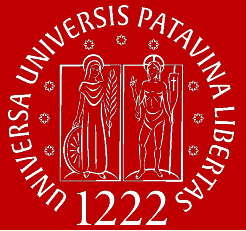


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Master di primo livello in “Risonanza magnetica cardiaca per tecnici sanitari di radiologia medica”

Cardio RM a 3T: metodologia di studio , tips and tricks e IA

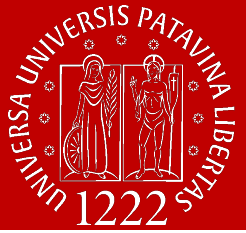
Dott. TSRM Fierro Davide

Tecnico di Radiologia, specialista in Risonanza Magnetica
Vicepresidente AITERM

Policlinico Universitario “Umberto I” di Roma, Università “La Sapienza”
Comitato Scientifico “Everything MRI”
Docente presso “Unicamillus University”



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

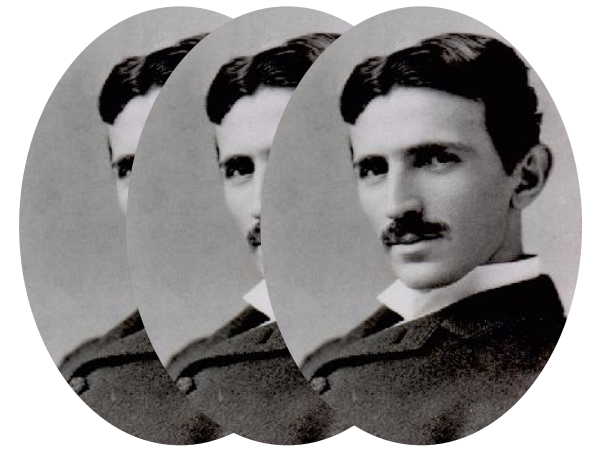


1.5



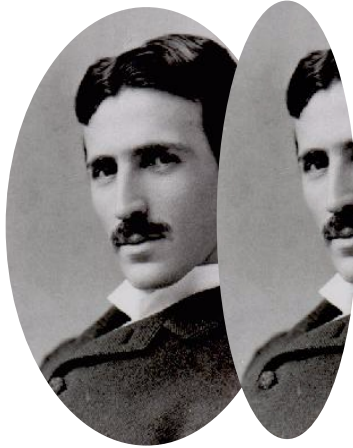
Vs

3



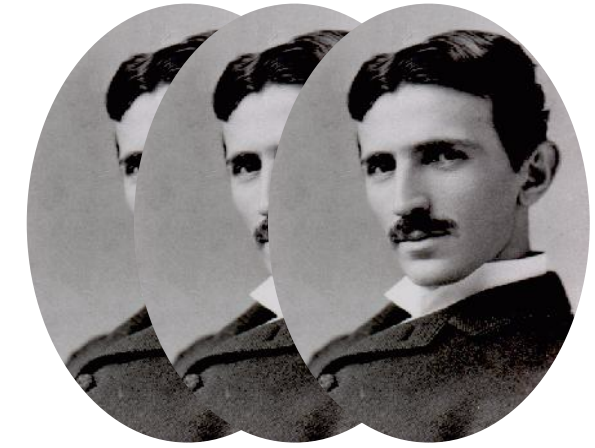
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

1.5



Vs

3

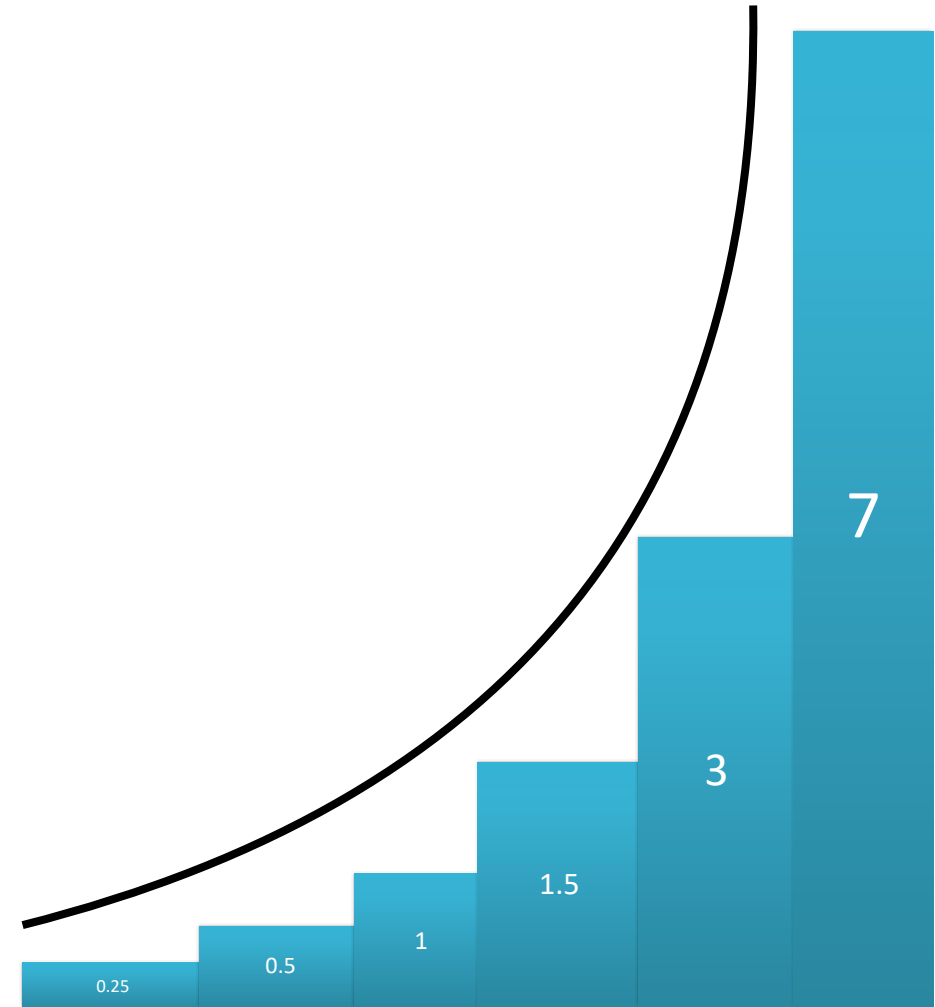


Cosa Vedremo:

- Qualità dell'immagine e segnale
- Artefatti e problemi tecnici
- Tempi di acquisizione
- Uso del mezzo di contrasto
- Sicurezza e comfort del paziente

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

- ↑ B0
- ↑ SNR
- ↑ Imaging Avanzato



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

3



Larmour : $\omega \times B_0$

ω = Valore 42,5756 MHz/T

Frequenza di precessione

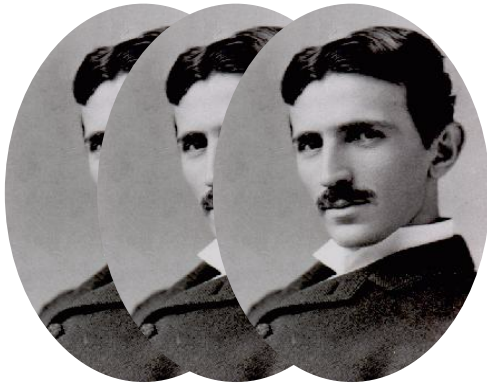
1T = 42,58 MHz/T

1,5T = 63,86 MHz/T

3T = 127,7 MHz/T

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

3



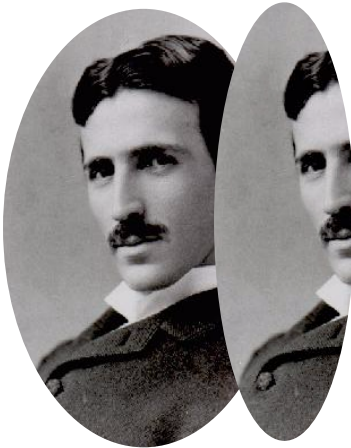
Qualità dell'immagine e segnale

- Maggiore ***rapporto segnale/rumore (SNR)***, ***circa il 30%*** → possibilità di acquisire immagini più dettagliate e definite.
- Permette una migliore visualizzazione delle strutture sottili e una maggiore risoluzione temporale o spaziale.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

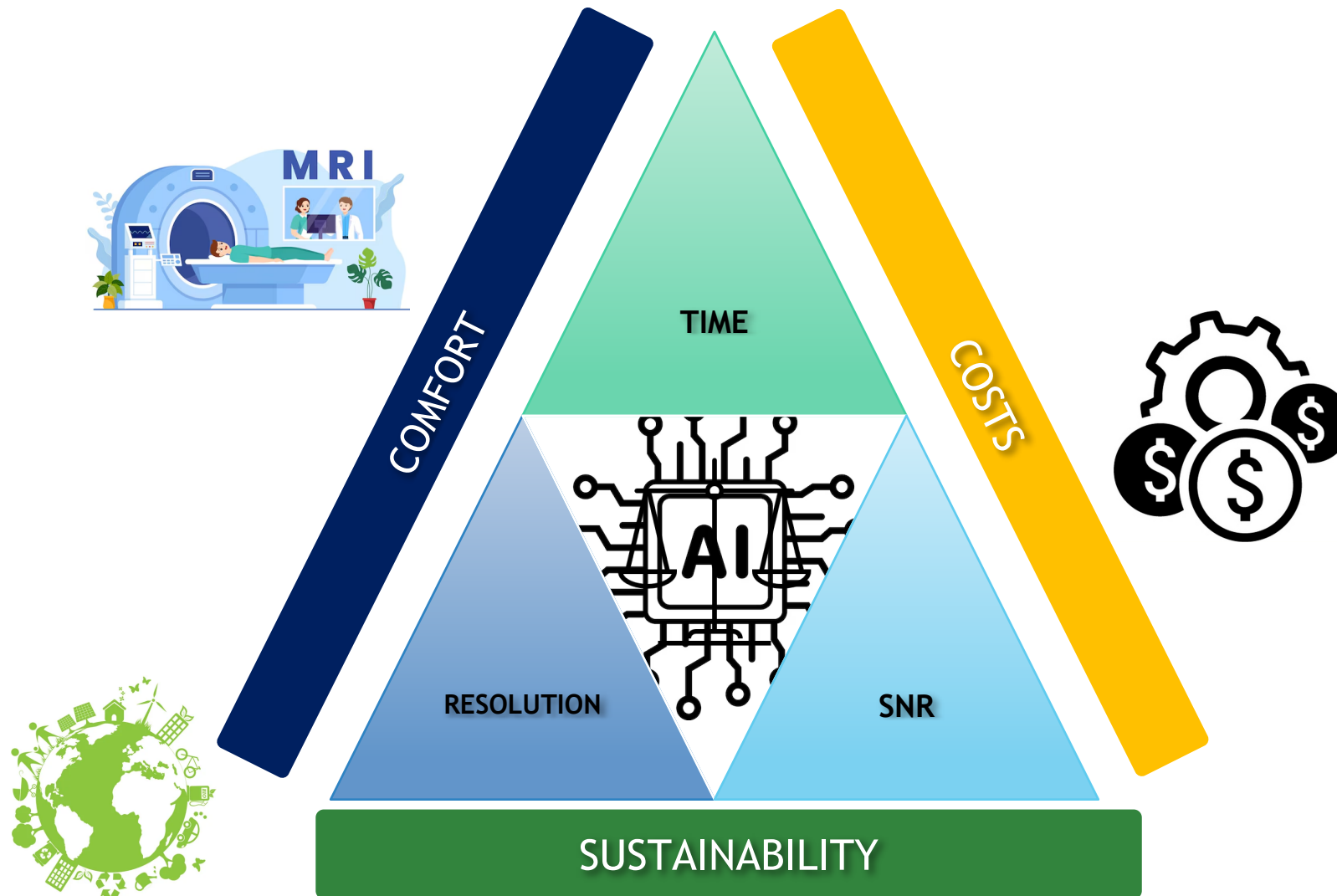
Qualità dell'immagine e segnale

1.5



- ***SNR inferiore***, ma immagini di ottima qualità per la maggior parte degli esami cardiaci.
- Più stabile per pazienti e per protocolli standardizzati.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

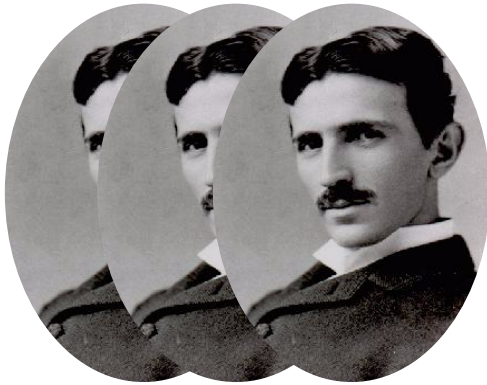


Il Triangolo
Magico

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Artefatti e problemi tecnici

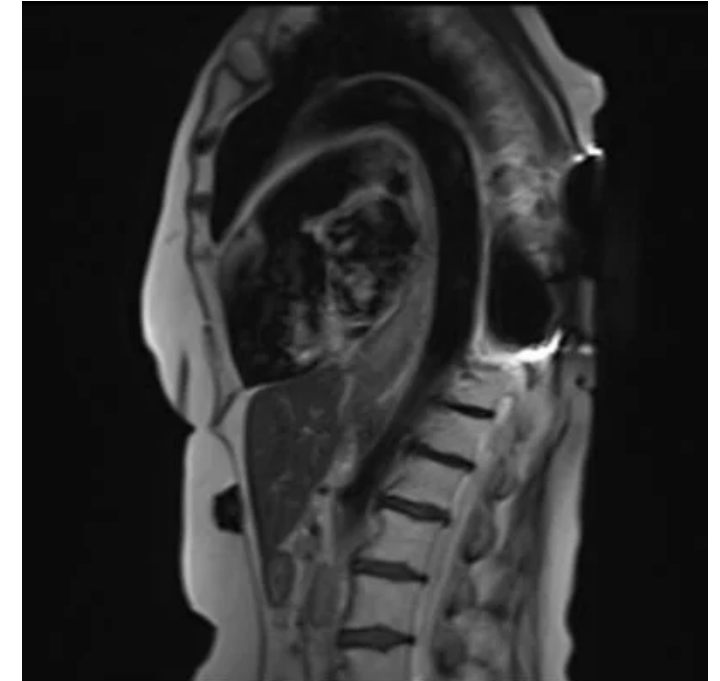
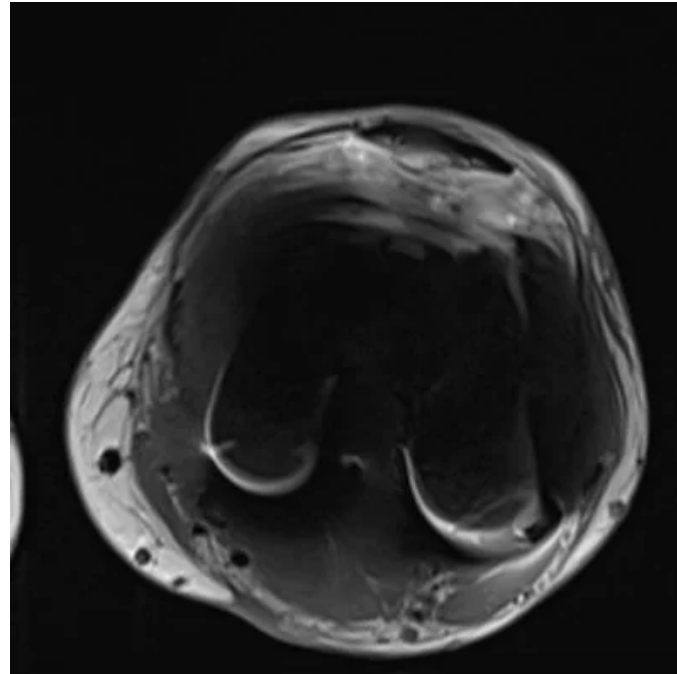
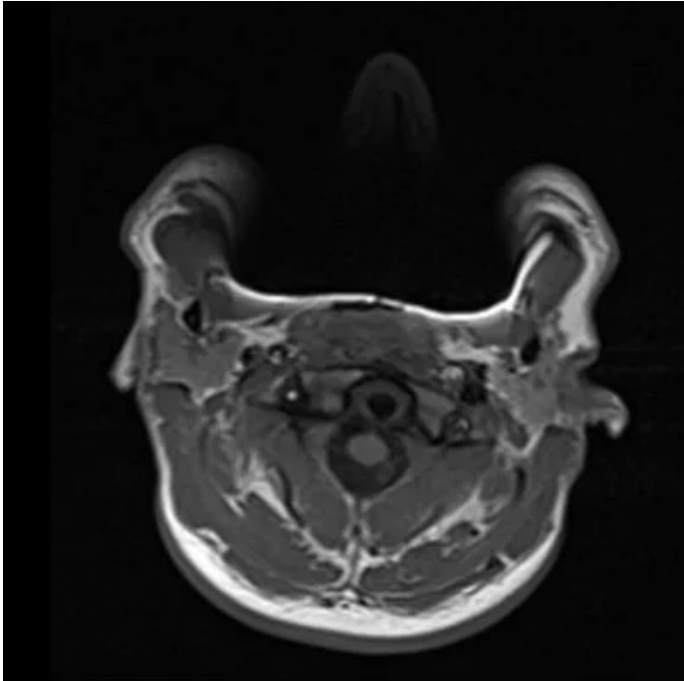
3



- Più soggetta ad ***artefatti da suscettibilità magnetica*** (soprattutto a livello di polmoni e sangue).
- Maggiori ***artefatti da movimento e da flusso*** (ad esempio nei vasi cardiaci).
- Più sensibile alle ***eterogeneità del campo B_0 e B_1*** → richiede una calibrazione più accurata.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Artefatti da suscettività Magnetica



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Possibili Soluzioni:



Aumentare Bandwidth

Controllare di aver rimosso tutti i dispositivi dal paziente

Invertire Fase e Frequenza

Usare preferibilmente sequenze RRE rispetto a GRE

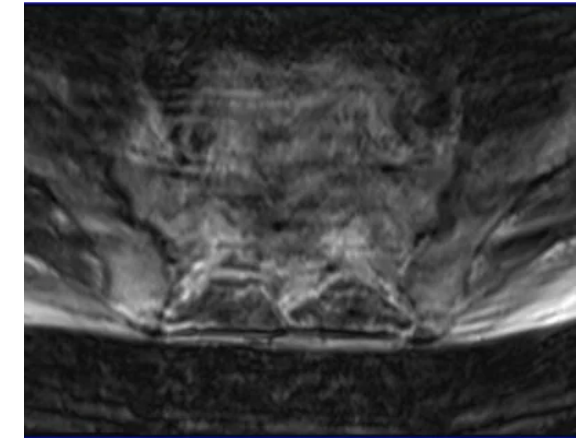
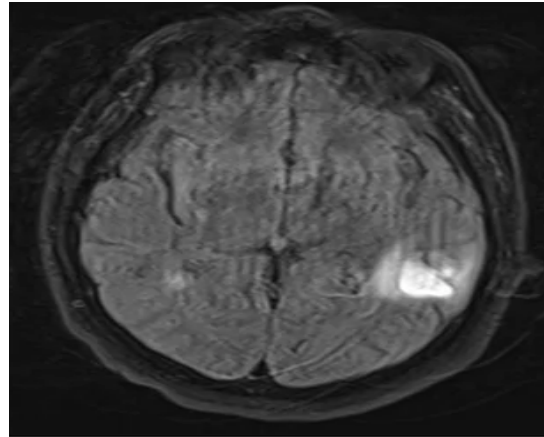
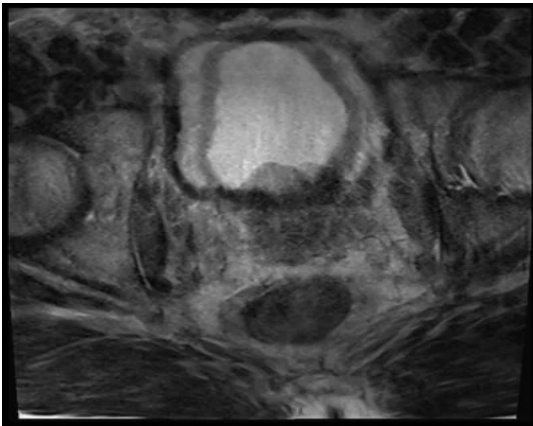
Ridurre Voxel Size e Thickness

Usare un tempo di echo (TE) più corto

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Artefatto da Movimento

Volontario

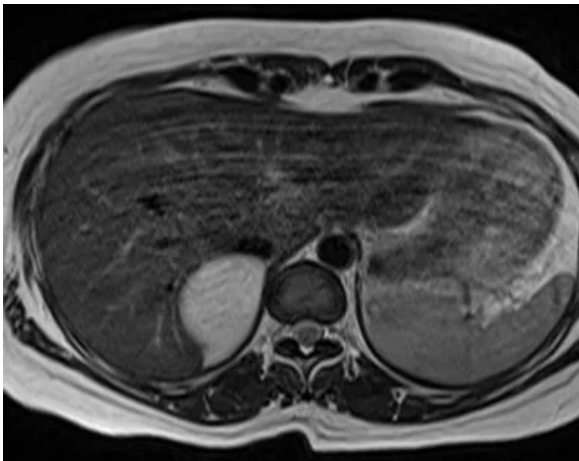


Scarsa Collaborazione e Comfort del paziente, fondamentale in Cardio RM

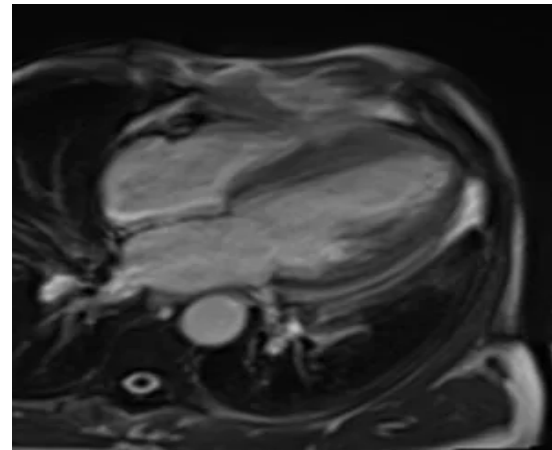
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Artefatto da Movimento

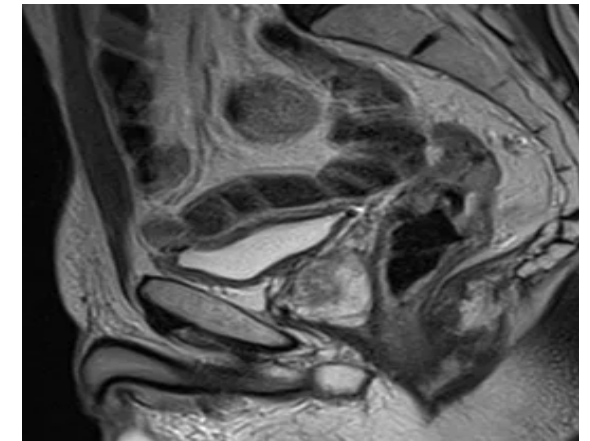
Non Volontari



Respirazione



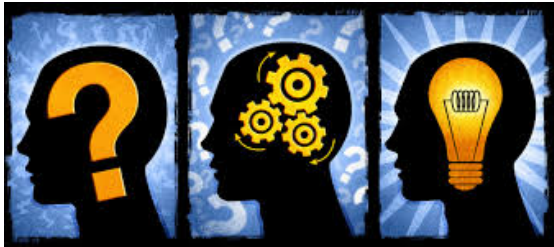
Errata Cardio-sincronizzazione



Peristalsi

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

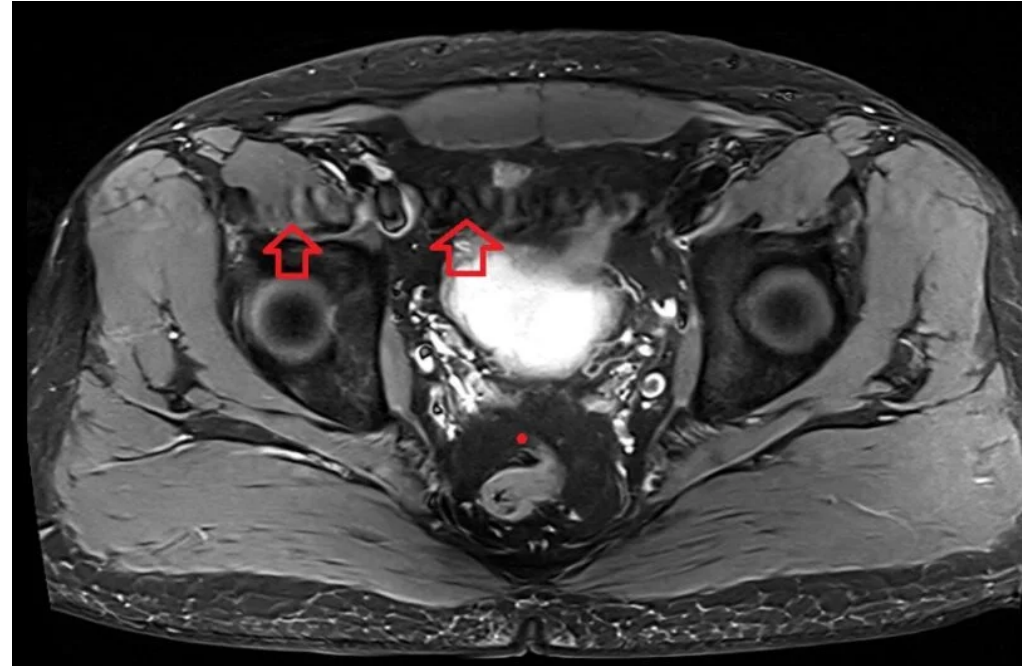
Possibili Soluzioni



- Posizionamento corretto e adeguata formazione del paziente
- Inversione della Codifica di fase
- Posizionamento Bande di Saturazione
- Soppressione del tessuto artefattuale
- Utilizzo di sistemi di monitoraggio e sincronizzazione
- Utilizzo di sequenze a riempimento non cartesiano dello spazio K

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

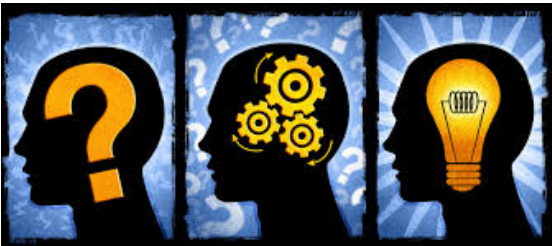
Artefatto da Pulsazione/Flusso



Ghosting in direzione della codifica di fase
Leggero Blurring peri-vascolare

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Possibili Soluzioni



Inversione della codifica di fase

Bande di presaturazione

Utilizzo sequenze con Gradienti Spoiler

Utilizzo di sistemi di monitoraggio e sincronizzazione

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Artefatti e problemi tecnici

1.5

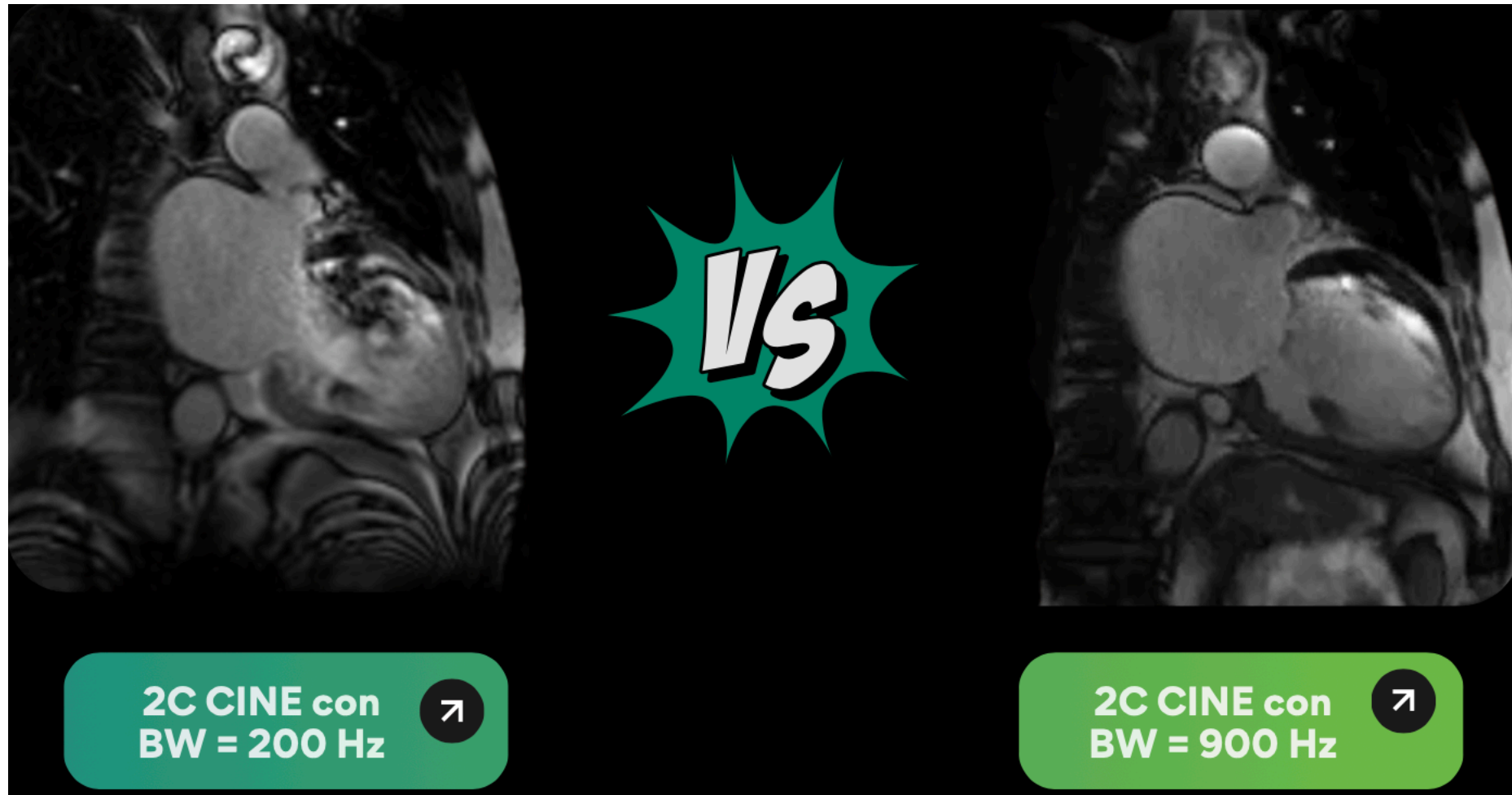


- Campo più omogeneo, meno artefatti e meno problemi di flusso o movimento.
- In generale più “robusta” per studi cardiaci di routine.

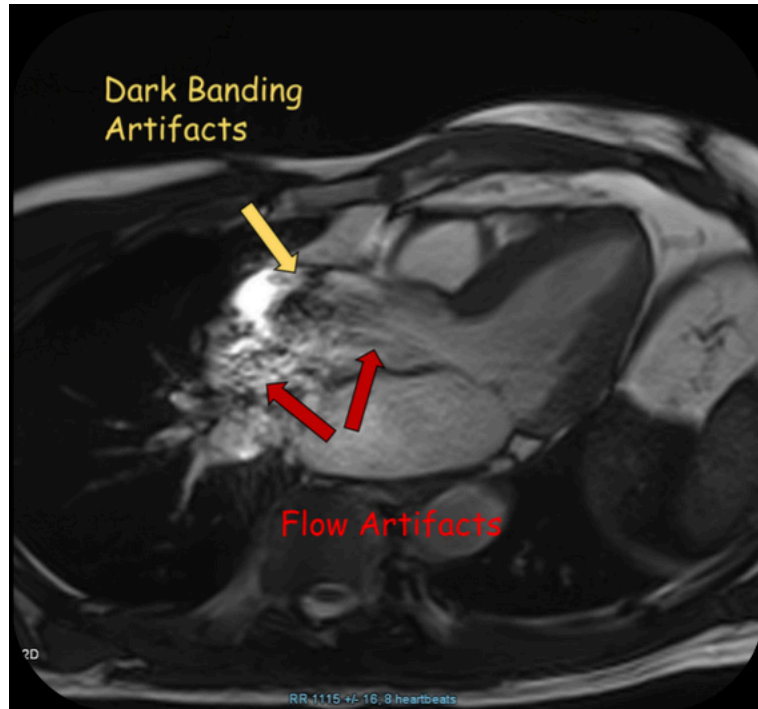


- Tutti i pazienti con device “RM Compatibili” possono essere eseguiti all’1,5T che garantisce una resa ottimale in questa tipologia di pazienti a differenza del 3T più soggetto ad artefatti.

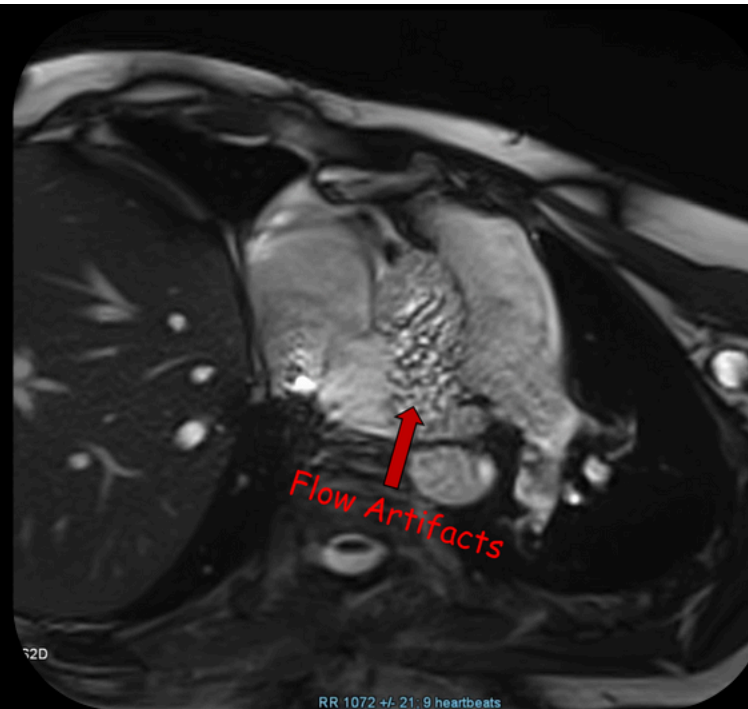
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



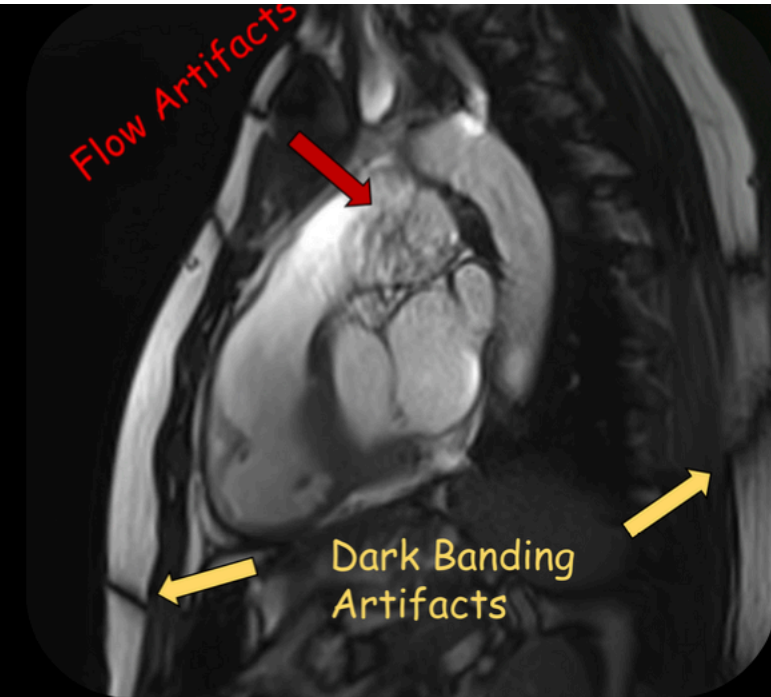
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



3.0T 3C CINE



3.0T Valvula
Aortica CINE



3.0T RVOT CINE



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Tempi di acquisizione

3



- Può teoricamente ridurre i tempi o migliorare la risoluzione, ma spesso i vantaggi sono limitati da artefatti e tempi di calibrazione maggiori.

