para FAP del 59 % y para ablaciones con múltiples catéteres del 79 % a los 6 años. Por lo tanto, la tasa de éxito generalmente aceptada para la ablación con catéter de FAP es de aproximadamente 80%.

Fibrilación auricular persistente: en base a la electrofisiología conocida de la fibrilación auricular, hay pocas razones para pensar que la AVP por sí sola sería óptima para el tratamiento de la FA persistente o persistente de larga duración. Sin embargo, en 2017, un metanálisis de 14 estudios de 956 pacientes mostró una tasa de éxito de 1 año del 66,7 % después de realizar solo una AVP para la FA persistente (41). En 2018, Akkaya et al. informó una tasa de éxito de 1 año para AVP utilizando el criobalón de segunda generación del 76,2 % y una tasa de éxito de 5 años del 67,9 % para FA persistente en 218 pacientes (42). Por lo tanto, la tasa de éxito generalmente aceptada para la ablación con catéter de la FA persistente es de aproximadamente 67%.

Poblaciones mixtas de FAP y no FAP: en 2006, el grupo de Calkins informó los resultados de 2 años de ablación con catéter para un grupo mixto de pacientes ("todos los participantes"), el 48 % de los cuales tenían FAP y el 52 % de los cuales no tenían -FAP (43). Las tasas de éxito a los 2 años fueron del 28 % para la ablación con un solo catéter y del 68 % para la ablación con múltiples catéteres. Los primeros resultados generales a 5 años para la ablación con catéter de la FA fueron informados por el grupo de Haissaguerre en 2011 (44). Demostraron que en una serie de "todos los participantes" con FA (48 % FAP , 52 % sin FAP), la tasa de éxito a los 5 años después de una ablación con un solo catéter

fue del 29 % y después de ablaciones con múltiples catéteres fue del 63 %. Tondo y los investigadores del proyecto STOP del Servicio Clínico demostraron que en 486 pacientes de varios centros, las tasas de éxito de una sola AVP con criobalones en pacientes con FA persistente y persistente de larga duración fueron del 63,9 % al año y del 51,5 % a los 18 meses (45). En 2019, un ensayo clínico aleatorizado multicéntrico de ablación por radiofrecuencia con fuerza de contacto y dos regímenes diferentes de ablación con criobalón no mostró diferencias en la eficacia terapéutica de la FA al cabo de 1 año (46). Por lo tanto, la tasa de éxito actual generalmente aceptada para la ablación con catéter de "todos los interesados" con un diagnóstico de fibrilación auricular es de aproximadamente 60%. Curiosamente, este número no ha cambiado en 20 años.

Fibrilación auricular persistente de larga duración: el principal estudio de ablación con catéter para la FA persistente de larga duración con un seguimiento de 5 años fue del grupo de Kuch, que informó los resultados del ensayo de Hamburgo en 2012 (35). Las tasas de éxito a los 5 años fueron del 20 % para la ablación con un solo catéter y del 45 % para las ablaciones con múltiples catéteres, con una tasa de éxito del 40 % para las ablaciones con múltiples catéteres a los 6 años. Por lo tanto, la tasa de éxito generalmente aceptada para la ablación con catéter de la FA persistente de larga duración es de aproximadamente el 40%.

Por lo tanto, a pesar de los múltiples avances en tecnología de catéteres y capacidades de mapeo introducidos en los últimos 20 años, millones de pacientes tratados y miles de millones de dólares gastados en el problema, la ablación con catéter ha demostrado ser el procedimiento de elección para FAP, pero aún falla. en aproximadamente la mitad de los pacientes sin FAP, lo que representa casi la mitad de todos los pacientes con fibrilación auricular.

Estado actual de la ablación quirúrgica para la FA concomitante

Con pocas excepciones, los cirujanos cardíacos se ocupan casi exclusivamente de la fibrilación auricular asociada con otras afecciones cardíacas que requieren cirugía, incluidos pacientes sometidos a reemplazo o reparación mitral (RVM), injerto de derivación de arteria coronaria (CABG), reemplazo de válvula aórtica (RVA), o alguna combinación de estos procedimientos. Este tipo de FA se ha denominado "FA concomitante" y debe diferenciarse de la denominada "FA independiente" en la que la FA se produce en ausencia de anomalías cardíacas asociadas que justifiquen la cirugía. La FA

independiente se trata de forma intervencionista principalmente mediante ablación con catéter, aunque rara vez los cirujanos cardíacos también la tratan de forma independiente, mientras que la FA concomitante es tratada únicamente por cirujanos cardíacos.

En 2002, Damiano y sus colegas describieron el procedimiento maze-IV en el que las lesiones del procedimiento maze se realizan con una combinación de radiofrecuencia y criocirugía (19) El patrón de lesión del procedimiento maze-IV difiere del procedimiento maze-III (47) únicamente en cómo se aíslan las venas pulmonares y la “lesión de caja”. Sin embargo, los resultados electrofisiológicos de los patrones de lesión del laberinto-III y del laberinto-IV son idénticos. Las ventajas propuestas del procedimiento maze-IV sobre el procedimiento maze-III son que se puede lograr con un tiempo de pinzamiento aórtico más corto y muchos cirujanos encuentran que es más fácil de realizar que el procedimiento maze-III. Por esas razones, el procedimiento maze-IV es ahora la operación que se realiza con mayor frecuencia para la FA concomitante.

Prevalencia de FA en pacientes de cirugía cardíaca y barreras para su tratamiento

Nuestro grupo publicó recientemente un análisis de la prevalencia de FA en pacientes sometidos a cirugía cardíaca y la frecuencia de ablación concomitante de FA en dichos pacientes (48). En 79.134 pacientes de Medicare sometidos a cirugía cardíaca, el 28 % tenía fibrilación auricular, pero solo el 22 % de ese 28 % tenía ablación de FA concomitante. Un total del 33 % de los pacientes con FA sometidos a RVM tuvieron una ablación de FA concomitante, pero solo el 16 % de los pacientes con FA sin cirugía de válvula mitral tuvieron un procedimiento de ablación concomitante. Las mujeres tenían menos probabilidades de tener FA concomitante y menos probabilidades de someterse a una ablación quirúrgica cuando la tenían.

El hecho de que menos de una cuarta parte de todos los pacientes con FA concomitante actualmente reciban ablación de FA condujo a un estudio posterior de la Red de Ensayos Quirúrgicos Cardiorácicos dirigido a identificar las barreras para tratar la FA durante la cirugía de la válvula mitral e inferencialmente, a su tratamiento en otros tipos de cirugía cardíaca. Se encuestó a cirujanos cardíacos adultos de dos colaboraciones estatales (Virginia y Michigan) sobre su conocimiento y práctica con respecto a la ablación de la FA (49). El 80,3 % de los encuestados informó sentirse “muy cómodo” con el tratamiento de la FA concomitante, mientras que el 12,1 % no sabía que las directrices de la STS,

el consenso de expertos de la AATS y el consenso de expertos de la Heart Rhythm Society califican la recomendación de tratar la FA concomitante como Clase 1, (50 , 51, 52). Las barreras citadas con más frecuencia para el tratamiento de la FA concomitante fueron las siguientes:

Sin barreras (40,3%);

Añade tiempo adicional de pinzamiento cruzado aórtico (22,7 %);

“Mis pacientes son de demasiado alto riesgo” (12,9%);

Sin pago adicional por ablación de FA (4,6 %);

No se siente cómodo con la ablación de FA (3,0 %);

Equipo inadecuado (3,0%);

Personal y apoyo inadecuados (3,0%);

Creencia de que la ablación de la FA empeora la FA (3,0 %);

Creencia de que la ablación de FA no funciona (1,5%).

Seguridad de la ablación concomitante de FA en pacientes de cirugía cardíaca

Las barreras anteriores son difíciles de entender en vista de las múltiples publicaciones en la literatura quirúrgica que responden claramente a todas esas preocupaciones. Las barreras 2 y 3 abordan la preocupación de que agregar la ablación concomitante de FA a otros procedimientos quirúrgicos cardíacos aumentará la mortalidad operatoria. Sin embargo, en 2012, Ad et al. mostró que agregar un procedimiento de laberinto completo no afectó la morbilidad o mortalidad operatoria de los procedimientos CABG o AVR (53) y en 2017 Al-Atassi et al (54) mostró que la ablación concomitante de la FA no aumentaba el riesgo quirúrgico en pacientes sometidos a CABG aislada, AVR o CABG y AVR combinados. En 2013, el grupo de Damiano demostró que agregar un procedimiento maze-IV en pacientes sometidos a cirugía de válvula mitral no afectó la mortalidad operatoria (55). Badwar et al. posteriormente informó sobre 86 941 pacientes en la base de datos de cirugía cardíaca para adultos de la STS y mostró que la ablación concomitante de la FA en realidad redujo la mortalidad operatoria para la cirugía de la válvula mitral sin afectar la morbilidad operatoria (5). Todos estos resultados están reconocidos en las directrices STS y en la declaración de consenso de expertos de la AATS (50 , 51). Por lo tanto, está claro que las preocupaciones de los cirujanos sobre el riesgo de agregar un procedimiento de ablación de FA concomitante a alguna reparación valvular.



