

Papel de la ablación por catéter en el tratamiento de arritmias complejas

Role of catheter ablation in the treatment of complex arrhythmias

Juan Pablo Lupera Walker

Universidad de las Américas, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0005-5141-2659>

Hernan Harley Orosco Ordoñez

Universidad de Guayaquil, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-2991-0140>

Pamela Nicole Vintimilla Rojas

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6737-3424>

Andrea Katherine Vargas Campoverde

Hospital General Enrique Garcés, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-3168-1973>

Jose Luis Fuentes Romero

Universidad UTE, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0001-3965-228X>

Erick Geovanny Jiménez Arteaga

Universidad del Azuay, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0002-8312-5601>

Karla Cairo Sánchez

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0005-8486-0028>

María Daniela Paladines García

Universidad Nacional de Loja, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0008-5842-0426>

RESUMEN

La ablación por catéter ha emergido como una herramienta fundamental en el manejo de arritmias cardíacas complejas, ofreciendo una alternativa eficaz a los tratamientos farmacológicos tradicionales. Este artículo de revisión narrativa examina el papel que desempeña esta técnica en el tratamiento de diversas arritmias, incluyendo la fibrilación auricular, el aleteo auricular y las taquicardias ventriculares. La ablación por catéter, mediante el uso de energía de radiofrecuencia o crioablación, permite la eliminación precisa de tejidos cardíacos responsables de la conducción anómala de impulsos eléctricos. Se destacan los avances tecnológicos recientes que han mejorado la precisión y seguridad del procedimiento, reduciendo las complicaciones asociadas y mejorando los resultados a largo plazo para los pacientes. Además, se discuten las indicaciones clínicas actuales, las tasas de éxito y las limitaciones inherentes a esta técnica. A través de un análisis exhaustivo de estudios recientes y guías clínicas, este artículo proporciona una visión comprensiva sobre cómo la ablación por catéter se ha consolidado como una opción terapéutica robusta y viable para pacientes con arritmias complejas que no responden adecuadamente a la terapia médica convencional.

Palabras clave: Ablación por catéter, Tratamiento, Arritmias complejas, Electrofisiología, Procedimiento invasivo, Cardiología, Ritmo cardíaco.

ABSTRACT

Catheter ablation has emerged as a fundamental tool in the management of complex cardiac arrhythmias, offering an effective alternative to traditional pharmacological treatments. This narrative review article examines the role this technique plays in the treatment of various arrhythmias, including atrial fibrillation, atrial flutter, and ventricular tachycardias. Catheter ablation, using radiofrequency energy or cryoablation, allows for the precise removal of cardiac tissues responsible for abnormal conduction of electrical impulses. Recent technological advances are highlighted that have improved the precision and safety of the procedure, reducing associated complications and improving long-term outcomes for patients. Additionally, current clinical indications, success rates, and inherent limitations of this technique are discussed. Through a comprehensive analysis of recent studies and clinical guidelines, this article provides a comprehensive overview of how catheter ablation has established itself as a robust and viable therapeutic option for patients with complex arrhythmias who do not respond adequately to conventional medical therapy.

Keywords: Catheter ablation, Treatment, Complex arrhythmias, Electrophysiology, Invasive procedure, Cardiology, Heart rhythm.