Durata Esame Standard: circa 35 min.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Tempi di acquisizione

1.5

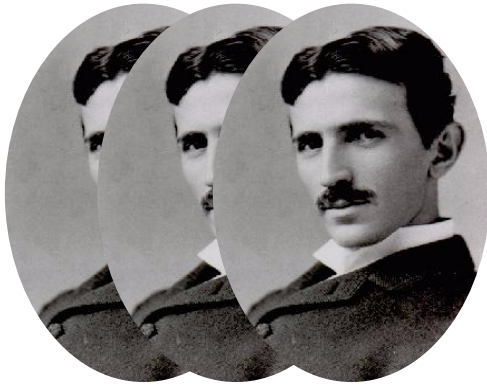


- Tempi lievemente più lunghi, ma flusso di lavoro più prevedibile e stabile.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Utilizzo del Mezzo di Contrasto

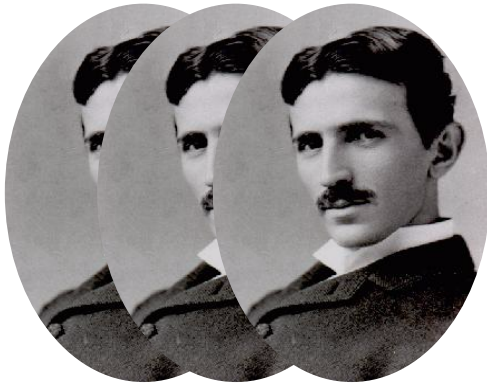
3



- A parità di dose, si ottiene un ***contrasto T1 maggiore*** → migliore visualizzazione di aree fibrotiche o infartuate.
- Può essere vantaggiosa per **Late Gadolinium Enhancement (LGE)** e studi di perfusione.
- Utilizzo di Contrasti specifici ad alta relatività

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

3

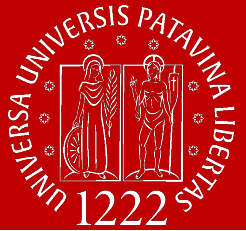


RICORDA:

Tempi di Rilassamento:

- **T1**: Aumenta significativamente a 3T, ma in generale all'aumentare del campo magnetico statico B0 (es. il miocardio ha un T1 più lungo), influenzando le sequenze di mappatura e il contrasto.
- **T2/T2***: Si riducono a 3T, aumentando la sensibilità alle disomogeneità di campo.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Utilizzo del Mezzo di Contrasto

1.5



- Contrast enhancement meno pronunciato, ma qualità diagnostica comunque eccellente in mani esperte.



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

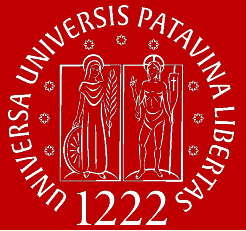
Sicurezza e comfort del paziente

3



- Maggior tendenza a **riscaldamento tessutale (SAR)** → più attenzione ai limiti di sicurezza, soprattutto in scansioni lunghe.
- Maggior rumore acustico.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Attenzione

Le linee guida sulla sicurezza in Risonanza Magnetica per l'uso clinico raccomandato:

- acquisizione in **NORMAL MODE**
- **limite SAR** : 2 W/kg → per evitare riscaldamento dei tessuti e stimolazione nervosi periferici
- limite **rumore acustico** emesso dallo scanner RM: **120 dB**

Linee Guida International Commission Non Ionizing Radiation Protection

The 2004 ICNIRP report recommendation [4] regarding radiofrequency field exposure of pregnant patients is:

'Excessive heating is a potential teratogen; because of uncertainties in the RF dosimetry during pregnancy, it is recommended that exposure duration should be reduced to the minimum and that only the **normal operation level is used.**'



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

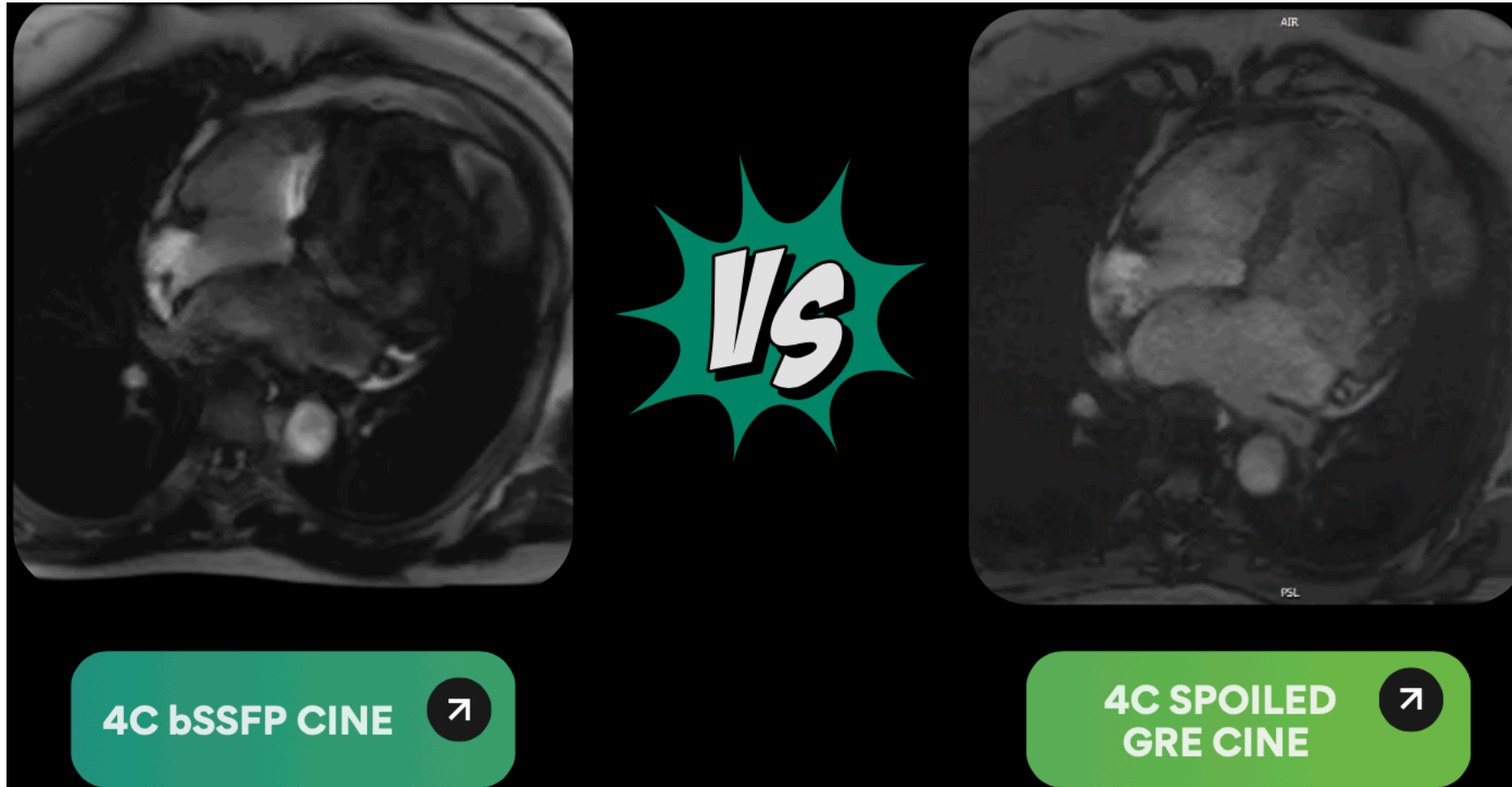
Sicurezza e comfort del paziente

1.5



- Più sicura per la maggior parte dei dispositivi compatibili MR (come pacemaker MR conditional — molti sono approvati solo fino a 1,5T).
- Generalmente meglio tollerata dai pazienti.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Aspetto	1,5 Tesla	3 Tesla
Qualità immagine	Buona	Eccellente (ma più sensibile ad artefatti)
Artefatti	Meno frequenti	Più frequenti
Contrasto T1	Buono	Migliore
Compatibilità dispositivi	Più ampia	Estremamente limitata
Sicurezza SAR	Maggiore tolleranza	Necessari accorgimenti tecnici per limitare quota di SAR al paziente
Uso clinico consigliato	Standard/clinico routinario	Ricerca, studi avanzati o strutture esperte

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

1.5



Più affidabile, standard e versatile nella pratica clinica quotidiana, adatto in pazienti con dispositivi RM Compatibili

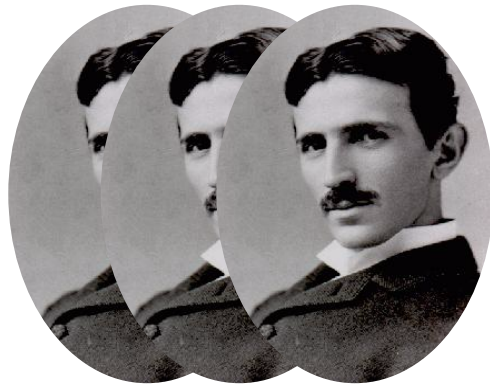
3



Ideale per **ricerca**, **valutazioni complesse** (fibrosi miocardica, imaging T1/T2 mapping con maggiore precisione), 3D imaging, 4D Flow se si dispone di una buona esperienza tecnica e correzione degli artefatti.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

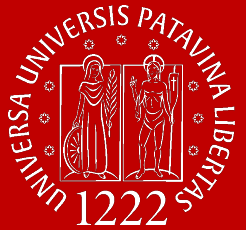
3



Elementi Preliminari, in sede di preparazione del paziente, che garantiscono un ottimale riuscita dell'esame soprattutto ad un magnete ad alto campo (3T)



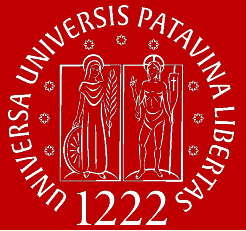
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T **Metodologia operativa e Tips and Tricks**



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Prima un po di terminologia...



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

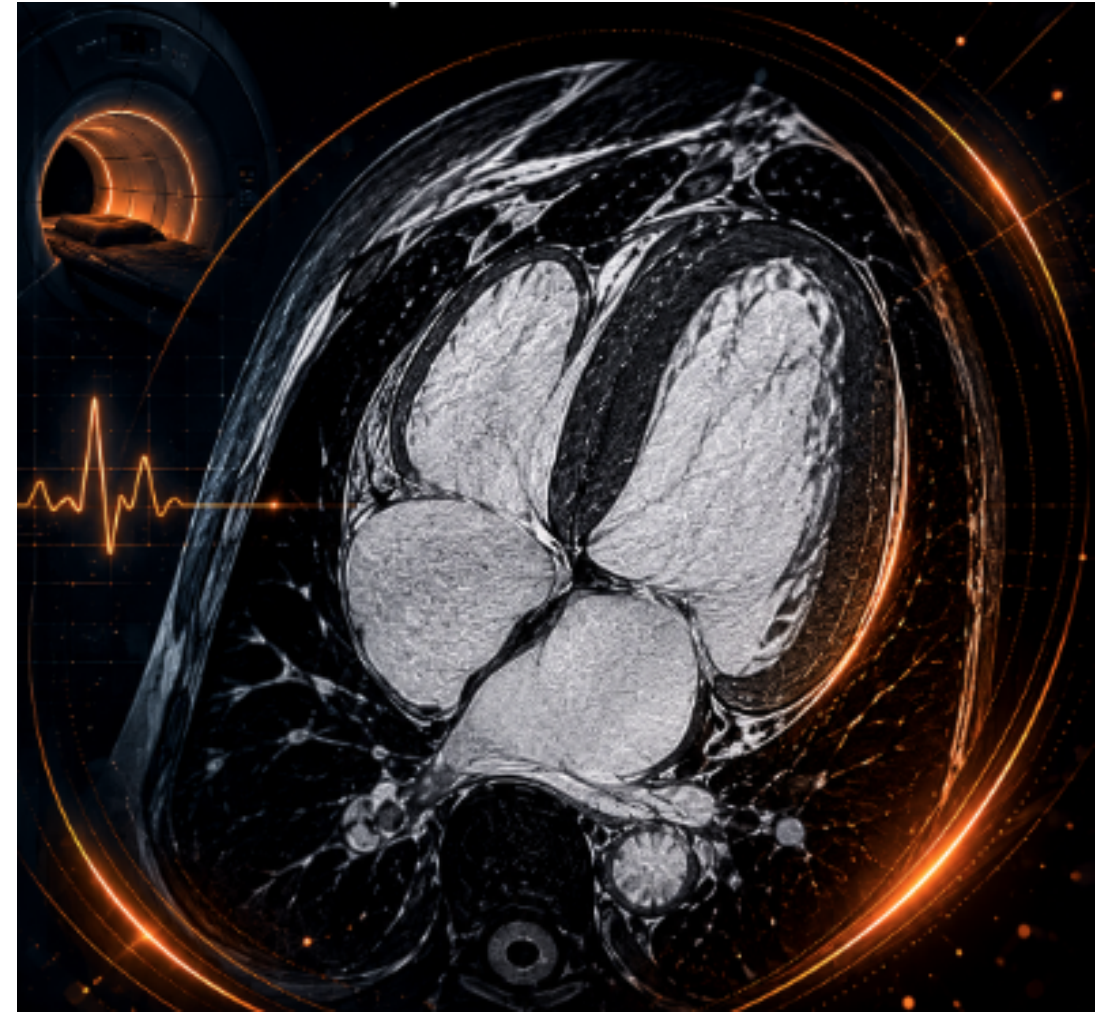
Cardiac phases:

Numero di sezioni/immagini in cui il ciclo cardiaco è diviso.



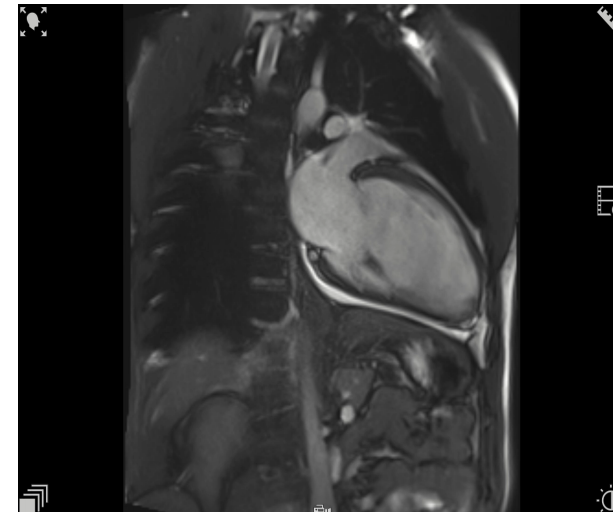
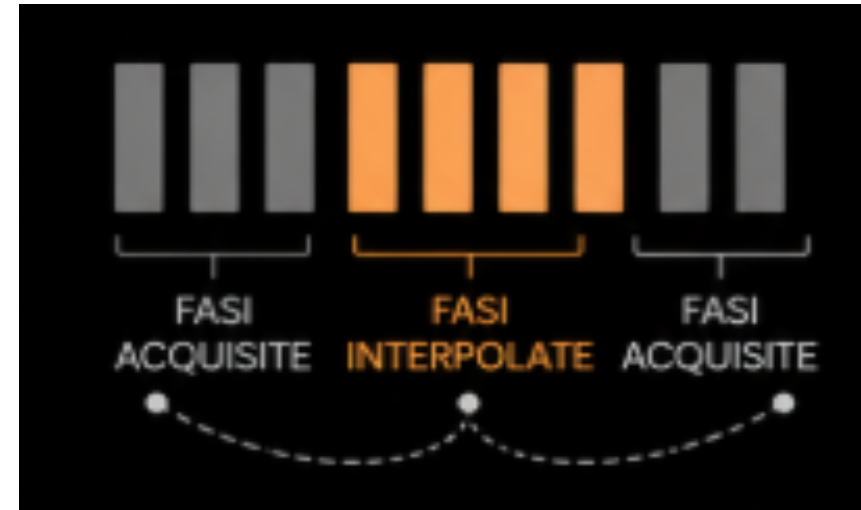
Acquired phases

Numero di fasi
cardiache acquisite dallo scanner



Interpolated phases

Numero di fasi
cardiache aggiuntive create dal software
basate sulle fasi vicine



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Calculated phases

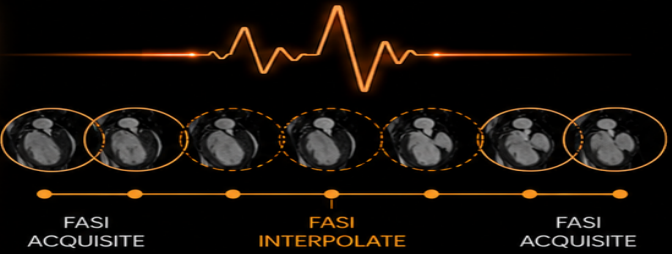
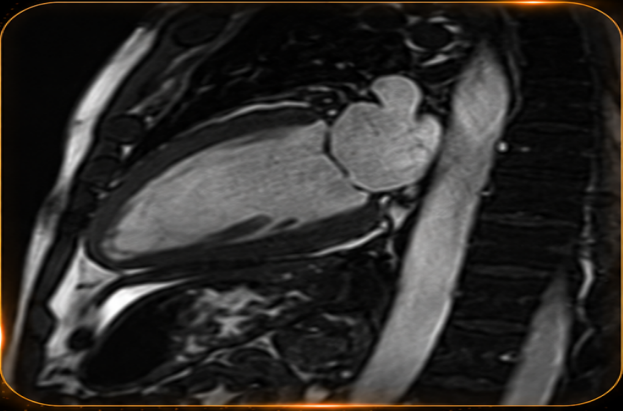
Numero finale di fasi
cardiache ricostruite



Calculated phases

Numero finale di fasi
cardiache ricostruite

-  Somma delle fasi acquisite e delle **fasi interpolate**.
-  Maggiore numero di **frame** nel ciclo cardiaco.
-  Migliore **fluidità** delle immagini e **precisione** nelle analisi.



FASI ACQUISITE FASI INTERPOLATE FASI ACQUISITE

 Le fasi interpolate sono generate dal software tra le fasi acquisite, per ottenere una **maggiore risoluzione temporale**.

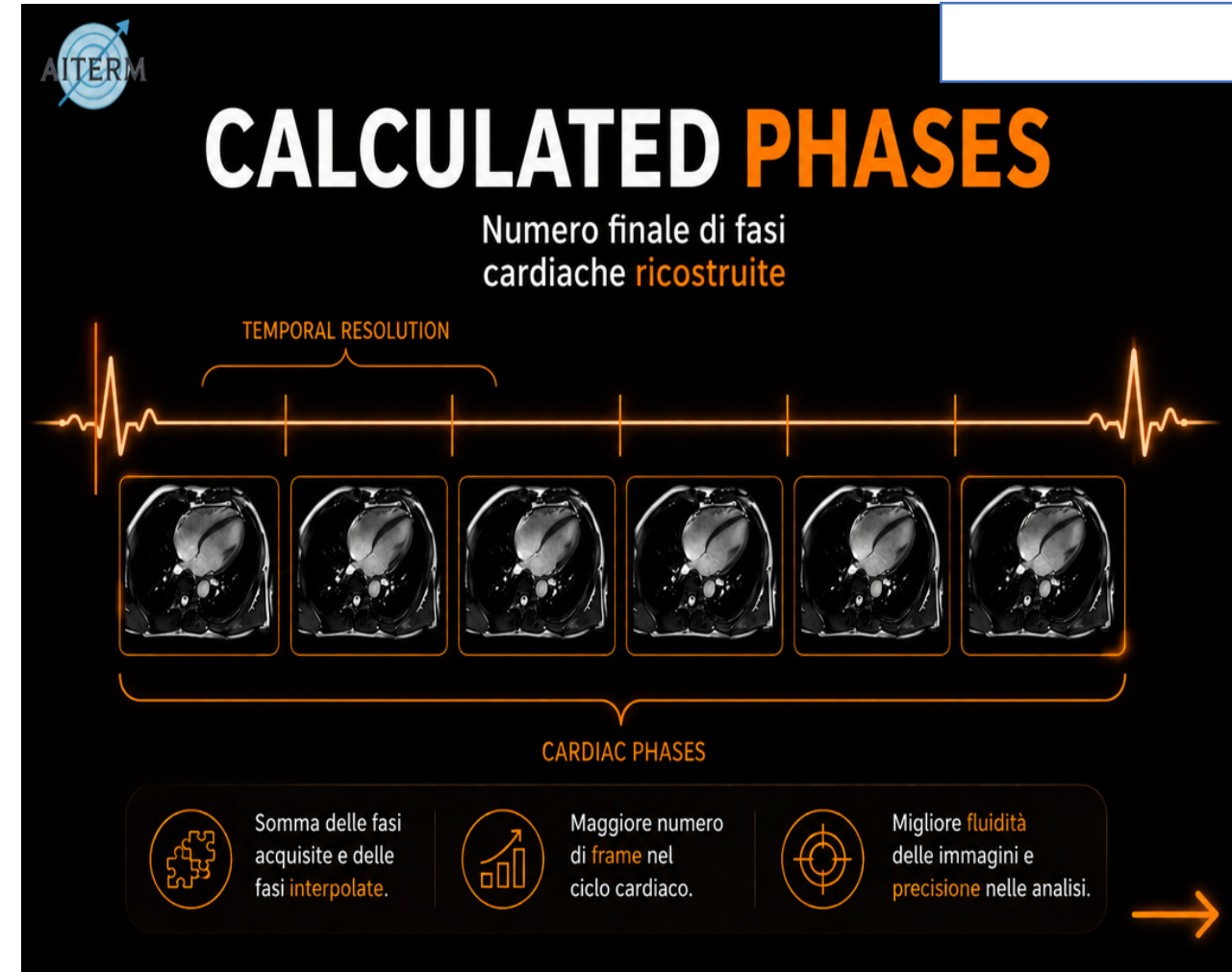
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Risoluzione temporale

Risoluzione temporale: il tempo che intercorre tra due successive fasi cardiache

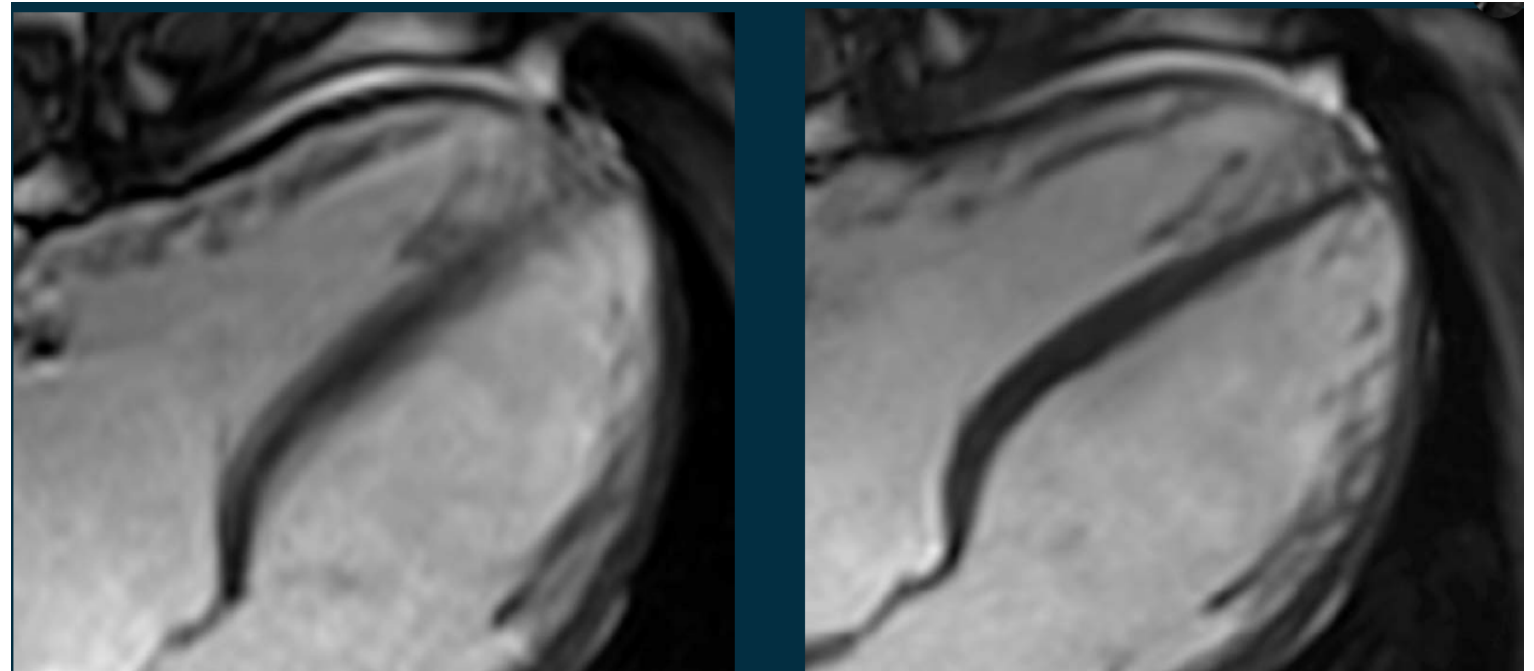
Una risoluzione temporale elevata permette di catturare cambiamenti rapidi del movimento cardiaco garantendo immagini nitide e accurate. Raccomandata da tenere sotto i 50 ms per evitare blurring



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Guarda che succede cambiando le fasi cardiache

- Maggiore risoluzione temporale
- Riduzione degli artefatti da movimento in-plane (minor temporal blurring)
- Aumento del tempo di acquisizione
- Possibile aumento della SAR



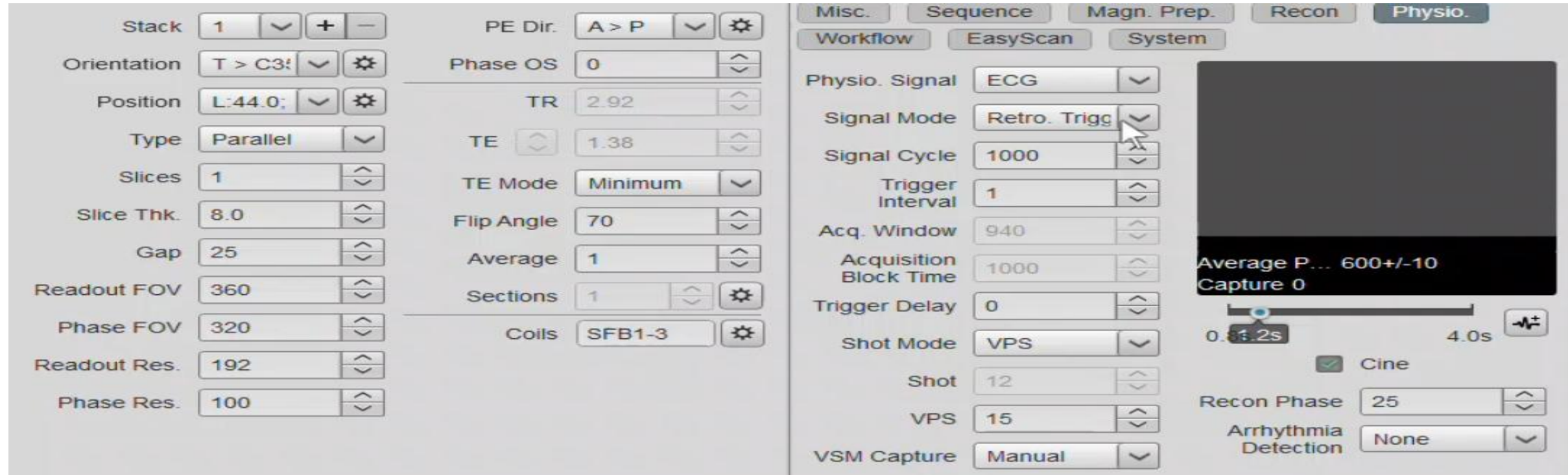
15 FASI
CARDIACHE

30 FASI
CARDIACHE

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Le recon phase sono le fasi calcolate, i segmenti sono gli shot, i VPS sono le linee di k-spazio acquisite per segmento.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

00:09 17702:11 512x512/1.00 NEX FCF/St:SIa/NP1.6/Acc/ED/TRF/Z1024/SRF/FSD:P/FR/DLR W = 2530 L = 70 384x200/0.54 NEX ED/SQ I 526 W = 2530 L = 7

FIESTA Cine BH GRx 0:09 Details Cardiac Advanced

Scan Plane: Oblique Freq. Dir: Unsw... Trigger Type: VCG I+II Inter-Seq. Delay:

Freq. FOV: 40.0 TR: 3.7 # RR Interval: Arrhythmia Rejec. Window: 30

Phase FOV: 1.00 # Slices: ☐ Auto

No Phase Wrap: 1.00

Slice Thickness: 8.00

Spacing: 2.0

Views Per Segment: 18

Phases to Reconstruct: 30

Cardiac Phases: ☐ Single ☐ Multi

Phases: Slices:

R/L A/P S/I

Start 0.0 0.0 0.0

End

Chem SAT: None

Total # Slices:

Max # Slices: 1

of Acqs: 1

Rel. SNR(%): 100

Temp Res: 66 ms

Acq Voxel Size: 2.0x2.0x8.0

BW/Pixel: 909.1

☐ Contrast:

Heart Rate: 96 BPM

Projected HR: BPM

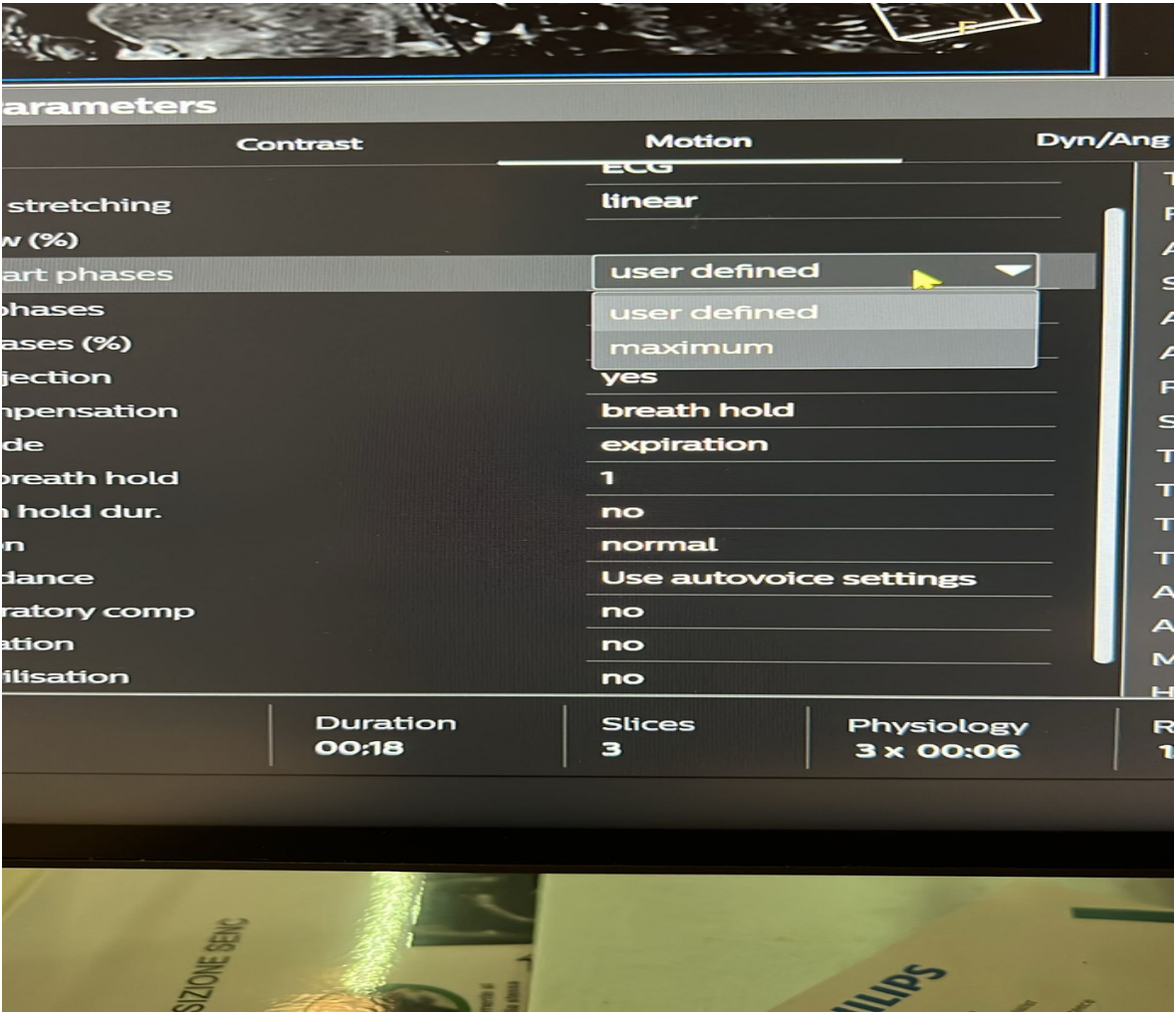
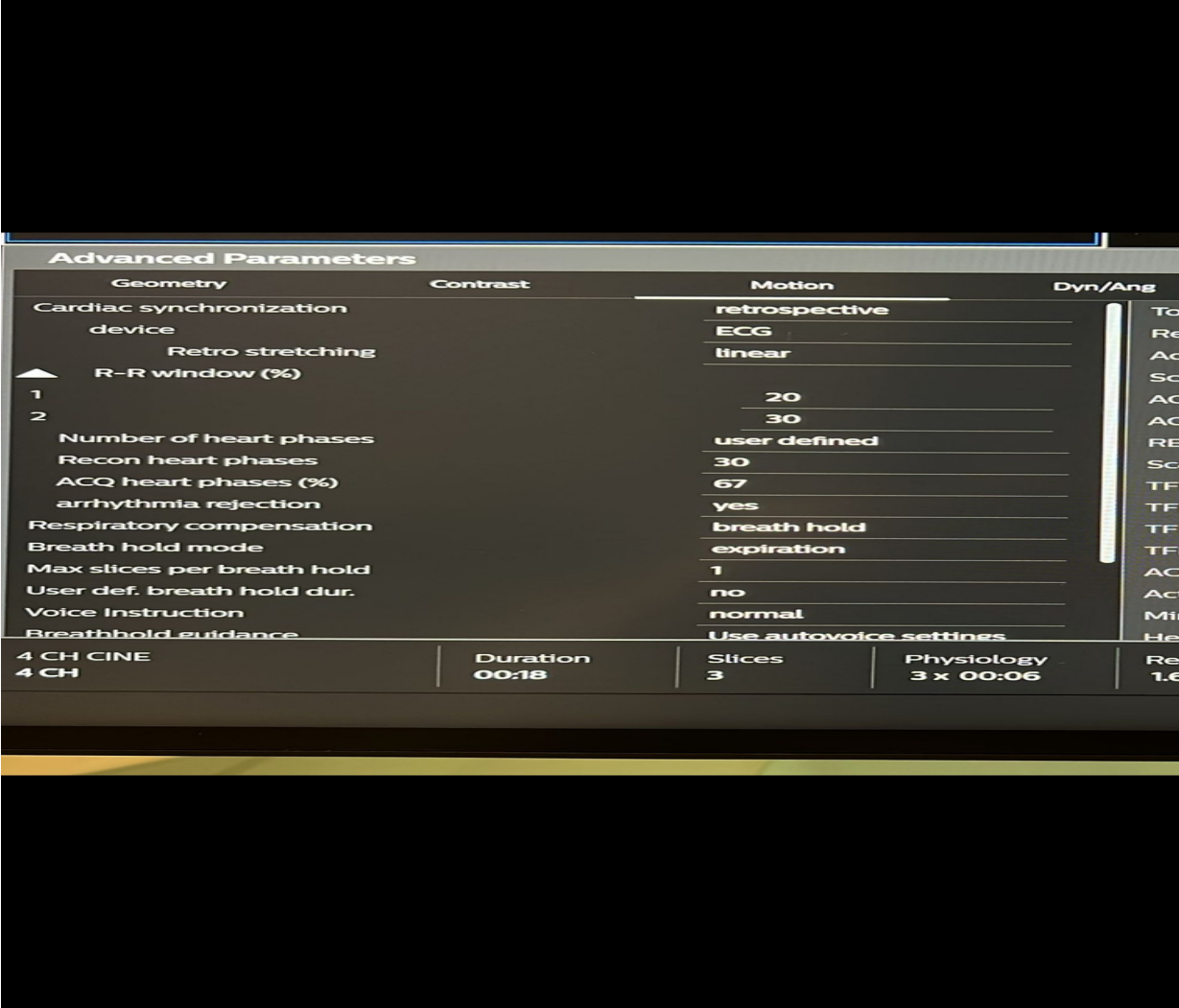
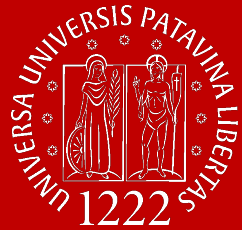
Effective TR: msec

Please fill in the Start/End Locations field before continuing.

WB-SAR: 1.84 B₁₊RMS: 3.54μT Mode: First dB/dt: First

The patient comfort level is warmer than normal.