Eficacia de la ablación concomitante de FA en pacientes de cirugía cardíaca

Louagie et al. informaron en 2009 que la ablación concomitante de la FA restablece el ritmo sinusal en más del 90 % de los pacientes (56). Además, se han realizado siete ensayos controlados aleatorios prospectivos que evaluaron la eficacia de la ablación de la FA y los siete mostraron niveles significativamente más altos de ritmo sinusal posoperatorio en pacientes tratados con una variedad de fuentes de energía en comparación con pacientes no tratados (Tabla 2) (27 , 57 , 58 , 59 , 60 , 61 , 62 , 63).

Tabla 2: Siete ensayos aleatorios prospectivos que muestran la eficacia de la cirugía de FA concomitante para convertir a los pacientes en ritmo sinusal normal después de la operación.

Prueba, Año	Número de puntos	Tecnología	Ritmo sinusal a los 12 meses tratado
Deneke et al., 2002	30	RF refrigerada unipolar	80% ($p < 0,01$)
Schuetz et al., 2003	43	Microondas	80% ($p = 0,036$)
Akpinar et al., 2003	67	RF unipolar	93,6% ($p = 0,0001$)
Abreu Filho et al., 2005	70	RF refrigerada unipolar	79,4% ($p = 0,001$)
Doukas et al., 2005	101	RF unipolar	44,4% ($p = 0,001$)
Blomström-Lunqvist 2007	69	Crioablación	73,3% ($p = 0,013$)
Caballero 2009	43	RF unipolar	57% ($p = 0,004$)
Gillínov, 2015	260	Crioablación	63,2% ($p < 0,001$)

Efectos beneficiosos de la ablación concomitante de FA en pacientes de cirugía cardíaca

La restauración del ritmo sinusal después de la operación tiene muchos beneficios positivos en comparación con dejar a los pacientes en FA o realizar un procedimiento de ablación de FA que no tiene éxito.

Disminución de accidentes cerebrovasculares a largo plazo: en 2003, el grupo de Damiano informó el seguimiento de 15 años de pacientes que se sometieron a los procedimientos de cortar y coser laberinto-I, laberinto-II o laberinto-III por parte del autor principal (JLC) (64). Durante ese período de 15 años, la ausencia de accidente cerebrovascular a largo plazo fue del 99,3 %. Solo un paciente tuvo un

accidente cerebrovascular tromboembólico y se diagnosticó como un hallazgo incidental en una tomografía computarizada cerebral de rutina realizada varios años después de la operación inicial. En 2006, Ito et al. informó una marcada disminución en el accidente cerebrovascular a largo plazo a los 12 años después de la cirugía en la que se extirpó la FA (65). En 2019, Ad et al. demostraron que la ausencia a largo plazo de un accidente cerebrovascular después de la ablación de la FA era independiente de si también se realizaba o no una cirugía de la válvula mitral (66). Además, en 2019, Malaisrie et al., de nuestro grupo, informaron sobre el seguimiento de 6 años de 24,069 pacientes en la base de datos STS sometidos a CABG (67). La ablación concomitante de la FA mostró una disminución significativa de los accidentes cerebrovasculares a largo plazo en comparación con los pacientes CABG con FA en los que se ignoró la FA. Las directrices de la STS (50) y la declaración de consenso de expertos de la AATS (51) documentan la disminución tanto de los accidentes cerebrovasculares perioperatorios (Clase IIa, Nivel A) como de los accidentes cerebrovasculares a largo plazo (Clase IIa, Niveles A, B-NR).

Durante mucho tiempo se ha reconocido que la orejuela auricular izquierda (OAI) es con frecuencia la fuente de accidentes cerebrovasculares en pacientes con FA, y quizás hasta el 90% de estos accidentes cerebrovasculares se originan en la OAI (68, 69). Además, estos accidentes cerebrovasculares tienden a ser más incapacitantes o fatales en comparación con otras fuentes de accidentes cerebrovasculares (AHA). Por lo tanto, los cirujanos, durante muchos años, han tratado el apéndice extirpándolo, suturándolo para cerrarlo (ya sea interna o externamente), grapándolo para cerrarlo u ocluyéndolo externamente con otros dispositivos (68 , 69 , 70 , 71). Sin embargo, el éxito de estas técnicas a veces se ha quedado corto con los cierres de sutura reabriendo con el tiempo hasta en un 60% (72) y engrapadoras, suturas o escisión dejando un "muñón" interno de OAI de más de 10 mm que podría servir potencialmente como otro (69 , 72). El enfoque actual más exitoso parece ser el cierre con un dispositivo de clip (71). En cirugía concomitante se coloca el clip con el corazón vacío, en circulación extracorpórea, lo que permite al cirujano colocar el clip muy bajo (pero evitando la arteria circunfleja) y así se evita en casi todos los pacientes un muñón residual mayor de 10 mm.

Además, el clip conduce a una necrosis gradual de la OAI, que se vuelve eléctricamente silenciosa y no genera ni propaga la FA (73). Se están realizando estudios sobre la OAI como objetivo potencial para



la ablación con catéter en pacientes con FA (ASTRO AF, NCT04056390), y estudios previos sugieren que esto puede ser un beneficio (74). El ensayo OAIOS III asignó al azar a 4770 pacientes con FA sometidos a cirugía concomitante al cierre de la OAI frente a ningún cierre. Hubo una reducción significativa de los accidentes cerebrovasculares en un seguimiento medio de 3,8 años (7,0 % frente a 4,8 %, índice de riesgo 0,67). Para los pacientes con fibrilación auricular que se someten a cirugía cardíaca, está claro que agregar el cierre de la OAI es un esfuerzo que vale la pena sin aumentar el riesgo perioperatorio. Actualmente se está investigando más la importancia de la ablación con catéter de la OAI.

Supervivencia a largo plazo mejorada: en 2012, nuestro grupo de la Universidad Northwestern informó que la ablación exitosa de la FA concomitante en pacientes sometidos a cirugía de la válvula mitral mejoró la tasa de supervivencia a 5 años en comparación con la FA no tratada (75). Además, la tasa de supervivencia a 5 años en pacientes a los que se les realizó ablación por FA fue prácticamente idéntica a la de los pacientes que no tenían FA antes de la cirugía. En 2018, el grupo de Damiano demostró que la ablación de la FA mediante el procedimiento maze-IV mejoró la tasa de supervivencia a 10 años en comparación con los pacientes en los que se ignoró la FA (76). En 2019, se publicaron dos estudios importantes sobre la mejora de la supervivencia después de la cirugía concomitante de FA. Suwalski y los investigadores de KROK informaron sobre los resultados del Registro Nacional Polaco de Procedimientos de Cirugía Cardíaca, que abarcó a 11 381 pacientes con FA que se sometieron a cirugía de VM entre 2006 y 2017 en 37 centros de Polonia (77). Después de un ajuste riguroso de la propensión entre la ablación quirúrgica concomitante de la FA y ninguna ablación de la FA, la ablación quirúrgica se asoció con una mejora de casi el 20 % en la supervivencia a largo plazo. Además, el Grupo de Estudio de Enfermedades Cardiovasculares del Norte de Nueva Inglaterra informó los resultados de la ablación concomitante de FA de siete centros diferentes. La ablación concomitante de la FA mejoró significativamente las tasas generales de supervivencia a 5 años y mejoró las tasas de supervivencia en tres grupos separados de pacientes, los que se sometieron a CABG aislada, cirugía valvular y CABG/cirugía valvular combinada (78). Estos tres estudios realizados por el grupo de Damiano, el Registro Polaco de Suwalski y el consorcio de Nueva Inglaterra de Iribarne se publicaron después de las pautas de la STS de 2017 y la declaración de consenso de expertos de la AATS de 2017, por lo que

es probable que la falta de recomendaciones de las pautas actuales basadas en una mejor supervivencia después de la cirugía concomitante de FA cambie en la próxima versión de las directrices.

Nivel de comodidad con la cirugía de ablación de FA

Está claro del estudio mencionado anteriormente que una de las barreras para los cirujanos que realizan cirugía concomitante de FA es el hecho de que muchos se sienten "incómodos" al realizar cualquier procedimiento de ablación de FA. Esto enfatiza la necesidad de una mejor capacitación quirúrgica y una mejor educación quirúrgica. La AATS formalizó el primer reconocimiento de este problema en su declaración de consenso de expertos de 2017 que decía: "Recomendamos enfáticamente que los cirujanos que son nuevos en la FA quirúrgica sean supervisados por un cirujano experimentado durante tres a cinco casos antes de realizar la ablación quirúrgica sola (Clase I, Nivel C)" (51). Recomendaron además que "la optimización de los resultados de los pacientes requiere una combinación de educación y capacitación formal que incorpore la comprensión de los riesgos de dejar la FA sin tratar, los riesgos asociados con la ablación quirúrgica, el procedimiento recomendado, incluida la elección del conjunto de lesiones y las tecnologías de ablación, y los resultados de la ablación quirúrgica." Es de esperar que, con este estímulo, el porcentaje de pacientes tratados por FA concomitante aumente en el futuro.

