

collana di RM diretta da Angelo Vanzulli

Struttura Complessa di Radiologia, Dipartimento dei Servizi
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda
Dipartimento di Oncologia ed Emato-Oncologia
Università degli Studi - Milano

RISONANZA MAGNETICA

testo atlante

CARDIOLOGIA

a cura di

Patrizia Pedrotti, Francesco Secchi

**Daniele Andreini
Diana Artioli
Andrea Barison
Tommaso D'Angelo
Santo Dellegrottaglie
Antonio Esposito
Riccardo Faletti
Marco Francone
Nicola Galea
Massimo Imazio**

**Guido Ligabue
Luigi Lovato
Giuseppe Muscogiuri
Patrizia Pedrotti
Alessia Pepe
Martina Perazzolo Marra
Gianluca Pontone
Fabrizio Ricci
Francesco Secchi
Camilla Torlasco**

**POLETTO
EDITORE**

Autori

Daniele Andreini

UO Cardiologia Universitaria e Imaging Cardiologico
IRCCS Ospedale Galeazzi-Sant'Ambrogio
Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche
Università degli Studi - Milano

Giovanni Donato Aquaro

Radiologia 1 Universitaria
Dipartimento di Patologia Chirurgica, Medica, Molecolare
e dell'Area Critica
Università degli Studi - Pisa

Diana Artioli

SC Radiodiagnostica
Dipartimento dei Servizi
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Andrea Baggiano

Dipartimento di Cardiologia Perioperatoria
e Imaging Cardiovascolare
Centro Cardiologico Monzino
IRCCS - Milano

Andrea Barison

Divisione di Cardiologia e Medicina Cardiovascolare
Fondazione Toscana Gabriele Monasterio
Interdisciplinary Center for Health Sciences
Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa

Ilaria Bassi

SC Cardiologia 4 Diagnostica e Riabilitativa
Dipartimento Angelo De Gasperis Cardio Center
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Giovanni Battinelli

SC Radiologia
Azienda Ospedaliero-Universitaria Policlinico - Modena

Giandomenico Bisaccia

Dipartimento di Neuroscienze, Imaging e Scienze Cliniche
Università degli Studi Gabriele d'Annunzio - Chieti-Pescara

Massimo Burelli

Dipartimento Cardiotoracico
Ospedale Universitario Santa Maria della Misericordia
Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale (ASU FC) - Udine

Silvia Castelletti

Centro di Imaging Cardiovascolare Integrato
IRCCS Istituto Auxologico Italiano - Milano

Federica Catapano

Dipartimento di Scienze Biomediche
Humanitas University - Pieve Emanuele (Milano)
IRCCS Humanitas Research Hospital - Rozzano (Milano)

Riccardo Cau

Dipartimento di Radiologia
Azienda Ospedaliero-Universitaria - Monserrato (Cagliari)
Università degli Studi - Cagliari

Luca Conia

Policlinico Umberto I
Dipartimento di Scienze Radiologiche, Oncologiche
e Anatomopatologiche
Sapienza Università di Roma

Tommaso D'Angelo

UOC Radiodiagnostica
Dipartimento di Scienze Biomediche, Odontoiatriche
e delle Immagini Morfologiche e Funzionali (BIOMORF)
Università degli Studi - Messina

Santo Dellegrottaglie

Unità di Imaging Cardiovascolare Avanzato
Ospedale Medico-Chirurgico Accreditato Villa dei Fiori
Acerra (Napoli)

Daniela Di Marco

SC Radiodiagnostica
Dipartimento dei Servizi
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Antonio Esposito

Unità di Advanced Imaging for Personalized Medicine
IRCCS Ospedale San Raffaele
Università Vita-Salute San Raffaele - Milano

Riccardo Faletti

Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Radiodiagnostica Universitaria
Università degli Studi - Torino

Federica Focchi

SC Radiologia
Azienda Ospedaliero-Universitaria Policlinico - Modena

Marco Francone

Dipartimento di Scienze Medico-Chirurgiche
e Medicina Traslazionale
Sapienza Università di Roma
Ospedale Sant'Andrea - Roma

Nicola Galea

Policlinico Umberto I
Dipartimento di Scienze Radiologiche, Oncologiche
e Anatomopatologiche
Sapienza Università di Roma

Marco Gatti

Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Radiodiagnostica Universitaria
Università degli Studi - Torino

Gianluca Guarnieri

UO Cardiologia Universitaria e Imaging Cardiologico
IRCCS Ospedale Galeazzi-Sant'Ambrogio - Milano

Massimo Imazio

Dipartimento di Medicina
Università degli Studi - Udine
Dipartimento Cardiotoracico
Ospedale Universitario Santa Maria della Misericordia
Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale (ASU FC) - Udine

Ludovica RM Lanzafame

UOC Radiodiagnostica
Dipartimento di Scienze Biomediche, Odontoiatriche
e delle Immagini Morfologiche e Funzionali (BIOMORF)
Università degli Studi - Messina

Guido Ligabue

Dipartimento di Scienze Mediche Chirurgiche Materno-Infantili
e dell'Adulto
Università degli Studi - Modena e Reggio Emilia
UO Diagnostica per Immagini
Ospedale di Sassuolo - Sassuolo (Modena)

Costanza Lisi

Dipartimento di Scienze Biomediche
Humanitas University - Pieve Emanuele (Milano)
IRCCS Humanitas Research Hospital - Rozzano (Milano)

Luigi Lovato

Dipartimento di Radiologia
Radiologia cardiotoracovascolare, oncoematologica, d'urgenza
e dell'età pediatrica
IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria - Bologna

Amalia Lupi

Istituto di Radiologia
Dipartimento di Medicina (DIMED)
Università degli Studi - Padova

Cesare Mantini

Dipartimento di Neuroscienze, Imaging e Scienze Cliniche
Università degli Studi Gabriele d'Annunzio - Chieti-Pescara

Caterina Beatrice Monti

SC Radiodiagnostica
Dipartimento dei Servizi
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Raffaella Motta

Dipartimento di Scienze cardiotoracovascolari e Sanità Pubblica
Università degli Studi - Padova

Giuseppe Muscogiuri

ASST Papa Giovanni XXIII
Dipartimento di Radiologia - Bergamo
Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi - Milano Bicocca

Marzia Olivieri

Centro di Imaging Cardiovascolare Integrato
IRCCS Istituto Auxologico Italiano - Milano

Anna Palmisano

Unità di Advanced Imaging for Personalized Medicine
IRCCS Ospedale San Raffaele
Università Vita-Salute San Raffaele - Milano

Giulia Pasqualin

Unità di Cardiologia Pediatrica
e di Cardiopatie Congenite dell'adulto
Sezione di Imaging Cardiovascolare Multimodale
IRCCS Policlinico San Donato - Milano

Patrizia Pedrotti

SC Cardiologia 4 Diagnostica e Riabilitativa
Dipartimento Angelo De Gasperis Cardio Center
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Alessia Pepe

Istituto di Radiologia
Dipartimento di Medicina (DIMED)
Università degli Studi - Padova

Martina Perazzolo Marra

Dipartimento di Scienze cardiotoracovascolari
e Sanità Pubblica
Università degli Studi - Padova

Giulia Piccinni

Unità di Advanced Imaging for Personalized Medicine
IRCCS Ospedale San Raffaele - Milano

Gianluca Pontone

Dipartimento di Cardiologia Perioperatoria
e Imaging Cardiovascolare
Centro Cardiologico Monzino
IRCCS - Milano
Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche
e Odontoiatriche
Università degli Studi - Milano

Vincenzo Positano

Unità di Bioingegneria
Fondazione Toscana Gabriele Monasterio - Pisa

Michela Puppato

Dipartimento di Radiologia
Ospedale Universitario Santa Maria della Misericordia
Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale (ASU FC) - Udine

Giuseppina Quattrocchi

SC Cardiologia 4 Diagnostica e Riabilitativa
Dipartimento Angelo De Gasperis Cardio Center
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Edoardo Rasciti

Dipartimento di Radiologia
Radiologia cardiotoracovascolare, oncoematologica, d'urgenza
e dell'età pediatrica
IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria - Bologna

Fabrizio Ricci

Dipartimento di Neuroscienze, Imaging e Scienze Cliniche
Università degli Studi Gabriele d'Annunzio - Chieti-Pescara
Policlinico SS Annunziata
ASL 02 Regione Abruzzo - Chieti

Letizia Ruoli

Policlinico Umberto I
Dipartimento di Scienze Radiologiche, Oncologiche
e Anatomopatologiche
Sapienza Università di Roma

Giuseppe Russo

Servizio di Radiologia
Ospedale Medico-Chirurgico Accreditato Villa dei Fiori
Acerra (Napoli)

Alessandra Scatteia

Unità di Imaging Cardiovascolare Avanzato
Ospedale Medico-Chirurgico Accreditato Villa dei Fiori
Acerra (Napoli)

Francesco Secchi

UOC Imaging Cardiovascolare
IRCCS MultiMedica - Sesto San Giovanni (Milano)
UOC Diagnostica per Immagini
Ospedale San Giuseppe - Milano
Dipartimento di Scienze Biomediche per la Salute
Università degli Studi - Milano

Sandro Sironi

ASST Papa Giovanni XXIII
Dipartimento di Radiologia - Bergamo
Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi - Milano Bicocca

Paola Sormani

SC Cardiologia 4 Diagnostica e Riabilitativa
Dipartimento Angelo De Gasperis Cardio Center
ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda - Milano

Giovanni Taverna

Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale
Azienda Ospedaliera Universitaria Policlinico Gaetano Martino
Università degli Studi - Messina

Giancarlo Todiere

Divisione di Cardiologia e Medicina Cardiovascolare
Fondazione Toscana Gabriele Monasterio - Pisa

Camilla Torlasco

Centro di Imaging Cardiovascolare Integrato
IRCCS Istituto Auxologico Italiano - Milano

Alessandra Volpe

Dipartimento di Cardiologia Perioperatoria
e Imaging Cardiovascolare
Centro Cardiologico Monzino
IRCCS - Milano

Collaboratori

Francesca Brambati

Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Scuola di Specializzazione in Radiodiagnostica
Università degli Studi - Torino

Federica Piccione

Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Scuola di Specializzazione in Radiodiagnostica
Università degli Studi - Torino

Federica Santoro

Dipartimento di Scienze Chirurgiche
Scuola di Specializzazione in Radiodiagnostica
Università degli Studi - Torino

Prefazione

La risonanza magnetica cardiaca (RMC) consente un'accurata valutazione morfologica e funzionale del cuore, la caratterizzazione tissutale del miocardio e lo studio dei flussi intracardiaci. Per tali motivi l'utilizzo clinico della RMC si è sempre più affermato e diffuso nel corso degli ultimi anni per lo studio di pazienti affetti da diverse forme di cardiopatia, tanto da rientrare come esame da effettuare con classe di raccomandazione I o II in diverse linee guida delle principali società scientifiche cardiologiche. La forte rilevanza clinica, associata all'introduzione di scanner tecnicamente più avanzati e veloci e di innovative tecniche di mappaggio tissutale, quali T1 e T2 *mapping*, hanno portato a un incremento di richieste di esami di RMC, le cui acquisizione e interpretazione richiedono specifiche e adeguate competenze tecniche, conoscenza dei protocolli di studio nonché dei pattern diagnostici nei diversi contesti clinici.

Il testo atlante di RMC si propone l'obiettivo di essere un riferimento per i centri che desiderano implementare *de novo* un servizio di RMC e per chi, pur avendo già esperienza pratica nella metodica, desidera approfondirne alcuni aspetti particolari o ampliarne il campo di applicazione clinica. Il carattere schematico del testo e l'elevato numero di immagini ad alta qualità consentono una rapida consultazione nell'ambito d'interesse durante la routine clinica. A questo si aggiungono i numerosi video, da poter consultare online sul sito della casa editrice, e necessari soprattutto in questo campo, in cui la valutazione funzionale è parte integrante e fondamentale dello studio del cuore.

Il testo si sviluppa cominciando con principi generali di RMC e corretta acquisizione dei piani per lo studio del cuore; successivamente sono trattati tutti i principali quadri patologici comuni, quali cardiomiopatie e cardiopatia ischemica, e meno comuni, quali cardiopatie congenite o trapianti cardiaci. Ogni capitolo include, nelle diverse patologie, il protocollo di acquisizione suggerito nei diversi contesti clinici, fondamentale per eseguire l'esame appropriato, rispettando le tempistiche organizzative. Il testo si conclude con un capitolo che propone uno schema di riferimento per impostare un referto esauriente e clinicamente orientato.

Il volume è un distillato delle conoscenze di autori di altissimo livello, cardiologi e radiologi che collaborano quotidianamente, ognuno con le proprie competenze e conoscenze, per consentire la massima resa diagnostica di una metodica estremamente potente e complessa, sempre più fondamentale per la corretta gestione clinica dei pazienti affetti da varie patologie cardiache.

