


Protocolli standardizzati di risonanza magnetica cardiaca (RMC): aggiornamenti 2020



Christopher M. Kramer^{1*} , Jörg Barkhausen², Chiara Bucciarelli-Ducci³, Scott D. Flamm⁴, Raymond J. Kim⁵ and Eike Nagel⁶

AVVISO IMPORTANTE: [se desiderate citare questo articolo, utilizzate la pubblicazione originale per rispettare i diritti degli autori e l'impact factor della rivista](#)

Abstract

Questo documento rappresenta un aggiornamento dei Protocolli Standardizzati pubblicati nel 2013 dal Gruppo di Lavoro della Società di Risonanza Magnetica Cardiaca (SCMR). Simultaneamente a questa pubblicazione, 3 ulteriori gruppi di lavoro pubblicheranno dei documenti cui si dovrebbe fare riferimento unitamente al presente. Il primo è un documento sulle Indicazioni Cliniche alla RMC, un aggiornamento del precedente documento del 2004. Il secondo gruppo di lavoro aggiornerà il documento riguardante la Refertazione, pubblicato dal Gruppo di Lavoro di SCMR nel 2010. Il terzo Gruppo di Lavoro aggiornerà il documento del 2013 inerente l'Elaborazione dei dati. Tutti i protocolli inerenti alle cardiopatie congenite saranno affrontati in un documento dedicato.

Il paragrafo sui principi generali e sulle tecniche è stato ampliato poiché un maggior numero di tecniche comuni alla RMC è stato standardizzato. È stato inoltre aggiunto un paragrafo sull'acquisizione di immagini nei pazienti portatori di dispositivi, una circostanza sempre più frequente nella pratica clinica. Gli autori si augurano che questo documento continui a standardizzare e semplificare l'approccio centrato sul paziente della RMC applicata alla clinica. Verrà regolarmente aggiornato secondo gli avanzamenti della tecnica di RMC.

Introduzione

Questo documento è un aggiornamento dei Protocolli Standardizzati pubblicati dal Gruppo di Lavoro (GdL) della Società di Risonanza Magnetica Cardiaca (SCMR) nel 2013 [1]. Simultaneamente a questa pubblicazione, 3 ulteriori gruppi di lavoro pubblicheranno dei documenti cui si dovrebbe fare riferimento unitamente al presente documento. Il primo è un documento sulle Indicazioni Cliniche alla risonanza magnetica cardiaca (RMC) [2], un aggiornamento del documento del 2004. Il secondo GdL aggiornerà il documento inerente alla Refertazione, pubblicato dal GdL di SCMR nel 2010 [3]. Il terzo GdL aggiornerà il documento del 2013 sulla Elaborazione dei dati [4]. Tutti i protocolli inerenti alle cardiopatie congenite saranno trattati in un documento dedicato [5]. Il paragrafo sui principi generali e sulle tecniche è stato ampliato, dal momento che un maggior numero di tecniche comuni alla RMC è stato standardizzato. È stato inoltre aggiunto un paragrafo sull'acquisizione delle immagini nei pazienti portatori di dispositivi, dal momento

che si tratta di una circostanza sempre più frequente nella pratica clinica. Gli autori si augurano che questo documento continui a standardizzare e semplificare l'approccio basato sul paziente della RMC applicata alla pratica clinica. Verrà regolarmente aggiornato secondo gli avanzamenti delle tecniche di RMC.

Principi generali

Considerazioni sull'intensità del campo magnetico

La RMC clinica può essere eseguita con campi magnetici di diversa intensità. I sistemi a 1.5 T sono attualmente utilizzati per la maggior parte degli esami. Tuttavia, un numero crescente di esami viene svolto a 3T, con i vantaggi e gli accorgimenti sotto riportati.

1. La sincronizzazione elettrocardiografica (ECG) potrebbe essere più problematica a 3 T rispetto a 1.5 T. Nei casi in cui il segnale ECG sia inaffidabile, la sincronizzazione con strumento ottico periferico potrebbe essere efficace nelle acquisizioni sensibili alla sincronizzazione retrospettiva, come le sequenze

* Corrispondenza a ckramer@virginia.edu

¹Cardiovascular Medicine, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800158, Charlottesville, VA 22908, USA

La lista completa delle informazioni sugli autori è disponibile alla fine dell'articolo.



cine.

2. Come conseguenza di un miglior rapporto segnale-rumore (SNR), il campo 3T può essere vantaggioso per le sequenze **first pass contrast-enhanced perfusion** e **late gadolinium enhancement**. Inoltre, le sequenze **tagging** e le tecniche **4D flow** potrebbero beneficiare dell'acquisizione a 3 T.
3. **Balanced steady-state free precession (bSSFP)** si è affermato come il metodo di preferenza per le sequenze **cine** a 1.5 T. Tuttavia, a 3 T, l'aumento della sensibilità delle sequenze **bSSFP** agli effetti **off-resonance** tende a peggiorare gli artefatti da banda scura e da flusso. Per minimizzare questi artefatti potrebbe essere necessario eseguire uno **shimming** scrupoloso. In rare circostanze potrebbero essere richiesti degli aggiustamenti della frequenza adattati al paziente.
4. I dispositivi che sono stati testati e ritenuti sicuri a 1.5 T potrebbero non esserlo a 3 T. Si prega di controllare le informazioni specifiche riguardanti la sicurezza dei dispositivi a campi magnetici di forza superiore. (Si prega di vedere il sottostante paragrafo 1.6.)

Considerazioni sulle attrezzature

Scanner di RMC

1. Gli scanner di risonanza magnetica per eseguire RMC a scopo clinico dovrebbero avere campi magnetici con forza ≥ 1.0 T; tuttavia, il campo magnetico tipicamente usato è 1.5 T, sebbene alcuni centri utilizzino scanner a 3 T.
2. È fortemente suggerito l'utilizzo di bobine di superficie multicanale (tipicamente ≥ 8 elementi) dedicate alle acquisizioni cardiache ed è richiesto utilizzare sequenze di **parallel imaging** che riducono i tempi di acquisizione e di apnea.
3. Sono necessari hardware e software di sincronizzazione ECG, ed è preferibile integrare la sincronizzazione vector-cardiografica. Le possibilità di sincronizzazione ECG dovrebbero includere l'abilità di eseguire sincronizzazione prospettica, retrospettica e le tecniche di **triggered gating**.

Software/sequenze di impulsi

1. Le sequenze di impulsi richieste per esami di RMC sono: sequenze **cine bSSFP**, sequenze rapide **multi-slice myocardial perfusion**, sequenze di **late-gadolinium enhancement (LGE)**, sequenze **phase-contrast** per la quantificazione di flusso e sequenze angiografiche **3D contrast-enhanced**.
2. È fortemente raccomandato avere la possibilità di **parallel imaging** (e.g., **Sensitivity encoding (SENSE)**, **simultaneous acquisition of spatial harmonics (SMASH)**, **generalized autocalibrating partially parallel acquisition (GRAPPA)**) per ridurre i tempi di acquisizione e di apnea.

Hardware accessori

1. È richiesto un iniettore RM compatibile per eseguire sequenze rapide di perfusione miocardica o per eseguire tecniche RM angiografiche **contrast-enhanced (MRA)**.

Agenti stressori

Il test con utilizzo di agenti stressori vasodilatatori è più comunemente utilizzato rispetto all'utilizzo di agenti inotropi.

Agenti Stressori Vasodilatatori:

1. Adenosina: 140 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ per 2-4 minuti (considerare un incremento fino a 210 $\mu\text{g}/\text{per}$ ogni Kg di peso corporeo/min, in base alle norme istituzionali e locali, se dopo 2-3 minuti la frequenza cardiaca non aumenta di 10 bpm, oppure se la pressione arteriosa non diminuisce di > 10 mmHg)
2. Dipiridamolo: 0.142 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ per 4 minuti
3. Regadenoson: 0.4 mg in una singola somministrazione endovenosa
4. Adenosina trifosfato (ATP): 140 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ per 3-5 minuti (considerare un incremento fino a 210 $\mu\text{g}/\text{per}$ ogni Kg di peso corporeo/min, in base alle norme istituzionali e locali, se dopo 2-3 minuti la frequenza cardiaca non aumenta di 10 bpm, oppure se la pressione arteriosa non diminuisce di > 10 mmHg)

Agenti Stressori Inotropi:

1. Dobutamina: dose massima tipica 40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ \pm atropina: frazioni tipiche di 0.25 mg (dose massima 2 mg) (ischemia) oppure dobutamina 2.5–10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ (vitalità)

Controindicazioni

Adenosina, dipiridamolo, ATP o ragadenoson

- Blocco atrioventricolare (AV) di II grado (tipo 2) o blocco AV completo (III grado)
- Pressione arteriosa sistolica < 90 mmHg
- Ipertensione arteriosa sistemica severa ($> 220/120$ mmHg)
- Bradicardia sinusale (frequenza cardiaca < 40 bpm)
- Broncopneumopatia attiva o broncospastica con regolare uso di inalatori
- Ipersensibilità nota all'adenosina, dipiridamolo o al ragadenoson

Dobutamina

- Ipertensione sistemica severa ($\geq 220/120$ mmHg)
- Angina pectoris instabile
- Stenosi valvolare aortica severa (gradiente valvolare aortico di picco > 60 mmHg or area valvolare aortica < 1 cm²)
- Aritmie cardiache complesse, inclusa la fibrillazione

atriale non controllata

- Cardiomiopatia ipertrofica ostruttiva
- Miocardite, endocardite, pericardite
- Scompenso cardiaco congestizio

Atropina

- Glaucoma ad angolo chiuso
- Miastenia gravis
- Patologie ostruttive delle vie urinarie
- Occlusione gastrointestinale

Preparazione del paziente

1. Se previsto in base alle norme del centro, ottenere il consenso informato all'esecuzione dello stress test.
2. Al fine di ottenere un test massimale il paziente dovrebbe astenersi dall'assumere i seguenti farmaci per le 12-24 ore precedenti all'esame a causa della potenziale interazione con l'agente stressante.
 - Per tutti gli agenti stressori vasodilatanti: la caffeina (caffè, tè, bevande o farmaci contenenti caffeina), la teofillina e il dipiridamolo.
 - Dobutamina: β -bloccanti e nitrati.Note: Vi è una crescente mole di dati sulla possibilità di superare l'azione antagonizzante della caffeina e della nicotina, aumentando le dosi dell'adenosina e del regadenoson.
3. Il digiuno non è obbligatorio, ma è consigliato, per prevenire gli effetti avversi degli agenti stressori, includendo tra questi la nausea ed il vomito, che possono essere estremamente fastidiosi quando un paziente giace supino all'interno di uno spazio ristretto come quello del magnete.
4. Per la somministrazione di adenosina dovrebbero essere a disposizione due accessi venosi, uno per il contrasto a base di gadolinio (**GBCA**) e il secondo nel braccio controlaterale per l'adenosina. Il sito preferenziale per l'infusione del mezzo di contrasto è la vena antecubitale, anche se altre vene possono essere utilizzate. Per l'infusione del mezzo di contrasto è preferibile utilizzare un diametro dell'ago cannula maggiore. La velocità di infusione deve essere aggiustata in base alle dimensioni dell'ago cannula.
5. Il manicotto della pressione arteriosa dovrebbe essere utilizzato attentamente, in modo da non ostacolare l'infusione di gadolinio o adenosina.
6. L'infusione del regadenoson richiede l'utilizzo di un solo accesso venoso. Molti centri antagonizzano il regadenoson con aminofillina 100 mg IV dopo aver acquisito le immagini al picco dello stress. Benché questo approccio possa ridurre gli effetti avversi e faccia ritornare immediatamente la frequenza cardiaca al valore basale, l'aminofillina ha anche effetti pro-aritmici e dovrebbe essere usata con cautela. Gli effetti avversi solitamente si risolvono in 2-3 minuti.
7. Gli effetti avversi sono descritti come meno severi con regadenoson rispetto agli altri agenti vasodilatatori; tuttavia l'emivita del regadenoson è più lunga se non antagonizzata.

