



## Documento Societario

# Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

### **Coordinatore:**

**Ernesto Di Cesare** - Università degli Studi dell'Aquila

### **Cardioradiologia:**

**Antonio Esposito** – IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano Università San Raffaele, Milano

### **Radiologia Addominale e Gastroenterologica:**

**Alfonso Reginelli** - Università degli Studi della Campania, L. Vanvitelli

### **Radiologia Toracica:**

**Nicola Sverzellati** – Università degli Studi di Parma

### **Radiologia Urogenitale:**

**Giorgio Ascenti** – Università degli Studi di Messina

### **Risonanza Magnetica:**

**Giuseppe Petralia** – Istituto Europeo di Oncologia, Università degli Studi di Milano

### **In collaborazione con:**

**Anna Palmisano**, IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano Università Vita Salute San Raffaele, Milano; **Nicholas Landini**, Dipartimento di Scienze Radiologiche, Oncologia e Patologia, Università "La Sapienza", Policlinico Umberto I, Roma; **Elena Bertelli**, Azienda Ospedaliera Universitaria Careggi, Firenze; **Bruno Accarino**, Napoli; **Germano Scevola**, Ospedale S. Pertini, Roma

Approvato dal CD SIRM il 7 aprile 2025  
Presidente SIRM: Nicoletta Gandolfo

## Protocolli RM del Body

\*SEQUENZE – TERMINOLOGIA DELLE APPARECCHIATURE MAGGIORMENTE DIFFUSE SUL TERRITORIO NAZIONALE

	Sequenza	Siemens	Philips	GE	Canon
<b>Studio morfologico</b>	Black blood con doppia o tripla inversion recovery, DP, T1 o T2 pesate	HASTE TSE BB	Single Shot TSE	Single Shot FSE, FSE-XL IR	FASE
<b>Sequenze CINE per lo studio di volumi e funzione</b>	Bright blood SSFP o FFE gradient echo	Cine True FISP	Cine bSSFP	FIESTA, CINE, FASTCARD	Cine FFE- SSFP
<b>Sequenze di Perfusion</b>	PWI, TSI, EPI	EPI	TFE/EPI, B- FFE, TFE	EPI-FGR- Multiphase	EPI, SSFP
<b>Sequenze di LGE</b>	IR GRE or SSFP, PSIR	IR TurboFLASH	IR TFE	IR PrepFGRE	FFESeg IR
<b>Studio dei flussi</b>	Velocity-encoded cine imaging	PC	PC	PC	PS-TSA

BB = black blood, bSSFP = balanced steady-state free precession, EPI = echo planar imaging, DP= densità protonica, FASE = single-shot turbo spin echo, FFE- SSFP = fast field echo-steady state free precession, FGR = fast gradient recalled acquisition, FGRE = fast gradient echo, FIESTA = fast imaging employing steady-state acquisition, FISP = fast imaging with steady state precession, FLASH = fast low angle shot, FSE = fast spin echo, FSE-XL = fast spin echo-accelerated, GRE = gradient echo, HASTE = half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, IR = inversion recovery, LGE = late gadolinium enhancement, PC = phase contrast, PS = phase shift, PSIR = phase-sensitive inversion-recovery, PWI = perfusion weighted image, TSA = time-shift analysis, TSE = turbo spin echo, TSI = time-signal intensity

## CUORE

### HARDWARE - SPECIFICHE TECNICHE

1. Apparecchiatura ad alto campo (1.5T – 3T);
2. Bobine RF cardio-specifiche multicanale (almeno 8 canali) per permettere acquisizioni con imaging parallelo e ridurre il tempo di apnea per sequenza;
3. Elettrodi per cardiosincronizzazione, preferibilmente vettorcardiografici;
4. Possibilità di imaging parallelo per ridurre il tempo di acquisizione e di apnea (p.e. Sensitivity encoding (SENSE), simultaneous acquisition of spatial harmonics (SMASH), generalized autocalibrating partially parallel acquisition (GRAPPA)).

### PREPARAZIONE DEL PAZIENTE

1. L'utilizzo di beta-bloccanti o antiaritmici può essere utile in pazienti selezionati per ottenere controllo di frequenza e ritmo cardiaco, in assenza di controindicazioni farmaco-specifiche.
2. In caso di RM Stress è necessaria l'astensione da caffè, tè e altre sostanze contenenti caffeina e/o teina, nell'arco delle precedenti 12/24 h. Se l'agente farmacologico usato per lo stress è un vasodilatatore, è necessario astenersi dall'assunzione di teofillina o dipiridamolo nelle 12/24 h precedenti l'esame, mentre se si usa la dobutamina, è necessario sospendere nitrati e beta-bloccanti.

### FARMACI PER RM STRESS

Generalmente si usano farmaci vasodilatatori, mentre meno frequente è l'uso di agenti inotropi positivi.

Tra i vasodilatatori:

- Regadenoson: bolo unico da 0.4 mg, seguito da 100 mg di aminofillina per via endovenosa dopo perfusione stress per abolire l'effetto del Regadenoson.
- Adenosina: 140 µg/kg/min per 2–4 min (fino a 210 µg/kg/min se, dopo 2–3 min, la frequenza non aumenta di almeno 10 bpm e/o la pressione sistolica non si abbassa di almeno 10 mmHg).
- Dipiridamolo: 0.142 µg/kg/min per 4 min, seguito da 100 mg di aminofillina per via endovenosa dopo perfusione stress per abolire l'effetto del Dipiridamolo.

Controindicazioni per questa classe di farmaci sono: BAV di grado II o III; pressione arteriosa sistolica < 90 mmHg; severa ipertensione arteriosa (> 220/120 mmHg); bradicardia sinusale (< 40 bpm); uso di broncocostrittori o anamnesi positiva per malattie per malattie broncospastiche con uso di inalatori; insufficienza cardiaca scompensata; nota intolleranza all'agente.

Il Regadenoson presenta il profilo di sicurezza maggiore rispetto agli altri farmaci della classe, ma ha un'emivita più lunga, il che richiede l'uso di aminofilline per revertirne l'effetto.

Effetti collaterali: rossore, dolore al petto, palpitazioni, dispnea, ipotensione, broncospasmo.

Tra gli inotropi positivi: Dobutamina: 40µg/kg/min ± 0.25 mg di atropina (fino a dose massima di 2 mg).

Controindicazioni per Dobutamina: severa ipertensione arteriosa (> 220/120 mmHg); angina instabile; stenosi valvolare aortica severa; aritmie cardiache complesse e fibrillazione atriale; cardiomiopatia ipertrofica ostruttiva; miocarditi, endocarditi o pericarditi.

Controindicazioni per Atropina: glaucoma ad angolo stretto; miastenia gravis; uropatia ostruttiva; patologie gastrointestinali ostruttive.

Effetti collaterali: dolore precordiale, palpitazioni, fibrillazione ventricolare o tachicardia ventricolare sostenuta.

### PAZIENTI PORTATORI DI DEVICE CARDIACI

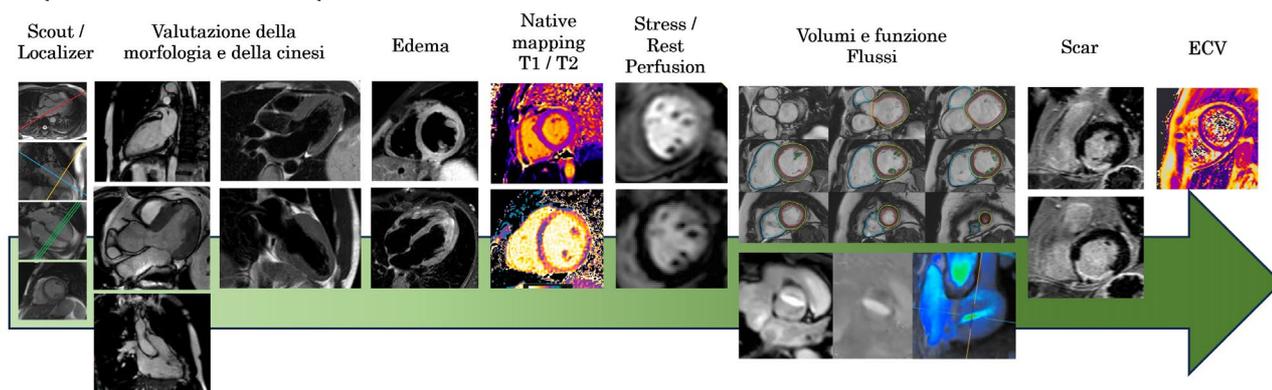
- Valutare la compatibilità del device in base alle raccomandazioni del produttore;
- È preferibile attendere almeno 6 settimane dall'impianto del device prima di eseguire l'esame, salvo indicazioni urgenti;
- Se necessario, riprogrammare il device sulla base delle raccomandazioni del produttore e dello specialista elettrofisiologo;
- Bisogna valutare la funzionalità del device sia prima che a termina dell'esame;
- È necessario monitorare i parametri vitali del paziente durante l'esame e avere a disposizione un carrello per emergenze.

Considerazioni tecniche specifiche:

- Posizionare il braccio omolaterale rispetto all'elettrostimolatore dietro la testa durante l'esame;
- Acquisire le sequenze in inspirio profondo;
- Preferire sequenze gradient-echo rispetto alle bSSFP;

- Se disponibili, preferire sequenze LGE ‘a banda larga’ per ridurre gli artefatti off-resonance nelle sequenze tardive. (1)

## SEQUENZE – PIANI DI ACQUISIZIONE



Lo studio inizia con l'acquisizione in singolo heartbeat e singola apnea di sequenze Localizer sui piani assiale, coronale e sagittale, da cui possono essere derivati i piani per lo studio delle varie camere e strutture cardiache.

- Ventricolo Sinistro
  1. Dalla scout transassiale si ottiene un piano pseudo-2 camere (p2C) asse lungo, passante per il centro della valvola mitralica e l'apice del ventricolo sinistro.
  2. Selezionando un piano ortogonale alla p2C si ottiene una proiezione in **asse lungo 4 camere (4C)**.
  3. Posizionandosi su un piano ortogonale sia alla p2C che alla 4C si ottiene il piano **asse corto (AC)**.
  4. Intersecando la parete anteriore e inferiore del ventricolo sinistro in AC e selezionando un piano ortogonale alla 4C si ottiene una vera proiezione **2 camere in asse lungo (2C)**.
  5. Intersecando la valvola aortica con la parete posteriore del ventricolo sinistro dalla proiezione AC e posizionandosi su un piano ortogonale alla 2C si ottiene una proiezione **3 camere (3C)**.
- Ventricolo Destro
  1. Selezionando un piano passante per l'arteria polmonare dalla scout transassiale si ottiene un piano sagittale per lo studio del tratto di efflusso del Ventricolo Destro (RVOT).
  2. Il piano ortogonale alla proiezione sagittale RVOT permette di ottenere una coronale RVOT, utile per ottenere una corretta proiezione per lo studio della valvola polmonare.
  3. Selezionando un piano passante per la valvola tricuspide e l'apice del ventricolo destro su una proiezione 4C e si ottiene una proiezione per lo studio dei tratti di afflusso ed efflusso del Ventricolo Destro.

N.B. è necessario acquisire le proiezioni per il ventricolo destro ogni qual volta il quesito clinico lo richieda.

- Valvola Aortica: Per ottenere una proiezione in plane della valvola aortica si seleziona un piano perpendicolare al flusso transvalvolare aortico nella proiezione 3C.

N.B. tale piano può essere usato per lo studio della morfologia valvolare e per lo studio di flusso.

- Valvola Polmonare: da studiare mediante piano perpendicolare al flusso in arteria polmonare nelle sequenze sagittali e coronali per RVOT.

N.B. tale piano può essere usato per lo studio della morfologia valvolare e per lo studio di flusso.

## SEQUENZE – SPECIFICHE TECNICHE E UTILITA' CLINICA

### 1. Studio morfologico: sequenze black blood

- Trigger prospettico, con acquisizione “single slice- single phase” con un'immagine per singola apnea. L'acquisizione avviene in genere in meso-diastole;
- Sequenze pre-contrastografiche;
- La soppressione del segnale del sangue (black blood) si ottiene mediante una doppia inversion recovery (DIR), data da impulsi di radiofrequenza di eccitazione e refocusing (through-plane flow suppression). Il primo impulso (180°) è slice non-selettivo, il secondo (180°) è slice-selettivo; il Tempo di Inversione (TI) dal primo impulso è impostato sulla base della frequenza cardiaca: a 1.5 T e 60 bpm il TI è in genere 650 ms, da ridurre per frequenze più elevate.
- Alla DIR si associa poi una sequenza fast/turbo spin-echo, e in base al tempo di ripetizione (TR) di ottiene una diversa pesatura (TR=2 intervalli RR dà una pesatura in densità protonica, un TR lungo, >80 ms, dà una pesatura in T2, se TR=1 intervallo RR si ottiene una debole pesatura in T1). Il TR è impostato sulla base della frequenza cardiaca (p.e. TR=2 intervalli R per frequenze ≤80bpm o =4 RR per frequenze >80bpm). Le sequenze spin-echo in

genere usano treni di impulsi di rifocalizzazione (Fast Spin-Echo). Generalmente vengono acquisiti 20 o più echi dopo ogni eccitazione (Echo Train Length), con tempo di acquisizione medio di circa 10-15 secondi per apnea respiratoria. Lo spessore di fetta è in genere 8 mm.

- Si può associare un terzo impulso di inversione (Triple Inversion Recovery) per abbattere il segnale del tessuto adiposo, ottenendo delle sequenze black-blood T2 pesate con soppressione del grasso (STIR) per identificazione dell'edema miocardico.
- Sequenze con buon dettaglio anatomico, utili per studiare l'intensità del tessuto (presenza di edema; studio di masse miocardiche). Non possono essere usate per valutazioni funzionali o misurazione degli spessori parietali;
- Artefatti da mancata soppressione del segnale ematico in presenza di flusso rallentato o turbolento. In questi casi può essere utile ridurre lo spessore di fetta.

## **2. Studio di volumi e funzione: sequenze balanced Steady State**

- Trigger retrospettivo, con acquisizioni della durata di diversi alcuni heartbeats. Possibile acquisire le CINE multifase multistrato in AC per quantificazione dei volumi (AC su tutto il ventricolo sinistro) anche dopo iniezione di MdC;
- Sequenze di tipo bright-blood con contrasto di tipo T2/T1;
- Tempo di Ripetizione e Tempo di Eco molto bassi (p.e. 3.0 ms e 1.5 ms), flip angle elevato, field of view (FOV) 250-350 x 350 mm, slice thickness 6-8 mm, durata di acquisizione 9-10 s per slice. Risoluzione temporale  $\leq 45$  ms.
- Possibili artefatti off-resonance per TR più lunghi, soprattutto in presenza di device metallici o a 3T.
- Piani di acquisizione: 4C, 2C asse lungo, 3C (unica immagine) + asse corto VS dalla base all'apice (spessore 6-10 mm, con o senza 2-4 mm di gap interslice per arrivare ad un totale di 10 mm). Nelle sequenze asse corto è necessario acquisire almeno 20 cicli cardiaci per valutare adeguatamente i volumi e la funzione cardiaca.
- È possibile ottenere un'acquisizione 'Real Time' per valutare l'interdipendenza ventricolare o in pazienti non in grado di mantenere l'apnea. Risoluzione temporale  $\leq 60$  ms. Con queste sequenze non è sempre possibile un'adeguata valutazione di volumi e funzione.

## **3. Perfusion**

- Immagini acquisite come "multi-slice, multi-phase" durante più battiti cardiaci. L'apnea non è necessaria per la valutazione qualitativa. Il mantenimento dell'apnea durante la perfusione di primo passaggio è utile ai fini della coregistrazione di perfusione "rest" e "stress" per il calcolo dell' MPRI (myocardial perfusion reserve index) o del MBF (myocardial blood flow)
- Sequenze acquisite solitamente in asse corto durante l'infusione di mezzo di contrasto con copertura minima di 3 (fino a 6) slice sul ventricolo sinistro. Ogni slice è acquisita in multipli cicli cardiaci ma nella stessa fase cardiaca. Si consiglia un'acquisizione di almeno 50-60 cicli cardiaci consecutivi, da aumentare in pazienti con una gittata cardiaca ridotta. Ogni slice ha un tempo di acquisizione variabile tra 50 e 200 ms, variabile in base alla frequenza cardiaca (in genere si ottiene un'acquisizione ogni due battiti, o ad ogni battito per soggetti bradicardici).
- Lo spessore di fetta è in genere tra 5 e 10 mm, con una risoluzione spaziale in-plane di 1.5-3 mm. TR e TE sono brevi (p.e. 2.2. e 1.3 ms), il flip angle basso (p.e. 12°). È possibile fare uso di imaging parallelo per ridurre i tempi di acquisizione.
- Sequenze con pesatura T1.
- Se utilizzata nel contesto di una RM stress, è necessario aspettare circa 10 minuti tra lo studio perfusione in stress e in rest per permettere un adeguato washout del Gadolinio.
- Si consiglia l'utilizzo di tecniche di imaging parallelo per migliorare la risoluzione temporale e la copertura spaziale; e.g. ASSET (GE), iPAT (Siemens), SENSE (Philips), SPEEDER (Toshiba).
- Sequenza utilizzata nei protocolli con stress per paragonare la perfusione a riposo con quella durante stress per identificare aree di ischemia inducibile, o a riposo nella valutazione di masse miocardiche.

## **4. Late Gadolinium Enhancement**

- Possibilità di acquisizione in modalità 2D Gradient-echo con impulso di inversione di preparazione, "single-slice, single phase", o in modalità 3D "multislice, single phase".
- Acquisizione prospettica, in genere in meso-diastole, con readout ad ogni battito in pazienti bradicardici (<60 bpm) o a battiti alterni sino anche a un battito ogni tre in pazienti tachicardici (>100 bpm).
- Circa 10 minuti dopo iniezione di MdC con pesatura in T1.
- Piani di acquisizione e spessore di fetta analoghi alle sequenze CINE.
- Per evidenziare l'iperintensità della cicatrice miocardica, la sequenza include un impulso di inversione per abbattere il segnale del miocardio remoto. La sequenza è preceduta da una 'T1 scout' Look-Locker utilizzata per impostare il tempo di inversione. Alternativamente, l'uso di sequenze PSIR permette di non dover impostare manualmente il TI.

- Si consiglia l'uso di TI più brevi per valutare le cicatrici subendocardiche (circa 200 ms), e più lunghi (circa 550 ms a 1.5T e 850 ms a 3T) per distinguere aree di no-reflow o per valutare la presenza di trombi endocavitari.
- Sequenza utilizzata per valutare la presenza di cicatrici miocardiche o trombi.
- Si possono acquisire sequenze di LGE con soppressione del segnale ematico endocavitario (sequenze dark-blood) per identificare piccole cicatrici subendocardiche.