A tutti gli autori, che nonostante i numerosi impegni hanno accettato volentieri di dare il proprio contributo, vanno i nostri più sentiti ringraziamenti, così come alla casa editrice e a tutto lo staff di redazione che ha costantemente e prontamente offerto supporto durante la realizzazione dell'opera.

PATRIZIA PEDROTTI
FRANCESCO SECCHI

Milano, luglio 2025

Principi generali in risonanza magnetica cardiaca

Riccardo Faletti, Marco Gatti

Movimenti respiratorio e cardiaco, aritmie ed elettrocardiogramma

Piani di studio

Sequenze utilizzate in cardiologia e loro applicazione clinica

Cine-steady-state free precession

Cine-gradient-recalled echo

Immagini T1 e T2 pesate

T2*

Perfusione

Enhancement precoce e tardivo

Immagini a contrasto di fase

Angio-RM

Whole-heart

T1 e T2 mapping

Strain miocardico

4D flow

Post-processing in risonanza magnetica cardiaca

Segmentazione e analisi quantitativa della funzione cardiaca

Analisi della fibrosi miocardica utilizzando immagini

late gadolinium enhancement

Limitazioni dei metodi tradizionali

Ruolo dell'intelligenza artificiale: machine learning e deep learning

Intelligenza artificiale nel post-processing

Controindicazioni assolute e relative alla risonanza magnetica cardiaca

Risonanza magnetica cardiaca in pazienti portatori di device

Risonanza magnetica cardiaca in pazienti portatori di dispositivi cardiaci impiantabili

Gestione e limitazioni per l'uso di dispositivi MR-conditional

Tecnologia e programmazione dei dispositivi MR-conditional

Gestione e limitazioni per l'uso di dispositivi non MR-conditional

Impatto sulla qualità dell'imaging di risonanza magnetica cardiaca

Direttive europee sui dispositivi medici

Normativa vigente in Italia: decreto ministeriale 14 gennaio 2021

MOVIMENTI RESPIRATORIO E CARDIACO, ARITMIE ED ELETTROCARDIOGRAMMA

- La risonanza magnetica cardiaca (RMC) sta diventando uno strumento sempre più indispensabile nella diagnostica cardiovascolare, consentendo, in relazione all'elevato contrasto intrinseco della metodica e alla sua non invasività, una valutazione sia morfostrutturale sia funzionale del cuore.
- Tra le problematiche principali da affrontare nell'acquisizione di un esame di RMC vanno sicuramente considerati i movimenti respiratori e cardiaci.
- Nell'acquisizione delle immagini cardiache, per evitare quanto più possibile la presenza di artefatti da movimento, oltre a utilizzare sequenze che prevedono tempi di acquisizione brevi, è necessario che ogni impulso di radiofrequenza (RF) venga generato sempre nella stessa fase del ciclo cardiaco, in sincronia con l'onda R dell'ECG, in modo tale che la sequenza venga acquisita nel momento in cui il cuore è il più fermo possibile. Risulta quindi chiaro come, per l'effettuazione della RMC, sia indispensabile la sincronizzazione con l'ECG.
- Ai fini di assicurare un corretto contatto elettrico, la cute dev'essere pulita e sgrassata, utilizzando un panno imbevuto di alcool, e quando necessario dev'essere eseguita accurata tricotomia del torace. In generale vengono impiegati elettrodi per ECG certificati come RM compatibili, con alcune modifiche nel loro posizionamento rispetto a un esame ECG tradizionale dovute all'ambiente della risonanza magnetica che potrebbe interferire con il segnale: a causa dell'effetto magnetoidrodinamico, infatti, le correnti indotte dal movimento delle cariche elettriche (ioni) presenti nel sangue all'interno del campo magnetico generano voltaggi che determinano distorsione

dell'ECG, andandosi a sovrapporre al segmento ST e ciò può causare errato riconoscimento del complesso QRS.

- Per migliorare il riconoscimento dell'onda R e ovviare così a questa problematica, è ormai sistematicamente impiegato il *gating* vettorcardiografico, che si basa sull'orientamento tridimensionale del complesso QRS e dell'onda T dell'ECG, posizionando gli elettrodi in corrispondenza dell'ala cardiaca secondo l'asse longitudinale e trasversale del corpo, disponendoli "a croce", "a T" o "a L".
- Gli elettrodi devono essere collegati a cavi schermati per minimizzare l'interferenza con il campo magnetico. È bene evitare, per quanto possibile, che i cavi dell'ECG descrivano alcuni *loop*.
- Una volta collegato il paziente, va verificato che il tracciato ECG ottenuto sia valido e, in particolare, che l'onda R sia ben riconoscibile e che l'onda T non sia particolarmente elevata, in modo da non interferire con il *trigger*.
- Se la traccia ECG ottenuta non è soddisfacente, è buona norma riposizionare gli elettrodi. Nel corso dell'esame viene inoltre effettuato un monitoraggio ECG continuo e in tempo reale per verificare la corretta sincronizzazione con il battito cardiaco.
- Esistono due tipologie di *gating* cardiaco: prospettico e retrospettivo.
- La segmentazione dello spazio K, ovvero la sua suddivisione in segmenti che vengono riempiti con dati acquisiti in intervalli R-R successivi, è alla base del *gating* cardiaco sia per le acquisizioni di una singola fase (*single phase*) sia per quelle multifase (*multiphase*).
- Determinate tipologie di sequenze (per esempio, quelle per la caratterizzazione tissutale) vengono acquisite con tecnica *single phase*, utilizzando un *gating* di tipo prospettico, nel quale l'acquisizione delle immagini avviene solo in determinate fasi del ciclo cardiaco, selezionate sulla base della traccia ECG. Questo è anche il metodo più

Si ringraziano Francesca Brambati, Federica Piccione e Federica Santoro per aver contribuito alla stesura dei paragrafi relativi a post-processing e intelligenza artificiale.

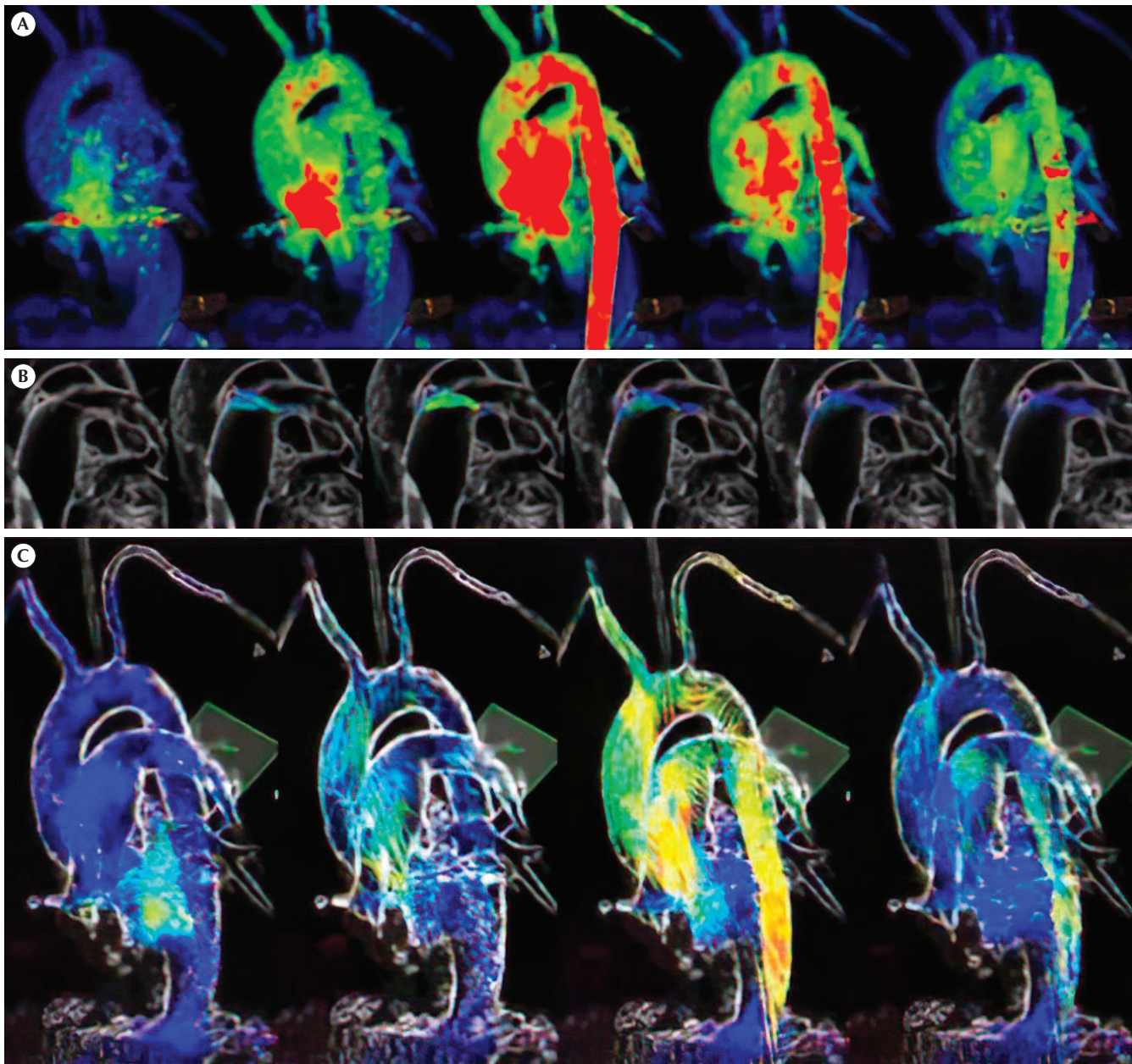


Figura 18 - A) Rappresentazione iconografica con analisi flussimetrica mediante sequenze 4D *flow*. B, C) Rappresentazione dell'analisi vettoriale.

● POST-PROCESSING IN RISONANZA MAGNETICA CARDIACA

Segmentazione e analisi quantitativa della funzione cardiaca

Valutazione del volume ventricolare, funzione e massa miocardica tramite metodi semiautomatici: la risonanza magnetica cardiaca è ormai comprovato strumento per la valutazione dei biomarker di imaging cardiaci. Normalmente il grado di funzione biventricolare è calcolato trasferendo le immagini acquisite in RMC a una *workstation* specifica, con segmentazione manuale del profilo endo- ed epicardico da parte del radiologo. Ne consegue che il processo di segmen-

tazione (basato sui segmenti AHA - American Heart Association) è lungo per ciascun paziente (20-30 min), dipendendo da una serie di fattori, quali esperienza dell'operatore cardiologo e grado di qualità dell'esame, che può essere estremamente soggetto ad artefatti dall'intrinseca ritmicità dell'organo da studiare o dalla presenza di elettrocateri o altri oggetti con proprietà ferromagnetiche che possono inficiare la qualità diagnostica dell'esame.

Analisi della fibrosi miocardica utilizzando immagini *late gadolinium enhancement*

La valutazione tissutale accurata del miocardio è uno dei principali vantaggi della RMC. In particolare, la valutazio-

