

La gestione del paziente con device impiantabile e 15 anni di MRI conditional: come è cambiato il workflow e quali sono le nuove funzionalità disponibili nei device di ultima generazione a supporto?



Dott. F. Caravati

Dipartimento Cardiovascolare,
ASST Settelaghi-Ospedale di Circolo-Varese

Back to the beginning...

- Nel **1977** il primo scanner a risonanza magnetica per lo studio del torace umano
- Nel **1987** la prima volta l'acquisizione di immagini in tempo reale di un singolo ciclo cardiaco
- **Anni '90 – 2000: Il Cuore in Movimento:** Grazie ai progressi nei gradienti e nei software di acquisizione (cine-RM), la cardiorisonanza supera la sfida del movimento cardiaco, diventando un esame centrale.
- Dal **2000** ad oggi: Sviluppo del Late Gadolinium Enhancement (LGE) per identificare cicatrici miocardiche e infiammazioni. Oggi è lo standard per lo studio di patologie ischemiche, aritmogene e miocardiopatie.



Damadian ed il suo prototipo.

- Nel **1958** primo PM completamente impiantabile
- Nel **1980** primo ICD impiantato nell'uomo
- Inizio anni **2000** grande passo avanti per la stimolazione biventricolare per lo scompenso cardiaco, le basi per la stimolazione fisiologica di oggi.
- Casse miniaturizzate, dispositivi leadless, extravascular, sottocutanei
- Loop Recorder

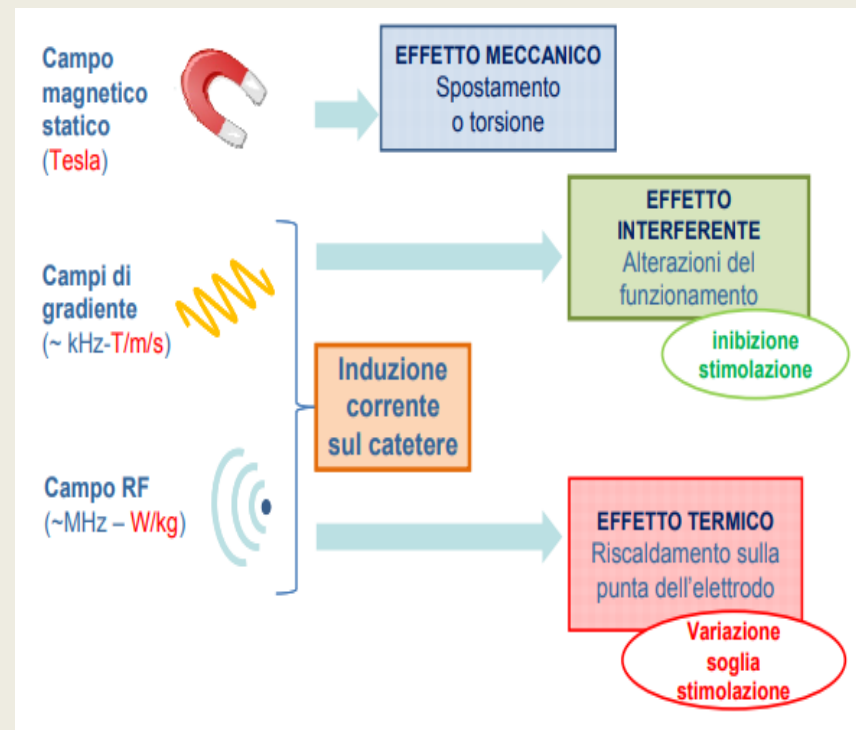


**Per molti anni MRI controindicata
per paziente portatori di CIED**

15 anni fa: Si può fare?

Rischi associati:

- **Danni e disfunzioni del dispositivo:** l'interferenza elettromagnetica potrebbe danneggiare i circuiti del dispositivo, causare eventi di «power off» o portare a una stimolazione inappropriata.
- **Riscaldamento degli elettrocateri:** gli elettrocateri potrebbero agire come antenne, amplificando l'energia a radiofrequenza e causando un forte riscaldamento sulla punta, danneggiando potenzialmente il tessuto cardiaco.
- **Aritmie:** la stimolazione rapida o le correnti elettriche potrebbero indurre ritmi cardiaci pericolosi (aritmie).
- **Movimento/Forza:** il campo magnetico potrebbe esercitare una coppia o una forza di trazione sul dispositivo



Il motivo principale era il timore di eventi avversi potenzialmente causati dall'esposizione dei CIED al campo magnetico, in particolare l'inibizione della stimolazione, il surriscaldamento dei tessuti e/o degli elettrocateri o shock inappropriati del defibrillatore.

