

Otología y Neurotología

# Guía sobre el manejo del paciente con Implante Coclear que requiere Resonancia Magnética en Argentina

*Guidelines on patient's management with a Cochlear Implant requiring Magnetic Resonance in Argentina*

*Diretrizes para o tratamento de pacientes com Implante Coclear que requer Ressonância Magnética na Argentina*

Dra. Silvana Saldaña<sup>(1)</sup>, Dra. Rocio Piastrelini<sup>(1)</sup>, Dr. Carlos Orrego<sup>(1)</sup>,  
Dr. Federico Di Lella<sup>(2)</sup>, Dr. Carlos Boccio<sup>(3)</sup>, Dra. Adriana Granson<sup>(4)</sup>

## Resumen

**Introducción:** Está reportado que el 10% de los pacientes con implante coclear debieron realizarse una resonancia magnética desde su colocación. Los riesgos de realizarla consisten en daños en los componentes eléctricos del implante, dolor, desplazamiento del dispositivo y artefactos en la imagen. Los fabricantes de implantes cocleares recomiendan medidas preventivas a tomar cuando un paciente implantado requiere una resonancia. Debido a que es muy factible que un paciente implantado necesite una resonancia en algún momento de su vida, los autores consideran de utilidad desarrollar una guía esquemática con la información sobre advertencias, precauciones y compatibilidad electromagnética, en los distintos modelos de implante coclear que existen en Argentina.

**Material y Método:** El diseño corresponde a una revisión no sistemática de los distintos manuales de seguridad de los modelos de implante coclear disponibles en Argentina a la fecha (Advanced Bionics, Cochlear, MED-EL), sobre compatibilidad electromagnética y precauciones al momento requerir una resonancia.

**Resultados:** Se expusieron cuáles son los modelos de implante coclear en Argentina, aprobados para realizar resonancia magnética con mayor seguridad, cuáles son los contraindicados y cuáles son los que deben tomarse precauciones antes de hacer el estudio. Se desarrollaron las medidas preventivas para poder obtener el resultado con el mínimo riesgo.

**Conclusión:** Para garantizar la seguridad adecuada y minimizar las complicaciones de la resonancia magnética en usuarios de implante coclear, se ha confeccionado esta guía basada en manuales de seguridad de distintas compañías de implante coclear que se encuentran presentes en la Argentina.

**Palabras clave:** imagen de resonancia magnética, implante coclear, seguridad.

## Abstract

**Introduction:** It is reported that approximately 10% of patients with cochlear implants had to undergo magnetic resonance imaging since its placement. The risks consist of damage to the electrical components of the implant, pain, displacement of the device and artifacts in the image. Cochlear implant manufacturers have recommendations on what preventive measures to take when an implanted

<sup>(1)</sup> Médicos del Sector de Otología.

<sup>(2)</sup> Jefe del Servicio.

<sup>(3)</sup> Jefe del programa de Implantes Cocleares.

<sup>(4)</sup> Médica del Servicio de Imágenes.

Servicio de Otorrinolaringología. Hospital Italiano de Buenos Aires, CABA, Argentina.

Mail de contacto: Dra. Silvana Saldaña: silvana.saldana@hospitalitaliano.org.ar

Fecha de envío: 2 de abril de 2023 - Fecha aceptación: 19 junio de 2023.

patient requires magnetic resonance imaging. Since it is very likely that an implanted patient will need the study at some point in his life, we find it useful to develop a schematic guide with information on warnings, precautions and electromagnetic compatibility in the different cochlear implant models that exist in Argentina.

**Material and Method:** The design corresponds to a non-systematic review of the different safety manuals of the cochlear implant models available in Argentina to date (Advanced Bionics, Cochlear, MED-EL) on electromagnetic compatibility and precautions when an MRI is required.

**Results:** The guide sets out which models of cochlear implants are approved in Argentina to perform magnetic resonance imaging with greater safety, which are contraindicated, and which precautions should be taken before doing the study. Preventive measures are developed in order to obtain the result with the minimum risk.

**Conclusion:** To guarantee adequate safety precautions and minimize the complications of magnetic resonance imaging in cochlear implant users, we have prepared this guide based on safety manuals from different cochlear implant companies that are present in Argentina.

**Keywords:** magnetic resonance imaging, cochlear implants, safety.

## Resumo

**Introdução:** Relata-se que aproximadamente 10% dos pacientes com implante coclear tiveram que se submeter a uma ressonância magnética desde a sua colocação. Os riscos de realizá-la consistem em danos aos componentes elétricos do implante, dor, deslocamento do dispositivo e artefatos na imagem. Os fabricantes de implantes cocleares têm recomendações sobre quais medidas preventivas devem ser tomadas quando um paciente implantado requer uma ressonância magnética. Como é muito provável que um paciente implantado precise de uma ressonância magnética em algum momento de sua vida, achamos útil desenvolver um guia esquemático com informações sobre advertências, precauções e compatibilidade eletromagnética nos diferentes modelos de implante coclear existentes na Argentina.

**Material e Método:** O desenho corresponde a uma revisão não sistemática dos diferentes manuais de segurança dos modelos de implante coclear disponíveis na Argentina até o momento (Advanced Bionics, Cochlear, MED-EL) sobre compatibilidade eletromagnética e precauções quando uma RM é necessária.