Potenziali effetti collaterali

L'adenosina, l'ATP, e il regadenoson possono causare vampata di calore, dolore toracico, cardiopalmo e dispnea. Effetti collaterali più severi includono blocco AV transitorio, ipotensione transitoria o broncospasmo.

Il dipiridamolo può causare dolore toracico, cefalea e vertigini. Effetti collaterali più severi sono rari e includono infarto miocardico, tachicardia ventricolare e attacco ischemico transitorio.

La dobutamina ad alte dosi può causare dolore toracico e cardiopalmo. Complicanze più severe sono rare ed includono l'infarto miocardico, la fibrillazione ventricolare e la tachicardia ventricolare sostenuta.

Requisiti e norme di sicurezza per lo stress imaging

1. Attrezzature per il monitoraggio (pressione arteriosa, traccia elettrocardiografica per il monitoraggio del ritmo cardiaco, sistema di microfoni per la comunicazione con il paziente; per pazienti con dispositivi-ossimetria digitale).
2. Preparazione ed addestramento regolare del centro per la rapida rimozione del paziente dal magnete in caso di emergenza.
3. Personale e sistema di emergenza all'interno della struttura.
4. Carrello delle emergenze dotato di farmaci e dispositivi per il trattamento dell'emergenza localizzato al di fuori della sala magnete in una posizione predefinita:
 - a. Immediatamente disponibili: beta bloccante (es. esmololo o metoprololo), la nitroglicerina, l'aminofillina, broncodilatatori e l'ossigeno.
 - b. Nel carrello delle emergenze: il set completo dei farmaci di emergenza (includendo farmaci come l'adrenalina, i beta bloccanti, l'atropina, i broncodilatatori, e quelli antiaritmici).
5. Per la dobutamina è importante valutare, in tempo reale, la cinesi regionale durante la fase di ricostruzione delle immagini subito dopo averle acquisite.

Protocollo riguardante la dose e la sicurezza del gadolinio

Vedi tabella 1.

Note:

1. Il volume e la velocità di iniezione dipendono dal tipo di contrasto e dal protocollo di acquisizione.
2. Le velocità di iniezione sono differenti per i mezzi di contrasto 1 mmol/ml (es. gadobutrolo). Come regola generale si divide la velocità di iniezione dell'agente per un fattore pari a 2 per la formulazione 1 mmol/ml.
3. I mezzi di contrasto con una maggiore rilassività richiedono dosi minori.

Considerazioni sulla sicurezza:

1. Più di 300 milioni di mezzi di contrasto con gadolinio sono stati somministrati nel mondo dal 1988 [5]. **GBCA** forniscono informazioni mediche fondamentali in numerosi ambiti e sono caratterizzati al contempo da un profilo di rischio eccellente.
2. Tuttavia la fibrosi sistemica nefrogenica (NFS) e la deposizione a lungo termine del gadolinio a livello cerebrale hanno richiesto l'introduzione di norme regolatorie.

Tabella 1 Dose del bolo di contrasto e soluzione fisiologica e velocità di iniezione

Indicazione	Dose Contrasto (mmol/Kg peso corporeo)	Velocità Infusione (mL/s)	Soluzione Fisiologica	Velocità di Infusione (mL/s)
Perfusione	0.05-0.1	3-7 mL/s	30 mL	3-7 mL/s
Late Gadolinium Enhancement	0.1-0.2		20 mL	
Angiografia (Carotidi, renali, aorta)	0.1-0.2	2-3 mL/s	20 mL	2-3 mL/s
Angiografia Time-Resolved	0.05	3-5 mL/s	30 mL	3-5 mL/s
Angiografia periferica	0.2	Primi 10 mL a 1.5 mL/s, il resto a 0.4-0.8 mL/s	20 mL	

3. Nel 2017 l'Agencia Europea per i Medicinali (EMA) ha deciso di sospendere le autorizzazioni riguardanti la distribuzione di tutti i **GBCA** lineari per i vari utilizzi e ha mantenuto l'utilizzo di tutti i **GBCA** macrociclici. La Food and Drug Administration (FDA) ha mantenuto tutti i **GBCA** ma ha stabilito che nelle informazioni riguardanti la prescrizione siano contenuti avvertimenti riguardo al maggiore rischio di deposito relativo all'utilizzo dei **GBCA** lineari. Inoltre, le informazioni aggiornate sul prodotto dovrebbero contenere le procedure per la riduzione del rischio e una Guida al Farmaco per ciascun prodotto.
4. Gli operatori sanitari dovrebbero considerare le caratteristiche di distribuzione di ciascun agente nella scelta dei **GBCA**, in particolare nei soggetti a maggiore rischio di sviluppare depositi o NFS [6].
5. La dose di **GBCA** da utilizzare, in tutte le applicazioni della RMC, dovrebbe essere la minore possibile sufficiente a garantire una qualità delle immagini soddisfacente. Inoltre, le informazioni riguardo alla prescrizione del prodotto, così come le linee guida dell'istituto, regionali e nazionali devono essere rispettate.
6. Le tecniche senza contrasto devono essere considerate come alternative alle tecniche con contrasto quando possibile.
 - e. dipendente, il dispositivo dovrebbe essere programmato in modalità non stimolatoria o inibita.
 - f. I dispositivi dovrebbero essere interrogati prima e dopo l'esame di RMC.
 - g. Durante l'esame, personale qualificato dovrebbe essere a disposizione del paziente, oltre a monitoraggio ECG e saturimetria.
 - h. La strumentazione per la rianimazione dovrebbe essere disponibile e disposta in prossimità della sala scanner.

Diagnostica dei pazienti con dispositivi cardiaci (pacemakers e defibrillatori)

1. Sicurezza
 - a. Sia per i pazienti con dispositivi MR-conditional che quelli con dispositivi convenzionali si raccomanda di seguire le linee guida del produttore e quelle dell'istituto.
 - b. I pazienti con un dispositivo cardiaco impiantato da meno di 6 settimane non dovrebbero essere sottoposti a RMC a meno che le indicazioni cliniche non siano stringenti e sia stato ottenuto il consenso informato del paziente.
 - c. In generale i pazienti con elettrocateri abbandonati o elettrocateri epicardici non dovrebbero essere sottoposti ad esame RMC a meno che le indicazioni cliniche non siano stringenti e che sia stato ottenuto il consenso informato del paziente.
 - d. La programmazione del dispositivo dipenderà dalla dipendenza dall'attività di pacing e dalle raccomandazioni dello specialista elettrofisiologo. In generale, se il paziente è pacemaker dipendente, il pacemaker dovrebbe essere programmato in modalità asincrona, mentre se il paziente non è pacemaker

Tecniche generali

Struttura e funzione del ventricolo sinistro (VS)

1. Immagini di localizzazione – assiali, coronali, sagittali – in generale queste sono le immagini acquisite in un singolo battito cardiaco ed in una singola apnea.
2. Un set di immagini para-assiale con sequenze **bSSFP** o **fast spin echo FSE** (8–10 mm) attraverso il torace. Queste sono sequenze **single-shot** e ad una sola apnea, con un set acquisito in 1-2 apnee
3. Immagini di localizzazione per posizionare le immagini in asse corto – le acquisizioni in cine sono preferibili a quelle **single shot**, per la necessità di visualizzare il movimento lungo l'asse longitudinale e del piano atrioventricolare.
 - a. L'asse lungo del VS 2 camere (verticale) deve essere prescritto in maniera ortogonale rispetto alle immagini di localizzazione para-assiali, attraversando il centro della valvola mitrale e l'apice cardiaco (Fig. 1)
 - b. L'asse lungo 4 camere (orizzontale) deve essere posizionata ortogonalmente all'asse lungo 2 camere passando per il centro della valvola mitrale, l'atrio sinistro e continuando all'apice del VS (Fig. 1)
4. Le sequenze **bSSFP** sono considerate quelle di scelta per le immagini in cine perché permettono un elevato rapporto segnale/rumore (**SNR**) ed un eccellente contrasto tra il miocardio e il sangue.