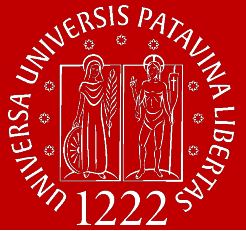
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update

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

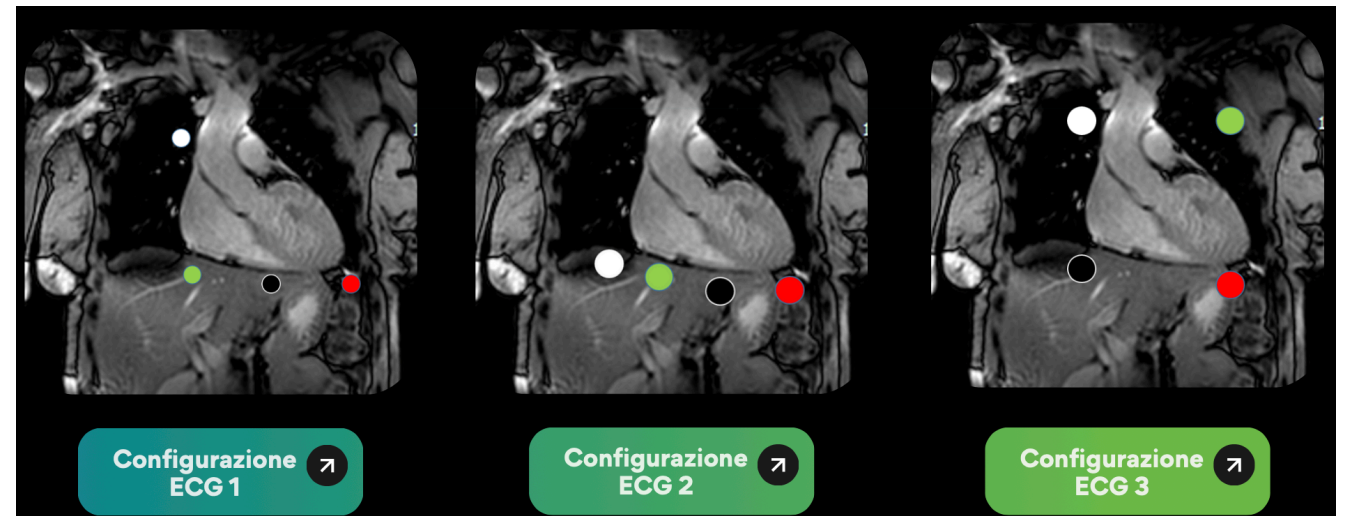
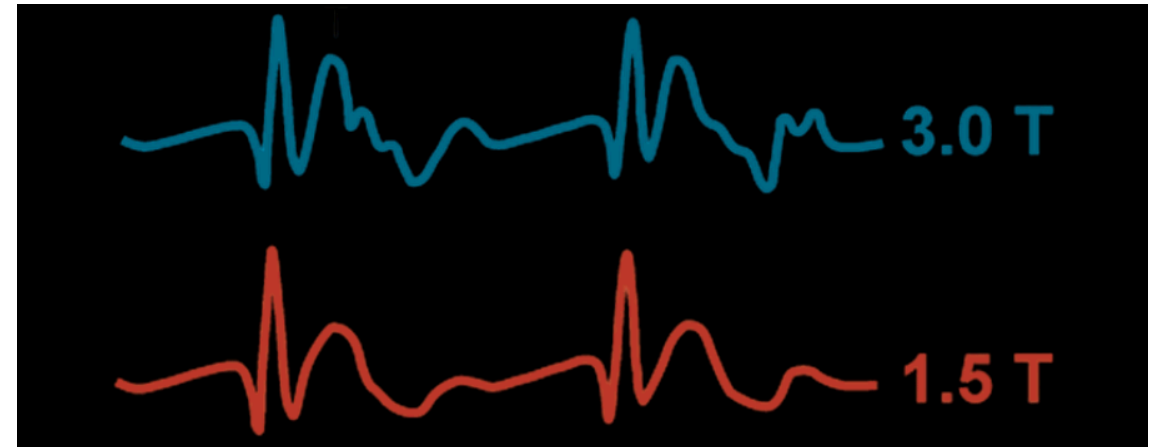
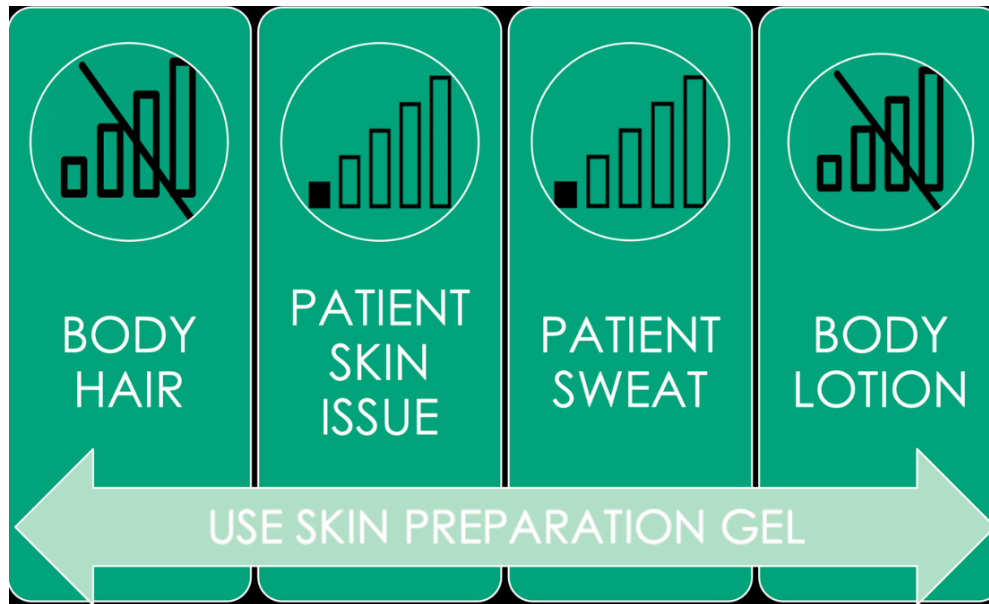
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



1. Electrocardiographic (ECG) gating may be more problematic at 3 T than at 1.5 T. In cases where the ECG signal is unreliable, peripheral pulse gating may succeed for acquisitions that are amenable to retrospective gating, such as cine imaging.
2. As a result of improved signal-to-noise ratio (SNR), 3 T may be advantageous for first pass contrast-enhanced perfusion imaging and late gadolinium enhancement. Furthermore, tagging sequences and 4D flow techniques may benefit from imaging at 3 T.
3. Balanced steady-state free precession (bSSFP) is well established as the default method of choice for cine imaging at 1.5 T. At 3 T, however, the increased sensitivity of bSSFP to off- resonance effects tends to worsen dark banding and flow artifacts. To mitigate these artifacts, it may be necessary to perform careful shimming. In rare cases, patient-specific frequency adjustment may be required.
4. Devices that have been tested and determined to be safe at 1.5 T may not be safe at 3 T. Please check specific information relating to CMR safety of devices at higher magnetic field strengths. (Please see section 1.6 below.)



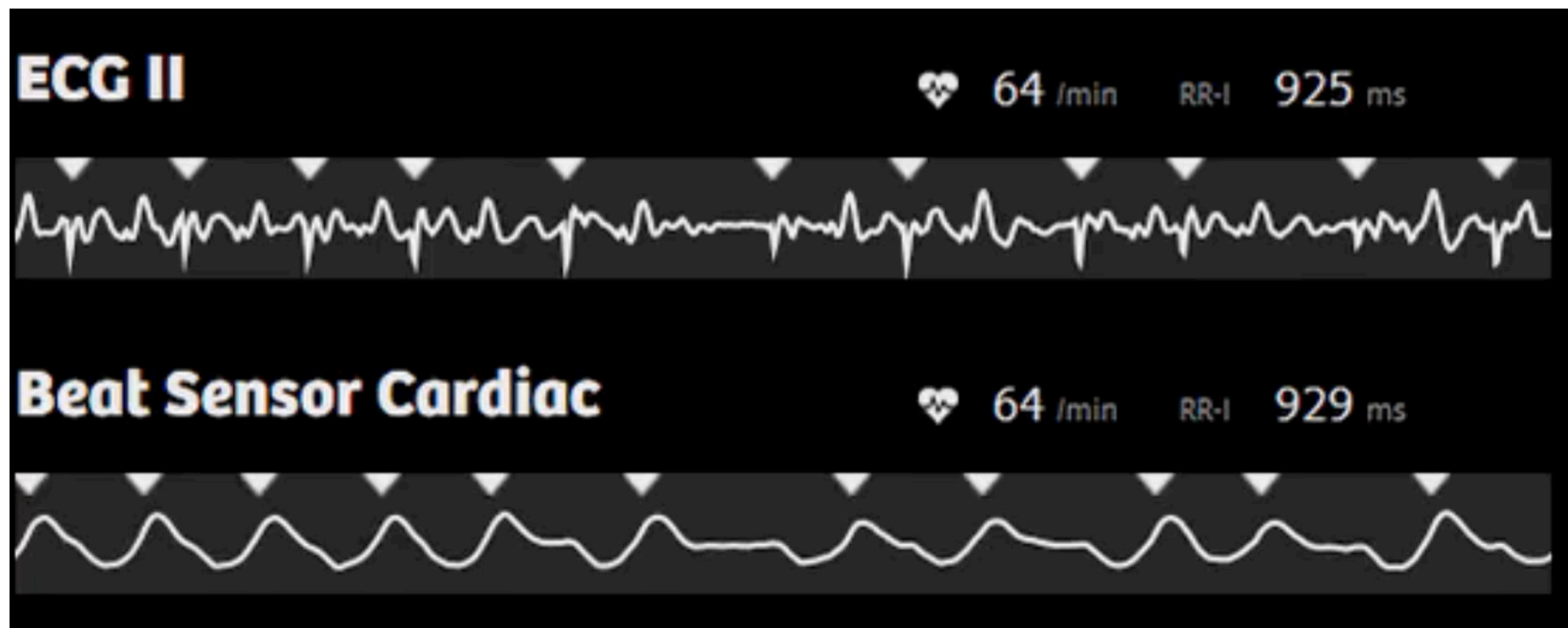
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Tecnologia Beat Sensor

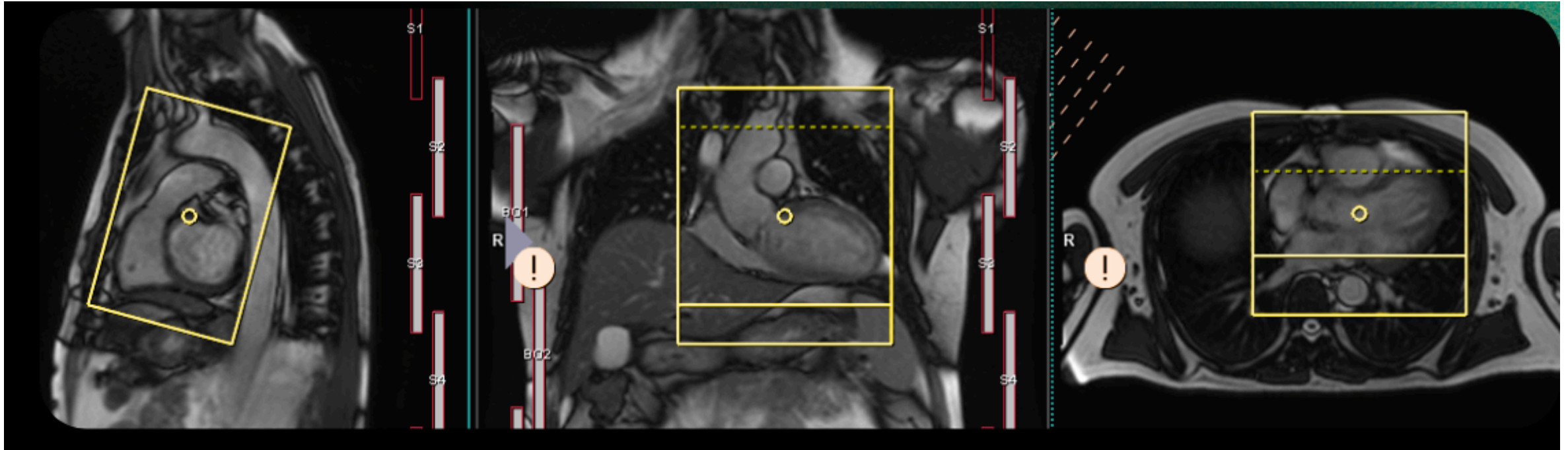
non sarà più necessario posizionare gli elettrodi per eseguire l'esame...



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

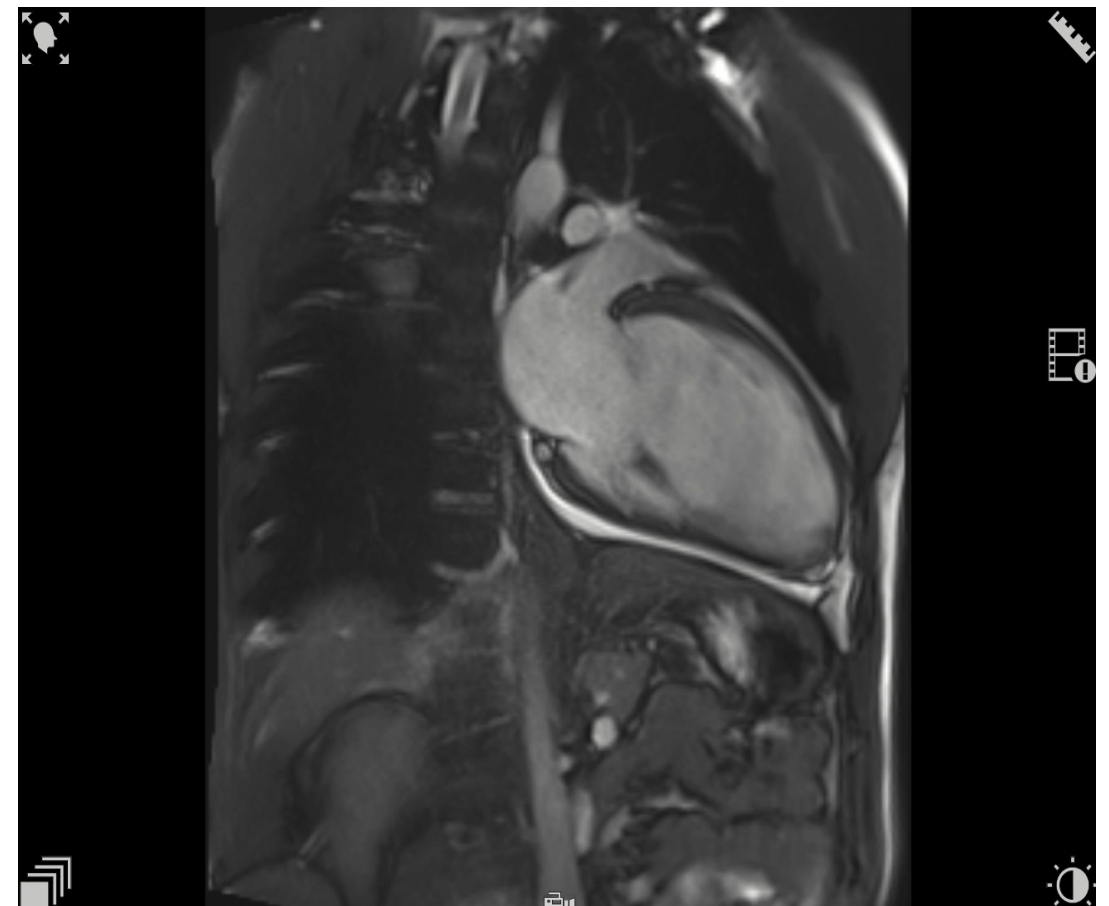
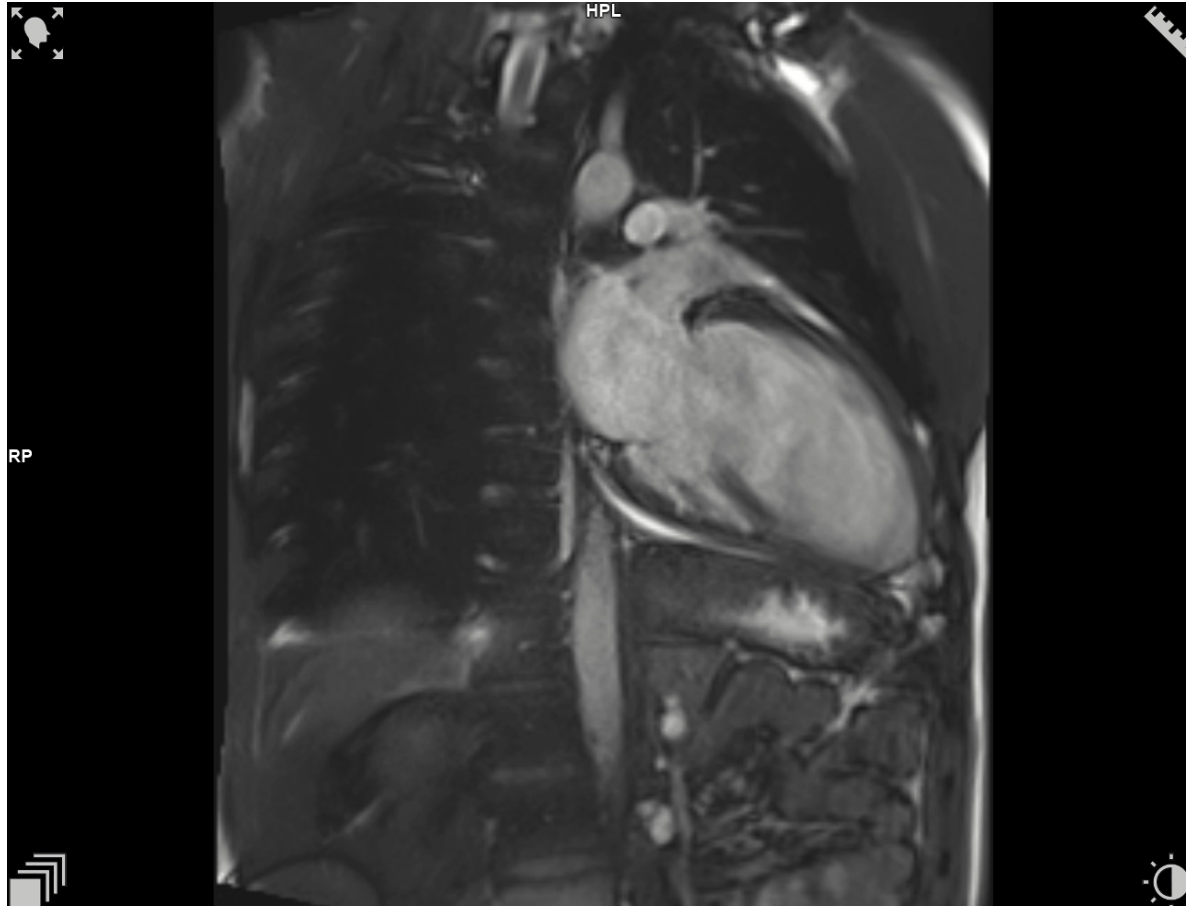


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

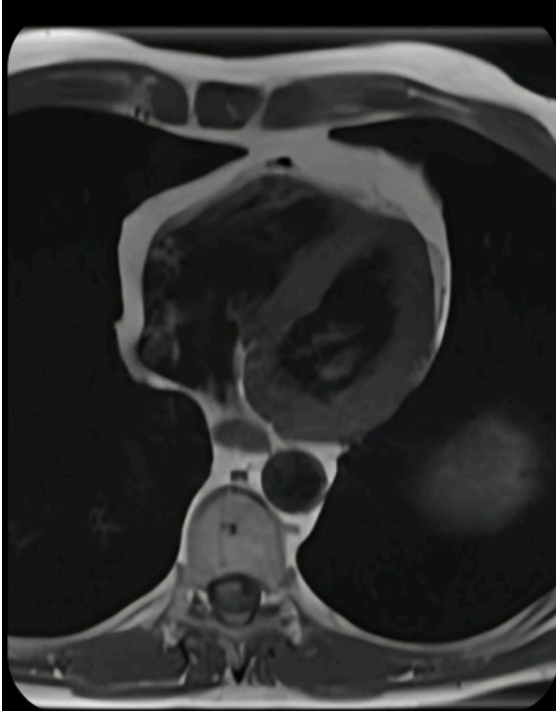


Data la particolare conformazione del cuore (variabile a seconda del paziente e in continuo movimento), negli scanner è implementato un esclusivo algoritmo “cardiac shim”, sviluppato appositamente al fine di omogenizzare il campo magnetico nella zona cardiaca

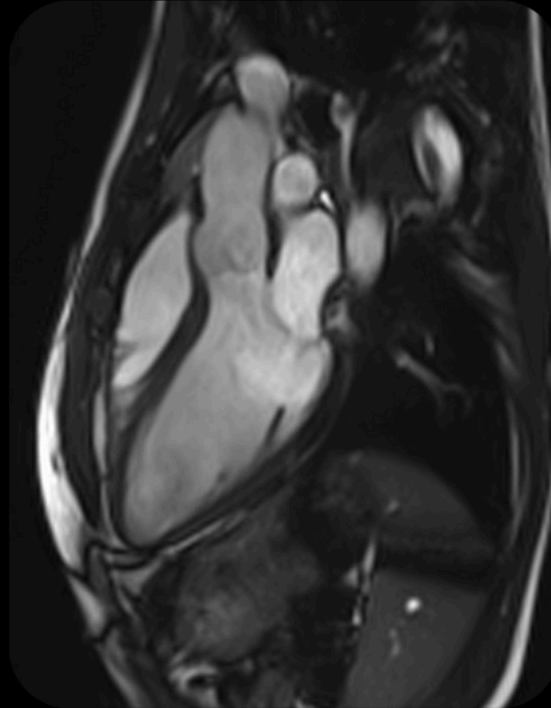
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



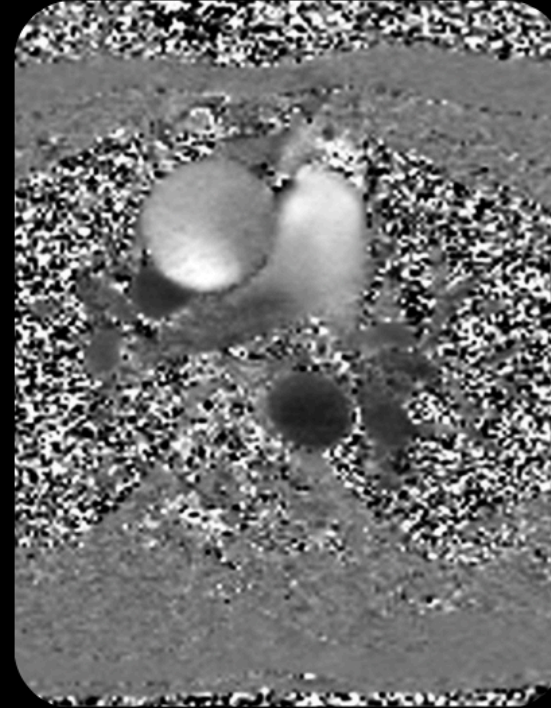
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Turbo Spin Echo (TSE) ↗



Gradient Echo: bSSFP ↗



Gradient Echo: Spoiled GRE ↗



Inversion Recovery (IR) ↗

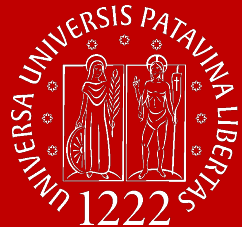
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Why?

- *Caratterizzazione del tessuto miocardico*
- *Diagnosi di Infiammazione / Edema*
- *Studio di Cardiomiopatie non ischemiche*

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio Standard 2026 » Stir_SA

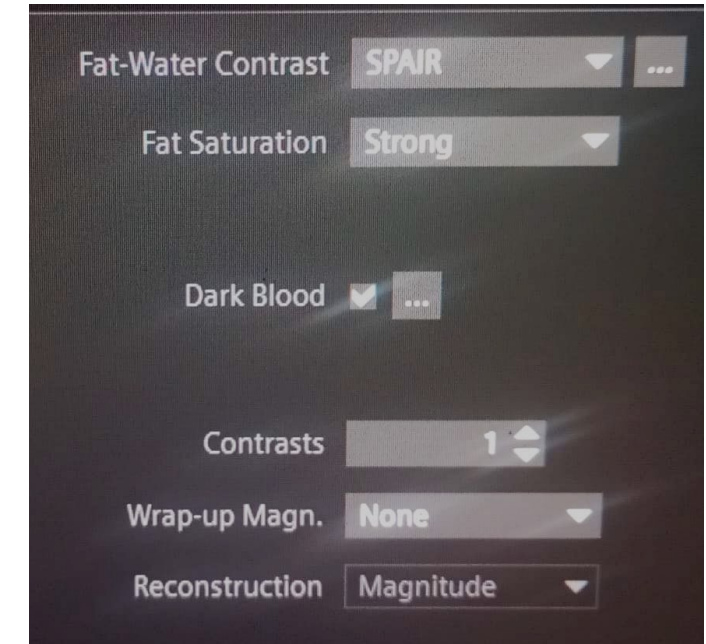
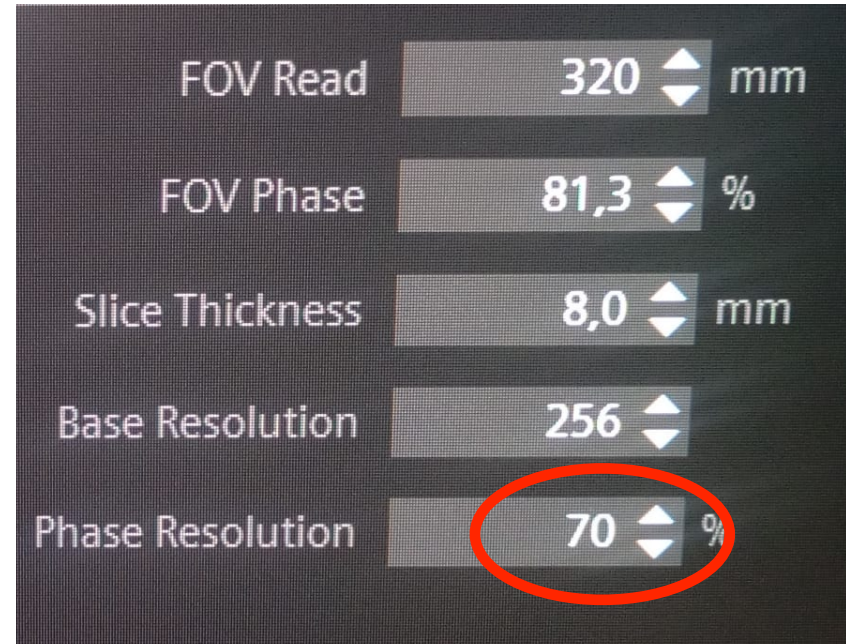
1:44 min Auto 2 1.3x1.3x8.0 mm³ 1.00

Total Measurement Time: 1:44 min
Breath-hold Duration: 10 sec

Routine	Contrast	Item	Physio	Inline	Sequence
Slice Group	1		FOV Read	320 mm	
Slices	8		FOV Phase	81,3 %	
Distance Factor	30 %		Slice Thickness	8,0 mm	
Position	L46.8 P13.1 H42.7		TR	740,0 ms	
Orientation	S > C42.7 > T19.3		TE	63,00 ms	
Phase Encoding Dir.	A >> P		Averages	1	
Phase Oversampling	40 %		Concatenations	8	
			AutoAlign	—	

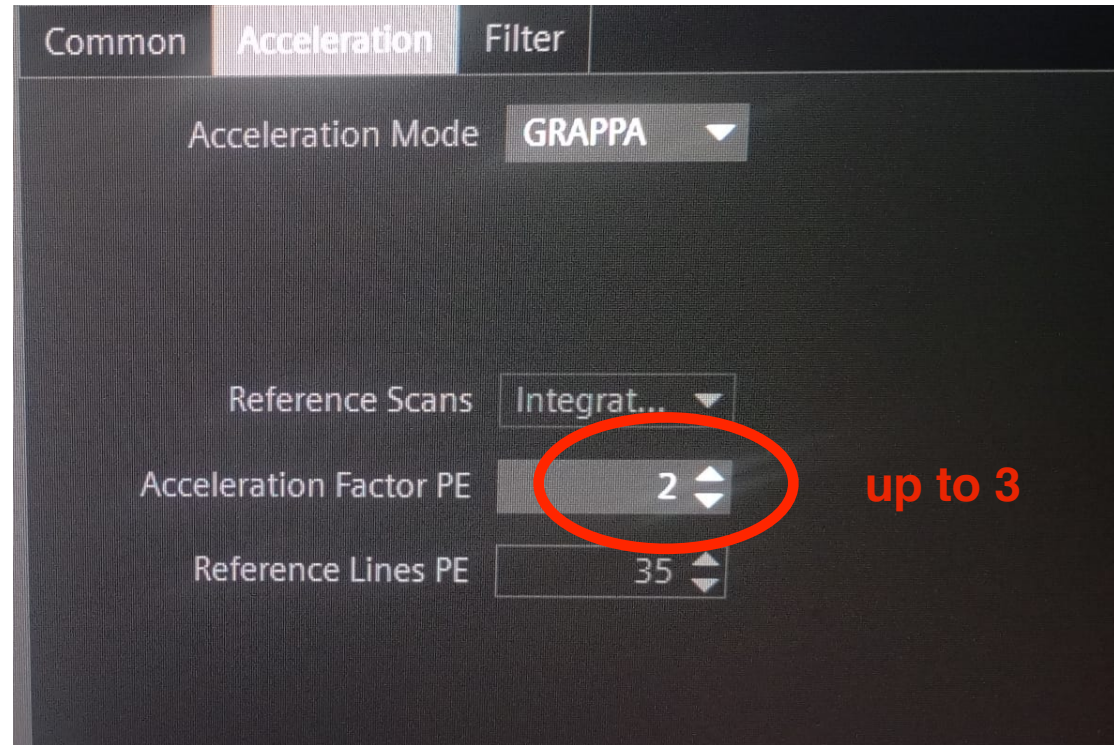


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Ricorda: Se il paziente ha difficoltà a trattenere l'apnea, si può scendere con la percentuale del phase resolution, sacrificando qualcosa in termini di Risoluzione Spaziale che viene tuttavia recuperato da un incremento del Rapporto Segnale/Rumore, puoi arrivare fino a Phase Resolution del 55% circa senza sacrificare eccessivamente la qualità dell'immagine.

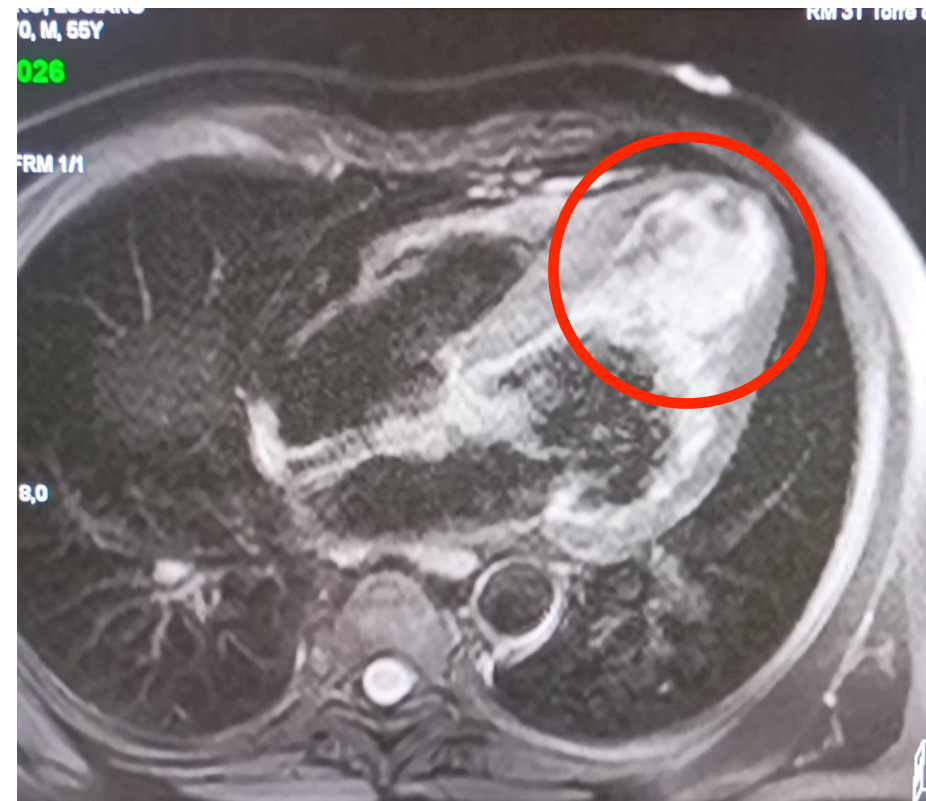
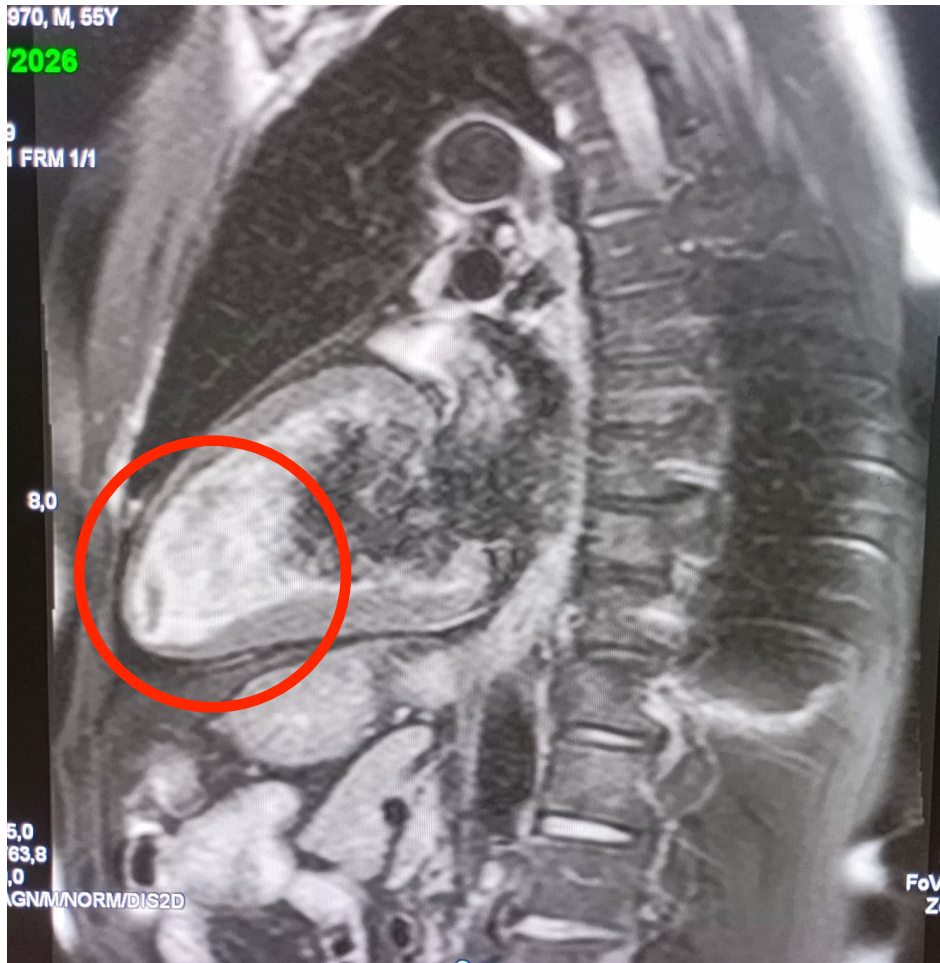
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Fattore di Accelerazione:

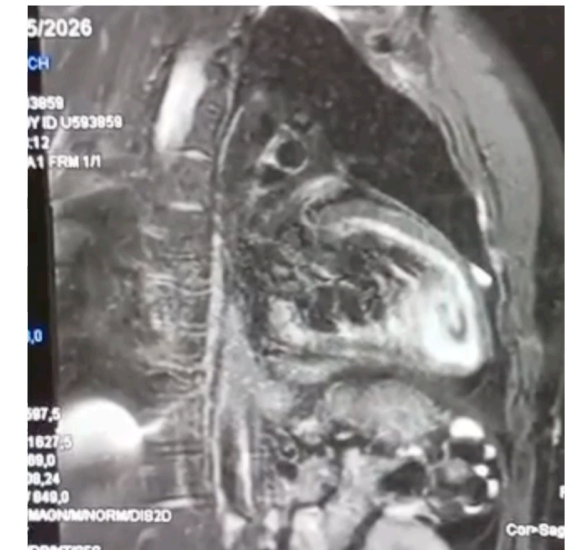
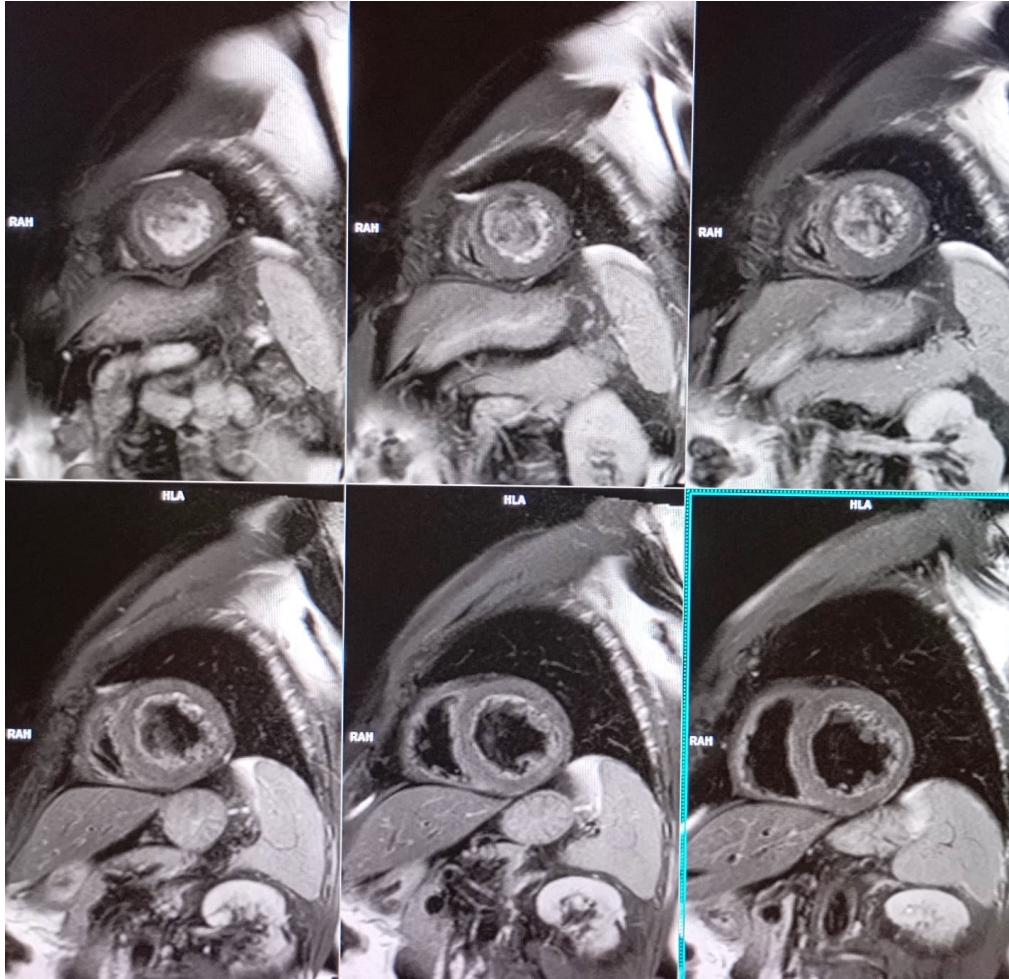
Se il paz. non è
compiante con il respiro ci
si può spingere fino a un
fattore di accelerazione 3,
avendo una diminuzione
del tempo di acquisizione
della singola apnea, ma
anche una perdita del
Rapporto Segnale-Rumore

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

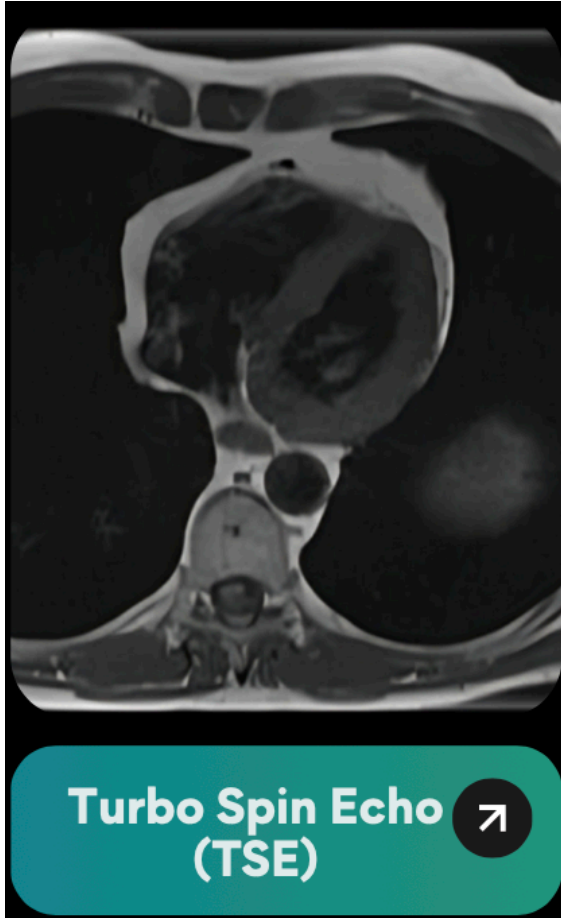


Artefatto da “**Slow Flow**”:
Flusso turbolento
o circonflesso,
inefficacia dei due
impulsi a banda
larga per saturare
il segnale del
sangue

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



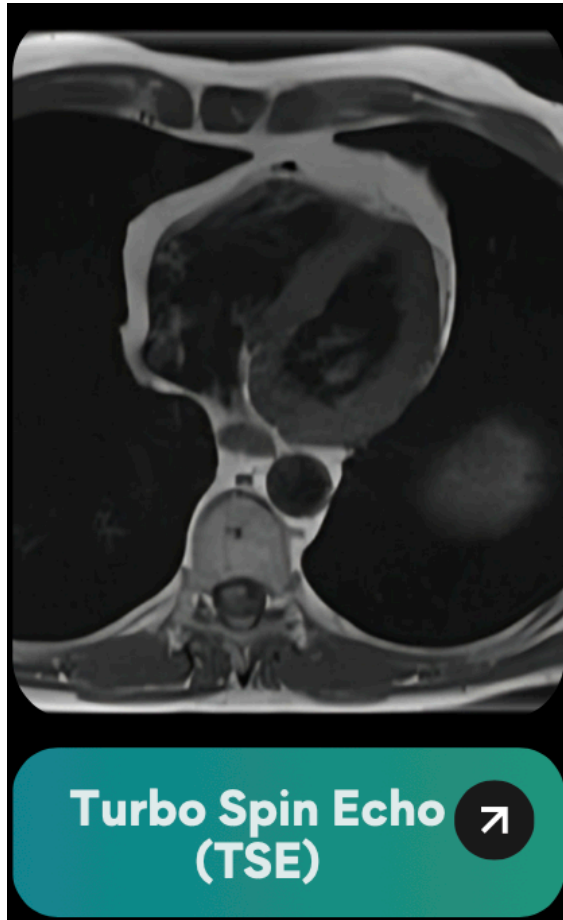
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Why?