#### **5. Studio dei flussi**

- Sequenze Gradient-Echo di tipo "single slice, multi-phase", acquisite nel tempo di un'apnea.
- Non richiedono MdC, ma possono essere acquisite dopo l'iniezione di contrasto.
- La sequenza va acquisita su un piano perpendicolare rispetto al flusso studiato. Lo spessore di fetta è in genere 5-8 mm, con una risoluzione in-plane di almeno 1/10 del diametro del vaso studiato e con una risoluzione temporale  $\leq 50$  ms. Il TE deve essere il più breve possibile. Trigger retrospettivo.
- Da ogni acquisizione derivano due ricostruzioni, una phase-cine e una magnitude-cine. La prima è un'immagine non anatomica che mostra i flussi retrogrado e anterogrado, mentre la magnitude-cine mostra il dettaglio anatomico, privo di informazioni quantitative sul flusso.
- È necessario selezionare una VENC specifica in base al flusso da studiare, la più bassa possibile ma superiore al picco di velocità di flusso per non avere aliasing.

#### **6. T1 Mapping**

- Misurazione del tempo di rilassamento T1 nativo del miocardio prima e dopo contrasto. Il tempo T1 nativo subisce modificazioni in diversi contesti patologici, risultando pertanto molto sensibile ma poco specifico; il tempo T1 post-contrasto è acquisito ai fini del calcolo della frazione di volume extracellulare (ECV, vedi dopo).
- Sequenze MOLLI (MODified Look Locker Inversion recovery), shMOLLI (shortened MOLLI), SASHA (Saturation recovery-based T1-mapping).
- Acquisizione con trigger prospettico in meso-diastole; in pazienti tachicardici o aritmici è possibile acquisire in sistole. È fondamentale che le acquisizioni pre e post contrastografiche abbiano la stessa geometria e vengano acquisite nella stessa fase per poter calcolare l'ECV.
- Spessore di fetta 6-8 mm; risoluzione in-plane 1.6-2 mm. Bisogna acquisire almeno una fetta in asse corto medioventricolare, ma è preferibile un campionamento AC base, medio e apice.
- I valori di riferimento fisiologici devono essere determinati localmente essendo caratterizzati da variabilità interscanner e influenzati dal campo magnetico.

#### **7. T2 Mapping**

- Misurazione del tempo di rilassamento T2 del miocardio, che incrementa quando vi è un accumulo di H<sub>2</sub>O, come in stati di edema e flogosi. È un indicatore molto specifico della presenza di edema.
- Si possono usare sequenze ibride GraSE (Gradient Spin Echo), sequenze FSE o sequenze bSSFP con modulo di preparazione T2.
- Spessore di fetta 6-8 mm; risoluzione in-plane 1.6-2 mm. Bisogna acquisire almeno una fetta in asse corto medioventricolare, ma è preferibile un campionamento AC base, medio e apice.

#### **8. T2\* Mapping**

- Misurazione del tempo di rilassamento T2\* del miocardio, utilizzata per quantificare il sovraccarico marziale.
- Sequenza T2 gradient echo pre-contrastografica, a singola apnea, con echi multipli (6-9, a partire da un TE di ~ 2 ms sino a ~ 18 ms, con intervallo di ~ 2 ms). In pazienti con noto severo accumulo di Ferro si può ridurre a 1 ms l'intervallo tra due echi, con intervallo da ~ 2 ms sino a ~ 12 ms.
- Spessore di fetta 8-10 mm; risoluzione in-plane 1.6-3 mm. Bisogna acquisire almeno una fetta in asse corto medioventricolare, ma è preferibile un campionamento AC base, medio e apice.

## POST PROCESSING

### Volumi e funzione biventricolari

#### Analisi qualitativa

1. Valutazione qualitativa: valutare la correttezza dei piani di acquisizione e la presenza di artefatti.
2. Ventricolo sinistro: valutazione della cinesi globale e segmentaria (ipercinesia, normocinesia, ipocinesia, acinesia, discinesia). In presenza di discinesie segmentarie, descrivere i segmenti sulla base della nomenclatura standard dell'American Heart Association.
3. Ventricolo destro: valutazione della cinesi globale e regionale (parete settale e parete libera basale, media e apicale).
4. Valutazione globale: interdipendenza ventricolare, presenza di shunts.

#### Analisi quantitativa

1. Permette di calcolare volume telesistolico e telediastolico, gittata sistolica e cardiaca, frazione d'eiezione e - per il solo ventricolo sinistro- massa miocardica. I parametri possono essere indicizzati per BMI o BSA.
2. Ventricolo sinistro: si tracciano il contorno epicardico ed endocardico del ventricolo sinistro (manualmente o tramite software dedicati) nelle fasi telesistolica (definita come quella con volume ematico endocavitario minore) e telediastolica (volume ematico endocavitario maggiore). Per quanto riguarda il contorno epicardico, bisognerebbe considerare il centro della rime di chemical shift (qualora visibile); per quanto riguarda il contorno endocardico, è accettabile escludere dalla segmentazione muscoli papillari e trabecole, che vengono pertanto considerati nel volume ematico. Il tratto di efflusso del ventricolo sinistro è considerato come parte del volume. Bisogna prestare attenzione nella segmentazione dei segmenti basali sul piano valvolare mitralico per non includere volume atriale. Per ottenere i parametri più accurati, la segmentazione va fatta sullo stack asse corto che include l'intero volume ventricolare; in alternativa, può essere fatta sulla sola acquisizione 4C (metodo monopiano) o 2C asse lungo + 4C (metodo biplano).
3. Ventricolo destro: si traccia il solo contorno endocardico in fase telediastolica e telesistolica, preferibilmente sull'intero stack asse corto. Il tratto di efflusso va considerato nel volume ventricolare. Anche in questo caso, trabecole e muscoli papillari sono normalmente inclusi nel volume ematico.
4. I volumi sono quindi automaticamente calcolati sommando i volumi delle singole slice, tenendo conto dello spessore di fetta e del gap tra le slices (regola di Simpson).
5. Verifica dei risultati: in assenza di shunt o vizi valvolari, le gittate sistoliche dei due ventricoli dovrebbero essere quasi uguali. Dal momento che la segmentazione del ventricolo sinistro è più affidabile, quest'ultima dovrebbe essere utilizzata per validare la segmentazione del ventricolo destro.

### T1 Mapping

1. Analisi qualitativa: valutare la presenza di artefatti.
2. Analisi quantitativa: in presenza di software dedicati, segmentare i contorni endo ed epicardico dell'intero ventricolo sui segmenti basale, medio e apicale acquisiti (o correggere, se necessario, la segmentazione automatica fornita dal software). In assenza di tool dedicati, disegnare una ROI a livello del setto medio-ventricolare (area meno affetta da artefatti da respiro o da suscettività magnetica); una ROI basale può essere usata come validazione interna. Nel sospetto di patologie focali, disegnare ulteriori ROI a livello dei segmenti patologici. Evitare ROI di dimensioni troppo piccole (< 20 pixel). Il valore misurato dalla ROI, così come i valori globale e segmentale forniti dai software, devono essere confrontati con i range di normalità localmente validati.

### ECV

1. In presenza di sequenze di T1 mapping post-contrastografiche oltre che native, è possibile quantificare la frazione di volume extracellulare. La segmentazione è analoga a quanto descritto per 'T1 Mapping', e deve essere identica nelle sequenze pre e post contrastografiche. E' necessario inoltre disegnare una ROI a livello del blood pool ematico endocavitario, al fine di applicare la formula per il calcolo dell'ECV:
2. In mancanza del dato laboratoristico dell'ematocrito, è possibile calcolare un 'ematocrito sintetico'.

### T2 Mapping

1. Analisi qualitativa: valutare la presenza di artefatti.
2. Analisi quantitativa: segmentazione analoga a quanto descritto per 'T1 Mapping'.

### T2\* Mapping

1. Analisi qualitativa: valutare la presenza di artefatti.

2. Analisi quantitativa: segmentazione analoga a quanto descritto per 'T1 Mapping' che richiede sempre l'utilizzo di un software dedicato. L'intensità di segnale della ROI o della parete miocardica segmentate viene confrontata con il TE, sapendo che un accumulo marziale maggiore riduce il tempo T2\*.
3. I valori di cut-off per scanner 1.5T sono: valori normali: T2\* = 40 ms; accumulo di Ferro: T2\* = < 20 ms; severo accumulo di Ferro, con aumentato rischio di scompenso cardiaco: T2\* < 10 ms. La valutazione del T2\* negli scanner 3T è meno affidabile e al momento mancano validazioni cliniche.

#### Late Gadolinium Enhancement

1. Analisi qualitativa: valutare la presenza di artefatti, il corretto abbattimento del segnale del miocardio remoto, e descrivere la presenza e il pattern delle cicatrici miocardiche. Le cicatrici possono essere descritte in base alla porzione di miocardio interessata come: subendocardiche, mesocardiche, subepicardiche, transmurali, patchy; in base alla causa sottesa come: ischemiche, quando hanno una distribuzione da subendocardica a trasmurale e un territorio di distribuzione coronarico) e non ischemiche; in base alle regioni coinvolte: utilizzare la nomenclatura standard 17-segmenti AHA. La trasмурaità deve essere stimata come coinvolgimento percentuale dello spessore parietale miocardico: 0%, 1–25%, 26–50%, 51–75%, 76–100%. In pazienti con infarto acuto, bisogna includere una valutazione delle aree di no-reflow come parte dell'area cicatriziale.
2. Analisi quantitativa: segmentare i contorni endo ed epicardici sull'intero stack asse corto, quindi procedere con la segmentazione dell'area di LGE:
  - a. Segmentazione manuale: operatore-dipendente;
  - b. Segmentazione n-SD: oltre alla segmentazione miocardica, disegnare una ROI in un'area di miocardio remoto. Il tool esegue una segmentazione (semi) automatica delle aree di LGE, definite quali aree con intensità media pari a n deviazioni standard (SD) rispetto alla media della ROI di riferimento. E' raccomandabile una soglia di 5 SD per l'identificazione di cicatrici ischemiche, mentre non è ancora stata validata una soglia per cicatrici non ischemiche. E' necessario correggere manualmente la segmentazione (escludere aree impropriamente considerate cicatriziali, in genere a livello subendocardico per volume parziale con il blood pool ematico, e aggiungere aree di no-reflow).
  - c. Segmentazione FWHM: la tecnica 'Full Width and Half Maximum' prevede oltre le segmentazione del ventricolo sinistro, di disegnare una ROI a livello della cicatrice miocardica. Il tool esegue una segmentazione (semi) automatica delle aree di LGE, definite quali aree con intensità media superiore rispetto al 50% dell'intensità media nella ROI di riferimento. E' una tecnica più riproducibile nella quantificazione di cicatrici ischemiche, meno accurata nella quantificazione di aree di cicatrice 'patchy' o cicatrici meno iperintense. Anche in questo caso è raccomandata una correzione manuale successiva alla segmentazione semi automatica.

#### Studio dei flussi

1. Analisi qualitativa: valutare la presenza di artefatti, specie aliasing, e la correttezza del piano di acquisizione.
2. Analisi quantitativa: segmentazione del vaso oggetto di studio in tutte e fasi di acquisizione (sia sulle immagini di fase che di ampiezza). L'utilizzo di una baseline-correction è facoltativo. Il software dedicato calcola automaticamente volumi anterogrado e retrogrado, portata, velocità media e massima. Da questi parametri si possono calcolare volumi e frazioni di rigurgito.
3. E' possibile valutare la presenza di shunt cardiaci calcolando i flussi polmonare e sistemico (Qp/Qs).

#### BIBLIOGRAFIA:

1. Ranjan R, McGann CJ, Jeong EK, Hong K, Kholmovski EG, Blauer J, Wilson BD, Marrouche NF, Kim D. Wideband late gadolinium enhanced magnetic resonance imaging for imaging myocardial scar without image artefacts induced by implantable cardioverter-defibrillator: a feasibility study at 3 T. *Europace*. 2015 Mar;17(3):483-8. doi: 10.1093/europace/euu263.

**PROTOCOLLI DI ACQUISIZIONE IN BASE AL QUESITO CLINICO**

● **Cardiopatía ischemica e Takotsubo**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Cine SSFP	1 slice: - 2 Camere asse lungo; - 3 Camere; - 4 Camere.	Iniziale assessment morfo-funzionale e alterazioni della contrattilità regionali
Black-blood T2-pesate	1 slice: - 2 Camere asse lungo; - 3 Camere; - 4 Camere; 2 camere asse corto (AC) da base ad apice.	Valutazione qualitativa dell'edema e della regionalità coronarica vs non-coronarica
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T2* mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale. -1 slice 3C e 4C	Valutazione quantitativa del no reflow
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Volumi e funzione biventricolari.
LGE	AC da base ad apice IR 2D o PSIR. Almeno 1 slice in IR3D o PSIR - 4 camere; - 2 camere asse lungo; - 3 camere;	Presenza ed estensione di cicatrice miocardica e aree di MVO in paziente con infarto miocardico.
LGE con TI 500-600 ms*	2 camere asse lungo o 4 camere o dove sussista sospetto di trombo endocavitario.	Visualizzazione di trombi endocavitari.

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; TI= tempo di inversione.

● **Cardiopatía ischemica cronica: perfusione con stress**

Sequenza	Piano di acquisizione	Funzione
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere; - 4 camere.	Iniziale assessment morfo-funzionale.
Black-blood T2-pesate*	2 camere asse corto (AC) da base ad apice. Almeno 1 slice: - 4 Camere; - 2 Camere asse lungo§; - 3 Camere§;	Valutazione qualitativa dell'edema.
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale. 1 slice 4C §;	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1 mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale. 1 slice 4C §;	Valutazione di fibrosi miocardica.
Perfusione Stress	Almeno 3 slices, a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione aree di ischemia inducibile.
CINE Volumi (almeno 5 min dopo perfusione da stress)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione.
Perfusione Rest (almeno 10 min dopo perfusione da stress)	Almeno 3 slices, a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione aree di ischemia inducibile.
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice. Almeno 1 slice 4C; - 2 Camere asse lungo §; - 3 Camere §;	Presenza ed estensione di cicatrice miocardica e aree di MVO.
T1 mapping post contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione ECV.

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; MdC= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Cardiomiopatia dilatativa e cardiomiopatie infiammatorie (miocardite, sarcoidosi cardio-tossicità da chemioterapici)**

Sequenza	Piano di acquisizione	Funzione
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere§; - 4 camere.	Iniziale assessment morfo-funzionale.
Cine SSFP torace*	Assiali su intero torace	Valutazione di adenopatie ilari in pazienti con sospetta sarcoidosi
Black-blood T2-pesate	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  1 slice: - 2 Camere asse lungo§; - 3 Camere§; - 4 Camere;	Valutazione qualitativa dell'edema e eventuali granulomi
T2 mapping	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema in eventuale eziologia infiammatoria.
T1 mapping nativo	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Per calcolo dell'ECV.
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione. Cardiotossicità: riduzione di almeno il 5% della FE rispetto al baseline in pazienti sintomatici o di almeno il 10% in pazienti asintomatici o < 55%.
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4C - 2 Camere asse lungo §; - 3 C§;	Presenza ed estensione di cicatrice miocardiche In caso di sarcoidosi per valutare la presenza di granulomi miocardici intramurali, in genere a livello della parete laterale basale, con aspetto 'patchy', che regrediscono dopo terapia.
T1 mapping post-contrasto	Almeno 1 slice AC a livello: - Basale - Medio; - Apicale	Calcolo ECV- valutazione fibrosi interstiziale

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Pericardite**

Sequenza	Piano di acquisizione	Funzione
Cine SSFP	Almeno 1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere§; - 4 camere.	Iniziale assessment morfo-funzionale. Presenza di versamento pericardico.
Black-blood T2-pesate	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  1 slice: - 2 Camere asse lungo§; - 3 Camere§; - 4 Camere;	Valutazione qualitativa dell'edema e spessore pericardico
Sequenze T1-pesate o DP non fat	2-3 slices su piano asse lungo (2 o 4 camere) + 3-4 slices su AC	Valutazione spessore pericardico
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1 mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione di fibrosi miocardica
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione
CINE Real Time	AC medioventricolare	Valutare la presenza di interdipendenza ventricolare ("septal bounce") da pericardite costrittiva.
LGE	1 slice: - 2 Camere asse lungo; - 3 Camere; - 4 Camere; 2 camere asse corto (AC) da base ad apice.	Presenza di scar miocardica o ispessimento (≥ 3 mm) con iperenhancement del pericardio
T1 mapping post-contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Cardiomiopatia ipertrofica, fenotipi ipertrofici e cardiomiopatie infiltrative**

Sequenza	Piano di acquisizione	Funzione
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere; - 4 camere.	Iniziale assessment morfo-funzionale. Valutare la presenza di cripte in sospetta HCM. Valutare la presenza di SAM dalla 3 camere.
Black-blood T2-pesate	2 camere asse corto (AC) da base ad apice. Almeno 1 slice 4C - 2 Camere asse lungo §; - 3 C§;	Valutazione qualitativa dell'edema.
T2 mapping	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1 mapping nativo	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Studio del tempo di rilassamento (>HCM, >>amiloidosi, <Fabry e emocromatosi)
T2* mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Solo in caso di sospetta emocromatosi miocardica per valutazione del grado di accumulo marziale (< 10 ms marcato accumulo, 10-20 ms intermedio, > 20 ms basso)
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione
Phase Contrast LVOT e valvola aortica*	Almeno 2 PC: - a livello del LVOT, perpendicolarmente al flusso; - circa 5 mm oltre la valvola aortica, perpendicolarmente al flusso	Solo in pazienti con evidenza di ostruzione al tratto d'efflusso Valutare l'accelerazione di flusso e studiare il gradiente transvalvolare mediante equazione di Bernoulli: $4 \times (V_1^2 - V_2^2)$ con V1 e V2 equivalenti alla velocità massima in LVOT e post valvolare
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4C - 2 Camere asse lungo §; - 3 C§;	HCM: aree di LGE in sede di massima ipertrofia Amiloidosi: difficile reperibilità del corretto tempo di inversione miocardica nelle sequenze Look-Locker. LGE subendocardico o patchy o transmurale suggestivo di amiloidosi. Fabry: LGE infero-laterale. Emocromatosi: sfumato LGE epicardico negli stadi più avanzati di malattia
T1 mapping post-contrasto	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume; HCM= hypertrophic cardiomyopathy; SAM = Systolic Anterior Motion.