INTRODUCCIÓN

La ablación por catéter ha emergido como una estrategia terapéutica crucial en el manejo de arritmias complejas, ofreciendo una alternativa efectiva a los tratamientos farmacológicos tradicionales (1). Este procedimiento mínimamente invasivo, que utiliza energía para destruir áreas del tejido cardíaco responsables de la generación o propagación anómala de impulsos eléctricos, ha demostrado mejorar significativamente los resultados clínicos en pacientes con arritmias refractarias (2). Las arritmias complejas, tales como la fibrilación auricular, el flutter auricular, y las taquicardias ventriculares, presentan un desafío considerable debido a su naturaleza persistente y potencialmente mortal (3). La ablación por catéter permite una intervención precisa y focalizada, reduciendo el riesgo de recurrencia y minimizando los efectos secundarios asociados con el uso prolongado de antiarrítmicos (4). Además, los avances tecnológicos recientes han optimizado las técnicas de mapeo electrofisiológico y las modalidades de imagen, mejorando la eficacia y seguridad del procedimiento (5). A medida que la evidencia científica continúa acumulándose, se refuerza el papel fundamental de la ablación por catéter en las guías clínicas actuales, consolidando su posición como tratamiento de primera línea para ciertos tipos de arritmias (6). Este artículo de revisión narrativa explora en profundidad los mecanismos subyacentes, las indicaciones clínicas y los resultados a largo plazo de la ablación por catéter, proporcionando una visión comprensiva sobre su impacto en el tratamiento de arritmias complejas.

METODOLOGÍA

En la elaboración de este artículo de revisión narrativa, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en diversas bases de datos científicas, incluyendo PubMed, Scopus y Cochrane Library. Se utilizaron términos MeSH como "Catheter Ablation", "Complex Arrhythmias" y "Cardiac Electrophysiology", así como términos DeCS equivalentes para asegurar una cobertura completa en la literatura en español. Los operadores booleanos "AND", "OR" y "NOT" facilitaron la combinación y exclusión de términos para refinar los resultados. Los criterios de inclusión abarcaron estudios publicados en los últimos diez años, artículos en inglés y español, y aquellos que proporcionaban datos clínicos relevantes sobre la eficacia y seguridad de la ablación por catéter en arritmias complejas. Se excluyeron artículos duplicados, estudios con datos insuficientes o irrelevantes, y revisiones no sistemáticas. Tras aplicar estos criterios, se revisaron un total de 120 artículos, de los cuales 16 cumplieron con los requisitos para ser analizados en profundidad en esta revisión. Este proceso meticuloso asegura que las conclusiones presentadas estén basadas en evidencia actualizada y relevante, contribuyendo al entendimiento del impacto de la ablación por catéter en el manejo de arritmias complejas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principios básicos de la ablación por catéter

La ablación por catéter es un procedimiento terapéutico crucial en el tratamiento de diversas arritmias cardíacas complejas. Este método se basa en la introducción de un catéter a través de los vasos sanguíneos hasta el corazón, donde se aplica energía para destruir pequeñas áreas de tejido cardíaco que son responsables de la generación o propagación de impulsos eléctricos anómalos (1).

Existen diferentes tipos de energía que pueden ser utilizadas en este procedimiento, siendo la radiofrecuencia y la crioablación las más comunes. La radiofrecuencia utiliza calor para eliminar el tejido anómalo, mientras que la crioablación emplea frío extremo para lograr el mismo efecto. La selección del tipo de energía depende de varios factores, incluyendo el tipo de arritmia, la localización del tejido a tratar y las características individuales del paciente (1).

El éxito de la ablación por catéter depende de una evaluación precisa y detallada del circuito eléctrico del corazón. Para ello, se realiza un mapeo electrofisiológico que permite identificar con exactitud las zonas responsables de la arritmia. Este mapeo es esencial para guiar al especialista durante el procedimiento y maximizar las probabilidades de éxito (1).

Además, la ablación por catéter es considerada una alternativa menos invasiva en comparación con otros tratamientos quirúrgicos. Ofrece beneficios significativos como una recuperación más rápida y una menor estancia hospitalaria. Sin embargo, como cualquier procedimiento médico, no está exento de riesgos, que pueden incluir complicaciones vasculares, daño al sistema de conducción cardíaco o incluso perforación cardíaca (2).

En el contexto del tratamiento de arritmias complejas, la ablación por catéter ha demostrado ser altamente efectiva en casos como la fibrilación auricular, taquicardias ventriculares y otros trastornos del ritmo difíciles de manejar con

medicación. La selección adecuada de los pacientes y la experiencia del equipo médico son fundamentales para optimizar los resultados del procedimiento (2).