- a. Con i sistemi 3T, la qualità delle immagini in cine **bSSFP** può essere compromessa dalla presenza di artefatti e le sequenze **spoiled gradient-echo** possono essere considerate una valida alternativa.
 - b. Strategie per ridurre o eliminare l'artefatto "**banding**" includono lo **shimming**, la riduzione del **TR**, l'aggiustamento della frequenza delle radiofrequenze (la frequenza delle sequenze per le immagini di localizzazione può essere utile in tal senso).
 - c. Le immagini cine sono acquisite durante apnea. L'apnea a fine espirazione offre un posizionamento più stabile, tuttavia per alcuni pazienti l'apnea a fine inspirazione può risultare più confortevole e facile da eseguire.
5. Immagini cine **bSSFP** dell'asse corto (Fig. 2)
- a. devono essere acquisite dalla base del VS fino all'apice.
 - b. Il piano della prima fetta dovrebbe essere posizionato utilizzando le acquisizioni asse lungo 2 e 4 camere e dovrebbe essere perpendicolare all'asse lungo del VS. Questo piano non è sempre parallelo al piano della valvola mitralica.
 - c. Spessore di fetta pari a 6–8 mm, con o senza uno spazio di 2–4 mm tra le fette (in totale somma di 10 mm).
 - d. Risoluzione temporale ≤ 45 ms tra le fasi al fine di ottimizzare la valutazione del movimento di parete.
 - e. Per ridurre il tempo di acquisizione utilizzare se possibile **parallel imaging** o **compressed sensing**.
6. Immagini cine **bSSFP** dell'asse lungo
- a. La proiezione 4-camere asse lungo deve essere ottenuta a partire dall'asse lungo 2 camere con un piano che attraversa l'apice e il centro della valvola mitrale e tricuspide. Questo può essere anche ottenuto o controllato dall'asse corto basale, da un piano che attraversa il margine acuto della parete libera del ventricolo destro VD e perpendicolare al setto interventricolare.
 - b. La proiezione 2 camere del VS è ottenuta dalle immagini di localizzazione asse lungo verticale già acquisite con la variazione di passare attraverso la parete anteriore ed inferiore.
 - c. La proiezione 3 camere del VS è ottenuta attraverso un piano che attraversa l'apice, il centro della valvola mitrale e allineato con il centro del tratto di efflusso del VS e la valvola aortica individuati dall'asse corto basale (Fig. 3).
 - d. Opzionale – si possono ottenere più di tre proiezioni asse lungo.
7. Immagini cine **real-time** (opzionali)
- a. Le immagini **real-time** cine (con vari protocolli di

acquisizione del **k-space**) possono essere utilizzate per la valutazione della funzione del VS al fine di testare la interdipendenza ventricolare, nei pazienti con ritmo irregolare o incapaci di sostenere apnee, condizioni che impediscono le tradizionali immagini cine sincronizzate.

- b. Risoluzione temporale ≤ 60 ms tra le fasi è preferibile se disponibile.
- c. La quantificazione del volume del VS non è sempre possibile con le immagini **real-time** cine poiché la misurazione è meno precisa e accurata.

Struttura e funzione del ventricolo destro (VD)

1. L'immagine del VD in asse corto può essere ottenuta in un modo analogo a quanto descritto per la struttura e la funzione del VS. Se l'asse corto viene utilizzato per valutazioni quantitative, è importante collocare la fetta basale in asse corto subito sul lato miocardico del VD.
2. Le immagini in asse lungo dovrebbero includere una proiezione del VD longitudinale allineata con il piano di inflow tricuspidalico e con il tratto di efflusso del VD (in piani sagittali o sagittali obliqui che attraversano la valvola polmonare). (Fig. 4).
3. Il pacchetto di immagini in cine para-assiali deve coprire interamente il VD e può essere considerato come un'alternativa nello studio della volumetria del VD. (Fig. 4)

Protocollo di perfusione di primo passaggio

1. Immagini di localizzazione come per la morfologia e funzione del VS.
2. Sequenze: tipicamente immagini **saturation-recovery** con **bSSFP**, sequenze ibride **gradient echo (GRE)** o **GRE-echo planar (GRE-EPI)**.
3. Immagini in asse corto (almeno 3 fette per battito cardiaco) (Fig. 5).
 - a. Per la valutazione di ischemia, le immagini devono essere acquisite durante ogni battito cardiaco.
 - b. Spessore di fetta 8-10 mm.
 - c. **Parallel imaging**, se disponibile.
 - d. Risoluzione bidimensionale, $\sim <3$ mm.
 - e. Risoluzione di ricostruzione temporale $\sim 100-125$ ms o più breve se disponibile.
 - f. Somministrazione di mezzo di contrasto (0.05–0.1 mmol/kg, 3–7 mL/s) seguito da almeno 30 ml di soluzione fisiologica (3–7 mL/s)
 - g. Apnea da iniziare durante la prima fase di infusione del contrasto prima che arrivi dentro la cavità del VS.
 - h. Acquisizione delle immagini per un tempo sufficiente per il passaggio del contrasto attraverso il miocardio ventricolare sinistro (tipicamente 40–50 battiti cardiaci,

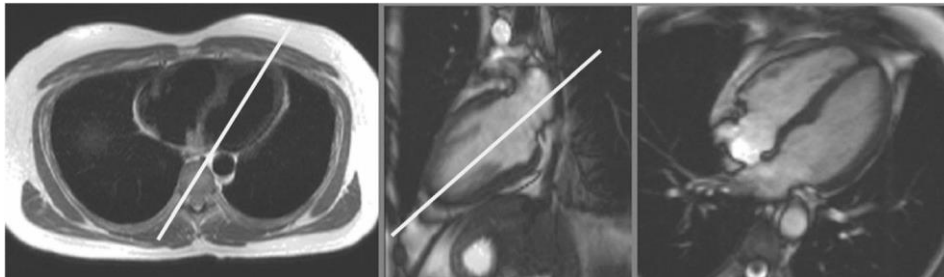


Fig. 1 Sinistra – Immagine di localizzazione sangue nero assiale attraverso la base del ventricolo sinistro (VS) e ventricolo destro (VD). La pianificazione della proiezione 2 camere asse lungo è mostrata dalla linea bianca. Centro – Immagine di localizzazione sangue chiaro 2 camere asse lungo. La pianificazione della proiezione 4 camere asse lungo è mostrata dalla linea bianca. Destra – Immagine di localizzazione sangue chiaro 4 camere asse lungo

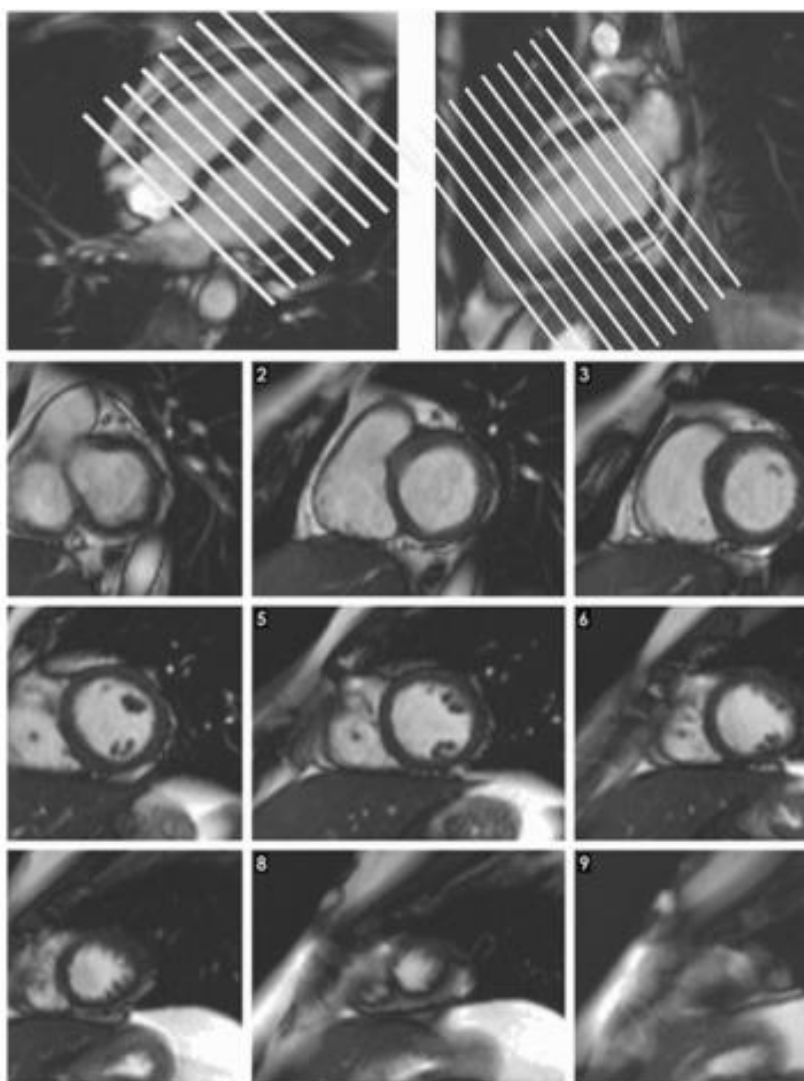


Fig. 2 Pannello Superiore – Pianificazione del piano asse corto parallelo alla valvola mitrale nella proiezione 4 camere asse lungo (sinistra) e 2 camere asse lungo (destra). Pannello inferiore – 9 fette di immagini cine asse corto dalla base (superiore sinistra) all’apice (inferiore destra)

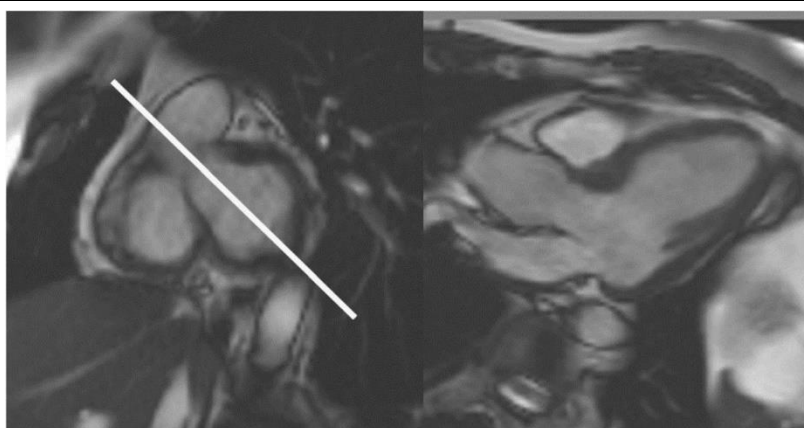


Fig. 3 Sinistra – Immagine cine asse corto basale. La pianificazione della proiezione 3 camere asse lungo è mostrata dalla linea bianca. Destra – Immagine cine 3 camere asse lungo

ma per pazienti con un ridotto output cardiaco un numero maggiore di immagini possono essere necessarie).

- i. Le immagini possono anche essere ottenute in respiro libero, specialmente se sequenze con correzione di movimento sono disponibili.

Protocollo di Late Gadolinium Enhancement

1. Sequenze di impulsi:
 - a. **2D segmented inversion recovery GRE** o **bSSFP**, **Phase-Sensitive Inversion- Recovery (PSIR)**, o sequenze 3D sono preferite in in pazienti appropriati con soddisfacente capacità di mantenere le apnee e se il rapporto segnale/rumore è sufficiente.
 - b. Immagini acquisite con singolo impulso (**Single-shot** imaging) (**bSSFP** readout) come alternativa, in pazienti con ritmo cardiaco irregolare e/o difficoltà a mantenere le apnee.
2. Attendere almeno 10 minuti dopo l'iniezione di gadolinio (per il dosaggio dei gadolinio-chelanti vedi Tabella 1). Nota - l'attesa può essere inferiore di 10 minuti se usati dosaggi minori di **GBCA**, in quanto il segnale del sangue si riduce più del segnale del miocardio con **LGE**. Generalmente le immagini sono acquisite in diastole. Inoltre si noti – se si acquisiscono immagini con perfusione da stress e a riposo, l'attesa dovrebbe essere di circa 5 minuti dopo la seconda

iniezione di contrasto.

