

# EXTRACCIÓN DE CABLES DE MARCAPASO Y DESFIBRILADOR: PRESENTE Y FUTURO

Lorenzo A. D'Angelo<sup>1</sup>, Roger G. Carrillo<sup>2</sup>

## RESUMEN

En los últimos años, el uso de dispositivos cardiacos electrónicos implantables (DCEIs), así como las indicaciones para su extracción, han ido en constante aumento. En ciertos escenarios clínicos, tales como infección, mal funcionamiento u oclusión de algún vaso sanguíneo, los pacientes requieren una rápida extracción del DCEI y sus cables o derivadas. Los avances más recientes en cuanto a la extracción por vía percutánea han permitido a los médicos enfrentar diversos casos complejos de una manera eficiente y segura. Mirando hacia el futuro, la nueva tecnología apunta hacia una extracción más segura y accesible a los pacientes a nivel mundial. Esta revisión tiene como objetivo mostrar las indicaciones y procedimientos actuales para una extracción de cables de marcapaso; así como también brindar una mira hacia el futuro en cuanto a este novedoso campo.

*Palabras Clave:* Transvenoso, cables, marcapaso, extracción, manejo, cardiaco, implantable, electrónico, dispositivo, infección, indicaciones, complicaciones

El uso de dispositivos cardiacos electrónicos implantables (DCEIs) ha aumentado significativamente, con aproximadamente 1.2-1.4 millones de DCEIs implantados anualmente a nivel mundial (1). En Estados Unidos, hay más portadores de DCEIs que enfermeras (2,3). Los DCEIs utilizan cables o derivadas que conectan un generador al tejido cardiaco para tratar a pacientes con diversas patologías, tales como bradicardia sintomática, taquicardia severa e insuficiencia cardiaca avanzada. Sin embargo, en aproximadamente 1-2% de los casos, los DCEIs pueden infectarse y los cables del marcapasos pueden fallar; lo cual podría llevar a

un desenlace catastrófico para el paciente (4). Por este motivo, se están desarrollando técnicas innovadoras y seguras para la extracción de cables de marcapaso y, así, poder manejar los casos complejos de pacientes portadores de DCEIs.

Una vez implantados, los cables del marcapaso se fijan en su lugar gracias al tejido cicatricial que se genera en las grandes venas y estructuras alrededor del corazón. Este es el motivo por el cual retirar dichos cables es trabajoso. El grado de fibrosis endotelial es proporcional a la cantidad de tiempo en que el cable del marcapasos ha permanecido implantado y a la reacción inflamatoria vascular de cada paciente.

Inicialmente, en los años 1980, la cirugía a corazón abierto era utilizada para retirar los cables del marcapaso. Sin embargo, el abordaje percutáneo/venoso se ha convertido en el método de elección en las últimas tres décadas. Comparada con la esternotomía mediana, la extracción percutánea es una intervención endovascular mucho más cómoda y segura para un paciente con diversas comorbilidades que requiera de extracción de cables de marcapaso.

Esta revisión presenta las indicaciones para una extracción de cables de marcapaso percutánea, describe los pasos y sus posibles complicaciones y, finalmente, resalta las tendencias futuras en este fascinante campo que se encuentra en constante desarrollo.

## Indicaciones para la extracción de cables de marcapaso

Antes de retirar los cables del marcapaso se deben considerar diversos factores tales como la experiencia de quien realizará el procedimiento y su equipo, los riesgos, beneficios, preferencias del paciente y la indicación clínica para dicho procedimiento. Con respecto a este último punto, la Heart Rhythm Society (HRS) clasifica a las indicaciones para el retiro de cables del marcapaso en recomendaciones clase I, IIa, IIb o III (1). Las indicaciones clase I son fuertes y significan

---

(1): Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú

(2): Palmetto General Hospital, Hialeah, FL, USA.

una evidencia sólida o un consenso a favor de que el procedimiento será útil y efectivo. Las indicaciones clase IIa son consideradas moderadas, razonables y sustentadas con evidencia; mientras que las indicaciones clase IIb son débiles. Las indicaciones clase III son consideradas las más débiles y en ellas se establece que

el procedimiento no será útil o efectivo y que, inclusive, podría ser perjudicial para el paciente (1).

A continuación, se exponen diversos escenarios clínicos en los que está indicada la extracción de cables de marcapaso (Tabla 1).

**Tabla 1: Escenarios Clínicos Infecciosos y No Infecciosos para Retiro de Cables de Marcapaso**

<b>Infecciosos</b>	<b>Escenarios Clínicos (Indicaciones Clase I)</b>
Infección del bolsillo con o sin bacteriemia	Signos locales de inflamación como eritema, aumento de volumen, dolor, aumento de sensibilidad, aumento de temperatura o drenaje con hemocultivos positivos o negativos
Endocarditis Izquierda en un portador de DCEI	Vegetaciones en el corazón izquierdo con o sin compromiso de la válvula tricuspídea o el DCEI y con hemocultivos positivos
Endocarditis asociada a DCEI	Hemocultivo positivo y vegetaciones en el cable de marcapaso o en las válvulas cardíacas sin signos locales de infección del bolsillo.
Bacteriemia Oculta con probable infección del DCEI	Bacteriemia sin un punto de partida evidente que resuelve luego de la extracción del DCEI
<b>No Infecciosas</b>	<b>Escenarios Clínicos (Indicaciones Clase I, IIa y IIb)</b>
Problemas vasculares o trombosis	Eventos tromboembólicos clínicamente significativos atribuibles a trombos en un cable de marcapaso (o un fragmento del cable) que no puede ser manejado de otra manera (Clase I)
	Estenosis u obstrucción de Vena Cava Superior (VCS) que impide la implantación necesaria de un cable de marcapaso (Clase I)
	Despliegue de un stent programado en una vena que contiene un cable de marcapaso transvenoso para evitar el entrapamiento del cable de marcapaso (Clase I)
	Mantener la permeabilidad de una estenosis u obstrucción de VCS con síntomas limitantes (Clase I)
	Oclusión venosa ipsilateral que impide el acceso a la circulación venosa para la colocación necesaria de un cable de marcapaso adicional (Clase IIa)
Dolor crónico	Dolor crónico severo en el lugar donde se encuentra el dispositivo o en la inserción del cable de marcapaso o que se piensa que es secundario al dispositivo. Este dolor debe causar malestar significativo en el paciente, no se puede manejar con tratamiento médico o quirúrgico y no existe una alternativa aceptable para su manejo (17) (Clase IIa)
Otros	Arritmia cardíaca potencialmente mortal secundaria a un cable de marcapaso retenido (Clase I)
	La extracción del cable de marcapaso puede ser útil para pacientes con un DCEI ubicado en un lugar que interfiere con el tratamiento de una neoplasia (18) (Clase IIa)
	La implantación del DCEI requiere mas de cuatro cables en un lugar o mas de cinco cables a través de la VCS (Clase IIa)
	Cables de marcapaso abandonados que interfieren con el manejo del sistema de un DCEI (Clase IIa)
	Cables de marcapaso que suponen una potencial amenaza hacia el paciente si se dejan en su lugar debido a su diseño o a una falla (Clase IIb)
	El retiro del cable de marcapaso se puede considerar para facilitar el acceso a una Resonancia Magnética (Clase IIb)
	El contexto de cables de marcapaso que funcionan de manera normal, que marcan un ritmo sin un aviso de disfunción, o que sirven para desfibrilación en pacientes seleccionados luego de un proceso compartido de toma de decisiones (Clase IIb)

Fuentes: Kusumoto et al.,(1) 2017; Durante-Mangoni et al.,(7) 2013; Bongioni et al., 2018 (16)

## Infeciosas

La prevalencia de infecciones de los DCEIs se ha incrementado debido al aumento de la colocación de DCEIs, la edad de la población, la presencia de múltiples comorbilidades y al aumento de centros de implantación de marcapasos con experiencia inapropiada (5-7). Según el estudio European Lead Extraction ConTRolled registry (ELECTRa), las infecciones representan el 52.8% (19.3% sistémicas y 33.1% locales) de las indicaciones para la extracción de cables de marcapaso (8). Lamentablemente, los equipos infectados se asocian a una gran demanda económica, una mayor morbilidad y mortalidad y requieren un tratamiento agresivo (9,10). Este tratamiento agresivo incluye remover completamente todo el equipo e iniciar terapia antibiótica.

Las infecciones de DCEIs (Tabla 1) se han dividido en cuatro escenarios clínicos comunes donde se requiere remover el equipo por completo. Estas infecciones incluyen la infección del bolsillo con o sin bacteriemia (Figura 1), endocarditis del lado izquierdo en un portador de DCEI, endocarditis relacionada a DCEI y bacteriemia oculta con probable infección del DCEI. Un tipo adicional de infección es la infección incisional superficial; en la que no se debe retirar todo el equipo, ya que el compromiso es localizado a la piel y el tejido celular subcutáneo.