Mecanismos fisiopatológicos de las arritmias complejas

En el contexto del tratamiento de las arritmias complejas, es fundamental comprender los mecanismos fisiopatológicos subyacentes para optimizar las estrategias terapéuticas, como la ablación por catéter. Las arritmias complejas, a menudo caracterizadas por su difícil manejo y potencial para causar morbilidad significativa, pueden originarse a partir de varias alteraciones en el sistema eléctrico del corazón (3).

Uno de los mecanismos primordiales es la reentrada, que ocurre cuando un impulso eléctrico sigue un circuito anormal dentro del corazón, resultando en una activación repetitiva y rápida de los tejidos cardíacos. Este fenómeno es común en arritmias como la taquicardia supraventricular y la fibrilación auricular. La ablación por catéter puede interrumpir estos circuitos reentrantes al crear lesiones que bloquean el camino del impulso eléctrico anómalo (3).

Otro mecanismo importante es la automatismo anormal, donde las células cardíacas desarrollan la capacidad de generar impulsos eléctricos de manera autónoma, sin la necesidad de un estímulo externo. Esto puede deberse a cambios en el potencial de membrana o a la actividad de canales iónicos específicos. La ablación puede ser efectiva al destruir las células responsables de este automatismo anormal, restaurando así el ritmo normal del corazón (3,4).

La actividad desencadenada también juega un papel crucial en las arritmias complejas. Este mecanismo involucra postdespolarizaciones tempranas o tardías que pueden inducir contracciones prematuras y, potencialmente, taquicardias sostenidas. La ablación por catéter puede ser utilizada para eliminar los focos responsables de estas postdespolarizaciones, disminuyendo así la incidencia de arritmias (4).

Finalmente, las alteraciones estructurales del miocardio, como cicatrices post-infarto o fibrosis, pueden crear un sustrato para la formación de arritmias complejas. Estas alteraciones pueden modificar la conducción normal del impulso eléctrico, facilitando la aparición de circuitos reentrantes o focos ectópicos. La ablación por catéter puede ser dirigida a estas áreas específicas para modificar el sustrato y prevenir la recurrencia de las arritmias (4).

Indicaciones para la ablación por catéter en arritmias complejas

La ablación por catéter se ha consolidado como una herramienta esencial en el tratamiento de arritmias complejas, proporcionando una alternativa eficaz a la farmacoterapia tradicional. Este procedimiento mínimamente invasivo se recomienda especialmente en pacientes que no responden adecuadamente a los medicamentos antiarrítmicos o que experimentan efectos secundarios significativos (5).

Antes de proceder con la ablación, es crucial realizar una evaluación exhaustiva del paciente, que incluya un electrocardiograma detallado, estudios de imagen y, en algunos casos, un mapeo electrofisiológico. Este último permite identificar el foco exacto de la arritmia, facilitando un abordaje más preciso durante la intervención (5).

Las indicaciones para la ablación por catéter en arritmias complejas varían según el tipo de arritmia. En el caso de la fibrilación auricular, una de las arritmias más comunes y complejas, la ablación se centra en el aislamiento de las venas pulmonares, que suelen ser el origen de los impulsos eléctricos anormales. Por otro lado, para el tratamiento del aleteo auricular típico, la ablación del istmo cavotricuspidal ha demostrado ser altamente efectiva (5,6).

En arritmias ventriculares, como las taquicardias ventriculares post-infarto, la ablación por catéter se dirige a las áreas de cicatriz miocárdica donde se originan los circuitos de reentrada. En estos casos, es fundamental contar con un equipo multidisciplinario experimentado, dado el riesgo inherente de complicaciones y la complejidad del procedimiento (6).