**Resultados:** O guia estabelece quais modelos de implantes cocleares são aprovados na Argentina para realizar ressonância magnética com maior segurança, quais são contraindicados e quais cuidados devem ser tomados antes de realizar o estudo. Medidas preventivas são desenvolvidas para obter o resultado com o mínimo de risco.

**Conclusões:** Para garantir precauções de segurança adequadas e minimizar as complicações da ressonância magnética em usuários de implante coclear, elaboramos este guia com base em manuais de segurança de diferentes empresas de implante coclear presentes na Argentina.

**Palavras-chave:** ressonância magnética, implante coclear, segurança.

## Introducción

La resonancia magnética (RM) es un método por imágenes que somete a los núcleos de los átomos de hidrógeno que componen los tejidos a un potente campo magnético. Los protones magnetizados se encuentran normalmente en estado de relajación, son orientados en la dirección del campo magnético formando un vector de magnetización. La exposición a pulsos de radiofrecuencia los excita inclinando el vector a una posición que varía según la secuencia que se utiliza. Cuando cesa la radiofrecuencia, los protones vuelven al estado de relajación emitiendo una señal eléctrica. Los protones se comportan diferente según las características de los tejidos que componen. El ordenador convierte la información numérica de esta señal eléctrica en la escala de grises que forma la imagen. La potencia del imán para obtener imágenes diagnósticas es entre 0.012 y 3 Tesla.

Algunos pacientes tienen implantes metálicos, marcapasos, prótesis o esquirlas de proyectiles, lo que implica un riesgo potencial para realizar una RM. El imán en los implantes cocleares (IC) plantea un desafío para las imágenes de RM.

La RM crea un fuerte campo magnético que puede mover y desplazar el dispositivo.

También puede generar calor, causar dolor y el imán puede proyectar una «sombra o artefacto» sobre áreas adyacentes creando dificultades para su evaluación.

La mayoría de los receptores de IC de las primeras generaciones utiliza un imán axial simple con una magnetización perpendicular a la piel. Un imán axial es como un imán de refrigerador, el norte está

en un lado y el sur está en el otro lado. El campo magnético principal del scanner de RM tiene una orientación norte-sur que coincide con el eje del túnel. El implante coclear se coloca plano contra el cráneo, de modo que el imán del implante axial se orienta perpendicularmente al campo magnético principal del scanner.

Cuando un paciente ingresa al scanner el imán del implante intentará alinearse con este poderoso campo, por lo que este desplazamiento de 90° puede causar una fuerza de torsión significativa que tira del imán. Está reportado que el 10% de los pacientes con IC debieron realizarse una RM desde su colocación<sup>(1)</sup>.

Los IC y los implantes de tronco contienen un imán dentro del componente interno (receptor-estimulador). Los gradientes de campo magnético de la RM pueden crear atracción y torsión de los componentes ferromagnéticos de los dispositivos, lo que podría causar dolor, desplazamiento del dispositivo y daños en tejido circundante. Los componentes magnéticos de los dispositivos pueden desmagnetizarse. Los componentes eléctricos pueden calentarse, con el consecuente riesgo de dañar el tejido local y generan artefactos que pueden deteriorar la calidad de las imágenes<sup>(1)</sup>.

Actualmente, existen resonadores con sustracción de artefactos, pero aún no están disponibles en todos los centros de salud. Los primeros modelos de IC eran una contraindicación para la realización de una RM o requerían la extracción y el reemplazo quirúrgico del imán. La extracción del imán tiene riesgos inherentes, incluido el posible daño al retenedor del imán, falla del dispositivo o ruptura del colgajo de piel e infección que puede conducir a la pérdida del IC. En pacientes pediátricos hay que tener en cuenta que muchas veces la necesidad de extraer el imán implica un procedimiento con anestesia general. Más recientemente los IC han sido clasificados como RM condicionales o seguros y se ha convertido en rutina realizar RM sin retirar el imán.

Los principales fabricantes de IC en Argentina (Cochlear, Advanced Bionics, MED-EL) recomiendan medidas preventivas a tomar cuando un paciente implantado requiere una RM. En la actualidad existen varios modelos de IC que pueden someterse de forma segura a una RM<sup>(2)</sup>.

Dado que es muy frecuente que un paciente con IC requiera la realización de una RM en algún momento de su vida, resulta útil desarrollar una guía

esquemática con la información suficiente sobre advertencias, precauciones y compatibilidad electromagnética en los distintos modelos de IC que se encuentran en la Argentina.

El objetivo del trabajo es desarrollar una guía que describa las precauciones, seguridad del dispositivo y compatibilidad electromagnética de los diferentes modelos de IC disponibles en Argentina al realizar una RM.

## Material y Método

Se realizó una revisión no sistemática de los manuales sobre recomendaciones de seguridad, precauciones y compatibilidad electromagnética al efectuar una RM, sobre los diferentes modelos de IC que se implantaron hasta la fecha en Argentina.

La población de estudio corresponde a los modelos de IC de las marcas disponibles en el mercado (Advanced Bionics, Cochlear, MED-EL) en Argentina.

## Resultados

En los últimos años, se desarrollaron modelos de IC compatibles con RM de 1.5 y 3 Tesla (T) sin los riesgos mencionados previamente. Es habitual la consulta por un paciente implantado hace tiempo con modelos incompatibles con RM que requiere el estudio. En estos casos, los fabricantes explican cuáles son las medidas que se pueden tomar en cada caso dependiendo del modelo de IC.