● **Ventricolo sinistro non compatto**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Cine SSFP	1 slice: - 2 CH asse corto - 2CH asse lungo §; - 3 CH§; - 4 CH.	Iniziale assessment morfo-funzionale. Misurazione del rapporto tra miocardio compatto e non compatto in diastole su un piano 3C o 4C asse lungo (criterio diagnostico sec. Petersen)
DP non fat*	1 slice: - 2 camere asse lungo;  2 camere asse corto (AC) da base ad apice.	Misurazione del rapporto tra miocardio compatto e non compatto in diastole su un piano 3C o 4C asse lungo (criterio diagnostico sec. Petersen.
Black-blood T2-pesate*	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4C - 2 CH asse lungo §; - 3 CH§;	Valutazione qualitativa dell'edema.
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1 mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione di fibrosi miocardica
CINE Volumi (post MdC)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione. Misurazione della massa trabecolare in telediastole su piano asse corto (criterio diagnostico sec. Jacquier)
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4C - 2 CH asse lungo §; - 3 CH§;	Valutazione aree di fibrosi o cicatrici miocardiche, generalmente assenti se non negli stadi più avanzati di malattia. Eventuale IR 550-600 ms in caso di sospetta trombosi endoventricolare
T1 mapping post-contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; MdC= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Cardiomiopatia aritmogena VD, VS e biventricolare, e disfunzione VD**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Balanced BTFE*	Copertura toracica	Valutazione eventuali ritorni venosi anomali in pazienti con dilatazione del VD
Cine SSFP	1 slice: - 2 CH asse lungo VD; - 3 CH §; - 4 CH. - piano RVOT e piano di studio per tratti di afflusso ed efflusso del VDx (vedi sopra)	Iniziale assessment morfo-funzionale. Valutazione acinesia/discinesia della parete libera del ventricolo destro nella 4 camere e nelle sequenze dedicate al VDx o a carico della parete laterale del VS. Valutare la presenza di bulging o aneurismi parietali e aree di "chemical shift" da infiltrazione adiposa
DP	- 2 camere asse corto (AC) da base ad apice orientato su VS o VD a seconda del sospetto clinico - almeno 1 piano 4C	Valutazione di focolai di metaplasia adiposa
DP fat*	- 2 camere asse corto (AC) da base ad apice orientato su VS o VD a seconda del sospetto clinico - almeno 1 piano 4C	Valutazione di focolai di metaplasia adiposa (abbattimento del segnale delle aree di metaplasia)
Black blood T2-pesate	2 CH asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4CH - 2 CH asse lungo §; - 3 CH§;	Valutazione qualitativa dell'edema.
T1 mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione di fibrosi miocardica
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione.
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4CH - 2 CH asse lungo §; - 3 CH§;	Presenza ed estensione delle aree di cicatrici miocardiche
T1 mapping post-contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Fibrosi endomiocardica**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere§; - 4 camere.	Iniziale valutazione morfo-funzionale.
Black-blood T2-pesate	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4CH - 2 Camere asse lungo §; - 3 C§;	Valutazione qualitativa dell'edema.
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione di fibrosi miocardica
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice 4CH - 2 CH asse lungo §; - 3 CH§;	Presenza ed estensione delle aree di fibrosi, in genere a sviluppo subendocardico circonferenziale o a livello dell'apice di entrambi i ventricoli.
LGE con TI 500-600 ms	2 camere asse lungo o 4 camere o dove sussista sospetto di trombo endocavitario.	Visualizzazione di trombi endocavitari.
T1 mapping post-contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

● **Studi valvolari (valvola aorta, mitralica, polmonare, tricuspide)**

Sequenza	Piano di acquisizione	Funzione
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo; - 3 camere; - 4 camere. Stack di immagini perpendicolari al piano valvolare oggetto di studio che includano la valvola e l'immediato flusso a valle.	Studio di dimensioni, spessore parietale e funzione biventricolare. Valutazione systolic curling in pazienti con prolasso mitralico. Valutazione SAM e accelerazioni di flusso nel LVOT in stenosi aortiche. Valutazione aorta ascendente in bicuspidia aortica.
Balanced BTFE*	Assiale Sagittale§; Coronale§;	valutazione aneurismi aortici/coartazione
Phase Contrast per studio valvola aortica	- Circa 5 mm oltre la valvola aortica, perpendicolarmente al flusso	Studio di velocità di flusso e volume di rigurgito (volume retrogrado). Studio morfologia valvolare (bicuspidia, tricuspida)
ANGIO 3D bright blood.	-durante somministrazione di Mdc	Valutazione di aneurisma aorta ascendente o coartazione aortica
Cine SSFP ad alta risoluzione (4 mm) per valvola mitrale <a href="https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.574446">[https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.574446]</a>	- radiali asse lungo (3 piani orientati ogni 30°) che incroci i lembi valvolari A1-P1, A2-P2 e A3-P3. - o stack perpendicolare alle commissure mitraliche	Studio dettagliato dei lembi valvolari (presenza di prolasso, billowing, escursione dei lembi e difetti di coaptazione o fusione delle commissure, ispessimento delle cuspidi e loro integrità) ed eventuale presenza di disgiunzione mitroanulare
Phase Contrast per studio valvola mitrale	- Circa 5 mm oltre la valvola aortica, perpendicolarmente al flusso - Sul piano valvolare mitralico, perpendicolarmente al flusso	Studio di velocità di flusso e volume di rigurgito. Volume di rigurgito da PC su aorta: $\frac{SV V_{sx} - \text{volume anterogrado}}{SV V_{sx}}$ Volume di rigurgito da PC su mitrale = volume retrogrado
Phase Contrast per studio valvola polmonare	- Circa 5 mm oltre la valvola polmonare, perpendicolarmente al flusso;	Studio di velocità di flusso e volume di rigurgito (volume retrogrado).
Phase Contrast per studio valvola tricuspide	- Circa 5 mm oltre la valvola polmonare, perpendicolarmente al flusso; - Sul piano valvolare tricuspidalico.	Volume di rigurgito da PC su polmonare: $\frac{SV V_{dx} - \text{volume anterogrado}}{SV V_{dx}}$ Volume di rigurgito da PC su tricuspide = volume retrogrado
CINE Volumi (post Mdc)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione.
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice o sagittali di VD a seconda del sospetto clinico.  Almeno 1 slice: - 4 Camere; - 2 Camere asse lungo §; - 3 Camere§;	Presenza di scar.

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; Mdc= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume; MAD = Mitral Annulus Disjunction; LVOT = Left Ventricle Outflow Tract; SV = stroke volume.

● **Masse miocardiche**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Cine SSFP	1 slice: - 2 camere asse lungo§; - 3 camere§; - 2CH e 4CH	Iniziale assessment morfo-funzionale
Black-blood T2-pesate	Numero e orientamento delle slices dipendente dalla massa	Valutazione qualitativa di edema e intensità di segnale della massa
Sequenze T1-pesate a strato sottile (6 mm) con e senza soppressione del grasso	Numero e orientamento delle slices dipendente dalla massa	Valutazione della morfologia e intensità di segnale della massa
T2 mapping*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione quantitativa dell'edema.
T1 mapping nativo*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Valutazione di fibrosi miocardica
Rest Perfusion	Numero e orientamento delle slices dipendente dalla massa	Studiare l'enhancement precoce della massa
Sequenze T1-pesate con soppressione del grasso	Numero e orientamento delle slices dipendente dalla massa	Studiare la vascolarizzazione venosa della massa
CINE Volumi (post MdC)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione
LGE	2 camere asse corto (AC) da base ad apice.  Almeno 1 slice: - 2 CH asse lungo; - 3 CH§; - 4 CH;	Presenza di scar.
T1 mapping post-contrasto*	1 slice AC a livello: - Basale; - Medio; - Apicale.	Calcolo ECV

\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; MdC= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

• **Cardiopatie congenite**

<b>Sequenza</b>	<b>Piano di acquisizione</b>	<b>Funzione</b>
Cine SSFP 2D e 3D	Slices transassiali con copertura dell'intero volume cardiaco e dell'intero torace	Definizione dell'anatomia cardiaca, dei grossi vasi (arteria polmonare, arteria aorta) e del ritorno venoso pre e post-correzione chirurgica
Black-blood T2-pesate	1 slice: - 2 Camere asse lungo; - 3 Camere§; - 4 Camere; 2 camere asse corto (AC) da base ad apice.	Valutazione di aree di edema.
CINE Volumi (post MdC)	AC da base ad apice.	Valutazione volumi biventricolari e funzione
Phase Contrast su aorta e polmonare	Piano perpendicolare ad aorta ascendente e arteria polmonare subito dopo la valvola	Quantificazione di shunt tramite Qp/Qs
Angio-RM	Intero torace	Valutazione di anomalie dei grossi vasi e presenza di coartazione aortica
Sequenze angiografiche 3D navigator-gated a respiro libero**	Slices transassiali a partire dal tronco dell'arteria polmonare che coprano l'intero ventricolo (possibile ridurre il pacchetto di acquisizione per valutare solo i tratti prossimale e medio dei vasi). Spessore di fetta: 1-1.5 mm.	Anomalie di origine e decorso delle coronarie.
LGE	1 slice: - 2 CH asse lungo; - 3 CH §; - 4 CH; 2 camere asse corto (AC) da base ad apice.	Presenza di scar.

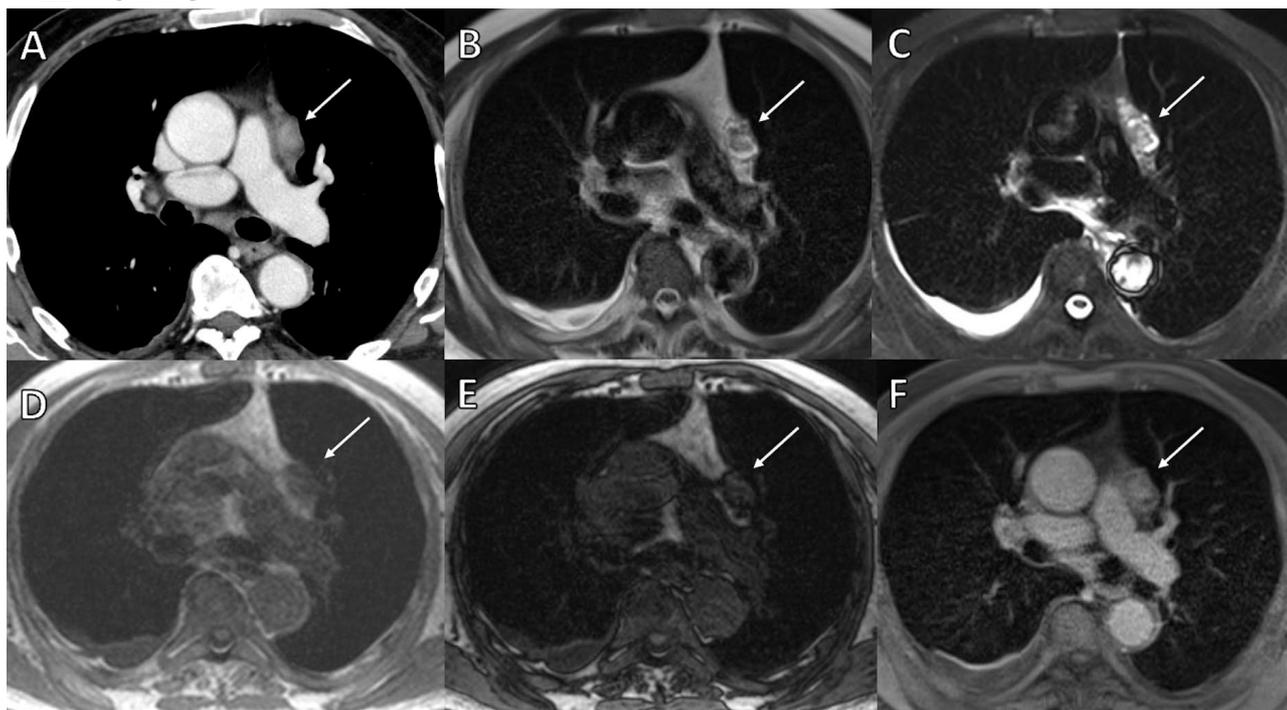
\* Sequenza facoltativa

§ Piano di acquisizione facoltativo

SSFP= Steady State Free Precession; MdC= mezzo di contrasto; LGE= Late Gadolinium Enhancement; ECV= extracellular volume.

\*\* Ulteriori specifiche: navigator posizionato a livello dell'emidiaframma destro; selezionare la fase di acquisizione del ciclo cardiaco sulla base della frequenza cardiaca; per via del lungo tempo di acquisizione, è utile rallentare il bolo di Mdc; risoluzione spaziale in-plane 1.0 mm o meno; in genere con soppressione del segnale del tessuto adiposo; utilizzare tecniche di imaging parallelo.

MEDIASTINO



Carcinoma mucoepidermoide del timo con componenti cistiche (freccia), diagnosi istologica: TC con mezzo di contrasto (A), 2D T2 TSE single shot assiale (B), 2D T2 STIR single shot assiale (C), 2D T1 GRE in fase (D) e in opposizione di fase (E) assiali e T1 volume interpolated GRE assiale con saturazione del grasso, 3 minuti dopo iniezione di mezzo di contrasto (F). L'indagine RM evidenzia tessuto solido con componenti fluide, privo di abbattimento di segnale nelle sequenze T1 fuori fase.

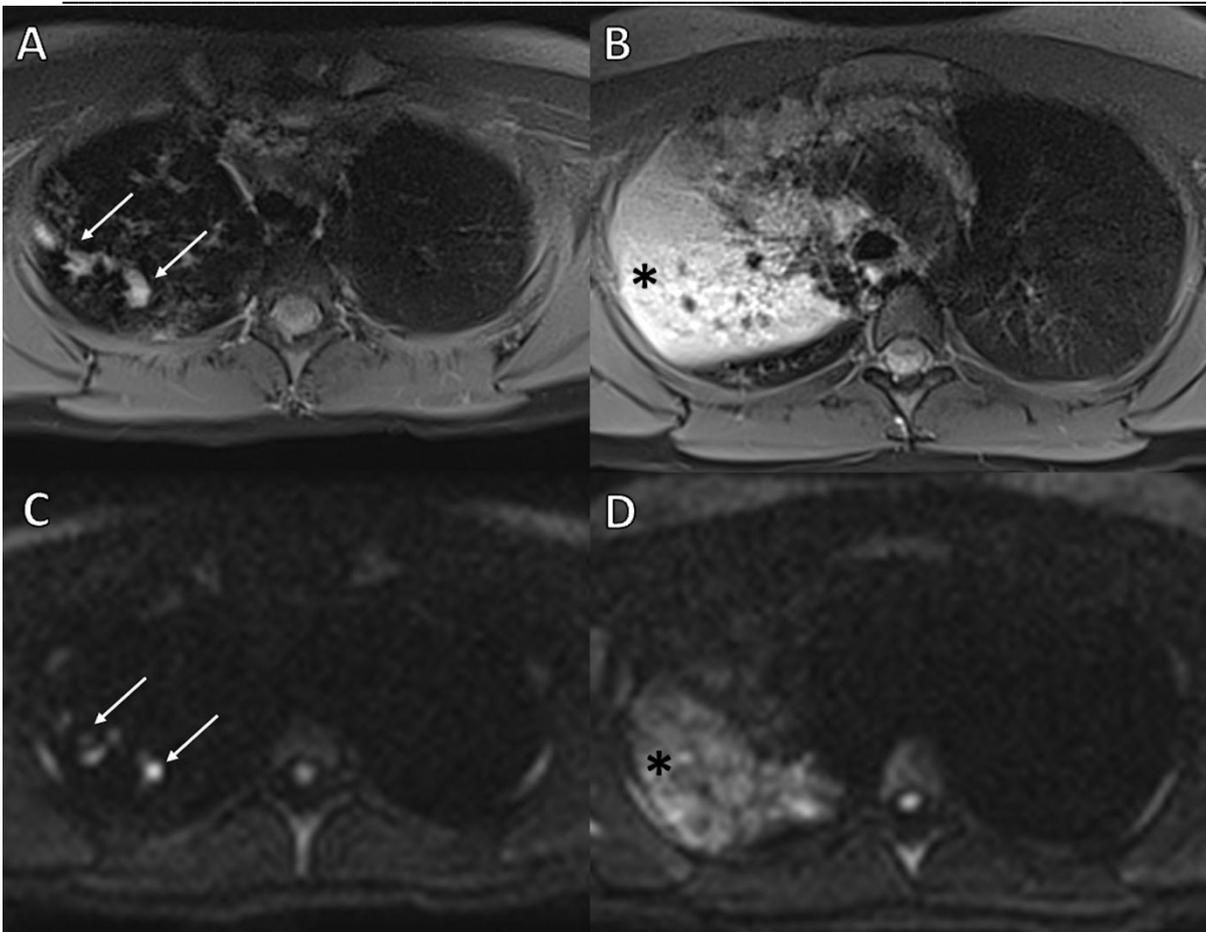
Tecnica

Studio Mediastino						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR / TE / FA	SPESSORE (mm)	Matrice	Note specifiche
Assiale	2D Single shot TSE T2	380x304	1000/93/180	5	256x205	Respiri trattenuti

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

						(concatenati)
Sagittale/ Coronale (entrambe o in base a rapporti anatomici)	2D Single shot TSE T2	400x400	1000/90/163	5	320x320	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale	In- opposed-phase dual-echo GRE T1	380x380	107/4.87- 2.38/70	3	320x224	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale	2D Single shot TSE STIR T2	380x380	1200/88/150	5	256x256	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale	DWI EPI spair multi- b (b=0, 400, 800)	380x287	4700/77	5	164x123	Respiro libero (nav)
Assiale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sequenze aggiuntive						
-	-	-	-	-	-	-
Sequenze post-contrasto						
Assiale (arteriosa, venosa e dopo 3' e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale (tra 3 e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale (tra 3 e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto

**FIBROSI CISTICA**



Esacerbazione di fibrosi cistica: 2D DP radiale con saturazione del grasso assiale (A, B) e DWI EPI spin-echo assiale, b 800 (C, D): l'indagine RM mostra tappi di muco (freccie) e estesa consolidazione (asterisco) nel lobo superiore destro, con aree di elevata intensità nelle sequenze DWI ad alti valori di b. Cortesia della Dott. Silvia Bertolo, Ospedale Ca' Foncello, Treviso

**Tecnica**

Fibrosi Cistica						
Preparazione						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR / TE / FA	SPESSORE (mm)	Matrice	Note specifiche

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

Assiale	2D radial fat sat DP	320x320	1300/26/150	5	320x320	Respiro libero (nav)
Assiale	2D radial fat sat T2	320x320	1380/87/142	5	320x320	Respiro libero (nav)
Assiale	DWI EPI spair multi-b (b=0, 800)	400x300	4800/54	5	166x120	Respiro libero (nav)
Sequenze aggiuntive						
Assiale (valutazione segnale muco e pre contrasto per pareti bronchiali)	3D volume interpolated GRE T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Sequenze aggiuntive post contrasto						
Assiale (50", studio flogosi pareti bronchiali)	3D volume interpolated GRE T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto

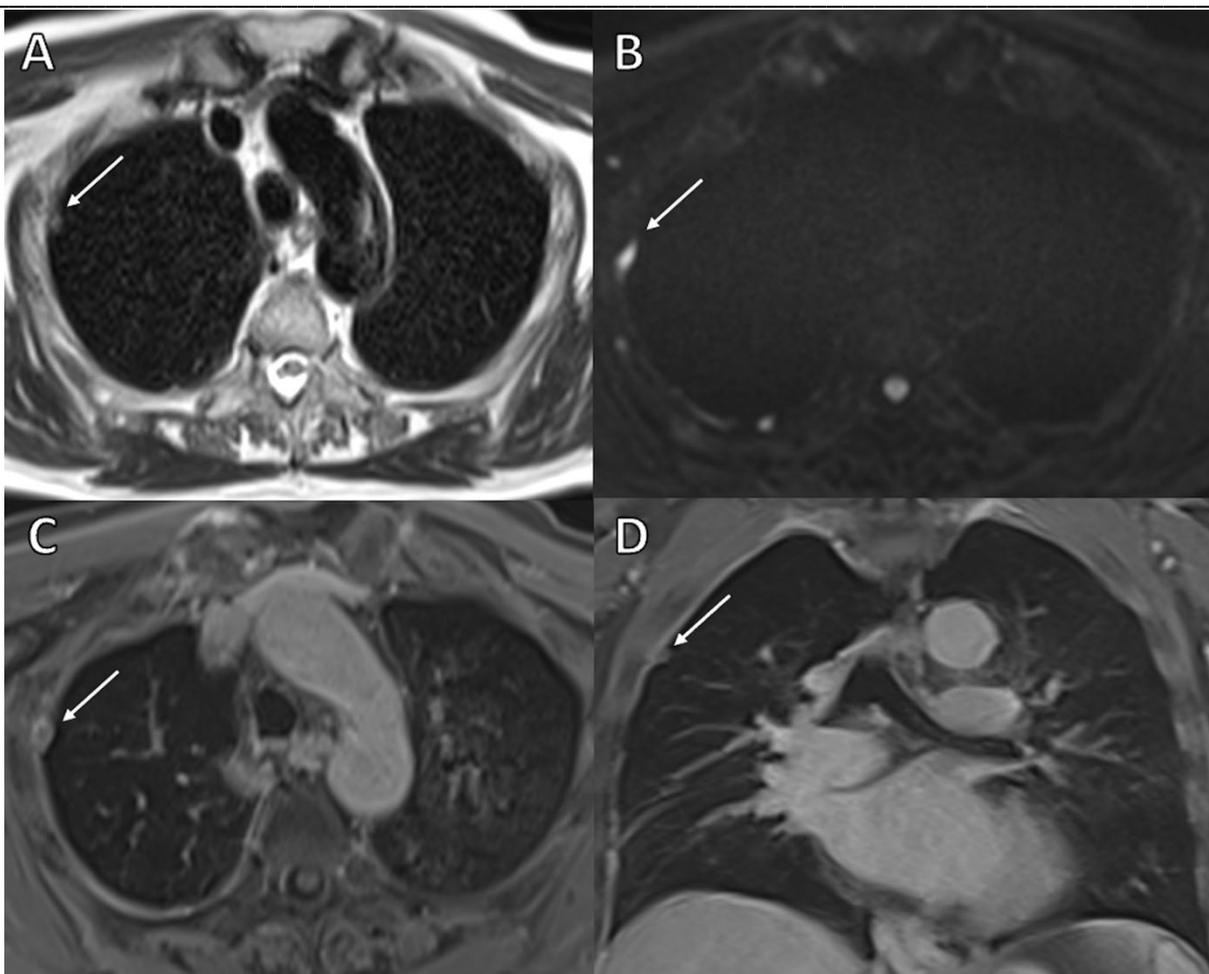
**Parete Toracica**

Lesioni parete toracica/invasione della parete toracica						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR / TE / FA	SPESSORE (mm)	Matrice	Note specifiche
Assiale	2D Single shot TSE T2	380x304	1000/93/180	5	256x205	Respiri trattenuti (concatenati)
Coronale	2D TSE T1	440x440	370/19/135	5	256x182	Respiro trattenuto (concatenato)
Sagittale (emitorace, insieme o in alternativa a coronale, in base a sede)	2D TSE T1	440x440	493/19/135	5	256x182	Respiri trattenuti (concatenati)
Coronale	2D TSE STIR T2	440x320	2610/52/150	5	320x195	Respiri trattenuti (concatenati)
Sagittale (emitorace, insieme o in alternativa a coronale, in base a sede)	2D TSE STIR T2	440x320	2630/53/160	5	320x195	Respiri trattenuti (concatenati)

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

Assiale	DWI EPI spair multi-b (b=0, 500, 1000)	380x287	4700/77	5	164x124	Respiro libero (nav)
Assiale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sequenze aggiuntive						
Assiale (in base a rapport con strutture mediane)	2D Single shot TSE STIR T2	380x290	1200/88/150	5	256x256	Respiri trattenuti (concatenati)
Sagittale/Coronale (in base a rapporti anatomici)	2D Single shot TSE T2	400x400	1000/90/163	5	320x320	Respiri trattenuti (concatenati)
Coronale (cine RM per sliding polmonare e mobilità diaframma)	2D Balanced Steady State GRE	400x350	3.61/1.81/55	10	256x150	Respiro normale e profondo (risoluzione temporale 0.2")
Sagittale (cine RM per sliding polmonare e mobilità diaframma)	2D Balanced Steady State GRE	350x306	3.51/1.76/55	10	192x118	Respiro normale e profondo (risoluzione temporale 0.2")
Sequenze post-contrasto						
Assiale (arteriosa, venosa e dopo 3 minuti)	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale (dopo ultima assiale)	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale (dopo coronale)	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto

**PLEURA**



Nodulo di mesotelioma epitelioide con aspetti pleomorfi della pleura, diagnosi istologica (freccia): 2D T2 TSE single shot assiale (A), DWI EPI spair assiale, b 800 (B), T1 volume interpolated GRE assiale (C) e coronale (D) con saturazione del grasso assiale, 5 minuti dopo iniezione di mezzo di contrasto. L'indagine RM evidenzia tessuto solido sospetto a livello della pleura parietale del lobo polmonare superiore destro.

**Tecnica**

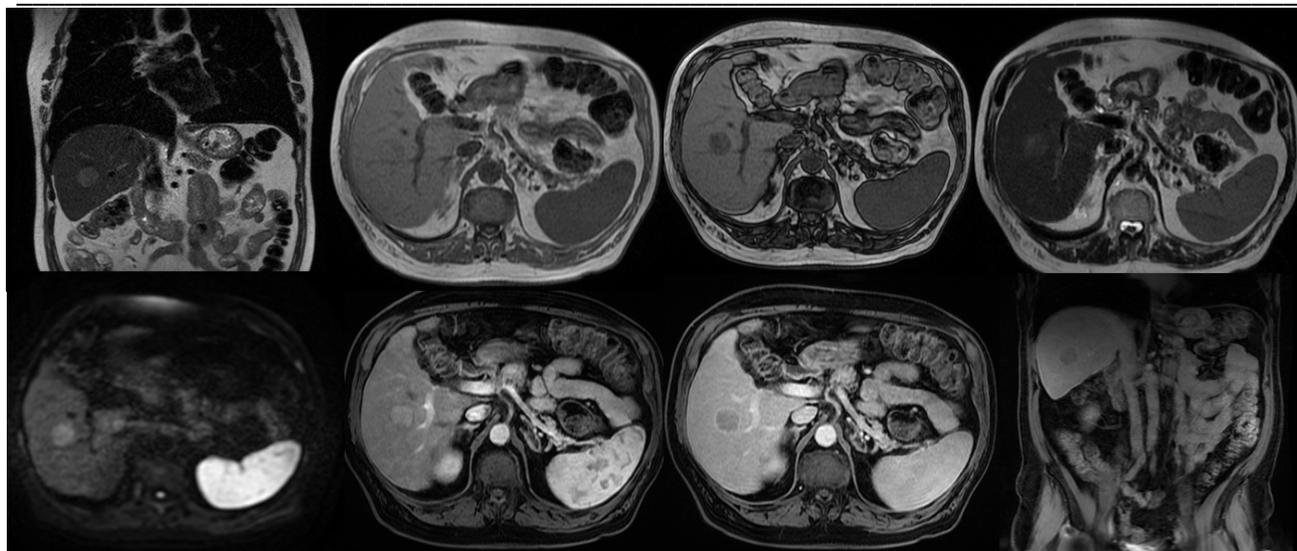
Studio pleura (patologia diffusa/mesotelioma)						
Preparazione						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR / TE / FA	SPESSORE (mm)	Matrice	Note specifiche
Assiale	2D Single shot TSE T2	380x304	1000/93/180	5	256x205	Respiri trattenuti (concatenati)
Sagittale	2D Single shot TSE T2	400x400	1000/90/163	5	320x320	Respiri trattenuti (concatenati)
Coronale	2D Single shot TSE T2	400x400	1000/90/163	5	320x320	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale	2D Single shot TSE STIR T2	380x380	1200/88/150	5	256x256	Respiri trattenuti (concatenati)

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

Coronale	2D Single shot TSE STIR T2	380x380	1200/88/150	5	256x256	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale	DWI EPI spair multi-b (b=0, 100, 1000)	380x287	4700/77	5	164x123	Respiro libero (nav)
Assiale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sequenze aggiuntive						
Sagittale	2D Single shot TSE STIR T2	380x380	1200/88/150	5	256x256	Respiri trattenuti (concatenati)
Assiale (valutazione composizione versamenti)	In- opposed- phase dual-echo GRE T1	380x380	107/4.87- 2.38/70	5	320x224	(Respiri trattenuti (concatenati))
Sequenze post-contrasto						
Assiale (arteriosa, venosa e dopo 3' e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x312	3.47/1.25/10	3.0	320x163	Respiro trattenuto
Coronale (tra 3 e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto
Sagittale (tra 3 e 5')	3D volume interpolated GRE q fat sat T1	400x364	3.47/1.25/10	3.4	320x189	Respiro trattenuto

**ADDOMINALE E GASTROENTEROLOGICA**

**FEGATO CIRROTICO**



- **Indicazioni:** caratterizzazione di lesioni focali individuate alla ECT nel percorso di sorveglianza attiva; oltre che nei pazienti cirrotici, considerare lo stesso protocollo nei pazienti con infezione da HBV cronica o progressivo HCC.

SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Coronale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fortemente pesate in T2 (TE 180-200 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore	T2w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE)	35-40	4-6	Trigger respiratorio, navigator	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moderatamente pesata in T2 (TE 80-100 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	35-40	5-6	Trigger respiratorio, navigator, respiro libero	SPAIR o STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>• GAP: 0</li> </ul>

SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	3.5	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC (tecnica <i>bolus tracking</i>): Gd extracellulare, Gd-BOPTA, Gd-EOB-DTPA al flusso di 1 -2 ml/s<sup>1</sup></li> <li>Fase basale, fase arteriosa tardiva<sup>2</sup>, fase portale (70-80 s dalla somministrazione del mdc), fase tardiva<sup>3</sup> (3-5 min dalla somministrazione del mdc)</li> <li>Acquisizione in fase epatobiliare<sup>4,5</sup> a 20-40 min (se utilizzato Gd-EOB-DTPA) o a 60-120 min (se utilizzato Gd-BOPTA) con modifica del flip-angle a 25°-35°</li> </ul>
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	4	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase tardiva (5 min dalla somministrazione del mdc) ed eventualmente in fase epatobiliare</li> </ul>

<sup>1</sup>Lo studio dinamico del fegato può essere effettuato con mezzi di contrasto (mdc) paramagnetici extracellulari e/o epatospecifici (Gd-BOPTA, Gd-EOB-DTPA). Tutti i mdc a base di gadolinio chelato sono adatti per la RM dinamica del fegato; i mdc epatospecifici sono necessari per la fase epatobiliare. Per ridurre i tempi di esame, se si desidera eseguire l'imaging della fase epatobiliare con Gd-EOB-DTPA, è possibile eseguire sia la T2w assiale che la DWI dopo l'acquisizione della fase dinamica tardiva con contrasto (ESGAR).

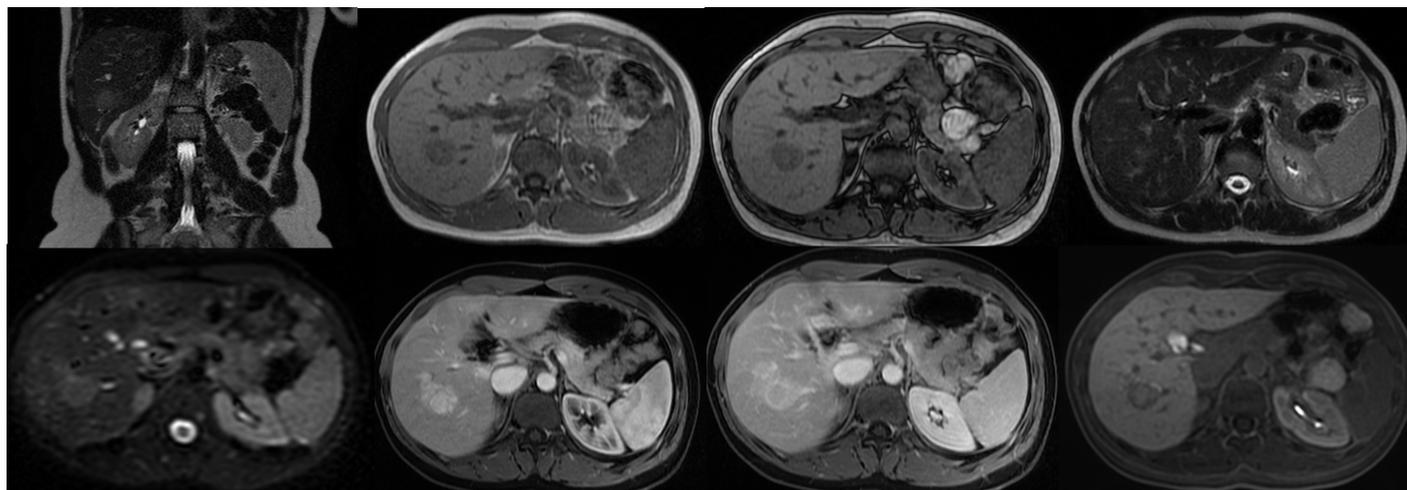
<sup>2</sup> Enhancement dell'arteria epatica propria e della Vena Porta ma non delle vene sovraepatiche.

<sup>3</sup>In caso di utilizzo di Gd-EOB-DTPA, a causa del rapido uptake epatocitario, la fase tardiva viene considerata come "fase transizionale".

<sup>4</sup>L'interpretazione combinata della fase dinamica e di quella epatobiliare migliora l'accuratezza diagnostica della RM per l'individuazione del carcinoma epatocellulare (ESGAR).

<sup>5</sup>Nei pazienti cirrotici, la fase epatobiliare può essere ritardata a causa della ridotta funzionalità epatica.

**PROTOCOLLO LESIONI FOCALI EPATICHE**



- **Indicazioni:** caratterizzazione di lesioni focali epatiche.

**SEQUENZE DI BASE**

PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Coronale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fortemente pesate in T2 (TE 180-200 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore	T2w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE)	35-40	4-6	Trigger respiratorio, navigator	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moderatamente pesata in T2 (TE 80-100 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	35-40	5-6	Trigger respiratorio, navigator, respiro libero	SPAIR o STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>• GAP: 0</li> </ul>

SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	3.5	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC<sup>1</sup> (tecnica <i>bolus tracking</i>): Gd extracellulare<sup>2</sup>, Gd-BOPTA<sup>3</sup>, Gd-EOB-DTPA<sup>3</sup> al flusso di 1 -2 ml/s</li> <li>Fase basale, fase arteriosa tardiva, fase portale (70-80 s dalla somministrazione del mdc), fase tardiva (3-5 min dalla somministrazione del mdc), fase ultratardiva (7-10 min) se sospetto CCC<sup>4</sup></li> <li>Acquisizione in fase epatobiliare a 20-40 min (se utilizzato Gd-EOB-DTPA) o a 60-120 min (se utilizzato Gd-BOPTA) con modifica del flip-angle a 25°-35°</li> </ul>
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	4	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase tardiva (5 min dalla somministrazione del mdc) ed eventualmente in fase epatobiliare</li> </ul>

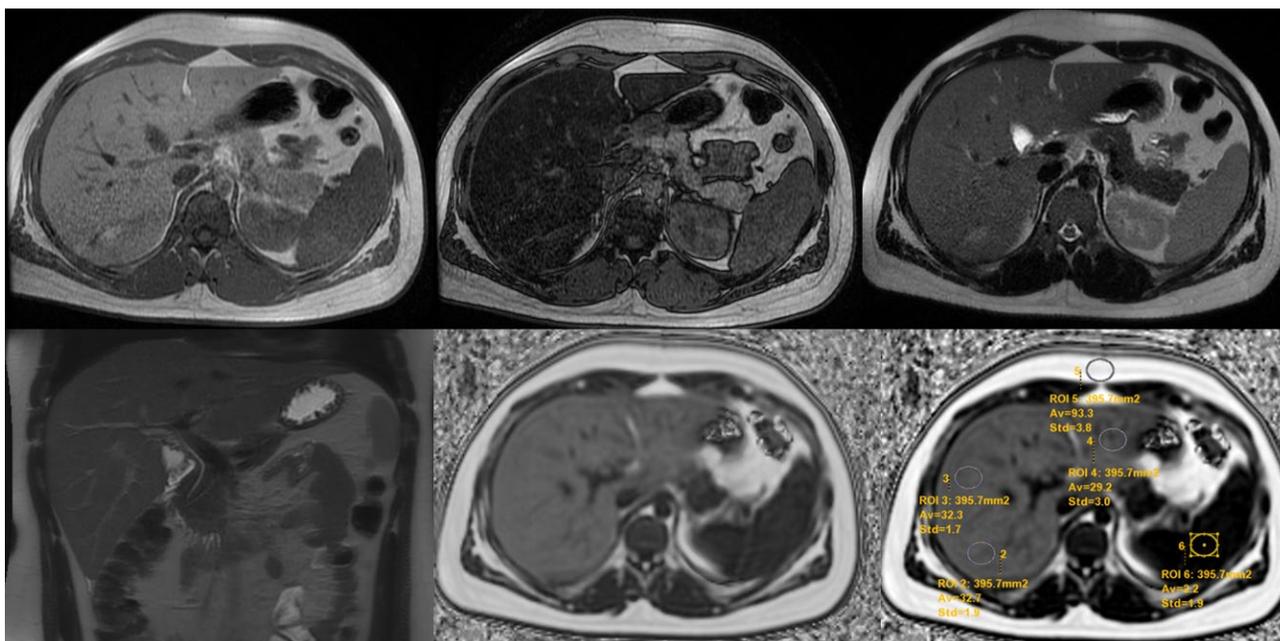
<sup>1</sup>Lo studio dinamico del fegato può essere effettuato con mezzi di contrasto (mdc) paramagnetici extracellulari e/o epatospecifici (Gd-BOPTA, Gd-EOB-DTPA). Tutti i mdc a base di gadolinio chelato sono adatti per la RM dinamica del fegato; i mdc epatospecifici sono necessari per la fase epatobiliare.

<sup>2</sup>Se la diagnosi differenziale è principalmente tra piccolo emangioma e metastasi, si raccomanda l'uso di un mezzo di contrasto non epatospecifico (Gd extracellulare).