- *Valutazione iniziale anatomica*
- *Caratterizzazione del tessuto miocardico, valutazione eventuali aree di infiltrazione adiposa*
- *Studio del pericardio*

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

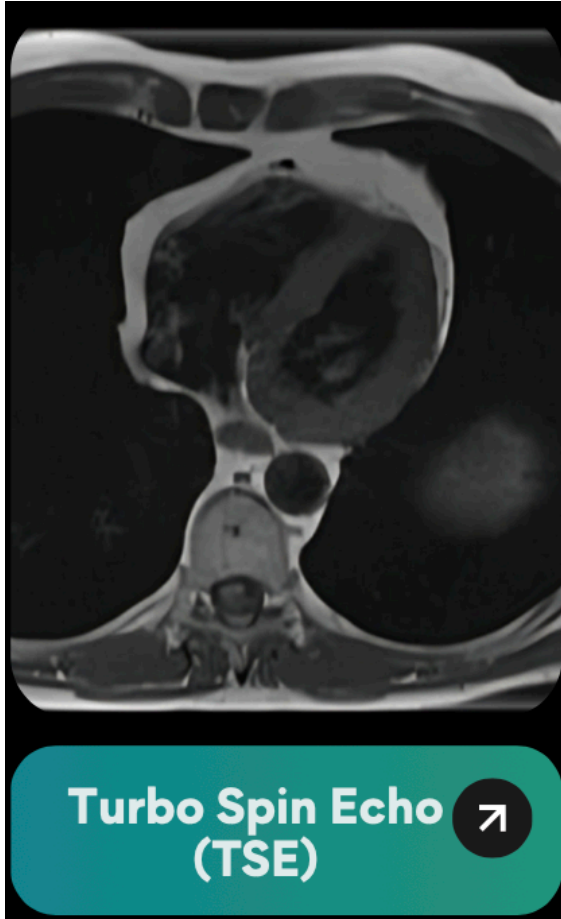


Standard 2026 » t1_DIR SA

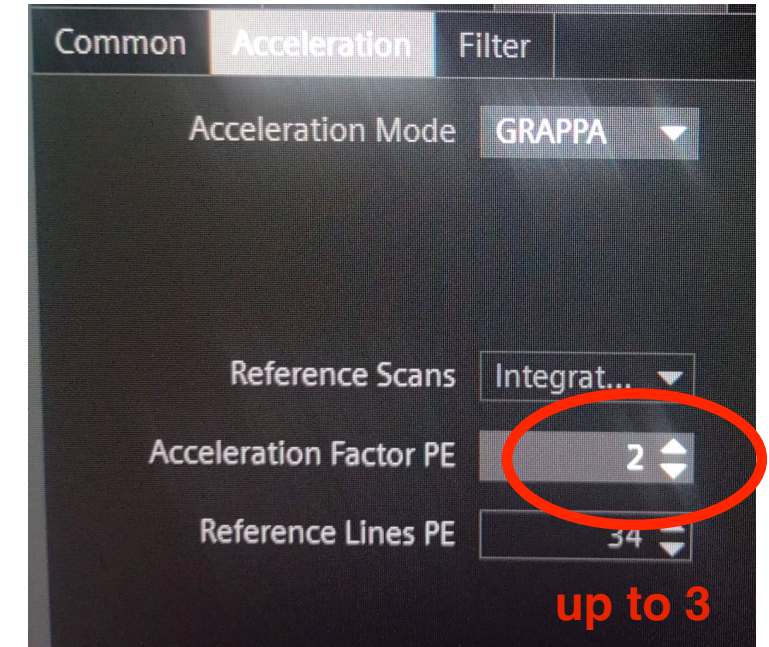
1:41 min Auto 2 1.3x1.3x8.0 mm³ 1.00

Line	Contrast	Resolution	Geometry	System	Physio	Inline	Sequence
<i>Slice Group</i>	1	+ -			FOV Read	320 mm	
<i>Slices</i>	8				FOV Phase	81,3 %	
					Slice Thickness	8,0 mm	
<i>Distance Factor</i>	30 %				TR	750,0 ms	
<i>Position</i>	L46.8 P13.1 H42.7	...			TE	27,00 ms	
<i>Orientation</i>	S > C42.7 > T19.3	...			Averages	1	
<i>Phase Encoding Dir.</i>	A >> P	...			Concatenations	8	
<i>Phase Oversampling</i>	40 %				<i>AutoAlign</i>	—	...

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

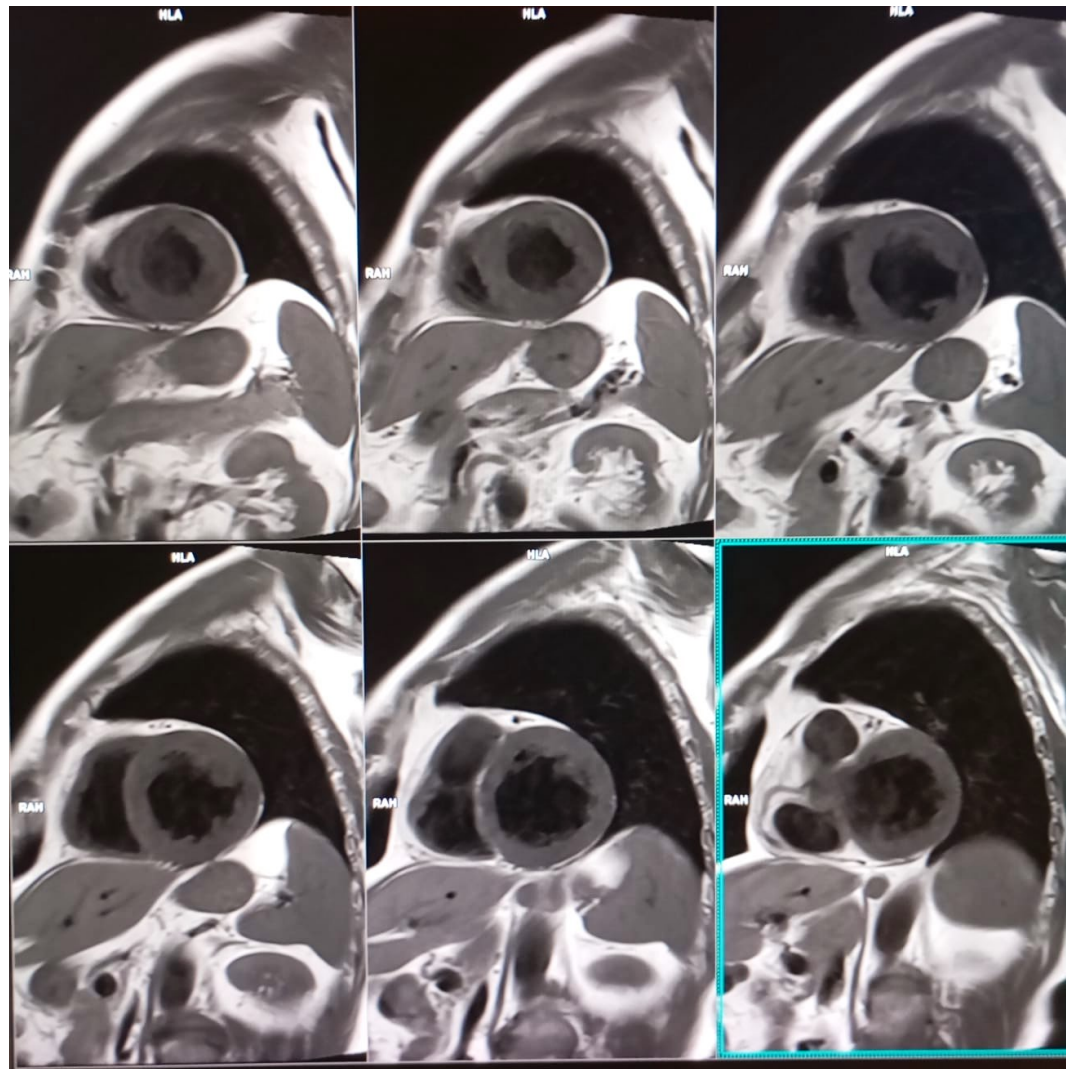


Fattore di Accelerazione:



Se il paz. non è compliant con il respiro ci si può spingere fino a un fattore di accelerazione 3, avendo una diminuzione del tempo di acquisizione della singola apnea, ma anche una perdita del Rapporto Segnale-Rumore, oppure abbassare la percentuale di phase resolution

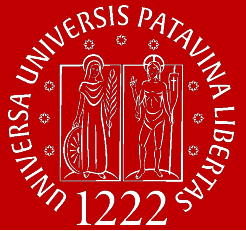
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

	PARAMETRO	OBIETTIVI
RIDUZIONE TEMPO DI SCANSIONE	↓ <i>TR</i>	↑ <i>Contrasto T1</i> ↓ <i>Numero di Slices</i> ↓ <i>SNR</i>
	↓ <i>NEX</i>	↓ <i>SNR</i> ↑ <i>Artefatti da Movimento</i>
	↓ <i>FOV</i> <i>Rettangolare (%)</i>	↓ <i>SNR</i>
	↓ <i>Matrice</i>	↑ <i>SNR</i> ↓ <i>Risoluzione Spaziale</i>

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



T1 e T2 Mapping

Indicazioni:

- **T1, T2 Mapping: *Identificazione e Quantizzazione*** di edema e fibrosi, mappatura dei tempi di rilassamento tissutali sia T1 che T2 su Asse Corto (3-5 fette a seconda dell'indicazione) e 4 Camere (Fetta singola mediana). 6-8mm, GAP 100-200%.
- T1 Mapping da eseguire sia Pre che Post Contrasto

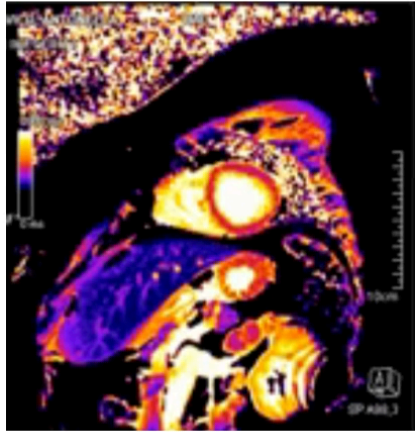
Perchè?

T1 Mapping: Fondamentali per rilevare alterazioni in tessuti con infiammazioni croniche, infiltrazioni, fibrosi e alterazioni genetiche (Malattia di Fabry, Amiloidosi)

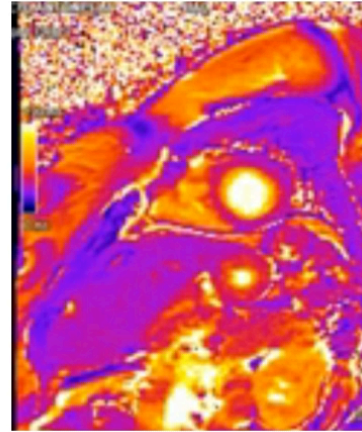
T2 Mapping: Essenziali nella valutazioni di edema e infiammazioni acuto o subacuto (Miocardite, Miopericardite)



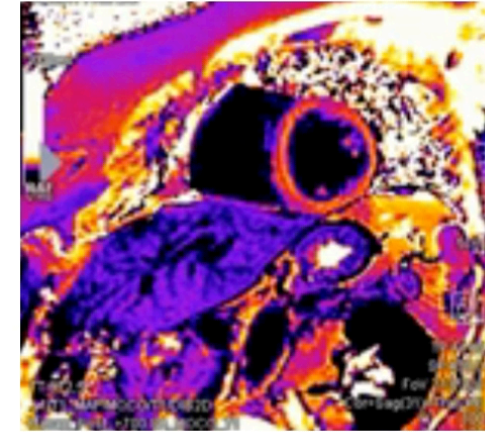
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



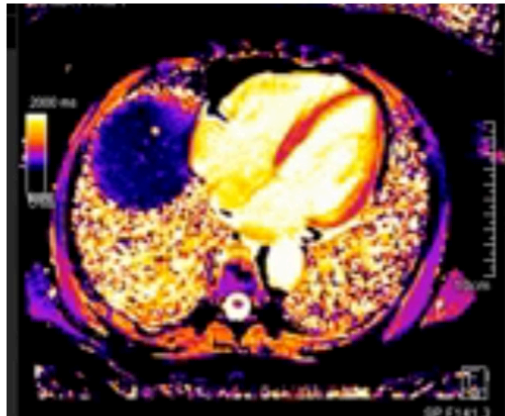
T1 Mapping ShAx Pre



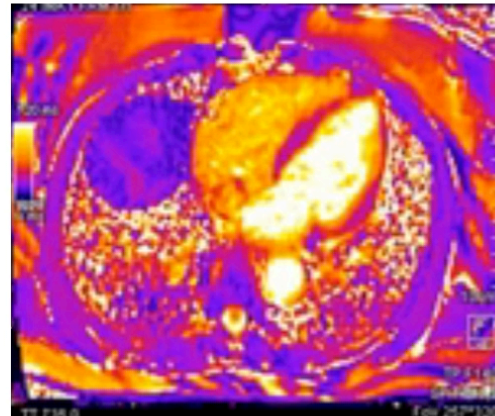
T2 Mapping ShAx



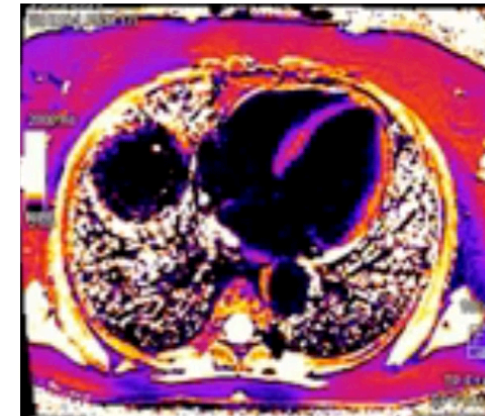
T1 Mapping ShAx Post



T1 Mapping 4Ch Pre



T2 Mapping 4Ch



T1 Mapping 4Ch Post

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

La Perfusione è una tecnica avanzata utilizzata per valutare il Primo Passaggio del MDC nelle camere cardiaca Real Time in particolare nel sospetto di Ischemia Miocardica.

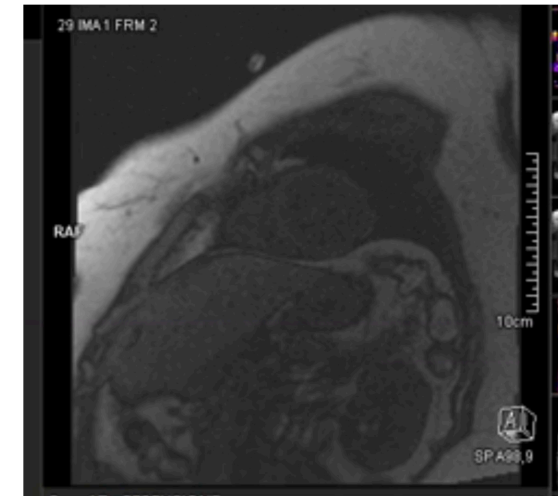
Tech Tips: 3 Slice, Thk: 8mm, Gap: 100%, Adjustment/Shim On, FoV 34-36, Acquisizione multifasica circa 45-60sec, Free Breathing

Ricorda:

Aree di Ischemia: Si presentano come regioni a minor perfusione miocardica (Aree Ipointense).

Se il paziente esegue esame per sospetta Ischemia utile eseguire 5 fette invece che 3.

Fondamentali negli studi Stress eseguiti mediante somministrazione farmacologica.



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

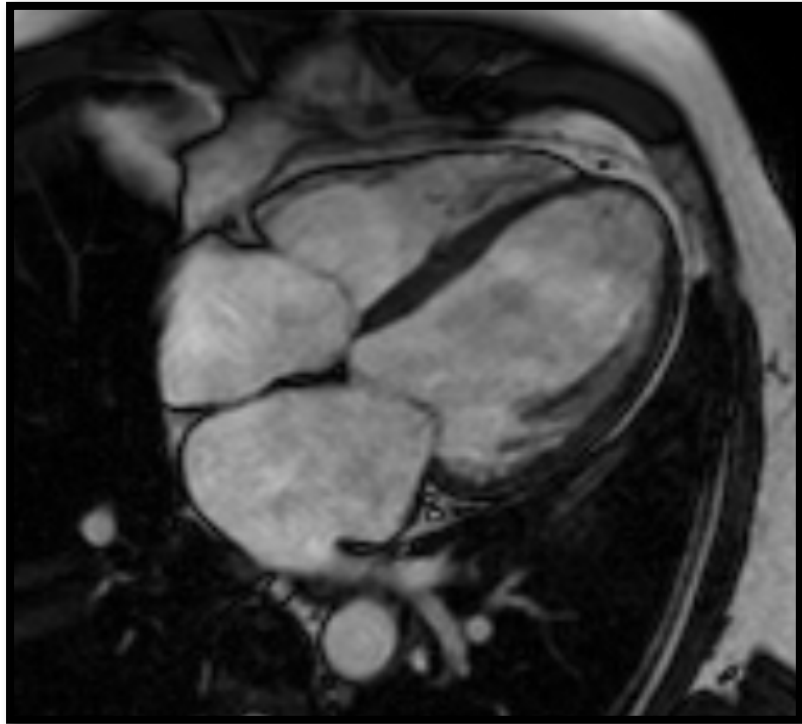
STRESS MIOCARDICO: How to do it...



RAPISCAN (Principio Attivo: Regadenosone) E **ADENOSINA** Sono Entrambi farmaci utilizzati per la valutazione della vasodilatazione coronarica tramite Stress Farmacologico Indotto.

Si esegue in queste casi studio di Perfusione Pre e Post induzione farmacologico.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Why?

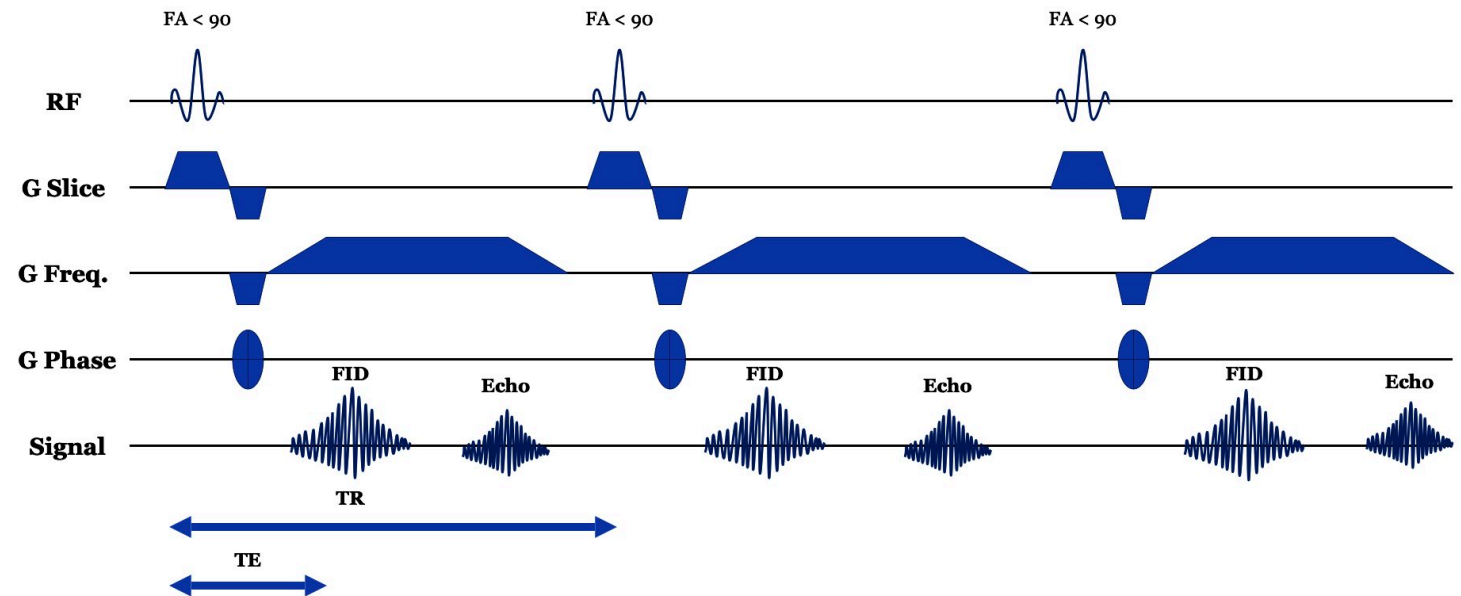
- *Cine imaging*
- *Valutazione vitalità/motilità*
- *Frazione d'eiezione/Rigurgiti valvola*

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

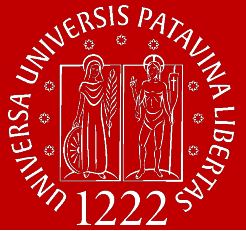
In una sequenza SSFP, il segnale dipende da una precisa coerenza di fase dei protoni. Se il campo magnetico non è perfettamente omogeneo (a causa della suscettibilità magnetica dei tessuti, della forma del cuore o della presenza di aria nei polmoni), i protoni accumulano un errore di fase tra un impulso e l'altro.

Quando questo errore di fase si avvicina a 180° , il segnale subisce una cancellazione distruttiva, creando le cosiddette "**banding artifacts**" (bande nere).

Diagramma Temporale



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



L'artefatto da **off-resonance** è una distorsione geometrica e di segnale in Risonanza Magnetica (RM) che si verifica quando la frequenza di precessione degli atomi non corrisponde esattamente a quella attesa.

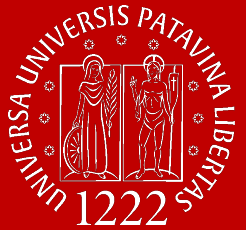
Questo causa perdita di segnale, sfocatura o anelli concentrici scuri noti come banding.

Come si presenta?

Immagini *Steady State Free Precessione* *Fid+Echo*: Si manifesta tipicamente come bande scure (ovoidali o concentriche) chiamate *banding artifacts*.

Acquisizioni planari (EPI): Può causare notevoli distorsioni geometriche o sfocature (tipico in sequenze di diffusione o fMRI)

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cause Principali

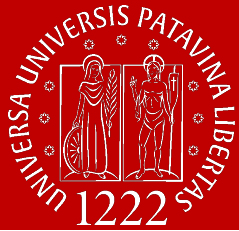
Le alterazioni di frequenza che provocano l'artefatto possono derivare da:

Disomogeneità del campo magnetico: Il magnete principale (o il gradiente) non è perfettamente uniforme su tutto il volume di scansione

Impianti metallici o protesi: Possono distorcere localmente il campo magnetico, creando severe distorsioni geometriche e vuoti di segnale (a volte definiti come artefatti da metallo)

Spostamento chimico (*chemical shift*): I tessuti adiposi e l'acqua risuonano a frequenze leggermente differenti; se non gestito, questo crea bande scure e luminose dove i segnali si sovrappongono

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



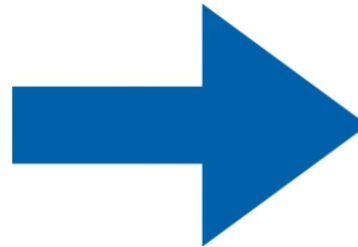
Soluzioni e Rimedi

La riduzione o l'eliminazione dell'artefatto può avvenire attraverso diverse tecniche, tra cui:

- **Miglioramento dello Shimming:** Eseguire uno shimming locale o manuale accurato per omogeneizzare il campo magnetico nella regione di interesse.
- **Aumento della Larghezza di Banda:** Aumentare la *Receive Bandwidth* (rBW) riduce il tempo di campionamento e limita lo spostamento geometrico, a scapito però di un leggero aumento del rumore.
- **Tecniche di Soppressione del Grasso:** Utilizzare impulsi di saturazione o tecniche di separazione acqua-grasso.
- **Modifica dei Parametri di Acquisizione:** Ridurre i tempi di eco lunghi o utilizzare sequenze meno sensibili a queste disomogeneità.
- **Ottimizzazione del Phase-Cycling:** Su alcune apparecchiature, variare il ciclo di fase può riposizionare l'artefatto al di fuori dell'area anatomica studiata.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Trufi Frequency Scout

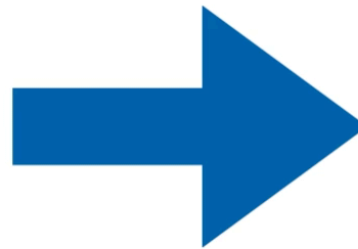
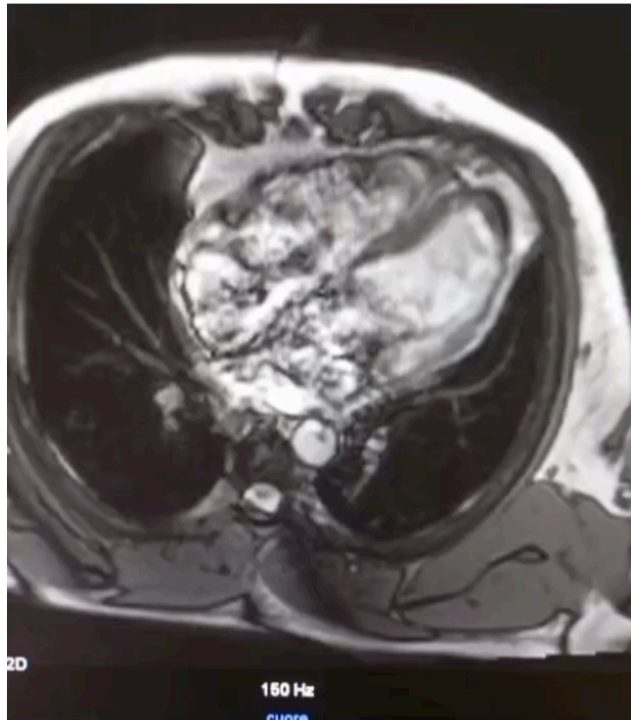


2 Ch Cine

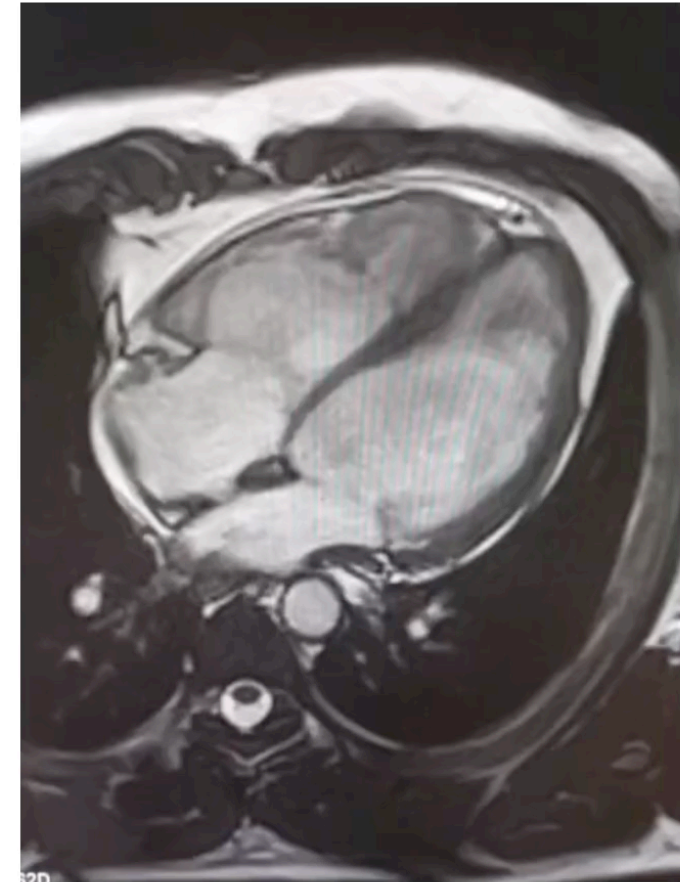


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Trufi Frequency Scout

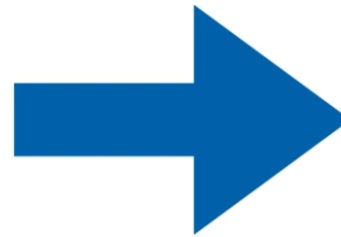
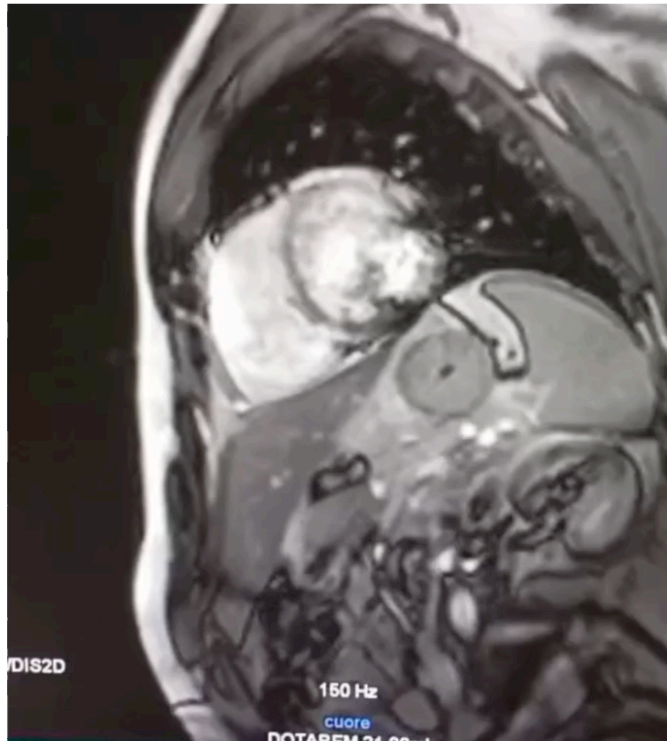