Per molti anni MRI controindicata per paziente portatori di CIED

Prima Classificazione

- Nel 1997, la Food and Drug Administration (FDA) propose la prima classificazione dei dispositivi in termini di “MR safe” e “MR conditional”

Dispositivo	Definizione	Simbolo
MR-safe	Il dispositivo non comporta alcun tipo di rischio in ogni possibile condizione di ambiente MRI.	
MR-conditional	Il dispositivo ha dimostrato di non porre rischi reali in un determinato ambiente MRI, sotto specifiche condizioni di utilizzo. Le condizioni di esposizione che definiscono lo specifico ambiente MRI includono l'intensità del campo magnetico, il gradiente spaziale e le variazioni temporali (dB/dt) dello stesso, e l'energia depositata espressa in termini di SAR. Possono inoltre essere richiesti requisiti aggiuntivi, come una particolare configurazione del dispositivo.	
MR-unsafe	Il dispositivo comporta rischi provati in ogni tipo di ambiente MRI.	

L'utilizzo di questo dispositivo in ambiente MRI può considerarsi sicuro a condizione che tutte le indicazioni fornite dal fabbricante vengano rispettate.

Il primo PM «MRI Conditional»

News | November 16, 2008

EnRhythm MRI SureScan Pacemaker System Now Commercially Available in Europe

November 17, 2008 - Medtronic Inc. said it received CE Mark for the first-ever MR-conditional pacemaker system, the EnRhythm MRI SureScan pacemaker and CapSureFix MRI SureScan pacing leads (Model 5086MRI).



The EnRhythm MRI SureScan pacing system has undergone extensive research and design efforts to address and mitigate interactions between the pacing system and the MR environment, the company said. The system includes modified hardware to minimize the level of energy transmitted through the lead/device connection point. In addition, the new system also includes a new SureScan feature designed to eliminate the impact of MRI-generated electrical noise, as MRI scanners may cause traditional pacemakers to misinterpret this noise and as a result withhold or deliver unnecessary pacing therapy.

L'immissione in commercio di PM/ICD/ILR compatibili con i sistemi MRI rappresenta senza dubbio un importante passo verso la possibilità di estendere i benefici che questa tecnica diagnostica offre anche ai portatori di dispositivi medici impiantabili attivi.



MagnaSafe
Multicenter Registry

Determining the Safety of MRI for Patients with Pacemakers and Implantable Cardioverter-Defibrillators

Il registro **MagnaSafe** è uno studio prospettico multicentrico che ha dimostrato che **le scansioni MRI non toraciche da 1,5 T possono essere eseguite in sicurezza su pazienti con pacemaker o ICD non MRI-conditional** per la risonanza magnetica. Utilizzando un protocollo rigoroso, tra 1.500 pazienti non si sono verificati decessi, guasti agli elettrocateteri o aritmie ventricolari.

Limitazioni: il registro si è concentrato sulla risonanza magnetica non toracica (ad esempio, colonna lombare, cervello) a 1,5 Tesla, il che significa che questi risultati non si applicano necessariamente alle risonanze magnetiche 3T o alle scansioni toraciche

Per **PM/ICD/ILR convenzionali (MR-unsafe)** si intendono quei dispositivi per i quali il rischio associato

all'esecuzione di esami in RM non è stato stimato. La presenza di un impianto con uno stimolatore

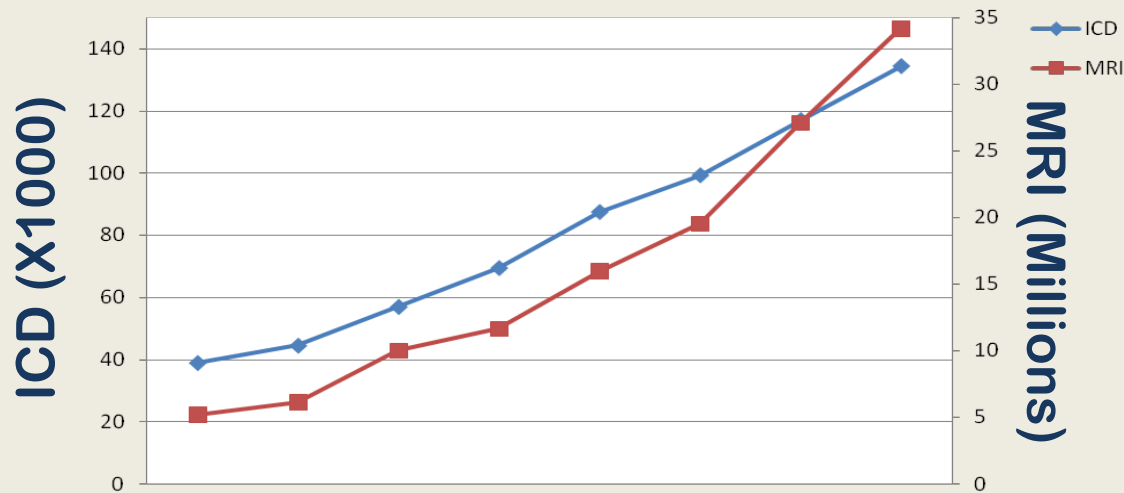
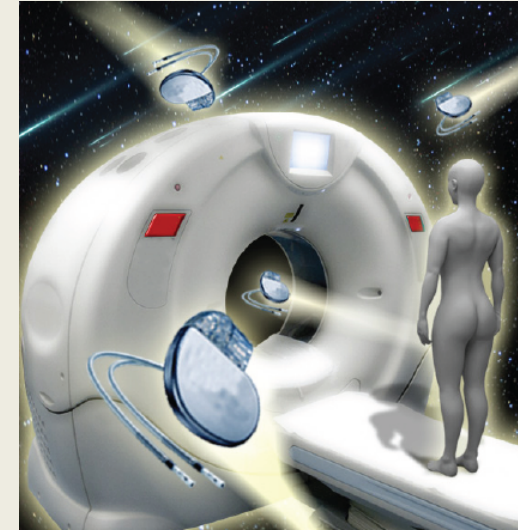
convenzionale è sempre stata considerata una controindicazione all'esecuzione di esami di RM.