Estado actual de la ablación quirúrgica para la FA independiente

Debido a que la intervención quirúrgica se introdujo clínicamente unos 11 años antes del artículo de Haissaguerre de 1998 (12), la FA independiente se trató inicialmente únicamente con el procedimiento de laberinto porque era el único procedimiento de intervención disponible entre 1987 y 1998. De hecho, los primeros 100 o más procedimientos de laberinto se realizaron únicamente para la FA independiente porque nos preocupaba que agregar un procedimiento de laberinto a la cirugía CABG, RVM o AVR podría aumentar el riesgo quirúrgico debido al tiempo prolongado de derivación cardiopulmonar y al tiempo de pinzamiento cruzado aórtico. A principios de la década de 1990, tanto los primeros coautores (PMM) como (JLC) comenzaron a combinar el procedimiento de laberinto con la cirugía RVM, así como con otras operaciones cardíacas, y confirmamos por separado que agregar el procedimiento de laberinto no afectó negativamente morbilidad o mortalidad perioperatoria. Sin embargo, desde la publicación del artículo de Haissaguerre en 1998,



Procedimiento mínimamente invasivo CryoMaze-III

Durante las siguientes dos décadas, algunos cirujanos expertos en arritmia continuaron realizando procedimientos quirúrgicos ocasionales para la FA aislada, especialmente para fallas en la ablación con catéter. Se introdujeron varios procedimientos quirúrgicos nuevos y menos invasivos para la FA en un esfuerzo por hacer que la cirugía fuera más atractiva para el tratamiento independiente de la FA, incluido el procedimiento mínimamente invasivo CryoMaze-III que comenzamos a usar de forma rutinaria en 1997 y se informó por primera vez en 2000 (18). Las lesiones en el procedimiento mínimamente invasivo CryoMaze-III fueron idénticas a las del procedimiento previo de laberinto-III cortado y cosido realizado a través de una esternotomía media y los resultados fueron los mismos. Si bien la morbilidad asociada con el CryoMaze-III mínimamente invasivo fue menor que la del procedimiento de laberinto de corte y costura de esternotomía media-III, todavía requirió el uso de derivación cardiopulmonar, que sigue siendo el principal impedimento para su uso generalizado en la actualidad. Sin embargo, utilizando esencialmente el mismo procedimiento de laberinto III mínimamente invasivo durante los últimos 20 años o más. Ad ha logrado un ritmo sinusal del 73 % sin medicación antiarrítmica y un 81 % sin anticoagulación a los 5 años, resultados ejemplares para el tratamiento intervencionista de FA persistente de larga evolución (79). Los resultados de la cirugía para procedimientos independientes del laberinto de Cox han seguido siendo superiores a la ablación con catéter, pero ha persistido la resistencia a la expansión de la cirugía para la FA independiente debido a la invasividad de la cirugía en comparación con la ablación con catéter.

Recientemente, el primer autor (PMM) desarrolló una nueva técnica para realizar el procedimiento Cryo-Maze-III cuando se emplea concomitantemente con otra cirugía cardíaca (80). En esta nueva modificación, se preforma una criosonda larga y flexible para que se puedan lograr múltiples lesiones del patrón laberinto-III. Esto da como resultado la necesidad de aplicar solo tres criolesiones separadas en la aurícula izquierda y tres en la aurícula derecha, lo que reduce en gran medida el tiempo requerido para completar todas las lesiones del procedimiento del laberinto crioquirúrgico-III.

Procedimientos mínimamente invasivos sin bomba

Procedimiento Wolf mini-maze: este procedimiento se informó por primera vez en 2005 como un tratamiento quirúrgico "sin bomba" para la FA (81). Su nombre sugería que estaba relacionado con el



procedimiento del laberinto; era simplemente una AVP más extracción/oclusión con grapas del apéndice auricular izquierdo (OAI) y no tenía nada que ver con el concepto de usar un patrón de laberinto de lesiones para tratar la FA. Probó tener resultados similares a los de la ablación con catéter para la FAP, pero al igual que la IVP con catéter, también fue subóptima para el tratamiento de la FA persistente y persistente de larga data. Miles de pacientes se sometieron a este procedimiento quirúrgico, que requirió la apertura de ambos tórax y la realización de dos pericardiotomías separadas para la FA con resultados similares a los que se pueden lograr con una ablación con catéter RF mucho menos invasiva.

Conjunto de lesiones de Dallas: de manera similar, el conjunto de lesiones de Dallas, informado por primera vez en 2009 (82), fue otro procedimiento quirúrgico "sin circulación extracorpórea" para la FA en el que no se realizaron lesiones en la aurícula derecha y las lesiones combinadas de la línea mitral/seno coronario del laberinto-III se reemplazaron por una única lesión anterior a través del haz de Bachmann. Dado que el propósito de las lesiones de la línea mitral/seno coronario es evitar el aleteo auricular peri-mitral posoperatorio, esto parecía ser una buena idea. Sin embargo, hubo varios problemas con el Dallas Lesion Set. En primer lugar, dividió el haz de Bachmann, lo que generó la posibilidad de retrasar la conducción auricular desde la AD hasta la AI, tal como habíamos visto anteriormente con el procedimiento original del laberinto-I. Si la conducción interauricular se retrasa hasta 150 msec, la AI y VI podrían activarse al mismo tiempo, lo que da como resultado que la AI se contraiga contra una válvula mitral cerrada y elimine cualquier contribución de la AI a la sincronía AV y al gasto cardíaco anterógrado. Este problema llevó a mover la lesión anterior más lateralmente con su extremo proximal en la base de la OAI y su extremo distal en el triángulo fibroso izquierdo. La colocación de la lesión anterior más lateralmente en la AI resolvió el problema del retraso en la conducción interauricular pero introdujo otro problema de tener que realizar una ablación por radiofrecuencia extensa en la región del triángulo fibroso izquierdo en la proximidad inmediata de la arteria coronaria principal izquierda. Además, la lesión anterior, que tuvo que realizarse epicárdicamente con RF unipolar en el corazón latiendo, a menudo fallaba, en cuyo caso la lesión incompleta a menudo se volvía arritmogénica.



El procedimiento de mini-laberinto de Wolf y el conjunto de lesiones de Dallas fueron los dos métodos quirúrgicos mínimamente invasivos más utilizados para el tratamiento de la fibrilación auricular desarrollados en los últimos 20 años. Prácticamente todos los patrones de lesión que uno podría pensar se usaron en un momento u otro para tratar la FA, ninguno de los cuales tenía una base científica sólida basada en estudios mecánicos rigurosos. Como resultado de los malos resultados obtenidos con la ablación con catéter y la decepción con los nuevos procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos, evolucionó un nuevo concepto de realizar los llamados procedimientos "híbridos" para la FA persistente prolongada en la que los electrofisiólogos intervencionistas y los cirujanos trabajan juntos para superar el problema de la FA persistente de larga duración sin necesidad de circulación extracorpórea.

Procedimientos híbridos sin bomba

Cuatro enfoques generales se han popularizado como procedimientos híbridos durante la última década, cada uno de los cuales se puede realizar como un procedimiento "conjunto" o como un procedimiento "por etapas". Incluyen:

- (1) procedimiento de laberinto toracoscópico (TT) de Muneretto/Bisleri;
- (2) procedimiento de laberinto modificado van Putte TT;
- (3) procedimiento de laberinto TT de LaMeir basado en el mapeo intraoperatorio;
- (4) Procedimiento convergente.

Procedimiento TT híbrido Muneretto/Bisleri: Este procedimiento se realiza a través de tres pequeñas punzadas en el tórax derecho, una para el toracoscopio y dos para los instrumentos quirúrgicos. Las VP se rodean con el dispositivo epicárdico Fusion (AtriCure Inc., 7555 Innovation Way, Mason, OH 45040 EE. UU.), que crea una lesión en forma de caja alrededor de las cuatro VP y la pared AI posterior. La supuesta ventaja del dispositivo Fusion es que puede crear un vacío que "succiona" la pared auricular hacia el dispositivo para que tanto la RF bipolar como la unipolar puedan usarse para crear la lesión. Muneretto también extiende las puntas del dispositivo Fusion hacia la pared libre de la aurícula derecha, donde las cruza para superponerse entre sí. Luego crea una lesión de RF desde la SVC hasta la IVC que da como resultado el aislamiento de una porción significativa de la pared libre de la AR. 6 semanas después. En el ensayo prospectivo aleatorizado HISTORIC-AF, la tasa de éxito de 1 año para este

procedimiento híbrido fue del 88 % en pacientes con FA persistente, independiente y persistente de larga evolución (83).