3. Negli stessi assi delle immagini in cine (asse corto ed asse lungo) (Fig. 6).
4. Spessore di fetta, come per immagini in cine.
5. Risoluzione bidimensionale, ~1.4-1.8 mm.
6. Durata di acquisizione per intervalli R-R sotto 200 ms, ma inferiore in caso di tachicardia per evitare immagini sfocate.
7. Tempo di inversione (TI) impostato per annullare il miocardio sano. Il TI di localizzazione è una sequenza cine con un impulso di inversione emesso all'inizio dell'onda R, può essere usato per impostare il TI. Tuttavia la sequenza di TI scout non ha gli stessi identici parametri di **readout** della sequenza **segmented LGE** e quindi il TI corretto potrebbe avere una differenza fino a 50 ms tra le due sequenze. In alternativa può essere usata una sequenza PSIR che necessita meno frequentemente di correzione del TI.
8. Il read-out viene impostato solitamente a battiti cardiaci alterni, ma bisogna modificare tale parametro ad ogni battito in caso di bradicardia (< 60 bpm) oppure ogni 3 battiti in caso di tachicardia (> 100 bpm) o aritmia cardiaca.
9. Immagini **Dark-blood LGE** (opzionali)

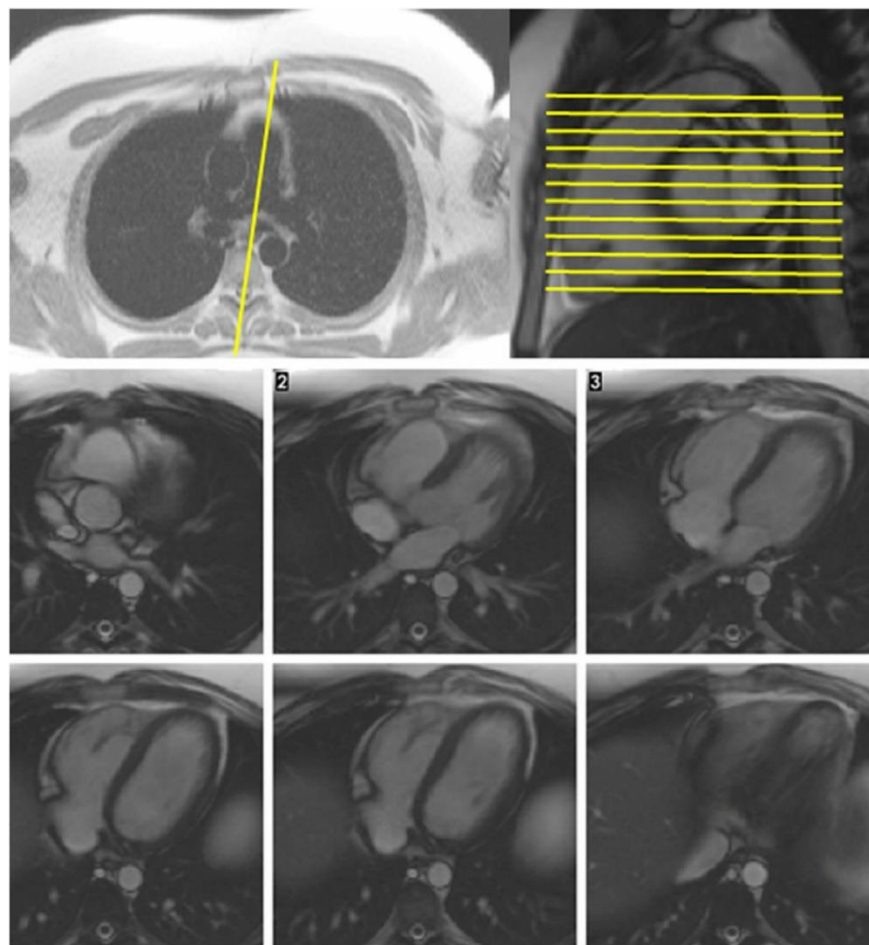


Fig. 4 Superiore sinistra – Immagine di localizzazione assiale sangue nero attraverso il tronco polmonare. La pianificazione della proiezione del tratto di efflusso del VD (RVOT) è mostrata dalla linea gialla. Superiore destra – Immagine cine RVOT. La pianificazione del pacchetto di immagini assiali è mostrata dalle linee gialle. Pannello inferiore – 6 immagini assiali sequenziali da RVOT (superiore sinistra) al polo inferiore del VD (inferiore destra)

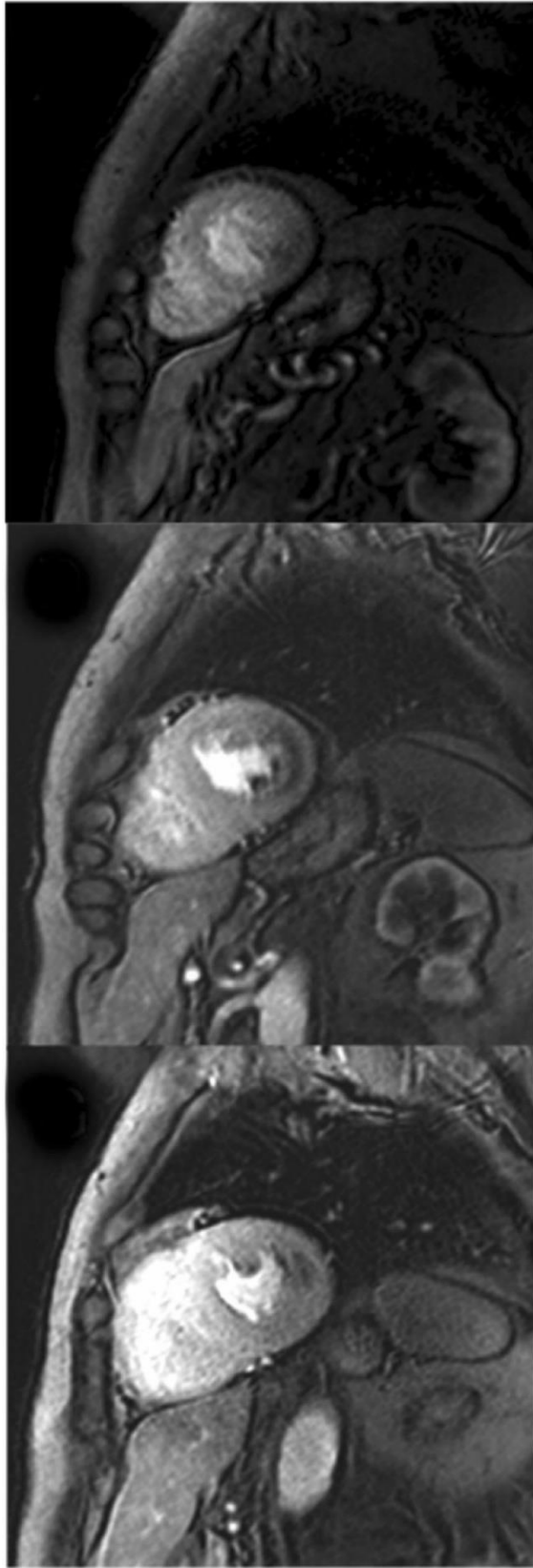


Fig. 5 Tre immagini asse corto del miocardio (apice, pannello superiore, medio ventricolare, pannello medio e basale, pannello inferiore) acquisite durante perfusione di primo passaggio con gadolinio. Si noti il difetto di perfusione della parete laterale a livello basale e medio

b. Se disponibili, le sequenze **dark-blood** flusso

indipendenti possono essere utili per differenziare **LGE** subendocardico dal segnale del sangue rispetto alle immagini **LGE** convenzionali. I parametri di configurazione, ad eccezione del tempo di inversione (che è impostato in accordo alla specifica sequenza adottata) sono simili alle sequenze **LGE** tradizionali.

Perfusione da stress (vasodilatatori)

1. Acquisizione della morfologia e della funzione del VS (altrimenti può essere eseguita tra l'acquisizione da stress e l'acquisizione a riposo, anche se l'esecuzione subito dopo l'infusione di gadolinio può ridurre il contrasto dell'interfaccia sangue-endocardio).
2. Imaging di perfusione da stress con adenosina.
 - Facoltativamente - iniziare l'infusione di adenosina con il paziente fuori dal tunnel del magnete e muovere il paziente all'interno dello scanner per la seconda parte dell'infusione
 - a. Protocollo di perfusione di primo passaggio
 - b. Durante ultimo minuto di infusione dell'adenosina iniziare la somministrazione del gadolinio
 - c. Usare lo stesso approccio per il dipiridamolo
3. In alternativa: protocollo di perfusione da stress con Regadenoson (bolo endovenoso di 0.4 mg).
 - a. Protocollo di perfusione di primo passaggio
 - b. Dopo circa 45-60 secondi dall'infusione di regadenoson, iniettare **GBCA**
4. Perfusione a riposo
 - a. Attendere almeno 10 minuti per permettere il wash-out del gadolinio dopo la perfusione di primo passaggio. Durante l'attesa si possono completare le sequenze cine (es. gli assi lunghi).
 - b. Ripetere l'acquisizione di immagini da perfusione senza adenosina/regadenoson usando la stessa dose di **GBCA**.
 - c. In base al regolamento dell'istituto e alla propria esperienza, la perfusione a riposo può essere eliminata. Ci sono sempre più dati che suggeriscono che la perfusione a riposo aggiunga poche informazioni e dovrebbe essere eliminata se possibile.
 - d. Una ulteriore dose di gadolinio può essere somministrata per permettere l'acquisizione delle immagini di late gadolinium enhancement (dose totale di 0.1-0.2 mmol/kg).



Fig. 6 Immagine 4 camere asse lungo late gadolinium enhancement inversion recovery gradient echo di un paziente con infarto transmurale (50-75%) del setto apicale e dell'apice.

5. Protocollo di **Late Gadolinium Enhancement**

- a. Bisogna attendere almeno 5 minuti dopo l'esecuzione delle immagini di perfusione a riposo
6. Facoltativo – Quantificazione delle immagini di perfusione
 - a. Prendere in considerazione la somministrazione di un duplice bolo di contrasto per eliminare l'effetto di non linearità tra la concentrazione del mezzo di contrasto e l'intensità del segnale.
 - b. Prendere in considerazione l'acquisizione di immagini in densità protonica prima dell'iniezione del contrasto. Questo può essere fatto come correzione basale per la quantificazione completa ma necessita di software specifici che possono non essere disponibili in ogni macchina.