Le evidenze scientifiche raccolte nell'ultimo decennio hanno portato la comunità scientifica a considerare questa **controindicazione relativa**, che richiede un'analisi rischio/beneficio *case by-case*.

Risonanza Magnetica e Pacemaker

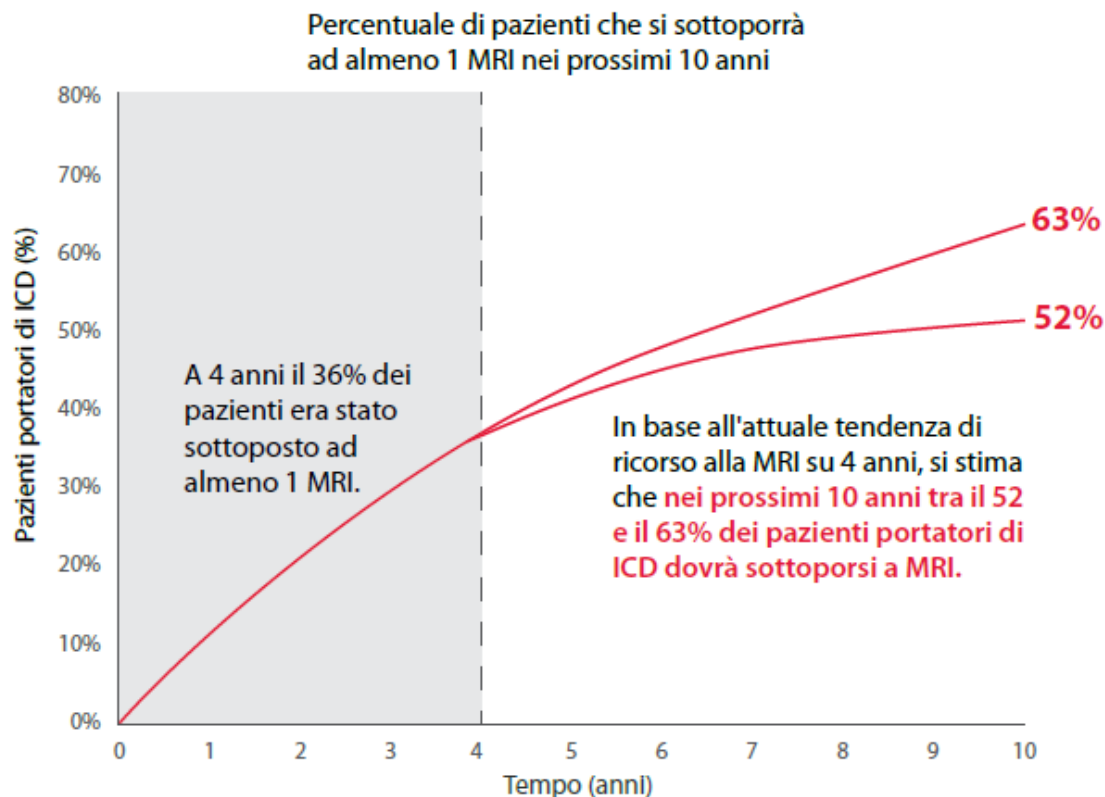
DIMENSIONI DEL PROBLEMA

- Circa 22.000 scanner RM
- >60 milioni di pazienti sottoposti a RM per anno
- ~1 milione di dispositivi impiantabili cardiaci per anno
- 50-75% di probabilità che ad un paziente impiantato sia prescritto un esame di RM



Modello organizzativo

Nei prossimi 10 anni dal **52** al **63%** di pazienti portatori di ICD dovrà sottoporsi a MRI



Dispositivi MRI Conditional: punto di vista del fabbricante

- Per i dispositivi MR-conditional il fabbricante ha dimostrato l'assenza di rischi o quantomeno la presenza di rischi accettabili associati all'esecuzione di esami MRI solo per particolari condizioni di utilizzo. divisibili in 4 gruppi:

Condizioni relative all'impianto

- ▶ Impianto *MR-conditional*
- ▶ Regione dell'impianto
- ▶ Tempo dall'impianto
- ▶ Soglia di stimolazione
- ▶ Impedenza elettrocateteri
- ▶ Programmazione della modalità *MR-conditional*
- ▶ Modalità di stimolazione
- ▶ Polarità di stimolazione



Condizioni relative alla apparecchiatura di risonanza magnetica (RM)

- ▶ Tipologia dello scanner di RM
- ▶ Campo magnetico statico
- ▶ Campo a radiofrequenza
- ▶ Intensità di variazione dei campi di gradiente
- ▶ Durata dell'esame
- ▶ Distretti anatomici

Condizioni relative al paziente

- ▶ Presenza di altri impianti / cateteri abbandonati
- ▶ Altro (statura corporea o la presenza di stati febbrili)

Condizioni relative alla struttura clinica

- ▶ Monitoraggio del paziente durante l'esame
- ▶ Carrello di rianimazione

Dispositivi MRI Conditional: punto di vista del fabbricante

- Per i dispositivi MR-conditional il fabbricante ha dimostrato l'assenza di rischi o quantomeno la presenza di rischi accettabili associati all'esecuzione di esami MRI solo per particolari condizioni di utilizzo. divisibili in 4 gruppi:



Condizioni relative all'impianto

- ▶ Impianto *MR-conditional*
- ▶ Regione dell'impianto
- ▶ Tempo dall'impianto
- ▶ Soglia di stimolazione
- ▶ Impedenza elettrocateteri
- ▶ Programmazione della modalità *MR-conditional*
- ▶ Modalità di stimolazione
- ▶ Polarità di stimolazione

Condizioni relative alla apparecchiatura di risonanza magnetica (RM)

- ▶ Tipologia dello scanner di RM
- ▶ Campo magnetico statico
- ▶ Campo a radiofrequenza
- ▶ Intensità di variazione dei campi di gradiente
- ▶ Durata dell'esame
- ▶ Distretti anatomici

Condizioni relative al paziente

- ▶ Presenza di altri impianti / cateteri abbandonati
- ▶ Altro (statura corporea o la presenza di stati febbrili)

Condizioni relative alla struttura clinica

- ▶ Monitoraggio del paziente durante l'esame
- ▶ Carrello di rianimazione

Come verificare la compatibilità MRI...

 **Abbott**

Abbott Worldwide | Professionals | Our Company | Patients

Healthcare Professionals

[MRI Ready Product Search](#)

If a device or lead does not appear in the drop-down menu, it is not MR Conditional.

Italy x ▾

Endurity MRI™ Pacemaker... x ▾

Isoflex™ Optim™ Lead-19... x ▾

Tendril™ STS Lead-2088T... x ▾

Select a Lead ▾

Scan Regions	Whole Body SAR / RF Power
(1,5T) Corpo intero. (3,0T) Corpo intero.	(1,5T) Modalità operativa normale (3,0T) Modalità operativa normale

[MRI Ready Systems Manual](#)

<http://mri.merlin.net>

Utilization and programming of an automatic MRI recognition feature for cardiac rhythm management devices



Steven Mullane, MS,^{*} Kyle Michaelis, MD, FACC,[†] Charles Henrikson, MD, MPH, FHRS,[‡] Sei Iwai, MD, FACC, FHRS,^{§||} Crystal Miller, MS,^{*} Camden Harrell, MS,^{*} David Hayes, MD, FHRS^{*}

From the ^{}BIOTRONIK, Lake Oswego, Oregon, [†]Sacramento Heart, Sacramento, California, [‡]Knight Cardiovascular Institute, Oregon Health & Science University, Portland, Oregon, [§]Westchester Medical Center Health Network, Valhalla, New York, and ^{||}New York Medical College, Valhalla, New York.*

BACKGROUND Cardiac implantable electronic devices (CIED)—ie, pacemakers, implantable cardioverter-defibrillators, and cardiac resynchronization therapy devices—have recently been designed to allow for patients to safely undergo magnetic resonance imaging (MRI) when specific programming is implemented. MRI AutoDetect is a feature that automatically switches CIED's programming into and out of an MR safe mode when exposed to an MRI environment.

OBJECTIVE The purpose was to analyze de-identified daily remote transmission data to characterize the utilization of the MRI AutoDetect feature.

METHODS Home Monitoring transmission data collected from MRI AutoDetect-capable devices were retrospectively analyzed to determine the workflow and usage in patients experiencing an MRI using the MRI AutoDetect feature.

RESULTS Among 48,756 capable systems, 2197 devices underwent an MRI using the MRI AutoDetect feature. In these 2197 devices, the MRI AutoDetect feature was used a total of 2806 times with an average MRI exposure of 40.83 minutes. The majority (88.9%)

of MRI exposures occurred on the same day as the MRI AutoDetect programming. A same day post-MRI exposure follow-up device interrogation was performed 8.6% of the time. A device-related complaint occurred within 30 days of the MRI exposure in 0.25% of MRI exposures using MRI AutoDetect but with no adverse clinical outcome.