El procedimiento TT híbrido de van Putte: en este enfoque, el cirujano realiza procedimientos toracoscópicos bilaterales con tres heridas punzantes en cada tórax (84). Primero se ingresa al tórax izquierdo y se aíslan las PV con una pinza de RF bipolar. A continuación, se crean lesiones parciales en el techo y el suelo desde el lado derecho con el lápiz lineal Coolrail unipolar de doble electrodo. En procedimientos recientes, van Putte agregó dos lesiones en la RA, una entre la SVC y la IVC y otra desde esta línea intercava a través de la RA inferior y luego curvándola hacia arriba hasta la punta del apéndice de la RA como se recomienda en el procedimiento de laberinto híbrido (84). Luego se da vuelta al paciente y se inserta el toracoscopio en el tórax izquierdo. A través de esta exposición, las VP izquierdas se aíslan con una abrazadera de RF bipolar y las lesiones del techo y el suelo se completan con el bolígrafo Coolrail (AtriCure, Inc., 7555 Innovation Way Mason, OH 45040 EE. UU.). Luego, se extiende una lesión AI anterior para evitar el aleteo auricular peri-mitral (también conocido como "aleteo auricular izquierdo atípico") desde la lesión del techo hasta el triángulo fibroso izquierdo lo más hacia la izquierda posible para evitar la sección del haz de Bachmann. Debido a que la transmuralidad es tan difícil de lograr con esta lesión, a menudo es incompleta y se vuelve arritmogénica. Como resultado, van Putte ha eliminado esta lesión de su técnica. Finalmente, el apéndice AI se ocluye con un AtriClip epicárdico.

El autor van Putte realiza este procedimiento como un tratamiento definitivo, no como un verdadero procedimiento híbrido, por lo que la ablación con catéter de seguimiento no es obligatoria. En la Universidad de Northwestern, insistimos en que el paciente se someta a este estudio de seguimiento con cualquier "retoque" y/o ablación adicional del catéter que sea necesario. Nuestra experiencia con este procedimiento de laberinto modificado con TT en los primeros 20 pacientes (67% FA persistente de larga data) ha sido excelente. Al año, la ausencia de aleteo/fibrilación auricular fue del 95 %. El único paciente con fibrilación auricular recurrente se negó a someterse al estudio de seguimiento con catéter y posible ablación. Además, el grupo de van Putte informó recientemente una ausencia general de arritmias auriculares en 82 pacientes que se sometieron solo al procedimiento toracoscópico del 60 % después de un seguimiento medio de $4,0 \pm 0,3$ años (85).



Procedimiento híbrido LaMeir TT basado en mapeo intraoperatorio: la cuestión de si cualquier procedimiento intervencionista puede o no basarse en el mapeo intraoperatorio ha persistido desde el desarrollo de la cirugía para la FA a mediados de la década de 1980, cuando supimos que la cirugía de FA no podía ser guiada por mapa . El procedimiento híbrido más utilizado que contrarresta esa observación ha sido el enfoque popularizado por Mark LaMeir y asociados en Bruselas y Maastricht (86), el grupo de Ámsterdam de De Groot también utiliza el mapeo intraprocedimiento, pero es algo menos dependiente de él que de la anatomía de la aurícula, en que rutinariamente realizan aislamiento antral de VP y ablación del plexo ganglionar en todos los procedimientos (87). En el enfoque de LaMeir, el patrón de lesión para cada paciente se basa en los hallazgos del mapeo intraoperatorio en ese paciente específico y, por lo tanto, los patrones de lesión varían de un paciente a otro (86). LaMeir informó que en 72 pacientes con FA persistente, el 75 % estaba libre de arritmias auriculares al cabo de 1 año. DeGroot informó en una carta al editor que el 88 % de sus 66 pacientes estaban en ritmo sinusal a los 5 años, aunque solo el 55 % de ellos no había experimentado una recurrencia de la FA durante los 5 años de seguimiento. Recientemente, LaMeir ha publicado una técnica híbrida en la que realiza todo el procedimiento de TT a través del tórax izquierdo (88). Informa una tasa de éxito del 68,8 % con un seguimiento medio de 24,9 + 11,8 meses en 51 pacientes.

Procedimiento convergente: el "procedimiento ex-maze" fue la primera técnica que se introdujo y, aunque ya no se realiza, evolucionó hasta convertirse en lo que ahora se conoce como el "procedimiento convergente", que se ha vuelto muy popular entre los cirujanos y los profesionales de la salud. El procedimiento de laberinto original se realizó a través de un abordaje transdiafragmático abdominal (89), mientras que el procedimiento convergente actual se realiza a través de un abordaje subxifoideo (90). Usando la sonda Epi-Sense RF (AtriCure Inc., 7555 Innovation Way, Mason, OH 45040 USA) epicárdicamente, el cirujano primero realiza la ablación epicárdica de la pared posterior de la aurícula izquierda a través de una pequeña incisión subxifoidea y pericardiotomía. La oclusión toracoscópica del apéndice auricular izquierdo con un AtriClip epicárdico (AtriCure Inc., 7555 Innovation Way, Mason, OH 45040 EE. UU.) puede o no estar incluida.

Recientemente, se informó sobre un ensayo controlado aleatorio prospectivo en el que se comparó el procedimiento convergente híbrido con la ablación con catéter solo para el tratamiento de la FA

persistente y persistente (91). El procedimiento híbrido convergente mostró una eficacia superior en comparación con la ablación con catéter endocárdico sin arritmias auriculares en ausencia de dosis nuevas o mayores de fármacos antiarrítmicos de clase I/III que habían fracasado anteriormente del 67,7 % frente al 50,0 %, respectivamente (razón de riesgo, 1,35, $p = 0,036$), y sin fármacos antiarrítmicos éxito del 53,5% frente al 32,0%, respectivamente (razón de riesgo, 1,67, $p = 0,0128$). A los 18 meses, utilizando la monitorización Holter de 7 días, el 74 % de los sujetos que recibieron el Procedimiento Convergente híbrido tuvieron al menos una reducción de la carga de FA del 90 % en comparación con el 55 % con ablación con catéter endocárdico solamente (razón de riesgo, 1,34, $p = 0,0395$). Este estudio ha llevado a un resurgimiento en la utilización del Procedimiento Convergente híbrido para tratar la FA persistente de larga data.

Finalmente, en 2019, una revisión sistemática y un metanálisis que compararon los procedimientos híbridos con la ablación con catéter para la FA persistente de larga evolución mostraron una clara superioridad de los procedimientos híbridos (92).

Futuro del Tratamiento Intervencionista de la Fibrilación Auricular

Futuro de la ablación con catéter para la fibrilación auricular

Recientemente, se han introducido dos fuentes de energía nuevas y prometedoras para la ablación con catéter de la FA, la ablación con campo pulsado (93) y la crioterapia ultrabaja (94).

Ablación de campo pulsado (ACP): este enfoque aprovecha una fuente de energía que se puede administrar a los tejidos en forma reversible e irreversible. La electroporación reversible se ha usado para tratar el cáncer aumentando el tamaño de las aberturas naturales en las paredes celulares para permitir que se inserten en las células pequeñas moléculas de un compuesto deseado (por ejemplo, fármacos contra el cáncer). Es una fuente de energía no basada en el calor que se puede apagar simplemente después de la inserción del fármaco deseado en las células, lo que permite que las aberturas naturales de la pared celular vuelvan a su tamaño normal sin causar daño permanente a las células mismas. La electroporación irreversible se puede lograr aumentando la fuerza de la energía aplicada, que destruye las paredes celulares y, por lo tanto, es capaz de crear lesiones permanentes en el tejido objetivo. Cuando se utiliza para crear lesiones en el miocardio auricular, su principal ventaja es que parece ser "específico del tejido", evitando así daños colaterales a los tejidos adyacentes, como los

nervios o el tejido esofágico. La seguridad de la electroporación irreversible (ablación de campo pulsado o ACP) es la característica más atractiva de esta nueva fuente de energía para crear lesiones auriculares para tratar la fibrilación auricular.

Hay algunos problemas, sin embargo, con ACP. Primero, a menudo es difícil lograr la penetración de la pared auricular desde el endocardio a profundidades mayores de 3 a 4 mm. Esto puede deberse a la "dispersión" de la energía a medida que viaja a través del músculo auricular fibrótico o puede deberse a la pérdida de gran parte de la energía de la ACP hacia la sangre intracavitaria. Dado que la sangre tiene una resistencia más baja que el músculo auricular, la mayor parte de la energía de ACP aplicada al endocardio auricular se pierde en el torrente sanguíneo, como lo demuestran las numerosas "burbujas" que se ven fácilmente en el eco durante la aplicación de ACP en el endocardio. No obstante, la ACP ha creado el mayor entusiasmo de cualquier nueva fuente de energía para el tratamiento intervencionista de la fibrilación auricular desde que se introdujo la ablación con catéter para el tratamiento de la fibrilación auricular en 1998.