Stress funzionale (dobutamina o esercizio)

1. Protocollo di acquisizione della morfologia e funzione VS.
 - a. Aumentare il dosaggio di dobutamina con incrementi di 10 µg/kg peso corporeo/minuto ogni 3 minuti partendo con 10 µg/kg peso corporeo/minuto fino al raggiungimento della frequenza cardiaca desiderata [$85\% \times (220 - \text{età})$].
 - b. Aggiungere atropina in dosi incrementali di 0.5 mg, se la risposta della frequenza cardiaca è inadeguata
 - c. Ripetere 3 assi corti e 3 assi lunghi durante ogni incremento della velocità di infusione della dobutamina. Questo può essere ottenuto con apnee o **real-time** cine a frequenze cardiache più basse, ma a frequenze cardiache maggiori, si raccomandano acquisizioni in apnea grazie alla capacità di migliorare la risoluzione temporale.
 - d. Monitoraggio ECG continuo e misurazione della pressione arteriosa durante ogni fase.
 - e. Vedere le immagini in cine, in tempo reale, mentre si acquisiscono.
 - f. Adattare sequenze cine **bSSFP** per ottimizzare risoluzione temporale man mano che la frequenza cardiaca aumenta.
 - g. Interrompere l'esame se c'è la comparsa di nuova anomala della cinetica regionale, di effetti collaterali importanti o se si ottiene il raggiungimento della frequenza cardiaca massimale.
3. In alternativa – stress funzionale con esercizio utilizzando un treadmill RM-compatibile posizionato nella sala magnetica con acquisizione di immagini (3 assi corti e 3 assi lunghi

cine) al basale e subito dopo il picco dell'esercizio. La risoluzione temporale della sequenza cine **bSSFP** dovrà essere accorciata per l'acquisizione al picco dell'esercizio.

4. In alternativa – lettoergometro RM-compatibile in posizione supina posizionato nella sala magnetica con acquisizione di immagini (3 assi corti e 3 assi lunghi cine) al basale e subito dopo il picco dell'esercizio. La risoluzione temporale della sequenza cine **bSSFP** dovrà essere accorciata per l'acquisizione al picco dell'esercizio.

Protocollo di flusso

1. Solitamente eseguito come parte di altri protocolli cardiovascolari. Possono essere utilizzate le immagini di localizzazione già disponibili. È opportuno che il vaso interessato venga raffigurato su due piani diversi oppure possono essere utilizzati piani ricostruiti direttamente dallo scanner utilizzando immagini MRA (es. ulteriori acquisizioni di immagini **bSSFP**, **CE-MRA**, o black blood scouts possono essere di aiuto).
2. Sequenza: solitamente vengono usate sequenze **motion encoded cine gradient echo** a singola direzione ("through-plane") (Fig. 7).
3. Per risultati ottimali, il piano di scansione deve essere
 - a. centrato sul vaso di interesse
 - b. allineato in maniera ortogonale alla direzione del flusso sanguigno principale, in due direzioni nello spazio
 - c. centrato all'isocentro del magnete
4. Parametri di imaging: spessore di fetta 5-8 mm; risoluzione bidimensionale almeno 1/10 del diametro del vaso. La **velocity encoding sensitivity (Venc)** deve essere adattata alle velocità attese – dopo ogni scansione, le immagini di **phase-difference** devono essere controllate per valutare la presenza di aliasing. Se l'aliasing è presente, il settaggio di Venc deve essere adattato di conseguenza. Se disponibile, una sequenza "scout" di velocità può permettere un settaggio ottimale del Venc.
5. Una risoluzione temporale ≤ 50 ms tra le fasi è preferibile. La risoluzione temporale dovrebbe essere calcolata come il tempo tra i frames che sono effettivamente acquisiti. Molti costruttori permettono la creazione di extra frames grazie alla interpolazione di immagine che migliora la risoluzione temporale artificialmente.
6. Per la ricostruzione, può essere usata una segmentazione del k-spazio attraverso multipli battiti cardiaci, nei limiti della capacità di apnea del paziente. Tecniche a respiro libero con

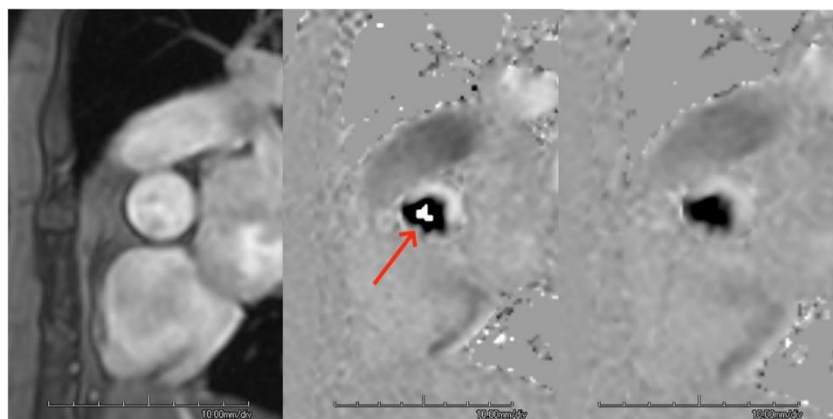


Fig. 7 Sequenza velocity-encoded di quantificazione del flusso acquisita a livello della giunzione seno-tubulare in un paziente con stenosi aortica. La sequenza iniziale (Magnitudine [sinistra] e le immagini di velocità [centro] sono state acquisite con un VENC di 250 cm/sec, che erano troppo basse in quanto è evidente aliasing (freccia rossa). La sequenza è stata riacquisita (destra) con un VENC aumentato a 350 cm/sec e l'aliasing non è più presente

l'utilizzo di un navigatore possono essere utilizzate per migliorare la risoluzione temporale e spaziale se necessario. Inoltre tecniche a respiro libero con segnale medio multiplo (**NEX, NSA**) hanno dimostrato di essere utili in pazienti con limitata capacità di apnea.

7. Il tempo di eco (**TE**) deve essere impostato al minimo, particolarmente quando bisogna acquisire immagini di vasi stenotici.
8. Se disponibili, considerare acquisizione RMC **4D-flow**. Il **4D-flow** sta diventando una tecnica maggiormente disponibile e ha dimostrato di poter fornire informazioni importanti in situazioni cliniche selezionate.

Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata

Le applicazioni della caratterizzazione tissutale si stanno espandendo rapidamente e le sequenze di impulsi disponibili nelle diverse piattaforme variano in maniera significativa. Le acquisizioni sono simili tra 1.5T e 3T, benché i valori misurati sono spesso differenti e possono essere anche specifici del centro. Per questo motivo, i protocolli sotto riportati sono intesi solo come linee guida generiche man mano che la standardizzazione sta progredendo. I valori di riferimento normali dovrebbero essere sviluppati in ogni singolo istituto. Uno **shimming** manuale dovrebbe essere considerato per ottenere un risultato ottimale particolarmente a 3T. Per raccomandazioni dettagliate si veda [7].

1. T1 mapping
 - a. Il T1 nativo si effettua senza mezzo di contrasto.
 - b. Imaging di **Look Locker** (modified Look Locker Inversion recovery (**MOLLI**) o shortened **SHMOLLI** o equivalente).
 - c. L'acquisizione in diastole è migliore ad eccezione della fibrillazione atriale in cui l'acquisizione in sistole può essere privilegiata. Nei pazienti con elevata frequenza cardiaca, sequenze specifiche sviluppate per questi casi dovrebbero essere usate.
 - d. Le immagini native dovrebbero essere controllate per artefatti da movimento ed eventualmente ripetute se necessario.
 - e. Spessore di fetta: 6-8 mm, risoluzione bidimensionale ~ 1.6-2.0 mm.
 - f. Il numero e l'orientamento delle fette dipenderanno dall'indicazione. Almeno una mappa in asse corto dovrebbe sempre essere acquisita.
 - g. Per la quantificazione del volume extracellulare, la mappa T1 dovrebbe essere acquisita prima della somministrazione del contrasto e successivamente tra 10 e 30 minuti dopo il contrasto.
 - h. L'ematocrito dovrebbe essere misurato, preferibilmente entro 24 ore dall'esame, per la misurazione più accurata del volume extracellulare (**ECV**).
2. T2 mapping e immagini T2-pesate (**T2W**)
 - a. Mapping- se la sequenza è disponibile e la quantificazione desiderata.
 - i. Esistono diverse alternative, come la sequenza **T2-prepared single-shot bSSFP** acquisita con tempi di preparazione T2 differenti, sequenze **gradient** e **spin echo (GraSE)** o sequenze **FSE**.
 - ii. Correzione da movimento se necessario.
 - iii. Spessore di fetta: 6-8 mm, risoluzione bidimensionale ~ 1.6-2.0 mm.
 - iv. Il numero e l'orientamento delle fette dipenderanno dall'indicazione. Almeno una mappa in asse corto dovrebbe sempre essere acquisita.
 - b. Immagini T2 pesate (**T2W**)

- i. **Black blood T2-W Short Tau Inversion Recovery (STIR).**

1. Possibili errori – segnale iperintenso in zone di basso flusso, perdita di segnale causato dal movimento e basso segnale da zone aree con emorragia intramiocardica.

- ii. Sequenze **Bright blood T2-W**

1. Sequenza **T2-prepared single-shot bSSFP**
2. Sequenza ibrida **FSE-bSSFP** come alternativa
3. Possibili errori – segnale iperintenso può oscurare il bordo endocardico

3. Immagini T2*

- a. Le immagini T2* devono essere acquisite prima della somministrazione del contrasto.
- b. Si tratta di una sequenza di impulsi a acquisite in una singola apnea, **gradient-echo, multi-echo** con una serie di 6–9 **TE** a cominciare da ~2 ms ed arrivare fino a ~18 ms, con una distanza temporale tra due echi di ~2 ms. Viene solitamente usato un tempo di latenza di 0 ms dopo l'onda R.
- c. Facoltativo - In pazienti con severo accumulo di ferro una sequenza di impulsi con una sequenza temporale più corta potrebbe essere utile per determinare in maniera accurata i valori di T2*: una serie di 6–9 TE a cominciare da ~1 ms ed arrivare fino a ~12 ms, con distanza temporale tra gli echi di ~1 ms.
- d. Acquisizione di una singola fetta medio ventricolare in asse corto.
- e. Spessore di fetta di 8–10 mm; Risoluzione bidimensionale, ~1.6-3.0 mm.
- f. (Facoltativo) Una sequenza di imaging simile a quella appena descritta, seppur non sincronizzata con l'ECG, viene acquisita in assiale a livello della porzione media del fegato per la valutazione del deposito di ferro epatico. L'assenza di sincronizzazione con l'ECG permette una sequenza temporale di TE minore e di conseguenza l'acquisizione di un numero maggiore di echi.