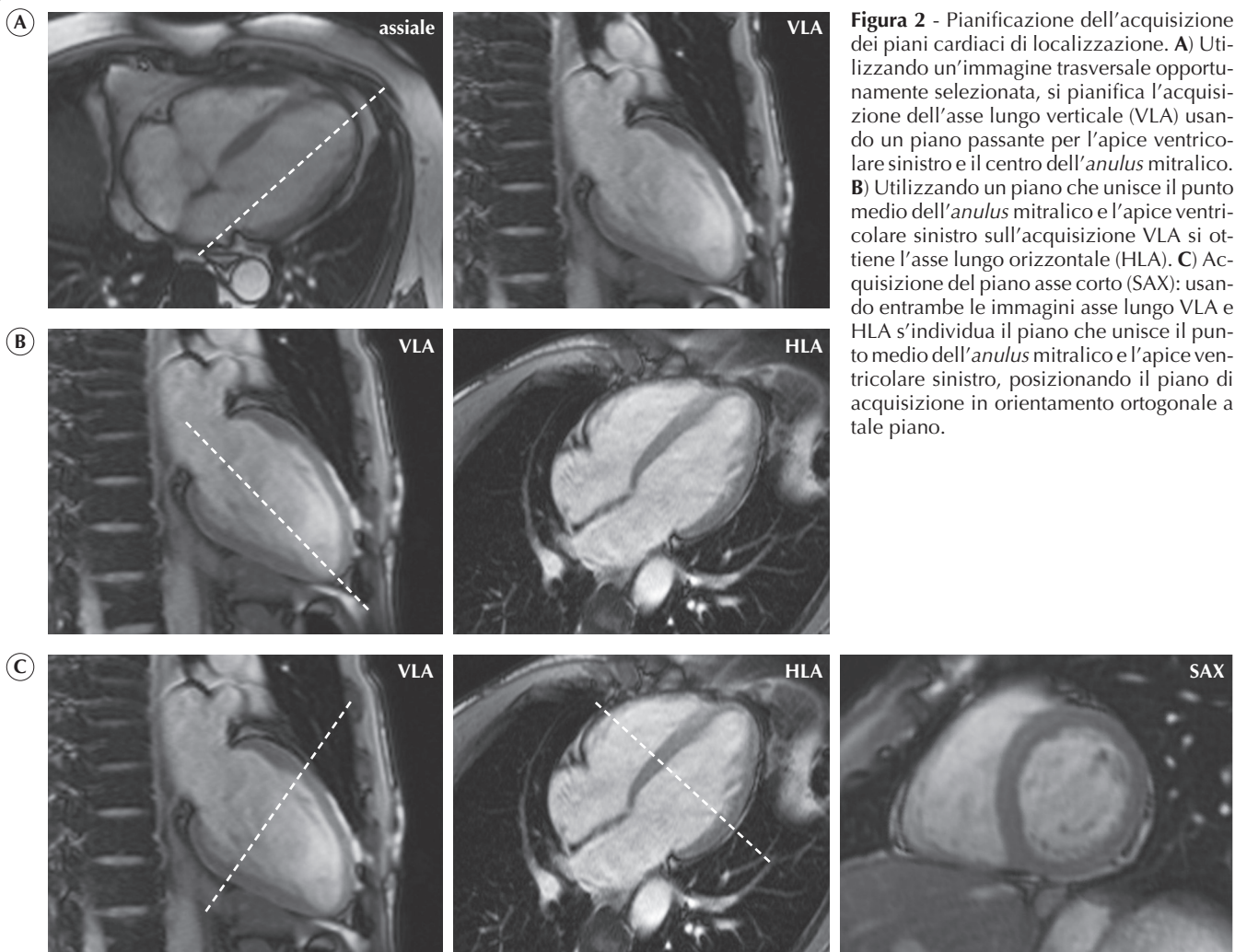


Figura 2 - Pianificazione dell'acquisizione dei piani cardiaci di localizzazione. **A)** Utilizzando un'immagine trasversale opportunamente selezionata, si pianifica l'acquisizione dell'asse lungo verticale (VLA) usando un piano passante per l'apice ventricolare sinistro e il centro dell'*anulus* mitralico. **B)** Utilizzando un piano che unisce il punto medio dell'*anulus* mitralico e l'apice ventricolare sinistro sull'acquisizione VLA si ottiene l'asse lungo orizzontale (HLA). **C)** Acquisizione del piano asse corto (SAX): usando entrambe le immagini asse lungo VLA e HLA s'individua il piano che unisce il punto medio dell'*anulus* mitralico e l'apice ventricolare sinistro, posizionando il piano di acquisizione in orientamento ortogonale a tale piano.

● PROTOCOLLO RMC DEL PAZIENTE CON CARDIOPATIA NOTA O SOSPETTA

Preparazione del paziente

- La preparazione del paziente per l'esecuzione di RMC è fondamentale per garantire sicurezza e resa diagnostica dell'esame.
- Come primo *step*, bisogna verificare che il paziente non abbia controindicazioni assolute alla RMC.
- Il paziente dev'essere informato riguardo alla procedura, inclusa la necessità di rimanere fermo durante l'esame per ottenere immagini di qualità diagnostica.
- Il paziente deve firmare un consenso informato per l'esecuzione dell'esame di risonanza magnetica.
- Per i pazienti che soffrono di claustrofobia o ansia, può essere prevista una leggera sedazione, previo consenso.
- Il paziente viene posizionato supino sul lettino della risonanza, con il torace allineato al centro del magnete al fine di ottimizzare la qualità delle immagini.
- Le braccia devono essere poste lungo i fianchi e, quando possibile, è consigliabile fornire supporti per braccia e gambe al fine di migliorare il comfort e ridurre i movimenti involontari.
- Una bobina toracica a radiofrequenza viene posizionata sopra il petto per acquisire segnali di elevata qualità dalle strutture cardiache.
- Vengono posizionati elettrodi ECG per monitorare il battito cardiaco e sincronizzare l'acquisizione delle imma-

gini, aspetti essenziali per ottenere scansioni chiare e precise durante le diverse fasi del ciclo cardiaco.

23

Pianificazione delle scansioni

Immagine di localizzazione

- Topograficamente, il cuore è un organo toracico localizzato nel mediastino anteroinferiore e contenuto nel sacco pericardico; organo singolo, interposto tra i due polmoni, adagiato sul diaframma, protetto anteriormente dallo sterno e posteriormente dal tratto dorsale del rachide.
- Considerata la sede anatomica del cuore, ne consegue che il primo *step* di un esame di RMC è rappresentato dall'acquisizione di immagini secondo *piani di localizzazione* toracica standard (trasversale, sagittale e coronale) (figura 1). Queste immagini iniziali (*survey*) consentono una valutazione dei rapporti del cuore con gli elementi anatomici circostanti e, in particolar modo, con grandi vasi, altre strutture mediastiniche e polmoni.

Piani cardiaci di localizzazione

- Analogamente alle altre metodiche d'imaging cardiovascolare, lo studio con RMC delle strutture cardiache si basa sull'acquisizione di immagini secondo i piani cardiaci standard orientati secondo asse lungo e asse corto del cuore.
 - **Asse lungo verticale di localizzazione** (*Vertical Long-Axis*, VLA): utilizzando un'immagine trasversale opportunamente selezionata, si pianifica l'acquisizione lungo un piano passante per apice ventricolare sinistro e centro dell'*anulus* mitralico (figura 2 A).

Eccezionalmente può avere estensione transmurale, soprattutto nelle forme fulminanti, oppure pattern circonferenziale subendocardico, non coronaro-specifico, nelle miocarditi da sindromi ipereosinofile.

- La presenza di LGE a carico del setto interventricolare in fase acuta è stata associata a peggiore prognosi nel lungo termine, soprattutto nei pazienti con frazione di eiezione conservata. La sua persistenza alla RM di controllo è sinonimo di fibrosi, mentre la contestuale presenza di edema a distanza suggerisce una *chance* di recupero.

● PROTOCOLLO RMC PER SOSPETTA MIocardITE

- **Sequenze di localizzazione nei tre piani ortogonali** (transassiale, coronale e sagittale).
- **Sequenze cine-SSFP**: dimensioni e funzione dei ventricoli, cinesi regionale.
- **Sequenze STIR black blood T2 pesate**: edema miocardico.
- **Sequenze di mapping parametrico T1 e T2**: danno miocardico (T1 *mapping*), edema miocardico (T2 *mapping*).
- **Sequenze post-contrastografiche precoci** (*first pass perfusion*) per valutare la perfusione miocardica.
- **Sequenze post-contrastografiche tardive** (LGE) acquisite 10-15 min dopo l'iniezione di gadolinio: danno miocardico.
- **Sequenze aggiuntive** opzionali possono essere le **phase contrast**, per la stima dei flussi transvalvolari e di eventuali shunt intracardiaci, e le sequenze TSE T1 pesate, utili nel sospetto d'infiltrazione adiposa nelle forme di *overlapping* (miocardite acuta come *hot phase* di cardiomiopatia).
- Il **volume extracellulare** può essere stimato dalle immagini di T1 *mapping* nativo e post-contrasto, con apposita formula.
- **Reperti extracardiaci**, come versamento pleurico monolaterale o linfadenomegalie mediastiniche, possono far sospettare un quadro infiammatorio sistemico.

● CARDIOMIOPATIE INFIAMMATORIE

- Le cardiomiopatie infiammatorie sono un gruppo eterogeneo di patologie in cui la disfunzione miocardica è secondaria alla flogosi. L'esito del processo flogistico può essere un danno transitorio o un rimodellamento cronico che culmina nella dilatazione biventricolare.
- Numerose sono le cause e vanno distinte in forme infettive e non infettive (figura 4). Nella maggior parte dei casi l'eziologia è di natura infettiva, anche se i sottostanti meccanismi fisiopatologici non sono del tutto noti. Le infezioni virali sono la causa più comune di cardiomiopatia infiammatoria e il danno da parte della *noxa* patogena può essere di tipo citopatico diretto, oppure mediato da citochine (IL-17, TNF- α). Le miocarditi non infettive sono solitamente associate a disturbi autoimmuni come quelle concomitanti a forme sistemiche (sindromi ipereosinofile, sarcoidosi, lupus eritematoso sistemico, miocarditi a cellule giganti, eccetera) o da ipersensibilità a sostanze tossiche (farmaci, sostanze di abuso, metalli pesanti e vaccini). L'eosinofilia periferica, congiuntamente a segni e sintomi clinici, dovrebbe far sospettare la diagnosi di miocardite, ma potrebbe non essere presente nelle fasi iniziali della malattia. Il trattamento dovrebbe concentrarsi sull'identificazione dell'agente scatenante, quando possibile.
- La RMC risulta essere un valido ausilio per la valutazione morfofunzionale cardiaca e per la caratterizzazione tissutale, con l'identificazione di edema e danno miocardico non ischemico.
- Il *protocollo RMC* è analogo a quello utilizzato per la sospetta miocardite (cine-SSFP, STIR T2 pesate, T1 e T2 *mapping*, LGE).

Sarcoidosi

- La sarcoidosi è una malattia infiammatoria granulomatosa multisistemica a eziologia sconosciuta che, se non trattata, esita nella fibrosi miocardica. Nei pazienti con

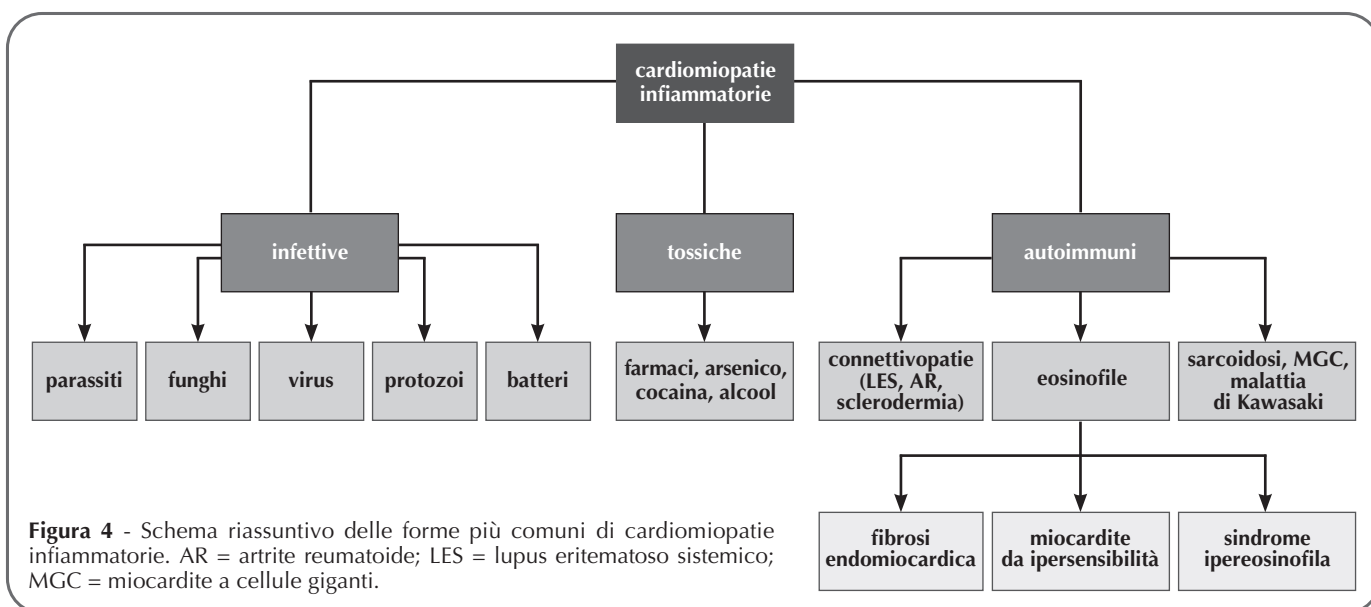


Figura 4 - Schema riassuntivo delle forme più comuni di cardiomiopatie infiammatorie. AR = artrite reumatoide; LES = lupus eritematoso sistemico; MGC = miocardite a cellule giganti.