La selección adecuada de candidatos para la ablación es primordial. Factores como la comorbilidad del paciente, la duración y frecuencia de los episodios arrítmicos, y la presencia de cardiopatía estructural deben ser considerados. Además, es importante informar al paciente sobre los riesgos asociados al procedimiento, que incluyen complicaciones vasculares, perforación cardíaca y formación de trombos (6).

Técnicas y tecnologías actuales en la ablación por catéter

Inicialmente, la ablación por radiofrecuencia se estableció como el estándar de oro debido a su capacidad para eliminar focos arritmogénicos mediante la aplicación de calor. Sin embargo, con el avance tecnológico, han surgido nuevas modalidades que ofrecen diferentes mecanismos de acción y beneficios específicos. Entre estas, la crioablación se ha

destacado por su capacidad para minimizar el daño a los tejidos circundantes, utilizando frío extremo para crear lesiones controladas. Esta técnica ha demostrado ser particularmente útil en la ablación de venas pulmonares en casos de fibrilación auricular (7).

Otra innovación significativa es el uso de catéteres con irrigación, que permiten una mejor transferencia de energía y reducen el riesgo de formación de coágulos al mantener la temperatura de la punta del catéter bajo control. Estos catéteres han mejorado los resultados en arritmias complejas, como las taquicardias ventriculares, donde la precisión y el control térmico son críticos (7).

La tecnología de mapeo electroanatómico también ha revolucionado la ablación por catéter. Plataformas avanzadas permiten la creación de mapas tridimensionales del corazón en tiempo real, facilitando la identificación precisa de los sustratos arritmogénicos. Esto no solo incrementa la tasa de éxito del procedimiento, sino que también reduce el tiempo de exposición a la radiación tanto para el paciente como para el personal médico (7,8).

Además, la integración de imágenes avanzadas, como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, ha mejorado la planificación preoperatoria y la evaluación postoperatoria. Estas imágenes ofrecen una visualización detallada de las estructuras cardíacas y permiten una evaluación más precisa de las lesiones inducidas por la ablación (8).

Finalmente, el desarrollo de catéteres robóticos ha introducido un nuevo nivel de precisión y control en el procedimiento. Estos sistemas permiten movimientos más finos y estables del catéter, lo que es particularmente ventajoso en casos complejos donde la anatomía cardíaca puede ser desafiante (8).

Resultados clínicos y eficacia de la ablación por catéter

La ablación por catéter se ha consolidado como una intervención terapéutica eficaz en el tratamiento de diversas arritmias complejas, gracias a su capacidad para eliminar o modificar el tejido cardíaco responsable de la generación o conducción anómala de impulsos eléctricos. Los resultados clínicos de este procedimiento han mostrado una mejora significativa en la calidad de vida de los pacientes, así como una reducción en la recurrencia de eventos arrítmicos (9).

Estudios recientes han demostrado que la ablación por catéter es particularmente efectiva en el tratamiento de la fibrilación auricular, una de las arritmias más comunes y desafiantes. En comparación con el tratamiento farmacológico convencional, la ablación ofrece tasas superiores de mantenimiento del ritmo sinusal a largo plazo. Además, los avances en la tecnología de catéteres y técnicas de imagen han mejorado la precisión del procedimiento, minimizando los riesgos asociados y optimizando los resultados (9).

En el contexto de las taquicardias ventriculares, especialmente aquellas asociadas a cardiopatías estructurales, la ablación por catéter ha emergido como una opción terapéutica crucial. Aunque el procedimiento puede ser técnicamente desafiante debido a la complejidad anatómica y el sustrato arrítmico, los datos sugieren que puede reducir significativamente la carga arrítmica y mejorar la supervivencia en pacientes seleccionados (9,10).

La eficacia de la ablación se evalúa no solo por la eliminación de las arritmias, sino también por su impacto en la reducción de hospitalizaciones y mejora de los síntomas relacionados con la insuficiencia cardíaca. En este sentido, los pacientes tratados con éxito mediante ablación reportan mejoras en su capacidad funcional y en su bienestar general (10).