Según los últimos estudios sobre DCEIs, los síntomas de la endocarditis asociada a cables de marcapaso (EAM) pueden variar. Un estudio que analizó los resultados del registro Multicenter Electrophysiologic Device Cohort (MEDIC) determinó que los pacientes con EAM temprana (la cual se define como signos y síntomas que aparecen dentro de los primeros 6 meses luego de la colocación de DCEI mas reciente) presentaban con mayor frecuencia signos de infección local de bolsillo; los cuales incluyen eritema, dolor, aumento de volumen, calor y pus o drenaje del bolsillo. Sin embargo, los pacientes con EAM tardía (la cual se define como signos y síntomas que aparecen luego de 6 meses desde del último procedimiento de colocación de DCEI) presentaban signos de infección sistémica, tales como fiebre, escalofríos, sudoración y signos de sepsis (11). Esta diferencia hace que muchas veces el diagnóstico sea complicado. Es por este motivo que se debe implementar una evaluación cuidadosa antes del procedimiento para asegurar el mejor resultado clínico posible.

## No Infeciosas

Para realizar una extracción en algunos escenarios donde no existe infección, se debe realizar un balance riguroso con los riesgos, beneficios y pronóstico a largo plazo.

Por ejemplo, si un paciente de 20 años y uno de 90 años

tienen la necesidad de retirar un cable de marcapaso suelto, las decisiones en cuanto al manejo serán distintas. En estos casos se debe considerar la expectativa de vida, ya que el paciente de 20 años se beneficiaría mas con una extracción del cable de marcapaso (en lugar de dejarlo abandonado) debido a la alta incidencia de complicaciones y la dificultad de retirarlo en un futuro (12).

Además del mal funcionamiento de un cable de marcapaso, otras indicaciones no infecciosas para la extracción incluyen el recordatorio por parte del fabricante, un cable redundante y el cambio de un dispositivo debido a una oclusión venosa (13-15). Es importante mencionar que las extracciones de cable de marcapaso que se realizan durante el cambio completo de un generador han reportado una menor tasa de complicaciones que una extracción del cable solo sin recambio del generador (15). La Tabla 1 muestra la clasificación mas reciente de las indicaciones no infecciosas.

## CENTROS, MATERIALES Y PERSONAL

Las extracciones de cable de marcapaso se realizan en salas de operaciones, laboratorios de cateterismo/electrofisiología (EF) y laboratorios híbridos. Un laboratorio híbrido es un área quirúrgica con un sistema de fluoroscopia móvil y de alta calidad. La habilidad que tienen para brindar una intervención quirúrgica inmediata en caso de una complicación mayor hace que las salas de operaciones y los laboratorios híbridos sean la mejor opción para realizar extracciones de cable de marcapaso. Las grandes lesiones vasculares o perforaciones cardiacas que requieren alguna intervención quirúrgica o endovascular son raras, y estos procedimientos pueden significar una mayor mortalidad en un laboratorio de EF que en una sala de operaciones (12, 19). Por último, el mejor ambiente para realizar una extracción debe ser elegido en base al centro donde se realiza y a los miembros del equipo.

Es muy importante que el centro cuente con los materiales necesarios para realizar las extracciones de cables de marcapaso y manejar las complicaciones de una manera segura (1, 20, 21). Todo el material debe estar en la habitación al inicio de cada procedimiento e incluye un equipo de ecocardiografía transesofágica (ETE), fluoroscopia y monitoreo de la presión arterial; así como también un coche de paro, un kit de pericardiocentesis, una sierra para esternotomía, una máquina para realizar circulación extracorpórea cardiopulmonar, un sistema autólogo de recuperación de sangre y productos sanguíneos compatibles con el paciente. La mayoría de los centros cuentan un anaquel de extracción con todos los materiales pertinentes al

procedimiento (22, 23).

Una extracción de cable de marcapaso usualmente incluye a un médico (quien realiza la extracción), a un cirujano cardiotorácico (si no es el principal operador), una persona encargada de brindar el soporte de anestesia, un técnico de rayos-X (para la fluoroscopia) y algunos asistentes (23). El operador principal y el equipo deben tener la experiencia y entrenamiento necesario para maximizar la seguridad del paciente y el éxito del procedimiento. El operador principal debe tener una experiencia práctica de al menos 40 extracciones como operador principal, con exposición a diferentes tipos de cables, y debe estar familiarizado con el uso de las distintas herramientas para la extracción y los diversos abordajes (1, 22). El cirujano debe estar disponible inmediatamente y debe ser capaz de realizar una toracotomía de emergencia en 5-10 minutos. Si bien los datos de 11,304 extracciones de DCEIs del Registro Nacional de Datos Cardiovasculares de los Estados Unidos reveló que solo el 0.36% de pacientes necesitaron de cirugía cardíaca de emergencia, estos procedimientos tuvieron una tasa de mortalidad de 34% (15). Por este motivo, es muy importante que el equipo este capacitado correctamente para reconocer la necesidad de una intervención quirúrgica para evitar demoras y maximizar la posibilidad de que los pacientes

puedan sobrevivir a una potencial complicación. Se ha visto que los equipos de entrenamiento mediante realidad virtual que ofrecen simulaciones han mejorado las habilidades necesarias para realizar las extracciones (24). Este método complementario de entrenamiento puede ser implementado en un futuro para evaluar las competencias alcanzadas con la variedad de nuevos equipos de extracción.

## DEFINICIONES

Para lograr una mejor discusión sobre este tema, se han establecido terminologías y definiciones específicas.

La extracción de cables de marcapaso es un procedimiento en el que se requiere de un equipo que normalmente no se utiliza durante la colocación de dicho cable o donde por lo menos un cable ha sido implantado por un tiempo mayor a 1 año (1, 20).

La explantación de cables de marcapaso es un procedimiento en el que un cable es retirado sin herramientas especializadas y todos los cables se han implantado en un tiempo menor a 1 año (1).

Adicionalmente, un resultado exitoso se define por el retiro de todos los cables de marcapaso planeados inicialmente y por el retiro del material del espacio vascular o la retención de una pequeña porción (<4



**Figura 1:** Infección de Bolsillo con Signos de Inflamación Localizada



cm) que no afecta negativamente a los objetivos del procedimiento (1, 16).

### **Fase Pre-Procedimiento**

Se debe documentar una historia clínica detallada sobre el paciente, incluyendo la edad, peso, talla, medicamentos que consume, clase funcional de la New York Heart Association (NYHA) y cirugías previas. Debe haber una evaluación de las condiciones cardíacas y no cardíacas que pudieran afectar los resultados del procedimiento, tales como diabetes, fracción de eyección ventricular izquierda disminuida y fibrilación auricular (12, 16, 25). Los dispositivos implantados y la información sobre sus derivadas (número, localización, construcción, tipo de fijación y fechas de la implantación) también debe ser documentada. El ritmo intrínseco y dependencia del paciente deben ser verificado mediante una interrogación del DCEI (26, 27).

### **Imágenes**

Para determinar el abordaje del procedimiento y el riesgo de complicaciones se utilizan diversas técnicas de imágenes. En primer lugar, se debe realizar una radiografía de tórax para localizar los cables de marcapaso, analizar los cables de marcapaso y para determinar la existencia de calcificaciones. Se debe verificar si los cables del marcapasos fueron fijados de manera pasiva o activa, ya que la fijación pasiva y el diseño de cables con doble bobina puede relacionarse con adhesiones fibrosas (28). El tipo de fijación se puede determinar fácilmente en una radiografía de tórax debido a que los cables con fijación pasiva utilizan dientes, aletas o estructuras cónicas en la punta del cable; mientras que los cables con fijación activa utilizan una hélice que puede atornillarse en el miocardio (29). La radiografía también es útil para determinar la presencia de cables no documentados o equipos que puedan significar un problema durante la extracción. En segundo lugar, se recomienda una ETE en pacientes con sospecha de infección sistémica del DCEI para determinar cualquier anomalía cardíaca, incluyendo una fracción de eyección disminuida, vegetaciones, insuficiencia tricuspídea, shunts cardíacos y derrame pericárdico preexistente (16, 30-33). Si hubiese vegetaciones grandes (>2.5 cm), el procedimiento puede requerir de un abordaje alternativo, como una extracción abierta (20). Debido al riesgo de tromboembolismo, la presencia de vegetaciones y su tamaño debe ser tomado en cuenta para el manejo de la terapia antitrombótica (34, 35).

En tercer lugar, algunos centros realizan una Tomografía Computarizada (TC) cardíaca para buscar la presencia de estenosis venosa o la presencia de segmentos del cable de marcapaso fuera del vaso sanguíneo (16).

Por último, el fluor-18-fluorodeoxyglucosa (18F-FDG) y

la TC pueden ser utilizados para identificar infecciones en pacientes en los que se sospecha una infección, pero no es evidente con otras modalidades de imágenes (36, 37). Un meta-análisis reciente con 14 estudios que involucran a 492 pacientes, determinó una alta sensibilidad (83%) y especificidad (89%) para la evaluación de infección de DCEI mediante el uso de PET/TC (38). El escaneo con 18F-FDG PET/TC ha sido evaluado para precisión diagnóstica en otros estudios y su uso debe ser considerado antes de plantear un régimen terapéutico cuando se sospecha de una infección (39-41).