Crioablación ultrabaja (CUB): los únicos dispositivos crioquirúrgicos disponibles desde que se introdujeron en la cirugía cardíaca a mediados de la década de 1970 han utilizado óxido nitroso que se expande internamente como criógeno, lo que enfría la criosonda a aproximadamente -600 C. Unos 30 años después, El gas argón, capaz de enfriar la sonda criogénica a aproximadamente -1600 C, se introdujo como un criógeno que podría usarse en instrumentos quirúrgicos pero no para la ablación con catéter. Incluso hoy en día, los criocatóteres y crioglobos disponibles siguen utilizando óxido nitroso como criógeno, aunque los cirujanos pueden elegir entre criosondas quirúrgicas de óxido nitroso y argón disponibles en el mercado.

Hace tiempo que se sabe que el criógeno más frío de la naturaleza es el nitrógeno líquido, que es capaz de alcanzar una temperatura de -1960 C. Desafortunadamente, la administración de nitrógeno líquido requiere sondas y tubos tan grandes que no es factible como herramienta clínica para ablación con catéter. Sin embargo, hace varios años fue posible suspender el nitrógeno líquido en una fase denominada "casi crítica" entre el líquido y el gas. Esto proporcionó un criógeno con la viscosidad del gas que se puede administrar a través de conductos extremadamente pequeños a una temperatura de -1960 C, lo que lo hace factible como criógeno para su uso en catéteres de ablación. Durante los últimos



11 años, Adagio Medical, Inc. de Laguna Hills, CA, ha estado desarrollando un sistema de criocatóter que proporciona no solo la temperatura más baja posible de -196°C, pero también un catéter que puede crear una criolesión lineal continua en la aurícula. Debido a la temperatura extremadamente baja, las lesiones son uniformemente transmurales y contiguas, sin espacios entre las lesiones lineales. Esto proporciona a los EP una herramienta revolucionaria para crear lesiones confiables de bloqueo de conducción en cualquier lugar de cualquiera de las aurículas.

Después de años de estudios preclínicos, ahora se han completado dos ensayos clínicos iniciales que utilizan este sistema. El primero estaba dirigido a crear lesiones CTI para el aleteo auricular clásico y el segundo ensayo clínico estaba diseñado para tratar la FA persistente y persistente de larga duración. El tiempo necesario para realizar el aislamiento completo de las VP, incluida la pared posterior de la LA, la línea mitral y la lesión de CTI, se mide en minutos. Los resultados hasta ahora han sido espectaculares, pero esperan su publicación en una revista revisada por pares.

Combinación de ACP y CUB (PFCA): finalmente, la misma pequeña empresa de California ha desarrollado un sistema mediante el cual tanto ACP como CUB pueden administrarse a través del mismo catéter de ablación para aprovechar las características positivas de ambas fuentes de energía. Una vez que el catéter de ablación se coloca en la ubicación deseada contra el endocardio auricular, se inicia la crioterapia de bajo nivel para "fijar" el catéter en su posición y formar un aislante alrededor del propio catéter. Luego, la ACP se puede administrar a través del mismo catéter para aprovechar su característica "específica de tejido". El aislante de "bola de hielo" alrededor del catéter evita la pérdida de energía ACP hacia la sangre de la cavidad auricular y permite que toda la energía ACP se dirija únicamente hacia la pared auricular. Sobre la base de los primeros resultados de los ensayos preclínicos y clínicos, es probable que PFCA se convierta en la combinación de fuente de energía del futuro, ya que parece superar las principales limitaciones de las lesiones incompletas y poco confiables que actualmente crea la punta de los catéteres de ablación disponibles. Los estudios preclínicos y clínicos que usan PFCA están siendo realizados principalmente por el Dr. Atul Verma.

Futuro de la ablación quirúrgica para la fibrilación auricular

Es probable que la ablación quirúrgica concomitante de la fibrilación auricular en pacientes sometidos a CABG, RVM y RVA continúe creciendo en un futuro cercano y lejano. Los estudios de los últimos



10 años han documentado que tratar tanto el problema cardíaco primario como cualquier FA asociada no aumenta el riesgo quirúrgico y, de hecho, puede disminuir la mortalidad operatoria en comparación con ignorar la FA. Si bien menos de la mitad de todos estos pacientes ahora reciben ablación de FA concomitante, las pautas de STS y el consenso de expertos de AATS declararon que la ablación de FA concomitante es una recomendación de Clase I y Clase IIa en las pautas de válvulas. Por lo tanto, la renuencia de algunos cirujanos y su falta de comprensión de cuándo y cómo realizar los procedimientos de ablación concomitantes de la FA pueden superarse mediante la mejora continua en su educación y comprensión del problema de la FA. Las ventajas de agregar la ablación concomitante de la FA a los procedimientos CABG, RVM y RVA se han documentado en múltiples publicaciones y los cirujanos ya no pueden ignorarlas si desean brindar a sus pacientes el estándar de atención que se merecen. Como mínimo, después del ensayo aleatorizado OAIOS III, el cierre seguro de la OAI debe convertirse en una recomendación de Clase I e incorporarse en cada operación concomitante cuando sea práctico. Además, la magnitud del problema de la FA en todo el mundo sugiere que, en el futuro, es probable que la ablación concomitante de la FA se convierta en una parte importante de la práctica clínica de todos los cirujanos cardíacos. Esperamos que el uso del conjunto de lesiones de crioablación más eficiente y muy efectivo que promovimos en Northwestern aborde el aumento de los tiempos de pinzamiento cruzado y derivación cardiopulmonar del procedimiento maze-IV. Este enfoque más simple también debería aumentar la adopción, especialmente si la aprobación de la FDA es más amplia para el etiquetado (Identificador de ClinicalTrials.gov de ICE-AF:NCT03732794) está aprobado.

El futuro de la cirugía para la FA aislada también es prometedor. A pesar del desarrollo de catéteres de ablación más nuevos y efectivos, el problema de la FA crónica presente durante muchos meses o años en pacientes con aurícula izquierda grande solo aumentará en el futuro a medida que la FA sea más frecuente. Por lo tanto, el futuro de los enfoques híbridos quirúrgicos/catéter relativamente simples y no invasivos, como el Procedimiento Convergente, parece brillante, ya que no hay duda de que siempre será necesario algún grado de intervención quirúrgica, así como la ablación con catéter, para FA persistente independiente de larga duración. Sin embargo, es probable que a medida que se perfeccionen estas nuevas tecnologías y técnicas, menos pacientes se someterán al procedimiento maze-III/IV que requiere circulación extracorpórea.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K., Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J., Gillum R.F., Kim Y.H., McAnulty J.H., Jr., Zheng Z.J., et al. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: A Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014;129:837–847. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Naccarelli G.V., Varker H., Lin J., Schulman K.L. Increasing prevalence of atrial fibrillation and flutter in the United States. *Am. J. Cardiol*. 2009;104:1534–1539. doi: 10.1016/j.amjcard.2009.07.022. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Steinberg B.A., Holmes D.N., Ezekowitz M.D., Fonarow G.C., Kowey P.R., Mahaffey K.W., Naccarelli G., Reiffel J., Chang P., Peterson E.D., et al. Rate versus rhythm control for management of atrial fibrillation in clinical practice: Results from the Outcomes Registry for Better Informed Treatment of Atrial Fibrillation (ORBIT-AF) registry. *Am. Heart J*. 2013;165:622–629. doi: 10.1016/j.ahj.2012.12.019. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Calkins H., Reynolds M.R., Spector P., Sondhi M., Xu Y., Martin A., Williams C.J., Sledge I. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: Two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol*. 2009;2:349–361. doi: 10.1161/CIRCEP.108.824789. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Badhwar V., Rankin J.S., Ad N., Grau-Sepulveda M., Damiano R.J., Gillinov A.M., McCarthy P.M., Thourani V.H., Suri R.M., Jacobs J.P., et al. Surgical Ablation of Atrial Fibrillation in the United States: Trends and Propensity Matched Outcomes. *Ann. Thorac. Surg*. 2017;104:493–500. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.05.016. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Hosseini S.M., Rozen G., Saleh A., Vaid J., Biton Y., Moazzami K., Heist E.K., Mansour M.C., Kaadan M.I., Vangel M., et al. Catheter Ablation for Cardiac Arrhythmias: Utilization and In-Hospital Complications, 2000 to 2013. *JACC Clin. Electrophysiol*. 2017;3:1240–1248. doi: 10.1016/j.jacep.2017.05.005. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)