Protocolli Rapidi

Protocolli rapidi sono stati sviluppati per scanner 1.5T e sono stati applicati con successo per la valutazione di cardiomiopatie. Oltre alle cardiomiopatie, indicazioni aggiuntive per cui i protocolli rapidi possono essere applicati includono la cardiopatia ischemica cronica per valutare la vitalità e la cardiopatia ipertensiva. Questo protocollo riduce il tempo di esame e massimizza il rapporto costo-efficacia. Il protocollo testato ha le seguenti caratteristiche:

1. Immagini di localizzazione, immagini "scout" 2 camere, 3 fette asse corto e pacchetto assiale **dark blood single shot FSE** per la valutazione anatomica.
2. Immagini cine: 4, 2, 3 camere e valvola aortica con acquisizioni **segmented K-space**.
3. Infusione della giusta dose di gadolinio.
4. Immagini cine: pacchetto asse corto (spessore di fetta 7 mm, 3 mm di spazio tra le fette).
5. Immagini **LGE**:
 - a. Sequenze opzionali per determinare il tempo di inversione ottimale.
 - b. Acquisizione **LGE** segmentata del K-spazio nei piani standard asse lungo e asse corto con ricostruzioni **phase sensitive** e **magnitude**.

Protocolli specifici per singola patologia –

Cardiopatía ischemica

La RMC può avere un ruolo centrale nel differenziare le varie forme di danno miocardico acuto dovute a eziologia ischemica o non ischemica. Anche quando la diagnosi di infarto miocardico è stata effettuata, la RMC può risultare utile nell'identificare la vitalità residua, lo stunning miocardico, e il danno microvascolare. In aggiunta, le complicanze post-infarto miocardico, come la trombosi ventricolare sinistra, la formazione di aneurisma o pseudoaneurisma del VS e la pericardite possono essere facilmente identificate.

Infarto miocardico acuto o sindrome coronarica acuta

1. Protocollo di acquisizione per la morfologia e funzione del VS.
2. Facoltativo – Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata
3. Facoltativo – Protocollo di perfusione di primo passaggio (solo a riposo). Da considerare stress se la lesione coronarica “colpevole” è stata già rivascolarizzata per la valutazione di ischemia nei territori non infartuati.
4. Facoltativo - **early gadolinium enhancement**, entro i primi 1–3 minuti dopo l'infusione del contrasto per la ricerca della presenza di ostruzione microvascolare (MVO).
5. Protocollo di **late gadolinium enhancement**.

Cardiopatía ischemica cronica e vitalità

In generale l'obiettivo della RMC è quello di documentare la morfologia basale del VS, la contrattilità, la vitalità e (spesso) l'ischemia miocardica. L'esame di follow up può essere utile per la valutazione dei cambiamenti del rimodellamento ventricolare, così come la presenza ed estensione di cicatrice/ischemia in seguito ad eventi clinici e/o interventi terapeutici.

L'identificazione di trombosi ventricolare sinistra è altrettanto importante.

1. Protocollo di acquisizione per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché possa essere utile per escludere altre patologie.
3. Facoltativo – Dobutamina a bassa dose con infusione di 2.5-10 µg/kg/min di dobutamina in 5-10 minuti per la valutazione della riserva contrattile mediante la valutazione del miglioramento dell'ispessimento della parete miocardica.
4. Facoltativo – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
5. Protocollo di Late Gadolinium Enhancement

Cardiopatía non ischemica

Cardiomiopatía ipertrofica (CMI)

L'obiettivo dell'esame nella CMI è quello di misurare la massa del VS, i volumi, la funzione globale, il massimo spessore di parete (dalle immagini cine), la valutazione della fibrosi (**LGE** o T1 mapping) e la misurazione del gradiente del tratto di efflusso del VS (LVOT) se presente.

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Immagini cine **bSSFP** del LVOT e in proiezione 3 camere per la valutazione della turbolenza di flusso e

del movimento sistolico anteriore della valvola mitrale o di corde tendinee, e immagini **Phase contrast** (utilizzando o acquisizione in-plane **phase-velocity** nella proiezione 3 camere o through plane **phase-velocity** perpendicolare a LVOT) per la misura della velocità e del gradiente del LVOT se presente.

3. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
4. Opzionale –perfusione da stress con vasodilatatori se si ipotizza ischemia sottostante.
5. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiopatía ipertensiva

L'obiettivo dell'esame nella cardiopatía ipertensiva consiste nella valutazione della massa del VS, dello spessore di parete, volumi, funzione globale (immagini cine), e della fibrosi (**LGE** e T1 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
3. Opzionale – acquisizione angiografica (**MRA**) dell'aorta e delle arterie renali per escludere cause secondarie di ipertensione.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Miocardio non compatto

L'obiettivo dell'esame nel miocardio non compatto consiste nella valutazione delle trabecole e nella misurazione dello spessore di parete dei segmenti del miocardio compatto e non compatto, oltre alla valutazione dei volumi del VS, della funzione globale e della presenza di trombosi VS e **LGE**.

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato al fine di escludere altre entità eziologiche.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiomiopatía dilatativa

L'obiettivo dell'esame nella cardiomiopatía dilatativa consiste nella misurazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale (immagini cine) e nella valutazione della fibrosi **LGE** e T1 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiomiopatía aritmogena ventricolare

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della cardiomiopatía aritmogena ventricolare è quello di quantificare i volumi del VS e VD, la funzione globale e regionale (immagini cine) e la valutazione della fibrosi del VD e VS (**LGE**).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS – considerare spessori di fetta di 5-6 mm.
2. Immagini para-assiali o oblique cine **bSSFP** (spessore di fetta 5-6 mm) in modo da coprire il ventricolo destro, compreso il tratto di efflusso. È raccomandata l'acquisizione di una immagine asse lungo verticale allineato con l'inflow tricuspidalico.
3. Sequenze opzionali
 - a. immagini a sangue nero para-assiali o oblique (**double inversion recovery** T1-pesate **fast spin echo**)
 - b. Ripetere le stesse immagini con la soppressione del grasso.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement** nelle stesse proiezioni. Considerare il TI in grado di annullare il segnale del VD.

Siderosi miocardica

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della siderosi miocardica include la quantificazione della massa del VS, i volumi, la funzione globale (immagini cine) e la valutazione dell'accumulo di ferro miocardico (immagini T2*).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata utilizzando T2* mapping.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Opzionale - Protocollo **Late Gadolinium Enhancement** (da considerare se la funzione del VS o VD è anormale).

Cardiomiopatia restrittiva

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della cardiomiopatia restrittiva include la quantificazione della massa del VS, i volumi, la funzione globale (immagini cine) e la valutazione della fibrosi e infiltrazione miocardica (**LGE** e T1 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
3. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.
4. Opzionale (per escludere fisiologia costrittiva) – cine **real-time**, asse corto medio ventricolari durante respiro libero per la valutazione dell'interdipendenza ventricolare.

Sarcoidosi cardiaca

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della sarcoidosi cardiaca include la quantificazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale (immagini cine), la valutazione della fibrosi (**LGE** e T1 mapping) e dell'infiammazione/edema miocardico (immagini T2-pesate o T2 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata.
3. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Miocardite

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della miocardite include la quantificazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale e regionale (immagini cine), la valutazione

dell'infiammazione/edema miocardico (immagini T2-pesate o T2 mapping) e dell'espansione dell'interstizio (**LGE** e T1 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata con le sequenze precedentemente menzionate.
3. Opzionale – **Early Gadolinium Enhancement**.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiomiopatie correlate a patologie oncologiche

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della cardiomiopatia cancro-relata include la quantificazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale e degli spessori massimi di parete (immagini cine) e la valutazione della fibrosi (**LGE** e T1 mapping). Quando si sospetta una cardiomiopatia o una miocardite secondaria ad agenti chemioterapici, la valutazione acuta/subacuta dell'infiammazione/edema (sequenze T2 pesate o T2 mapping) dovrebbe essere eseguita.

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiomiopatia indotta da sostanze stupefacenti

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della cardiomiopatie relate a patologie oncologiche include la quantificazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale (immagini cine) e la valutazione della fibrosi (**LGE** e T1 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori o con dobutamina ad alta dose per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Cardiomiopatia post trapianto cardiaco

L'obiettivo dell'esame nella valutazione della cardiomiopatia post trapianto cardiaco include la quantificazione della massa del VS, dei volumi, della funzione globale (immagini cine), la valutazione della fibrosi (**LGE** e T1 mapping) e la valutazione dell'edema/inflamazione (immagini T2-pesate o T2 mapping).

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. Protocollo di caratterizzazione tissutale avanzata – opzionale, benché frequentemente utilizzato.
3. Opzionale – perfusione da stress e a riposo con agenti vasodilatatori per determinare la presenza di ischemia miocardica inducibile.
4. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.

Patologia Vascolare

MRA periferica

1. Bobina per i vasi periferici, o combinazione di bobine, in base a disponibilità.

2. Immagini di localizzazione del vaso in assiale, a bassa risoluzione con **time-of-flight MRA** o **bSSFP**.
3. Timing del gadolinio
 - a. Opzione 1 –Bolo di prova (in assiale o coronale) a livello della aorta addominale distale. Iniezione di 2 mL di gadolinio, seguita da 20 mL di soluzione fisiologica. Determinare il tempo al picco di enhancement seguito dall'iniezione, usando una tecnica di **single shot bolus tracking**.
 - b. Opzione 2 – Tecnica del trigger bolus per eseguire l'inizio della scansione.
4. **Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA** viene eseguita nella proiezione coronale dall'aorta addominale tratto medio fino agli arti inferiori.
 - a. Due acquisizioni volumetriche – una pre-contrasto (per la sottrazione) ed una durante la somministrazione di contrasto.
 - b. Il gadolinio viene somministrato in 2 fasi per minimizzare la contaminazione venosa, seguita da un bolo di soluzione fisiologica. Vedi Tabella 1.
 - c. Spessore di fetta 1–1.5 mm; risoluzione spaziale acquisita bidimensionale 0.8-1.5 mm.
 - d. Fette – tipicamente 60–100, quante richieste per includere i vasi di interesse.
 - e. I volumi ottenuti per addome/pelvi e cosce possono essere di risoluzione spaziale maggiore (vasi grandi), mentre per quelli degli arti inferiori è da preferire una risoluzione spaziale submillimetrica. I primi tipicamente necessitano 15–20 secondi, mentre per gli arti inferiori l'acquisizione può impiegare 60– 90 secondi a causa dell'elevata risoluzione spaziale. L'acquisizione ellittico-centrica del k-spazio è vantaggiosa per gli arti inferiori. Se disponibile, acquisizioni **time-resolved** sono da preferire per la scansione degli arti inferiori.
 - f. Acquisizione in **parallel-imaging** (necessarie l'uso di bobine di superficie multicanale)

In alternativa: protocollo a duplice iniezione

1. Dose singola di gadolinio: **time-resolved MRA** di polpaccio e vasi del piede.
2. Dose singola di gadolinio: vasi addominali e di coscia

In alternativa: Tecnica di **MRA** senza contrasto

La tecnica di **MRA** senza contrasto sta evolvendo rapidamente e viene continuamente proposta la modifica di vecchie metodiche così come lo sviluppo di nuove tecniche. Alcune tecniche sono disponibili per la maggior parte dei sistemi di RMC clinica; tuttavia così come per altre sequenze, la denominazione specifica del produttore rende la standardizzazione difficoltosa. Inoltre, molte delle nuove tecniche sono rese disponibili solo da un numero limitato di produttori.