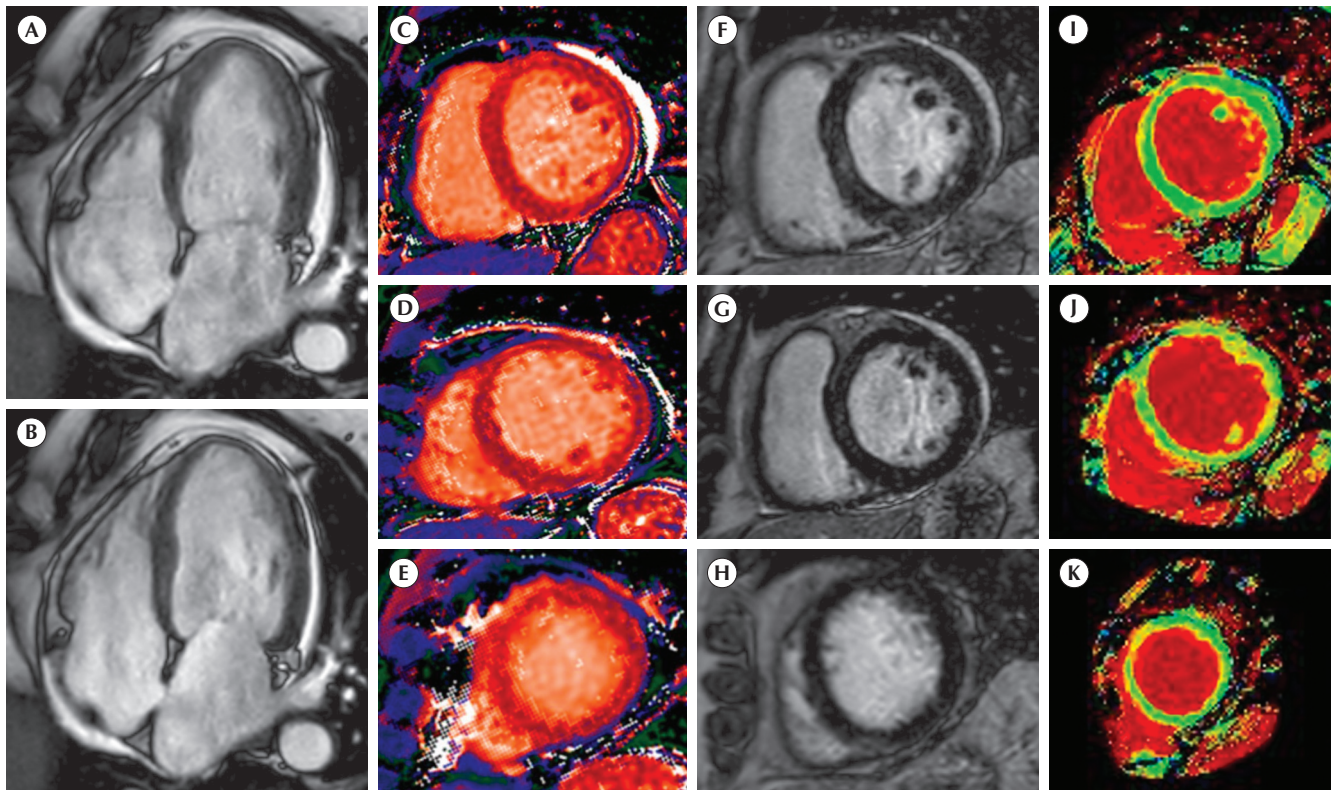


Figura 3 - Cardiomiopatia dilatativa con mutazione del gene della distrofina. Le immagini ottenute durante la diastole (A) e la sistole (B) mediante sequenze cine-bSSFP evidenziano dilatazione del ventricolo sinistro. Il T1 mapping acquisito in asse corto nelle sezioni basale, medio-ventricolare e apicale (C-E) mostra incremento diffuso dei valori di T1 miocardico, senza evidenza di aree di LGE nelle sequenze T1 PSIR, acquisite tardivamente dopo la somministrazione di mezzo di contrasto (F-H). La mappa ECV, acquisita sul piano asse corto nelle sezioni basale, medio-ventricolare e apicale, rivela aumento dei valori, reperto compatibile con fibrosi interstiziale diffusa (I-K).

Tabella II - Protocollo di risonanza magnetica cardiaca.

<i>cine-imaging</i>	<i>balanced-SSFP</i>	<ul style="list-style-type: none"> • anatomia • volumi ventricolari • funzione sistolica • spessori parietali • massa • contrattilità
<i>edema-imaging</i>	STIR	<ul style="list-style-type: none"> • edema
<i>late gadolinium enhancement</i>	IR GRE, PSIR	<ul style="list-style-type: none"> • fibrosi
<i>mapping (opzionale)</i>	T1 mapping: MOLLI, ShMOLLI, SAPHIRE, SASHA	<i>T1 nativo</i> <ul style="list-style-type: none"> • edema (+) • infiammazione (+) • fibrosi (+) • ferro (-) <i>ECV</i> <ul style="list-style-type: none"> • fibrosi (+)
	T2 mapping: MESE, GraSE, T2-prepared <i>balanced-SSFP</i>	<ul style="list-style-type: none"> • infiammazione (+) • edema (+) • ferro (-)

ECV = ExtraCellular Volume; GraSE = Gradient Spin Echo; IR GRE = Inversion Recovery Gradient-Recalled Echo; MESE = Multiple Echo Spin Echo; MOLLI = MOfified Look-Locker Inversion recovery; PSIR = Phase-Sensitive Inversion Recovery; SAPHIRE = SATuration Pulse Prepared Heart rate independent Inversion REcovery; SASHA = SATuration-recovery single SHot Acquisition; ShMOLLI = Shortened MOfified Look-Locker Inversion recovery; SSFP = Steady-State Free Precession; STIR = Short Time/Tau Inversion Recovery.

Figura 1 - Paziente affetta da ipertensione essenziale con cardiopatia ipertensiva caratterizzata da ipertrofia concentrica non ostruttiva del ventricolo sinistro, con spessore massimo al setto medio 14 mm (A e B, freccia - sequenze cine: A, piano 4 camere; B, piano asse corto medio-ventricolare), senza evidenza di aree di *late enhancement* (C e D, sequenze *inversion recovery*).

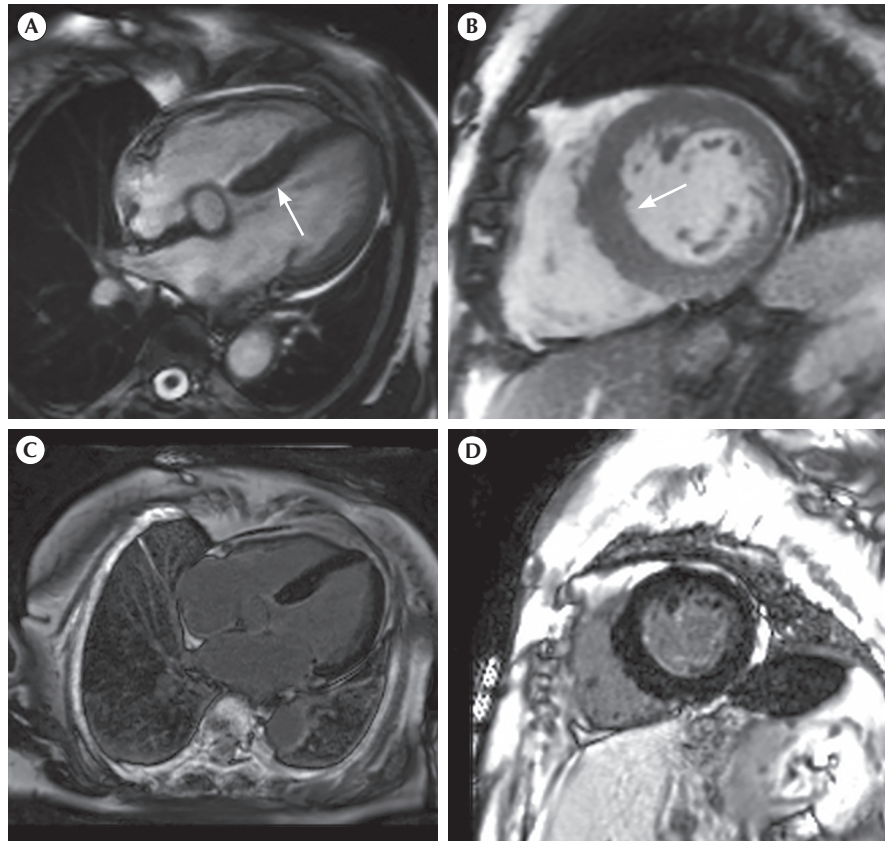
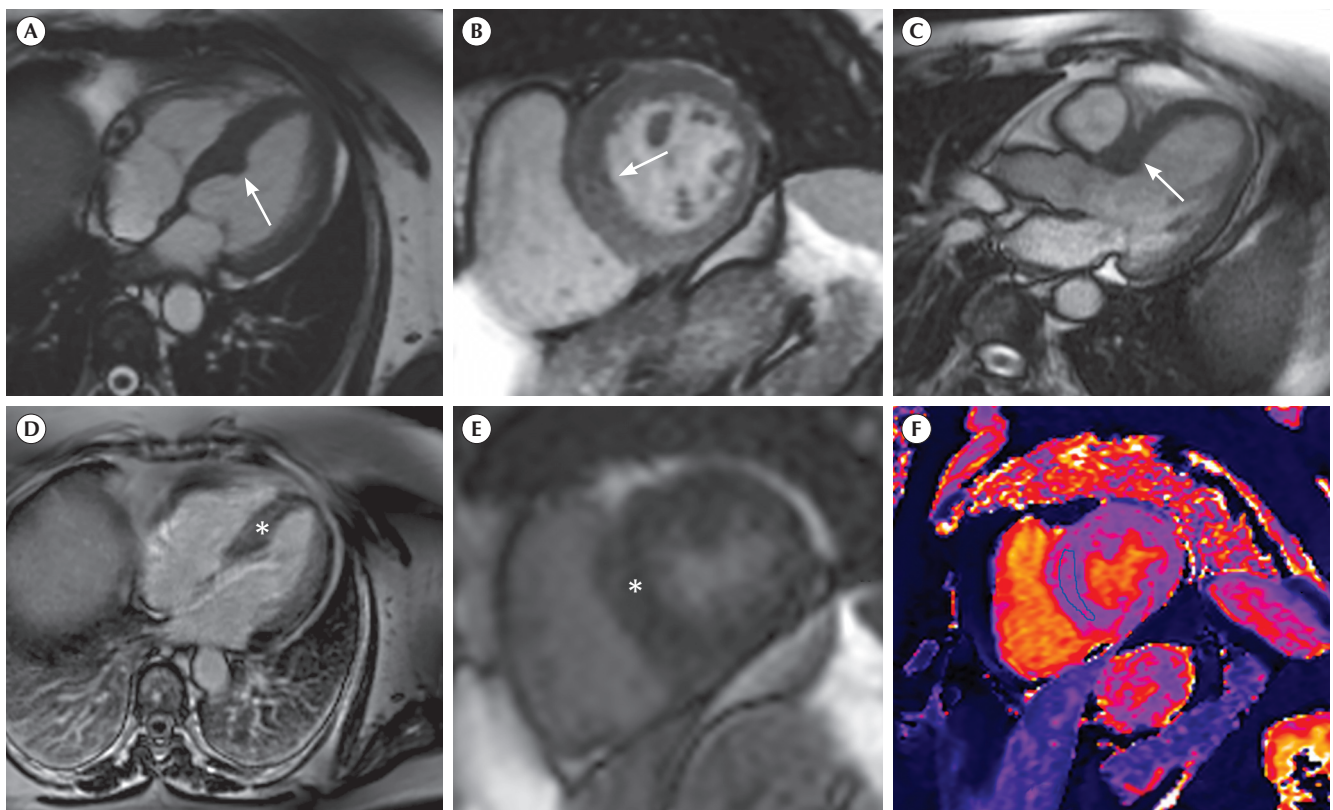


Figura 2 - Paziente ipertesa, con ipertrofia concentrica di spessore massimo al setto medio 13 mm (A-C, freccia - sequenze cine: A, piano 4 camere; B, piano asse corto medio-ventricolare; C, piano 3 camere), in questo caso con diffuso e tenue LGE intramiocardico, più evidente nel setto interventricolare (D ed E, asterisco - sequenze *inversion recovery*: D, piano 4 camere; E, piano asse corto medio-ventricolare), con valori di T1 *mapping* nativo nei limiti di norma (F, piano asse corto medio-ventricolare, area evidenziata in blu).



stadi più avanzati presentano ispessimento diffuso biventricolare e biatriale.

- L'amiloidosi cardiaca presenta tipicamente pseudoipertrofia concentrica simmetrica del ventricolo sinistro, ma sono state descritte anche forme asimmetriche, eccentriche od ostruttive di pseudoipertrofia del ventricolo sinistro. La TTR presenta più frequentemente ipertrofia asimmetrica del setto (settale basale [sigmoide] in 55 per cento dei casi, settale media [inversa] in 24 per cento), mentre AL presenta più frequentemente ipertrofia simmetrica (68 per cento). D'altra parte, fino a 3 per cento dei pazienti con TTR e 18 per cento dei pazienti con AL presentano normali spessori parietali.
- Volumi biventricolari, massa e funzione sistolica vengono valutati dal pacchetto di immagini cine-SSFP asse corto. La funzione sistolica è compromessa solo negli stadi più avanzati della malattia, mentre la disfunzione diastolica si sviluppa precocemente.
- La funzione atriale viene studiata in RMC tramite valutazione della variazione del volume dell'atrio sinistro nel tempo (frazione di svuotamento atriale). La disfunzione atriale si associa a flusso lento ("fumo") o trombi intrauricolari, anche nei pazienti in ritmo sinusale.

- Similmente all'ecocardiografia, la RMC può valutare lo *strain* miocardico dalle sequenze cine-SSFP, con un'analisi *feature tracking*. I pazienti con AC mostrano tipicamente riduzione dello *strain* longitudinale del ventricolo sinistro, con risparmio apicale, ma anche lo *strain* del ventricolo destro e biatriale possono essere ridotti.