- Piccini J.P., Hammill B.G., Sinner M.F., Hernandez A.F., Walkey A.J., Benjamin E.J., Curtis L.H., Heckbert S.R. Clinical course of atrial fibrillation in older adults: The importance of cardiovascular events beyond stroke. *Eur. Heart J.* 2014;35:250–256. doi: 10.1093/eurheartj/eh483. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Ries L.A.G., Harkins D., Krapcho M., Mariotto A., Miller B.A., Feuer E.J., Clegg L., Eisner M.P., Horner M.J., Howlander N., et al. SEER Cancer Statistics Review, 1975–2003. ((accessed on 28 June 2021)); Available online: https://seer.cancer.gov/archive/csr/1975_2003/
- National Cancer Institute. Bethesda M.D. ((accessed on 28 June 2021)); Available online: http://seer.cancer.gov/csr/1975_2010/
- Stewart S., Hart C.L., Hole D.J., McMurray J.J. A population-based study of the long-term risks associated with atrial fibrillation: 20-year follow-up of the Renfrew/Paisley study. *Am. J. Med.* 2002;113:359–364. doi: 10.1016/S0002-9343(02)01236-6. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Cox J.L. The first Maze procedure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011;141:1093–1097. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.12.012. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Haissaguerre M., Jais P., Shah D.C., Takahashi A., Hocini M., Quiniou G., Garrigue S., Le Mouroux A., Le Metayer P., Clementy J. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N. Engl. J. Med.* 1998;339:659–666. doi: 10.1056/NEJM199809033391003. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- D’Agostino H.J., Harada A., Eisenberg S., Schuessler R., Boineau J., Cox J. Surgical Ablation of Atrial Fibrillation in a Canine Model of Chronic Mitral Regurgitation. *Surgical Forum XXXVII.* 1986;339:302–303. (Google Scholar)
- Laschinger J.C., Vannier M.W., Gronemeyer S., Gutierrez F., Rosenbloom M., Cox J.L. Noninvasive three-dimensional reconstruction of the heart and great vessels by ECG-gated magnetic resonance imaging: A new diagnostic modality. *Ann. Thorac. Surg.* 1988;45:505–514. doi: 10.1016/S0003-4975(10)64523-7. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

- Canavan T.E., Schuessler R.B., Cain M.E., Lindsay B.D., Boineau J.P., Corr P.B., Cox J.L.
Computerized global electrophysiological mapping of the atrium in a patient with multiple
supraventricular tachyarrhythmias. *Ann. Thorac. Surg.* 1988;46:232–235. doi: 10.1016/S0003-
4975(10)65904-8. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Cox J.L., Canavan T.E., Schuessler R.B., Cain M.E., Lindsay B.D., Stone C., Smith P.K., Corr P.B.,
Boineau J.P. The surgical treatment of atrial fibrillation. II. Intraoperative electrophysiologic
mapping and description of the electrophysiologic basis of atrial flutter and atrial fibrillation. *J.*
Thorac. Cardiovasc. Surg. 1991;101:406–426. doi: 10.1016/S0022-5223(19)36723-6. (PubMed)
(CrossRef) (Google Scholar)
- Moe G.K., Abildskov J.A. Atrial fibrillation as a self-sustaining arrhythmia independent of focal
discharge. *Am. Heart J.* 1959;58:59–70. doi: 10.1016/0002-8703(59)90274-1. (PubMed)
(CrossRef) (Google Scholar)
- Cox J.L. The minimally invasive Maze-III procedure. *Oper. Tech. Thorac. Cardiovasc. Surg.*
2000;5:79–92. doi: 10.1053/oi.2000.5973. (CrossRef) (Google Scholar)
- Damiano R.J., Jr., Schwartz F.H., Bailey M.S., Maniar H.S., Munfakh N.A., Moon M.R., Schuessler
R.B. The Cox maze IV procedure: Predictors of late recurrence. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*
2011;141:113–121. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.08.067. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef)
(Google Scholar)
- Oral H., Knight B.P., Tada H., Ozaydin M., Chugh A., Hassan S., Scharf C., Lai S.W., Greenstein R.,
Pelosi F., Jr., et al. Pulmonary vein isolation for paroxysmal and persistent atrial fibrillation.
Circulation. 2002;105:1077–1081. doi: 10.1161/hc0902.104712. (PubMed) (CrossRef) (Google
Scholar)
- Pappone C., Rosanio S., Oreto G., Tocchi M., Gugliotta F., Vicedomini G., Salvati A., Dicandia C.,
Mazzone P., Santinelli V., et al. Circumferential radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia:
A new anatomic approach for curing atrial fibrillation. *Circulation.* 2000;102:2619–2628. doi:
10.1161/01 .CIR.102.21.2619. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

- Wasserlauf J., Verma N. Atrial-esophageal fistula as a complication of AF ablation: A tough one to swallow. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020;31:1377–1378. doi: 10.1111/jce.14512. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- . Koruth J.S., Reddy V.Y., Miller M.A., Patel K.K., Coffey J.O., Fischer A., Gomes J.A., Dukkipati S., D’Avila A., Mittnacht A. Mechanical esophageal displacement during catheter ablation for atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2012;23:147–154. doi: 10.1111/j.1540-8167.2011.02162.x. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Leung L.W., Gallagher M.M., Santangeli P., Tschabrunn C., Guerra J.M., Campos B., Hayat J., Atem F., Mickelsen S., Kulstad E. Esophageal cooling for protection during left atrial ablation: A systematic review and meta-analysis. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2020;59:347–355. doi: 10.1007/s10840-019-00661-5. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Lau D.H., Zeemering S., Maesen B., Kuklik P., Verheule S., Schotten U. Catheter Ablation Targeting Complex Fractionated Atrial Electrogram in Atrial Fibrillation. *J. Atr. Fibrillation.* 2013;6:907. doi: 10.4022/jafib.907. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- . Baykaner T., Lalani G.G., Schricker A., Krummen D.E., Narayan S.M. Mapping and ablating stable sources for atrial fibrillation: Summary of the literature on Focal Impulse and Rotor Modulation (FIRM) *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2014;40:237–244. doi: 10.1007/s10840-014-9889-8. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Gillinov A.M., Gelijns A.C., Parides M.K., DeRose J.J., Jr., Moskowitz A.J., Voisine P., Ailawadi G., Bouchard D., Smith P.K., Mack M.J., et al. Surgical ablation of atrial fibrillation during mitral-valve surgery. *N. Engl. J. Med.* 2015;372:1399–1409. doi: 10.1056/NEJMoa1500528. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- . Osorio-Jaramillo E., Klenk S., Laufer G., Ehrlich M.P. Noninvasive Electrocardiographic Imaging: A Novel Tool for Understanding Atrial Fibrillation in Candidates for Cardiac Surgery? *Innovations.* 2020;15:410–415. doi: 10.1177/1556984520943186. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Siontis K.C., Noseworthy P.A. Down but not out-addressing the scourge of late pulmonary vein reconnection. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2019;30:824–826. doi: 10.1111/jce.13903. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)



- Pappone C., Vicedomini G., Manguso F., Gugliotta F., Mazzone P., Gulletta S., Sora N., Sala S., Marzi A., Augello G., et al. Robotic magnetic navigation for atrial fibrillation ablation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006;47:1390–1400. doi: 10.1016/j.jacc.2005.11.058. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Saliba W., Reddy V.Y., Wazni O., Cummings J.E., Burkhardt J.D., Haissaguerre M., Kautzner J., Peichl P., Neuzil P., Schibgilla V., et al. Atrial fibrillation ablation using a robotic catheter remote control system: Initial human experience and long-term follow-up results. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008;51:2407–2411. doi: 10.1016/j.jacc.2008.03.027. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Hoffmayer K.S., Gerstenfeld E.P. Contact force-sensing catheters. *Curr. Opin. Cardiol.* 2015;30:74–80. doi: 10.1097/HCO.0000000000000131. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Black-Maier E., Pokorney S.D., Barnett A.S., Zeitler E.P., Sun A.Y., Jackson K.P., Bahnson T.D., Daubert J.P., Piccini J.P. Risk of atrioesophageal fistula formation with contact force-sensing catheters. *Heart Rhythm.* 2017;14:1328–1333. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.04.024. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Verma A., Sanders P., Macle L., Deisenhofer I., Morillo C.A., Chen J., Jiang C.Y., Ernst S., Mantovan R. Substrate and Trigger Ablation for Reduction of Atrial Fibrillation Trial-Part II (STAR AF II): Design and rationale. *Am. Heart J.* 2012;164:1–6.e6. doi: 10.1016/j.ahj.2012.04.002. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Tilz R.R., Rillig A., Thum A.M., Arya A., Wohlmuth P., Metzner A., Mathew S., Yoshiga Y., Wissner E., Kuck K.H., et al. Catheter ablation of long-standing persistent atrial fibrillation: 5-year outcomes of the Hamburg Sequential Ablation Strategy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;60:1921–1929. doi: 10.1016/j.jacc.2012.04.060. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Yang B., Jiang C., Lin Y., Yang G., Chu H., Cai H., Lu F., Zhan X., Xu J., Wang X., et al. STABLE-SR (Electrophysiological Substrate Ablation in the Left Atrium During Sinus Rhythm) for the Treatment of Nonparoxysmal Atrial Fibrillation: A Prospective, Multicenter Randomized Clinical Trial. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2017;10:e005405. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005405. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)