### **Exámenes de Sangre**

Antes de realizar el procedimiento, se deben recolectar muestras sanguíneas para evaluar la función renal, coagulación, hemoglobina y recuento de plaquetas. Estos resultados deben compararse con los valores luego del procedimiento (16). Como mínimo se deben tomar dos muestras para hemocultivo antes de iniciar tratamiento antibiótico en pacientes con sospecha de infección de DCEI (33).

Para los pacientes con infecciones, el antibiótico de primera línea debe ser vancomicina hasta identificar el organismo responsable (42). La causa más común de infección de DCEI son *Staphylococcus aureus* y *staphylococcus coagulasa-negativos* (43). Cerca de la mitad de los *staphylococcus* que causan infecciones son resistentes a metilicina; motivo por el cual la vancomicina es el antibiótico de elección (43).

### **Anticoagulación**

A muchos pacientes con DCEIs se le indica anticoagulación oral o doble tratamiento antiagregante plaquetario. Lamentablemente, los procedimientos de extracción de cables de marcapaso tienen riesgo de eventos hemorrágicos severos y que amenazan la vida – tales como, desgarros vasculares que involucran ala vena cava superior (VCS), taponamiento y hemotórax – y pueden involucrar eventos tromboembólicos (20). El manejo de la terapia anticoagulante antes, durante y después del procedimiento es esencial para estos pacientes.

Las estrategias de anticoagulación se deben considerar una vez que se ha evaluado el riesgo tromboembólico. Para el protocolo de anticoagulación para extracción de cables de marcapaso se debe tomar en cuenta los predictores clínicos de eventos trombóticos/tromboembólicos tales como prótesis de válvula mecánica, fibrilación auricular, la duración de permanencia en cama y el tiempo de hospitalización (34). En la experiencia del autor, continuar con la anticoagulación es una práctica habitual durante la extracción de cables de marcapaso (15, 44, 45).

**Tabla 2: Fundas Especializadas: Tipos y Usos**

Tipo de Funda Especializada	Útil Para	Menor Utilidad Para
Fundas telescópicas no mecanizadas (56, 57)	Adhesiones fibrosas	Lesiones fibróticas densas o muy calcificadas
Fundas láser (58, 59)	Lesiones fibrosas y tejido cicatricial	Lesiones muy calcificadas
Cortadores giratorios mecanizados (60-63)	Lesiones fibróticas densas y calcificadas	Tejido fibroso

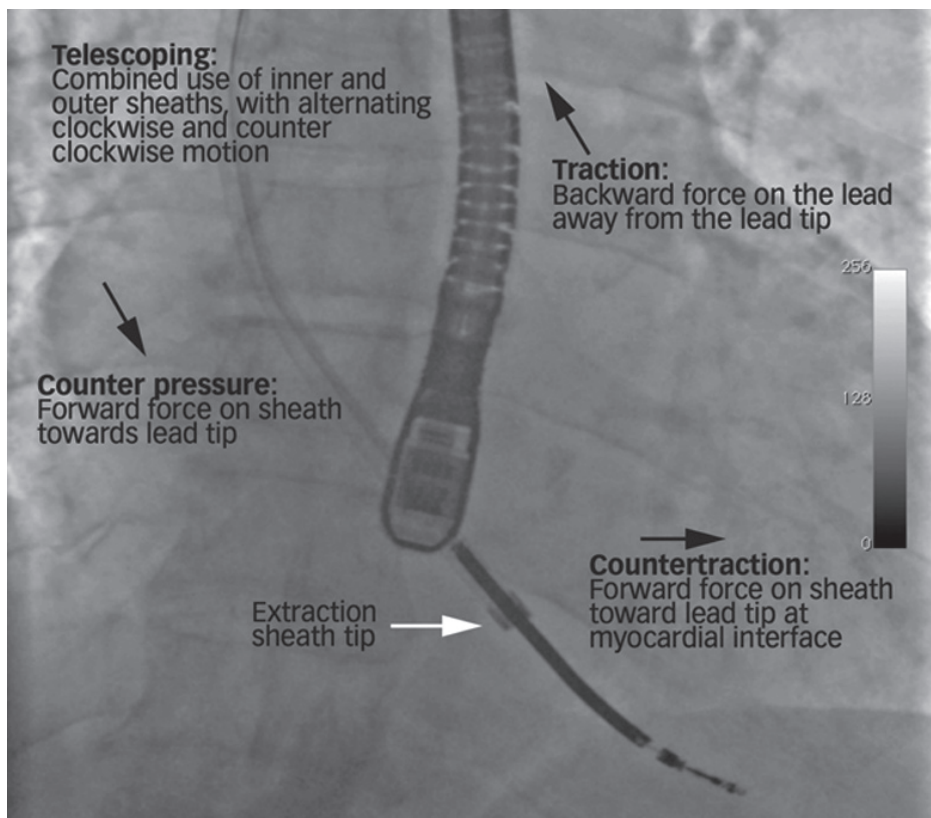
**Abordaje de la Extracción**

La extracción se realiza a través de la vena subclavia, la vena femoral, la yugular interna o utilizando una combinación de métodos (46, 47). El abordaje por la vena subclavia permite que todo el procedimiento se realice por una sola incisión y permite el acceso ipsilateral a la vena a implantar; por este motivo, es el abordaje mas utilizado. Los abordajes a través de cirugía abierta son raros y usualmente están reservados para casos complejos y de alto riesgo en los que no se puede realizar un abordaje percutáneo. Estos casos casi siempre requieren de un abordaje mixto en los que se combina la cirugía de corazón abierto y la extracción de cable de marcapasos transvenosa para retirar las porciones intracardiacas e intravacuulares del cable respectivamente. Recientemente, se han introducido abordajes mínimamente invasivos como alternativa a la esternotomía mediana (48-53).

**Fase del Procedimiento**

En primer lugar, el paciente es preparado de la misma manera en la que se prepara a un paciente para un procedimiento de cirugía de corazón abierto. Luego se administra anestesia general y se realiza una ETE (1). A continuación, se realiza una incisión a través del lugar inicial de la implantación del DCEI para obtener acceso al bolsillo del dispositivo. Si existiese una infección localizada del bolsillo, este es debridado y se debe obtener muestras para cultivo microbiológico (54). Si no hubiese infección, se debe realizar un debridamiento mínimo mientras se libera el cable de marcapasos del tejido fibroso en el bolsillo. Una vez realizado este procedimiento, se procede a retirar los cables del marcapasos del dispositivo y luego son disecados hacia afuera del tejido fibroso. Para evitar que el cable se desenrede y para aplicar una tracción a través de toda su longitud, usualmente se fijan los componentes a

**Figura 2:** Representación de las Fuerzas Involucradas en la Extracción de Cables de Marcapasos



un dispositivo asegurador de cable utilizando nudos de sutura o un espiral de compresión. Si no se puede colocar el dispositivo asegurador de cables, se puede utilizar un extensor de cable (22).

El siguiente paso depende del grado de fibrosis, el cual es proporcional a la edad del cable de marcapaso. Si el cable se ha implantado recientemente, la tracción simple (o tirar suavemente sin ninguna herramienta de extracción especializada aparte de un estilete estándar) ha demostrado ser efectiva en el retiro de 27% de los cables de marcapasos en el registro ELECTRa (8). Por otro lado, si la tracción simple no es exitosa, se puede utilizar una funda especial para las adhesiones intravasculares alrededor del cable de marcapaso. La elección de la funda depende de la naturaleza de las lesiones y de la experiencia, entrenamiento y preferencia del operador. Por este motivo, se pueden utilizar diferentes fundas a lo largo de una sola extracción de cable de marcapaso, dependiendo de las circunstancias (Tabla 2).

La funda se introduce de manera coaxial hasta alcanzar el extremo distal del cable del marcapaso (en la superficie del miocardio). Una vez que la funda esta cerca al miocardio, el cable del marcapaso se tira suavemente con un movimiento de tracción-contra tracción para soltar y retirar la punta del cable del miocardio (Figura 2). Si se requiere la implantación de un nuevo cable de marcapaso, un cable guía es insertado a través de la funda para mantener el acceso venoso (22). En algunos casos especiales, como una oclusión venosa o cables de marcapaso con adherencias mínimas, el uso de un lazo femoral puede ayudar a mantener la tracción mientras la funda atraviesa las venas obstruidas. Además, el abordaje femoral también se puede utilizar para retirar fragmentos de cables de marcapaso que se pudieran quebrar durante la extracción. Es importante mencionar que, si el abordaje subclavio falla debido a una ruptura intravascular, la extracción se puede realizar mediante el abordaje femoral o yugular interno (55).