4 Ch Cine



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

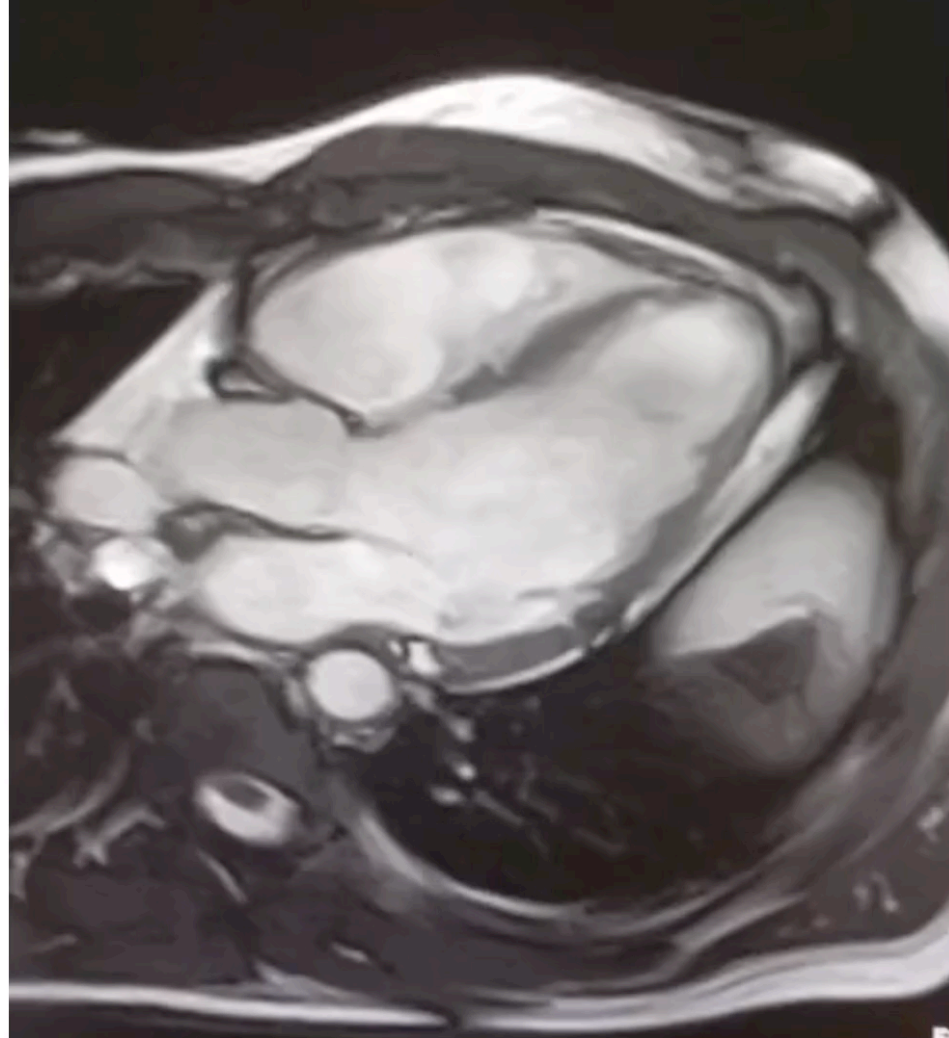
Trufi Frequency Scout



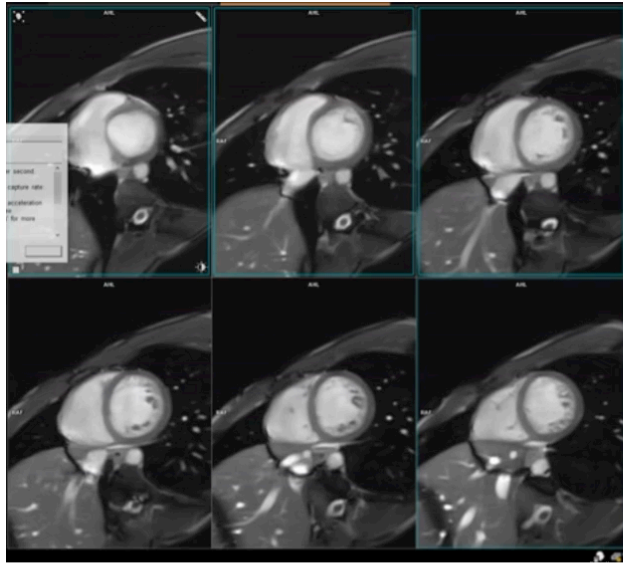
ShAx Cine



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

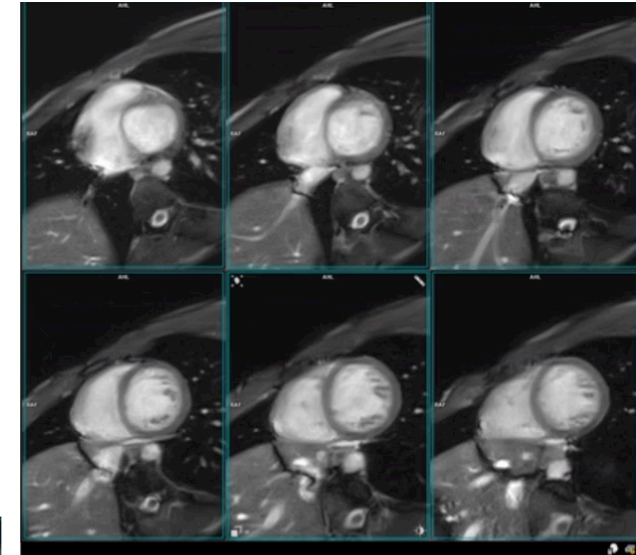


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

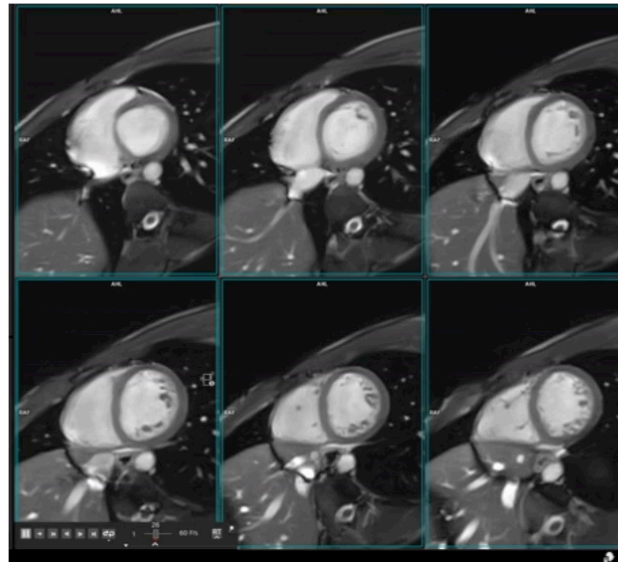


CS Prospektivo
Trufi
100 fasi

CS Prospettico
Trufi
25 fasi

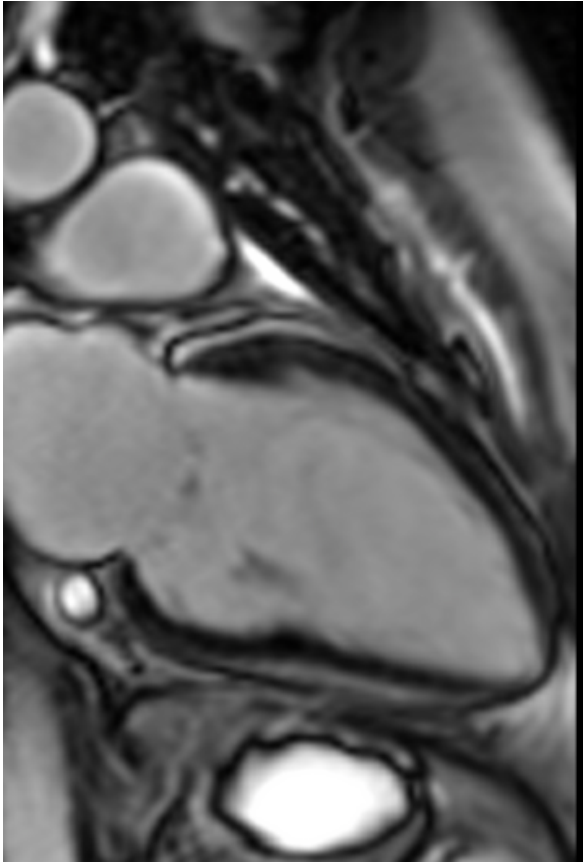


CS Retrospektivo
Trufi
25 fasi



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

LGE Late Gadolinium Enhancement

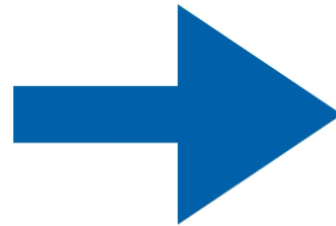


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

TI Scout



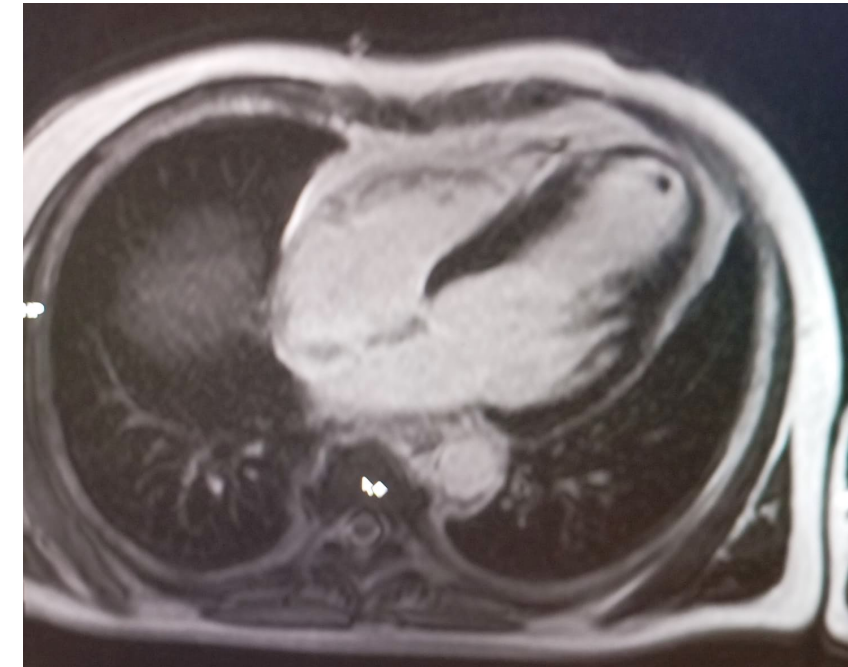
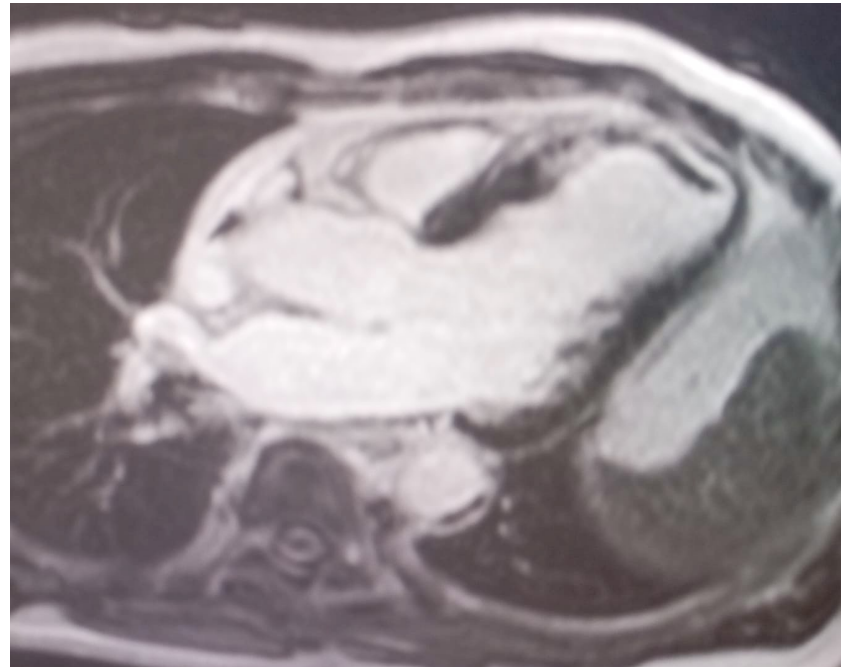
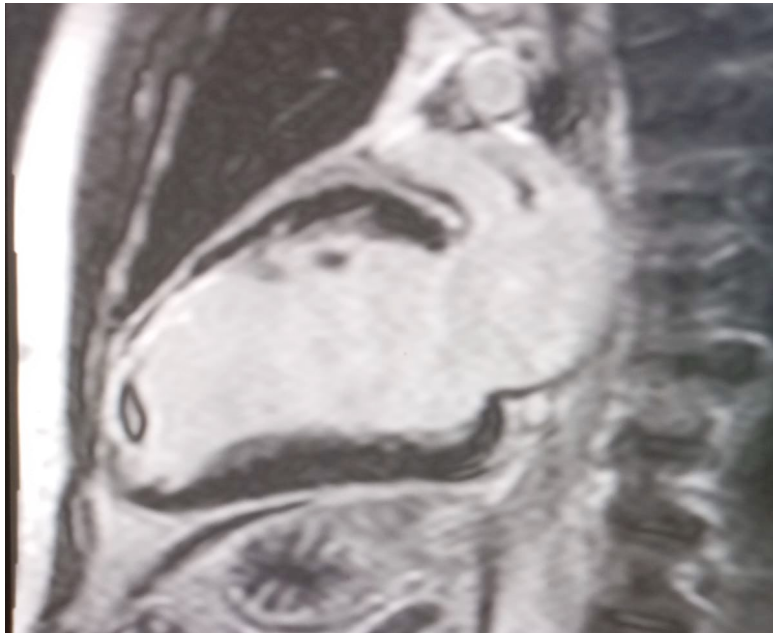
TI 320 msec



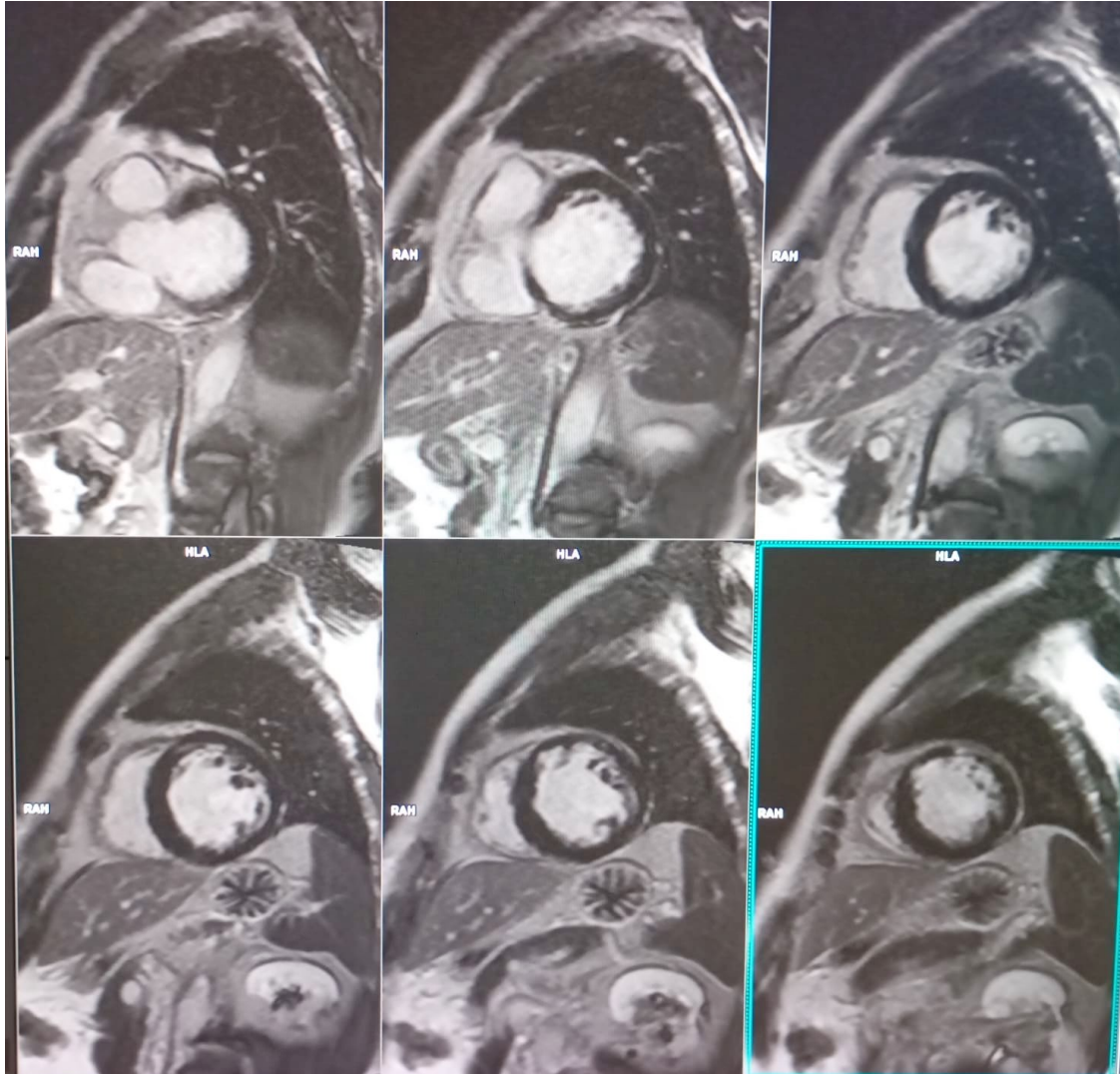
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Indicazioni:

Paz che accedeva al DEA per riferito dolore toracico, Troponine stabilmente positive (0.3 mcg/l) e riscontro di acenesia del SIV (Setto Interventricolare) e della parete inferiore con assottigliamento del SIV e FE del 24% a coronarie indenni.



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Conclusioni:

Cardiopatía ipocinetica con riduzione di grado moderato-severa della funzione sistolica biventricolare e dilatazione della cavità ventricolare dx; con diffuso LGE transmurale delle pareti del ventricolo destro, area focale di LGE transmurale a livello del SIV basale inferiore e diffuso LGE subendocardico a carico di tutti i segmenti del VS, concomita con edema del SIV basale.

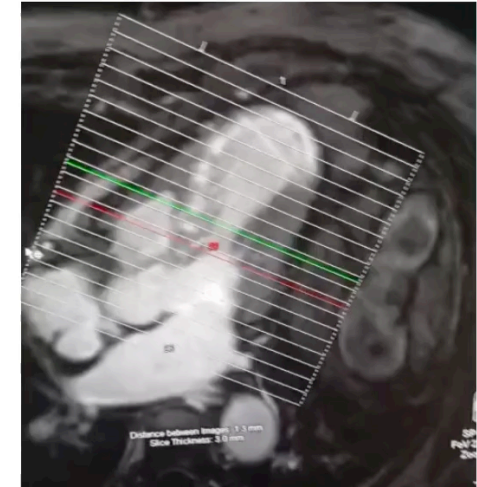
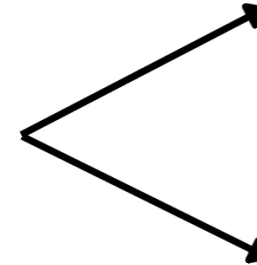
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

3D Late Enhancement (LGE):

Le sequenze appartenenti alla famiglia delle LGE vengono generalmente eseguite in modalità 2D, ma le 3D in termini di velocità di acquisizione, possibilità di ricostruzioni multiplanari (MPR) e successiva modalità di analisi e successiva contornazione dei tessuti patologici può adesso e nel futuro offrire ampi margini di crescita.



Ax 3D Late



MPR Sh AX



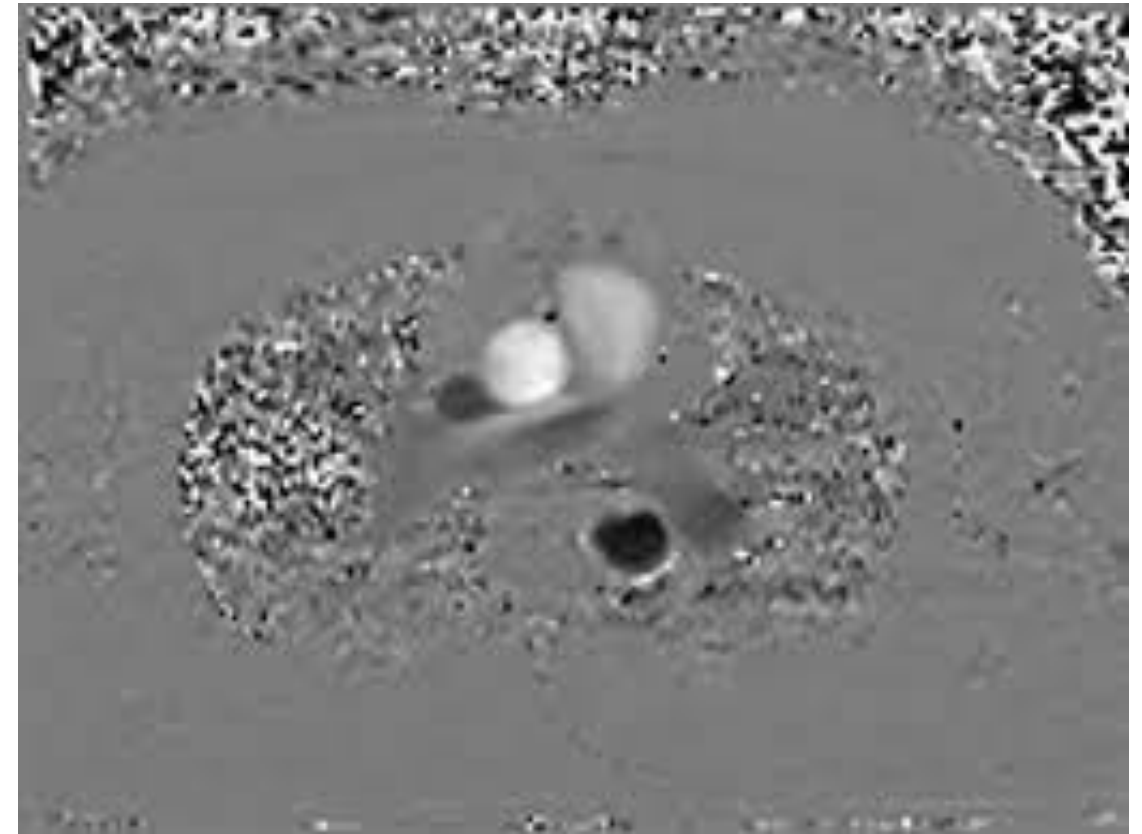
MPR 2 ch

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Sequenze PC e 4D Flow

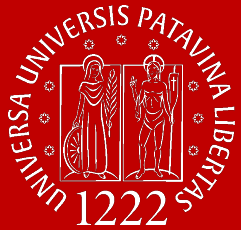
Immagini di Fase: Corrisponde alla localizzazione della magnetizzazione, mentre l'intensità, all'angolo di sfasamento della magnetizzazione. Viene visualizzata dopo l'applicazione della *Phase Correction*, questa tipologia di immagini sono utilizzate nelle tecniche per lo studio della velocità e della direzione dei flussi (*Phase Contrast*)

Phase Correction: consiste nel muovere l'intensità dell'immagine dalla parte immaginaria alla parte reale di un numero complesso



Esempio di acquisizione a livello dell'aorta

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



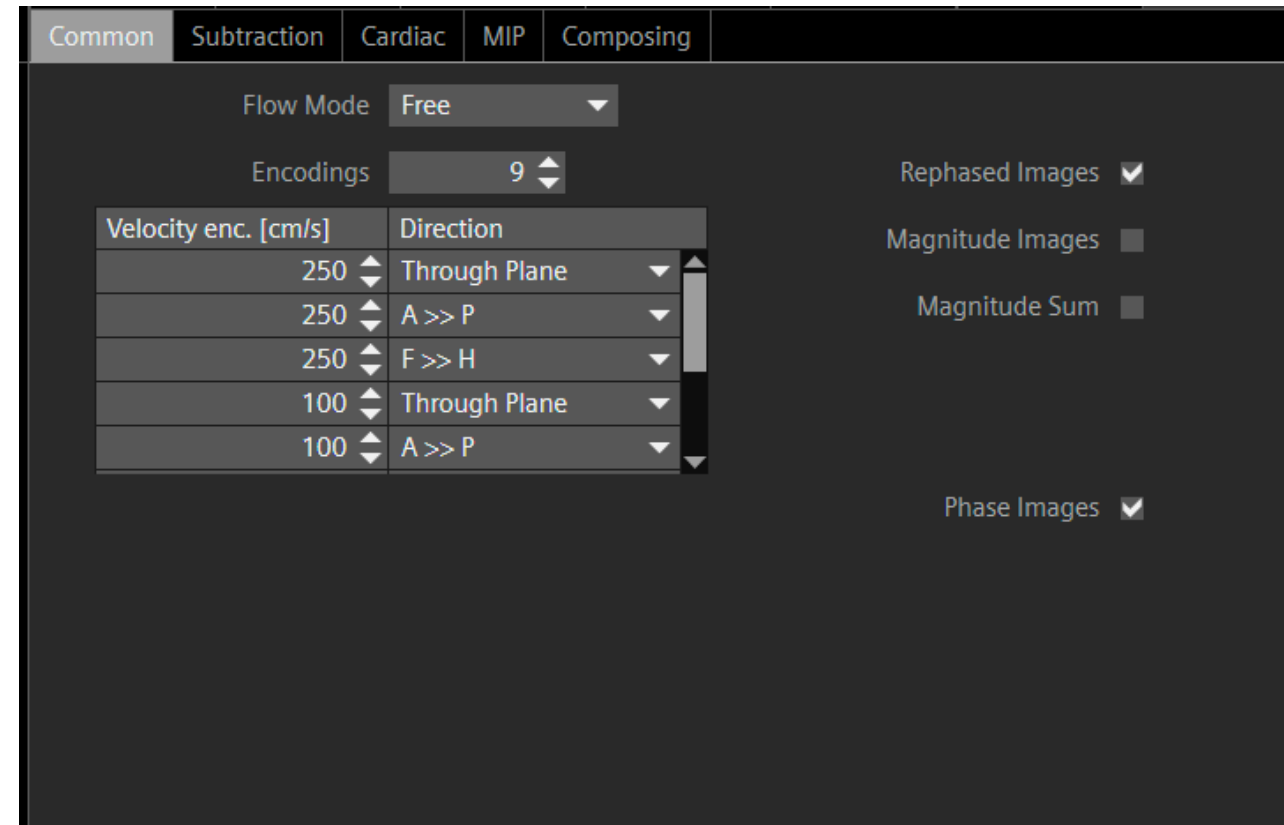
Imaging 4D flussimetrico di tutto il cuore

Fornisce l'orientamento e evidenzia la visualizzazione del flusso sanguigno e della velocità nell'anatomia cardiovascolare.

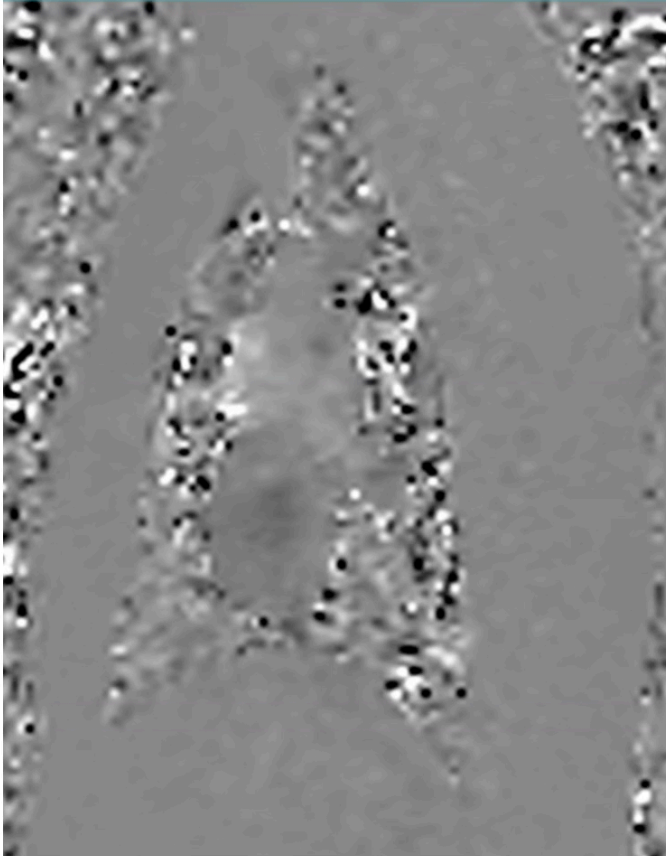
Facilita l'analisi di utili parametri emodinamici in tutto il ciclo cardiaco.

Supporta la diagnosi di aneurismi aortici e dissezioni, dà indicazioni per la pianificazione del trattamento per patologie congenite del cuore

Individua delle aree a maggior rischio per poter iniziare precocemente trattamenti per diverse tipologie di pazienti.

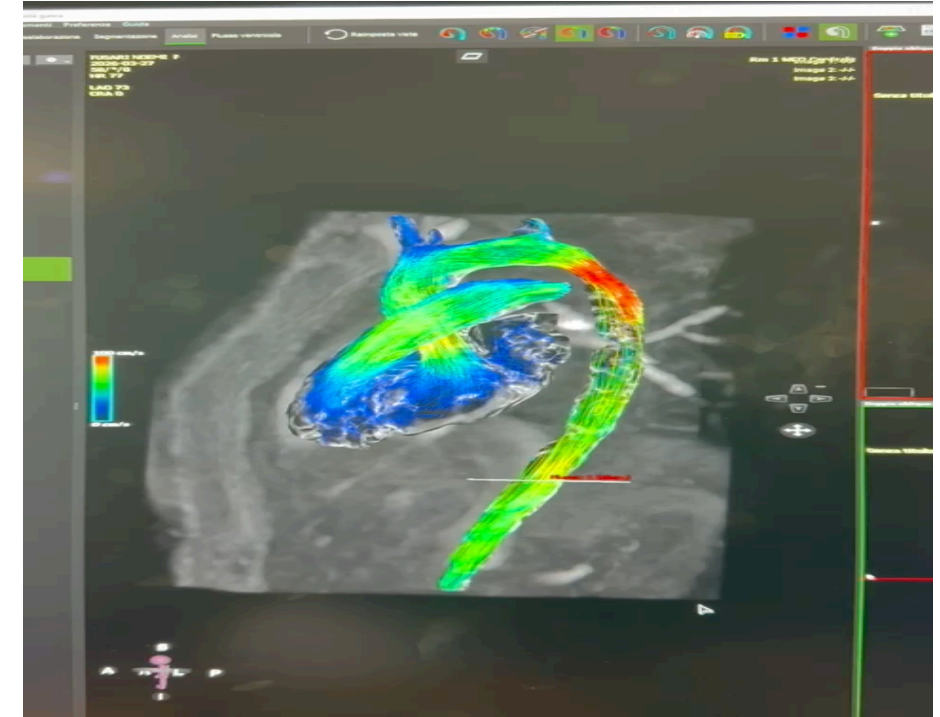


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

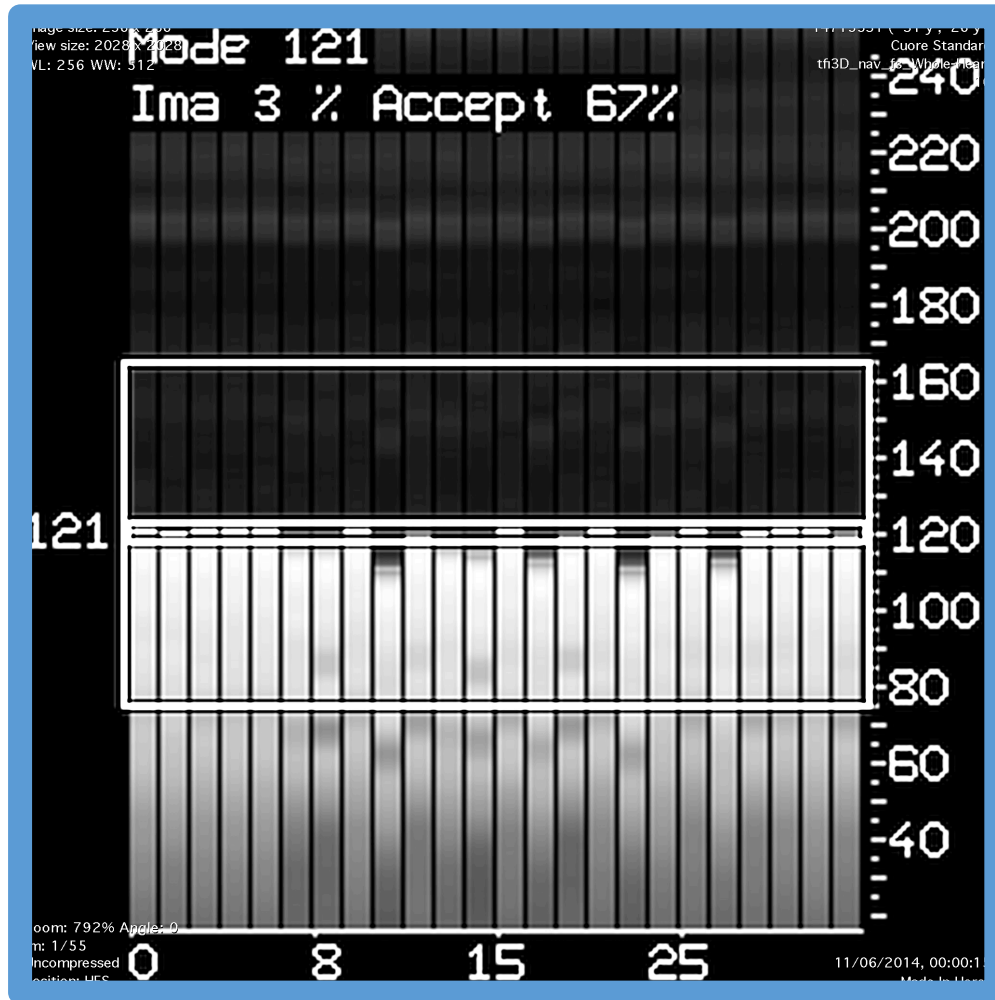


Paziente 22 anni

Controllo di Valvola Aortica
Bicuspide con sequenze **4D Flow**
a **Venc 150** mirate allo studio di
rigurgito transvalvolare



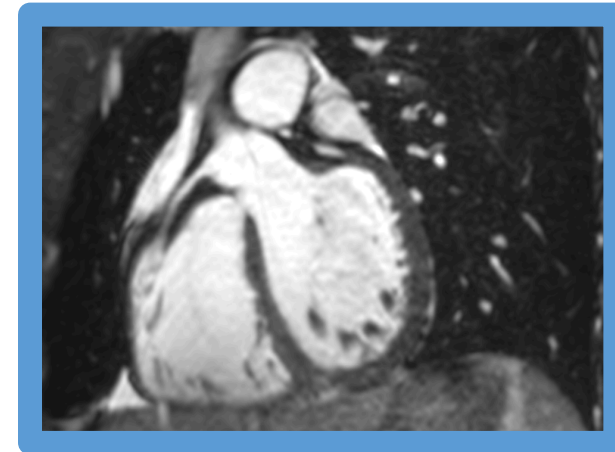
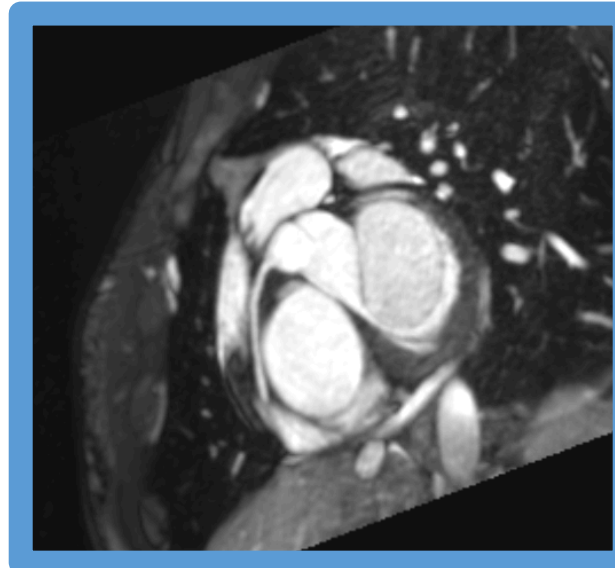
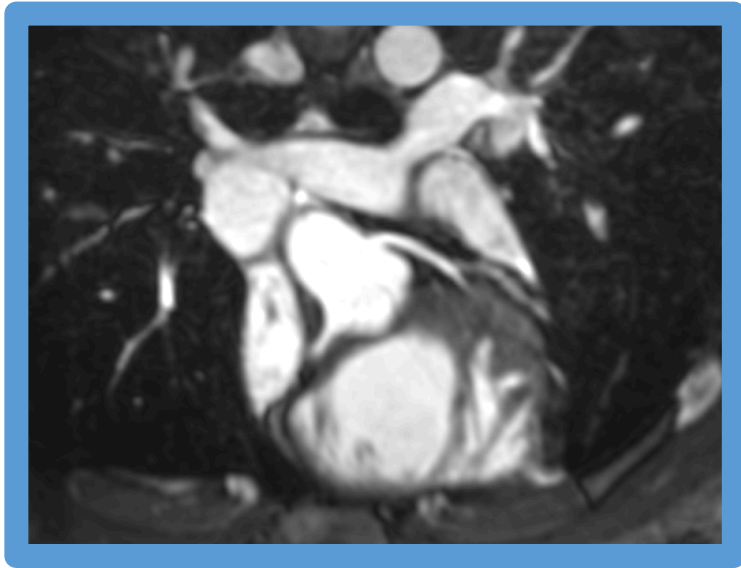
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Studio Coronarico mediante sequenze “Whole Heart” in paziente con sospetto di Bridge Coronarico e utilizzo di Echo Navigator per il trigger Respiratorio

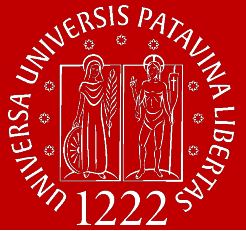


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



In letteratura viene riportato come in RM attualmente sia possibile visualizzare quasi l'80% dell'albero coronarico senza utilizzo di mdc con sequenze 3D, con acceptance rate del trigger respiratorio di circa 55-60% e successive ricostruzioni MIP su piani obliqui possiamo ricostruire il decorso delle coronarie (TA 3-4 min)

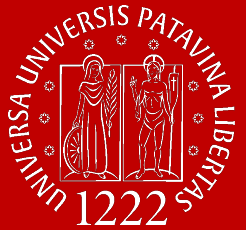
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



**Intelligenza Artificiale:
come lavora e come
dobbiamo comportarci**



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Intelligenza Artificiale: cos'è e quando è nata?

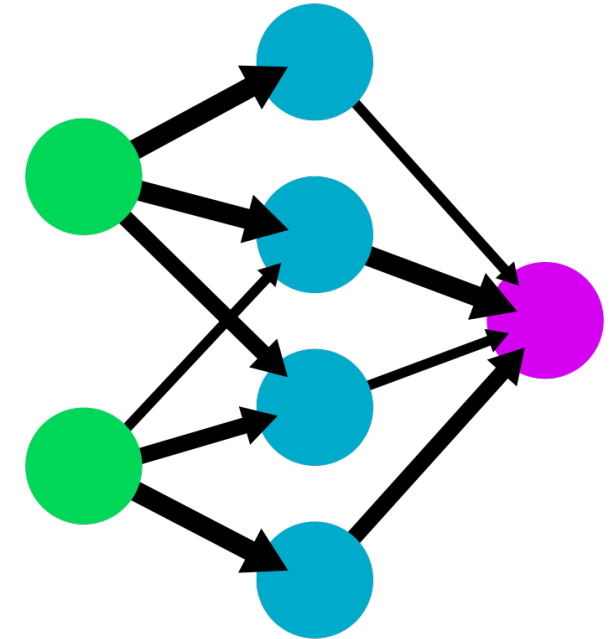
Lo standard ISO/IEC 42001:2023 Information technology - Artificial intelligence Management System (AIMS) ha definito l'intelligenza artificiale come «la capacità di un sistema di mostrare capacità umane quali il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione e la creatività».

La prima forma di IA conosciuta ha esordito con la Macchina di Turing nel 1936.