- Packer D.L., Mark D.B., Robb R.A., Monahan K.H., Bahnson T.D., Poole J.E., Noseworthy P.A., Rosenberg Y.D., Jeffries N., Mitchell L.B., et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy on Mortality, Stroke, Bleeding, and Cardiac Arrest Among Patients with Atrial Fibrillation: The CABANA Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321:1261–1274. doi: 10.1001/jama.2019.0693. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Kuck K.H., Brugada J., Furnkranz A., Metzner A., Ouyang F., Chun K.R., Elvan A., Arentz T., Bestehorn K., Pocock S.J., et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2016;374:2235–2245. doi: 10.1056/NEJMoa1602014. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Marrouche N.F., Brachmann J., Andresen D., Siebels J., Boersma L., Jordaens L., Merkely B., Pokushalov E., Sanders P., Proff J., et al. Catheter Ablation for Atrial Fibrillation with Heart Failure. *N. Engl. J. Med.* 2018;378:417–427. doi: 10.1056/NEJMoa1707855. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Takigawa M., Takahashi A., Kuwahara T., Okubo K., Takahashi Y., Watari Y., Nakashima E., Nakajima J., Yamao K., Takagi K., et al. Long-term outcome after catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation: Impact of different atrial fibrillation foci. *Int. J. Cardiol.* 2017;227:407–412. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.11.028. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Voskoboinik A., Moskovitch J.T., Harel N., Sanders P., Kistler P.M., Kalman J.M. Revisiting pulmonary vein isolation alone for persistent atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm*. 2017;14:661–667. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.01.003. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Akkaya E., Berkowitsch A., Zaltsberg S., Greiss H., Hamm C.W., Sperzel J., Neumann T., Kuniss M. Five-year experience with pulmonary vein isolation using the second-generation cryoballoon for treatment of persistent atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2018;29:1500–1507. doi: 10.1111/jce.13743. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Cheema A., Vasamreddy C.R., Dalal D., Marine J.E., Dong J., Henrikson C.A., Spragg D., Cheng A., Nazarian S., Sinha S., et al. Long-term single procedure efficacy of catheter ablation of atrial



- fibrillation. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2006;15:145–155. doi: 10.1007/s10840-006-9005-9. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Weerasooriya R., Khairy P., Litalien J., Macle L., Hocini M., Sacher F., Lellouche N., Knecht S., Wright M., Nault I., et al. Catheter ablation for atrial fibrillation: Are results maintained at 5 years of follow-up? *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011;57:160–166. doi: 10.1016/j.jacc.2010.05.061. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Tondo C., Iacopino S., Pieragnoli P., Molon G., Verlato R., Curnis A., Landolina M., Allocca G., Arena G., Fassini G., et al. Pulmonary vein isolation cryoablation for patients with persistent and long-standing persistent atrial fibrillation: Clinical outcomes from the real-world multicenter observational project. *Heart Rhythm.* 2018;15:363–368. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.10.038. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Andrade J.G., Champagne J., Dubuc M., Deyell M.W., Verma A., Macle L., Leong-Sit P., Novak P., Badra-Verdu M., Sapp J., et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation Assessed by Continuous Monitoring: A Randomized Clinical Trial. *Circulation.* 2019;140:1779–1788. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042622. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Cox J.L., Jaquiss R.D., Schuessler R.B., Boineau J.P. 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. doi: 10.1016/S0022-5223(95)70245-8. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- McCarthy P.M., Davidson C.J., Kruse J., Lerner D.J., Braid-Forbes M.J., McCrea M.M., Elmouelhi A.M., Ferguson M.A. Prevalence of atrial fibrillation before cardiac surgery and factors associated with concomitant ablation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020;159:2245–2253.e2215. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.06.062. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Mehaffey J.H., Charles E.J., Berens M., Clark M.J., Bond C., Fonner C.E., Kron I., Gelijns A.C., Miller M.A., Sarin E., et al. Barriers to atrial fibrillation ablation during mitral valve surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2021. in press. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef)
- Badhwar V., Rankin J.S., Damiano R.J.J., Gillinov A.M., Bakaeen F.G., Edgerton J.R., Philpott J.M., McCarthy P.M., Bolling S.F., Roberts H.G., et al. The Society of Thoracic Surgeons 2017



Clinical Practice Guidelines for the Surgical Treatment of Atrial Fibrillation. *Ann. Thorac. Surg.* 2017;103:329–341. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.10.076. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

Ad N., Damiano R.J.J., Badhwar V., Calkins H., La Meir M., Nitta T., Doll N., Holmes S.D., Weinstein A.A., Gillinov M. Expert consensus guidelines: Examining surgical ablation for atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2017;153:1330–1354.e1331. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.02.027. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

January C.T., Wann L.S., Calkins H., Chen L.Y., Cigarroa J.E., Cleveland J.C., Jr., Ellinor P.T., Ezekowitz M.D., Field M.E., Furie K.L., et al. 2019 AHA/ACC/HRS Focused Update of the 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients with Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society in Collaboration with the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation.* 2019;140:e125–e151. doi: 10.1161/CIR.0000000000000665. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

Ad N., Henry L., Hunt S., Holmes S.D. Do we increase the operative risk by adding the Cox Maze III procedure to aortic valve replacement and coronary artery bypass surgery? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012;143:936–944. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.12.018. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

Al-Atassi T., Kimmaliardjuk D.M., Dagenais C., Bourke M., Lam B.K., Rubens F.D. Should We Ablate Atrial Fibrillation During Coronary Artery Bypass Grafting and Aortic Valve Replacement? *Ann. Thorac. Surg.* 2017;104:515–522. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.11.081. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

Saint L.L., Damiano R.J., Jr., Cuculich P.S., Guthrie T.J., Moon M.R., Munfakh N.A., Maniar H.S. Incremental risk of the Cox-maze IV procedure for patients with atrial fibrillation undergoing mitral valve surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013;146:1072–1077. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.06.048. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

Louagie Y., Buche M., Eucher P., Schoevaerdt J.C., Gerard M., Jamart J., Blommaert D. Improved patient survival with concomitant Cox Maze III procedure compared with heart surgery alone.



- Ann. Thorac. Surg. 2009;87:440–446. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.10.001. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Deneke T., Khargi K., Grewe P.H., Laczkovics A., von Dryander S., Lawo T., Muller K.M., Lemke B. Efficacy of an additional MAZE procedure using cooled-tip radiofrequency ablation in patients with chronic atrial fibrillation and mitral valve disease. A randomized, prospective trial. Eur. Heart J. 2002;23:558–566. doi: 10.1053/euhj.2001.2841. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Schuetz A., Schulze C.J., Sarvanakis K.K., Mair H., Plazer H., Kilger E., Reichart B., Wildhirt S.M. Surgical treatment of permanent atrial fibrillation using microwave energy ablation: A prospective randomized clinical trial. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2003;24:475–480; discussion 480. doi: 10.1016/S1010-7940(03)00377-4. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Akpınar B., Guden M., Sagbas E., Sanisoglu I., Ozbek U., Caynak B., Bayindir O. Combined radiofrequency modified maze and mitral valve procedure through a port access approach: Early and mid-term results. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2003;24:223–230. doi: 10.1016/S1010-7940(03)00258-6. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Abreu Filho C.A., Lisboa L.A., Dallan L.A., Spina G.S., Grinberg M., Scanavacca M., Sosa E.A., Ramires J.A., Oliveira S.A. Effectiveness of the maze procedure using cooled-tip radiofrequency ablation in patients with permanent atrial fibrillation and rheumatic mitral valve disease. Circulation. 2005;112:I20–I25. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.526301. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Doukas G., Samani N.J., Alexiou C., Oc M., Chin D.T., Stafford P.G., Ng L.L., Spyt T.J. Left atrial radiofrequency ablation during mitral valve surgery for continuous atrial fibrillation: A randomized controlled trial. JAMA. 2005;294:2323–2329. doi: 10.1001/jama.294.18.2323. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Blomstrom-Lundqvist C., Gizurarson S., Schwieler J., Jensen S.M., Bergfeldt L., Kenneback G., Rubulis A., Malmborg H., Raatikainen P., Lonnerholm S., et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Medication on Quality of Life in Patients with Atrial Fibrillation: The CAPTAF Randomized Clinical Trial. JAMA. 2019;321:1059–1068. doi: 10.1001/jama.2019.0335. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)