Caratterizzazione tissutale

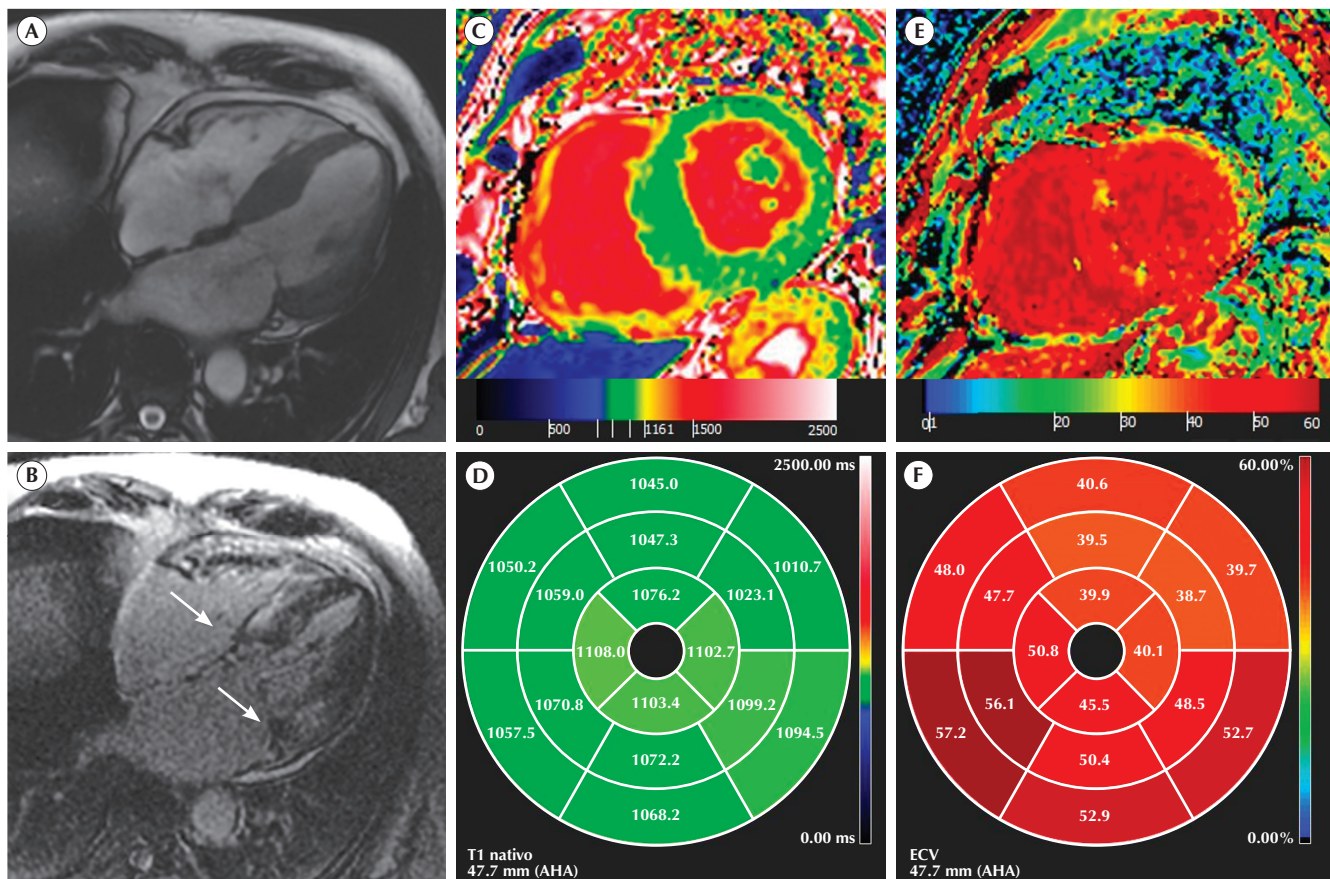
• T1 e T2 mapping

- T1 nativo (precontrasto) è aumentato sia in AL sia in TTR, con valori leggermente più elevati in AL rispetto a TTR. Nei pazienti con TTR i valori di T1 nativo si correlano con il punteggio Perugia alla scintigrafia ossea (figura 13).
- T2 mapping è più specifico per l'edema, risulta lievemente aumentato nei pazienti con AC, in particolare nei pazienti AL, ed è correlato alla prognosi.

• Late enhancement

- Le immagini tardive acquisite 10-15 min dopo somministrazione di gadolinio (LGE) rilevano qualsiasi aumento dello spazio interstiziale (fibrosi, amiloidosi ed edema extracellulare).
- Il pattern tipico di LGE in AC varia in base allo stadio

Figura 13 - Immagini cine-SSFP (A) e *late enhancement* (B) in 4 camere in un paziente con amiloidosi TTR, in cui si nota l'accumulo di amiloide nei segmenti basali (B, frecce). Mappa T1 nativo (C) e relativo *bull's eye* (D) mostrano valori sostanzialmente ai limiti superiori della norma. Mappa del volume extracellulare (E) e relativo *bull's eye* (F) mostrano significativo aumento dell'interstizio (ECV), soprattutto in setto interventricolare, parete inferiore e parete inferolaterale.



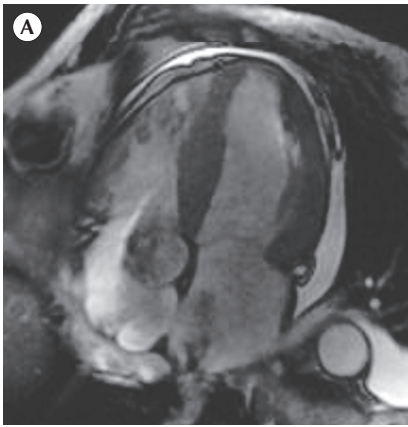


Figura 15 - Proiezioni cine-SSFP (A) e late enhancement (B) in 4 camere in un paziente con amiloidosi TTR. Nelle immagini cine-IR (denominate anche *look-locker* o TI scout) dopo somministrazione di mdc (C-E), l'annullamento miocardico (C, frecce) avviene prima del pool sanguigno (D, frecce), a causa di diffuso accumulo di gadolinio nel miocardio. Da notare che non ci sono aree miocardiche normali che si annullano dopo il pool sanguigno (E). TI = tempo d'inversione. (Riprodotta con autorizzazione di Elsevier da BARISON A, GUELI IA, PIZZINO F ET AL: *Cardiovascular magnetic resonance in the management of cardiac amyloidosis: current and future clinical applications*. *Heart Failure Clinics* 20: 295-305, 2024. doi: 10.1016/j.hfc.2024.03.002).

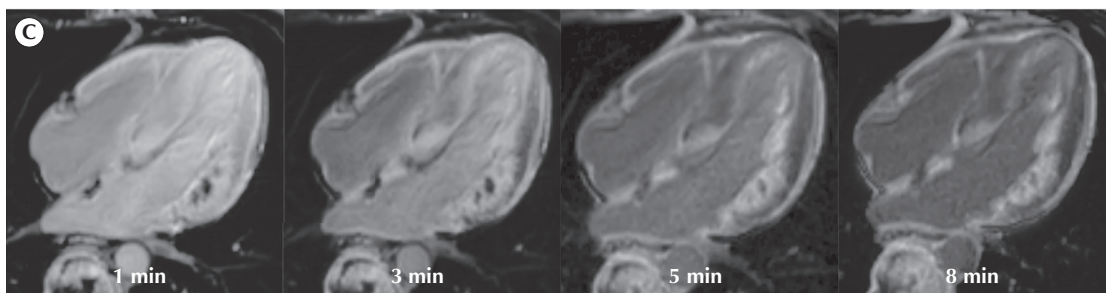
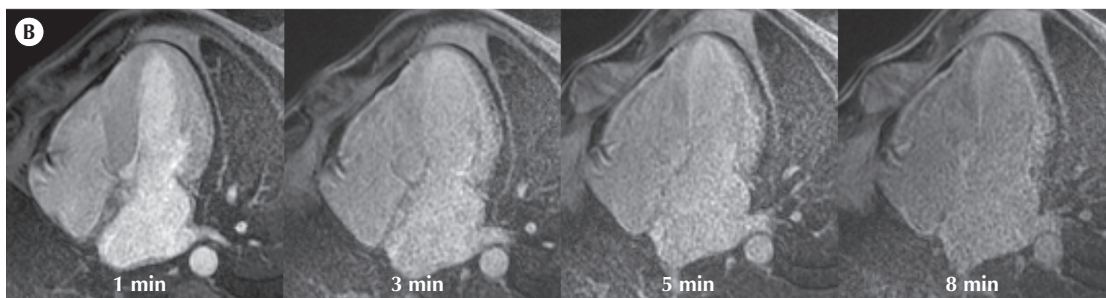
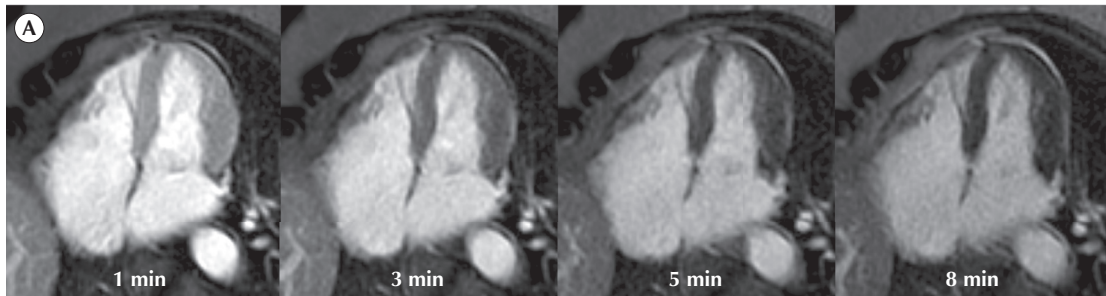
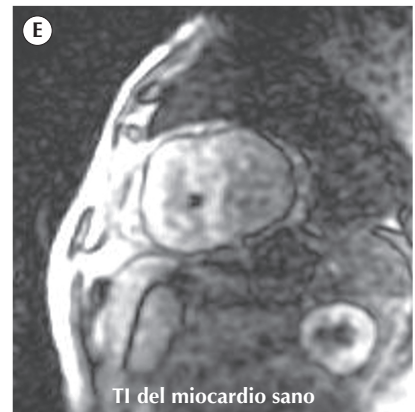
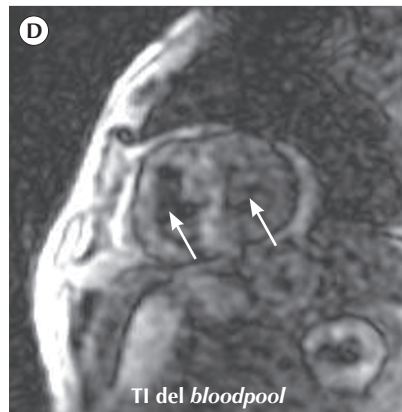
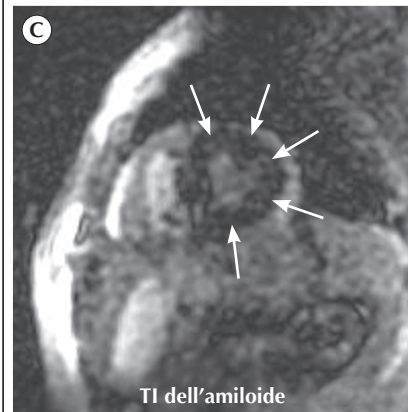


Figura 16 - Immagini di enhancement precoce dopo somministrazione di mdc in un controllo sano (A) e in 2 pazienti con amiloidosi cardiaca (B e C). Da notare il progressivo wash-out del gadolinio dal miocardio sano (A), fino ad annullarsi a 5-8 min dalla somministrazione del mdc, rispetto alla persistenza di enhancement nei segmenti di miocardio con amiloidosi (B e C). Da notare, inoltre, il calo di segnale delle cavità cardiache (*early bloodpool darkening*) nei pazienti con amiloidosi (B e C), che è un fenomeno di grado variabile a seconda dello stadio di malattia e correlabile a rapido wash-out del gadolinio dalla circolazione, per progressivo accumulo nei tessuti con amiloidosi, oltre a un possibile effetto diretto delle catene leggere circolanti nel ridurre il segnale.

	Petersen et al	Jacquier et al	Stacey et al	Captur et al
<i>modalità</i>	RMC	RMC	RMC	RMC
<i>popolazione</i>	NC (n = 7) controllo (n = 170)	NC (n = 16) controllo (n = 48)	NC (n = 122) no controllo	NC (n = 30) controllo (n = 105)
<i>fase cardiaca</i>	telediastole	telediastole	telesistole	telediastole
<i>cut-off</i>	NC/C > 2,3	massa trabecolare > 20%	NC/C > 2	fractal dimension > 1,3
<i>sensibilità e specificità</i>	SE 86% SP 99%	SE 93,7% SP 93,7%	non applicabile	SE 83-100% SP 86-100%

Figura 1 - Criteri diagnostici più utilizzati per la diagnosi fenotipica di LVNC. C = strato compatto del miocardio; NC = strato non compatto del miocardio. SE = sensibilità; SP = specificità.