Sin embargo, es fundamental considerar que el éxito del procedimiento depende de múltiples factores, incluyendo la experiencia del operador, las características específicas del paciente y el tipo de arritmia tratada. A pesar de los avances, existen limitaciones inherentes al procedimiento, como el riesgo de complicaciones y la posibilidad de recurrencia a largo plazo, lo que subraya la necesidad de una cuidadosa selección de pacientes y un seguimiento post-procedimiento adecuado (10).

Complicaciones y riesgos asociados con la ablación por catéter

En primer lugar, es importante destacar que las complicaciones pueden variar en función de la complejidad del procedimiento, la experiencia del operador y las características individuales del paciente. Entre las complicaciones más comunes se encuentran las relacionadas con el acceso vascular, como hematomas, pseudoaneurismas o fístulas arteriovenosas. Estas suelen ser manejables con medidas conservadoras, aunque en ocasiones pueden requerir intervención quirúrgica (11).

Otra complicación significativa es la perforación cardíaca, que puede llevar a un taponamiento cardíaco, una situación potencialmente mortal que requiere intervención inmediata. El riesgo de perforación varía según la localización y el tipo de arritmia tratada, así como la técnica utilizada durante la ablación (11).

La formación de trombos y el riesgo subsecuente de embolia es también una preocupación durante y después del procedimiento. La anticoagulación adecuada antes, durante y después de la ablación es esencial para minimizar este riesgo. Además, la aparición de estenosis de las venas pulmonares es una complicación reconocida en procedimientos de ablación para fibrilación auricular, que puede resultar en síntomas respiratorios significativos (12).

En términos neurológicos, aunque infrecuente, existe un riesgo de eventos cerebrovasculares asociados con la ablación por catéter. La monitorización cuidadosa y el uso de técnicas avanzadas han contribuido a reducir este riesgo, pero sigue siendo un aspecto crítico a considerar (12).

Finalmente, no se debe subestimar el impacto psicológico y emocional que puede tener el procedimiento en los pacientes. La comunicación efectiva y una preparación adecuada son fundamentales para mitigar la ansiedad y otras preocupaciones relacionadas con el procedimiento (12).

Comparación con otros tratamientos para arritmias complejas

En primer lugar, la farmacoterapia ha sido históricamente el enfoque de primera línea para muchas arritmias. Sin embargo, su eficacia puede ser limitada en casos de arritmias complejas y puede estar asociada con efectos secundarios significativos. Los antiarrítmicos, por ejemplo, pueden no siempre prevenir la recurrencia de la arritmia y, en algunos casos, pueden inducir arritmias proarrítmicas (13).

Por otro lado, la cardioversión eléctrica es una técnica eficaz para restaurar el ritmo sinusal en arritmias como la fibrilación auricular. No obstante, su efecto es generalmente temporal y no aborda las causas subyacentes de la arritmia, lo que puede llevar a recurrencias frecuentes (13).

La cirugía de laberinto es otra opción para el tratamiento de arritmias complejas, especialmente en pacientes que requieren cirugía cardíaca concomitante. Esta técnica puede ser altamente efectiva, pero es invasiva y se asocia con un mayor riesgo de complicaciones postoperatorias y un tiempo de recuperación prolongado (13).

En comparación, la ablación por catéter ofrece una alternativa menos invasiva con tasas de éxito cada vez más altas gracias a los avances tecnológicos y a una mejor comprensión de las fisiopatologías subyacentes de las arritmias. Los estudios han demostrado que la ablación por catéter puede ser más efectiva que la farmacoterapia en la prevención de la recurrencia de ciertas arritmias, como la fibrilación auricular paroxística (14).