### Fase Post-Procedimiento

Luego de terminado el procedimiento, se debe verificar que el paciente no tenga ninguna complicación - temprana o tardía - utilizando una radiografía de tórax, un ecocardiograma transtorácico (ETT) y el examen físico (16). En primer lugar, es importante obtener una radiografía de tórax dentro de las primeras 24 horas luego del procedimiento para descartar un hemotórax o neumotórax oculto. En segundo lugar, se realiza un ETT para evaluar lesiones de la válvula tricuspídea, derrame pericárdico o masas intracardiacas como fragmentos retenidos (1). En tercer lugar, en el examen físico se debe buscar la presencia de fístulas arteriovenosas desde el miembro superior hasta la región subclavia (1). En pacientes con infecciones, las consideraciones adicionales

post-procedimiento incluyen la elección de la terapia antibiótica y el cuidado de la herida operatoria (1).

### Reimplantación del DCEI

Luego del procedimiento, los pacientes son reevaluados para determinar la necesidad de una reimplantación del DCEI. La reimplantación puede que no sea necesaria en aquellos pacientes en los que se demuestra una suficiente mejoría de la fracción de eyección, la recuperación de la función sinusal o que la bradicardia sintomática se haya resuelto. En pacientes con infección del DCEI, el tiempo para la reimplantación no esta asociado al riesgo de una segunda infección; las segundas infecciones se han visto en pacientes con factores de riesgo específicos, incluyendo hemodiálisis, malignidad, hematomas del bolsillo o bacteriemia por *S. aureus* (64).

### Complicaciones

La extracción percutánea de cables de marcapaso ha mostrado ser un método seguro y efectivo para retirar cables problemáticos. Los resultados negativos son raros, y muchos registros importantes han reportado tasas de mortalidad de 0.2-1.2% (1, 15, 19). Sin embargo, en aproximadamente 0.2-1.8% de los casos aún pueden existir complicaciones serias que requieren una intervención de emergencia; inclusive en las manos mas expertas. Por este motivo, se ha realizado un gran esfuerzo en identificar los factores asociados a las complicaciones para ayudar a los médicos a estratificar a los pacientes como alto riesgo para perforaciones endovasculares y otros resultados adversos (1, 8, 12, 19, 22, 65-68). Los factores de riesgo significativos son:

- Mayor tiempo de duración del implante del cable de marcapaso (>6 años)<sup>8, 12, 19, 20, 66, 67;</sup>
- Sexo femenino<sup>8, 20, 68;</sup>
- IMC o área de superficie corporal bajos<sup>12, 66;</sup>
- Número de cables de marcapasos implantados (tres o más)<sup>8, 67;</sup>
- Indicación para extracción debido a una infección<sup>1, 22;</sup>
- Presencia de DCEI con cable de marcapaso de doble bobina<sup>20, 67;</sup>
- Adherencias agresivamente calcificadas<sup>22, 65;</sup>
- Cables de marcapaso extravasculares<sup>65;</sup>
- Oclusiones venosas<sup>65;</sup>
- Abordaje femoral para la extracción<sup>8, 19;</sup>
- Uso de fundas mecanizadas<sup>8, 19, 20;</sup>
- Enfermedad renal (Insuficiencia renal terminal y diálisis)<sup>68;</sup>
- Diabetes mellitus tipo 2<sup>68;</sup>
- Insuficiencia cardiaca congestiva<sup>68;</sup>
- Enfermedad cerebrovascular<sup>68;</sup>
- Uso de anticoagulantes o antiagregantes plaquetarios<sup>68;</sup>
- Enfermedad pulmonar crónica<sup>68;</sup>

- Uso de corticoides<sup>65</sup>;
- Desprendimiento accidental de cables contiguos<sup>15</sup>;
- Extracción no programada de manera electiva<sup>15, 68</sup>;
- Centros de extracción con bajo volumen de procedimientos<sup>8, 12, 68</sup>; y
- Falta de experiencia por parte del operador (que realice menos de 30 casos al año)<sup>22</sup>.

Grandes estudios han reportado resultados contradictorios intentando identificar los diversos factores de riesgo. Por ejemplo, el registro ELECTRa de 3,510 extracciones en 73 centros europeos concluyó que los centros con un alto volumen de pacientes, comparado con aquellos centros con un bajo volumen de pacientes, estaban asociados a una mayor tasa de éxito y una menor tasa de complicaciones y mortalidad (8, 69). Sin embargo, un estudio con 11,304 extracciones en 762 centros a lo largo de todo Estados Unidos reportó luego que el volumen de procedimientos anuales que realiza cada operador no está asociado con una menor incidencia de complicaciones (15). En este mismo estudio no se encontró diferencia entre las complicaciones de los DCEIs con cables de doble bobina o cables con una sola bobina y tampoco se encontró diferencia entre los resultados al utilizar bobinas rellenas con silicona o cubiertas con politetrafluoroetileno (Gore-Tex®) (15). Dicho esto, existen múltiples factores que contribuyen al riesgo de las complicaciones, incluyendo el perfil paciente/cable de marcapaso y la experiencia centro/operador. En

conjunto, estos factores deben ser considerados para estratificar adecuadamente el riesgo, prepararse para las complicaciones y mejorar los resultados de los pacientes. Las complicaciones más severas asociadas a la extracción de cables de marcapaso surgen principalmente del daño a la vasculatura venosa o al miocardio (Tabla 3) (1). Estas complicaciones incluyen la muerte, laceración vascular, arrancamiento miocárdico, taponamiento pericárdico, hemotórax y eventos tromboembólicos (tales como embolismo pulmonar y embolismo paradójico en el contexto de un foramen oval persistente o una comunicación interauricular). En casos muy particulares, donde existe una pérdida de sangre rápida y masiva, el paciente usualmente fallece. El taponamiento pericárdico es la complicación severa más común; y puede resolverse si se actúa rápidamente realizando una esternotomía. Los desgarros de VCS por debajo de la reflexión del pericardio pueden llevar a un derrame pericárdico, mientras que los desgarros por encima de dicha reflexión usualmente generan un gran hemotórax. Estas lesiones pueden requerir de una esternotomía de emergencia y manejo quirúrgico.

Las complicaciones menores incluyen sangrado, hematoma del bolsillo, neumotórax que requiere colocación de tubo de drenaje torácico, trombosis venosa y desplazamiento de un fragmento del cable de marcapaso. Si bien estos eventos son significativos y requieren de una rápida intervención, usualmente no comprometen la vida del paciente. (Tabla 3).

**Tabla 3: Complicaciones Relacionadas al Procedimiento de Extracción**

Complicaciones	Incidencia (%)
<b>Mayores</b>	<b>0.19-1.80</b>
Muerte	0.19-1.20
Avulsión cardíaca	0.19-0.96
Laceración vascular	0.19-0.96
Paro respiratorio	0.20
Derrame pericárdico que requiere intervención	0.23-0.59
Hemotórax que requiere intervención	0.07-0.20
Embolismo pulmonar masivo	0.08
<b>Menores</b>	<b>0.60-6.20</b>
Hematoma que requiere evacuación	0.90-1.60
Neumotórax que requiere tubo de drenaje	1.10
Hemorragia que requiere transfusión sanguínea	0.08-1.00
Deterioro de la función de la válvula tricuspídea	0.32-0.59
Embolismo pulmonar	0.24-0.59
Trombosis venosa que requiere manejo médico	0.10-0.21
Fragmento de un cable de marcapaso desplazado sin dejar secuela	0.20
Derrame pericárdico que no requiere intervención	0.07-0.16

Fuente: Kusumoto et al, 2017.(1) With permission from Elsevier



Estas complicaciones potencialmente catastróficas resaltan la importancia de contar con un cirujano cardiaco disponible y con un equipo operativo y competente para el reconocimiento temprano de la lesión y la rápida implementación de los protocolos de respuesta. En primer lugar, se requiere que todo el personal y el equipo este disponible para realizar una esternotomía de emergencia y una reparación de la lesión; esto incluye que se cuente con un coche de paro, una sierra para esternón, una máquina de bypass cardiopulmonar, un sistema autólogo de recuperación de sangre y paquetes globulares compatibles disponibles para su uso (70). En segundo lugar, el equipo operativo debe tomar en cuenta que la lesión generada por la extracción del cable de marcapaso tiene una presentación única. Cuando ocurre una caída súbita de la presión arterial, el equipo debe utilizar la fluoroscopia o la ETE inmediatamente para identificar la causa. Un derrame pericárdico en aumento, el cual se identifica por el cese del movimiento del reborde cardiaco izquierdo, sugiere una perforación del miocardio o un desgarro de la VCS por debajo de la reflexión del pericardio. Un ventrículo vacío visualizado en la ETE y un hemotórax en la fluoroscopia sugieren una pérdida sanguínea masiva secundaria a un desgarro vascular por encima del pericardio (22). Clancy et al. demostraron, en un modelo porcino, que cada segundo es valioso, ya que un desgarro de 2 cm a lo largo de la

VCS puede rápidamente sangrar a una velocidad de 500 cm<sup>3</sup>/minuto y llevar a un total desangrado en menos de 10 minutos (71). Finalmente, la naturaleza de estas lesiones es comparable a las cirugías traumatológicas, y el equipo debe estar preparado para manejar rápidamente un sangrado masivo y, así, salvar al paciente.