A continuación, se expondrá cuáles son los modelos IC en Argentina aprobados para realizar RM con mayor seguridad, cuáles son los contraindicados y cuáles son los que deben tomarse precauciones antes de ejecutar el estudio. Además, se detallarán las medidas preventivas que se pueden emplear en cada modelo de IC para poder obtener el resultado de la RM con el mínimo riesgo.

En todos los modelos de IC se recomienda retirar el procesador de sonido externo y la antena receptora por seguridad y para disminuir los artefactos en la imagen de RM.

Todos los fabricantes contraindican realizar la RM si el paciente tiene fiebre, y un tiempo mínimo desde la cirugía a la primera resonancia que oscila entre 1 a 6 meses.

### Advanced Bionics (AB)

Los procedimientos de RM están contraindicados en usuarios de implantes cocleares Clarion (C1 y CII) (tabla 1).

Tabla 1. Contraindicaciones para RM y precauciones en cuanto a intensidad de campo en RM (Tesla), necesidad de vendaje o férulas y necesidad de retirar el imán en los modelos de IC de Advanced Bionics en Argentina

Modelo de IC	Contra-indicación de RM	Intensidad de campo de RM (T)	Necesidad de uso de férulas o vendaje	Necesidad de extraer el imán
C1.0	Sí	-	-	-
C1.2	Sí	-	-	-
CII*	Sí	-	-	-
HiRes 90K	No	1.5 T	Sí (si se deja imán colocado, se debe vendar con cubierta de la bobina inductiva para antena de RM)	No. Se aconseja retirar si se hace RM en CYC
HiRes Ultra	No	1.5 T	Con cubierta de bobina inductiva+vendaje	
		3 T	No	Sí
HiRes Ultra 3D	No	1.5 T	No	No
		3 T	No	No

IC: implante coclear. RM: resonancia magnética. T: tesla

De ser necesario realizar el vendaje, el fabricante recomienda utilizar una cubierta de bobina inductiva de la antena de RM para evitar el desplazamiento del imán y contrarrestar el torque magnético, durante un procedimiento de RM de 1.5 T (de todas maneras, se puede experimentar cierta molestia y dolor en el lugar del IC). Utilizando una venda que da una vuelta completa a la cabeza, inicialmente se marca con un rotulador la antena receptora del IC, se retira la antena dejando el vendaje en el lugar y, posteriormente, se coloca la cubierta de bobina inductiva de la antena de RM bajo el vendaje, alineándose con la marca de la antena receptora. Finalmente, el fabricante recomienda ajustar el vendaje dando tres vueltas completas a la circunferencia de la cabeza (figura 1).

Figura 1. Imagen extraída de los enlaces de la página oficial sobre Información de Seguridad de RM para implantes cocleares de Advanced Bionics



Inserción de la cubierta de bobina inductiva de la antena de RM



Cubierta de bobina inductiva de la antena de RM bajo la marca

RM: resonancia magnética

Para reducir el artefacto del dispositivo (por ejemplo, imágenes de cuello o cabeza), el imán interno se retira quirúrgicamente y se reemplaza por el conector temporal no magnético antes de que el paciente se someta a un procedimiento de RM.

### Artefacto en los modelos Advanced Bionics escaneados en RM

En la tabla 2, se resume la extensión en centímetros de los artefactos generados al escanear bajo RM los diferentes modelos de IC de Advanced Bionics.

Tabla 2. Representa la extensión de los artefactos generados a 1.5 y 3 T de cada modelo de IC de AB, dependiendo si es uni- o bilateral

Modelo de IC	Intensidad de campo de RM (T)	Extensión del artefacto en centímetros (cm)
HiRes 90K	1.5 T	Unilateral con imán: 11,5 cm
		Unilateral sin imán: 6 cm
HiRes Ultra	1.5 T	Unilateral con imán: 7,9 cm
		Unilateral sin imán: 3,1 cm
	3 T	Bilateral con imán: >9,5 cm
		Bilateral sin imán: 4,2 cm
HiRes Ultra 3D	1.5 T	Unilateral sin imán: 4,7 cm
		Bilateral sin imán: 4,7 cm
	3 T	Unilateral con imán: 4,1-6,5 cm
		Unilateral sin imán: 2,4-3,2 cm
		Bilateral con imán: 5,7-8,2 cm
		Bilateral sin imán: 3,4-4,1 cm
3 T	Unilateral con imán: 5,5-6,9cm	
	Unilateral sin imán: 1,4-4,2 cm	
3 T	Bilateral con imán: 6,1-7,4 cm	
	Bilateral sin imán: 1,9-6,9 cm	

### Cochlear

En la tabla 3, se detallan las contraindicaciones para RM y precauciones en cuanto a la potencia de campo en RM (unidades Tesla), necesidad de vendaje o férulas y necesidad de retirar el imán en los modelos de IC de Cochlear en Argentina.