CONCLUSION As a result of automation in device programming, the MRI AutoDetect feature eliminated post-MRI device reprogramming in 91.4% of MRI exposures and, while less frequent, allowed for pre-MRI interrogations prior to the day of the MRI exposure—reducing resource utilization and creating workflow flexibility.

KEYWORDS Automation; Defibrillator; Device programming; Magnetic resonance imaging; MRI-conditional; MRI detection; Pacemaker

(Heart Rhythm 0² 2021;2:132–137) © 2021 Heart Rhythm Society. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Linee Guida oggi

MRI è oggi considerata possibile nella maggior parte dei pazienti con CIED. Anche in pazienti con:

- **dispositivi “legacy” non MRI-conditional,**
- **elettrocateri abbandonati,**
- **sistemi misti (generatori/lead di marche diverse),**

possono eseguire MRI in sicurezza se vengono rispettati protocolli rigorosi

Il documento di consenso della Society for Cardiovascular Magnetic Resonance del 2024 distingue 3 categorie con rischio crescente:

- **CIED MRI-conditional**
- **CIED non MRI-conditional senza lead abbandonati/fratturati**
- **CIED con lead abbandonati, epicardici o fratturati**

Anche i gruppi ad alto rischio non sono più considerati una controindicazione assoluta, ma richiedono centri esperti , protocolli e valutazione individuale rischio/beneficio.

Protocollo operativo raccomandato

Le linee guida insistono su un percorso multidisciplinare con cardiologia aritmologica + radiologia.

Elementi essenziali:

- verifica del tipo di dispositivo e dei lead,
- controllo batteria e soglie,
- programmazione in “MRI mode”,
- monitoraggio continuo ECG/pulsossimetria/PA,
- disponibilità immediata di defibrillatore e programmatore,
- interrogazione del device prima e dopo l'esame.

Per pazienti pacing-dependent:

- modalità asincrona DOO/VOO.

Per ICD:

- disattivazione temporanea delle terapie antitachicardiche.

Lead abbandonati: importante cambio di paradigma

Storicamente erano considerati controindicazione quasi assoluta.

Le evidenze recenti mostrano:

- bassissimo tasso di eventi clinicamente significativi,
- nessun aumento consistente di danni miocardici o malfunzionamenti se il protocollo è corretto.

Per questo le linee guida 2024 hanno “declassato” i lead **abbandonati** da alto a rischio intermedio.

I lead fratturati restano invece più problematici.

Gestione ospedaliera



MR Conditional



MR Unlabelled

Before scan

Clinically appropriate request to General Radiology

Comprehensive scan protocol according to MR conditions

Identify CIED MR Conditional labelling of system and each component and ensure all conditions can be met

Scan booked including appropriate staff available on day of scan

Before scan (additional steps)

Risk assessment*

Device related	MR field related	Patient related
Lowest	Intermediate	Highest

Consider alternative imaging modalities

Discussion of risk-benefit and/or obtain patient consent

Day of scan

Confirm standard MR safety screening

BLS trained staff present in department
ACLS staff available on site

CIED interrogation and programming as per manufacturer

MR Scan acquisition as per MR conditions

Monitoring during scan:
Pulse oximetry +/- ECG
External defibrillator (ideally with transcutaneous pacing available)

Image review to confirm study complete

CIED interrogation and re-programming to normal settings

Routine CIED follow-up *unless large lead parameter or battery voltage changes*

Day of scan (additional steps)

Confirm and/or obtain consent

BLS trained staff present in department
Staff to programme the CIED in department
ACLS trained staff in hospital

CIED interrogation and programming

MR Scan acquisition as per locally agreed protocols

Stakeholders:

Referrer

Cardiologist

Cardiac physiologist

Radiologist

MR Radiographer

MR Safety Expert

Administrator

Dispositivi cardiaci impiantabili attivi e risonanza magnetica: aspetti tecnologici, inquadramento normativo e modelli organizzativi

Gruppo di lavoro: Istituto Superiore di Sanità, Associazione Italiana Fisica Medica, Federazione Italiana Cardiologi, Società Italiana Radiologia Medica, Associazione Italiana Aritmologia e Cardioritmo, Associazione italiana Ingegneria Clinica.

Giovanni Calcagnini¹, Federica Censi¹, Francesco Campanella², Vittorio Cannata³, Claudio Cecchini⁴, Antonio Curnis⁵, Elisabetta Genovese³, Pietro Luigi Indovina⁶, Massimo Lombardi⁷, Riccardo Manfredi⁸, Luigi Padeletti⁹, Francesco Romeo¹⁰.