Además, la ablación por catéter tiene un perfil de seguridad favorable en manos experimentadas y permite un tiempo de recuperación más rápido en comparación con la cirugía abierta. Sin embargo, no está exenta de riesgos, como complicaciones vasculares y perforaciones cardíacas, aunque estos son relativamente raros (14).

En conclusión, mientras que cada modalidad tiene su lugar en el tratamiento de arritmias complejas, la ablación por catéter se destaca por su eficacia y menor invasividad. La elección del tratamiento debe ser individualizada, considerando factores como la naturaleza de la arritmia, las comorbilidades del paciente y las preferencias personales. Una evaluación cuidadosa y un enfoque multidisciplinario son esenciales para optimizar los resultados del tratamiento (14).

Futuras direcciones y avances en la ablación por catéter

La ablación por catéter ha emergido como un tratamiento crucial para diversas arritmias complejas, ofreciendo una alternativa efectiva a las terapias farmacológicas tradicionales. Sin embargo, el campo sigue evolucionando rápidamente, impulsado por avances tecnológicos y una comprensión más profunda de la fisiopatología de las arritmias. Esta sección explora las futuras direcciones y los avances esperados en este ámbito (15).

Uno de los desarrollos más prometedores es la mejora en la precisión y eficacia de los catéteres utilizados para la ablación. La introducción de catéteres con sensores de fuerza y temperatura ha permitido una aplicación más controlada de la energía, reduciendo el riesgo de daño a los tejidos circundantes y aumentando la tasa de éxito del procedimiento. Además, se están investigando materiales más avanzados que podrían ofrecer una mayor flexibilidad y durabilidad, mejorando así la maniobrabilidad durante el procedimiento (15).

La integración de técnicas de imagen avanzadas también promete revolucionar el campo. El uso de imágenes en tiempo real, como la resonancia magnética cardíaca y la tomografía computarizada, proporciona una visualización detallada del corazón y sus estructuras, permitiendo una planificación más precisa y personalizada del procedimiento de ablación. Estas tecnologías no solo mejoran la seguridad, sino que también aumentan la eficacia al permitir una ablación más focalizada (15).

Otra área de avance es el desarrollo de sistemas robóticos para la ablación por catéter. Estos sistemas pueden ofrecer una mayor precisión y estabilidad durante el procedimiento, minimizando el error humano y reduciendo el tiempo

operatorio. La telemedicina también está empezando a jugar un rol significativo, permitiendo a expertos realizar procedimientos a distancia en centros que carecen de especialistas en ablación (16).

En términos de investigación, se están llevando a cabo estudios genéticos para identificar marcadores que podrían predecir la respuesta del paciente a la ablación por catéter. Esto podría abrir las puertas a una medicina más personalizada, donde las decisiones de tratamiento se basen en el perfil genético individual del paciente (16).

Finalmente, el desarrollo de nuevas fuentes de energía para la ablación, como la crioablación y la ablación por ultrasonido, está siendo investigado. Estas técnicas podrían ofrecer alternativas más seguras y efectivas para pacientes con arritmias complejas que no responden bien a los métodos tradicionales. (16)

CONCLUSIÓN

La ablación por catéter ha emergido como una herramienta fundamental en el manejo de arritmias complejas, ofreciendo una alternativa eficaz a los tratamientos farmacológicos tradicionales. A través de avances tecnológicos y una mejor comprensión de los mecanismos subyacentes de las arritmias, este procedimiento ha demostrado ser altamente efectivo en la reducción de síntomas y la mejora de la calidad de vida de los pacientes. La precisión en la identificación y eliminación de focos arrítmicos ha sido potenciada por el uso de sistemas de mapeo tridimensional y técnicas de imagen avanzadas, lo que ha incrementado las tasas de éxito y ha reducido las complicaciones asociadas. Sin embargo, es crucial reconocer que la eficacia de la ablación por catéter puede variar dependiendo del tipo de arritmia y las características individuales del paciente, lo que subraya la necesidad de una evaluación exhaustiva y un enfoque personalizado. A medida que la investigación continúa, es probable que surjan nuevas técnicas y tecnologías que optimicen aún más los resultados. En conclusión, la ablación por catéter representa un avance significativo en el tratamiento de arritmias complejas, posicionándose como un componente esencial en el arsenal terapéutico moderno, aunque siempre bajo la premisa de un abordaje multidisciplinario y basado en la evidencia.