Los equipos de rescate como el balón de oclusión venosa (Bridge™; Spectranetics Corporation) (Figura 3) pueden ser utilizados rápidamente para ayudar a mitigar la pérdida de sangre en el caso de un desgarro de la VCS. Este dispositivo es un balón endovascular que obstruye la VCS desde las braquiocefálicas hasta la aurícula derecha, y puede ser desplegado en menos de dos minutos. Los tiempos de insuflación pueden ser reducidos hasta menos de 15 segundos si se coloca el dispositivo de manera profiláctica en la vena cava inferior de los pacientes con alto riesgo antes de la extracción (65). En el caso que se sospeche un desgarro, el balón puede ser movilizado a través de un cable pre posicionado e insuflado para brindar hemostasia y estabilidad hemodinámica temporal, y de esa manera facilitar una reparación quirúrgica en una situación mas controlada. El análisis comparativo de algunos datos clínicos tempranos ha demostrado que el uso adecuado del balón de angioplastia/oclusivo/hemostático puede mejorar las probabilidades de que los pacientes sobrevivan a estas lesiones (72).

**Figura 3:** Balón de Oclusión Venosa

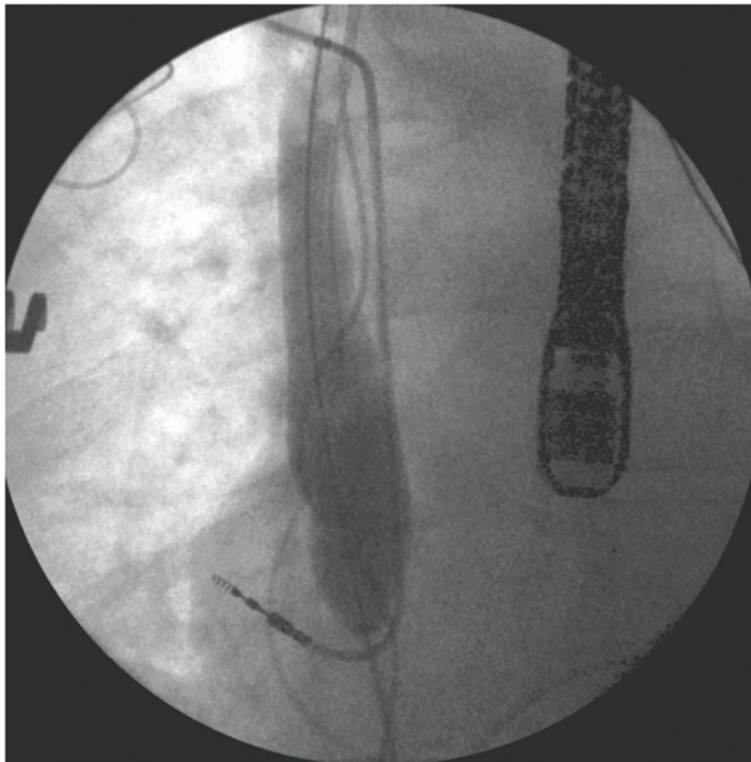


Imagen cortesía de Bridge™, Spectranetics Corporation, Colorado Springs, CO

### **Futuras Directivas**

En las últimas tres décadas, el número de extracciones de cables de marcapasos ha aumentado paralelamente al número de colocaciones de DCEIs. Conforme las indicaciones para la extracción se expandan y los pacientes con DCEIs tengan una mayor expectativa de vida, es muy probable que la demanda para extracciones de cables de marcapaso también siga en aumento (73). Hoy en día se están explorando métodos para disminuir el número de extracciones, ya sea investigando nuevas estrategias para el control de infecciones o mejorando los tratamientos alternativos a los sistemas transvenosos. Además, los últimos avances en métodos para obtener imágenes cardíacas son muy alentadores para hacer las extracciones de cables de marcapaso más seguras (74). Finalmente, conforme las extracciones de cables de marcapaso sean más seguras y fáciles de realizar, estas van a tener una mayor disponibilidad para una amplia variedad de médicos y pacientes.

### **Prevención de las Infecciones**

Debido a que gran parte de las extracciones de cables de marcapaso se indican porque existe una infección, en la actualidad se están explorando distintos métodos para reducir las tasas de infección. Una técnica prometedora actualmente en estudio es el uso de una malla liberadora de antibióticos (TYRXTM Anti-bacterial Envelope; Medtronic plc) para reducir las infecciones de DCEI en pacientes de alto riesgo (33, 75). Esta malla bioabsorbible se coloca en el bolsillo del DCEI al momento de la implantación y libera minociclina y rifampicina por un periodo de 7 días. Algunos meta-análisis han revelado una disminución significativa en las infecciones de DCEIs, y un análisis costo-efectivo ha demostrado una reducción en el uso de recursos sanitarios (76, 77). Actualmente, distintos estudios aleatorizados y controlados, tal como el Worldwide Randomized Antibiotic Envelope Infection Prevention Trial (WRAP-IT), se encuentran en desarrollo (78).

Otra área de investigación importante es el uso de antibióticos luego de la implantación de un DCEI. Actualmente, ninguna guía de recomendaciones apoya el uso de profilaxis antibiótica post procedimiento (79-81). Una encuesta en el 2017 de la HRS reveló que la manera de prescribir medicamentos en la vida real varía considerablemente y que, en aproximadamente el 22-50% de cirugías de colocación de DCEI se administran antibióticos post procedimiento (82). Además, el reciente estudio Prevention of Arrhythmia Device Infection Trial (PADIT), que incluyó a 19,603 pacientes en Canadá, encontró que el aumento de uso antibiótico postoperatorio luego de una implantación de DCEI no tuvo un efecto substancial sobre las infecciones (83, 84). Futuros análisis pueden ayudar a identificar cuáles

son las estrategias efectivas para la profilaxis antibiótica post procedimiento.

### **Alternativas Transcatéter Sin Cables**

Mientras que los marcapasos y sistemas de desfibrilación transvenosos siguen siendo la principal estrategia para el manejo de anomalías de la conducción eléctrica cardíaca, algunas terapias emergentes pueden disminuir las extracciones de cables de marcapaso.

Los marcapasos transcatéter sin cables (Micra<sup>TM</sup> Transcatheter Pacing System, Medtronic plc) y los sistemas de desfibrilación subcutáneos (S-ICDTM System, Boston Scientific Corp) son algunas alternativas que reemplazan la necesidad de colocar cables transvenosos (85). Diversos estudios multicéntricos con ambas modalidades han demostrado una alta tasa de éxito y menor tasa de complicaciones que con los sistemas convencionales (86-92). Mas aún, los recientes avances en la experiencia del operador, la preparación y las técnicas de colocación han llevado a una mejoría en las tasas de infección y a un mayor uso a nivel mundial (75, 93-95).

Actualmente, los marcapasos transcatéter sin cables y los sistemas de desfibrilación subcutáneos están limitados a unas pocas indicaciones clínicas. A medida que estas tecnologías se vayan desarrollando, los marcapasos transcatéter sin cables y los sistemas de desfibrilación subcutáneos podrían tener un rol importante en el manejo de las arritmias cardíacas.

### **Avances en las Técnicas de Imágenes**

Nuevas modalidades de imágenes tienen el potencial para hacer de la extracción de cables de marcapaso un procedimiento aún más seguro mediante un mejor planeamiento y manejo intraoperatorio. El uso de la reconstrucción de imágenes de una TC cardíaca en tres dimensiones (3D) brinda la capacidad de visualizar el DCEI en relación con las estructuras intravasculares e intracardíacas.

La ecocardiografía Doppler 3D a color de la VCS fue utilizada por un equipo en la Universidad Drexel para predecir la fibrosis del cable de marcapasos. Esta demostró viabilidad de un método de tamizaje no invasivo y de bajo costo para predecir la necesidad de procedimientos complejos (96).

Estas modalidades han permitido a los operadores a estratificar de una mejor manera a los pacientes según su riesgo y prepararse para las complicaciones imprevistas. Adicionalmente, los recientes avances en la tecnología de imágenes 3D (CartoSound<sup>TM</sup>, Biosense Webster Inc) han permitido una evaluación en tiempo real de los lugares de unión durante la extracción transvenosa de cables de marcapasos (97). Al combinar la ecocardiografía intracardíaca de dos dimensiones en

tiempo real al sistema de mapeo electroanatómico Carto® (Biosense Webster Inc), Nguyen et al. demostró que esta nueva modalidad de imagen brinda una mejor visualización del volumen del sitio de unión y la configuración que la fluoroscopia (98). Esto resultó en una significativa mejoría en la tasa de éxito de los procedimientos y en la reducción de complicaciones, tiempos de procedimiento y exposición a la radiación. Se necesitan futuros estudios para continuar evaluando estas tecnologías antes de que puedan ser implementadas a la práctica clínica de rutina.