¹ Istituto Superiore di Sanità

² Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

³ IRCCS Ospedale Pediatrico Bambino Gesù, AIFM

⁴ Azienda Ospedaliera della Valtellina e Valchiavenna, AIIC

⁵ Azienda Ospedaliera Spedali Civili di Brescia

⁶ Università di Napoli "Federico II"

⁷ IRCCS Policlinico San Donato

⁸ Università degli Studi di Verona, SIRM

⁹ Università di Firenze, AIAC

¹⁰ Università di Roma "Tor Vergata", FIC

Modello organizzativo

Sedute RMN dedicate
N° pazienti/seduta

**Paziente con device
MRI-conditional**

Cardiologo

Tecnico di cardiologia

Modello organizzativo

**Paziente con device
MRI-conditional**

Necessario cardiologo /tecnico

- 1. Programmazione del device pre RMN in modalità RMN-safe**
- 2. Scansione RMN con monitoraggio cardiologico + ecg**
- 3. Riprogrammazione del device post-RMN in modo standard**

Modello organizzativo

Preparazione del personale

1. Cardiologi

2. Radiologi

3. Tecnici / IP di radiologia / cardiologia

Punti salienti

- 1) Numero di esami/anno
- 2) Esperienza di singolo centro (HUB) da diffondere
- 3) Esami RMN urgenti (riconoscimento sistemi MRI conditional)
- 4) Ruolo dei tecnici di cardiologia
- 5) Carichi di lavoro e riconoscimento economico
- 6) Certificazione di altri centri

ASST Settelaghi-Varese



Regione
Lombardia

ASL Varese

**CIRCA 150
ALL'ANNO (70%
PM, 30% ICD)**



**CHECKLIST CARDIOLOGICA DEL CENTRO HUB DI VARESE PER
UNA CORRETTA GESTIONE DELL'ESECUZIONE DI MRI IN PAZIENTI
PORTATORI DI DEVICES CARDIACI**

VERIFICA IDONEITA'	SI	NO
Presenza del consenso informato		
Presenza di un sistema (generatore e cateteri) <u>MR-conditional</u>		
Assenza di altri dispositivi impiantati e/o abbandonati		
Compatibilità del sistema con l'esame RM proposto (tempo di impianto adeguato, parametri idonei, zona di esecuzione della RM, configurazione delle bobine di trasmissione e ricezione, SAR, intensità di variazione dei campi di gradiente)		

Note:

Data _____

Il Cardiologo
Timbro e firma

Presenza del consenso informato		
Follow-up dispositivo prima dell'esame RM		
Programmazione del dispositivo secondo modalità <u>proMRI</u>		
Follow-up dispositivo dopo l'esame RM		
Programmazione del dispositivo secondo modalità <u>appropriata</u>		
Dopo la scansione si è mantenuta la programmazione che era presente prima della scansione		
Si sono verificate problematiche		

**CHECKLIST CARDIOLOGICA DEL CENTRO HUB DI VARESE PER
UNA CORRETTA GESTIONE DELL'ESECUZIONE DI MRI IN PAZIENTI
PORTATORI DI DEVICES CARDIACI**

Note:

Data _____

Il Cardiologo
Timbro e firma



RISONANZA MAGNETICA IN SOGGETTI PORTATORI DI DISPOSITIVI CARDIACI IMPIANTABILI

Preparato: Dott. FABRIZIO CARAVATI Dirigente Medico <u>S.C.</u> Cardiologia 1 Dott.ssa MARIA GLORIA ANGERETTI Dirigente Medio <u>S.C.</u> Radiologia <u>Varese</u> <u>Dott. FRANCESCO D'AMORE</u> <u>Dirigente Medio S.C. Neuroradiologia</u> <u>Varese</u> Dott. FABIO TANZI Direttore S.C. Fisica Sanitaria	Verificato: Dott.ssa Battistina Castiglioni Direttore <u>S.C.</u> Cardiologia Varese 2 Dott.ssa Anna Maddalena Iadini Responsabile f.f. Direzione Medica dei <u>Territori</u> <u>Dott. Antonio Triarico</u> <u>Responsabile f.f. Direzione Medica Va-</u> <u>rese</u> Dott. Leonardo Callegari Direttore <u>S.C.</u> Radiologia <u>Verbano e</u> <u>Tradate</u> Prof Massimo Venturini Direttore <u>S.C.</u> Radiologia <u>Varese</u> Dott. Andrea Giorgianni Direttore SC Neuroradiologia Dott.ssa Sabina Strocchi S.C. Fisica Sanitaria Per conformità SGQ: Dott.ssa Maristella Moscheni Direttore f.f. SC Qualità, Risk Management e Accreditamento	Approvato: Dott.ssa Adelina Salzillo Direttore Sanitario ASST dei Sette <u>Laghi</u> Data: 14/05/2025
---	--	--

INDICE DELLE REVISIONI		
<i>n. progressivo</i>	<i>Descrizione della modifica</i>	<i>Data</i>
01		
00	Prima emissione	14/05/2025