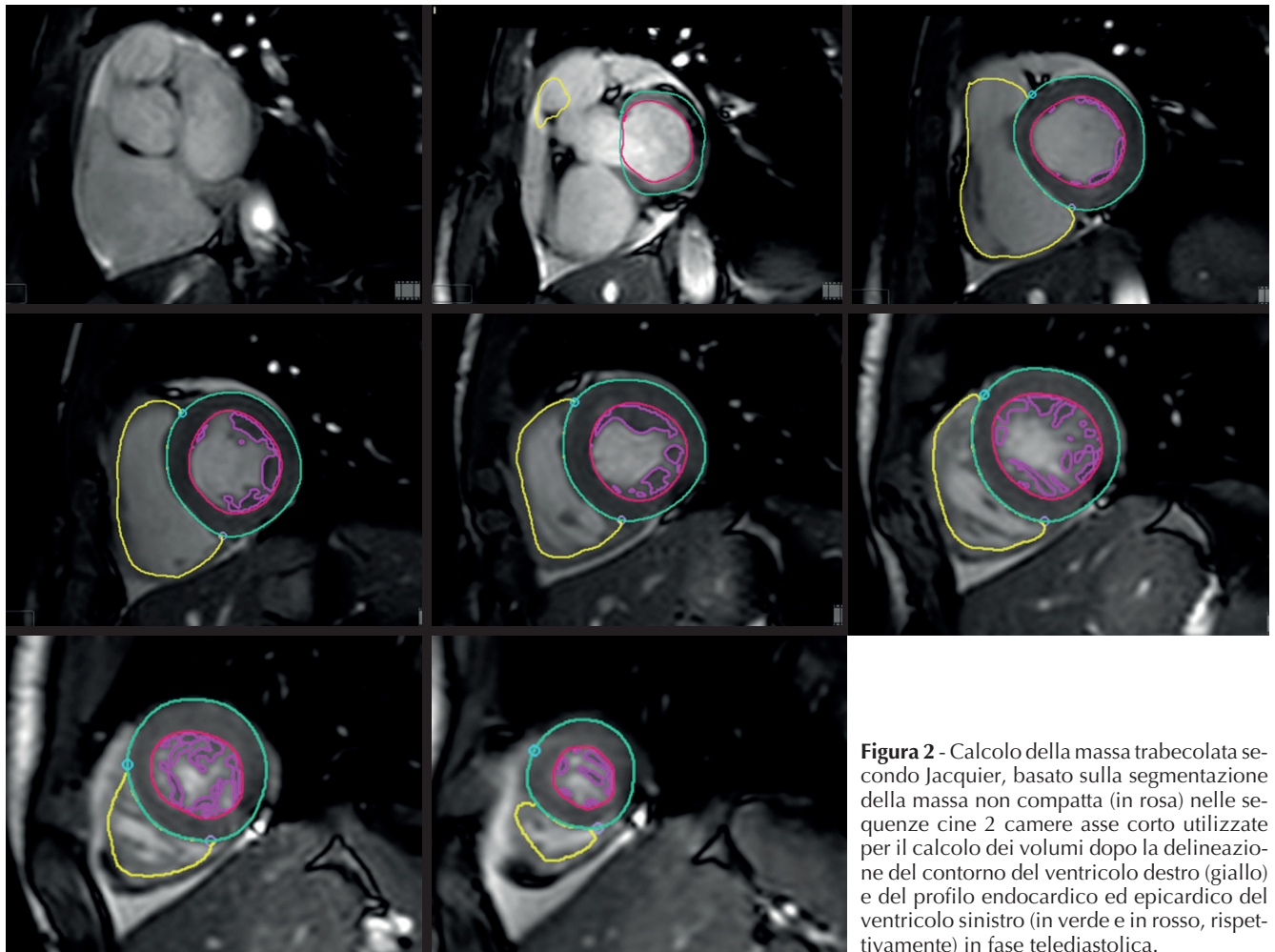


Figura 2 - Calcolo della massa trabecolata secondo Jacquier, basato sulla segmentazione della massa non compatta (in rosa) nelle sequenze cine 2 camere asse corto utilizzate per il calcolo dei volumi dopo la delimitazione del contorno del ventricolo destro (giallo) e del profilo endocardico ed epicardico del ventricolo sinistro (in verde e in rosso, rispettivamente) in fase telediastolica.

- *Criteri di Petersen*: $NC/C > 2,3$ in telediastole, vista 4 camere.
- *Criteri di Jacquier*: massa trabecolare > 20 per cento della massa ventricolare totale.
- *Criteri di Grothoff*: massa trabecolare > 15 g/m² o > 25 per cento dello spessore ventricolare (tali criteri non vengono rappresentati in figura, in quanto la metodologia di misurazione è analoga a quella per il calcolo dei criteri di

- Jacquier, ma con l'uso di valori di riferimento differenti).
- *Criteri di Stacey*: $NC/C > 2$, misurato in telesistole.
- *Criteri di Captur*: *fractal dimension* > 1,3 del ventricolo sinistro in diastole.

Altri criteri invece sono focalizzati sul concetto di massa trabecolare: per Jacquier (figura 2), per esempio, la diagnosi

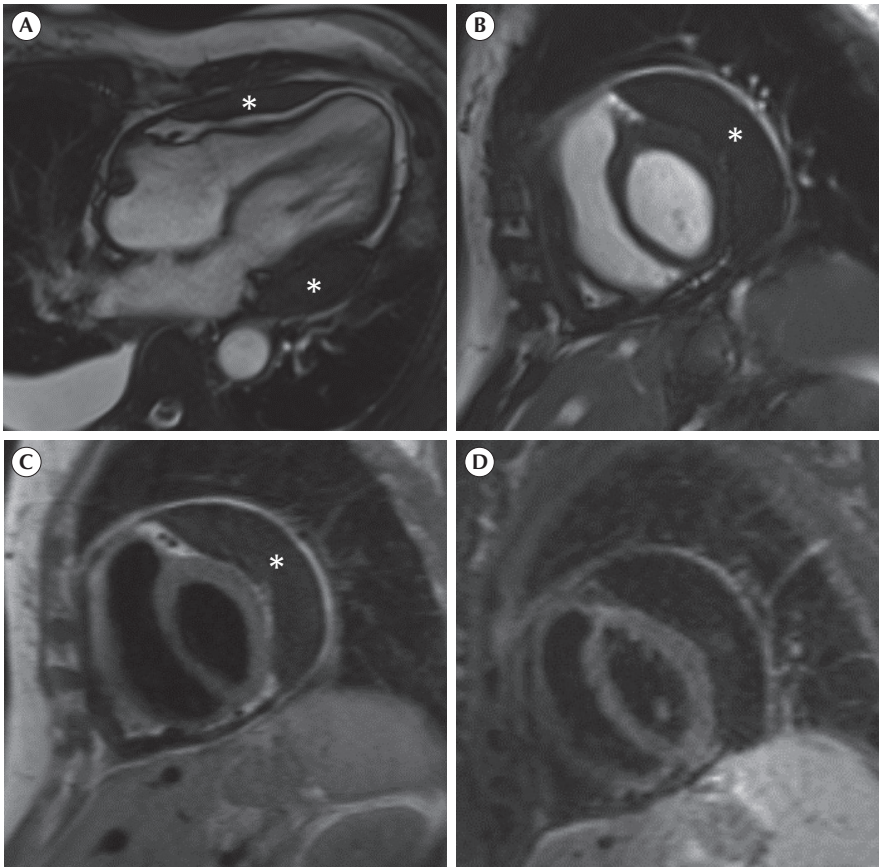


Figura 12 - Pericardite costrittiva di eziologia tubercolare, caratterizzata da marcato ispessimento del pericardio alle sequenze cine (**A** e **B**, asterischi), in particolare in adiacenza al ventricolo sinistro, con segnale ipointenso in T1 (**C**, asterisco), senza significativo edema alle sequenze T2 pesate (**D**).

Figura 13 - Paziente con angiosarcoma cardiaco in adiacenza all'atrio destro, ipointenso alle sequenze cine (**A** e **B**, asterisco), caratterizzato da modico edema (**C** e **D**, asterisco), scarsa perfusione precoce (**E**, asterisco) e disomogeneo LGE con aree necrotiche nel contesto (**F**); LGE del pericardio (**F**, punte di freccia).

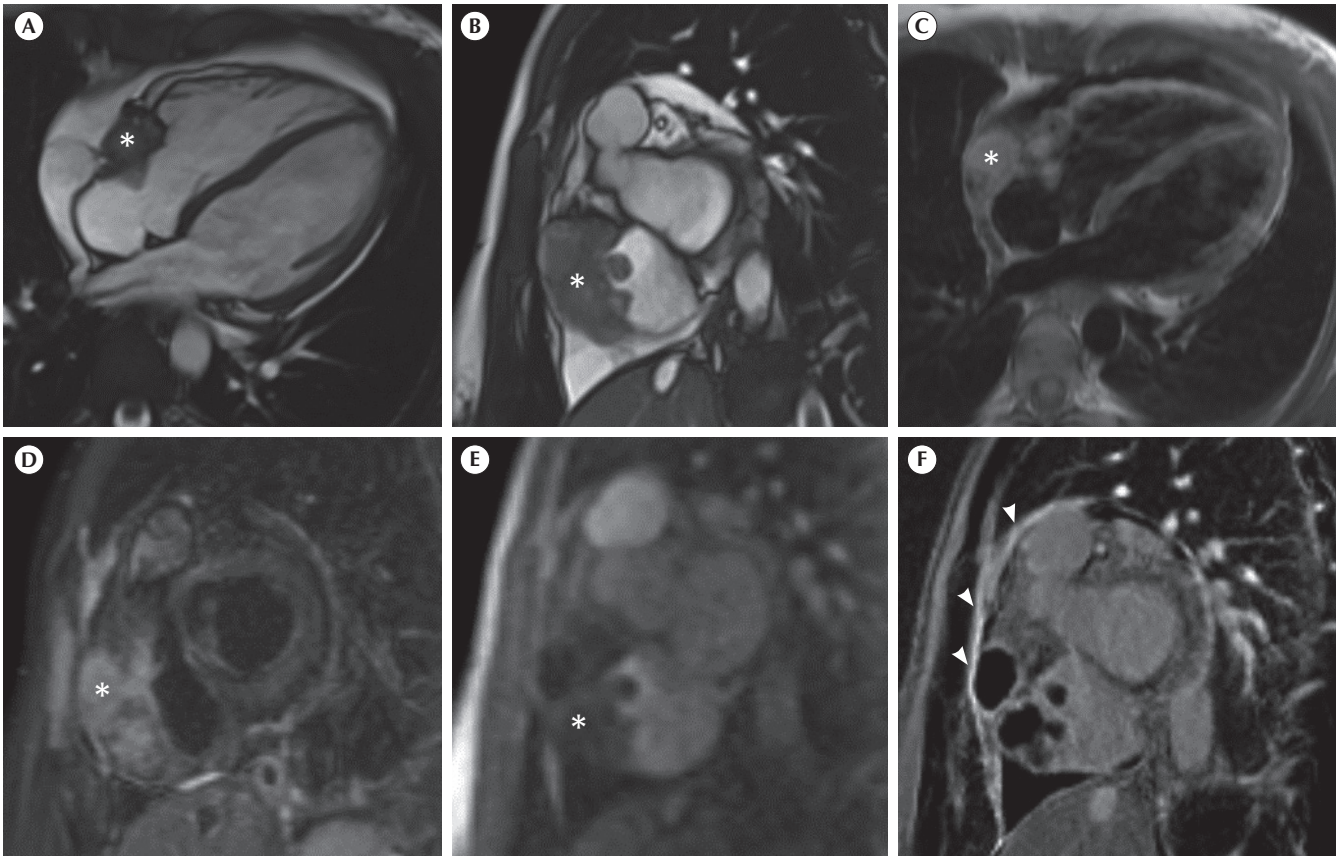


Figura 10 - Dissezione aortica tipo B con differente *timing* di potenziamento di segnale dopo somministrazione di mdc nelle sequenze 3D TR-MRA. **A)** Potenziamento di segnale precoce nel vero lume. **B)** Iniziale potenziamento di segnale anche del falso lume. **C)** Incremento del potenziamento di segnale del falso lume.