Tabla 3. Contraindicaciones para RM y precauciones en cuanto a la potencia de campo en RM (unidades Tesla), necesidad de vendaje o férulas y necesidad de retirar el imán en los modelos de IC de Cochlear en Argentina

Modelo de IC	Contraindicación de RM	Intensidad de campo de RM (T)	Necesidad de uso de férulas o vendaje	Necesidad de extraer el imán
Nucleus Profile Plus CI600	No	1.5 T	No	No
		3 T	No	No
Nucleus Profile CI500	No	1.5 T	No (porque se debe extraer el imán)	Sí
		3 T	No (porque se debe extraer el imán)	Sí
Nucleus CI24RE (CI422, CI24REH, CI24RE)	No	1.5 T	Sí	No
		3 T	No (porque se debe extraer el imán)	Sí
Series CI24R y CI24M	No para CI24R (CA), CI24R(CS), CI24R(ST), CI24M, ABI24M	1.5	Sí	No
		3	No (porque se debe extraer el imán)	Sí
	3 T RNM CONTRA-INDICADA para CI11+11+2M	1.5	Sí	No
Serie CI22M	CI22M con Imán extraíble	1.5	Sí	No
		3	No (porque se debe extraer el imán)	Sí
	CI22M sin Imán extraíble	1.5	RNM CONTRA-INDICADA	
		3		

T: tesla. RM: resonancia magnética

Antes de realizar una RM, debe siempre retirarse (independientemente del modelo de IC) el procesador de sonido y dibujar en la cabeza del paciente (incluso es aconsejable rasurar la superficie de cuero cabelludo) el contorno de la bobina del procesador de sonido. Una vez dibujado el contorno, se retira la bobina del procesador de sonido y se debe identificar la zona que corresponde al imán. Se puede identificar el imán palpando, ya que el imán tiene una posición central. También es posible identificarlo colocando un material ferromagnético (obviamente, hay que retirar dicho material antes de realizar la RM).

Se debe colocar una tablilla (que viene con el kit de vendaje de esta marca de IC) haciendo presión sobre el imán del IC. Luego, se debe colocar el centro del vendaje cubriendo totalmente la tablilla y el imán (figura 2). Se debe realizar el vendaje de manera tal que se logren dos vueltas completas (figura 3).

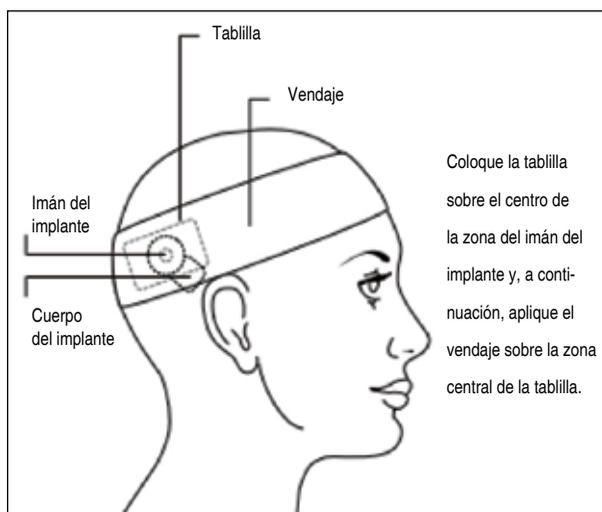


Figura 2. Colocación de la tablilla y del vendaje de compresión del kit de RM. Imagen extraída del manual sobre directrices sobre RM para IC de las series CI24RE, CI500 y CI600 de Cochlear

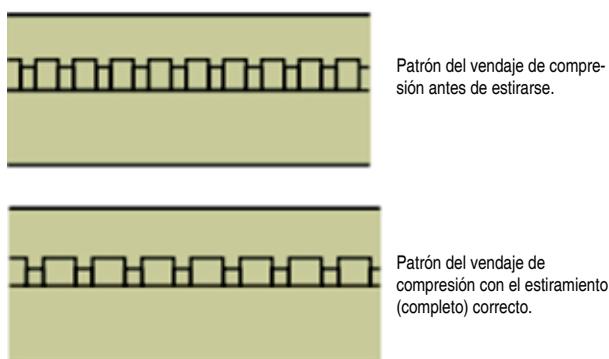


Figura 3. Comparación entre las distintas tensiones del vendaje de compresión. Imagen extraída del manual sobre directrices sobre resonancia magnética para IC de las series CI24RE, CI500 y CI600 de Cochlear

Finalmente, se debe utilizar el esparadrapo del kit de RM para sujetar el vendaje. Para ello, es preciso realizar 2 vueltas alrededor de la cabeza, sobre el centro del vendaje. Los extremos del esparadrapo deben quedar solapados.

**Modelo Nucleus Profile Plus CI600 (CI612, CI622, CI632) a 1.5 T y 3 T**

- No es necesario utilizar el kit de RM para exámenes de RM a 1.5 T con el imán del implante en su lugar.
- Los implantes CI600 pueden someterse de forma segura a un escáner al menos 10 veces sin que afecte negativamente a la potencia del imán.
- El tiempo de escaneado de RM máximo es de 60 minutos de escaneado continuo.