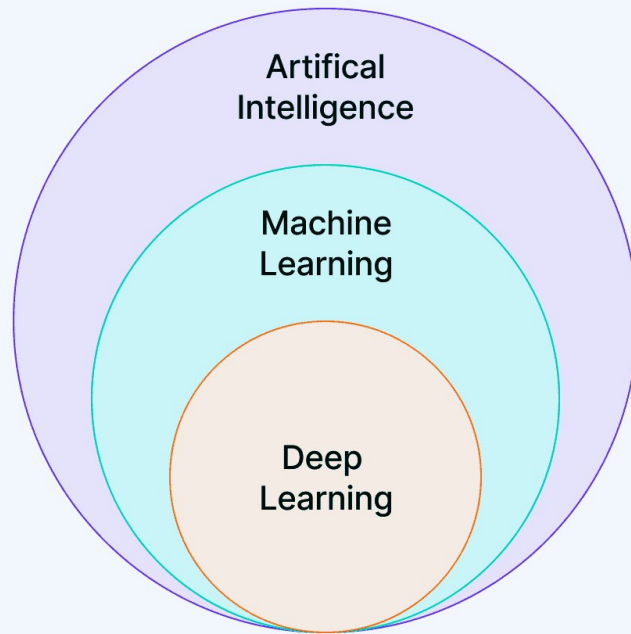
Nel 1950, ad Harvard, viene creata la prima Rete Neurale Artificiale (SNARC).

Semplice rete neurale

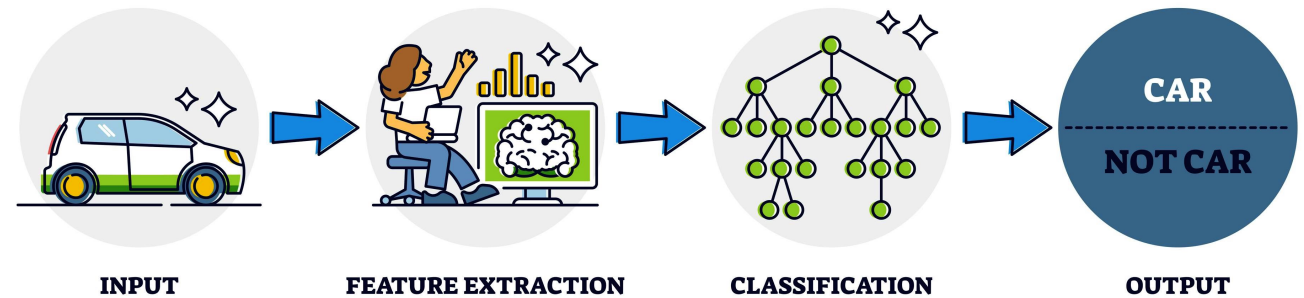
strato di strato strato di
ingresso nascosto uscita



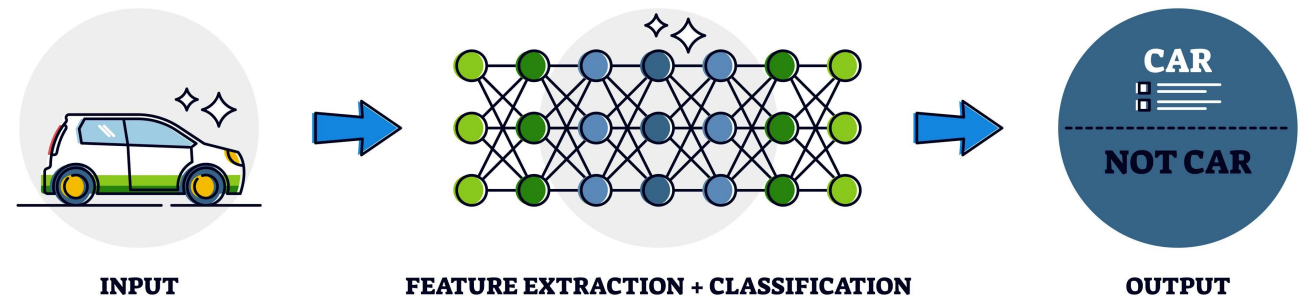
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



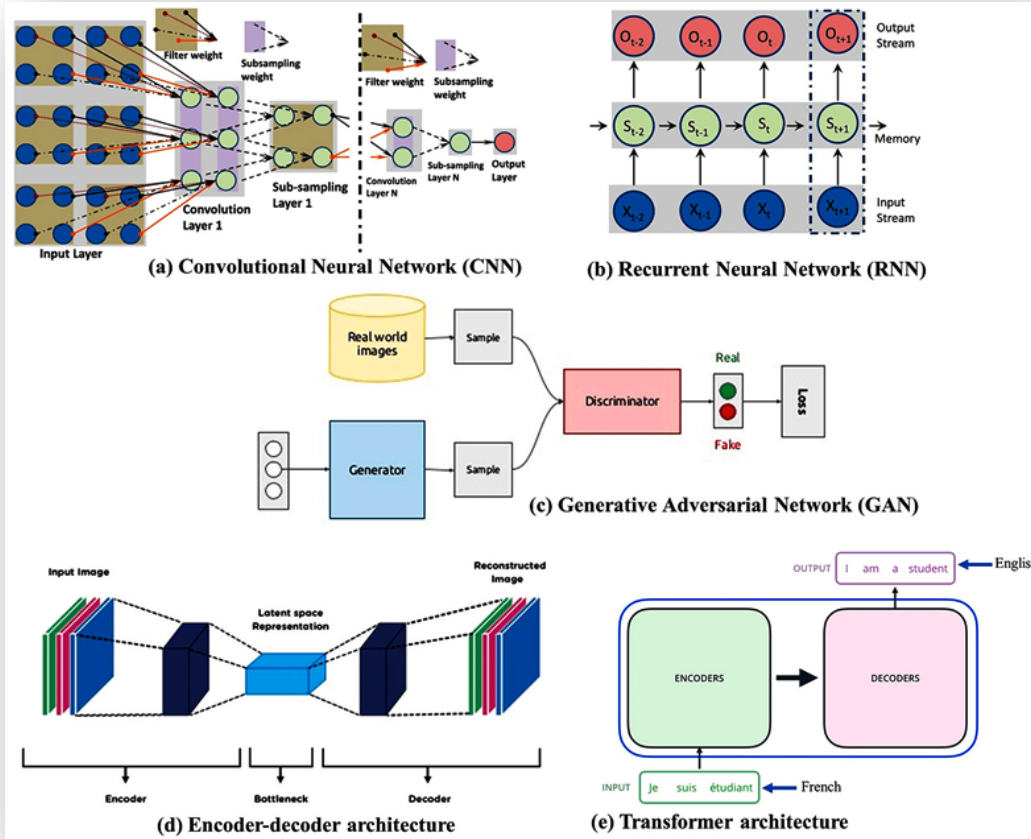
MACHINE LEARNING



DEEP LEARNING



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Hossain, M.B. et al. A Systematic Review and Identification of the Challenges of Deep Learning Techniques for Undersampled Magnetic Resonance Image Reconstruction. *Sensors* 2024, 24, 753

SEVERAL DEEP NEURAL NETWORK ARCHITECTURES

DL è in grado di ricostruire immagini di alta qualità a partire da dati sottocampionati.

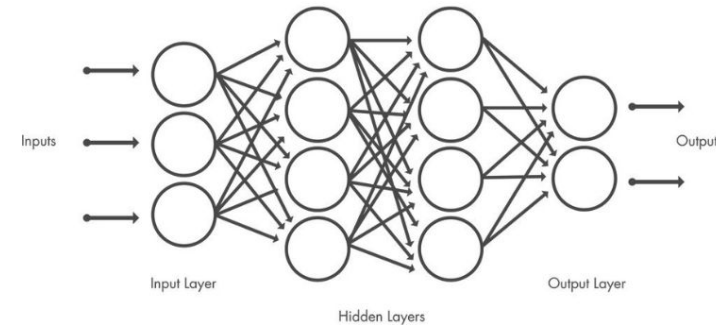
Vantaggi:

- ***Minor Tempo di acquisizione delle immagini.***
- ***Maggior Risoluzione Spaziale***
- ***Miglior Denoising delle immagini***

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

CNN (Deep Learning Network) is a useful architecture for identifying patterns/features of image classes to recognize and classify objects belonging to similar categories

Characteristic of being formed by tens/hundreds of layers each of which learns to detect features of an image



Layer {

- Convolution:** Subjects the input images to a series of convolution filters that activate certain features/patterns in the images
- Rectified Linear Unit:** Training facilitator, eliminates negative values, activating only the features/patterns to be transmitted to the next layer.
- Pooling:** Simplify the output by downscaling thereby reducing the number of variants/parameters the network has to learn

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Classification

The penultimate layer is a fully connected layer that generates a **vector of dimension K (where K is the number of predicted classes)** and that contains the probabilities for each class of any classified image.

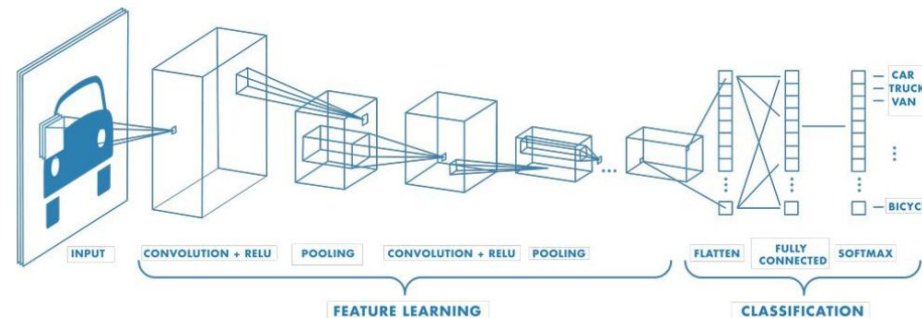
The last layer of the CNN architecture uses a **classification layer** to provide the final classification output.

Medical imaging: CNNs can analyze thousands of histological samples to visually detect the presence of cancer cells in the images.

Audio processing: Keyword detection can be used in any device with a microphone to detect when a certain word or phrase is spoken ("Hey Siri!").

Object detection: Autonomous driving uses CNNs

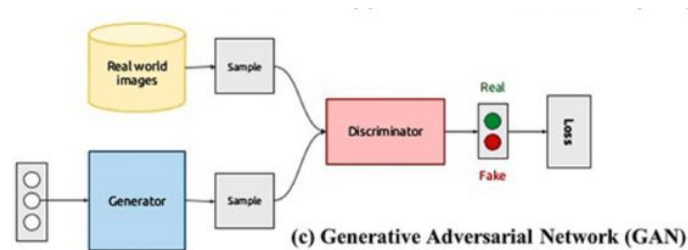
Synthetic data generation: Generative adversarial networks (GANs) can be used to produce new images for use in deep learning applications



Example of CNN structure for Car classification

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Introduced by Ian Good Fellow in 2014, University of Montreal, Canada.

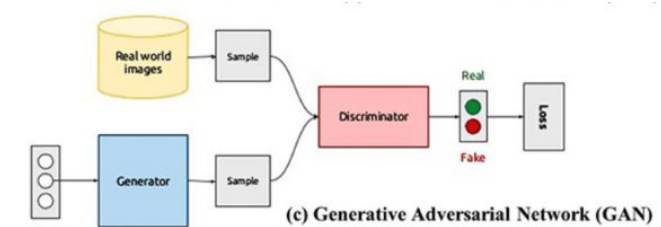


“Generator” is responsible for creating new data that can fool the discriminator.

“Discriminator” is a classifier and represents the network to be trained to distinguish created data from fake data by extracting their characteristics

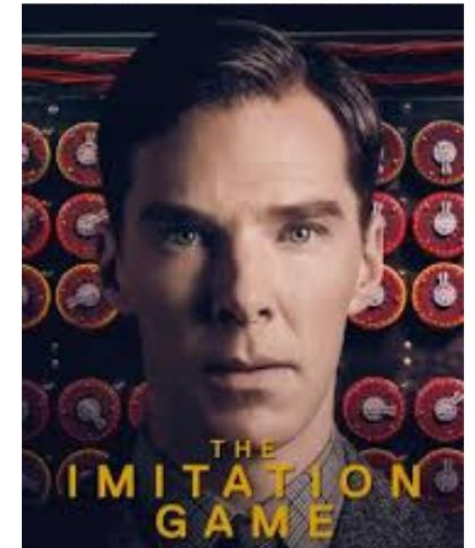
During training, the two networks compete against each other, the generator tries to improve the quality of the data it produces while the discriminator tries to improve its ability to distinguish between real and fake data.

GANs create artificial (realistic but not real) data generated by the generative network



Limits:

GANs have the major limitation that they are AI architectures that are difficult to train, you have to be careful because they can produce data that is not always consistent with reality.



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

IMAGE DOMAIN LEARNING

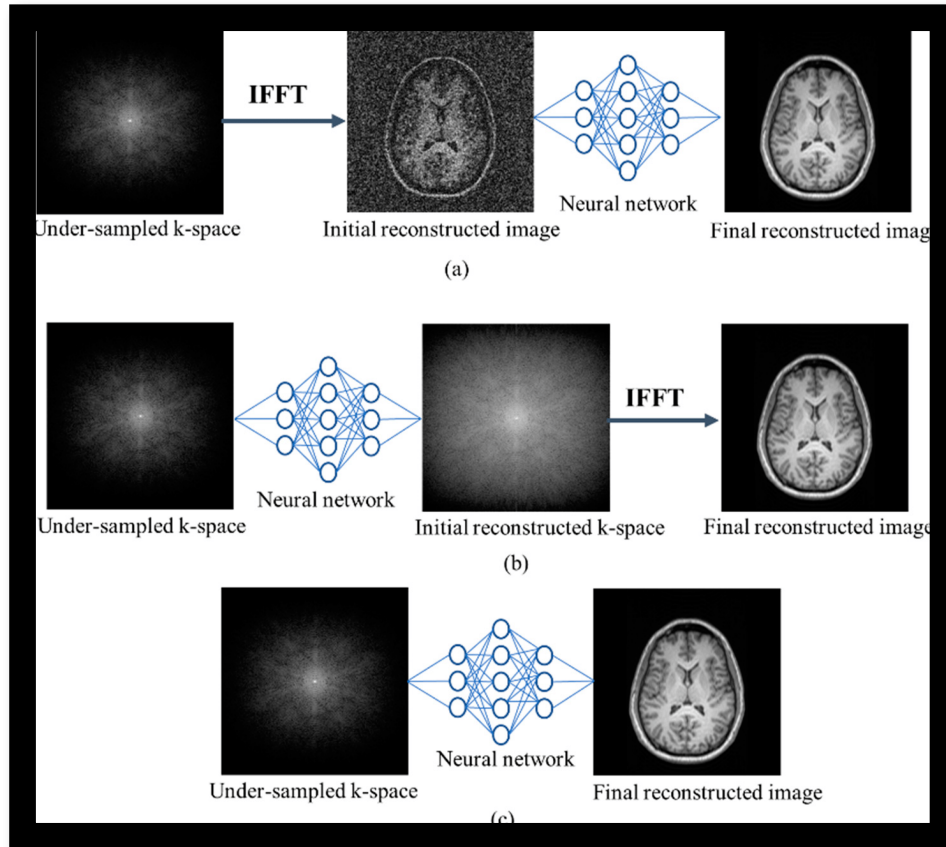
De-noising, Super-Resolution, De-Aliasing: eseguito utilizzando conoscenze pregresse da grandi set di dati di training. L'immagine viene prima ricostruita da dati k-space riempiti di zero tramite IFFT e poi un approccio DL viene applicato a questa immagine ricostruita.

K-SPACE DOMAIN LEARNING

Per stimare le frequenze abbandonate. Richiede più tempo per il calcolo. L'apprendimento K-space utilizza una tecnica completamente basata sui dati per l'interpolazione k-space (interpola le fette adiacenti in modo indipendente). Il k-space MRI attivo viene addestrato utilizzando un numero fisso di basse frequenze.

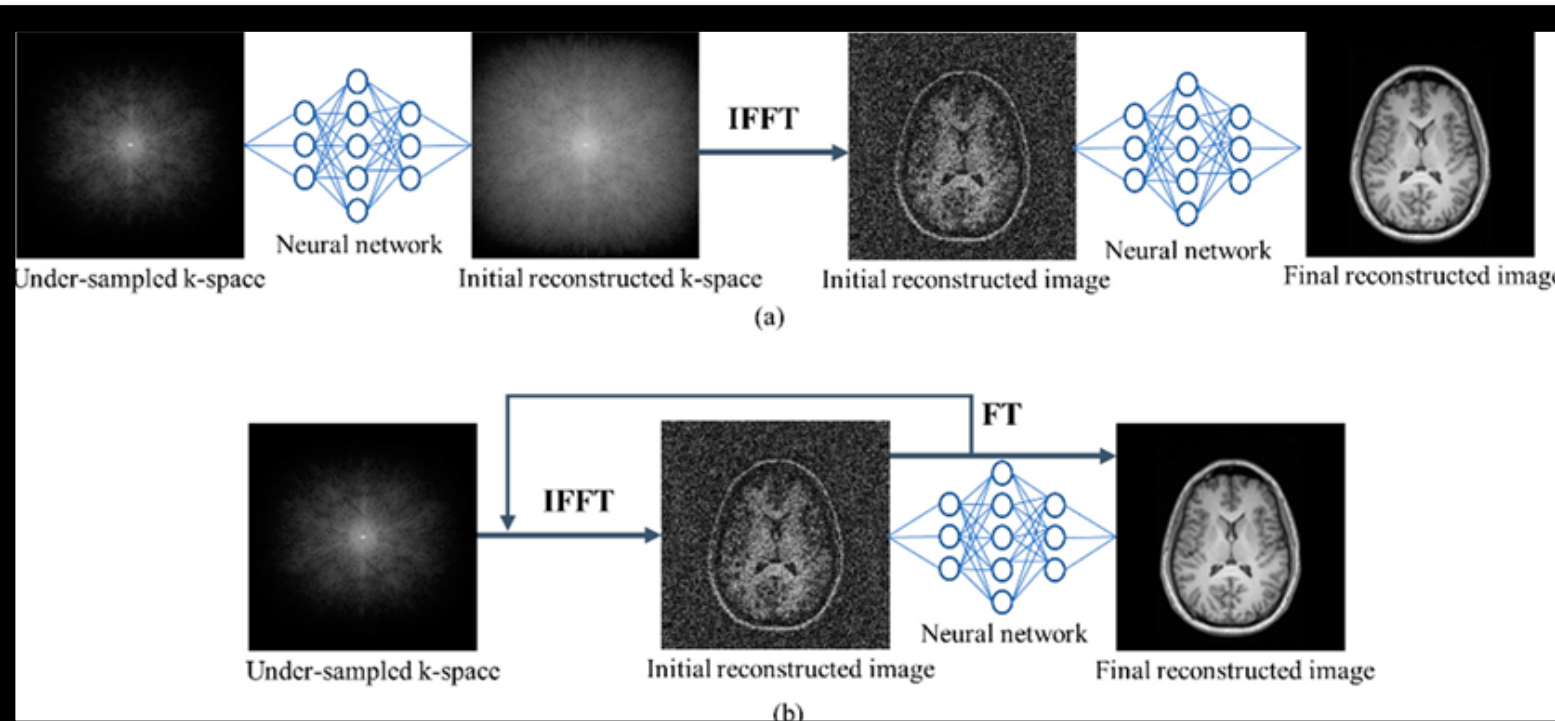
DIRECT MAPPING

Immagini recuperate senza interpolare i campioni mancanti dello spazio k. Di conseguenza, le immagini ricostruite usando questo metodo presentano rumore e artefatti.



Single Domain Approach

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Multi Domain Approach

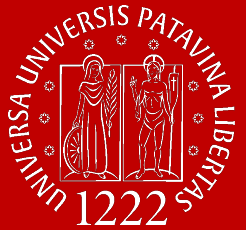
CROSS DOMAIN LEARNING

La rete del dominio frequenza/sensore tenta di stimare le frequenze non acquisite; successivamente, la rete del dominio spaziale esegue l'operazione di miglioramento dell'immagine. Questo metodo preserva le caratteristiche strutturali ed elimina gli artefatti di aliasing, richiede molto tempo per addestrare i dati grezzi e di immagine.

ITERATIVE UNROLLED LEARNING

Traduce lo spazio k misurato nell'immagine ricostruita appropriata tramite iterazioni di srotolamento. Questo metodo è più adatto per l'apprendimento delle caratteristiche dell'immagine. Gli iperparametri devono essere selezionati con attenzione per le tecniche basate sull'ottimizzazione. A causa dell'iterazione, le velocità di ricostruzione di questi metodi sono in genere lente.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

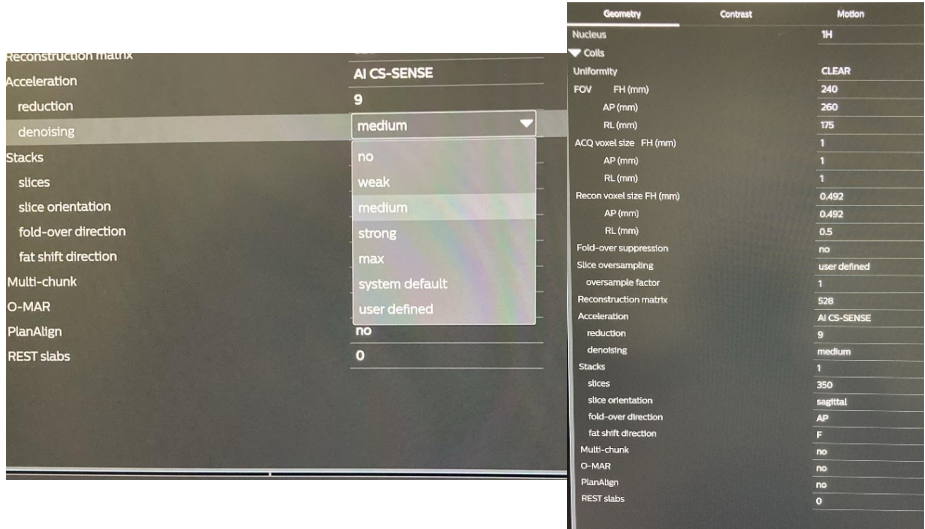
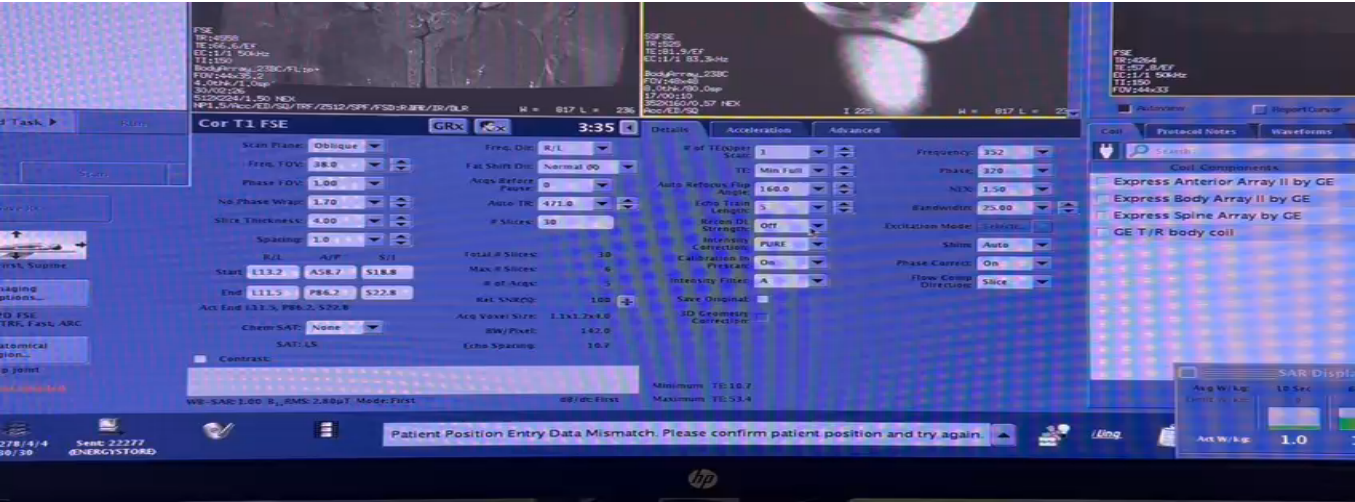
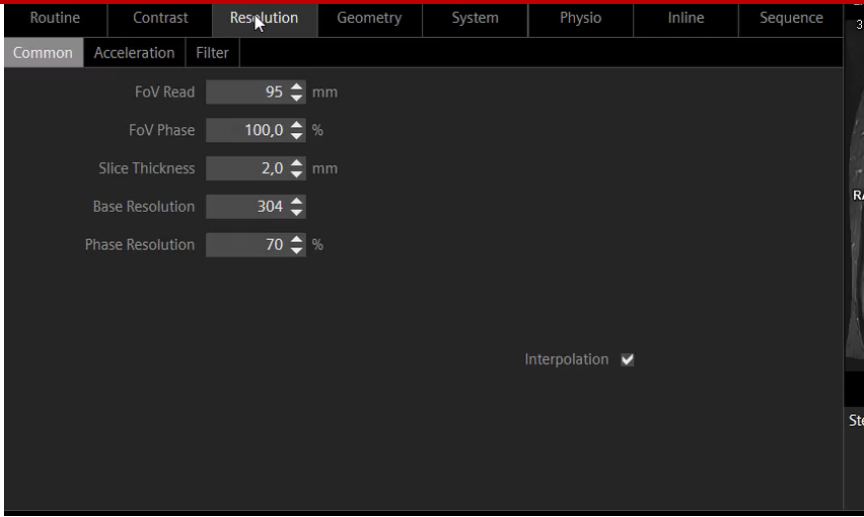
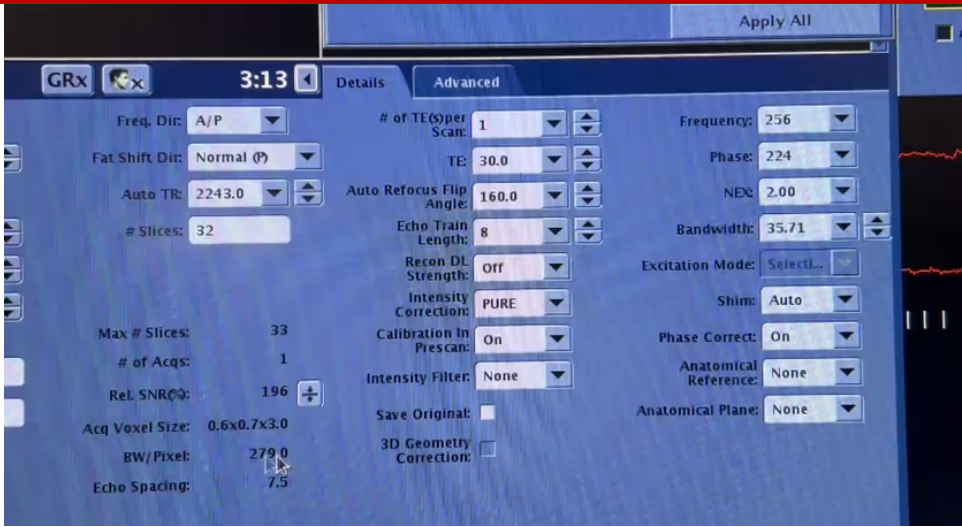
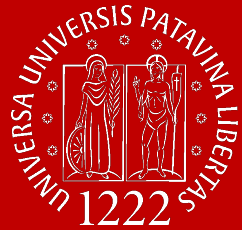


Quali sono al momento le tre più grandi **CRITICITA'** relative ad oggi all'utilizzo e allo sviluppo dell'IA?

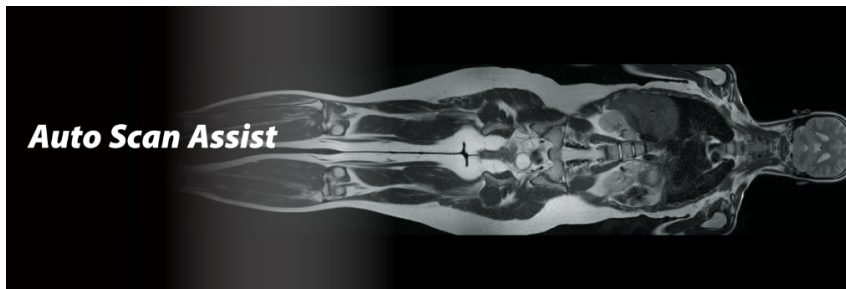
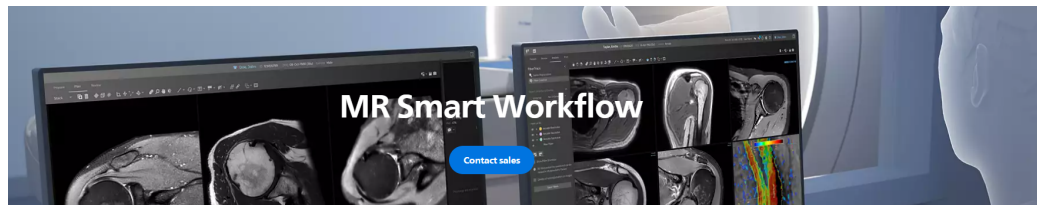
- Disponibilità di Dati
- Problemi di natura Etica
- Quantità di Energia utilizzata dai processori



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

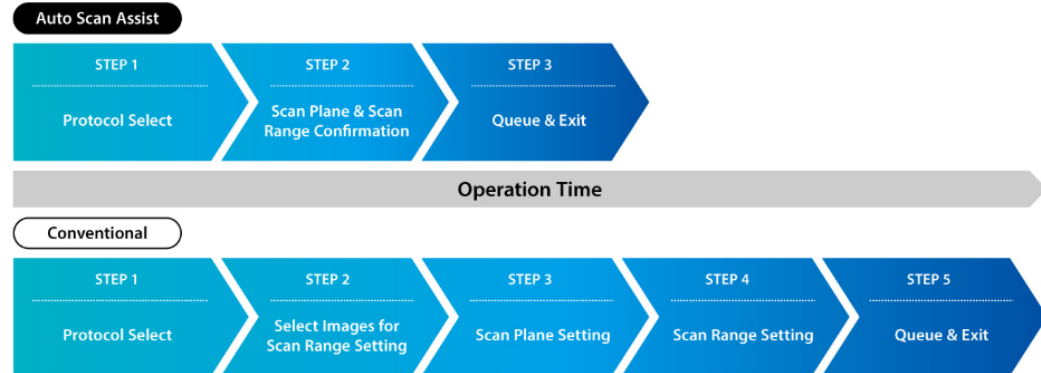


POSITIONING ALIGNMENT
PROTOCOL CONTRAST
SAFETY SLICE
CONSIDERATIONS
EVALUATION IMAGE
AUTO
SELECTION
PATIENT

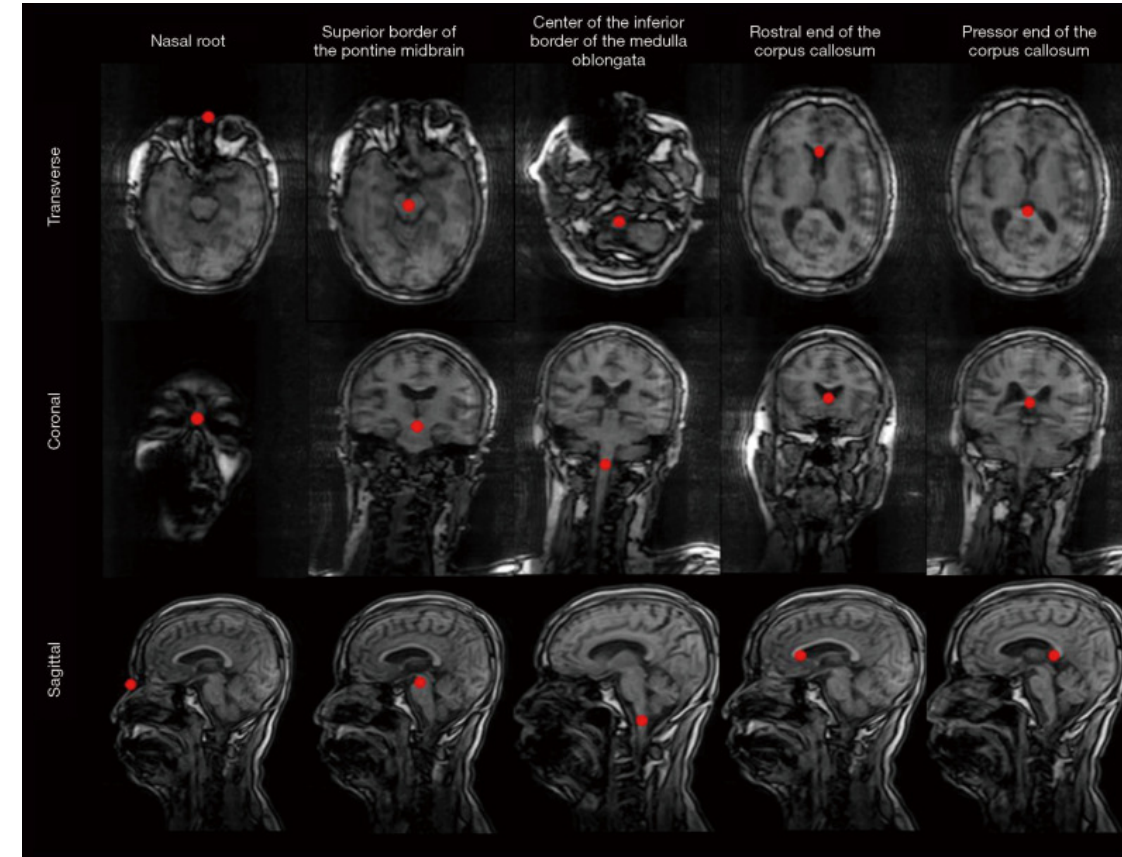
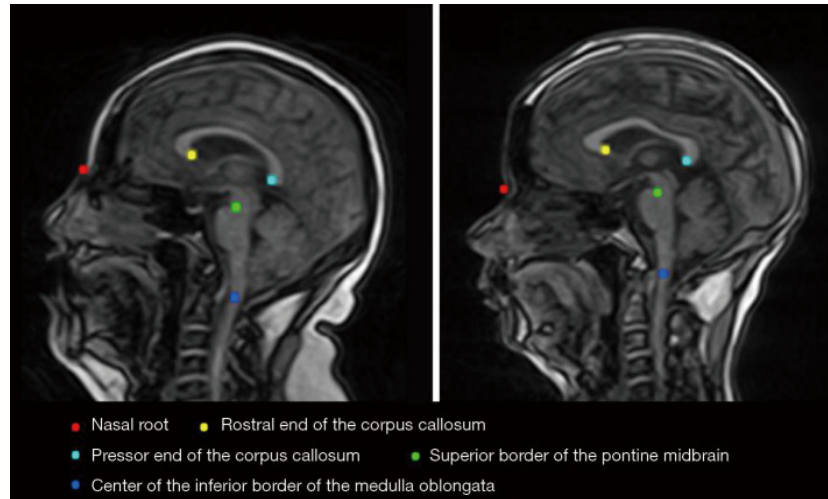
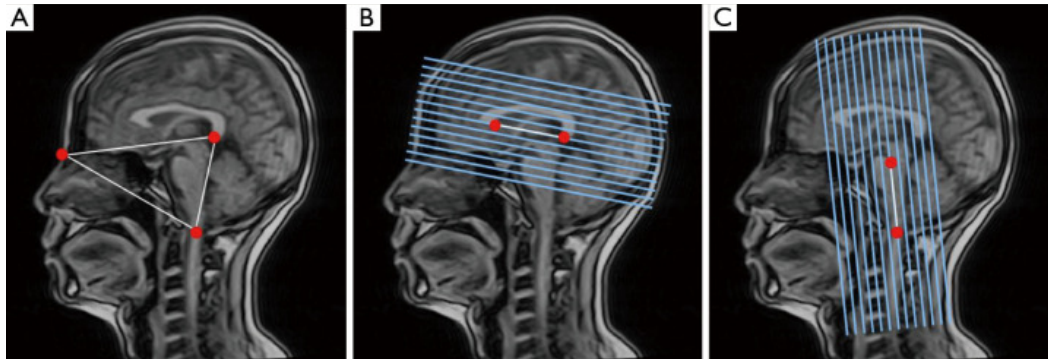
Auto Scan Assist can reduce the burden on the operator by up to 80% **



Reduction of operation steps and time with Auto Scan Assist **

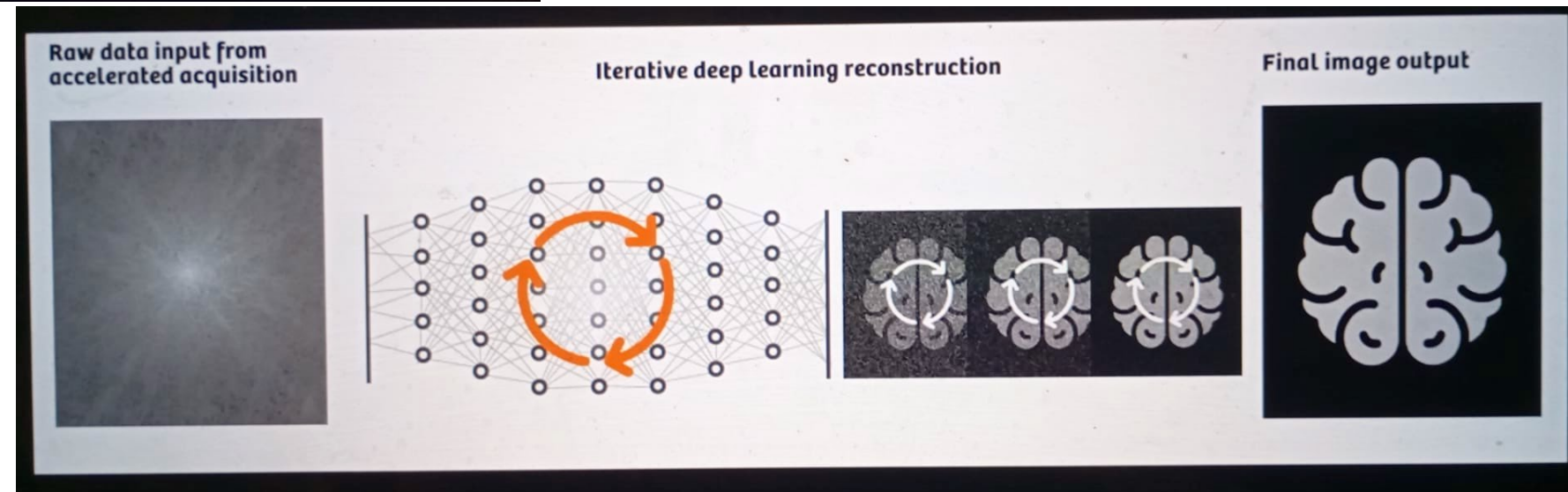
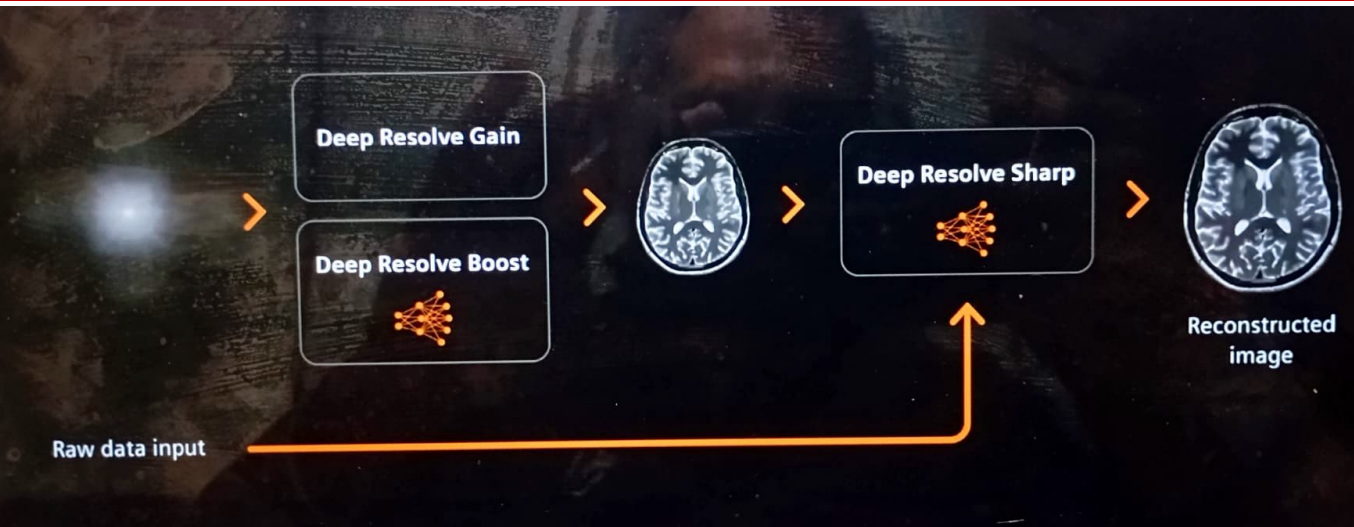


Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



AUTOMATED LANDMARK DETECTION
DEEP LEARNING ALGORITHM

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



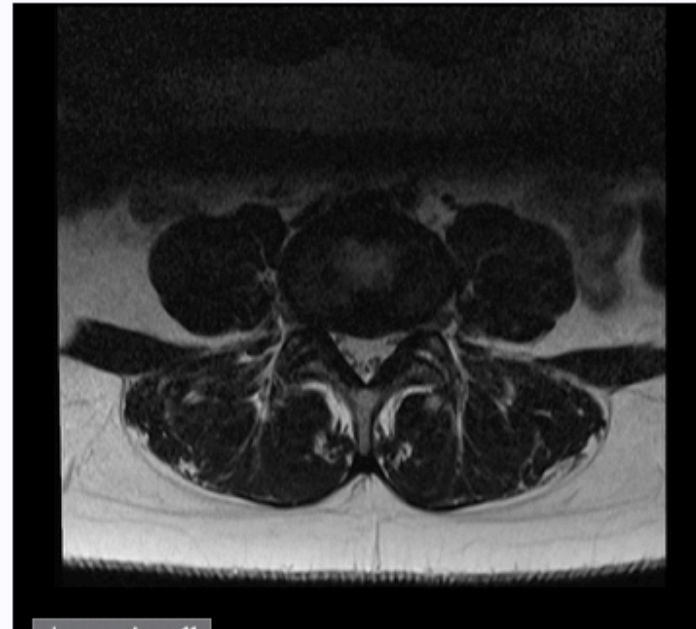
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

DR GAIN

Il sistema generalizza una mappa del rumore dal K spazio. Individua le aree in cui è maggiormente rappresentato e ne sopprime il segnale.