1. “**Fresh Blood Imaging**” dove due sequenze ECG-sincronizzate **3D fast-spin-echo** sono eseguite con la prima sincronizzata in sistole e la seconda in diastole.

La sottrazione delle immagini in sistole dal set di immagini acquisite in diastole forma il dataset di immagini in fase arteriosa. Questa tecnica è disponibile per la maggior parte dei sistemi di RMC che utilizzano denominazioni specifiche al produttore.

- a. Spessore di fetta ~2 mm; risoluzione spaziale acquisita bidimensionale di 0.6-0.8 mm.
 - b. Fette – tipicamente 40, quante richieste per includere i vasi di interesse.
 - c. l'acquisizione in **parallel-imaging** è raccomandata (necessarie bobine di superficie multicanale).
2. **3D bSSFP** con impulso **inversion preparation**, che determina una soppressione del background, e che con idoneo **TI**, permette la visualizzazione del sangue arterioso che entra dall'esterno del volume sottoposto a **IR** e che arriva dentro la regione di interesse offrendo un elevato segnale arterioso. Questo è più utile per l'acquisizione di volumi più piccoli
 - a. Volume acquisito: ~340 x 300 x 70; risoluzione spaziale acquisita ~1.3 x 1.3 x 1.4.
 - b. Acquisizione in **parallel-imaging** è raccomandata (necessarie bobine di superficie multicanale).
 3. **Quiescent Interval slice selective (QISS) MRA** è una tecnica inflow ECG-sincronizzata multi fetta bidimensionale acquisita in pacchetti multipli di fette assiali con movimenti del tavolo incrementali e copertura dalla pelvi agli arti inferiori. La tecnica utilizza impulsi **magnetization preparation** per sopprimere il flusso venoso, mentre il tessuto statico e il segnale arterioso sono acquisiti utilizzando una sequenza **single-shot bSSFP**.
 - a. Spessore di fetta 2-3 mm, risoluzione bidimensionale 1-1.2 mm.
 - b. **Parallel Imaging**

MRA aorta toracica

1. Immagini di localizzazione, 3 orientamenti.
2. **Half-Fourier single shot fast spin echo** o **bSSFP** (una singola apnea per l'intero torace) con orientamento para-assiale.
3. Immagini para-assiali T1 pesate **fast spin echo** o **spoiled gradient echo** perpendicolari all'aorta (per l'ematoma intramurale, dissecazione).
4. Immagini cine **bSSFP** parasagittali su un piano parallelo all'aorta e lungo la linea mediana dell'aorta. Facoltativo – uso di una pianificazione con il metodo dei 3 punti.
5. Studio della valvola aortica secondo il protocollo delle valvole.
6. Tempistica del mezzo di contrasto
 - a. Opzione 1 – bolo di prova - parassiale a livello dell'aorta addominale distale. Iniezione di 2 ml gadolinio, seguita da 20 ml di soluzione salina. Determinare il tempo di picco dell'enhancement dopo l'iniezione.
 - b. Opzione 2 – tecnica del “bolus triggering” per determinare il tempo inizio di scansione

- c. Opzione 3 – acquisizioni rapide 3D multifase senza sincronizzazione.
7. 3D gadolinium enhancement MRA (0,1- 0,2 mmol / kg)
 - a. Utilizzare una risoluzione spaziale di almeno 1-1,5 mm.
 - b. Acquisizione di **parallel imaging** se disponibile.
 - c. Usare sincronizzazione ECG grafica se disponibile.
 - d. Almeno 2 acquisizioni dopo l'iniezione di contrasto.
8. Opzionale – acquisizione para-assiale T1 pesata con soppressione di grasso per sospetta aortite.
9. Opzionale – si faccia riferimento a sezione 3.2.1 (MRA periferica) per le tecniche angiografiche MRA senza mezzo di contrasto.

Arterie Coronariche

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS sinistro per cercare anomalie della cinetica di parete
 - a. Aggiungere una proiezione asse lungo orizzontale con alta risoluzione temporale (≤ 20 ms per fase) per determinare con precisione il periodo di “immobilità” dell’arteria coronaria destra
2. Sequenza **Navigator-gated, 3D-MRA** in respiro libero:
 - a. Fette para-assiali che vanno da un piano passante per l’arteria polmonare prossimale fino al centro dell’atrio destro (è raccomandato coprire il cuore intero). Spessore fetta 1-1,5 mm; risoluzione spaziale bidimensionale di 1,0 mm o inferiore
 - b. Fette- tipicamente 50-80, necessarie per includere i vasi di interesse.
 - c. Regolare il trigger-delay e la finestra di acquisizione secondo il periodo osservato di immobilità coronarica.
 - d. Preferenzialmente usare un’acquisizione in **parallel imaging**
 - e. Navigatore posizionato sull’emidiaframma destro.
 - f. Opzionale - usare il gadolinio per incrementare l’efficacia del navigator
3. Facoltativo –
 - a. Tecniche in apnea se scarsa qualità delle immagini o se non disponibile il navigator o se di scarsa qualità.
 - b. Sequenza T2 pesata potrebbe essere utile per sopprimere il segnale miocardico e venoso.

Valutazione delle vene polmonari - pre- e post-ablazione

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS (opzionale)
2. **3D MRA** con mdc in apnea eseguita nella proiezione coronale che comprende le vene polmonari e atrio sinistro (se l’apnea lo permette anche una maggiore copertura anteriore).
 - a. Opzionale - piani obliqui centrati sulle vene polmonari permettono di ridurre lo spessore dello “slab” e anche il tempo di apnea attesa ma a scapito di una minor copertura dell’atrio sinistro.

- b. Opzionale - ECG-gating. Quando il paziente ha un ritmo irregolare, la ricostruzione deve essere sincronizzata con la sistole (cioè senza **trigger delay**).
 - c. 2-3 acquisizioni volumetriche - una pre-contrasto (per sottrazione), una durante il primo passaggio di contrasto, una (opzionale) dopo la somministrazione di contrasto.
 - d. **Time-resolved multiphase MRA** – acquisizione e contrasto partono simultaneamente; questo può permettere la visualizzazione isolata della fase venosa polmonare per la ricostruzione con i software di mapping per l’ablazione.
 - e. Gadolinio (0,1-0,2 mmol/kg) iniettato a 2-3 ml/s
 - f. Spessore di fetta 1-2 mm; risoluzione spaziale bidimensionale 1-1,5 mm.
 - g. Fette - tipicamente 60-80, quelle necessarie per coprire la regione di interesse.
3. Opzionale – analisi del flusso con tecnica **phase-contrast** “through plane” di ogni vena polmonare.
 4. Opzionale – **LGE** della parete atriale sinistra.

Altro

Cardiopatía Valvolare

I pazienti con valvole artificiali possono essere sottoposti in tutta sicurezza a RMC con macchinari a 1,5 e 3 Tesla. La forza generata dal cuore pulsante è di gran lunga superiore alla forza esercitata dal campo magnetico.

1. Approccio generale
 - a. Valutazione della morfologia valvolare con utilizzo di immagini cine bSSFP sul piano della valvola studiata. Attenzione deve essere prestata al fine di ottimizzare il livello e l’angolo di immagine come di seguito descritto.
 - b. Nota - se deve essere effettuata la misura planimetrica di una valvola stenotica, è raccomandata l’acquisizione di un set di immagini parallele o leggermente sovrapposte perpendicolari alla lunghezza del jet di eiezione e che si estendono dall’orifizio al piano immediatamente a valle di esso. La misura planimetrica ha più probabilità di essere corretta quando la sezione trasversa dell’orifizio, o del jet, sia ben delineata.
 - c. Immagini **gradient-echo** o **hybrid gradient-eco** possono visualizzare il jet di rigurgito con una maggiore accuratezza (solo per valutazione qualitativa).
 - d. Immagini **velocity-encoded** per misurare le velocità e la direzione in maniera quantitativa. Adattare la **Encoded Velocity** alla velocità effettiva (utilizzando la velocità più bassa ottenibile senza aliasing).
 - e. Utilizzare il **TE** più basso possibile per i jet ad alta velocità.
2. Approcci specifici per singola valvola
 - a. Mitrale
 - i. Insufficienza

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS
2. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano perpendicolare alla valvola aortica, a livello della giunzione senotubulare a fine diastole. Acquisizione retrospettica sincronizzata è fondamentale per coprire l'intero ciclo cardiaco
- ii. Stenosi
 1. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano parallelo alla valvola mitralica a livello del punto di picco di flusso identificato con immagini cine asse lungo attraverso la valvola mitralica
 2. In alternativa, immagini **velocity encoded** (in-plane) lungo un piano parallelo a e in linea con la turbolenza del jet della mitrale
- b. Aorta
 - i. Insufficienza
 1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS
 - a. Ulteriori immagini pianificate utilizzando i piani della valvola aortica e della radice aortica visualizzati dal tratto di efflusso del VS e piani coronali
 2. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano perpendicolare alla valvola aortica, circa 5 mm al di sopra del piano valvolare a fine diastole. Acquisizione retrospettica sincronizzata è fondamentale per coprire l'intero ciclo cardiaco.
 3. Immagini **velocity encoded** in un piano perpendicolare all'aorta toracica discendente, a livello dell'arteria polmonare, al fine di esaminare il flusso diastolico di inversione.
 - ii. Stenosi
 1. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano parallelo alla valvola aortica e a livello della turbolenza del picco del flusso identificato con immagini cine asse lungo attraverso la valvola aortica
 2. In alternativa, immagini **velocity encoded** (in plane encoding) lungo un piano parallelo a e in linea con la turbolenza del jet di flusso aortico
- c. Tricuspid
 - i. Insufficienza
 1. Protocollo per la morfologia e funzione del VD
 2. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano perpendicolare alla valvola polmonare, in un piano circa 5 mm al di sopra alla valvola a fine diastole. Acquisizione retrospettica sincronizzata è fondamentale per coprire l'intero ciclo cardiaco
 - ii. Stenosi
 1. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano parallelo alla valvola tricuspid a livello del punto di picco di flusso identificato con immagini cine asse lungo attraverso la valvola tricuspid
 2. In alternativa, immagini **velocity encoded** (in-plane) lungo un piano parallelo a e in linea con la turbolenza del jet della tricuspid
- d. Polmonare
 - i. Insufficienza
 1. Protocollo per la morfologia e funzione del VD
 - a. Ulteriori immagini pianificate utilizzando i piani della valvola polmonare e della radice polmonare visualizzati dal tratto di efflusso del VD e piani coronali
 2. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano perpendicolare alla valvola polmonare, circa 5 mm al di sopra del piano valvolare a fine diastole. Acquisizione retrospettica sincronizzata è fondamentale per coprire l'intero ciclo cardiaco.
 - ii. Stenosi
 1. Immagini **velocity encoded** (through-plane) in un piano parallelo alla valvola polmonare e a livello della turbolenza del picco del flusso identificato con immagini cine asse lungo attraverso la valvola polmonare
 2. In alternativa, immagini **velocity encoded** (in plane encoding) lungo un piano parallelo a e in linea con la turbolenza del jet di flusso polmonare.