Spazio riservato alla verifica annuale del documento

Data di verifica

Firma del verificatore

Notes

Contemporary management and programming of cardiac implantable electronic devices in patients undergoing magnetic resonance imaging

4 Anand Thiyagarajah, MBBS, PhD,^{1,2,3} Marc Strik, MD, PhD,^{1,2} Sylvain Ploux, MD, PhD,^{1,2}
3 Pierre Bordachar, MD, PhD¹

ABSTRACT

Reprogramming of permanent pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators before and after magnetic resonance imaging (MRI) examinations can be disruptive to clinical workflows. Recent technological advancements have permitted more flexible approaches and include device-embedded MRI sensors that automatically activate and deactivate MRI mode, automated tablet-based reprogramming that does not require physician oversight, and remote interrogation and reprogramming solutions. This review summarizes recent manufacturer-specific innovations and suggests a workflow adapted to these emerging technologies.

KEYWORDS Pacemaker; Implantable cardioverter-defibrillator; Cardiac implantable electronic device; Magnetic resonance imaging; MRI mode

(Heart Rhythm 2025; ■:1–10) © 2025 Heart Rhythm Society. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Magnetic resonance imaging (MRI) is an indispensable diagnostic tool, combining detailed tissue characterization with excellent spatial resolution and an absence of ionizing radiation. As clinical indications for MRI continue to expand, it has been estimated that almost 30% of patients with permanent pacemakers (PPMs) will undergo an MRI within 4 years of implantation and that up to 75% of patients with cardiac implantable electronic devices (CIEDs) will require at least 1 MRI examination during their lifetime.^{1,2} However, until the early 2000s, the presence of a CIED represented a relative contraindication to performing MRIs owing to safety concerns surrounding electromagnetic interference and device and lead dysfunction.³ This prompted the development of magnetic resonance (MR) conditional pacemakers with modified ferromagnetic composition, altered electronic compo-

workflow has been rendered more feasible after the development of device-embedded MRI sensors and automatic and remote reprogramming technologies. This review highlights recent developments in the management of patients with CIEDs undergoing MRI and suggests the implementation of a workflow adapted to recent technological advancements.

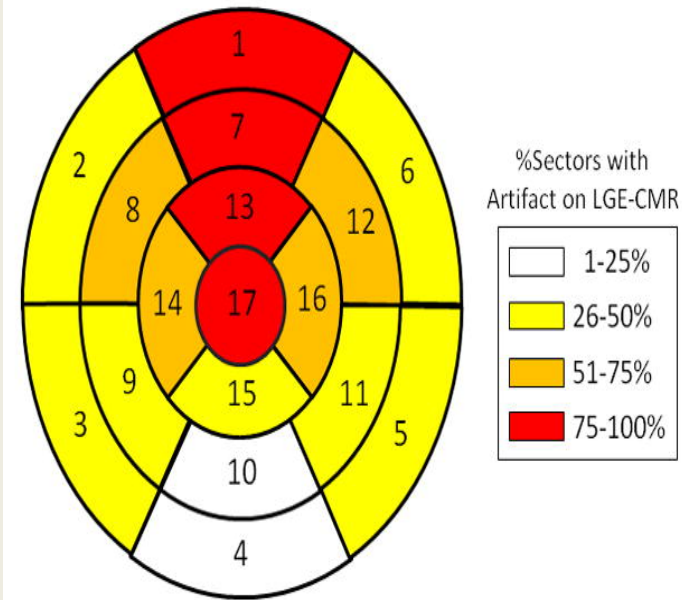
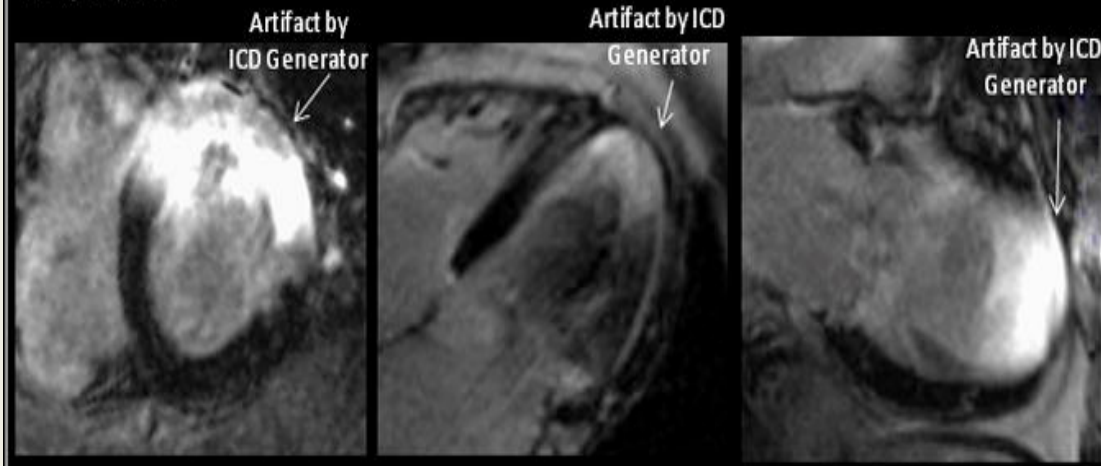
MR-conditional pacemaker systems