<sup>3</sup>L'utilizzo di mezzi di contrasto epatospecifici è raccomandato nei pazienti con steatosi epatica, nei pazienti candidati alla resezione epatica ed è inoltre indicato nella diagnosi differenziale tra lesione solida benigna e metastasi.

<sup>4</sup>I mezzi di contrasto epatospecifici permettono di delineare chiaramente i tumori primitivi del fegato, compreso il colangiocarcinoma intraepatico (CCC), e possono essere utili per la stadiazione locale preoperatoria. Il CCC intraepatico risulta relativamente ipointenso dopo la somministrazione di Gd-EOB nelle fasi vascolari tardive, rispetto all'enhancement in fase tardiva con agenti di contrasto extracellulari.

**PROTOCOLLO STEATOSI EPATICA**



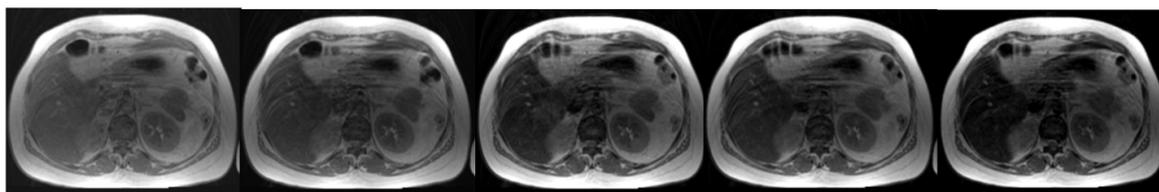
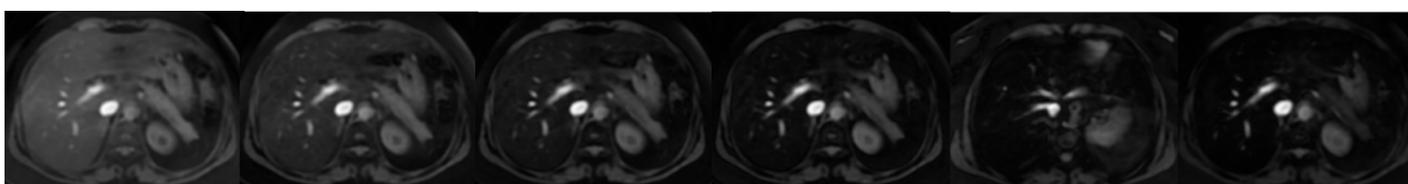
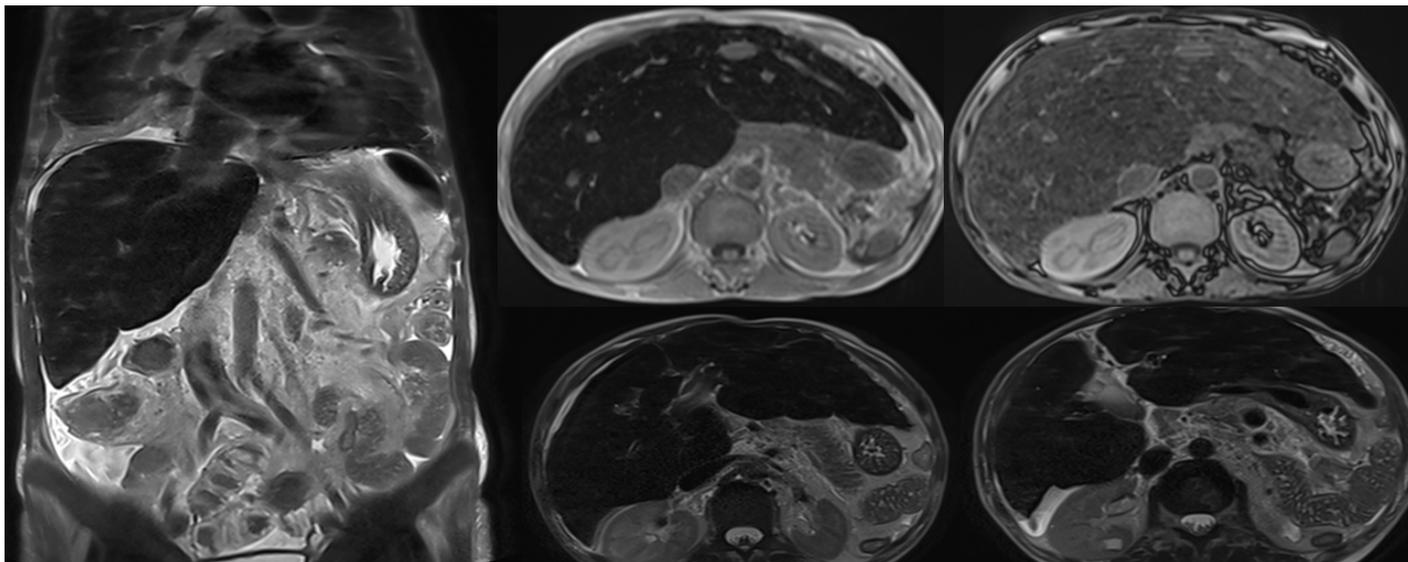
- **Indicazioni:** Identificazione e quantificazione della steatosi epatica in pazienti con epatopatia metabolica.

SEQUENZE PER VALUTAZIONE QUALITATIVA					
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4-6	Breath-hold	
Coronale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fortemente pesata in T2 (TE 180-200 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	T2w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE)	35-40	4-6	Trigger respiratorio, navigator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moderatamente pesata in T2 (TE 80-100 ms)</li> </ul>

SEQUENZE PER VALUTAZIONE QUANTITATIVA <sup>1</sup>					
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	TR/TE/FA	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	3D Single multi-echo GRE (6 TE)	35-40	Breath-hold	5-10 ms/ da 08-1,5 ms con $\Delta$ TE di 0.8-1.5 ms/3°	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Post-processing:</b> posizionando una ROI, si ottiene un valore di PDFF, espresso in %, che correla con il grado di severità della steatosi.</li> </ul>

<sup>1</sup>Le sequenze multi-echo GRE permettono di ottenere una separazione simultanea di acqua e grasso e la mappa del contenuto adiposo epatico nella forma di Proton Density Fat Fraction (PDFF).

**PROTOCOLLO PER SOVRACCARICO DI FERRO EPATICO**



- **Indicazioni:** individuazione e quantificazione del ferro epatico. Il fegato rappresenta il principale sito di accumulo di ferro; pertanto, la concentrazione di ferro epatico (LIC) è considerata un biomarker del ferro totale corporeo.

SEQUENZE PER VALUTAZIONE QUALITATIVA					
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4-6	Breath-hold	
Coronale – Addome superiore	Half-Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo (HASTE)	35-40	4-6	Breath-hold	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fortemente pesata in T2 (TE 180-200 ms)</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	T2w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE)	35-40	4-6	Trigger respiratorio, navigator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moderatamente pesata in T2 (TE 80-100 ms)</li> </ul>

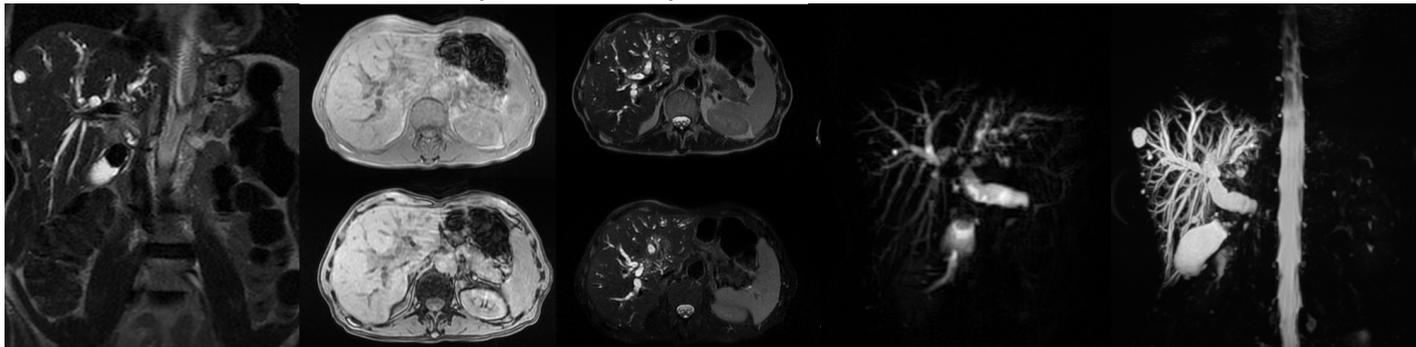
METODI DI VALUTAZIONE QUANTITATIVA						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	METODO	SEQUENZA	FOV (cm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	TR/TE/FA	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	Liver-to-Muscle Signal Intensity Ratio (SIR) <sup>1</sup>	Gradient-Echo (GRE)	35-40	Breath-hold	120 ms/5 diversi TE (2 ms, 4 ms, 9 ms, 14 ms, 19 ms)/20°	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Post-processing:</b> si posizionano 3 ROI sul fegato e 2 sui muscoli paraspinali destro e sinistro. I rapporti tra ogni singola ROI epatica e la media delle ROI dei muscoli paraspinali corrisponde ad un valore di Liver Iron Concentration (LIC).</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	R2 relaxometry <sup>2</sup>	Multisection Single Spin Echo	35-40	Respiro libero	2500 ms/5 diversi TE (6 ms, 9 ms, 12 ms, 15 ms, 18 ms)/90°	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posizionare una sacca di <b>soluzione fisiologica</b> da 500-1000 ml nel FOV, come riferimento dell'intensità di segnale.</li> <li><b>Post-processing:</b> le immagini acquisite vengono inviate elettronicamente al centro di elaborazione dati di Resonance Health e viene restituito un rapporto elettronico con una mappa R2 di una singola sezione rappresentativa, l'R2 medio della sezione epatica segmentata, e il corrispondente valore di LIC (in milligrammi per grammo e micromolare per grammo).</li> </ul>
Assiale-Addome superiore	R2* relaxometry <sup>3</sup>	3D Single Multi-Echo GRE	35-40	Breath-hold	5-10 ms/6 diversi TE (da 08-1,5 ms con $\Delta$ TE di 0.8-1.5 ms/basso	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Post-processing:</b> Il valore di R2* ottenuto, espresso in tempo (<math>s^{-1}</math>) correla con il grado di severità del sovraccarico di ferro. Attraverso formule matematiche, con il valore di R2* è possibile calcolare il valore di ferro epatico espresso in mg/g.</li> </ul>

<sup>1</sup>Il **metodo SIR** è ben validato per la quantificazione del ferro epatico a 1,5 T (livello di evidenza elevato) e a 3 T (livello di evidenza moderato), anche se non ha l'approvazione normativa per questo scopo. Il rationale del metodo giace nel fatto che, in caso di sovraccarico di ferro epatico si ha una ridotta intensità del segnale del fegato, rispetto ai muscoli paraspinali, all'aumentare del TE. Il metodo SIR è adatto per un sovraccarico di ferro di gravità da bassa ad alta (livello di evidenza moderato). Non è adatto alla quantificazione di LIC superiore a circa 19,5 mg/g (livello di evidenza moderato), anche se le versioni modificate con TE più brevi potrebbero essere in grado di raggiungere soglie di LIC più elevate (livello di evidenza basso). Il SIR dovrebbe essere considerato come un'alternativa di seconda linea rispetto ai metodi basati su R2\* o R2 (livello di evidenza moderato).

<sup>2</sup>La **relaxometria basata su R2** è un metodo indicato in caso di una gravità da bassa ad alta del sovraccarico di ferro (alto livello di evidenza). La quantificazione della LIC basata su R2 non è adatta per la quantificazione di LIC superiori a circa 40 mg/g (700  $\mu$ mol/g). In caso di sovraccarico di ferro epatico si ha un accorciamento del T2 (ed un incremento dell'R2) rispetto alla milza, all'aumentare del TE. Il protocollo è ampiamente validato a 1.5 T, approvato dalla FDA (Food and Drug Administration) e commercializzato con il nome di FerriScan (Resonance Health). In considerazione dei costi e dei maggiori tempi di acquisizione, la relaxometria basata su R2 dovrebbe essere considerata come standard se la relaxometria basata su R2\* non è disponibile (livello di evidenza moderato).

<sup>3</sup>La **relaxometria basata su R2\*** è raccomandata come metodo di prima linea per la quantificazione del ferro epatico (livello di evidenza elevato) in relazione al costo inferiore, al tempo di acquisizione più breve, e ai dati di convalida. In caso di sovraccarico di ferro epatico, si ha un accorciamento del T2\* (ed un incremento dell'R2\*) rispetto alla milza, all'aumentare del TE. Le sequenze multi-echo GRE permettono di ottenere una separazione simultanea di acqua e grasso e la mappatura R2\* in un'unica apnea.

**PROTOCOLLO COLECISTI E VIE BILIARI (COLANGIO-RM)**



- **Indicazioni:** patologia infiammatoria, patologia neoplastica, lesioni traumatiche e/o iatrogene di colecisti e vie biliari.
- **Note preparazione:** somministrazione orale di succo di ananas o di mirtillo prima dell'esame per abbattere il segnale dei fluidi gastro-enterici (opzionale).

SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4-6	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione del segnale del parenchima epatico e della parete delle vie biliari</li> <li>Individuazione di lesioni focali</li> </ul>
Coronale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	7	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione del contenuto e della parete delle vie biliari e della colecisti</li> <li>Valutazione del segnale dei parenchimi nel sospetto di patologia focale/diffusa</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	SPAIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento del contrasto liquido/solido</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	Balanced Steady State Free Precession	35-40	4-6	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione di artefatti da movimento e da peristalsi</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	35-40	5-6	Trigger respiratorio, navigator, respiro libero	SPAIR o STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>Sensibilità elevata in infiammazione attiva, lesioni focali</li> </ul>
Coronale obliqua	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE thick-slab MRCP	30-40	30-40	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione centrata sul coledoco a livello della confluenza bilio-pancreatica, ripetuta su piani coronali obliqui per circa 15 volte</li> <li>Ricostruzioni MIP</li> <li>Vantaggi: panoramicità, breve tempo di acquisizione</li> <li>Svantaggi: tecnica 2D (immagini di tipo proiettivo, sovrapposizione di fluidi non biliari)</li> </ul>
Coronale obliqua	3D T2w TSE MRCP	35	1-2	Trigger respiratorio, navigator, breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il volume deve comprendere colecisti, vie biliari e dotto pancreatico principale</li> <li>Ricostruzioni MIP/MPR</li> <li>Vantaggi: alto SNR, possibilità di effettuare MPR ad alta risoluzione</li> <li>Svantaggi: lunghi tempi di acquisizione (limite in pazienti scarsamente collaboranti)</li> </ul>

SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	3.5	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC (tecnica <i>bolus tracking</i>): Gd extracellulare, Gd-BOPTA, Gd-EOB-DTPA al flusso di 1 -2 ml/s<sup>1</sup></li> <li>Fase basale, fase arteriosa tardiva, fase portale (70-80 s dalla somministrazione del mdc), fase di equilibrio (3-5 min dalla somministrazione del mdc), fase ultratardiva (7-10 min dalla somministrazione del mdc)<sup>2</sup></li> <li>Acquisizione in fase epatobiliare<sup>3</sup> a 20-40 min (se utilizzato Gd-EOB-DTPA) o a 60-120 min (se utilizzato Gd-BOPTA) con modifica del flip-angle a 25°-35°<sup>4</sup></li> </ul>
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	4	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase tardiva (5 min dalla somministrazione del mdc) ed eventualmente in fase epatobiliare</li> </ul>

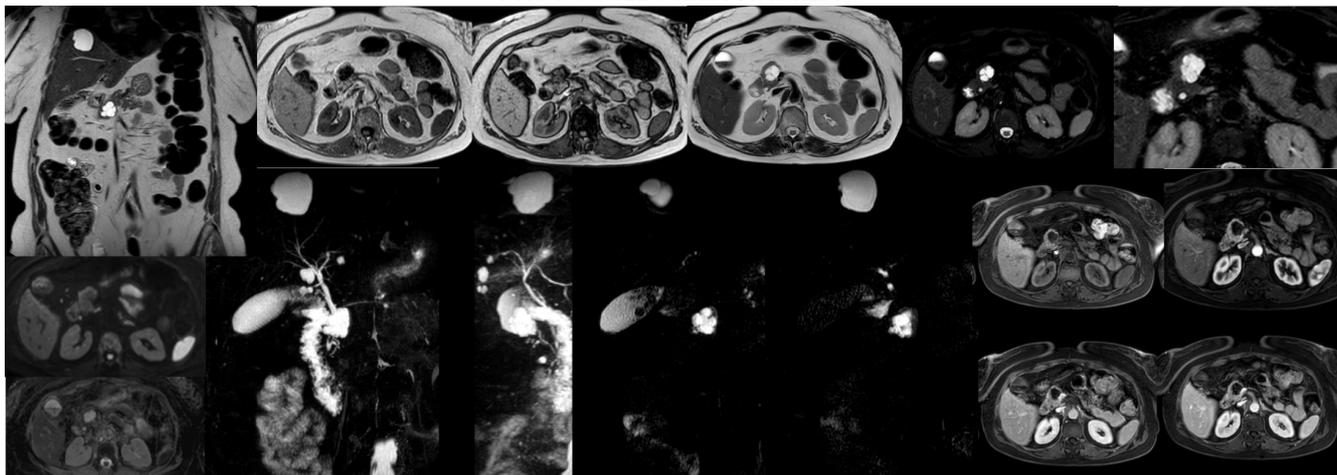
<sup>1</sup>L'utilizzo del mezzo di contrasto incrementa la *confidence* diagnostica in caso di patologia flogistica della colecisti e delle vie biliari ed è imprescindibile in caso di sospetta neoplasia delle vie biliari per opportuna identificazione e stadiazione.

<sup>2</sup>Se sospetto colangiocarcinoma.

<sup>3</sup>Il mezzo di contrasto epatospecifico è indicato nello studio delle lesioni biliari post-traumatiche o iatrogene (es: leak), per la valutazione dell'anatomia dell'albero biliare, nella diagnosi differenziale tra alterazioni biliari ed extrabiliari e di eventuali lesioni epatiche focali.

<sup>4</sup>Per ottimizzare il SNR e migliorare la valutazione delle vie biliari.

**PROTOCOLLO RM PANCREAS**



- **Indicazioni:** patologia infiammatoria, patologia neoplastica (lesioni solide e cistiche).
- **Note preparazione:** somministrazione orale di succo di ananas o di mirtillo prima dell'esame per abbattere il segnale dei fluidi gastro-enterici (opzionale).

SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore	T1w dual gradient echo	35-40	4	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione del segnale del parenchima pancreatico e di eventuali raccolte</li> <li>Individuazione di lesioni focali</li> </ul>
Coronale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	7	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutazione del segnale del parenchima pancreatico</li> <li>Individuazione di lesioni focali cistiche e/o solide</li> <li>Valutazione calibro, morfologia e segnale del dotto pancreatico principale</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	SPAIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento del contrasto liquido/solido</li> </ul>
Assiale – Pancreas	T2w Multi-shot-TSE o Single-shot-Half-Fourier-TSE	25	3	Breath-hold	opzionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maggiore dettaglio anatomico-morfologico</li> <li>Può facilitare la visualizzazione della comunicazione di una lesione cistica con il sistema duttale</li> </ul>
Assiale – Addome superiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	35-40	5-6	Trigger respiratorio, navigator, respiro libero	SPAIR o STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>Sensibilità elevata in infiammazione attiva, lesioni focali solide, focalità nodulari nel contesto di lesioni cistiche</li> </ul>
Coronale obliqua	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE thick-slab MRCP	30-40	30-40	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione centrata sul dotto pancreatico principale, ripetuta su piani coronali obliqui per circa 15 volte</li> <li>Ricostruzioni MIP</li> <li>Vantaggi: panoramicità, breve tempo di acquisizione</li> <li>Svantaggi: tecnica 2D, effetti di volume parziale</li> </ul>
Coronale obliqua	3D T2w TSE MRCP	35	1-2	Trigger respiratorio, navigator, breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il volume deve comprendere la ghiandola pancreatica e il sistema duttale pancreatico per intero, oltre a colecisti e vie biliari</li> <li>Ricostruzioni MIP/MPR</li> <li>Vantaggi: alto SNR, possibilità di effettuare MPR ad alta risoluzione (fondamentali per visualizzare la comunicazione di una lesione cistica con il sistema duttale pancreatico)</li> <li>Svantaggi: lunghi tempi di acquisizione (limite in pazienti scarsamente collaboranti)</li> </ul>

SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	3.5	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC (tecnica <i>bolus tracking</i>): Gd extracellulare, Gd-BOPTA, Gd-EOB-DTPA al flusso di 1 -2 ml/s<sup>1</sup></li> <li>Fase basale, fase arteriosa precoce<sup>2</sup>, fase pancreatica (35-45 s), fase portale (70-80 s), fase di equilibrio (3-5 min)</li> <li>Acquisizione in fase epatobiliare<sup>3</sup> a 20-40 min (se utilizzato Gd-EOB-DTPA) o a 60-120 min (se utilizzato Gd-BOPTA) con modifica del flip-angle a 25°-35°<sup>4</sup></li> </ul>
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	4	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase tardiva (5 min dalla somministrazione del mdc) ed eventualmente in fase epatobiliare</li> </ul>

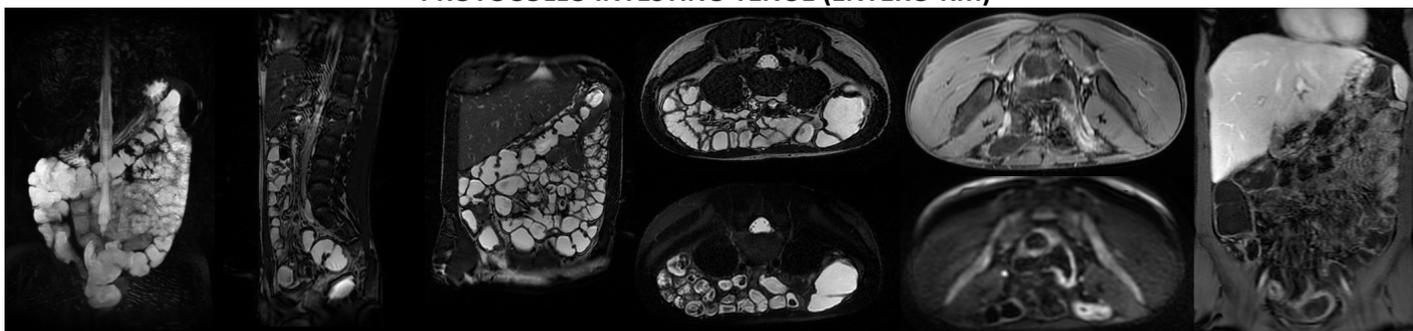
<sup>1</sup>L'utilizzo del mezzo di contrasto è utile in caso di patologia flogistica pancreatica ed è imprescindibile in caso di sospetta neoplasia solida, sia ipovascolare (PDAC) che ipervascolare (pNET), per identificazione, stadiazione e valutazione della resecabilità della stessa; nelle lesioni cistiche, l'utilizzo del mezzo di contrasto è fondamentale per valutare l'enhancement di eventuali noduli solidi di parete.

<sup>2</sup>Se sospetto pNET.

<sup>3</sup>L'utilizzo del mdc epatospecifico migliora la stadiazione epatica in quanto implementa la *detection* e la quantificazione di eventuali lesioni secondarie epatiche.

<sup>4</sup>Per ottimizzare il SNR.

**PROTOCOLLO INTESTINO TENUE (ENTERO-RM)**



- **Indicazioni:** malattie infiammatorie croniche intestinali (diagnosi, follow-up, valutazione della risposta alla terapia, identificazione di complicanze), coliti indeterminate, enteriti non-MICI (es.: vasculiti, enteriti infettive), neoplasie del piccolo intestino (NET, LNH, GIST).
- **Note preparazione:** digiuno per cibi solidi da 4-6 h; somministrazione di 1-1.5 L di mdc orale bifasico (acqua e PEG) da assumere a intervalli regolari (200 ml ogni 5 minuti) 40-60 minuti prima dell'esecuzione dell'esame; somministrazione di agente ipotonizzante ev (N-butilbromuro di ioscina) al termine della distensione intestinale per ridurre gli artefatti da peristalsi specie nelle acquisizioni post-contrastografiche.

SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Coronale – Addome completo	T2w Thick Slab Single Shot Fast Spin Echo	40-45	8	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione panoramica della distensione delle anse</li> <li>• Individuazione precoce di anomalie</li> </ul>
Coronale – Addome completo	Balanced Steady State Free Precession	40-45	4-5	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ottimale visualizzazione del lume, dell'interfaccia lume-parete e dei reperti mesenteriali</li> </ul>
Assiale – Addome completo	Balanced Steady State Free Precession	35-40	4-5	Breath-hold	no	
Coronale – Addome completo	T2w Single Shot Half Fourier Fast Spin Echo	40-45	3-4	Breath-hold	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valutazione del segnale di parete (dd: edema/grasso con fat sat)</li> </ul>
Assiale – Addome completo	T2w Single Shot Half Fourier Fast Spin Echo	40-45	3-4	Breath-hold	SPAIR	
Assiale – Addome completo	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	40-45	5	Respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>• Studio di cellularità, elevata sensibilità nell'infiammazione attiva</li> </ul>

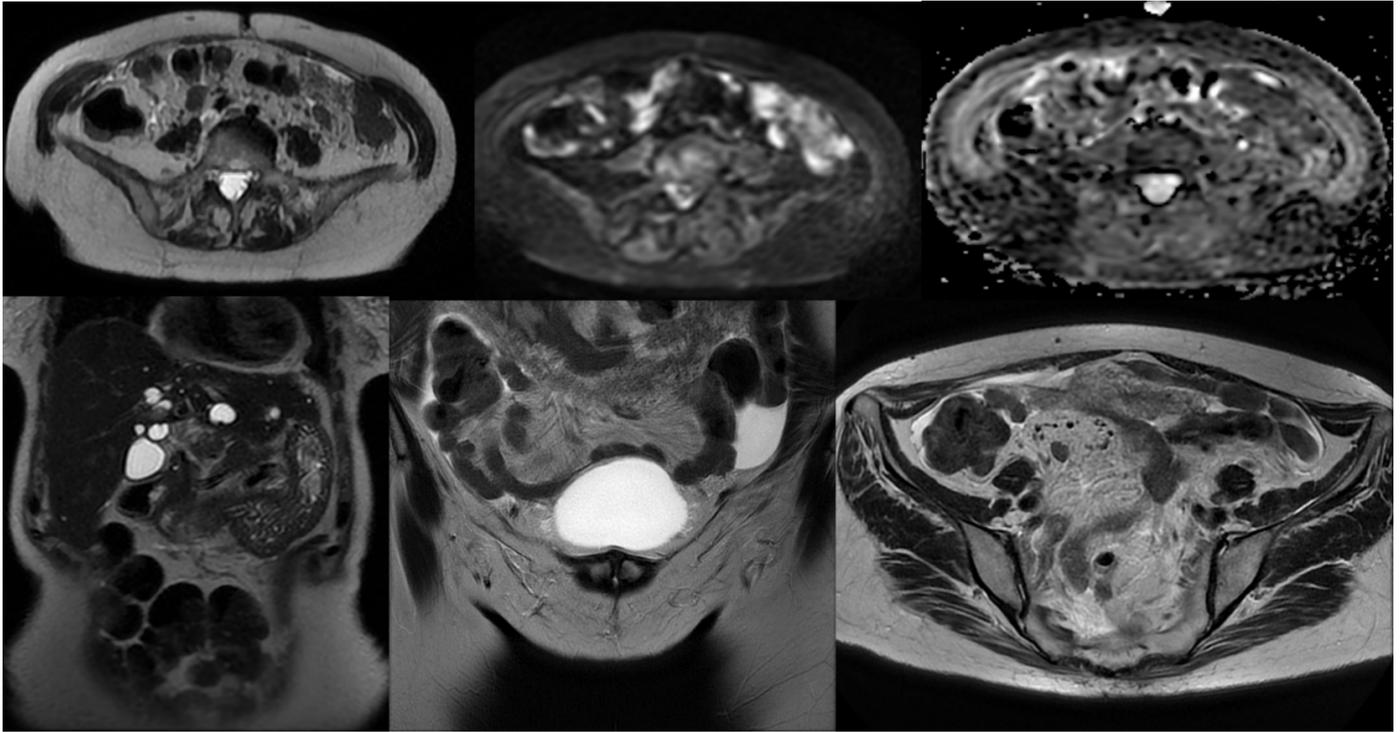
SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	40-45	3	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC: Gd extracellulare al flusso di 2 ml/s<sup>1</sup></li> <li>fase basale, fase arteriosa precoce (20-30 s dopo mdc)<sup>2</sup>, fase enterica (45 s), fase portale (70 s), fase tardiva (120 s)</li> </ul>
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	40-45	3	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase ultratardiva (4-7 minuti dopo mdc)<sup>3</sup></li> </ul>

<sup>1</sup>L'utilizzo del mdc è indicato per effettuare sia una valutazione sia qualitativa che quantitativa (attraverso curve di perfusione Intensità/Tempo) dell'enhancement di parete.

<sup>2</sup>Se sospetta emorragia GI o NET.

<sup>3</sup>Per valutare alterazioni fibrosanti di parete.

**PROTOCOLLO PERITONEO**



- **Indicazioni:** carcinosi peritoneale (RM quale metodica *problem solving* in caso di impianti di piccole dimensioni, sia in virtù della maggiore risoluzione di contrasto rispetto alla TC che dell'elevata sensibilità della DWI), neoplasie primitive del peritoneo.
- **Note preparazione:** se sospetto interessamento del piccolo intestino, somministrazione di 1-1.5 L di mdc orale bifasico (acqua e PEG) da assumere a intervalli regolari (200 ml ogni 5 minuti) 40-60 minuti prima dell'esecuzione dell'esame; somministrazione di agente ipotonizzante ev (N-butilbromuro di ioscina) al termine della distensione intestinale per ridurre gli artefatti da peristalsi specie in pelvi.

SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale – Addome superiore e pelvi	T1w dual gradient echo	35-40	4	Breath-hold	no	
Coronale – Addome superiore e pelvi	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	7	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore e pelvi	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	no	
Assiale – Addome superiore e pelvi	T2w Single-shot-Half-Fourier-TSE	35-40	4-6	Breath-hold	SPAIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Per incrementare la cospicuità degli impianti peritoneali a sede omentale e mesenteriale</li> </ul>
Assiale – Addome superiore e pelvi	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	35-40	5-6	Trigger respiratorio, navigator, respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 b-values: 50 – 400 – 800/1000 sec/mm<sup>2</sup></li> <li>GAP: 0</li> </ul>

SEQUENZE POST MDC						
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Assiale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	3.5	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ MDC (tecnica bolus tracking): Gd extracellulare al flusso di 2 ml/s</li> <li>Fase basale su pelvi, fase basale su addome superiore seguita da fase arteriosa tardiva, fase portale (70-80 s) e fase di equilibrio (3 min), fase tardiva su addome superiore e su pelvi (4-5 min)</li> </ul>
Coronale	3D T1w Spoiled Gradient Echo	35-40	4	Breath-hold	sì	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acquisizione post-contrastografica in fase tardiva (5 min dalla somministrazione del mdc), eventualmente anche sul piano sagittale per la pelvi</li> </ul>

**PROTOCOLLO PAVIMENTO PELVICO (DEFECO-RM)**



- **Indicazioni:** prolasso organi pelvici (prima diagnosi o sospetta recidiva dopo chirurgia); incontinenza urinaria da stress; ernie della linea mediana; sindrome da defecazione ostruita; intussuscezione rettale; *pelvic floor relaxation* (PFR)
- **Note preparazione:** svuotamento vescicale due ore prima dell'esecuzione dell'esame; istruire il paziente sulla corretta esecuzione delle manovre dinamiche (contrazione, ponzamento, evacuazione) senza muovere il bacino; fornire al paziente un pannolone; dopo aver posizionato il paziente sul lettino RM in decubito laterale con ginocchia flesse al petto, distendere l'ampolla rettale con 180 cc di gel ecografico; nelle pazienti precedentemente sottoposte a isterectomia, può essere utile distendere anche il canale vaginale con 10-30 cc di gel ecografico per facilitare l'individuazione del fornice vaginale posteriore.

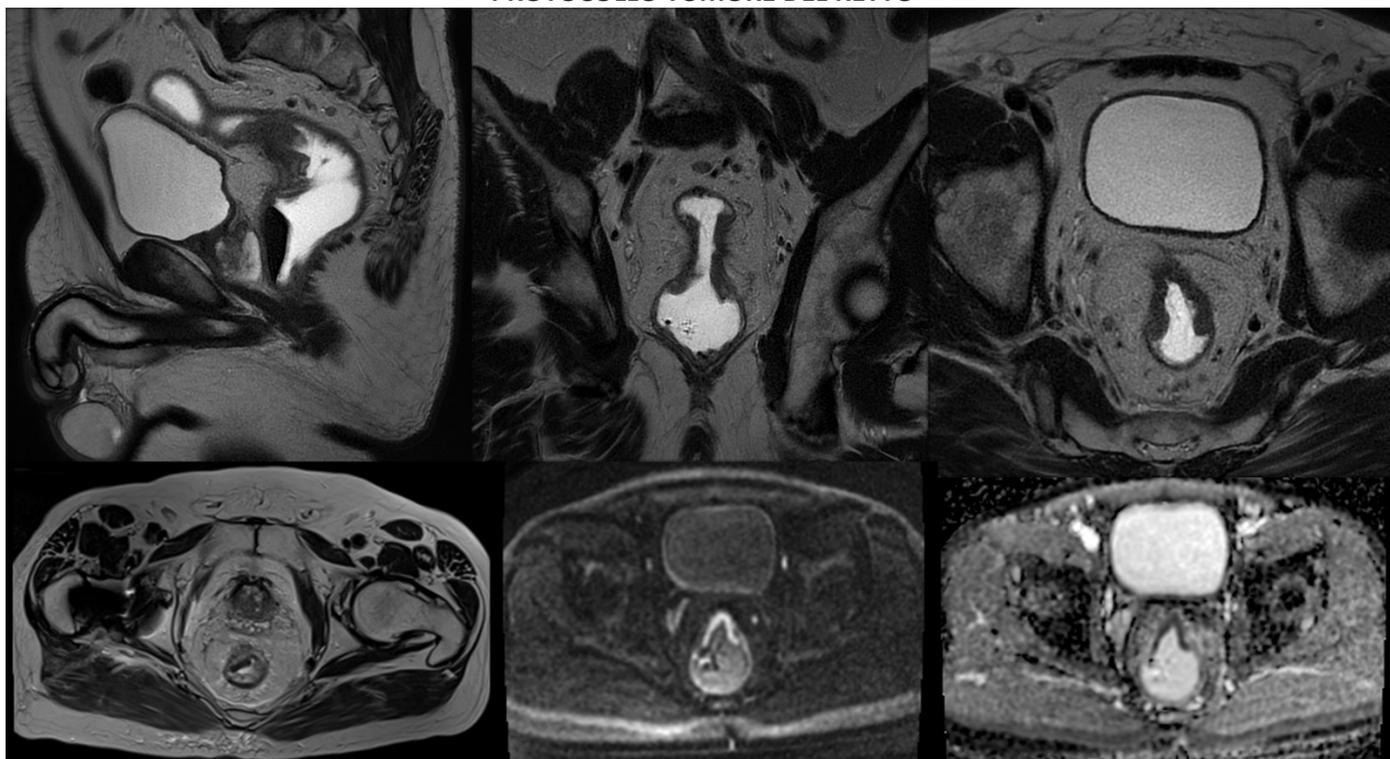
SEQUENZE STATICHE <sup>1</sup>						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	ANGOLAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Sagittale – Pelvi	T2w Turbo-Spin-Echo	20-30	4	Medio-sagittale	no	
Assiale – Pelvi	T2w Turbo-Spin-Echo	20-30	4	Perpendicolare all'uretra	no	
Coronale – Pelvi	T2w Turbo-Spin-Echo	20-26	4	Parallela all'uretra	no	

<sup>1</sup>Lo studio morfologico ad alta risoluzione del pavimento pelvico, eseguito sui tre piani ortogonali dello spazio, è finalizzato alla visualizzazione delle strutture di supporto degli organi pelvici (legamenti uretrali, sistema di supporto vaginale e apparato sfinteriale anale).

SEQUENZE DINAMICHE <sup>2</sup>							
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	MANOVRA DINAMICA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	ANGOLAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Sagittale – Pelvi	Single Slice Cine Balanced Steady State Free Precession	Contrazione	25-31	8	Medio-sagittale	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breath-hold</li> <li>Durata consigliata: max 20 secondi</li> </ul>
Sagittale – Pelvi	Single Slice Cine Balanced Steady State Free Precession	Ponzamento	25-31	8	Medio-sagittale	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breath-hold</li> <li>Durata consigliata: max 20 secondi</li> </ul>
*Coronale – Pelvi	Single Slice Cine Balanced Steady State Free Precession	Ponzamento	30	5-6	Parallela all'uretra	no	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>*SEQUENZA OPZIONALE:</b> valutazione dell'angolo del muscolo ileo-coccigeo</li> <li>Breath-hold</li> <li>Durata consigliata: max 20 secondi</li> </ul>
*Assiale – Pelvi	Single Slice Cine Balanced Steady State Free Precession	Ponzamento	25-31	5-6	Perpendicolare all'uretra	no	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>*SEQUENZA OPZIONALE:</b> valutazione dell'ampiezza dello iato degli elevatori</li> <li>Breath-hold</li> <li>Durata consigliata: max 20 secondi</li> </ul>
Sagittale – Pelvi	Single Slice Cine Balanced Steady State Free Precession	Evacuazione	25-31	8	Medio-sagittale	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respiro libero</li> <li>Durata consigliata: 50 secondi</li> <li>Necessario ripetere la sequenza e la manovra fino allo svuotamento completo dell'ampolla rettale</li> </ul>

<sup>2</sup>Lo studio dinamico del pavimento pelvico (defeco-RM) viene eseguito mediante sequenze Single Slice Cine ad elevata risoluzione temporale sul piano sagittale nelle fasi di contrazione, ponzamento ed evacuazione ed è fondamentale per localizzare il prollasso degli organi pelvici (se mono, bi o tri-compartmentale) e per valutarne il grado. Inoltre, nel caso di sospetta PFR, è utile integrare il protocollo con acquisizioni supplementari sul piano assiale e coronale in fase di ponzamento, per valutare l'ampiezza dello iato degli elevatori (in assiale) e l'angolo del muscolo ileo-coccigeo (in coronale) rispetto alla condizione di riposo.