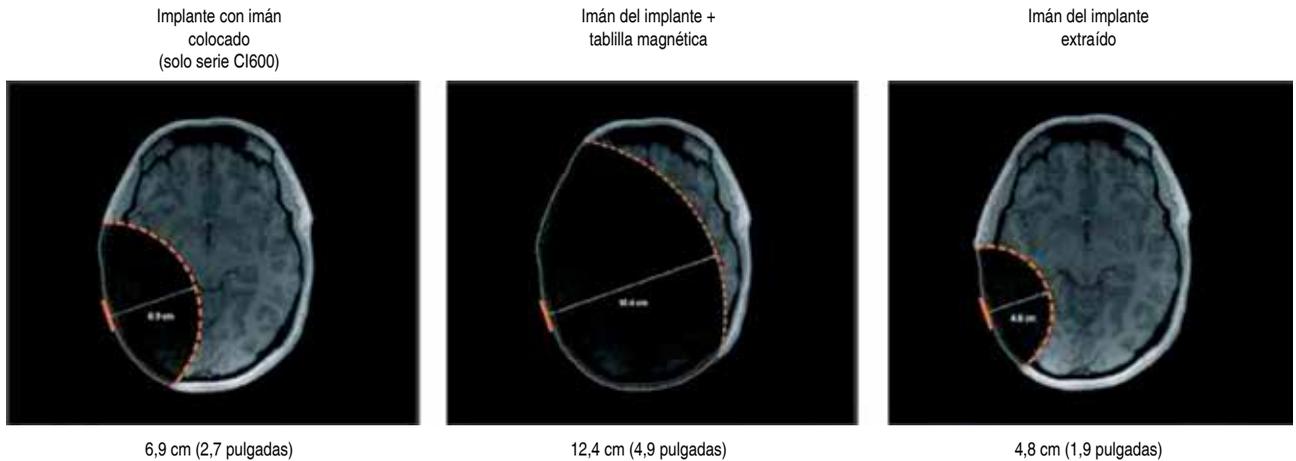


Figura 4. Artefacto de imagen de mayor tamaño para implantes cocleares CI612 en escaneados a 1.5 T. Imagen extraída del manual sobre directrices sobre RM para IC de las series CI24RE, CI500 y CI600 de Cochlear

- Para pacientes con implantes de la serie CI600, si es necesario realizar uno o varios exámenes de RM en la cabeza con el imán extraído, se debe sustituir el imán del implante (en un entorno quirúrgico estéril) por una cápsula no magnética. Para evitar infecciones, es importante no dejar el bolsillo del imán vacío. Cuando retire la cápsula del imán, debe sustituirla por una cápsula no magnética. Con la cápsula no magnética en su lugar, se pueden realizar exámenes de RM tanto de 1.5 T como de 3 T sin necesidad de vendaje y kit de vendaje.

**Artefacto en Nucleus Profile Plus CI600 y resonancia a 1.5 T y 3 T**

De ser necesario realizar una RM de cabeza y cuello de manera frecuente, es preciso realizar un balance del riesgo beneficio de utilizar un modelo CI600 o uno CI500 (figura 4).

**Modelo Nucleus Profile CI500 (CI512, CI522, CI532) en RM de 1.5 T**

- Se utiliza el kit de RM de 1.5 T con el imán del implante en su lugar.
- El kit de RM contiene: 2 tablillas redondas magnéticas que se colocan en la piel sobre la zona del imán del implante, 1 vendaje de compresión para fijar las tablillas en la ubicación del imán del implante y las instrucciones que describen el procedimiento de colocación del vendaje.
- El tiempo de escaneado de RM máximo es de 60 minutos de escaneado

**Modelo Nucleus Profile CI500 en RM de 3 T**

- Extraer quirúrgicamente el imán del implante antes de realizar escaneados de RM de 3 T.

- El tiempo de escaneado de RM máximo es de 60 minutos de escaneado continuo.

**Modelo CI422 y CI24RE escaneado en RM de 1.5 T**

- Se utiliza el kit de RM de 1.5 T con el imán del implante en su lugar.
- El tiempo de escaneado de RM máximo es de 60 minutos de escaneado continuo.

**Modelo CI422 y CI24RE escaneado en RM de 3 T**

- Se debe extraer quirúrgicamente el imán del implante antes de realizar RM de 3 T.
- El tiempo de escaneado de RM máximo es de 60 minutos de escaneado continuo.

En el caso de pacientes con implantes de las series CI24RE, CI24R, CI24M, CI22 y CI500 que requieran múltiples exámenes de RM durante un período de tiempo, como, por ejemplo, aquellos pacientes con schwannoma vestibular que deben controlarse cada 6 meses a 1 año para evaluar el crecimiento del tamaño tumoral, el imán del implante se extrae y sustituye por un conector no magnético estéril. Durante la ausencia del imán, el conector no magnético evita que el tejido fibroso crezca dentro del lecho del implante. Este crecimiento podría dificultar la reinscripción del imán del implante. Los conectores no magnéticos para implantes de serie CI500 son de tamaño diferente a los conectores no magnéticos para los implantes de la serie CI24RE. Con el conector no magnético en su lugar se pueden realizar exámenes de RM tanto de 1.5 T como de 3 T sin necesidad de vendaje, kit de vendaje y tablilla (kit de RM Cochlear).

En la tabla 4, se resume la extensión de los artefactos de cada modelo de IC para cada intensidad de RM.

Tabla 4. Extensión de los artefactos en centímetros de cada modelo de IC para cada intensidad de RM

Modelo IC	Intensidad de RM (Tesla)	Extensión de artefactos
Nucleus Profile Plus CI600	1.5 T con imán	6,9 cm
	1.5 T sin imán	2,9 cm
	3 T con imán	6,4 cm
	3 T sin imán	1,5 cm
Nucleus Profile CI500	1.5 T con imán	12,4 cm
	1.5 T sin imán	2,9 cm
	3 T sin imán	1,5 cm
Nucleus CI24RE, CI422	1.5 T con imán	11,3 cm
	1.5 T sin imán	2,6 cm
	3 T sin imán	2,5 cm

T: tesla. RM: resonancia magnética. IC: implante coclear

### MED-EL

En la tabla 5, se detallan las contraindicaciones para RM y precauciones en cuanto a intensidad de campo en RM (Tesla), necesidad de vendaje o férulas y necesidad de retirar el imán en los modelos de IC de MED-EL en Argentina.

