

MANEJO DE CADÁVERES EQUIPADOS CON DISPOSITIVOS CARDIACOS**HANDLING OF CORPSES EQUIPPED WITH CARDIAC DEVICES**

Bustos CA.

Médica forense del Poder Judicial de la Nación.
Especialista en Clínica médica, Medicina legal y Toxicología.
Buenos Aires.
Argentina.

Correspondencia: cbustos@csjn.gov.ar

Resumen: La autopsia médico legal es esencial para determinar la causa y el mecanismo del fallecimiento, y puede revelar diagnósticos erróneos que llevaron a la muerte. En el contexto de la práctica forense, la extracción y análisis de dispositivos cardíacos implantados en cadáveres, como marcapasos y cardiodesfibriladores implantables (CDI), son críticos. Estos dispositivos pueden ofrecer información relevante sobre los últimos momentos de vida del fallecido.

Objetivos Este estudio se centra en el manejo adecuado de la extracción de dispositivos cardíacos de cadáveres durante una autopsia médico legal. El objetivo principal es discutir la metodología y precauciones necesarias para la extracción, conocida como explante, y cómo el estudio de estos dispositivos puede proporcionar información vital para la investigación forense.

Conclusiones : Los (CDI) requieren precauciones para evitar descargas eléctricas peligrosas y preservar la información almacenada, mientras que los marcapasos es menos riesgosa. El uso de imanes de neodimio es crucial para desactivar temporalmente el dispositivo y prevenir descargas eléctricas durante el explante.

Importancia Forense: El análisis del CDI puede proporcionar información sobre el tipo de arritmia presente antes de la muerte y cómo posibles interferencias podrían haber afectado el funcionamiento del dispositivo.

Interés y Novedad del Estudio: El estudio es relevante porque mejora el entendimiento de la extracción y análisis de dispositivos cardíacos en el contexto forense, un área con implicaciones significativas para la determinación de la causa de muerte. La novedad radica en la integración de técnicas específicas para el manejo seguro de estos dispositivos y en cómo estas técnicas pueden influir en la calidad de la información obtenida durante una autopsia.

Palabras clave : autopsia forense, extracción post mortem, investigación forense , riesgos y seguridad.

Abstract: Forensic autopsy is essential for determining the cause and mechanism of death, and it can reveal misdiagnoses that led to the death. In forensic practice, the extraction and analysis of implanted cardiac devices in cadavers, such as pacemakers and implantable cardioverter defibrillators (ICDs), are critical. These devices can provide relevant information about the deceased's final moments.

Objectives: This study focuses on the proper management of extracting cardiac devices from cadavers during a forensic autopsy. The primary goal is to discuss the methodology and necessary precautions for extraction, known as explantation, and how the study of these devices can provide vital information for forensic investigation.

Conclusions: ICDs require precautions to avoid dangerous electrical discharges and to preserve stored information, while pacemakers are less risky. The use of neodymium magnets is crucial to temporarily deactivate the device and prevent electrical discharges during explantation.

Forensic Importance: Analyzing the ICD can provide information about the type of arrhythmia present before death and how potential interferences might have affected the device's functioning.

Interest and Novelty of the Study : The study is relevant because it enhances the understanding of the extraction and analysis of cardiac devices in forensic contexts, an area with significant implications for determining the cause of death. The novelty lies in integrating specific techniques for the safe management of these devices and how these techniques can influence the quality of information obtained during an autopsy.

Keywords: forensic autopsy, post-mortem extraction, forensic investigation, risks and safety.

INTRODUCCIÓN

La autopsia médico legal es un proceso fundamental que contribuye a determinar la causa y el mecanismo del fallecimiento. Este procedimiento no solo permite obtener valiosos conocimientos médicos, sino que también ayuda a esclarecer diagnósticos erróneos o no valorados que pudieron haber llevado a la muerte de una persona. La presente revisión tiene como objetivo discutir el manejo de la extracción y el posterior estudio de dispositivos cardíacos extraídos de cadáveres, ya que estos pueden brindar información crucial sobre los últimos momentos de vida del fallecido.