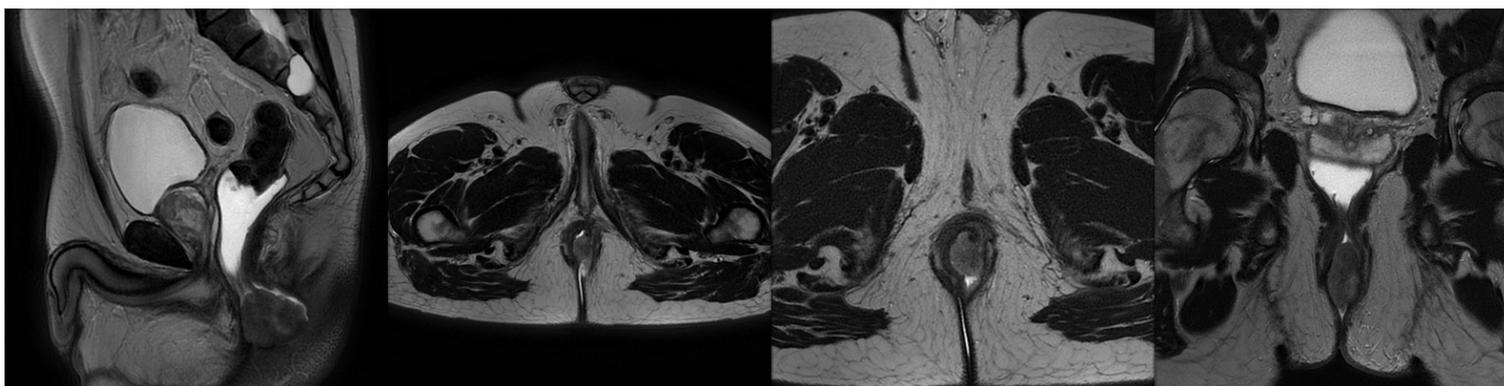
**PROTOCOLLO TUMORE DEL RETTO**



- **Indicazione:** stadiazione e ristadiatione di tumore del retto.
- **Note preparazione:** distensione del lume rettale mediante gel ecografico (60 Ml max); in caso di tumori del retto alto, è consigliabile la somministrazione di spasmolitici per via parenterale.

SEQUENZE DI BASE						
PIANO – COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Sagittale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	20-24	5	Respiro libero	no	
Assiale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	42	5	Respiro libero	no	
Assiale obliqua – Retto	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piano orientato perpendicolarmente rispetto all'asse del retto sede di neoplasia</li> </ul>
Coronale obliqua – Retto	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piano orientato parallelamente rispetto all'asse del retto sede di neoplasia</li> </ul>
Coronale obliqua – Canale anale	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SEQUENZA AGGIUNTIVA:</b> raccomandata per la stadiazione dei tumori del retto basso</li> <li>• Piano orientato parallelamente all'asse del canale anale</li> </ul>
Assiale – Pelvi	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	24	5	Respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> </ul>

**PROTOCOLLO TUMORE DEL CANALE ANALE**



- **Indicazione:** stadiazione e ristadiazione di tumore del canale anale

SEQUENZE DI BASE						
PIANO – COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Sagittale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	20-24	5	Respiro libero	no	
Assiale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	42	5	Respiro libero	no	
Assiale obliqua – Canale anale	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piano orientato perpendicolarmente rispetto all'asse del canale anale</li> </ul>
Coronale obliqua – Canale anale	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	no	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piano orientato parallelamente rispetto all'asse del canale anale</li> </ul>
Assiale – Pelvi	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	24	5	Respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 b-values: 50 – 400 – 800 sec/mm<sup>2</sup></li> </ul>

**PROTOCOLLO FISTOLE PERIANALI**



SEQUENZE DI BASE						
PIANO – COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	MODALITA' DI RESPIRAZIONE	FAT-SAT	Note aggiuntive
Sagittale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	20-24	5	Respiro libero	no	
Assiale – Pelvi	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	42	5	Respiro libero	no	
Assiale obliqua – Canale anale	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>piano orientato perpendicolarmente rispetto all'asse del canale anale</li> </ul>
Coronale obliqua – Canale anale	T2 Turbo Spin Echo (TSE)	16	3	Respiro libero	STIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>piano orientato parallelamente rispetto all'asse del canale anale</li> </ul>

## **SURRENI**

### **SPECIFICHE TECNICHE**

Tomografo ad alto campo magnetico (1,5T – 3T)

Bobine phased-array multicanale

Decubito supino con braccia piegate sul torace o dietro la testa per ridurre artefatti da ribaltamento

Trigger respiratorio / navigator echo

- valori indicativi per le varie sequenze (TR/TE; NEX, etc..) sono esempi, ma non vincolanti, come del resto è scritto nelle linee guida VI-RADS dal quale tutto è stato preso.

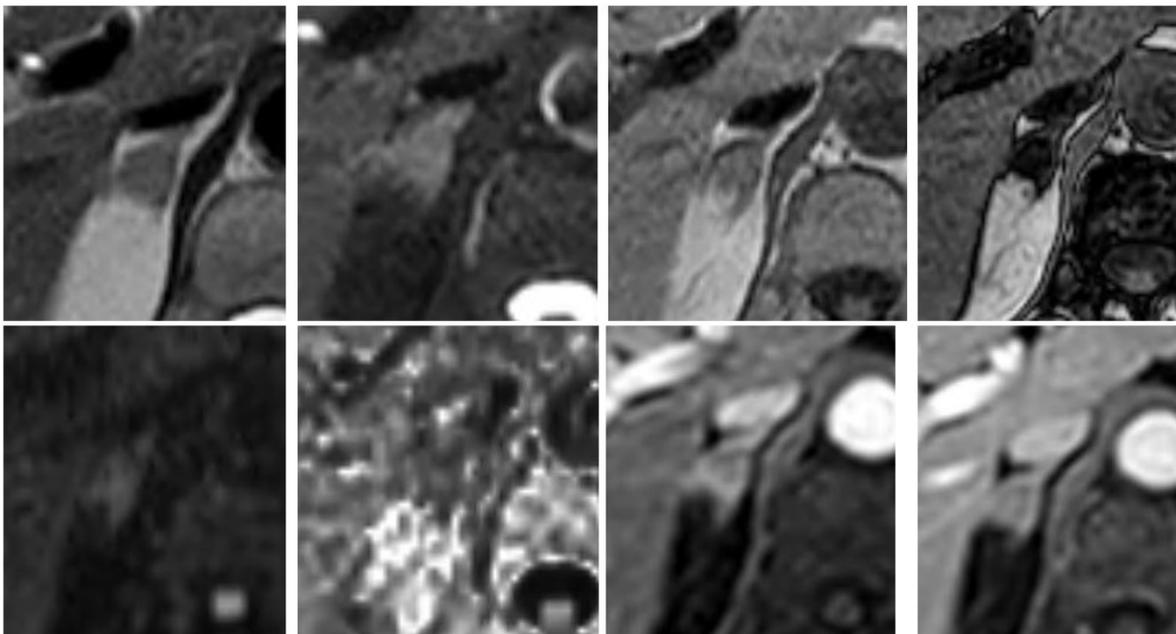
### **PREPARAZIONE PAZIENTE**

Creatininemia recente (ultimi 3 mesi) per gli studi che necessitano di somministrazione di mdc

Digiuno

### **NOTE:**

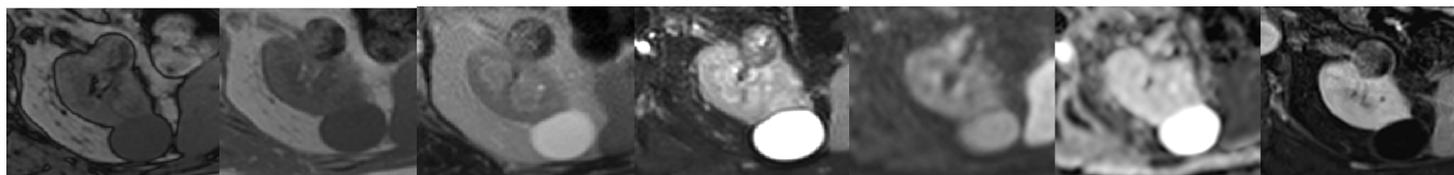
Per le apparecchiature fornite di sequenze con algoritmo DIXON è possibile eseguire una unica acquisizione assiale T1 DIXON pre contrastografica dalla quale estrarre le sequenze "T1 fat-suppression" ed evitare l'acquisizione dedicata "T1 in-out phase"



Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

SEQUENZE BASALI	TR *	TE *	FOV		SLICE (mm)	GAP	MATRICE *		PHASE ENC DIR	NEX *	note
			FREQ	PHASE			PHASE	FREQ			
Ax T2 TSE	472	100	380	81.3	3	0.3	256	256	AP	1-2	Sequenza morfologica T2
Cor T2 TSE	548	100	400	100	3	0.3	256	256	LR	1-2	Sequenza morfologica T2
Ax T2 TSE SPAIR	593	100	380	81.3	3	0.3	256	256	AP	1-2	Sequenza con soppressione del tessuto adiposo
Ax DWI (B=50, B=500, B=1000 ADC)	7100	58	380	80.6	4	0.3	128	128	AP	1-2	Studio densità cellulare
Ax T1 GRE DUAL ECHO_OP_IN	163	2.83 e 4.87	380	80.6	3	0.3	256	256	AP	1-2	Sequenza T1 sia morfologica che per valutare la presenza di tessuto adiposo intracellulare
MDC (per lesioni sospette di malignità)											
Ax GRE T1 FAT SAT (BASALE, ART, VEN, TARD)	4.41	2.08	250	100	3	0.6	192	192	AP	1	Studio contrastografico (basale e trifasico dopo mdc)
SEQUENZE ADDIZIONALI											
Cor GRE T1 FAT SAT	3.56	1.68	400	100	1.4	20% di 1.4	230	288	RL	1-2	Per lesioni piccole mal valutabili nel solo piano assiale e per la valutazione del rapporto anatomico con strutture limitrofe, in particolar modo il polo renale sup

**RENE**



SEQUENZE BASALI	TR	TE	FOV		SLICE	GAP	MATRICE		PHASE DIR	NEX	note
			FREQ	PHASE			PHASE	FREQ			
Ax T2 HASTE	≥1250	107	380	81.3	5	0.5	198	256	AP	1	Sequenza morfologica T2
Cor T2 HASTE	≥1250	103	400	100	5	0.5	192	256	LR	1	Sequenza morfologica T2
Ax T2 HASTE SPAIR	≥1250	107	380	81.3	5	0.5	156	256	AP	1	Sequenza con soppressione e del tessuto adiposo
Ax DWI (B=50 B=500, eventuale B=1000 e ADC)	7100	58	380	80.6	5	0.5	100	124	AP	1	Studio stipamento cellulare
Ax T1 FLASH_OPP IN_288 mBH	163	2.83 e 4.87	380	80.6	5	0.5	162	288	AP	1	Sequenza T1 sia morfologica che per valutare la presenza di tessuto adiposo intracell
<b>POST MDC</b>											
COR VIBE 3 mm_256_FS (DIR, ART, VEN e URO)	4.41	2.08	250	100	3	0.6	192	256	RL	1	Studio contrastografico (basale e trifasico dopo mdc)
<b>OPZIONALE</b>											
Axr VIBE_1,4 ISO_320_FS Tardiva su dettaglio	3.56	1.68	400	100	1.4	20% di 1.4	230	288	RL	1-2	Per lesioni piccole mal valutabili in assiale (es.polari)
Sag T2 HASTE	≥1250	103	400	100	3	0.3	192	256	AP	1	Sequenza morfologica T2

## PIELO-RM E URO-RM

### SPECIFICHE TECNICHE

Apparecchiatura alto campo (1,5T – 3T)

Bobine RF multicanale

Acquisizione sul piano assiale e coronale estesa dal polo renale superiore al pavimento vescicale

- i valori presentati per le varie sequenze (TR/TE; NEX, etc..) sono esempi, ma non vincolanti, come del resto è scritto nelle linee guida VI-RADS dal quale tutto è stato preso.

### PREPARAZIONE

Creatininemia (funzionalità renale)

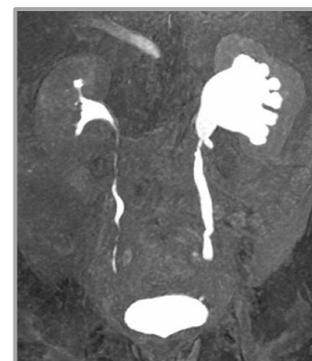
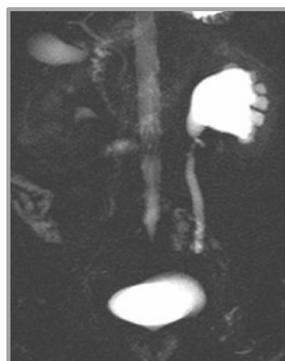
Digiuno

Idratazione per os (500/1000 ml acqua 30' prima dell'esame) o somministrazione di furosemide e.v. (0.1mg/kg fino ad un massimo di 10 mg) in assenza di controindicazioni o di distensione delle vie escrettrici allo studio basale

Somministrazione antiperistaltico (in assenza di controindicazioni)

### PRINCIPALI INDICAZIONI

**Valutazione del grado di distensione delle vie escrettrici urinarie, identificazione di difetti di riempimento o varianti anatomiche, detezione di lesioni neoplastiche (anche delle alte vie escrettrici)**



PIELO- RM	TR	TE	FOV		SLICE	GAP	MATRICE		PHASE DIR	NEX	note
			FREQ	PHASE			PHASE	FREQ			
Cor HASTE	∞	80	450	380	2-4 mm	0.2- 0.4 mm	256	256	RL	1	Scansioni sensibili ai fluidi semi-stazionari
TSE thick- slab		1100	450	380	70- 90 mm		256	256	RL	1	Scansioni sensibili ai fluidi semi-stazionari
TSE 3D	1800	800	450	380	1,25- 2 mm		256	256	RL	1	Scansioni sensibili ai fluidi semi-stazionari
<b>URO- RM</b>											
<b>Cor GRE T1 FS</b>	4.7	1.5	460	380	1.5-2 mm		256	256	RL	1	Studio prima e dopo mdc (corticomidollare: 35"; nefrografica: 80-100"; ecretrografia/urografica: 5-15')
<b>SEQUENZE OPZIONALI</b>											
Ax HASTE	∞	800	340	260	2-4 mm	0.2- 0.4 mm	256	256	AP	1	
FFE (IP/OP)	186	2.3/4.6	400	381	4-6 mm	0	256	256	AP	1	Seq.morfologica T1
DWI (o- 400- 800 mm/s <sup>2</sup> )	1711	69	375	302	5-7 mm	2.5	100	124	AP	1	Densità cellulare

## VESCICA

### SPECIFICHE TECNICHE

Apparecchiatura alto campo (1,5T – 3T)

Bobine RF multicanale

Acquisizione sul piano assiale estesa dall'uretra prossimale agli organi pelvici

I valori presentati per le varie sequenze (TR/TE; NEX, etc..) sono esempi, ma non vincolanti

### PREPARAZIONE

Creatininemia (funzionalità renale)

Digiuno

Distensione vescicale (svuotamento vescica 1-2 h prima dell'esame) e idratazione (500/1000 cc acqua 30' prima dell'esame)

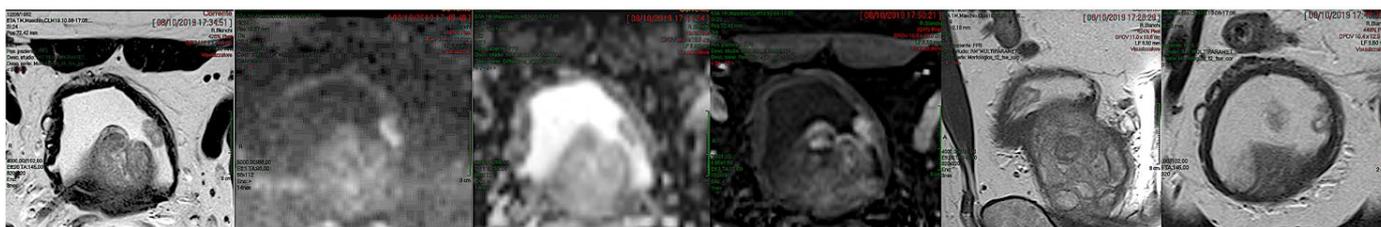
Somministrazione antiperistaltico (se no controindicazioni)

### PRINCIPALI INDICAZIONI

Stadiazione neoplasie vescicali

Identificazione lesioni vescicali (casi selezionati)

Valutazione efficacia trattamento neoplasie vescicali

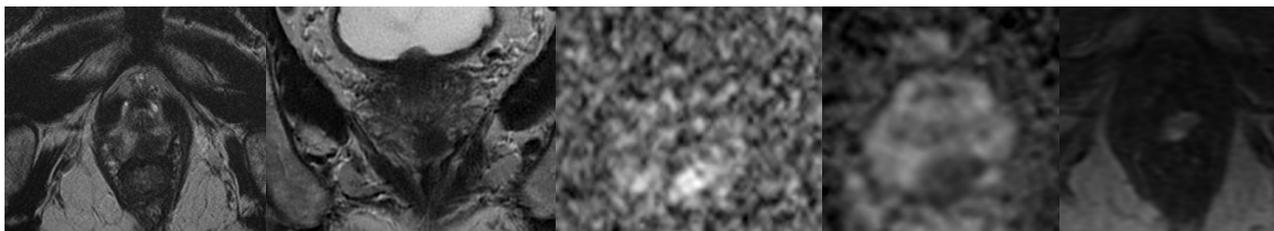


SEQUENZE BASALI	TR	TE	FOV		SLICE	GAP	MATRICE		PHASE DIR	NEX	note
			FREQ	PHASE			PHASE	FREQ			
Ax T2 TSE	5000	80	230	230	4	0-0.4	256	256	AP	1-2	Sequenza morfologica T2
Sag T2 TSE	5000	80	230	230	4	0-0.4	256	256	AP	1-2	Sequenza morfologica T2
Cor T2 TSE	5000	80	230	230	4	0-0.4	256	256	LR	1-2	Sequenza morfologica T2
Ax DWI (B=0, B=800, B=1000 e ADC)	4500	90	270	270	4	0-0.4	128	128	AP	10-15	Studio densità cellulare
Ax T1 TSE	500	10	230	230	4	0-0.4	256	256	AP	1-2	Seq.morfologica T1
POST MDC											