Tabla 5. Contraindicaciones para RM y precauciones en cuanto a intensidad de campo en RM (Tesla), necesidad de vendaje o férulas y necesidad de retirar el imán en los modelos de IC de MED-EL en Argentina

Modelo de IC	Contraindicación de RM	Intensidad de campo de RM (T)	Necesidad de uso de férulas o vendaje	Necesidad de extraer el imán
Mi1200 SYNCHRONY	No	0.2 T, 1.0 T, 1.5 T o 3.0 T.	No	No (puede haber artefactos en la imagen)
Mi1000 CONCERTO	No	0.2 T 1 T 1.5 T	No Sí Sí	No (puede haber artefactos en la imagen)
SONATA	No	0.2 T 1 T 1.5 T	No Sí Sí	No (puede haber artefactos en la imagen)
PULSAR	No	0.2 T 1 T 1.5 T	No Sí Sí	No (puede haber artefactos en la imagen)
C40+	No	0.2 T 1 T 1.5 T	No Sí Sí	No (puede haber artefactos en la imagen)

T: tesla. RM: resonancia magnética. IC: implante coclear

Antes de que los pacientes entren en una sala de RM, se deben retirar de la cabeza todos los componentes externos del sistema de implante MED-EL (procesador de audio y accesorios). No es necesario colocar vendaje de apoyo en la cabeza para cubrir el implante. En caso de realizarlo la guía sugiere que dicho vendaje puede ser elástico bien ajustado alrededor de la cabeza con tres vueltas como mínimo. El vendaje debe estar bien ajustado, pero no debe causar dolor.

### Orientación de la cabeza

En el caso de los sistemas de RM de 1 T, 1.5 T y 3 T, es necesario que la cabeza esté recta. El paciente no debe inclinar la cabeza hacia un lado, de lo contrario, se ejercería una fuerza de torsión en el implante que podría producir dolor. Para los escáneres de 0.2 T no se requiere ninguna orientación específica de la cabeza.

- Durante la exploración, los pacientes podrían percibir sensaciones auditivas, como chasquidos o pitidos. Se recomienda ofrecer el asesoramiento adecuado al paciente antes de realizar la RM. La probabilidad e intensidad de las sensaciones auditivas se pueden reducir seleccionando secuencias con menor tasa de absorción específica (TAE) y tasa de cambio del gradiente más lento.
- El imán se puede extraer quirúrgicamente presionando en la parte superior del mismo, de modo que salga por la parte inferior del implante y se reduzcan los artefactos de la imagen. Si no se extrae el imán, es previsible que se produzcan artefactos de la imagen (figuras 5 y 6).

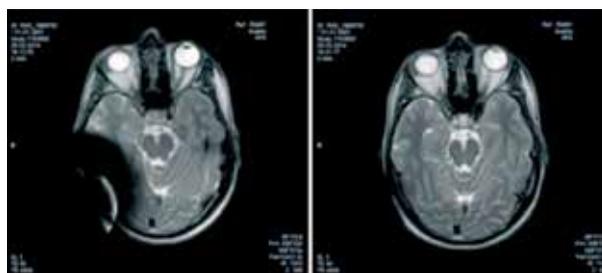


Figura 5. Artefactos de la imagen en una prueba de 1.5 T. La imagen de la izquierda muestra los artefactos obtenidos con el imán del implante colocado, mientras que la imagen de la derecha ilustra los artefactos de la imagen cuando el imán del implante ha sido sustituido por el *non-magnetic spacer*. Imagen extraída del manual de Procedimientos médicos para Sistemas de implante MED-EL.

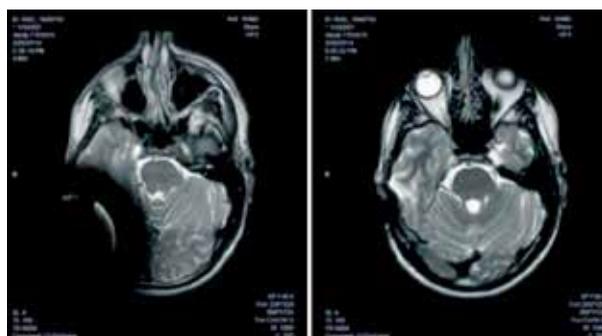


Figura 6. Artefactos de la imagen en una prueba de 3.0 T. La imagen de la izquierda muestra los artefactos obtenidos con el imán del implante colocado, mientras que la imagen de la derecha ilustra los artefactos de la imagen cuando el imán del implante ha sido sustituido por el *non-magnetic spacer*. Imagen extraída del manual de procedimientos médicos para Sistemas de implante MED-EL.

- El intercambio de los imanes con non-magnetic spacer y viceversa se ha probado en al menos 5 repeticiones.
- Las instrucciones anteriores deben seguirse igualmente si se van a examinar zonas del cuerpo distintas de la cabeza (por ejemplo, la rodilla, etc.). Para examinar las extremidades inferiores, se recomienda colocar primero las piernas del paciente en el escáner.