La manipulación de estos dispositivos exige un profundo conocimiento de su funcionamiento, así como la habilidad para identificarlos y utilizarlos adecuadamente. Por lo tanto, se abordará el método de extracción post-mortem, comúnmente denominado explante.

1. CARDIODESFIBRILADORES Y MARCAPASOS CARDIACOS

En la práctica forense, es común encontrar cadáveres que portan dispositivos cardíacos que deben ser extraídos post-mortem. (*Ver Cuadro 1: Diferencias entre un marcapasos y un cardiodesfibrilador implantable - CDI*).

¿Porqué se debe extraer un dispositivo cardíaco en la autopsia médico legal?

En primer lugar, estos dispositivos contienen baterías de litio, las cuales son contaminantes para el medio ambiente. Además, si el cuerpo es posteriormente cremado, la exposición a altas temperaturas puede provocar la explosión de estos aparatos, lo que representa un riesgo significativo para el personal encargado de los hornos crematorios. Por lo tanto, su extracción se vuelve esencial no solo por razones de seguridad, sino también porque algunos de estos dispositivos son reciclables⁽¹⁾.

El proceso de extracción debe realizarse siguiendo protocolos específicos que garanticen la integridad del dispositivo y la seguridad del personal forense. Estos protocolos incluyen el uso de herramientas adecuadas y el seguimiento de técnicas que minimicen el riesgo de daño a los tejidos circundantes.

Además, el estudio de estos dispositivos puede proporcionar información valiosa sobre el estado de salud del fallecido en sus últimos momentos, permitiendo a los investigadores obtener una comprensión más clara de las circunstancias que rodearon su muerte ⁽²⁾.

Cuadro 1. Diferencias entre un marcapasos y un CDI^{(3) (4) (5)}

Diferencias	Marcapasos	Cardiodesfibrilador ⁵
Tamaños	 Mide 5 cm y peso 32 grs	 Mide 5 cm y pesa 77 grs en promedio
Finalidad	Estimulación cardíaca cuando falla el ritmo sinusal.	Función de marcapasos y en arritmias rápidas frente a trastornos erráticos del ritmo sinusal.
Posición de electrodos	Ventrículo izquierdo y aurícula derecha	Ventrículo derecho , aurícula derecha y según los modelos otros que van a vena exterior de ventrículo izquierdo.
Función	Sensado y captura de estímulos frente a bradiarritmias.	Administra de manera controlada descargas eléctricas a través de la pared torácica. Desfibrila y cardio vierte
Explante para el forense	Sin riesgos, simplemente se cortan los electrodos cable. Se rige por pilas.	Con medidas de precaución. Se rige por pilas y un generador que dispara descargas eléctricas. Riesgosos para el forense que realiza el procedimiento si no guarda recaudos.

Cuadro 1. Comparación entre características de los dispositivos intracardiacos (marcapasos vs CDI) y las condiciones de explante.

a. **Cardiodesfibrilador implantable (CDI)**

El cardiodesfibrilador implantable (CDI) es un dispositivo automático que detecta ritmos cardíacos anormales, denominados arritmias, especialmente aquellas rápidas y potencialmente mortales. Este dispositivo emite una descarga eléctrica al corazón, permitiendo que el paciente recupere un ritmo normal. El CDI consta de dos componentes básicos: el generador y los cables. El generador es la parte más crítica, ya que almacena los datos y genera las descargas eléctricas necesarias.