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

<b>DCE Ax GRE T1 FS</b>	3.3	1.2	350	300	2	0	192	192	AP	1	Studio din.(basal e e dopo mdc (4/6 acq. ogni 30")
<b>OPZIONALE</b>											
<b>T2 TSE ortogonale alla parete in corrispondenza lesione</b>	5000	80	230	230	4	0-0.4	256	256	AP	1-2	Se lesione mal valutabile sui piani standard
<b>DWI (B=50, B=800, B=1000 e ADC) ortogonale alla parete in corrispondenza lesione</b>	4500	90	270	270	4	0-0.4	128	128	AP	10- 15	Se lesione mal valutabile sui piani standard

**PROSTATA**



SEQUENZE DI BASE							
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR/TE/FA	SPESSORE (mm)	Matrice	CODIFICA DI FASE	Risoluzione nel piano *
Piano Assiale T2 Pelvi	FRFSE T2	36.0	6500/102/140	5	256X256	A/P	
Piano Assiale T1 Pelvi	T1 (TSE o GE)	36.0	800/20/140	5	256x256	A/P	
Sagittale Prostata	T2 Propeller	12-20	8400/135	3	512x512	S/I	≤0.7 mm (fase) x ≤0.4mm (frequenza)
Coronale T2	T2 Propeller	12-20	8300/135	3	512x512	S/I	≤0.7 mm (fase) x ≤0.4mm (frequenza)
Assiale T2	FRFSE T2	12-20	3000/140/140	3	512X512	A/P	≤0.7 mm (fase) x ≤0.4mm (frequenza)
Assiale DWI Focus b100/1000**		12-20	≥3000/Minimum (≤90msec)	3	256x256 o superiori	A/P o R/L	≤2 mm (fase) x ≤2 mm (frequenza)
Assiale DWI Focus b> 1400		12-20	≥3000/Minimum (≤90msec)	3	256x256 O superiori	AP o R/L	≤2 mm (fase) x ≤2 mm (frequenza)

SEQUENZE POST MDC***							
PIANO DI ACQUISIZIONE	SEQUENZA	FOV (mm)	TR/TE/FA	SPESSORE (mm)	MATRICE	CODIFICA DI FASE	Note aggiuntive
Assiale T1	Ax Fat Sat DYN T1 (GE 2D o 3D)	≤30.0	4.1/1.9 ****	3	512x512	A/P	

i valori presentati per le varie sequenze (TR/TE; NEX, etc..) sono esempi, ma non vincolanti

\*Risoluzione spaziale ottimale (conservando adeguato SNR)

\*\*b 100 e 1000 per calcolo ADC mono-esponenziale

\*\*\*0.1mmol/kg contrasto a base di gadolinio

\*\*\*\* Comunque con risoluzione temporale ≤15 sec (<7 ottimale), durata almeno 2 minuti.

## Pelvi Femminile

### *Cervice uterina*

**Indicazioni:** carcinoma della cervice uterina

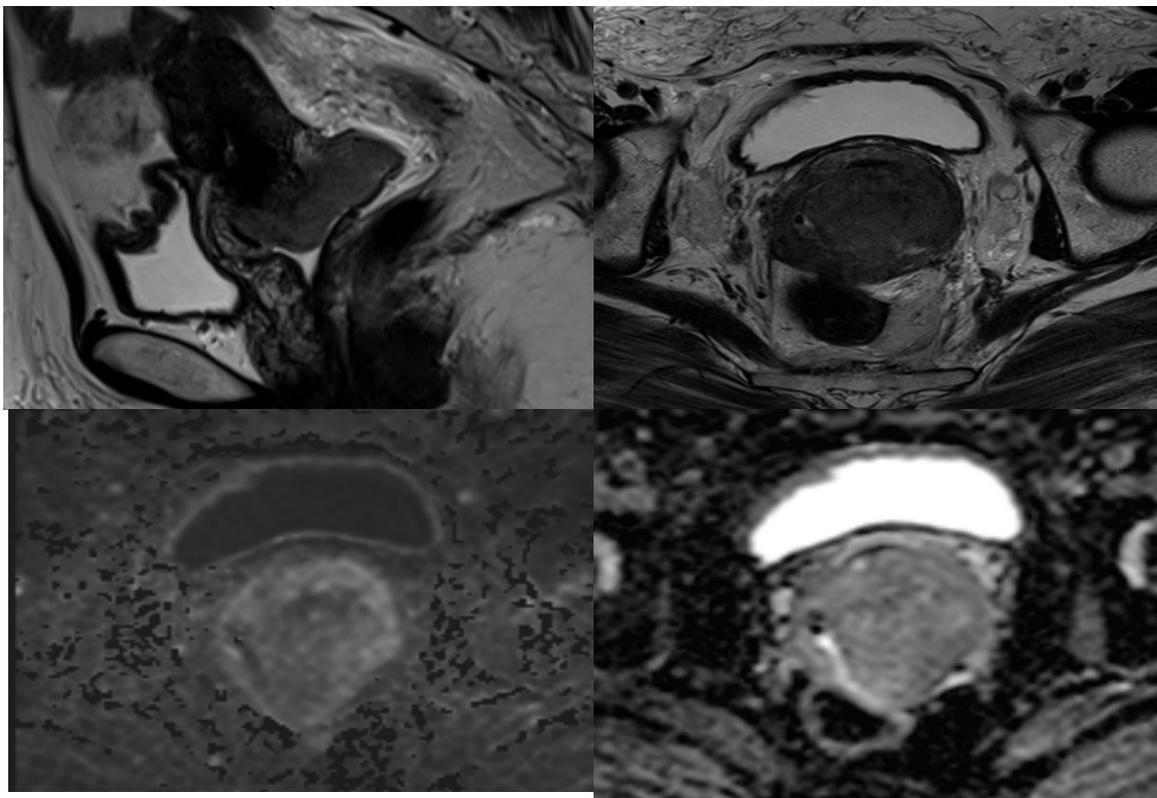
**Potenza di campo:** 1.5 T o superiore

### **Preparazione:**

- **somministrazione di farmaco anti peristaltico endovena o intramuscolo prima dell'esame** (1 mg glucagone o 20 mg butyl-scopolamina (Buscopan)).
- **opacizzazione della vagina con gel sterile**

**Bobina:** pelvic coil phased-array

**Posizionamento e centraggio:** *Supino*



SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSOR E (mm)	Matrice	FAT-SAT	Note aggiuntive
sagittale (mirata cervice) Addome inferiore	<b>T2w TSE 2D</b>	20-25	3-4	512x512	no	
Assiale Obliquo – Perpendicolare al canale cervicale	<b>T2w TSE 2D</b>	20-25	3-4	512x512	No	*b 50-100 e 800-100 con mappe ADC (monoesponenziale)
Assiale Obliquo – Perpendicolare al canale cervicale Mirate cervice	<b>Single-Shot-Diffusion-Weighted-Echo-Planar-Imaging (DWI)*</b>	20-25	≤4	256x256	Si	
Assiale – Addome inferiore	T1w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE) 2D o in alternativa 3D Dixon GE	40-45	5	256x256	no	
Assiale – Addome inferiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	40-45	5	256x256	SPAIR o STIR	*b 50-100 e 800-100 con mappe ADC (monoesponenziale)

Opzionale

Assiale – Addome inferiore	T1W 3D dinamiche dopo somministrazione di mdc	40-45	2.3	256x196	SPAIR o STIR	*1 basale e 4 dopo MDC (per un totale di 5minuti)
----------------------------	---	-------	-----	---------	--------------	---

## **Endometrio**

**Indicazioni:** carcinoma dell'endometrio

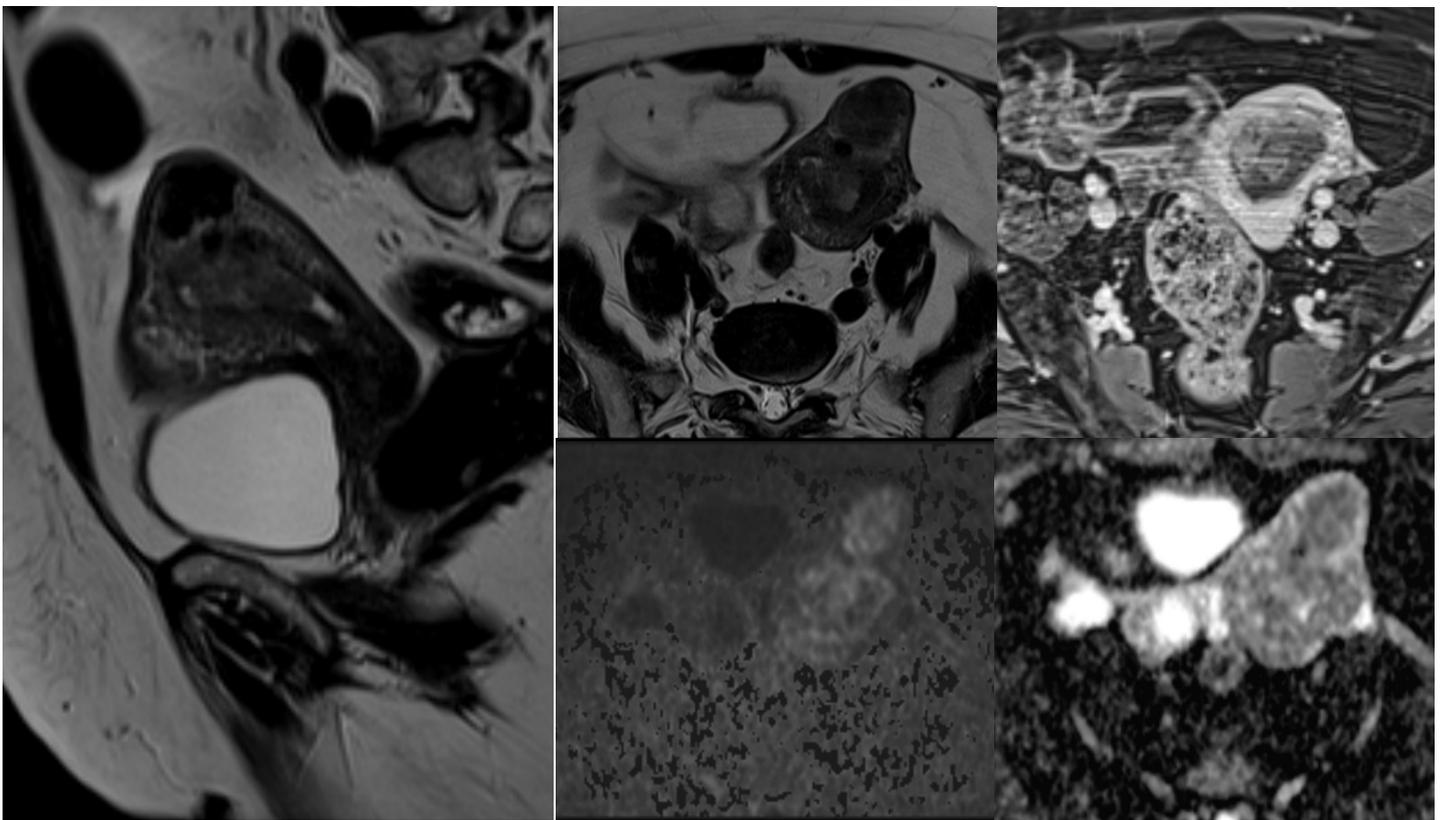
**Potenza di campo:** 1.5 T o superiore

**Preparazione:**

- **somministrazione di farmaco anti peristaltico endovena o intramuscolo prima dell'esame** (1 mg glucagone o 20 mg butyl-scopolamina (Buscopan).
- **opacizzazione della vagina con gel sterile**

**Bobina:** pelvic coil phased-array

**Posizionamento e centraggio:** Supino



SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	Matrice	FAT-SAT	Note aggiuntive
sagittale (mirata utero) Addome inferiore	<b>T2w TSE 2D</b>	20-25	3-4	512x512	no	
Assiale Obliquo – Perpendicolare alla cavità endometriale	<b>T2w TSE 2D</b>	20-25	3-4	512x512	No	
Assiale Obliquo – Perpendicolare alla cavità endometriale	<b>Single-Shot-Diffusion-Weighted-Echo-Planar-Imaging (DWI)*</b>	20-25	≤4	256x256	Si	*b 50-100 e 800-100 con mappe ADC (monoesponenziale)
Assiale – Addome inferiore	T1w Fast/turbo spin-echo (FSE/TSE) 2D o in alternativa 3D Dixon GE	40-45	5	256x256	no	
Assiale – Addome inferiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	40-45	5	256x256	SPAIR o STIR	*b 50-100 e 800-100 con mappe ADC (monoesponenziale)
Assiale Utero	T1W 3D dinamiche dopo somministrazione di mdc	40-45	2-3	256x192	Si	<b>Sequenza pre-contrasto e 2 min 30 s dopo somministrazione di mdc o in alternativa DCE con fase &lt;30sec per una durata 4-5min dopo la somministrazione di mdc</b>

**Ovaio**

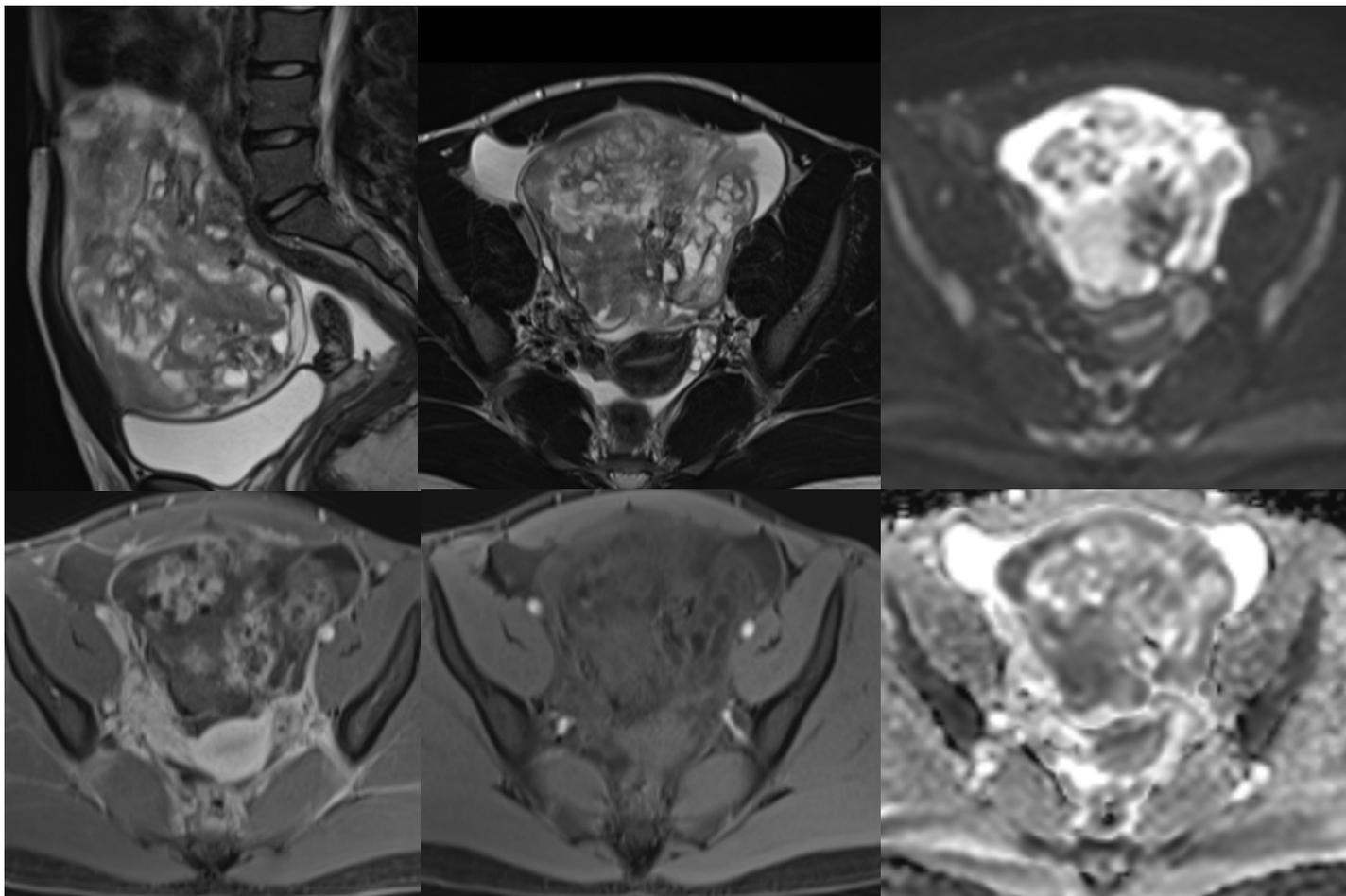
**Indicazioni:** carcinoma dell'ovaio

**Potenza di campo:** 1.5 T o superiore

**Preparazione:** Digiuno (da 6 ore prima)

**Bobina:** pelvic coil phased-array

**Posizionamento e centraggio:** Supino



SEQUENZE DI BASE						
PIANO - COPERTURA ANATOMICA	SEQUENZA	FOV (cm)	SPESSORE (mm)	Matrice	FAT- SAT	Note aggiuntive

Protocolli di Risonanza Magnetica per indicazione clinica

sagittale Addome inferiore	<b>T2w TSE 2D</b>	40	<b>≤4mm</b>	256x256 o 512x512	no	
Assiale Pelvi	<b>T2w TSE 2D</b>	40	<b>≤4mm</b>	256x256 o 512x512	No	
Coronale Pelvi	<b>T2w TSE 2D</b>	40	<b>≤4mm</b>	256x256 o 512x512	No	
Assiale Pelvi	<b>T2w TSE 2D</b>	40	<b>≤4mm</b>	256x256 o 512x512	Si	
Assiale – Addome inferiore	T1w Fast/turbo spin- echo (FSE/TSE) 2D o in alternativa 3D Dixon GE*	40- 45	<b>≤4mm</b>	256x256	no	<b>*in- and opposed-phase</b>
Assiale – Addome inferiore	DWI – SE EPI con mappa ADC in scala di grigi	40- 45	5	256x256	SPAIR o STIR	*b 50-100 e 800-100 con mappe ADC (monoesponenziale)
Assiale Utero	T1W 3D dinamiche dopo somministrazione di mdc	40- 45	2-3	256x192	Si	<b>Sequenza pre contrasto e 30 s dopo somministrazione di mdc o in alternativa DCE con fase &lt;15sec per una durata 4 minuti dopo la somministrazione di mdc</b>