- Chevalier P., Leizorovicz A., Maureira P., Carteaux J.P., Corbineau H., Caus T., DeBreyne B., Mabot P., Dechillou C., Deharo J.C., et al. Left atrial radiofrequency ablation during mitral valve surgery: A prospective randomized multicentre study (SAFIR) *Arch. Cardiovasc. Dis.* 2009;102:769–775. doi: 10.1016/j.acvd.2009.08.010. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Prasad S.M., Maniar H.S., Camillo C.J., Schuessler R.B., Boineau J.P., Sundt T.M., 3rd, Cox J.L., Damiano R.J., Jr. The Cox maze III procedure for atrial fibrillation: Long-term efficacy in patients undergoing lone versus concomitant procedures. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2003;126:1822–1828. doi: 10.1016/S0022-5223(03)01287-X. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Itoh A., Kobayashi J., Bando K., Niwaya K., Tagusari O., Nakajima H., Komori S., Kitamura S. The impact of mitral valve surgery combined with maze procedure. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006;29:1030–1035. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.03.028. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Ad N., Holmes S.D., Rongione A.J., Badhwar V., Wei L., Fornaresio L.M., Massimiano P.S. The long-term safety and efficacy of concomitant Cox maze procedures for atrial fibrillation in patients without mitral valve disease. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;157:1505–1514. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.09.131. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Malaisrie S.C., McCarthy P.M., Kruse J., Matsouaka R.A., Churyla A., Grau-Sepulveda M.V., Friedman D.J., Brennan J.M. Ablation of atrial fibrillation during coronary artery bypass grafting: Late outcomes in a Medicare population. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2021;161:1251–1261.e1251. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.10.159. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Johnson W.D., Ganjoo A.K., Stone C.D., Srivyas R.C., Howard M. The left atrial appendage: Our most lethal human attachment! Surgical implications. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2000;17:718–722. doi: 10.1016/S1010-7940(00)00419-X. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Lee R., Vassallo P., Kruse J., Malaisrie S.C., Rigolin V., Andrei A.C., McCarthy P. A randomized, prospective pilot comparison of 3 atrial appendage elimination techniques: Internal ligation, stapled excision, and surgical excision. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2016;152:1075–1080. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.06.009. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

- McCarthy P.M., Lee R., Foley J.L., Phillips L., Kanayinkal T., Francischelli D.E. Occlusion of canine atrial appendage using an expandable silicone band. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010;140:885–889. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.01.015. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Salzberg S.P., Plass A., Emmert M.Y., Desbiolles L., Alkadhi H., Grunenfelder J., Genoni M. Left atrial appendage clip occlusion: Early clinical results. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010;139:1269–1274. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.033. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Kanderian A.S., Gillinov A.M., Pettersson G.B., Blackstone E., Klein A.L. Success of surgical left atrial appendage closure: Assessment by transesophageal echocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008;52:924–929. doi: 10.1016/j.jacc.2008.03.067. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Starck C.T., Steffel J., Emmert M.Y., Plass A., Mahapatra S., Falk V., Salzberg S.P. Epicardial left atrial appendage clip occlusion also provides the electrical isolation of the left atrial appendage. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012;15:416–418. doi: 10.1093/icvts/ivs136. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Romero J., Gabr M., Patel K., Briceno D., Diaz J.C., Alviz I., Trivedi C., Mohanty S., Polanco D., Della Rocca D.G., et al. Efficacy and safety of left atrial appendage electrical isolation during catheter ablation of atrial fibrillation: An updated meta-analysis. *Europace.* 2021;23:226–237. doi: 10.1093/europace/euaa266. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar) 75. Lee R., McCarthy P.M., Wang E.C., Vaduganathan M., Kruse J., Malaisrie S.C., McGee E.C., Jr. Midterm survival in patients treated for atrial fibrillation: A propensity-matched comparison to patients without a history of atrial fibrillation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012;143:1341–1351; discussion 1341–1351. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.02.006. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Musharbash F.N., Schill M.R., Sinn L.A., Schuessler R.B., Maniar H.S., Moon M.R., Melby S.J., Damiano R.J., Jr. Performance of the Cox-maze IV procedure is associated with improved long-term survival in patients with atrial fibrillation undergoing cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2018;155:159–170. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.09.095. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- SuwalSKI P., Kowalewski M., Jasinski M., Staromlynski J., Zembala M., Widenka K., Brykczynski M., Skiba J., Zembala M.O., Bartus K., et al. Survival after surgical ablation for atrial fibrillation in



- mitral valve surgery: Analysis from the Polish National Registry of Cardiac Surgery Procedures (KROK) J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2019;157:1007–1018 e1004. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.07.099. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Iribarne A., DiScipio A.W., McCullough J.N., Quinn R., Leavitt B.J., Westbrook B.M., Robich M.P., Sardella G.L., Klemperer J.D., Kramer R.S., et al. Surgical Atrial Fibrillation Ablation Improves Long-Term Survival: A Multicenter Analysis. Ann. Thorac. Surg. 2019;107:135–142. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.08.022. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Ad N., Holmes S.D., Friehling T. Minimally Invasive Stand-Alone Cox Maze Procedure for Persistent and Long-Standing Persistent Atrial Fibrillation: Perioperative Safety and 5-Year Outcomes. Circ. Arrhythm. Electrophysiol. 2017;10:e005352. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005352. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Cox J.L., Malaisrie S.C., Churyla A., Mehta C., Kruse J., Kislitsina O.N., McCarthy P.M. Cryosurgery for Atrial Fibrillation: Physiologic Basis for Creating Optimal Cryolesions. Ann. Thorac. Surg. 2021;112:354–362. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.08.114. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Wolf R.K., Schneeberger E.W., Osterday R., Miller D., Merrill W., Flege J.B., Jr., Gillinov A.M. Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2005;130:797–802. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.03.041. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Edgerton J.R., Jackman W.M., Mahoney C., Mack M.J. Totally thorascopic surgical ablation of persistent AF and long-standing persistent atrial fibrillation using the “Dallas” lesion set. Heart Rhythm. 2009;6:S64–S70. doi: 10.1016/j.hrthm.2009.09.011. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Muneretto C., Bisleri G., Rosati F., Krakor R., Giroletti L., Di Bacco L., Repossini A., Moltrasio M., Curnis A., Tondo C., et al. European prospective multicentre study of hybrid thorascopic and transcatheter ablation of persistent atrial fibrillation: The HISTORIC-AF trial. Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2017;52:740–745. doi: 10.1093/ejcts/ezx162. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)



- Geuzebroek G.S., Bentala M., Molhoek S.G., Kelder J.C., Schaap J., Van Putte B.P. Totally thoracoscopic left atrial Maze: Standardized, effective and safe. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2016;22:259–264. doi: 10.1093/icvts/ivv358. (PMC free article) (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Vos L.M., Bentala M., Geuzebroek G.S., Molhoek S.G., van Putte B.P. Long-term outcome after totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020;31:40–45. doi: 10.1111/jce.14267. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Pison L., La Meir M., van Opstal J., BOA Iuw Y., Maessen J., Crijns H.J. Hybrid thoracoscopic surgical and transvenous catheter ablation of atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012;60:54–61. doi: 10.1016/j.jacc.2011.12.055. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Krul S.P., Driessen A.H., van Boven W.J., Linnenbank A.C., Geuzebroek G.S., Jackman W.M., Wilde A.A., de Bakker J.M., de Groot J.R. Thoracoscopic video-assisted pulmonary vein antrum isolation, ganglionated plexus ablation, and periprocedural confirmation of ablation lesions: First results of a hybrid surgical-electrophysiological approach for atrial fibrillation. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2011;4:262–270. doi: 10.1161/CIRCEP.111.961862. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- de Asmundis C., Varnavas V., Sieira J., Ströker E., Coutiño H.E., Terasawa M., Abugattas J.P., Salghetti F., Maj R., Guimarães O.T., et al. Two-year follow-up of one-stage left unilateral thoracoscopic epicardial and transcatheter endocardial ablation for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2020;58:333–343. doi: 10.1007/s10840-019-00616-w. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Majewski J., Bartus K., Kapelak B., Myc J., Sadowski J., Lelakowski J. Thoracoscopic Ex-Maze III procedure and radiofrequency catheter ablation—A hybrid therapy for permanent atrial fibrillation. A case report. *Kardiol. Pol.* 2009;67:1044–1047. (PubMed) (Google Scholar)
- Luo X., Li B., Zhang D., Zhu J., Qi L., Tang Y. Efficacy and safety of the convergent atrial fibrillation procedure: A meta-analysis of observational studies. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2019;28:169–176. doi: 10.1093/icvts/ivy203. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

- DeLurgio D.B., Crossen K.J., Gill J., Blauth C., Oza S.R., Magnano A.R., Mostovych M.A., Halkos M.E., Tschopp D.R., Kerendi F., et al. Hybrid Convergent Procedure for the Treatment of Persistent and Long-Standing Persistent Atrial Fibrillation: Results of CONVERGE Clinical Trial. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2020;13:e009288. doi: 10.1161/CIRCEP.120.009288. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- van der Heijden C.A.J., Vroomen M., Luermans J.G., Vos R., Crijns H., Gelsomino S., La Meir M., Pison L., Maesen B. Hybrid versus catheter ablation in patients with persistent and longstanding persistent atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2019;56:433–443. doi: 10.1093/ejcts/ezy475. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- Reddy V.Y., Neuzil P., Koruth J.S., Petru J., Funosako M., Cochet H., Sediva L., Chovanec M., Dukkipati S.R., Jais P. Pulsed Field Ablation for Pulmonary Vein Isolation in Atrial Fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019;74:315–326. doi: 10.1016/j.jacc.2019.04.021. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)
- De Potter T.J.R., Boersma L.V.A. Ultra-low temperature cryoablation: The coolest innovation EP has been waiting for? *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2021;32:578–579. doi: 10.1111/jce.14900. (PubMed) (CrossRef) (Google Scholar)