Los cables del CDI transmiten impulsos eléctricos a la superficie endocárdica del ápex del ventrículo derecho. Con el tiempo, estos dispositivos han mejorado en tamaño y funciones, incorporando capacidades como cardioversión eléctrica sincronizada, prevención de bradicardia (similar a un marcapasos), prevención de taquicardia y registro de actividad cardíaca . Ver figura 1.⁽⁶⁾

Componentes y Funcionalidad

El CDI se utiliza en terapias de resincronización cardíaca y varía en tamaño, peso y funciones según el modelo. Su configuración es similar a la de una computadora, permitiendo su programación y la

recopilación de información útil para el médico tratante. La vida media de estos dispositivos oscila entre 5 y 7 años, y están identificados por un número de serie único ⁽⁷⁾.

Baterías y Seguridad

Las baterías de los CDI generalmente están compuestas por litio, plata y óxido de vanadio, y descargan una energía de 30 a 40 Joules. Este nivel de descarga presenta riesgos significativos para el manipulador, incluyendo quemaduras, fibrilación auricular o ventricular, y paro cardíaco ⁽⁸⁾.

Para minimizar estos riesgos, se recomienda el uso de guantes de goma dobles o de nitrilo y la desprogramación transcutánea del dispositivo. En caso de que la desprogramación no sea posible, se puede utilizar un imán o un destornillador. Ante la necesidad de extraer un dispositivo sin conocer sus características específicas, es crucial establecer una técnica de trabajo que minimice los riesgos para el operador ⁽⁹⁾.

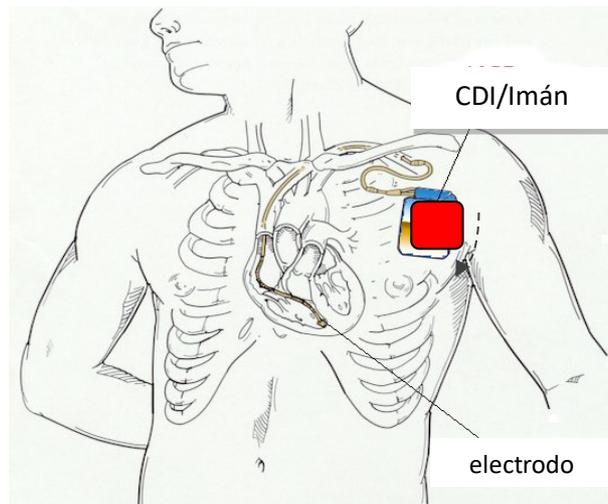


Figura 1. Imán sobre conector o borde inferior del CDI. Correcta colocación para bloquear las descargas.(3)(4)

b. Marcapasos cardíacos

Un marcapasos es un dispositivo temporal que genera impulsos externos alimentado por una pila como elementos anti bradicardia. Puede disparar estímulos asíncronos o a demanda.

La batería que tiene el marcapasos tiene muy pequeño voltaje que resulta inofensivo para la persona que realiza el explante por lo cual identificando el aparato y cortando el cable de estimulación endocárdico, miocárdico o epicárdico es suficiente. Ver Figura 2

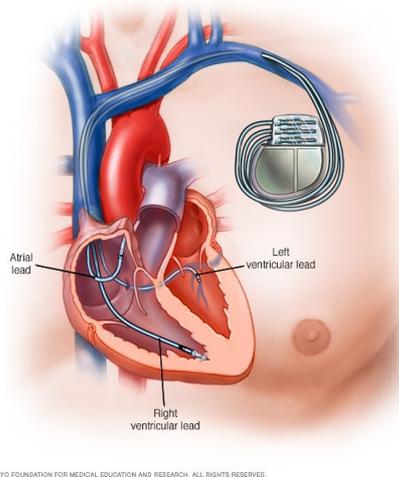


Figura 2 (Esquema de dispositivo y su colocación cardiaca – extraído del Mayo Clinic. 2019)⁽⁴⁾

2. OPERATIVA DE EXPLANTE EN CADÁVERES

El uso de un imán durante la técnica del explante de un cardiodesfibrilador implantable (CDI) es crucial para reducir los efectos antitaquicardia del dispositivo, anulando así la transmisión de impulsos eléctricos. Además esto permite la posibilidad de recuperar datos de interés pericial de acuerdo con las especificaciones del fabricante. (10)

Cuando se coloca un imán sobre el área del CDI, es importante considerar las diversas reacciones que pueden ocurrir. En general, se espera que la programación del dispositivo se inhiba, evitando tanto descargas eléctricas como estimulaciones antitaquicardia mientras el imán esté en su lugar (Markewitz *et al.*, 2003; Zipes *et al.*, 2006).