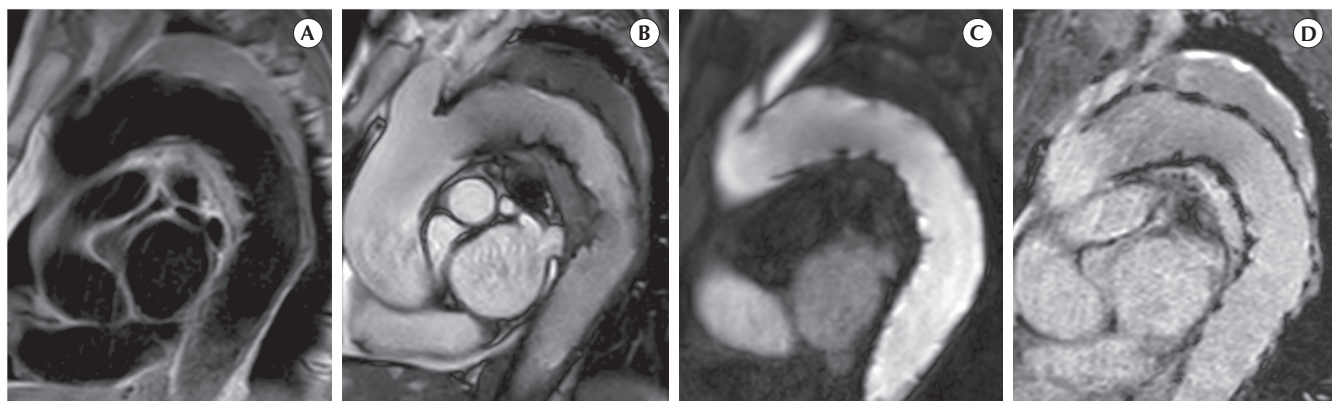
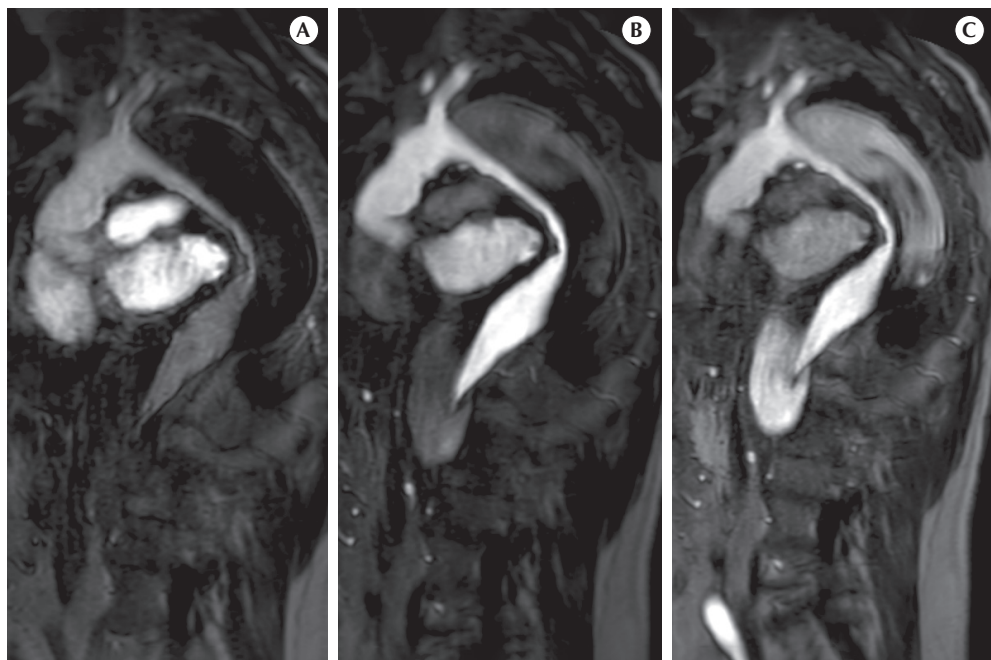


Figura 11 - Dissezione aortica tipo B sottoposta a TEVAR con copertura endoprotesica dell'aorta toracica discendente e trombosi completa del falso lume lungo lo *stent-graft*. **A)** Sequenza T1 BB; **B)** sequenza bSSFP; **C)** sequenza 3D CE-MRA; **D)** sequenza 3D *whole-heart*.

Figura 12 - Analisi mediante sequenza 4D *flow* dei flussi nel vero lume (**A**) e nel falso lume (**B**) in una dissezione aortica tipo B. Nel vero lume (rosso) il flusso è anterogrado, mentre nel falso lume (verde) è presente una componente anterograda sistolica, seguita da una componente retrograda diastolica (**C**); il rapporto tra flusso retrogrado e flusso anterogrado nel falso lume rappresenta un potenziale fattore di rischio per evoluzione complicata della dissezione.

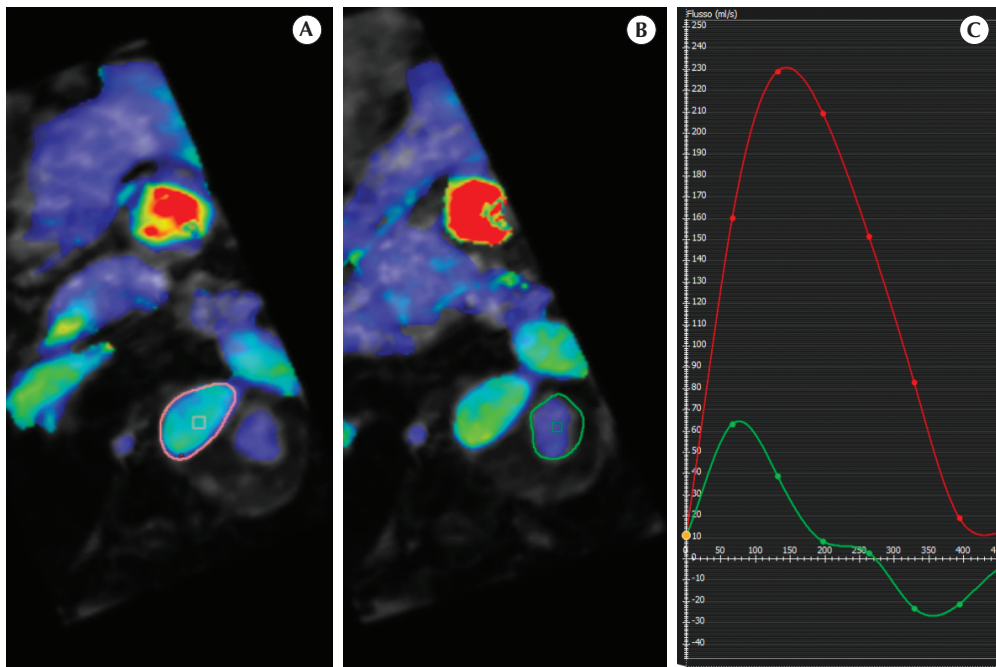
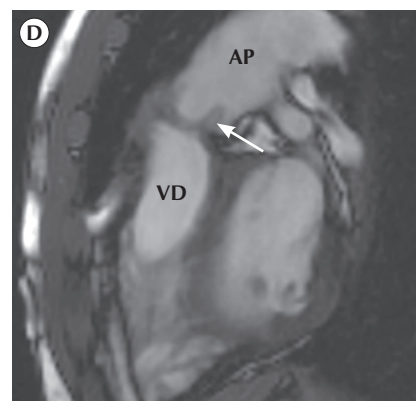
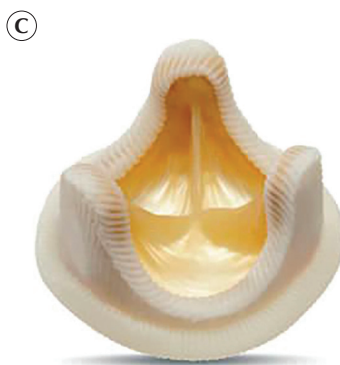
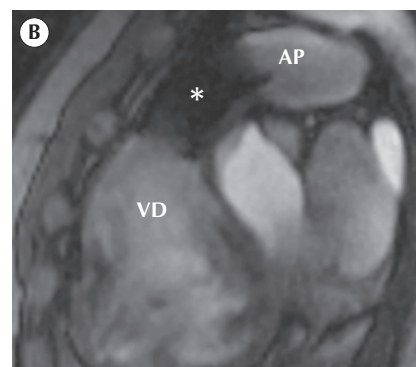
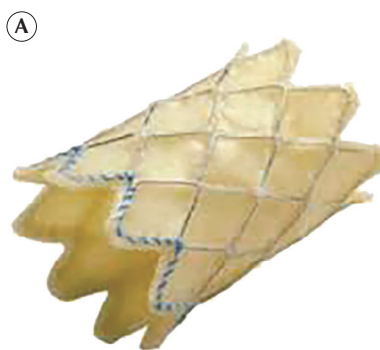


Figura 3 - A) Trattamento percutaneo d'insufficienza valvolare polmonare con stent valvolato. **B)** Immagine del tratto di efflusso destro (VD, ventricolo destro; AP, arteria polmonare) dopo trattamento con contenuto artefatto da stent valvolato (asterisco). **C)** Trattamento chirurgico d'insufficienza valvolare polmonare con protesi valvolare. **D)** Immagine del tratto di efflusso destro dopo trattamento con minimo artefatto da protesi valvolare (freccia).



Protocollo RMC (tetralogia di Fallot)

sequenze	elementi chiave da valutare e riportare
<i>localizers</i>	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione morfologica, del <i>situs</i> e delle anomalie associate
cine-SSFP 2 camere, 3 camere del ventricolo sinistro, 4 camere	<ul style="list-style-type: none"> • morfologia ventricolare • alterazioni della cinetica segmentaria e regionale • possibile presenza di difetto del setto interventricolare residuo
cine-SSFP asse corto ventricolare	<ul style="list-style-type: none"> • quantificazione dei volumi ventricolari e della frazione di eiezione • alterazioni della cinetica segmentaria e regionale
cine-SSFP asse lungo 3 camere del ventricolo destro, efflusso ventricolare in parasagittale, paracoronale	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione qualitativa di stenosi residua all'efflusso e stenoinufficienza della valvola o protesi polmonare
cine-SSFP assiale e parasagittale dei rami polmonari	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione qualitativa delle arterie polmonari (dilatazione, stenosi, stent)
<i>phase contrast 2D through-plane</i> (valvola polmonare, rami polmonari, aorta)	<ul style="list-style-type: none"> • quantificazione di: <ul style="list-style-type: none"> – insufficienza polmonare – insufficienza della valvola tricuspide* – insufficienza aortica – flusso polmonare differenziale – Q_p/Q_s^{**} • stima di eventuali stenosi • presenza di flusso diastolico anterogrado in arteria polmonare***
angiografia con contrasto (<i>time-resolved</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • anomalie associate • diametri delle strutture vascolari • simmetria della vascolarizzazione polmonare
angiografia senza contrasto (3D)	<ul style="list-style-type: none"> • arterie coronarie (origine, decorso prossimale) • anomalie associate • diametri delle strutture vascolari
<i>late gadolinium enhancement</i>	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione della fibrosi miocardica • valutazione qualitativa e quantitativa delle aree d'iperintensità del segnale

È previsto l'adattamento o l'aggiunta di altre sequenze sulla base dei rilevamenti in corso dell'indagine e dei quesiti clinici; l'uso del mezzo di contrasto dev'essere valutato in base al quesito clinico e ai precedenti esami RMC del paziente;

*dalla differenza tra *stroke volume* ventricolare destro e flusso anterogrado in arteria polmonare;

** dalla differenza tra flusso in arteria polmonare e in aorta ascendente (in assenza di shunt extracardiaci) o dalla differenza tra flusso nelle vene polmonari e nelle vene sistemiche;

*** indice di fisiologia restrittiva del ventricolo destro;

cine-SSFP = cine-*Steady-State Free Precession*.

Protocollo RMC (cuore univentricolare e circolazione di Fontan)

sequenze	elementi chiave da valutare e riportare
<i>localizers</i>	<ul style="list-style-type: none"> • valutazione morfologica, del <i>situs</i> e delle anomalie associate
cine-SSFP <i>stack</i> assiale e coronale del torace	<ul style="list-style-type: none"> • <i>situs</i> viscerale e atriale, analisi segmentale • circuito di Fontan (presenza di fenestrazione con la circolazione sistemica o <i>leaks</i>, trombi, stenosi o altre complicanze strutturali) • ostruzione del ritorno venoso polmonare • ostruzione all'efflusso sistemico • presenza di versamento pleurico, pericardico e ascitico
cine-SSFP asse corto ventricolare	<ul style="list-style-type: none"> • quantificazione dei volumi e frazione di eiezione del ventricolo unico
turbo spin echo 3D con navigazione respiratoria e sincronizzazione cardiaca (torace e addome)	<ul style="list-style-type: none"> • sistema linfatico e stima della severità degli eventuali segni di congestione linfatica
<i>phase contrast</i> 2D <i>through-plane</i> (aorta, rami polmonari*, vena cava superiore, vena cava inferiore, condotto/tunnel di Fontan**, vene polmonari)	<ul style="list-style-type: none"> • quantificazione di: <ul style="list-style-type: none"> – portata sistemica e polmonare – circolo collaterale*** – flusso polmonare differenziale – insufficienza della/e valvola/e atrioventricolare/i • stima di eventuali stenosi
angiografia con contrasto (<i>time-resolved</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • pervietà del circuito di Fontan • presenza di vasi collaterali • diametri delle strutture vascolari • simmetria della vascolarizzazione polmonare
<i>late gadolinium enhancement</i>	<ul style="list-style-type: none"> • fibrosi miocardica, fibroelastosi endomiocardica, trombosi

è previsto adattamento o aggiunta di altre sequenze sulla base dei rilevamenti in corso dell'indagine e dei quesiti clinici;

*VENC (*Velocity-ENCoded value*) iniziale ≤ 100 cm/s;

** in presenza o sospetto di fenestrazione o *leak*, il flusso viene campionato a monte e a valle;

*** dalla differenza tra flusso in aorta ascendente e nei ritorni venosi sistemici o tra flusso nelle vene polmonari e nelle arterie polmonari;

cine-SSFP = cine-*Steady-State Free Precession*.