## Discusión

La preparación y realización de un examen de RM para pacientes con implantes cocleares requiere la cooperación entre un especialista en el dispositivo o el otólogo que colocó el IC, el médico remitente, el médico especialista en diagnóstico por imágenes y el técnico radiólogo en RM.

El otólogo que colocó el implante coclear conoce el tipo de implante y sabe dónde localizar los parámetros de RM correctos, además es el encargado de retirar quirúrgicamente el imán y reemplazarlo por un nuevo imán de repuesto estéril (después del examen de RM). El médico remitente, por su parte, conoce el diagnóstico que suscita a realizar el estudio; la presente guía le sería útil para distinguir cuándo es necesario colocar un vendaje previo al estudio, cuándo es preciso retirar el imán o cuándo se debe contraindicar el estudio debido a la naturaleza del implante.

El médico especialista en imágenes, programa el procedimiento de RM con los parámetros adecuados y asesora al paciente con IC previo al examen de RM.

Es crucial que previo al estudio el paciente tenga consigo la tarjeta con las especificaciones del IC, ya que eso permite tomar las precauciones pertinentes de acuerdo al modelo de IC que posee.

Además, es necesario que cualquiera de los miembros del equipo de salud mencionados anteriormente, le expliquen al paciente las posibles molestias que podría tener durante el estudio: sensaciones auditivas, calor o incluso dolor. Se debe alertar sobre los riesgos y las posibles complicaciones que pueden ocurrir si no se cumplen las medidas de seguridad de cada modelo de IC.

Si el paciente no lleva la tarjeta de identificación del modelo del IC que posee, se puede realizar una radiografía lateral a 70 kilovoltios/3 miliamperios que proporciona el suficiente contraste para identificarlo, de acuerdo con las características de la bobina y el cuerpo del implante. No se recomien-

da una vista de Stenver modificada para identificar los implantes, ya que pueden parecer oblicuos. Las imágenes deben incluir una vista sin obstrucciones de las bobinas de la antena y de los cuerpos de los implantes.

Los pacientes con IC bilateral pueden tener diferentes modelos en cada lado de la cabeza. Una radiografía lateral del cráneo con un ángulo de tubo craneal de 15 grados desplazará los implantes en la imagen, lo que permitirá distinguir las características identificatorias.

Las posibles complicaciones de realizar una RM sin seguir las precauciones adecuadas son: dolor en la zona del implante, sonidos o ruidos percibidos por el paciente, desmagnetización del imán, inversión de la polaridad del imán interno, calentamiento del implante (utilice los valores de TAE recomendados), desplazamiento del imán o del dispositivo (lo que puede causar traumatismos cutáneos o en los tejidos) y artefactos (mayores con la secuencia de difusión y T2 FLASH).

Finalmente, hay que tener en cuenta que, si bien no es una complicación, los pacientes pediátricos muchas veces requieren anestesia general para la remoción del imán (para luego poder escanear al paciente en una RM), agregando morbilidad y aumentando los costos, por lo que se debe ser juicioso a la hora de solicitar el estudio.

Para la extracción del imán, se recomienda que los cirujanos sigan las recomendaciones del fabricante. Antes de la realización de la RM será necesaria una óptima coordinación entre los especialistas que van a retirar el imán del implante, los que van a realizar la RM y los que van a sustituir el imán. Se determina la ubicación del receptor-estimulador colocando la bobina del procesador de la voz sobre él y marcando la posición en la piel. Se sugiere realizar la incisión a 1 cm del margen de la bobina del procesador y efectuar un abordaje semicircular de 2 cm a 3 cm de longitud. Una vez que se alcanza el imán, el fabricante del implante brinda instrucciones sobre cómo determinar qué lado del imán está «hacia arriba»: para Cochlear, esto se indica mediante una «estrella» o un «círculo» y con Advanced Bionics está marcado con una «cruz».

Existen kits propios de cada marca que incluyen conectores no magnéticos, los cuales evitan que el tejido fibroso crezca dentro del lecho del implante, y discos retenedores, que mantienen la bobina del procesador de sonido en el lugar.

La extracción del imán tiene riesgos inherentes, incluido el posible daño al retenedor del imán, la falla del dispositivo o la ruptura del colgajo de piel e infección que puede conducir a la pérdida del implante. Finalmente, puede haber una breve interrupción en el uso del dispositivo mientras se cura el tejido blando sobre el imán.

Para la reubicación del imán, sugerimos utilizar telemetrías intraoperatorias para asegurarse de que el receptor-estimulador no se haya dañado. El implante se puede encender 2 a 4 semanas del postquirúrgico, luego de un examen médico satisfactorio de la herida. Se recomienda reprogramar el procesador del habla, ya que la intervención quirúrgica puede haber alterado el flujo de corriente del implante, lo que podría afectar calidad del sonido y volumen<sup>(3)</sup>.

El creciente número de cirugías de IC que se realizan cada año, combinado con el acceso cada vez mayor de los pacientes a imágenes avanzadas, ha resultado en un crecimiento constante en el número de receptores de IC que se someten a RM.