Algunos dispositivos emiten pitidos sincrónicos mientras tienen el imán colocado, un fenómeno observado en sujetos vivos y que puede ocurrir también durante el explante en cadáveres (Cuadro 2: Metodología de Explante).

2.1 Imanes de neodimio

El uso de imanes, especialmente de neodimio, sobre la caja del generador del CDI, tiene como objetivo inhibir temporalmente la emisión de descargas o impulsos eléctricos mientras está en contacto con el dispositivo. Los imanes de neodimio son preferidos debido a su alta potencia magnética, siendo los más potentes disponibles en el mercado

La colocación del imán sobre el dispositivo inhibe la emisión de impulsos eléctricos, pero al retirarlo, el CDI recupera su condición basal. Una vez inhibido, se procede a desconectar los electrodos, ya sea utilizando un destornillador especial que permita quitar los cables, o bien cortando los cables lo más próximo al dispositivo. Es recomendable cubrir el dispositivo con silicona o un guante antes de su remisión para evitar daños adicionales.

Cuadro 2. Metodología de explante

METODOLOGIA DE EXPLANTE	
Valoración de los antecedentes del sujeto	Proviene del DOMICILIO identificar que tiene un dispositivo y radiografiar la zona para determinar el tamaño del mismo – por lo general el CDI es más grande que un marcapasos convencional. Proviene de una INTERNACION se debe buscar en la historia clínica información del dispositivo implantado.
Fotografía del cadáver	Una vez identificado el dispositivo se deberá fotografiar el mismo con el registro numérico asignado para el cadáver , se debe ver el número de serie del mismo.
Radiología	En caso de no disponer de antecedentes y de existir dudas de que dispositivo se trata es conveniente la radiografía de la zona.
HERRAMIENTAS PARA EL EXPLANTE	Tijera de corte. Imán de neodimio. Técnica : colocar la parte plana del imán sobre la superficie de la piel directamente sobre el dispositivo implantado, sobre el conector o el borde inferior. En ocasiones emite un sonido o pitidos que quiere decir que está bien colocado sobre el dispositivo. Realizar la incisión y exponer el dispositivo. Proceder a destornillar los cables o a cortar los mismos lo más cercanos al dispositivo de un corte único. Cubrir la zona del dispositivo con silicona o un guante. Retirar el imán Manipularlo con cuidado evitando movimientos bruscos o ruidos que pudieran activar sus descargas.
ESTUDIO DEL DISPOSITIVO	Sólo el CDI puede ser estudiado de acuerdo al fabricante en base al número de descargas y a la secuencia de ritmo cardiaco observada por el dispositivo para efectuar esas descargas.

2.2 Consecuencias de una mala manipulación ⁽¹¹⁾

La extracción de un dispositivo, particularmente un cardiodesfibrilador implantable (CDI), sin observar las precauciones adecuadas puede resultar en la pérdida de información crítica almacenada en el dispositivo. Es fundamental además , tener cuidado con el riesgo de descargas eléctricas durante la manipulación del generador.