● ANOMALIA DI EBSTEIN

- L'anomalia di Ebstein (AE) è una displasia della valvola tricuspide e del ventricolo destro, dovuta a mancata separazione dei precursori del tessuto valvolare dall'endocardio. Questa anomalia causa adesione parziale o totale del lembo settale tricuspide alla parete ventricolare destra con apicalizzazione della sua inserzione

(diagnostico è un *displacement* apicale ≥ 8 mm/m² dal lembo anteriore della valvola mitrale misurato in asse lungo orizzontale 4 camere).

- Il lembo risulta funzionalmente assente o con vario grado di restrizione del movimento, causando tipicamente insufficienza tricuspide. Possono essere coinvolti anche lembo inferiore (o posteriore) e, con minore frequenza, lembo anteriore, che è spes-

154

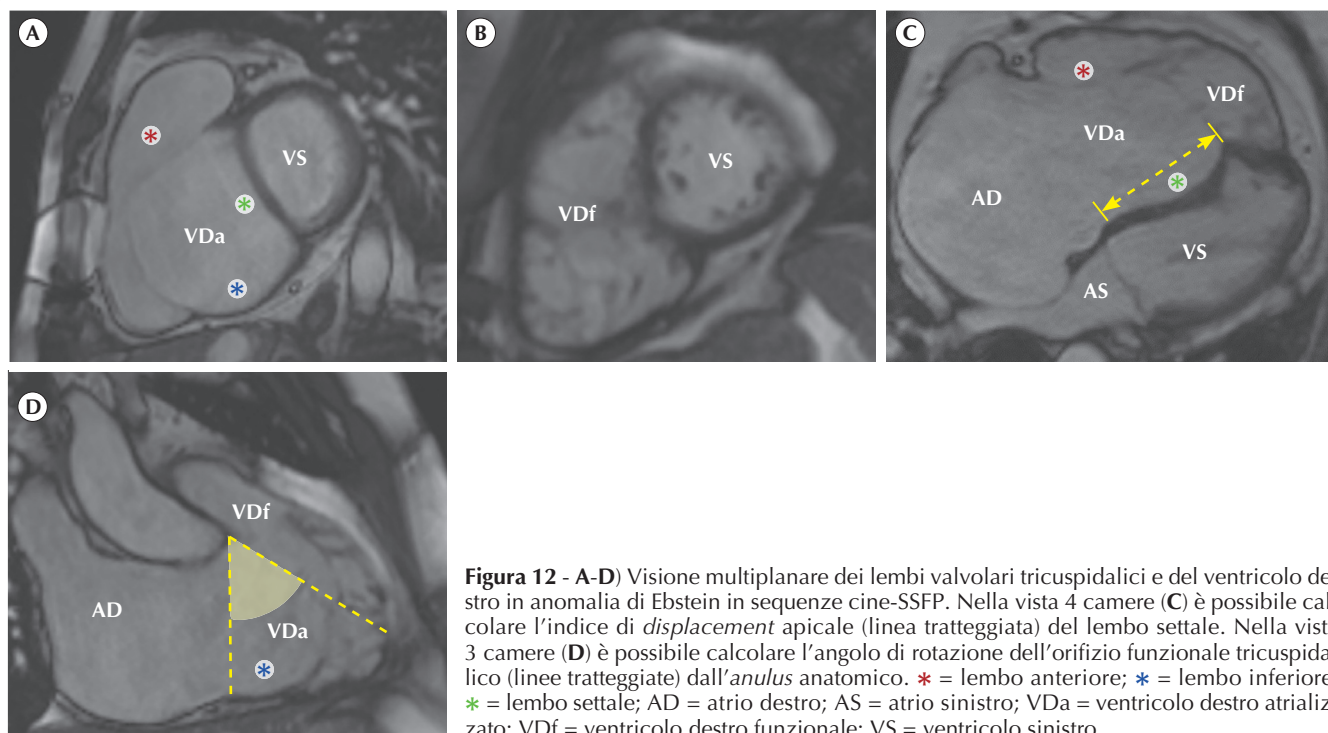


Figura 12 - A-D) Visione multiplanare dei lembi valvolari tricuspideali e del ventricolo destro in anomalia di Ebstein in sequenze cine-SSFP. Nella vista 4 camere (C) è possibile calcolare l'indice di *displacement* apicale (linea tratteggiata) del lembo settale. Nella vista 3 camere (D) è possibile calcolare l'angolo di rotazione dell'orifizio funzionale tricuspideale (linee tratteggiate) dall'*annulus* anatomico. * = lembo anteriore; * = lembo inferiore; * = lembo settale; AD = atrio destro; AS = atrio sinistro; VDa = ventricolo destro atrializzato; Vdf = ventricolo destro funzionale; VS = ventricolo sinistro.

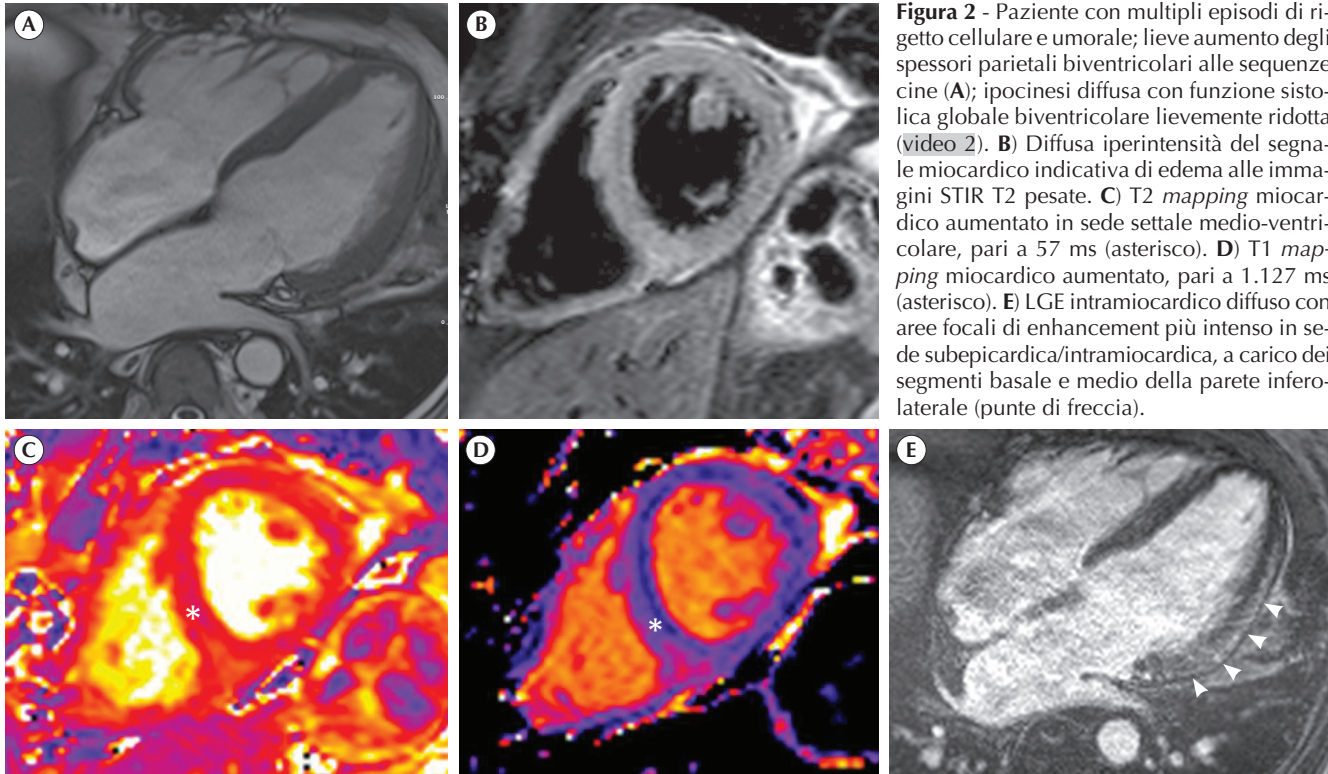


Figura 2 - Paziente con multipli episodi di rigetto cellulare e umorale; lieve aumento degli spessori parietali biventricolari alle sequenze cine (A); ipocinesi diffusa con funzione sistolica globale biventricolare lievemente ridotta (video 2). B) Diffusa iperintensità del segnale miocardico indicativa di edema alle immagini STIR T2 pesate. C) T2 *mapping* miocardico aumentato in sede settale medio-ventricolare, pari a 57 ms (asterisco). D) T1 *mapping* miocardico aumentato, pari a 1.127 ms (asterisco). E) LGE intramiocardico diffuso con aree focali di enhancement più intenso in sede subepicardica/intramurale, a carico dei segmenti basale e medio della parete inferolaterale (punte di freccia).

- La valutazione funzionale del *graft* con immagine cine fornisce indicazioni molto rilevanti su volumetria e funzione cardiaca, nonché su spessori parietali e massa miocardica, il cui aumento può indicare indirettamente la presenza di edema miocardico.
- L'**imaging T2** convenzionale (immagini STIR T2 pesate) o il T2 *mapping* è particolarmente indicato per la ricerca di edema miocardico che si associa al rigetto.
- I valori di T2 *mapping* elevato si correlano con la presenza di *edema* nel rigetto acuto. Alcuni studi hanno eviden-

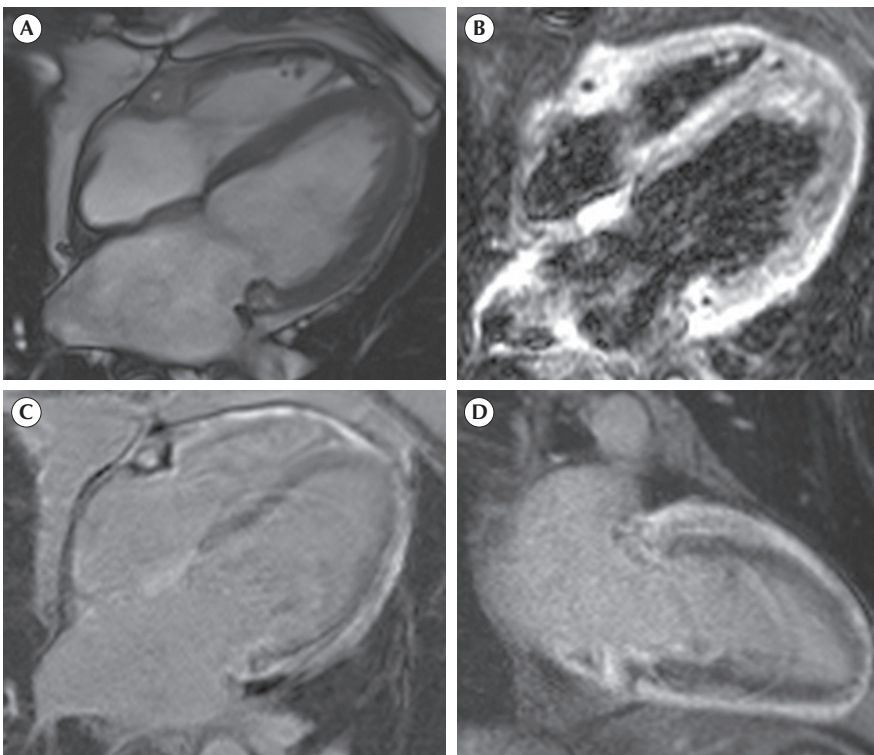


Figura 3 - Esiti di trapianto cardiaco in cardiopatia esotossica da antracicline, due rigetti cellulari trattati nel primo anno. Ventricoli di dimensioni cavarie ridotte con lieve riduzione della funzione sistolica globale alle immagini cine (A, video 3). B) Diffuso edema miocardico alle immagini STIR T2 pesate, prevalente in sede subepicardica a carico di entrambi i ventricoli, con marcato edema del pericardio e del tessuto adiposo epicardico e pericoronarico. C, D) Alle immagini tardive post-contrasto si riscontra enhancement miocardico in sede subepicardica, con variabile estensione intramiocardica, a carico di entrambi i ventricoli, più evidente in sede medio-basale (pattern non ischemico); marcato enhancement del pericardio e del tessuto adiposo epicardico e pericoronarico. Reperti compatibili con quadro infiammatorio diffuso.