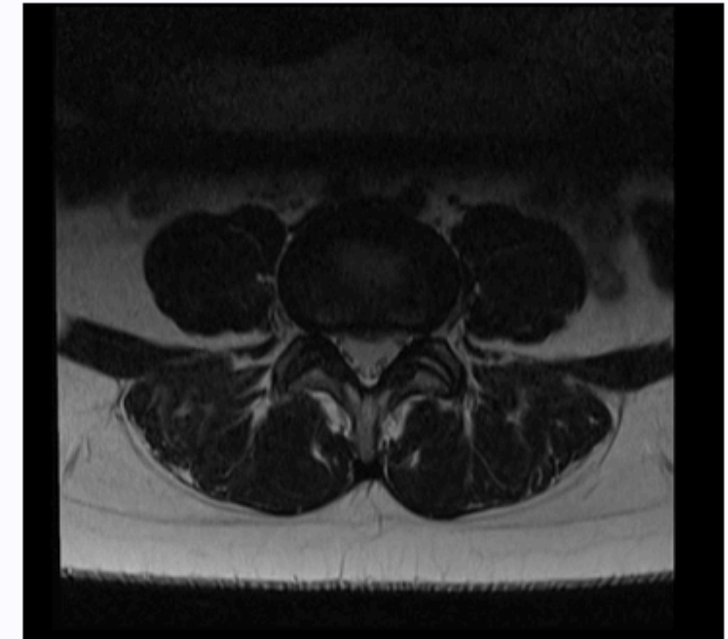
Offre la possibilità di aumentare il SNR (Rapporto Segnale/Rumore) mantenendo invariato il tempo di acquisizione.

T2 TSE IMAGE WITHOUT DEEP RESOLVE



MATRIX SIZE 224X224 AND NEX 1
SCANTIME : 1.20MINUTES

DEEP RESOLVE GAIN



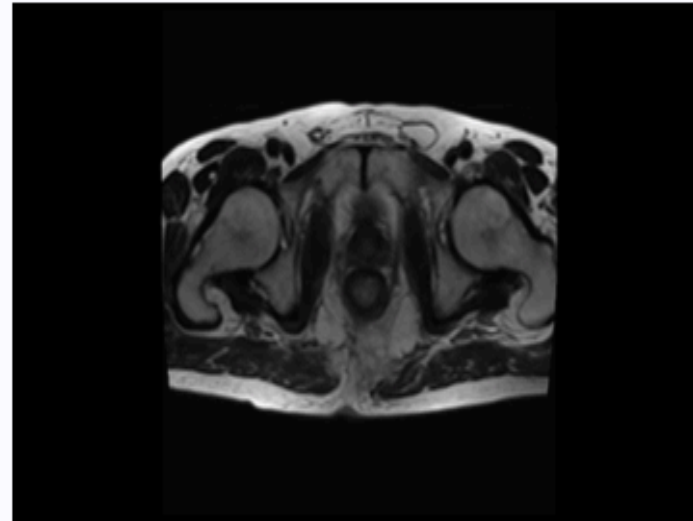
MATRIX SIZE 224X224 AND NEX 1
SCANTIME : 1.20MINUTES

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

DR SHARP

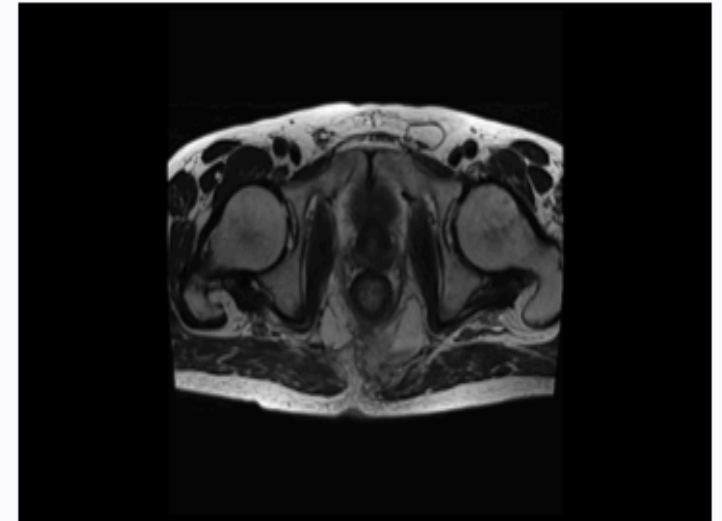
Il sistema sfrutta una serie di dataset per ricostruire intuitivamente metà della matrice. Permette quindi di utilizzare matrici “raddoppiate” senza aumentare il tempo di acquisizione, implementando così la risoluzione spaziale.

T2 TSE IMAGE WITHOUT DEEP RESOLVE



MATRIX SIZE 192X192 AND NEX 1
SCANTIME : 1.30MINUTES

DEEP RESOLVE GAIN + SHARP



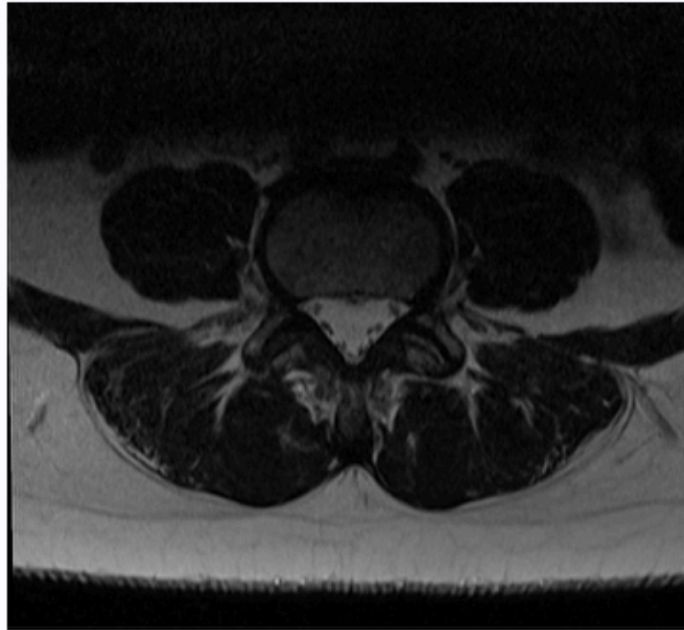
MATRIX SIZE 192X192 AND NEX 1
SCANTIME : 1.30MINUTES

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

DR BOOST

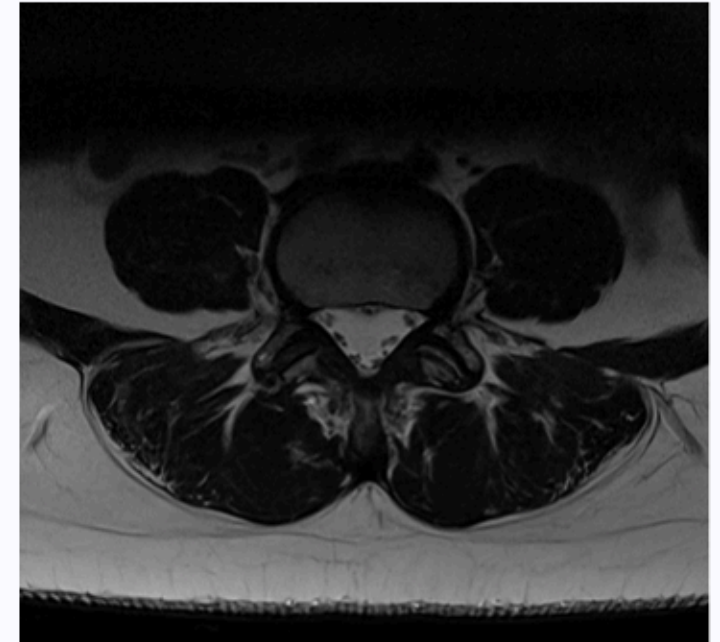
Vera applicazione del Deep Learning in RM. Ricostruisce l'immagine basandosi su dati ottenuti mediante apprendimento automatico, con matrici più elevate e minor rumore, permettendoci di aumentare i fattori di accelerazione e diminuire le medie.

T2 TSE IMAGE WITHOUT DEEP RESOLVE



MATRIX SIZE 256X256, NEX 2 AND IPAT: OFF
| SCANTIME : 2.10MINUTES

DEEP RESOLVE BOOST



MATRIX SIZE 240X240, NEX 1 AND IPAT: GRAPPA 2 | SCANTIME : 1.05MINUTE

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

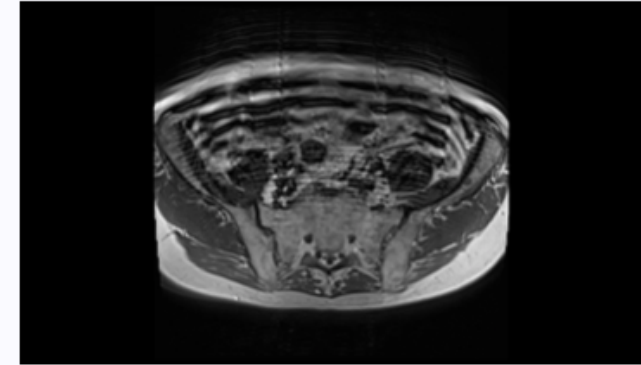
Pro:

- Minor tempo di acquisizione
- Maggior risoluzione spaziale
- Maggior uso di sistemi di accelerazione
- Minori matrici di acquisizione

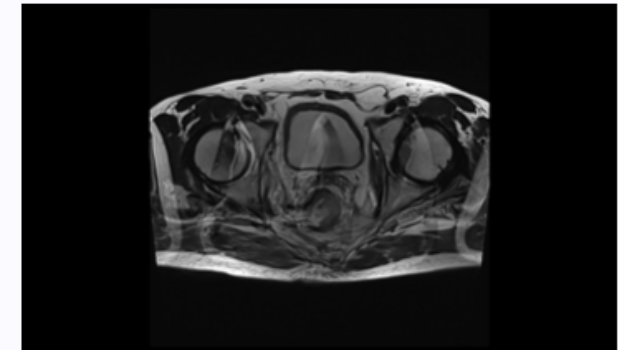
Contro:

- Maggior influenza degli artefatti da movimento
- Presenza di artefatti da ribaltamento, che portano ad utilizzare FOV più grandi o maggior grado di Phase Oversampling

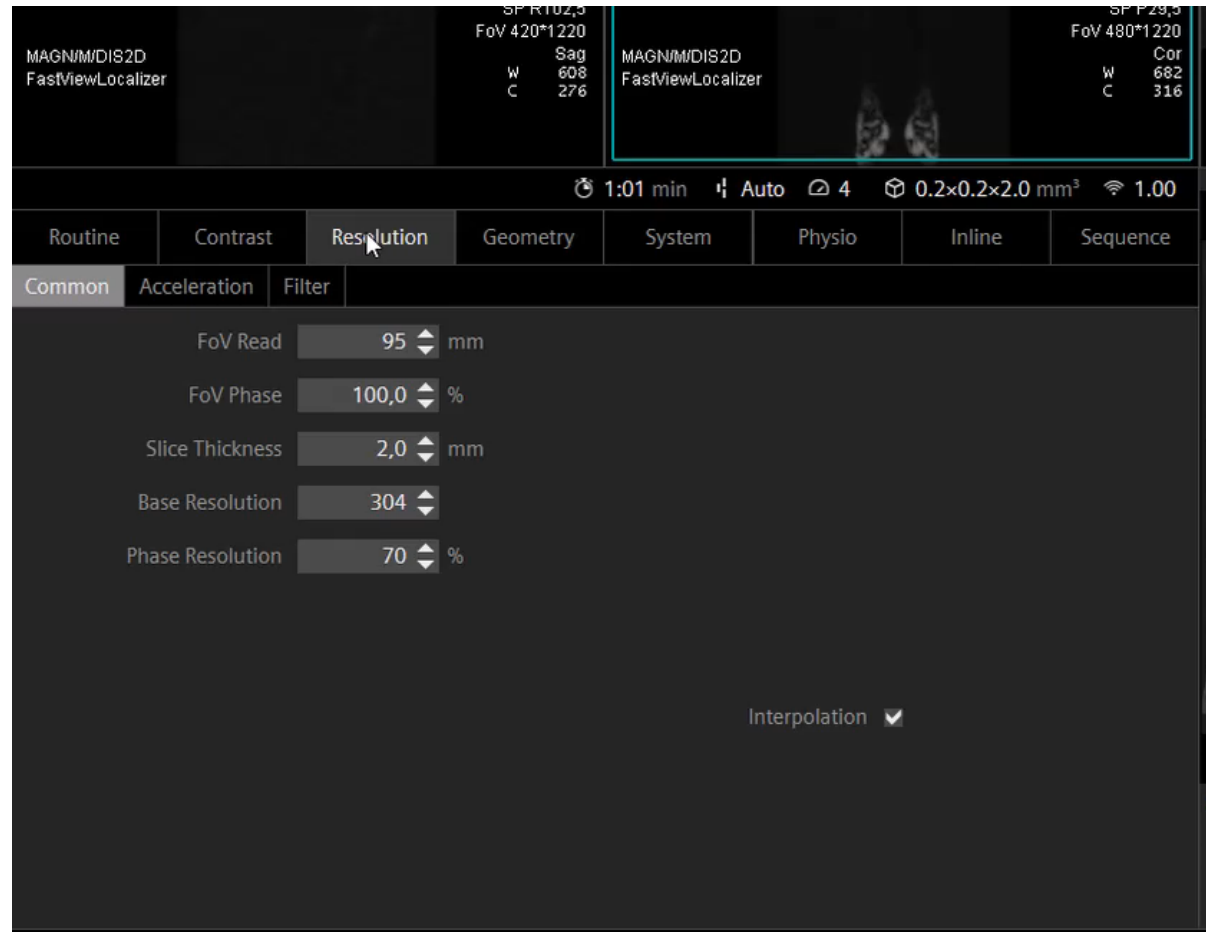
DEEP RESOLVE BOOST ENHANCES MOTION ARTIFACT



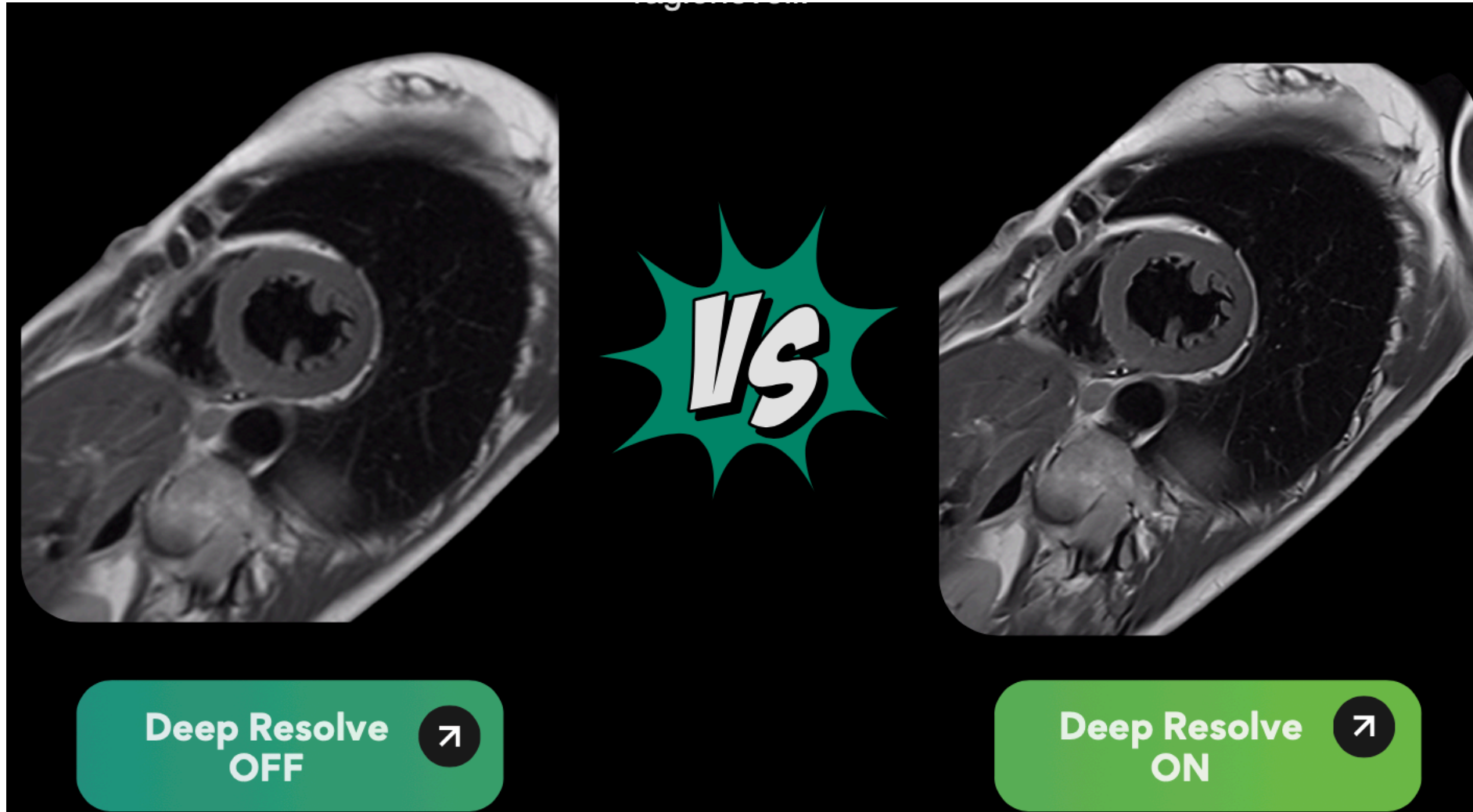
DEEP RESOLVE BOOST ALIASING ARTIFACTS



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



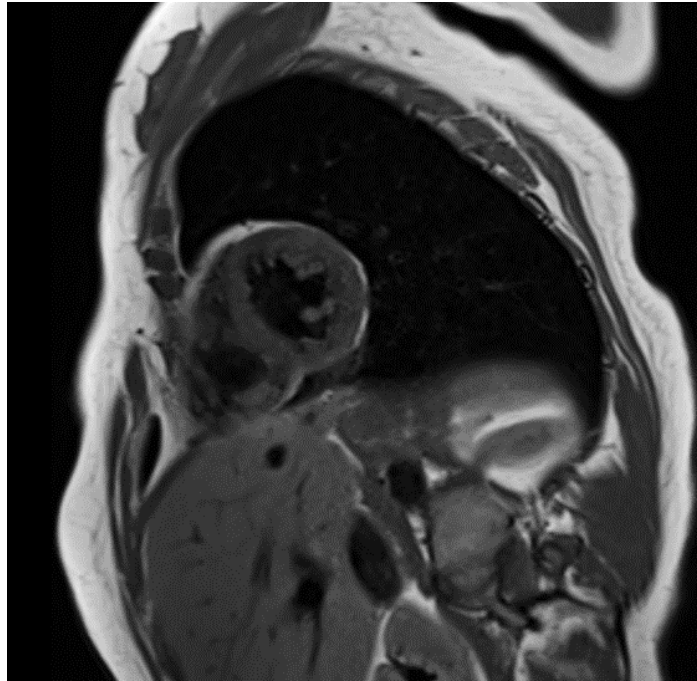
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



T1 TSE conventional
matrix: 256x256
TA: 11 s

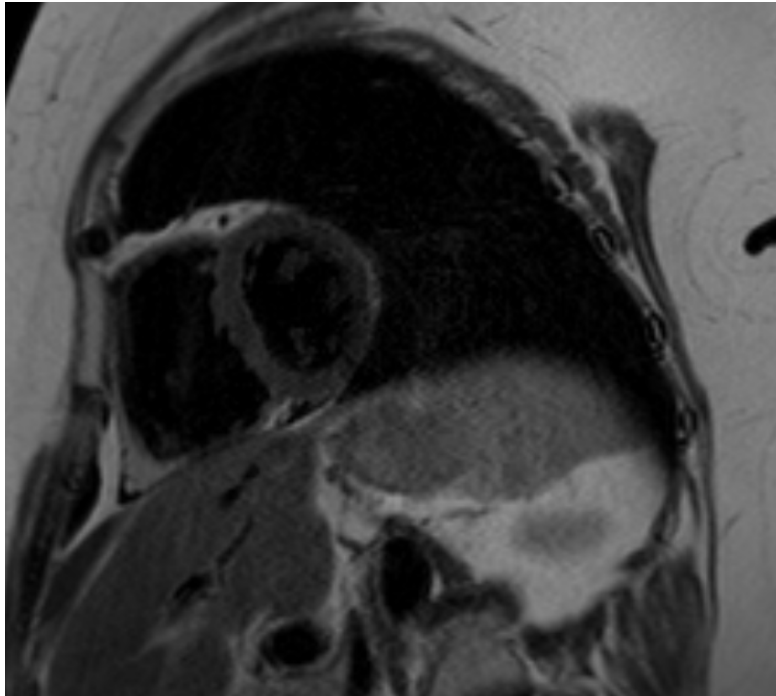


T1 TSE DRG e DRS
matrix: 320x320
TA: 8 s

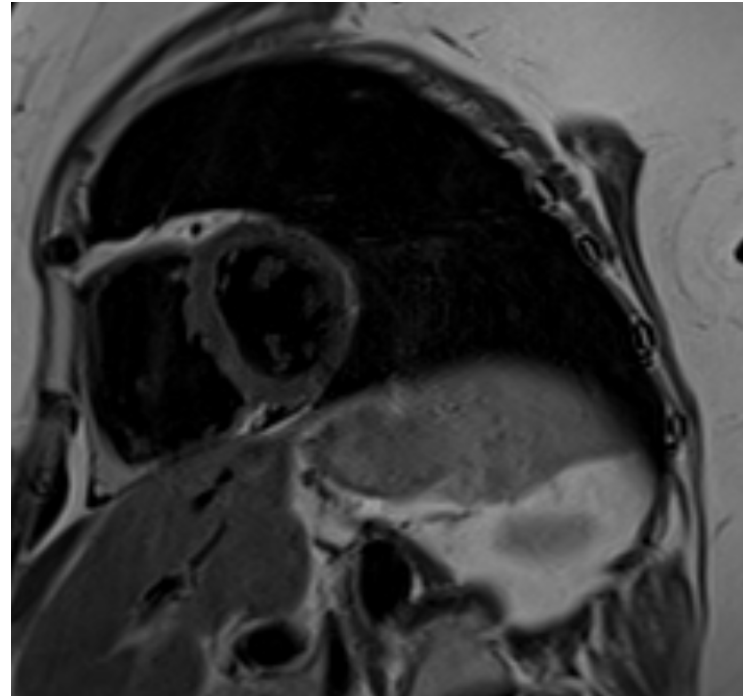


T1 TSE DRG, DRS e DRB
matrix: 320x320
TA: 4 s

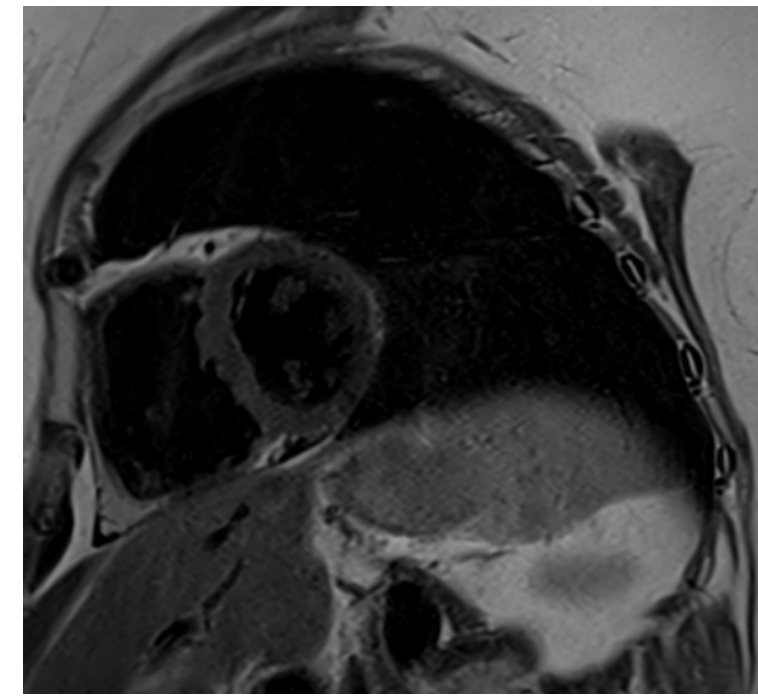
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



T2 TSE conventional
matrix: 256x256
TA: 14 s

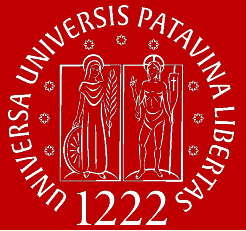


T2 TSE DRG e DRS
matrix: 320x320
TA: 10 s



T2 TSE DRG, DRS, DRB
matrix: 320x320
TA: 5 s

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Prospettive future e possibili innovazioni non solo al 3T...



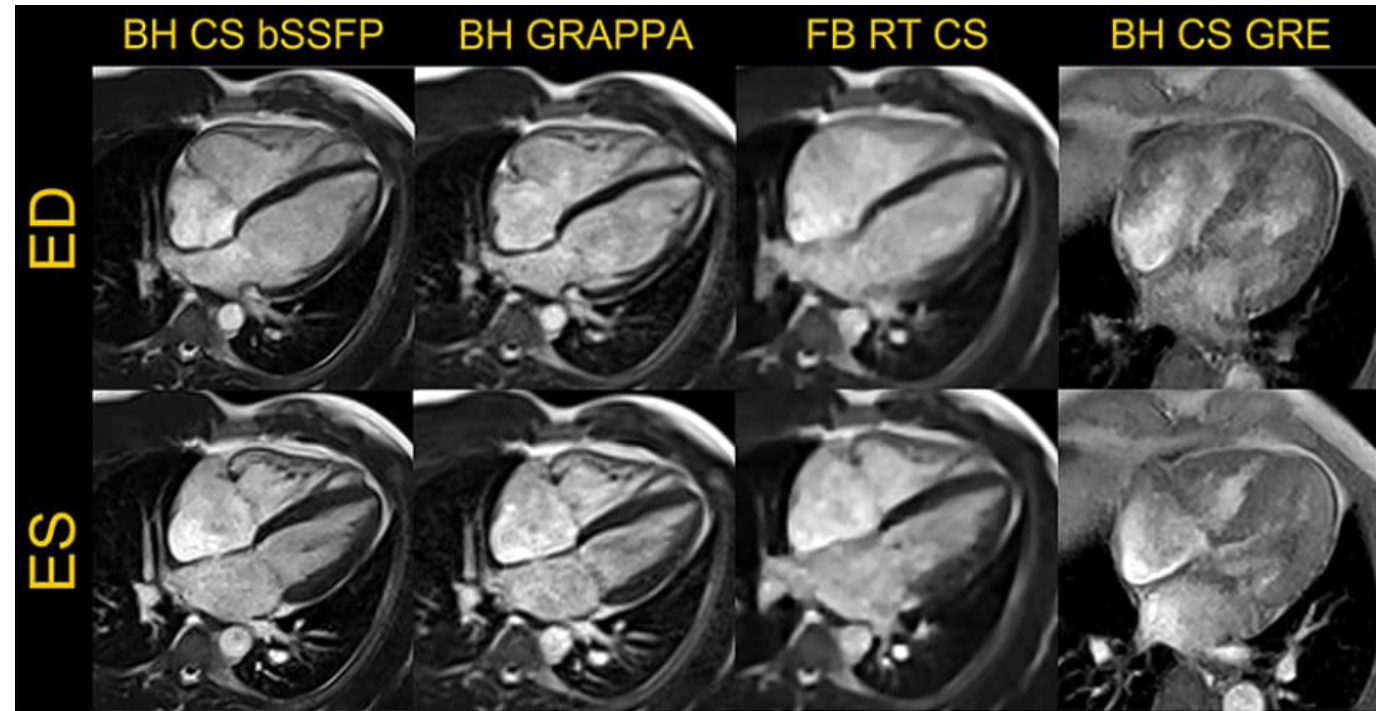
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Un recente studio ha dimostrato come si possa estendere questa tipologia di esame anche ai nuovi sistemi da 0.55T Free.Max.

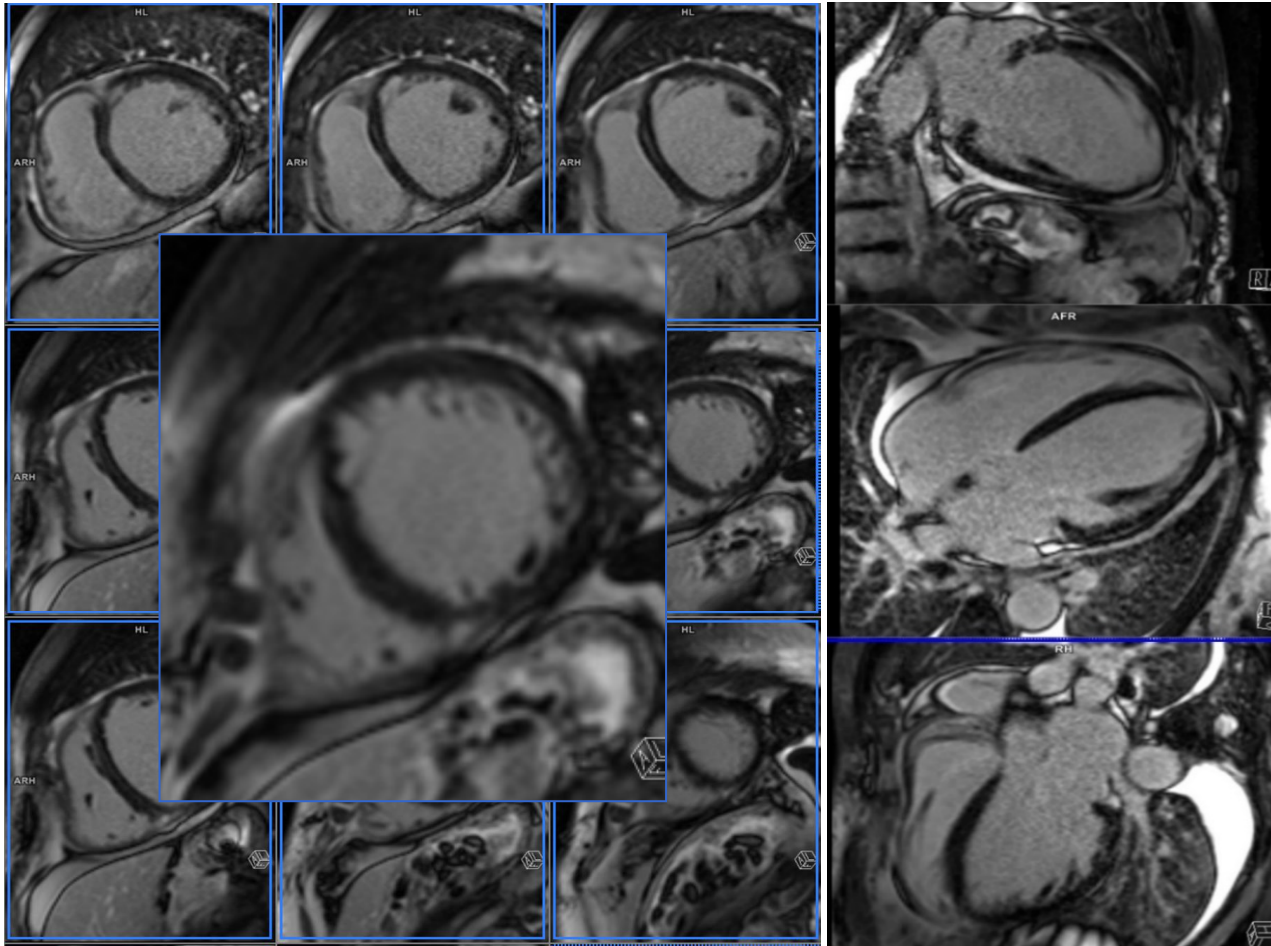
"... casi in cui vengono utilizzate diverse tipologie di sequenze servono come esempi aneddotici del potenziale di questo nuovo sistema da 0,55 T, con bore ampio da 80 cm, per estendere il servizio di CMR a pazienti attualmente limitati dalle dimensioni dei sistemi MRI standard. Entrambi i pazienti hanno riferito di sentirsi meno ansiosi e più a loro agio nel bore da 80 cm..."