La indicación más común para la RM fue la vigilancia de tumores intracraneales o espinales (por ejemplo, pacientes con neurofibromatosis tipo 2). Indicaciones nuevas de RM en pacientes ya usuarios de IC son hidrocefalia, cefaleas, lesiones del sistema nervioso central, descartar accidente cerebrovascular, enfermedades neurodegenerativas, convulsiones, trastorno linfoproliferativo postrasplante, lesiones musculoesqueléticas, entre otras. La frecuencia en cuanto a la región a estudiar, de mayor a menor es RM de cerebro, de columna, de rodilla y de brazo<sup>(1)</sup>.

Si la zona a estudiar con RM está cerca del IC, debería extraerse el imán del IC, ya que su presencia genera mayor artefacto y puede no verse la región anatómica de interés.

Cuando un paciente con IC debe realizarse una RM en una parte del cuerpo alejada de la zona del IC, hay que seguir también la información sobre seguridad RM correspondiente al modelo del IC.

Por motivos de seguridad, el paciente debe colocarse en la posición de decúbito supino antes de acceder al túnel de RM. Debe permanecer lo más quieto posible y no debe mover la cabeza durante el examen. En cuanto a la posición de la cabeza durante el estudio de RM en un paciente con IC, se sugiere que el ángulo entre el campo magnético de la RM y el imán interno del IC sea inferior a 90°, para eliminar el riesgo de desmagnetización del imán del IC. La zona crítica del campo magnético comienza

a 30 cm del túnel de entrada de la RM. Una posición supina con la cabeza recta (sin inclinación ni desviación). asegurará la perpendicularidad de los campos magnéticos, con un riesgo despreciable de desmagnetización<sup>(4)</sup>. Lo ideal es que el paciente no movilizase su cabeza más de 15 grados de la línea central (eje Z) en el túnel durante el examen de RM, de lo contrario se puede provocar un aumento en la tensión sobre el implante y causar dolor.

Si el paciente sufre algún dolor, se debe consultar con su médico para decidir si hay que retirar el imán del implante o se le puede administrar analgesia por vía sistémica o un anestésico local para reducir las molestias. Si se administra anestesia local, debe tenerse cuidado de no perforar la silicona del implante.

La orientación de los campos magnéticos, la compatibilidad del IC, la necesidad de retirar el imán interno y la necesidad de aplicar otras instrucciones especiales deben verificarse consultando al fabricante.

Bawazeer y colaboradores proponen un dibujo de flecha para ser sostenido por el paciente, indicando la orientación del campo magnético B1 del implante, para minimizar el error. Además, recomiendan el uso de una férula de protección (si no hubiera material de protección proporcionado por el fabricante) con un vendaje, independientemente de la marca del implante. Esto podría ayudar a minimizar el riesgo de desplazamiento del imán y dolor. La férula puede ser una hoja de papel A4 doblada en cinco a lo largo o una tarjeta de plástico<sup>(4)</sup>.

Luego de la realización de la RM y de utilizar vendajes, férulas o tablillas y kit de RM, se recomienda pedirle al paciente que se coloque el procesador de sonido en la cabeza y que lo encienda. Se debe comprobar que la colocación de la bobina del procesador sea correcta, que el paciente no sufra ninguna molestia y que el sonido se perciba con normalidad<sup>(1)</sup>.

## Conclusión

Ha sido finalmente posible desarrollar una guía para realizar RM que describa las precauciones, seguridad del dispositivo y compatibilidad electromagnética, basándose en los manuales de seguridad de los diferentes modelos de IC disponibles a la fecha en Argentina.

Algunas de las estrategias utilizadas son la extracción del imán del componente interno del IC y la utilización de vendajes cefálicos o férulas. Actual-

mente, existen modelos de IC que tienen compatibilidad con RM de 1.5 T y 3 T sin necesidad de retirar el imán ni usar vendajes durante el examen. Para aquellos pacientes que necesitarán múltiples RM, existe la opción de una pieza no magnetizada.

Hay recomendaciones para realizar una RM a un paciente con IC: debe ser indiscutible la necesidad de realizar el estudio, debe existir un acuerdo entre el médico que solicita la RM, el otorrinolaringólogo, el médico especialista en diagnóstico por imágenes y el paciente. Debe haber autorización expresa del fabricante para realizar el estudio, es preciso que haya un intervalo mínimo de tiempo entre el implante del dispositivo y el estudio de RM que varía de acuerdo a la marca entre 1 a 6 meses. También, es necesario en todos los casos retirar en forma sistemática el componente externo del implante y, si el paciente tuviera fiebre, el estudio estaría contrain-

dicado (debe realizarse un estricto balance riesgo-beneficio)<sup>(1,3)</sup>.

**Los autores no manifiestan conflictos de interés.**

## Bibliografía

1. Gallant SC, Danehy AR, Licameli GR. Adverse events in pediatric cochlear implant patients undergoing magnetic resonance imaging. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2021 Jan; 140: 110547.
2. *Manuales de seguridad en resonancia magnética de implantes cocleares de las marcas Advanced Bionics, Cochlear y MED-EL.*
3. Tam YC, Lee JWY, Gair J, Jackson C, Donnelly NP, Tyso-me JR, et al. Performing MRI Scans on Cochlear Implant and Auditory Brainstem Implant Recipients: Review of 14.5 Years Experience. *Otol Neurotol*. 2020 Jun; 41(5): e556-e562.
4. Bawazeer N, Vuong H, Riehm S, Veillon F, Charpiot A. Magnetic resonance imaging after cochlear implants. *J Otol*. 2019 Mar; 14(1): 22-25.