Si el extremo cortado del dispositivo no se protege adecuadamente, puede interpretar erróneamente la presencia de una arritmia y, en consecuencia, provocar una descarga eléctrica⁽¹²⁾. Cuando el CDI está programado para responder a ciertas arritmias mediante un algoritmo interno, la manipulación del generador sin protección de los electrodos distales puede resultar en una descarga de hasta 41 julios (equivalentes a 1000 voltios), con el potencial de causar quemaduras, arritmias auriculares, y en casos excepcionales, arritmias ventriculares o paro cardíaco. El uso de guantes actúa como un aislante, y su eficacia se incrementa con la desactivación del dispositivo mediante un imán ⁽¹³⁾

2.3 Importancia forense en la determinación de la causa y mecanismo de muerte

El CDI puede proporcionar información valiosa sobre el tipo de arritmia que presentó el sujeto minutos antes de su fallecimiento. Además, la interacción del dispositivo con otros elementos, como magnetos o aparatos eléctricos que podrían haber interferido con las descargas automáticas del CDI, debe

ser evaluada para interpretar adecuadamente el momento del deceso. Una manipulación inadecuada durante el explante puede llevar a la obtención de datos erróneos, como la constatación de arritmias falsas, si no se protege adecuadamente el extremo cortado del electrodo con silicona o guantes de goma ⁽¹⁴⁾.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fitzgerald, S. J., & Patel, A. J. (2018). Environmental impact of lithium batteries in cardiac devices. *Journal of Forensic Sciences*, 63(1), 45-50.
2. Smith, T., Jones, R. (2020). "The role of medical devices in forensic investigations". *Forensic Medicine Review*, 15(3), 123-130.
3. Raul D. Mitrani et al. Marcapasos cardiacos: situación actual y perspectivas futuras. *Current Problems in Cardiology* 2000; 1: 3-90.
4. Walley VM, Bourke ME, Green M, Stinson WA, Veinot JP. Desfibriladores automáticos implantables y el patólogo: comentario y advertencias. *J Forensic Sci*. 1998; 43: 969-73.
5. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), registro nacional de productores y productos de tecnología médica (RPPTM). 21 de mayo del 2019. Expediente DI-2019_4282 APN ANMAT MSYDS.
6. Moss, A. J., Hall, W. J., Cannom, D. S., Daubert, J. P., Higgins, S. L., Klein, H., Brown, M. W. (2002). Improved survival with an implanted defibrillator in patients with coronary disease at high risk for ventricular arrhythmia. *New England Journal of Medicine*, 346(12), 877-883.
7. Bardy, G. H., Lee, K. L., Mark, D. B., Poole, J. E., Packer, D. L., Boineau, R., ... & Johnson, G. (2005). Amiodarone or an implantable cardioverter-defibrillator for congestive heart failure. *New England Journal of Medicine*, 352(3), 225-237.
8. Wilkoff, B. L., Cook, J. R., Epstein, A. E., Greene, H. L., Hallstrom, A. P., Hsia, H., Pinski, S. L. (2002). Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. *JAMA*, 288(24), 3115-3123.
9. Smith, T. W., Ellenbogen, K. A., & Zipes, D. P. (2019). The role of transvenous lead extraction in patients with cardiac implantable electronic devices. *Circulation*, 140(19), 1521-1536.
10. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-failure/ diagnosis-treatment/drc-20373148>.
11. Gold, M. R., Peters, R. W., Johnson, J. W., & Shorofsky, S. R. (2002). The safety and efficacy of magnet application to temporarily inhibit implantable cardioverter-defibrillator shock delivery. *American Heart Journal*, 143(3), 397-403.
12. Räder SB, Zeijlemaker V, Pehrson S, Svendsen JH. Making postmortem implantable cardioverter defibrillator explantation safe. *Europace*. 2009;11:1317-22.
13. Uso de un imán para inhibir temporalmente la terapia con el S-ICD. *Boston Scientific*. Abril 2015.pág 1-2.

14. Sabatés R y Rodríguez O. Retirada autopsica de un desfibrilador automático implantable. Hospital Pujol. Barcelona. Rev. Esp. Med. Legal. 2011;37(4):173-176.