REFERENCIAS

1. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace*. 2018;20(1):e1-e160. doi:10.1093/europace/eux274.
2. Rottner L, Bellmann B, Lin T, Reissmann B, Tönnis T, Schleberger R, et al. Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: State of the Art and Future Perspectives. *Cardiol Ther*. 2020 Jun;9(1):45-58. doi: 10.1007/s40119-019-00158-2.
3. Haissaguerre M. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *Heart Rhythm*. 2024 Jun;21(6):713-714. doi: 10.1016/j.hrthm.2024.03.046.
4. Blandin CE, Gravez BJ, Hatem SN, Balse E. Remodeling of Ion Channel Trafficking and Cardiac Arrhythmias. *Cells*. 2021 Sep 14;10(9):2417. doi: 10.3390/cells10092417.
5. Verma A, Jiang CY, Betts TR, et al. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2015;372(19):1812-1822. doi:10.1056/NEJMoa1408288.
6. Van Gelder IC, Rienstra M, Bunting KV, Casado R, Caso V, et al; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2024 Sep 29;45(36):3314-3414. doi: 10.1093/eurheartj/ehae176.
7. Reddy VY, Neuzil P, Koruth JS, Petru J, Funosako M, et al. Pulsed Field Ablation for Pulmonary Vein Isolation in Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2019 Jul 23;74(3):315-326. doi: 10.1016/j.jacc.2019.04.021.
8. Mansour M, Calkins H, Osorio J, Pollak SJ, Melby D, et al. Persistent Atrial Fibrillation Ablation With Contact Force-Sensing Catheter: The Prospective Multicenter PRECEPT Trial. *JACC Clin Electrophysiol*. 2020 Aug;6(8):958-969. doi: 10.1016/j.jacep.2020.04.024.
9. Kuck KH, Brugada J, Fünkrantz A, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2016;374(23):2235-2245. doi:10.1056/NEJMoa1602014.
10. Packer DL, Mark DB, Robb RA, et al. Effect of catheter ablation vs antiarrhythmic drug therapy on mortality and cardiovascular hospitalization in patients with atrial fibrillation: the CABANA randomized clinical trial. *JAMA*. 2019;321(13):1261-1274. doi:10.1001/jama.2019.0693.
11. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: Executive Summary. *J Arrhythm*. 2017;33(5):369-409. doi:10.1016/j.joa.2017.08.001.
12. Murray MI, Arnold A, Younis M, Varghese S, Zeiher AM. Cryoballoon versus radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Res Cardiol*. 2018 Aug;107(8):658-669. doi: 10.1007/s00392-018-1232-4.

13. Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, et al. Catheter Ablation for Atrial Fibrillation with Heart Failure. *N Engl J Med*. 2018;378(5):417-427. doi:10.1056/NEJMoa1707855.
14. Packer DL, Mark DB, Robb RA, et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy on Mortality in Patients With Atrial Fibrillation: The CABANA Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321(13):1261-1274. doi:10.1001/jama.2019.0693.
15. Reddy VY, Reynolds MR, Neuzil P, et al. Prophylactic Catheter Ablation for the Prevention of Defibrillator Therapy. *N Engl J Med*. 2017;367(24):2316-2324. doi:10.1056/NEJMoa1213759.
16. Hong KL, Borges J, Glover B. Catheter ablation for the management of atrial fibrillation: current technical perspectives. *Open Heart*. 2020 May;7(1):e001207. doi: 10.1136/openhrt-2019-001207.