### Innovaciones Hacia el Futuro

El futuro de las extracciones de cables de marcapasos posiblemente incluya herramientas más intuitivas y efectivas para romper las adherencias y extraer los cables con mayor seguridad. Nosotros predecimos que estas herramientas serán más simples para utilizar y reducir la gran curva de aprendizaje que actualmente se necesita para obtener la destreza para la extracción de cables de marcapaso. Por ejemplo, estas novedosas tecnologías pueden ser completamente diferentes a las técnicas láser y mecánicas utilizadas hoy en día y pueden incluir la expansión de un balón o las mallas vibratorias mecánicas que deshacen las adherencias con facilidad. Conforme el campo de la extracción de cables de marcapaso y su manejo continúa evolucionando, se deben mantener los esfuerzos para aumentar el uso de la extracción de cables de marcapaso. Aún con las guías actuales, las extracciones de cables de marcapaso no se realizan con la frecuencia que deberían, ya que un tercio de los pacientes con infecciones de DCEI no reciben la extracción adecuada del cable de marcapaso y solo el 15% de pacientes en los Estados Unidos con derivadas abandonadas son sometidos a este tipo de extracciones (98, 99).

Finalmente, el objetivo de estas nuevas tecnologías es reducir el número de complicaciones de DCEI y asegurar que todos los pacientes reciban una intervención adecuada. Para alcanzar esta visión, los médicos deben permanecer comprometidos a fomentar una cultura de constante innovación y colaboración mientras que al mismo tiempo aseguran que la seguridad y eficacia permanecen como prioridad en esta emocionante área de la medicina.

### Perspectiva Clínica

- Registros multicéntricos y en tiempo real, han demostrado que la extracción de cables de marcapaso es un procedimiento seguro y efectivo para enfrentar cables problemáticos de los dispositivos cardiacos electrónicos implantables.
- La decisión de realizar una extracción de cable de marcapaso debe tomar en cuenta las guías actualizadas

de Europa y Estados Unidos, la experiencia del operador y del equipo, los riesgos, los beneficios y la preferencia del paciente.

- El abordaje de extracción de cables de marcapaso transvenoso y el riesgo de complicaciones puede ser determinado mediante el uso de distintas modalidades de imágenes, tales como radiografía de tórax, ecocardiograma transesofágico, TC cardiaca y la TC y PET con fluor-18-fluorodeoxyglucosa (18F-FDG).
- Los registros clínicos publicados para la extracción de cables de marcapaso ofrecen una visión a las potenciales complicaciones y estrategias para mejorar la seguridad del paciente.
- Los recientes avances con respecto al control de infecciones, técnicas de imágenes y equipos prometen un aumento en la seguridad de los procedimientos y mejoría de resultados.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Wilkoff BL et al. 2017 HRS expert consensus statement on cardiovascular implantable electronic device lead management and extraction. *Heart Rhythm* 2017;14(12):e503–51. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.09.001>. PMID: 28919379.
2. Zhan C, Baine WB, Sedrakyan A, Steiner C. Cardiac device implantation in the united states from 1997 through 2004: a population-based analysis. *J Gen Intern Med* 2008;23(Suppl 1):13–19. <https://doi.org/10.1007/s11606-007-0392-0>. PMID:18095038; PMCID: PMC2359586.
3. Greenspon AJ, Patel JD, Lau E, et al. Trends in permanent pacemaker implantation in the United States From 1993 to 2009: increasing complexity of patients and procedures. *J Am Coll Cardiol* 2012;60(16):1540–5. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.07.017>. PMID:22999727.
4. Wazni O, Wilkoff BL. Considerations for cardiac device lead extraction. *Nat Rev Cardiol* 2016;13:221. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2015.207>. PMID:26822723.
5. Johansen JB, Jrgensen OD, Mller M et al. Infection after pacemaker implantation: infection rates and risk factors associated with infection in a population-based cohort study of 46299 consecutive patients. *Eur Heart J* 2011.32(8):991–8. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq497>. PMID:21252172 PMCID: PMC3076667.
6. Cabell CH, Heidenreich PA, Chu VH, et al. Increasing rates of cardiac device infections among Medicare beneficiaries: 1990–1999. *Am Heart J* 2004;147(4):582–6. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2003.06.005>. PMID: 15077071.
7. Durante-Mangoni E, Mattucci I, Agrusta F, et al., Current trends in the management of cardiac implantable electronic device (CIED) infections. *Intern Emerg Med* 2013;8(6):465–76. <https://doi.org/10.1007/s11739-012-0797-6>. PMID:22744804.
8. Bongiorno MG, Kennergren C, Butter C et al. The European Lead Extraction ConTRolled (ELECTRa) study: a European Heart Rhythm Association (EHRA) Registry of Transvenous Lead Extraction Outcomes. *Eur Heart J* 2017;38(40):2995–3005. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx080>. PMID:28369414.
9. Baddour LM, Epstein AE, Erickson CC., et al. Update on cardiovascular implantable electronic device infections and their management: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;121(3):458–77. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192665>. PMID:20048212
10. Chamis AL, Peterson GE, Cabell CH, et al. *Staphylococcus aureus*



- bacteremia in patients with permanent pacemakers or implantable cardioverter-defibrillators. *Circulation* 2001;104(9):1029. <https://doi.org/10.1161/hc3401.095097>. PMID:11524397.
11. Greenspon AJ, Prutkin JM, Sohail MR, et al. Timing of the most recent device procedure influences the clinical outcome of lead-associated endocarditis results of the MEDIC (Multicenter Electrophysiologic Device Infection Cohort). *J Am Coll Cardiol* 2012;59(7):681–7. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.11.011>. PMID:22322085.
  12. Wazni O, Epstein LM, Carrillo RG, et al. Lead extraction in the contemporary setting: the LEXICON study: an observational retrospective study of consecutive laser lead extractions. *J Am Coll Cardiol* 2010;55(6):579–86. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.08.070>. PMID:20152562.
  13. Li X, Ze F, Wang L, et al. Prevalence of venous occlusion in patients referred for lead extraction: implications for tool selection. *Europace* 2014;16(12):1795–9. <https://doi.org/10.1093/europace/euu124>. PMID:24948591.
  14. Sidhu BS, Gould J, Sieniewicz B, et al. The role of transvenous lead extraction in the management of redundant or malfunctioning pacemaker and defibrillator leads post ELECTRA. *Europace* 2018; p. euy018–euy018. <https://doi.org/10.1093/europace/euy018>. PMID: 29452360; epub ahead of press.
  15. Sood N, Martin DT, Lampert R, et al. Incidence and predictors of perioperative complications with transvenous lead extractions. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2018;11(2):e004768. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.2016.004768>. PMID:29453324.
  16. Bongioni MG, Burri H, Deharo JC. 2018 EHRA expert consensus statement on lead extraction: recommendations on definitions, endpoints, research trial design, and data collection requirements for clinical scientific studies and registries: endorsed by APHRS/HRS/LAHRs. *Europace* 2018;20(7):1217. <https://doi.org/10.1093/europace/euy050>. PMID:29566158.
  17. Gomes S, Cranney G, Bennett M, Li A, Giles R. Twenty-year experience of transvenous lead extraction at a single centre. *Europace* 2014;16(9):1350–5. <https://doi.org/10.1093/europace/eut424>. PMID:24554523.
  18. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, et al. 2017 HRS expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm* 2017;14(7): e97–e153. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.04.025>. PMID:28502708.
  19. Brunner MP, Cronin EM, Wazni O, et al. Outcomes of patients requiring emergent surgical or endovascular intervention for catastrophic complications during transvenous lead extraction. *Heart Rhythm* 2014;11(3):419–25. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.12.004>. PMID:24315967.
  20. Wilkoff BL, Love CJ, Byrd CL, et al. Transvenous lead extraction: Heart Rhythm Society expert consensus on facilities, training, indications, and patient management: this document was endorsed by the American Heart Association (AHA). *Heart Rhythm* 2009;6(7):1085–104. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2009.05.020>. PMID:19560098.
  21. Franceschi F, Dubuc M, Deharo JC, et al. Extraction of transvenous leads in the operating room versus electrophysiology laboratory: a comparative study. *Heart Rhythm* 2011;8(7):1001–5. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2011.02.007>. PMID:21315840.
  22. Love C. Lead management and lead extraction. *Card Electrophysiol Clin* 2018;10(1):127–36. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2017.11.013>. PMID: 29428134; PMCID: PMC5886040.
  23. Epstein LM, Maytin M. Strategies for transvenous lead extraction procedures. *The Journal of Innovations in Cardiac Rhythm Management* 2017; May. <https://doi.org/10.19102/icrm.2017.080502>.
  24. Maytin M, Daily TP, Carrillo RG. Virtual reality lead extraction as a method for training new physicians: a pilot study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2014; 38(3):319–25. <https://doi.org/10.1111/pace.12546>. PMID:25494952.
  25. Brunner MP, Cronin EM, Jacob J, et al. Transvenous extraction of implantable cardioverter-defibrillator leads under advisory – a comparison of Riata, Sprint Fidelis, and non-recalled implantable cardioverter-defibrillator leads. *Heart Rhythm* 2013;10(10):1444–50. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.06.021>. PMID:23816440.
  26. Crossley GH, Poole JE, Rozner MA et al. The Heart Rhythm Society (HRS)/American Society of Anesthesiologists (ASA) Expert Consensus Statement on the perioperative management of patients with implantable defibrillators, pacemakers and arrhythmia monitors: facilities and patient management: executive summary this document was developed as a joint project with the American Society of Anesthesiologists (ASA), and in collaboration with the American Heart Association (AHA), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). *Heart Rhythm*. 2011;8(7):e1–e18. doi: 10.1016/j.hrthm.2011.05.010.
  27. Fermin L, Gebhard RE, Azarrafy R, Carrillo R et al. Pearls of wisdom for high-risk laser lead extractions: a focused review. *Anesth Analg*. 2018;126(2):406–12. doi: 10.1213/ANE.0000000000002540.
  28. Segreti L, Di Cori A, Soldati E et al. Major predictors of fibrous adherences in transvenous implantable cardioverter-defibrillator lead extraction. *Heart Rhythm*. 2014;11(12):2196–201. doi: 10.1016/j.hrthm.2014.08.011.
  29. Aguilera AL, Volokhina YV, Fisher KL et al. Radiography of cardiac conduction devices: a comprehensive review. *Radiographics*. 2011;31(6):1669–82. doi: 10.1148/rg.316115529.
  30. Fowler VG, Jr, Li J, Corey GR et al. Role of echocardiography in evaluation of patients with *Staphylococcus aureus* bacteremia: experience in 103 patients. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(4):1072–8. doi: 10.1016/S0735-1097(97)00250-7.
  31. Madhavan M, Sohail MR, Friedman PA et al. Outcomes in patients with cardiovascular implantable electronic devices and bacteremia caused by Gram-positive cocci other than *Staphylococcus aureus*. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010;3(6):639–45. doi: 10.1161/CIRCEP.110.957514.
  32. Downey BC, Juselius WE, Pandian NG et al. Incidence and significance of pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator lead masses discovered during transesophageal echocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2011;34(6):679–83. doi: 10.1111/j.1540-8159.2011.03034.x.
  33. Tarakji KG, Ellis CR, Defaye P, Kennergren C et al. Cardiac implantable electronic device infection in patients at risk. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2016;5(1):65–71. doi: 10.15420/aer.2015.27.2.
  34. Zaca V, Marcucci R, Parodi G et al. Management of antithrombotic therapy in patients undergoing electrophysiological device surgery. *Europace*. 2015;17(6):840–54. doi: 10.1093/europace/euu357.
  35. Klug D, Lacroix D, Savoye C et al. Systemic infection related to endocarditis on pacemaker leads: clinical presentation and management. *Circulation*. 1997;95(8):2098–107. doi: 10.1161/01.CIR.95.8.2098.
  36. Sarrazin JF, Philippon F, Tessier M et al. Usefulness of fluorine-18 positron emission tomography/computed tomography for identification of cardiovascular implantable electronic device infections. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(18):1616–25. doi: 10.1016/j.jacc.2011.11.059.
  37. Amraoui S, Tlili G, Sohal M et al. Contribution of PET imaging to the diagnosis of septic embolism in patients with pacing lead endocarditis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9(3):283–90. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.09.014.
  38. Mahmood M, Kendi AT, Farid S Role of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of cardiovascular implantable electronic device infections: a meta-analysis. *J Nucl Cardiol*. 2017. Sep 14, epub ahead of press.
  39. Juneau D, Golfam M, Hazra S et al. Positron emission tomography and single-photon emission computed tomography imaging in the diagnosis of cardiac implantable electronic device infection.