3 main stages of the MRI pulse sequence account for potentially hazardous effects on CIEDs and include generation of the static magnetic field, radiofrequency pulse excitation, and generation of the time-varying gradient magnetic field. Complications reported in non-MR-conditional legacy devices included movement of ferromagnetic components,



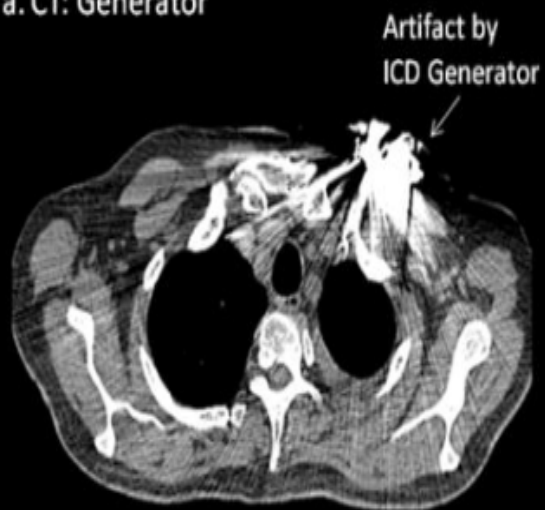
Artefatti indotti dalla presenza di dispositivi impiantabili

B.LGE-CMR



- | | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------|
| 1 basal anterior | 7 mid anterior | 13 apical anterior |
| 2 basal anteroseptal | 8 mid anteroseptal | 14 apical septal |
| 3 basal inferoseptal | 9 mid inferoseptal | 15 apical inferior |
| 4 basal inferior | 10 mid inferior | 16 apical lateral |
| 5 basal inferolateral | 11 mid inferolateral | 17 apex |
| 6 basal anterolateral | 12 mid anterolateral | |

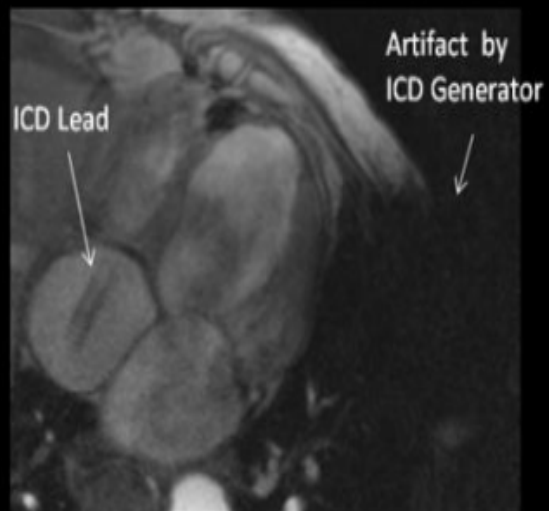
a. CT: Generator



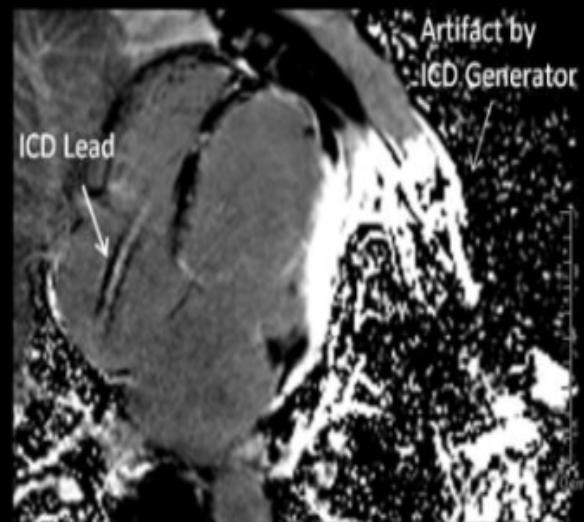
b. CT: Lead



c. Cine CMR (HLA)



d. LGE-CMR (HLA)



Dispositivi MRI Conditional: punto di vista del fabbricante

Caratteristica	MRI-conditional	Non MRI-conditional
Testati in ambiente MRI	Sì	No
Certificazione regolatoria	Sì	No
Materiali meno ferromagnetici	Generalmente sì	Variabile
Filtri/interferenze RF dedicati	Presenti	Limitati o assenti
Modalità MRI dedicata	Standardizzata	Talvolta assente
Compatibilità documentata	Sì	Non garantita
Durante MRI	Percorso più semplice: • verifica compatibilità, • attivazione MRI mode, • rispetto parametri produttore, • monitoraggio standard.	• valutazione specialistica più approfondita, • consenso rischio/beneficio, • preferenza per scanner 1.5T, • monitoraggio stretto, • programmazione