Malattie del Pericardio

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS sinistro.
2. Immagini **FSE** T1 o T2 pesate (opzionale, con o senza soppressione di grasso)
 - a. 2-3 immagini asse lungo rappresentative e 3-4 immagini asse corto rappresentative per misurare lo spessore pericardico (normale ≤ 3 mm)
 - b. Se si sospetta una cisti pericardica, fare riferimento al protocollo dello studio delle masse
3. Opzionale - Se si sono osservate regioni di pericardio ispessito - immagini "tagging" cine T1 pesate **gradient-echo** del miocardio per dimostrare la presenza o assenza di "slippage" epicardico/pericardico (2-3 immagini asse lungo e 1-2 immagini asse corto).

4. Immagini **real-time** acquisite durante respirazione dinamica sono preziose per la valutazione dell'interdipendenza ventricolare
 - a. Immagini asse corto medioventricolare sono da preferire
 - b. la risoluzione temporale delle immagini cine deve essere preferibilmente inferiore a 60 ms
 - c. I pazienti devono essere istruiti ad effettuare respiri con profondo espirio e inspirio e il periodo di acquisizione totale deve essere di almeno 2 cicli respiratori completi
La presenza di movimento settale anomalo (appiattimento o inversione del setto nella proto-diastole) durante l'inspirazione è specifico di una fisiologia cardiaca di tipo costrittivo
5. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**.
 - a. L'acquisizione con e senza saturazione del grasso è utile per distinguere l'infiammazione del pericardio dal grasso epicardico o pericardico.

Masse cardiache e paracardiache, tra cui trombi

1. Protocollo per la morfologia e funzione del VS.
2. **Fast Spin Echo** T1 pesata - fette orientate lungo la massa e lungo le strutture circostanti (il numero di fette dipende delle dimensioni della massa)
3. **Fast Spin Echo** T2 pesata con soppressione del grasso (opzionale - senza soppressione del grasso) - lungo la massa e le strutture circostanti come sopra.
4. Protocollo di perfusione di primo passaggio con le fette posizionate lungo la massa.
5. Ripetere **Fast Spin Echo** T1 pesata con soppressione del grasso (subito dopo la somministrazione del gadolinio)
6. Opzionale - ripetere alcune selezionate immagini cine **bSSFP** post contrasto
7. Protocollo **Late Gadolinium Enhancement**
 - a. Le immagini col TI impostato per annullare il trombo (circa 500-550 ms, 850-900 ms a 3T) contribuiscono a differenziare una formazione trombotica da un tumore e a delineare una stratificazione trombotica circostante o associata al tumore.
 - b. Immagini ripetute nel tempo possono aiutare a distinguere un tumore con core necrotico ipoperfuso da un trombo.

SEZIONE ABBREVIAZIONI E TERMINI:

Nota: I nomi delle sequenze sono rimaste senza traduzione per mantenere il significato originale.

Termini	Inglese	Italiano
3D bSSFP	3D bSSFP	Nome della sequenza
3D fast-spin-echo	3D fast-spin-echo	Nome della sequenza
3-point piloting	3-point piloting	Nome della sequenza
Aliasing	Aliasing	Aliasing
Bolus trigger	Bolus trigger	Nome della sequenza
bSSFP	Balanced Steady state free precession	Nome della sequenza
CE-MRA	Contrast Enhanced	Angiografia con

	MRA	risonanza magnetica con mezzo di contrasto
Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo	Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo	Nome della sequenza
ECV	Extracellular volume fraction	Frazione di volume extracellulare
Elliptical centric k-space	Elliptical centric k-space N	Nome della sequenza
Fast spin echo T1-W FSE	Fast spin echo T1-W Fast Spin Echo	Nome della sequenza
GBCA	Gadolinium based contrast agent	Mezzo di contrasto a base di gadolinio
Gradient echo	Gradient echo	Nome della sequenza
GRE	Gradient Recalled Echo	Nome della sequenza
Hybrid gradient echo-Echo planar imaging (GRE-EPI)	Hybrid gradient echo-Echo planar (Gradient Recalled Echo-Echo Planar Imaging)	Nome della sequenza
IR	Inversion time	Tempo di inversione
Look Locker imaging (MOLLI or SHMOLLI)	Look Locker imaging (MOLLI or SHMOLLI)	Nome della sequenza
LVOT	Left ventricular out-flow tract	Tratto di efflusso del ventricolo sinistro
Motion encoded cine gradient echo "through plane"	Motion encoded cine gradient echo "through plane"	Nome della sequenza
MRA	Magnetic Resonance angiography	Angiografia con risonanza magnetica
MRI safety	Magnetic Resonance Imaging Safety	Sicurezza in risonanza
NSF	Nephrogenic systemic fibrosis	Fibrosi sistemica nefrogenica
One-direction	One-direction ("through plane") motion encoded	Nome della sequenza
Phase-Sensitive (PSIR)	Phase-Sensitive (Phase Sensitive Inversion Recovery)	Nome della sequenza
QISS	Quiescent interval slice selective	Nome della sequenza
Real-time	Real-time	Nome della sequenza
T1-weighted fast spin echo	T1-weighted fast spin echo	Nome della sequenza
SAR	Specific absorption rate	Tasso di assorbimento
SENSE	Sensitivity encoding	Nome della sequenza
Single-shot	Single-shot	Nome della sequenza
Single-shot bolus Shimming	Single-shot bolus shimming	Nome della sequenza
SMASH	Simultaneous acquisition of spatial harmonics	Nome della sequenza
SNR	Signal to noise ratio	Rapporto segnale/rumore
Spoiled gradient-echo	Spoiled gradient-echo	Nome della sequenza
Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA	Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA	Angiografia con risonanza magnetica con tecnica "stepping table"
T1 mapping	T1 mapping	T1 mapping
T1-W fast spin echo	T1-W fast spin echo	Nome della sequenza
T1-W gradient echo	T1-W gradient echo	Nome della sequenza
T1-W gradient echo myocardial tagged	T1-W gradient echo myocardial tagged	Nome della sequenza
T1-W turbo spin echo	T1-W turbo spin echo	Nome della sequenza
T2	Relaxation time T2	Tempo rilassamento T2
T2 mapping	T2 mapping	T2 mapping
T2 prep time	T2 preparation time	T2 prep time
T2 prepared single-shot SSFP	T2 prepared single-shot SSFP	Nome della sequenza
T2*	T2*	T2*
T2-W	T2-W	T2 pesato
T2-W fast spin echo	T2-W fast spin echo	Nome della sequenza

Kramer et al. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance (2020) 22:17

T2-W gradient echo	T2-W gradient echo	Nome della sequenza
T2-W STIR (Short Tau Inversion Recovery)	T2-W STIR (Short Tau Inversion Recovery)	Nome della sequenza
TE	Time to Echo	Tempo di eco
Time-of-flight MRA	Time-of-flight MRA	Nome della sequenza
Time-resolved	Time-resolved	Nome della sequenza
Time-resolved MRA	Time-resolved MRA	Nome della sequenza
TR	Time to repetition	Tempo di ripetizione
Venc	Velocity encoding	Velocity encoding

Authors' contributions

CK MD – Biotelemetry – research grant. JB MD – Bayer – research grant, lecture fees; Philips Healthcare – research grant. CB-D MD – no disclosures. SF MD – Siemens Healthineers and Philips Healthcare – institutional research support. RK MD – Heart IT – board of directors; Siemens Healthineers – educational grant. EN MD – Bayer – research support, lecture fees; Amgen – lecture fees. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

None.

Availability of data and materials

Not applicable.

Ethics approval and consent to participate

Not applicable.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

1Cardiovascular Medicine, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800158, Charlottesville, VA 22908, USA. 2Department for Radiology, University Hospital Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany. 3Cardiology, Bristol Royal Infirmary, Bristol, UK. 4Imaging Institute, and Heart and Vascular Institute, Cleveland Clinic, Cleveland, OH, USA. 5Duke Cardiovascular Magnetic Resonance Center, Duke University Medical Center, Durham, NC, USA. 6Institute for Experimental and Therapeutic Cardiovascular Imaging, University Hospital, Frankfurt, Germany.

Received: 18 December 2019 Accepted: 7 February 2020

Published online: 24 February 2020

Referenze

1. Kramer C, Barkhausen J, Flamm S, Kim R, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15:91.
2. Pennell DJ et al. Clinical Indications for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2004;6:727-65.
3. Hundley WG, Bluemke D, Bogaert J, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance guidelines for reporting cardiovascular magnetic resonance examinations. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2009;11:5.
4. Schulz-Menger J, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bluemke D, et al. Standardized post processing in cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15:35.
5. Fratz S, Chung T, Greil GF, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013;15:1–26.
6. https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Clinical-Resources/Contrast_Media.pdf. 2017.
7. Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T1, T2, T2* and extracellular volume: a consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI). *J Cardiovasc Magn Reson.* 2017;19:75.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Traduttore Responsabile:

Andrea Cardona, MD, PhD, FSCMR, FACC, ECFMG
Specialista in Cardiologia e Diagnostica
Cardiovascolare Avanzata
Divisione di Cardiologia Riabilitativa e Sportiva
USL Umbria 1, Italia
Professore Assistente, Divisione di Medicina
Cardiovascolare, The Ohio State University, USA
Vice-Chair SCMR Translation Committee

Revisore Responsabile:

Alessandra Scatteia, MD
Specialista in Cardiologia
Laboratorio di Risonanza Magnetica Cardiovascolare
Ospedale medico-chirurgico accreditato
“Villa Dei Fiori”; Acerra, Napoli, Italia.