- Circ Cardiovasc Imaging. 2017;10(4):e005772. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005772.
40. Ahmed FZ, James J, Cunningham C et al. Early diagnosis of cardiac implantable electronic device generator pocket infection using 18F-FDG-PET/CT. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(5):521–30. doi: 10.1093/ehjci/jeu295.
  41. Granados U, Fuster D, Pericas JM et al. Diagnostic accuracy of 18F-FDG PET/CT in infective endocarditis and implantable cardiac electronic device infection: a cross-sectional study. *J Nucl Med*. 2016;57(11):1726–32. doi: 10.2967/jnumed.116.173690.
  42. Tarakji KG, Chan EJ, Cantillon DJ et al. Cardiac implantable electronic device infections: Presentation, management, and patient outcomes. *Heart Rhythm*. 2010;7(8):1043–7. doi: 10.1016/j.hrthm.2010.05.016.
  43. Uslan DZ, Dowsley TF, Sohail MR et al. Cardiovascular implantable electronic device infection in patients with *Staphylococcus aureus* bacteremia. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010;33(4):407–13. doi: 10.1111/j.1540-8159.2009.02565.x.
  44. Khan F, Ahmed S, Humber D et al. The incidence of bleeding complication associated with pacemaker and implantable cardioverter defibrillator lead extraction without reversal of anticoagulation. *EP Europace*. 2017;19:iii–4. doi: 10.1093/ehjci/eux133.003. (Suppl 3).
  45. Zheng Q, Maytin M, John RM Transvenous lead extraction during uninterrupted warfarin therapy (abstract). *Heart Rhythm*. 2018. pp. S1547–5271. pp. 30695–7. epub ahead of press.
  46. Kocabaş U, Duygu H, Erena NK et al. Percutaneous lead extraction by femoral approach, case report. *International Journal of the Cardiovascular Academy*. 2015;1(1):13–5. doi: 10.1016/j.ijcac.2015.07.013.
  47. Sadek MM, Goldstein W, Epstein AE, Schaller RD et al. Cardiovascular implantable electronic device lead extraction: evidence, techniques, results, and future directions. *Curr Opin Cardiol*. 2016;31(1):23–8. doi: 10.1097/HCO.0000000000000247.
  48. Bontempi L, Vassanelli F, Cerini M et al. Hybrid minimally invasive approach for transvenous lead extraction: a feasible technique in high-risk patients. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2017;28(4):466–73. doi: 10.1111/jce.13164.
  49. Goyal SK, Ellis CR, Ball SK et al. High-risk lead removal by planned sequential transvenous laser extraction and minimally invasive right thoracotomy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014;25(6):617–21. doi: 10.1111/jce.12368.
  50. Koneru JN, Ellenbogen KA et al. High-risk lead extraction using a hybrid approach: the blade and the lightsaber. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014;25(6):622–3. doi: 10.1111/jce.12380.
  51. Rodriguez Y, Garisto JD, Carrillo RG et al. A novel retrograde laser extraction technique using a transatrial approach. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2011;4(4):501–501. doi: 10.1161/CIRCEP111.963462.
  52. Rusanov A, Spotnitz HM et al. A 15-year experience with permanent pacemaker and defibrillator lead and patch extractions. *Ann Thorac Surg*. 2010;89(1):44–50. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.10.025.
  53. Curnis A, Bontempi L, Coppola G et al. Active-fixation coronary sinus pacing lead extraction: a hybrid approach. *Int J Cardiol*. 2012;156(3):e51–2. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.08.016.
  54. Dy Chua J, Abdul-Karim A, Mawhorter S et al. The role of swab and tissue culture in the diagnosis of implantable cardiac device infection. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005;28(12):1276–81. doi: 10.1111/j.1540-8159.2005.00268.x.
  55. Bongiorno MG, Segreti L, Di Cori A et al. Safety and efficacy of internal transjugular approach for transvenous extraction of implantable cardioverter defibrillator leads. *Europace*. 2014;16(9):1356–62. doi: 10.1093/europace/euu004.
  56. Gaubert M, Giorgi R, Franceschi F et al. Outcomes and costs associated with two different lead-extraction approaches: a single-centre study. *Europace*. 2017;19(10):1710–6. doi: 10.1093/europace/euw254.
  57. Byrd CL, Schwartz SJ, Hedin N et al. Intravascular techniques for extraction of permanent pacemaker leads. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991;101(6):989–97.
  58. Pecha S, Linder M, Gosau N et al. Lead extraction with high frequency laser sheaths: a single-centre experience. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017;51(5):902–5. doi: 10.1093/ejcts/ezw425.
  59. Okamura H, Van Arnam JS, Aubry MC et al. Successful pacemaker lead extraction involving an ossified thrombus: a case report. *J Arrhythm*. 2017;33(2):150–1. doi: 10.1016/j.joa.2016.06.007.
  60. Domenichini G, Gonna H, Sharma R et al. Non-laser percutaneous extraction of pacemaker and defibrillation leads: a decade of progress. *Europace*. 2017;19(9):1521–6. doi: 10.1093/europace/euw162.
  61. Mazzone P, Migliore F, Bertaglia E et al. Safety and efficacy of the new bidirectional rotational Evolution® mechanical lead extraction sheath: results from a multicentre Italian registry. *Europace*. 2018;20(5):829–34. doi: 10.1093/europace/eux020.
  62. Aytemir K, Yorgun H, Canpolat U et al. Initial experience with the TightRail Rotating Mechanical Dilator Sheath for transvenous lead extraction. *Europace*. 2016;18(7):1043–8. doi: 10.1093/europace/euv245.
  63. Hussein AA, Wilkoff BL, Martin DO et al. Initial experience with the Evolution mechanical dilator sheath for lead extraction: safety and efficacy. *Heart Rhythm*. 2010;7(7):870–3. doi: 10.1016/j.hrthm.2010.03.019.
  64. Boyle TA, Uslan DZ, Prutkin JM et al. Reimplantation and repeat infection after cardiac-implantable electronic device infections: experience from the MEDIC (Multicenter Electrophysiologic Device Infection Cohort) database. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2017;10(3) doi: 10.1161/CIRCEP116.004822.
  65. Tsang DC, Azarrafiy R, Pecha S et al. Long-term outcomes of prophylactic placement of an endovascular balloon in the vena cava for high-risk transvenous lead extractions. *Heart Rhythm*. 2017;14(12):1833–8. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.08.003.
  66. Fu HX, Huang XM, Zhong LI et al. Outcomes and complications of lead removal: can we establish a risk stratification schema for a collaborative and effective approach? *Pacing Clin Electrophysiol*. 2015;38(12):1439–47. doi: 10.1111/pace.12736.
  67. Bontempi L, Vassanelli F, Cerini M et al. Predicting the difficulty of a transvenous lead extraction procedure: validation of the LED index. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2017;28(7):811–8. doi: 10.1111/jce.13223.
  68. Deshmukh A, Patel N, Noseworthy PA et al. Trends In use and adverse outcomes associated with transvenous lead removal in the United States. *Circulation*. 2015;132(25):2363–71. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.013801.
  69. Auricchio A, Regoli F, Conte G, Caputo ML et al. Key lessons from the ELECTRa registry in the modern era of transvenous lead extraction. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2017;6(3):111–3. doi: 10.15420/aer.2017.25.1.
  70. Bashir J, Fedoruk LM, Ofiesh J et al. Classification and surgical repair of injuries sustained during transvenous lead extraction. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2016;9(9) doi: 10.1161/CIRCEP115.003741.
  71. Clancy JF, Carrillo RG, Sotak R et al. Percutaneous occlusion balloon as a bridge to surgery in a swine model of superior vena cava perforation. *Heart Rhythm*. 2016;13(11):2215–20. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.06.028.
  72. Azarrafiy R, Tsang DC, Boyle TA et al. Compliant endovascular balloon reduces the lethality of superior vena cava tears during transvenous lead extractions. *Heart Rhythm*. 2017;14(9):1400–4. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.05.005.
  73. Voigt A, Shalaby A, Saba A et al. Continued rise in rates of cardiovascular implantable electronic device infections in the United States: temporal trends and causative insights. *Pacing*

- Clin Electrophysiol. 2010;33(4):414–9. doi: 10.1111/j.1540-8159.2009.02569.x.
74. Kondo Y, Ueda M, Kobayashi Y, Schwab JO et al. New horizon for infection prevention technology and implantable device. *J Arrhythm.* 2016;32(4):297–302. doi: 10.1016/j.joa.2016.02.007.
  75. Kolek MJ, Patel NJ, Clair WK et al. Efficacy of a bio-absorbable antibacterial envelope to prevent cardiac implantable electronic device infections in high-risk subjects. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2015;26(10):1111–6. doi: 10.1111/jce.12768. meta-analysis of antibacterial envelope use in prevention of cardiovascular implantable electronic device infection. *Ther Adv Infect Dis.* 2017;4(3):75–82. doi: 10.1177/2049936117702317.
  77. Kay G, Eby EL, Brown B et al. Cost-effectiveness of TYRX absorbable antibacterial envelope for prevention of cardiovascular implantable electronic device infection. *J Med Econ.* 2018;21(3):294–300. doi: 10.1080/13696998.2017.1409227.
  78. Tarakji KG, Mittal S, Kennergren C et al. Worldwide Randomized Antibiotic Envelope Infection Prevention Trial (WRAP-IT). *Am Heart J.* 2016;180:12–21. doi: 10.1016/j.ahj.2016.06.010.
  79. Da Costa A, Kirkorian G, Cucherat M et al. Antibiotic prophylaxis for permanent pacemaker implantation: a meta-analysis. *Circulation.* 1998;97(18):1796–801. doi: 10.1161/01.CIR.97.18.1796.
  80. Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM et al. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Am J Health Syst Pharm.* 2013;70(3):195–283. doi: 10.2146/ajhp120568.
  81. Padfield GJ, Steinberg C, Bennett MT et al. Preventing cardiac implantable electronic device infections. *Heart Rhythm.* 2015;12(11):2344–56. doi: 10.1016/j.hrthm.2015.06.043.
  82. Basil A, Lubitz SA, Noseworthy PA et al. Perioperative antibiotic prophylaxis for cardiac implantable electrical device procedures: results from a Heart Rhythm Society survey. *JACC Clin Electrophysiol.* 2017;3(6):632–4. doi: 10.1016/j.jacep.2017.01.013.
  83. Krahn AD B–LBCT01–01/B–LBCT01–01 – Prevention of Arrhythmia Device Infection Trial (PADIS). Heart Rhythm Society. Presented at: Boston, MA, USA, 9–12 May 2018.
  84. Connolly SJ, Philippon F, Longtin Y et al. Randomized cluster crossover trials for reliable, efficient, comparative effectiveness testing: design of the Prevention of Arrhythmia Device Infection Trial (PADIT). *Can J Cardiol.* 2013;29(6):652–8. doi: 10.1016/j.cjca.2013.01.020.
  85. Reynolds D, Duray GZ, Omar R et al. A leadless intracardiac transcatheter pacing system. *N Engl J Med.* 2015;374(6):533–41. doi: 10.1056/NEJMoa1511643.
  86. Roberts PR, Clementy N, Al Samadi F et al. A leadless pacemaker in the real-world setting: the Micra Transcatheter Pacing System Post-Approval Registry. *Heart Rhythm.* 2017;14(9):1375–9. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.05.017.
  87. Reddy VY, Knops RE, Sperzel J et al. Permanent leadless cardiac pacing: results of the LEADLESS Trial. *Circulation.* 2014;129(14):1466–71. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006987.
  88. Duray GZ, Ritter P, El-Chami M et al. Long-term performance of a transcatheter pacing system: 12-month results from the Micra Transcatheter Pacing Study. *Heart Rhythm.* 2017;14(5):702–9. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.01.035.
  89. Tjong FVY, Reddy VY et al. Permanent leadless cardiac pacemaker therapy: a comprehensive review. *Circulation.* 2017;135(15):1458–70. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025037.
  90. Tjong FVY, Knops RE, Neuzil P et al. Midterm safety and performance of a leadless cardiac pacemaker. *Circulation.* 2018;137(6):633–5. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030106.
  91. Basu-Ray I, Liu J, Jia X et al. Subcutaneous versus transvenous implantable defibrillator therapy: a meta-analysis of case-control studies. *JACC Clin Electrophysiol.* 2017;3(13):1475–83. doi: 10.1016/j.jacep.2017.07.017.
  92. Pedersen SS, Mastenbroek MH, Carter N et al. A comparison of the quality of life of patients with an entirely subcutaneous implantable defibrillator system versus a transvenous system (from the EFFORTLESS S-ICD Quality of Life Substudy). *Am J Cardiol.* 2016;118(4):520–6. doi: 10.1016/j.amjcard.2016.05.047.
  93. Lenarczyk R, Boveda S, Haugaa KH et al. Peri-procedural routines, implantation techniques, and procedure-related complications in patients undergoing implantation of subcutaneous or transvenous automatic cardioverter-defibrillators: results of the European Snapshot Survey on S-ICD Implantation (ESSS-SICDI). *Europace.* 2018;20(7):1218–24. doi: 10.1093/europace/euy092.
  94. Boersma L, Barr C, Knops R et al. Implant and midterm outcomes of the Subcutaneous Implantable Cardioverter-Defibrillator Registry: the EFFORTLESS Study. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70(7):830–41. doi: 10.1016/j.jacc.2017.06.040.
  95. Honarbakhsh S, Providencia R, Srinivasan N et al. A propensity matched case-control study comparing efficacy, safety and costs of the subcutaneous vs. transvenous implantable cardioverter defibrillator. *Int J Cardiol.* 2017;228:280–5. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.11.017.
  96. Yakish SJ, Narula A, Foley R et al. Superior vena cava echocardiography as a screening tool to predict cardiovascular implantable electronic device lead fibrosis. *J Cardiovasc Ultrasound.* 2015;23(1):27–31. doi: 10.4250/jcu.2015.23.1.27.
  97. Nguyen BL, Nguyena BL, Persi A, Gang ES et al. Three-dimensional binding sites volume assessment during cardiac pacing lead extraction. *Clin Trials Regul Sci Cardiol.* 2015;7:1–6. doi: 10.1016/j.ctsc.2015.08.006.
  98. Sohail MR, Eby EL, Ryan MP et al. Incidence, treatment intensity, and incremental annual expenditures for patients experiencing a cardiac implantable electronic device infection: evidence from a large US payer database 1-year post implantation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2016;9(8) doi: 10.1161/CIRCEP.116.003929.
  99. Pokorney SD, Mi X, Lewis RK et al. Outcomes associated with extraction versus capping and abandoning pacing and defibrillator leads. *Circulation.* 2017;136(15):1387–95. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.027636.