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



Grazie alle tecniche di accelerazione Compressed Sensing e all'imaging parallelo, l'articolo fa vedere come la qualità d'immagine si avvicina a quella dei sistemi 1.5T, garantendo al paziente un'esperienza migliore in quanto le dimensioni del bore da 80 cm lo rendono adatto anche a pazienti obesi e maggiormente claustrofobici.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



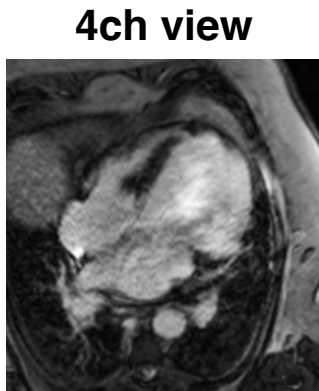
Technology: PSIR HeartFreeze (inline motion correction) for LGE in free-breathing

- La possibilità di avere una correzione del movimento inline, ci consente di acquisire il late enhancement 2D completamente a respiro libero, sia con sequenze single shot, sia ad alta risoluzione.
- Viene generata dalla stessa sequenza sia l'immagine Magnitudo, sia la PSIR, senza quindi avere bisogno di ulteriori scansioni

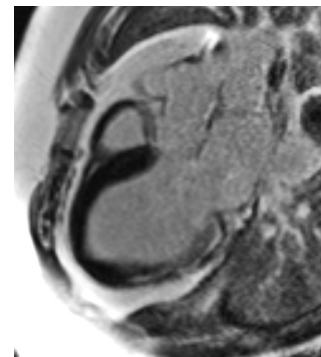
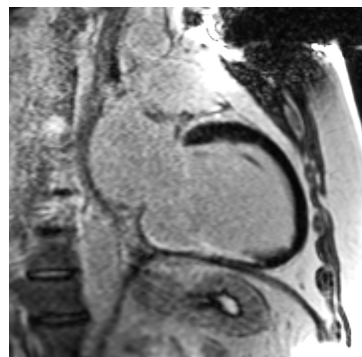
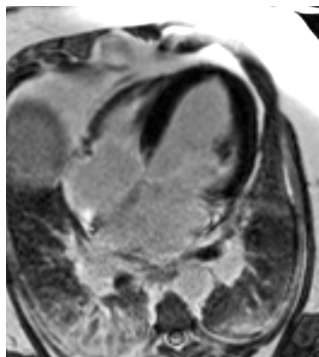
Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

High Bandwidth Inversion Recovery^{1,2} for patients prone to susceptibility artefacts

Conventional Imaging



High Bandwidth Inversion Recovery



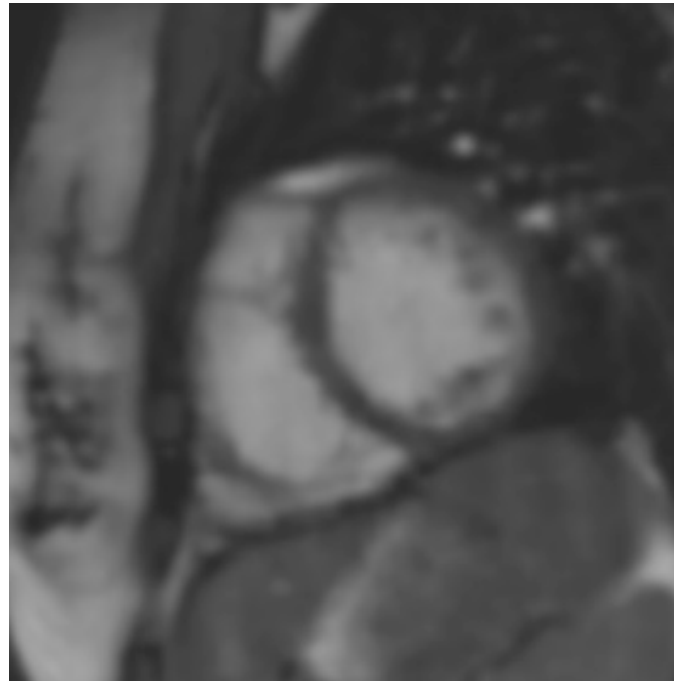
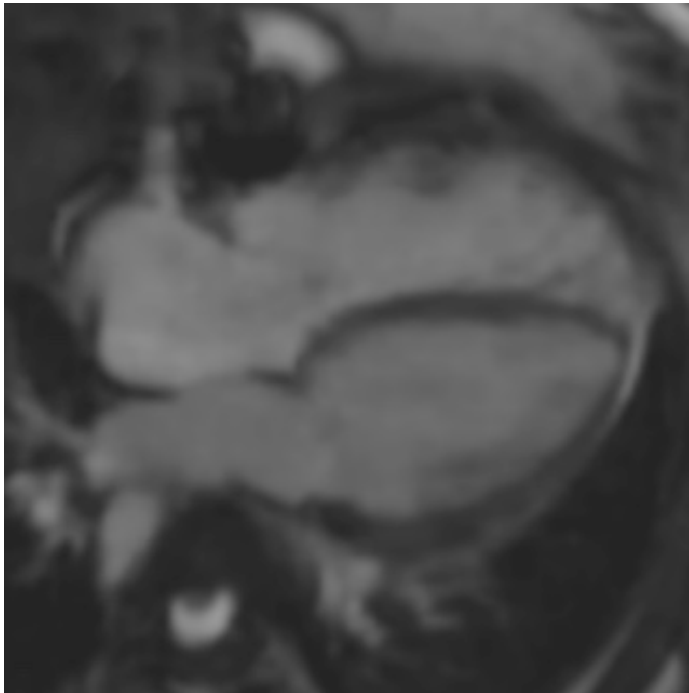
Grazie alle nuove sequenze IR High Bandwidth si riesce a ridurre fortemente l'incidenza di artefatti dovuti a dispositivi impiantabili, ormai sempre più frequenti nei pazienti che si sottopongono a cardio RM

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Sfida: imaging in pazienti con aritmie e che non riescono a tenere il respiro

Soluzione: Compressed Sensing Cardiac Cine

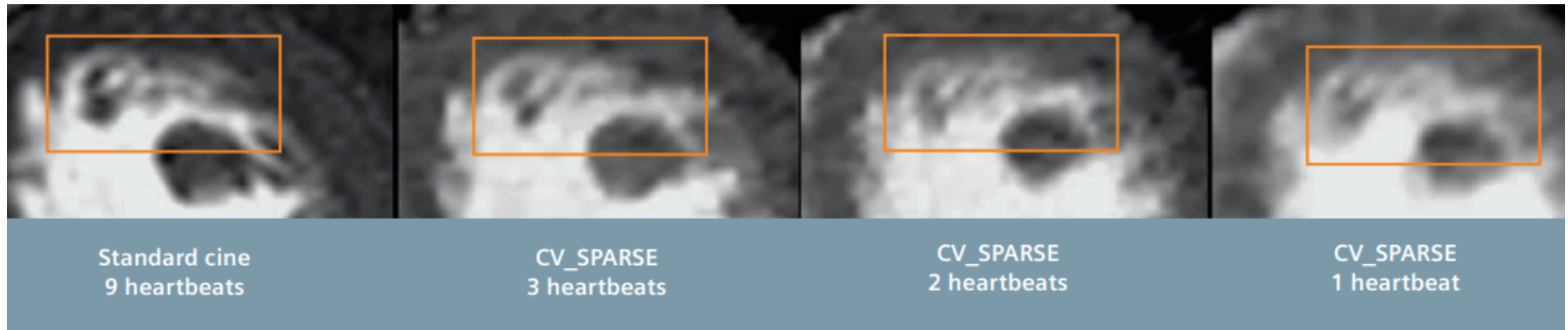
Real-time imaging in un singolo battito



Free-breathing exams
for cardiac patients

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Compressed Sensing Cine: Confronto con tecnica tradizionale

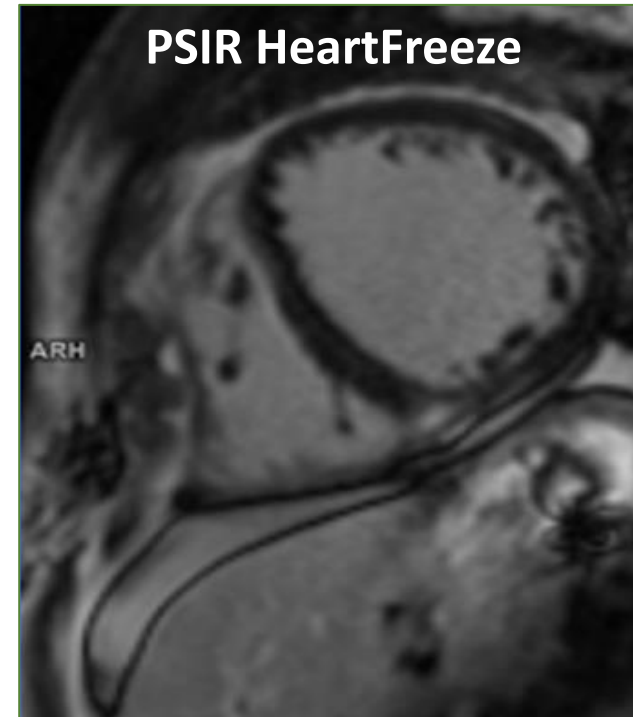
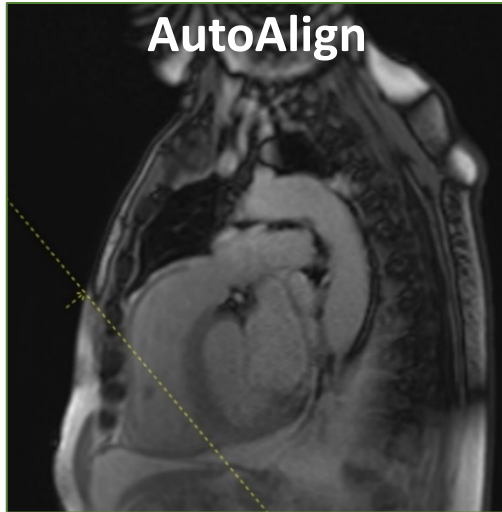


Si mantiene comunque una risoluzione elevata anche aumentando il fattore CS.

In generale quello che è emerso negli utilizzatori principali è che queste Cine CS sono comparabili alle Cine Standard se si tratta di misure funzionali (es.LVEF), ma la valutazione di strutture più piccole presenti in molte cardiopatie è ancora più affidabile quando effettuata sulle Cine Tradizionali.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Automated CMR exam in **12 minutes** in free-breathing
(Function, LGE)



Combinando le varie caratteristiche viste finora (Automatismi, Compressed Sensing, HeartFreeze), si può arrivare a un tempo di esecuzione esame nettamente inferiore, con notevoli benefici per il paziente e il flusso di lavoro

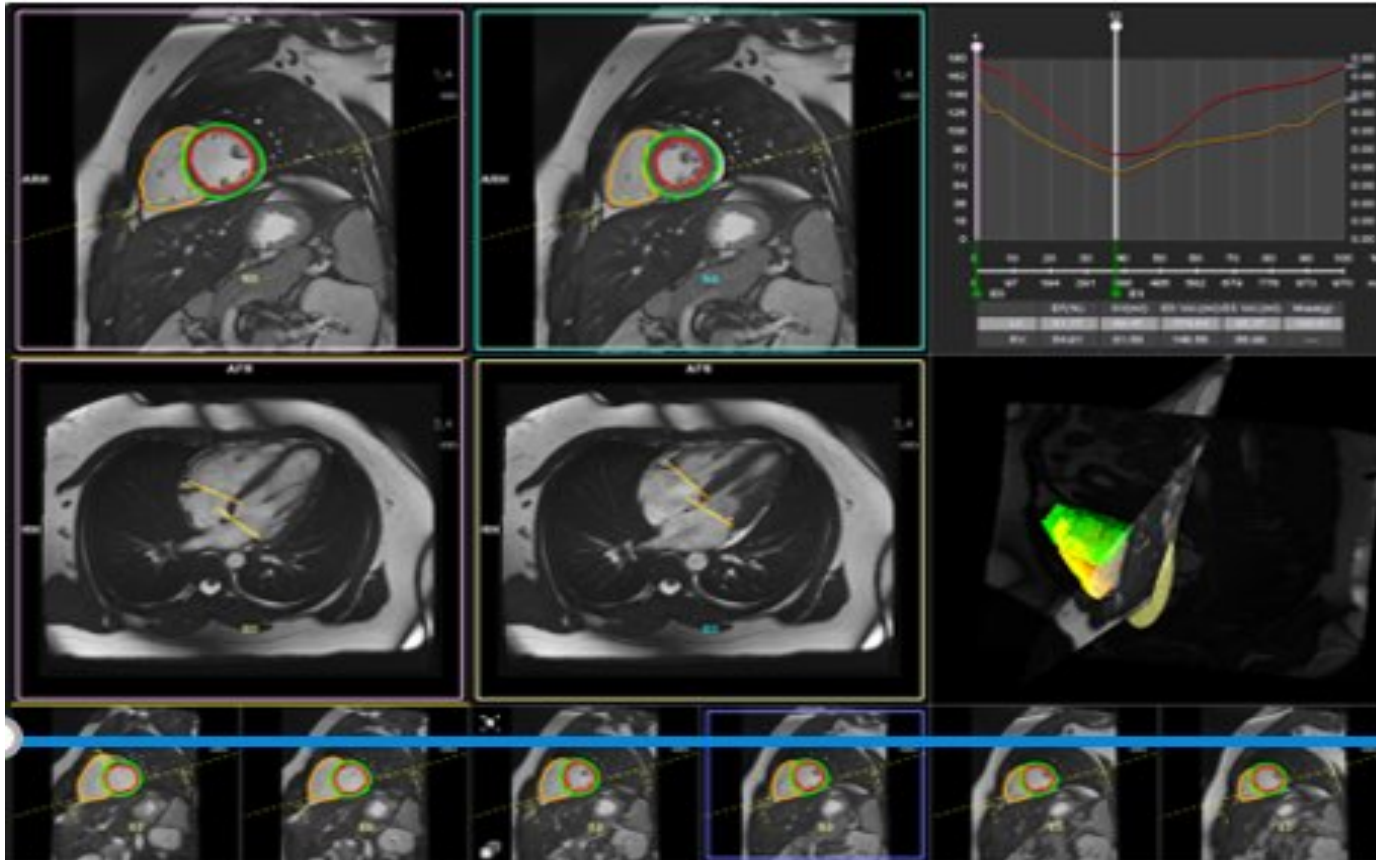
Localization (3 minutes)

Cardiac Function (4 minutes)

LGE (5 minutes)

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Intelligenza artificiale nella fase di refertazione: Post-processing dei volume cardiaci

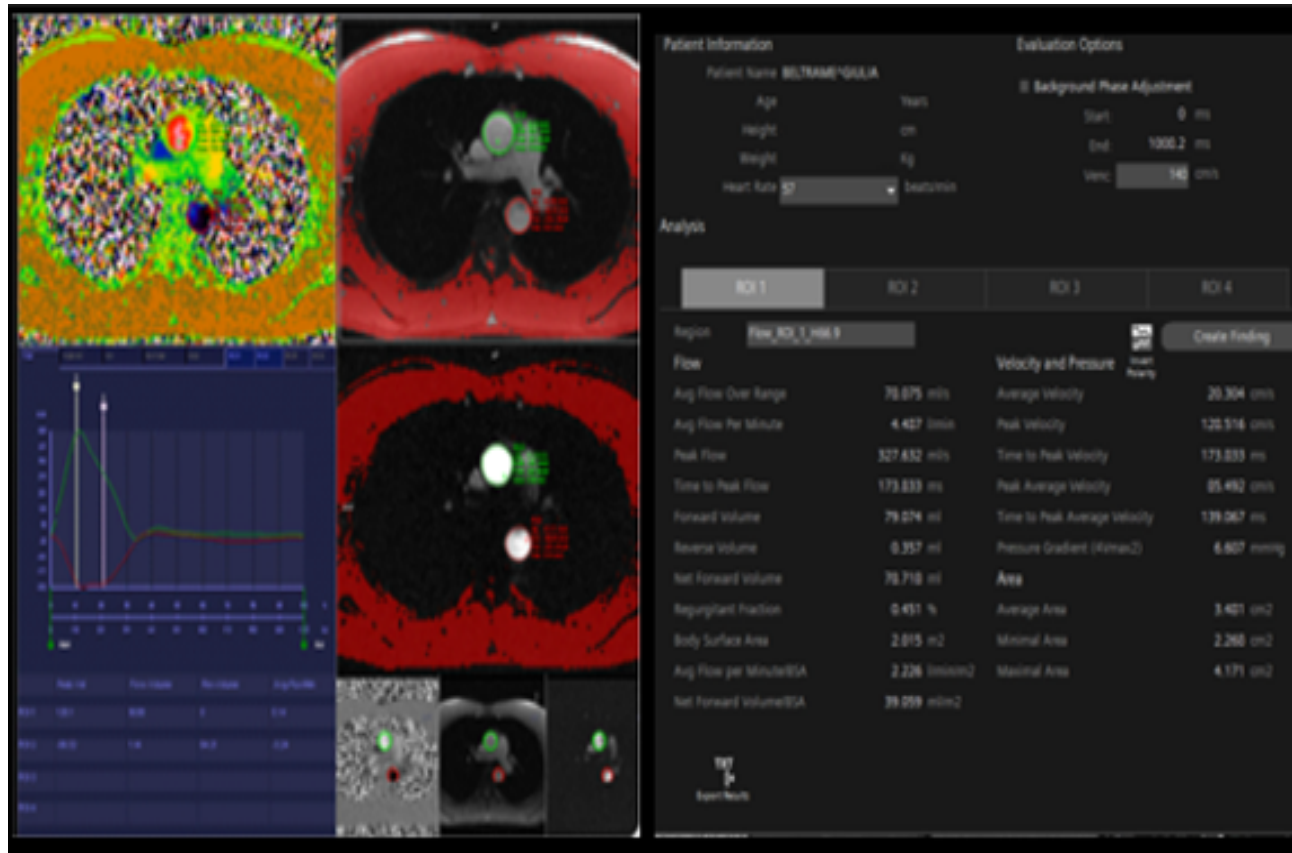


Segmentazione automatica del ventricolo sinistro: il sistema, porta automaticamente a termine il contorno di epicardio ed endocardio e il calcolo dei parametri quantitativi.

- **Segmentazione semi-automatica del ventricolo destro:** in questo caso, a partire da un singolo contorno endocardico e/o epicardico individuato dall'utente, il sistema è in grado di propagare il contorno a tutte le restanti fette dell'asse corto, adattandolo in modo preciso e affidabile.
- Risultati: **frazione di eiezione ventricolare (EF), volume di fine sistole (ESV) e fine diastole (EDV), massa ventricolare, cardiac output, stroke volume, tasso di eiezione al picco, tasso di riempimento al picco, tempo di eiezione al picco**

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

Intelligenza artificiale nella fase di refertazione: Post-processing dei flussi cardiaci



- Visualizzazione del valore e posizione del picco di velocità massima all'interno del vaso
- Calcolo di: velocità media, picco di velocità, picco di flusso, flusso medio, flusso e volume anterogrado e retrogrado, tempo in cui avviene il picco di flusso, frazione di rigurgito. Tutti questi dati vengono riportati sia in grafici, sia in una tabella riassuntiva completa. Inoltre, vi è anche la possibilità di salvare i risultati in un file di testo
- Sistema “anti-aliasing” che agisce nel caso in cui la codifica di velocità scelta in acquisizione non fosse stata corretta. È possibile effettuare anche una correzione del background di fase.

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

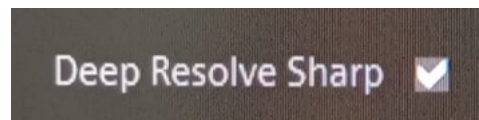
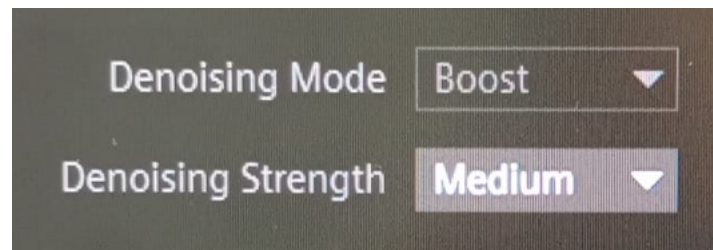
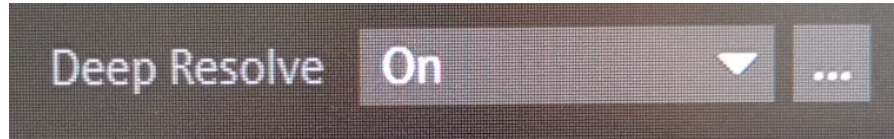
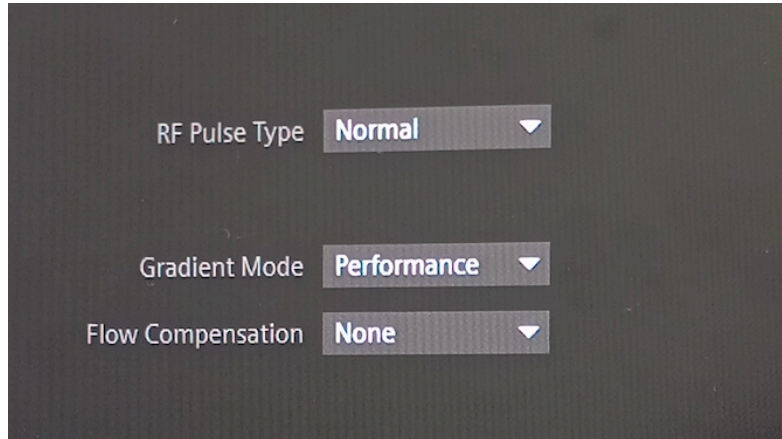


Preliminary Experience

High Gradient - High Intensity MRI CIMA X

Powered by IA Deep Resolve

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



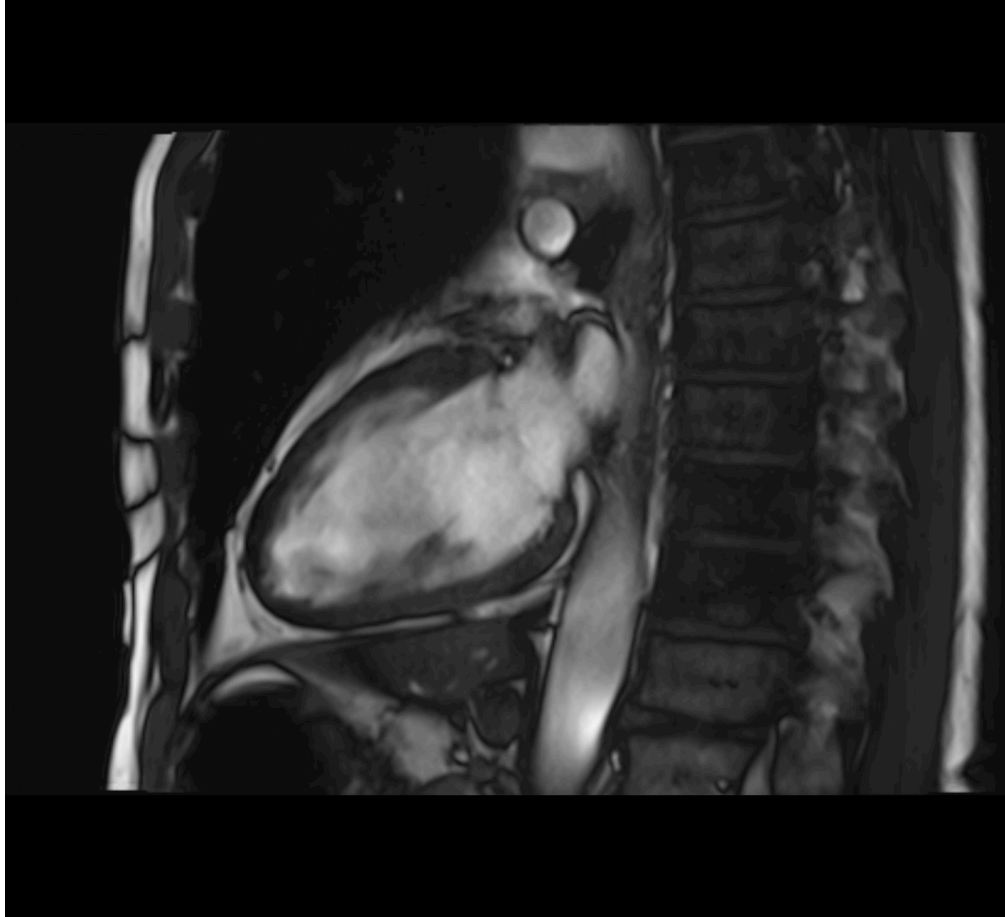
Tecnologia Beat Sensor

non sarà più necessario posizionare gli elettrodi per eseguire l'esame...

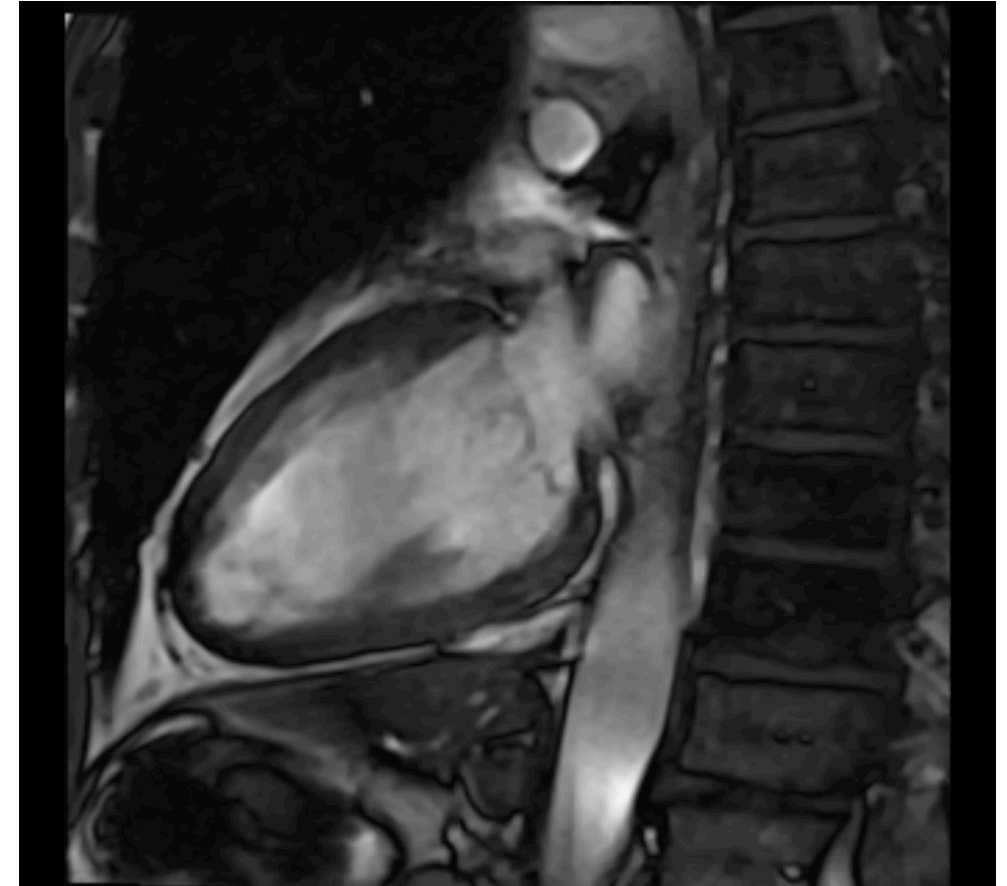


Gradient High Performance: 200 Amplitude / 200 Slew Rate

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

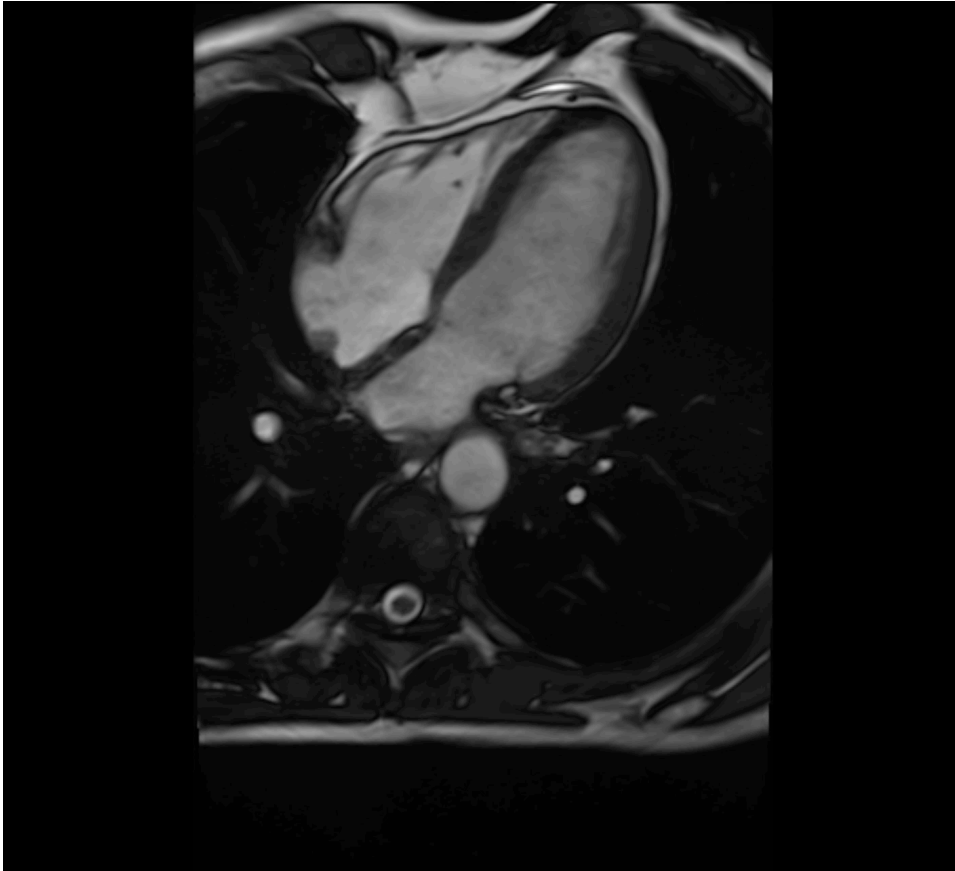


2 CH

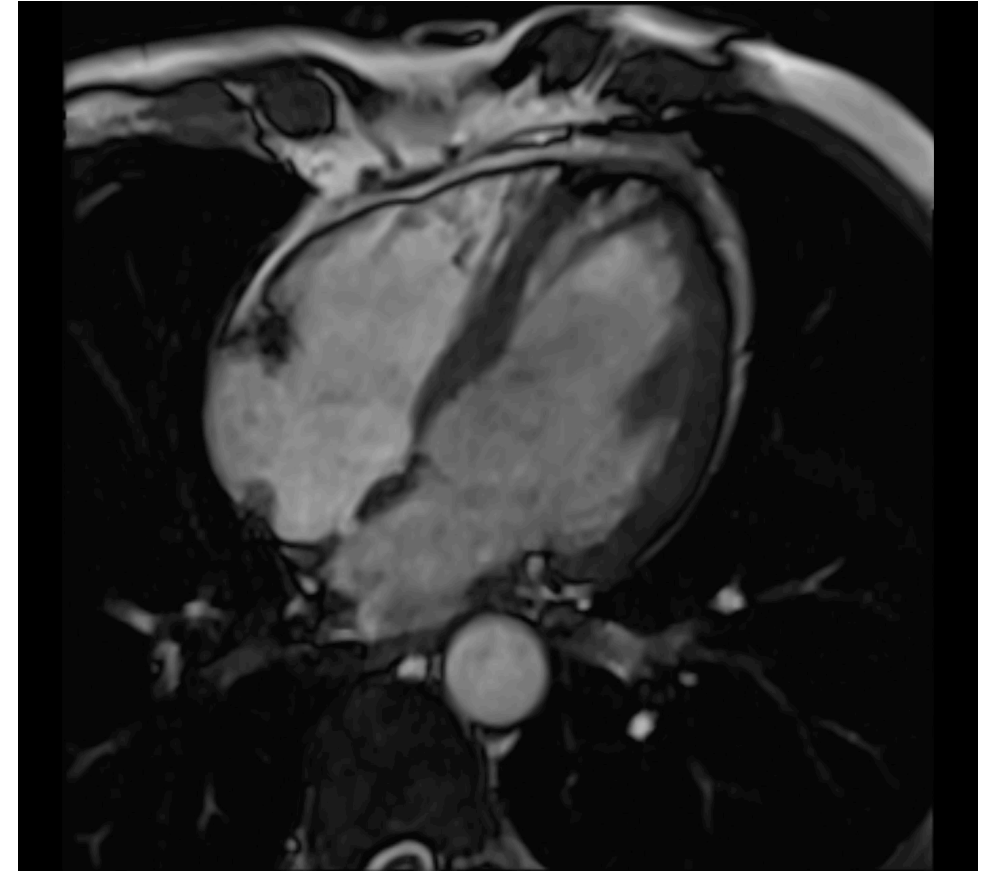


2 CH CS

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

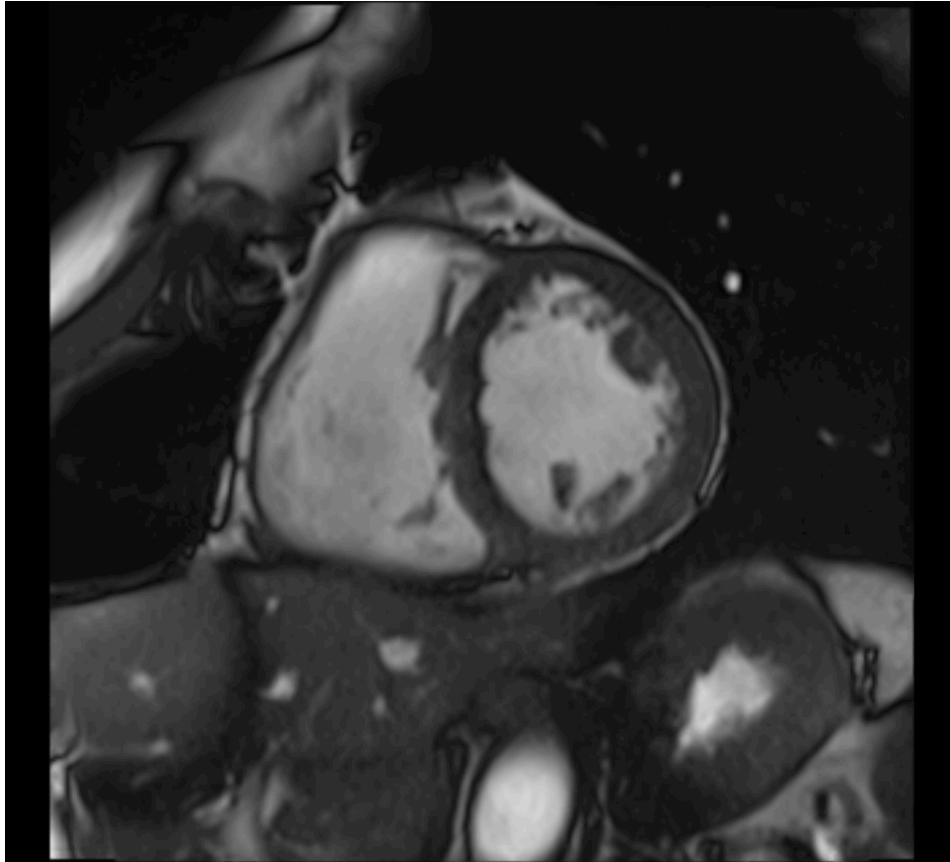


4 CH

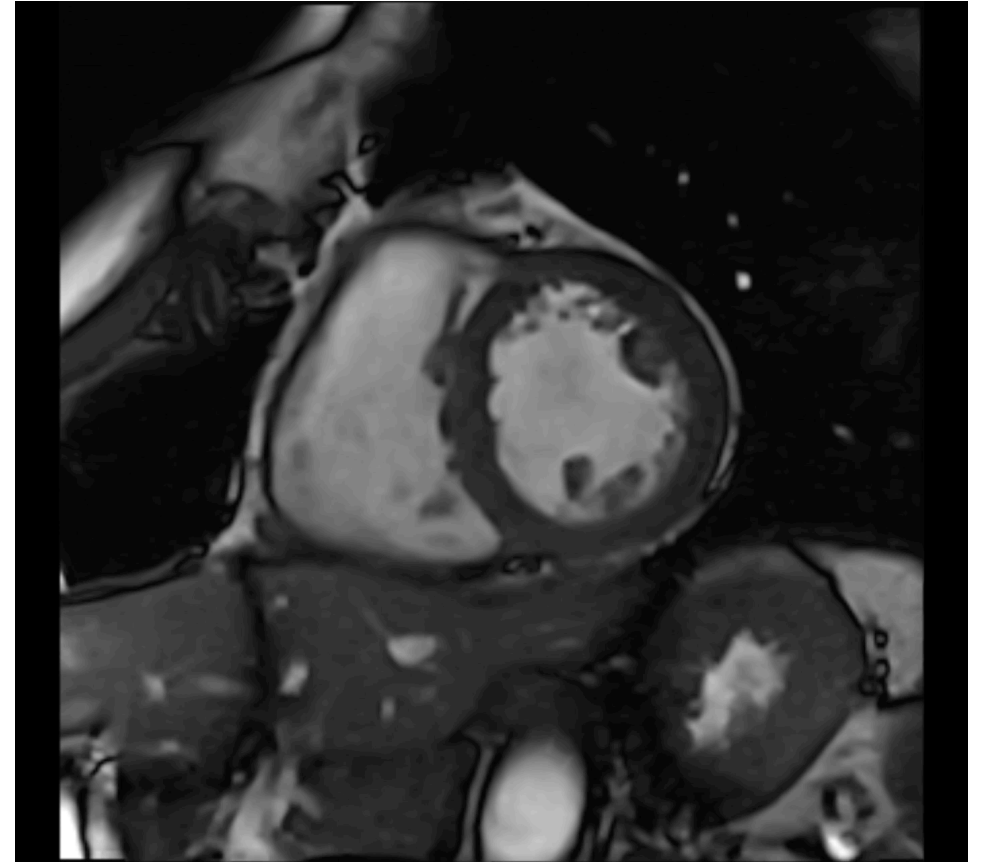


4 CH CS

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

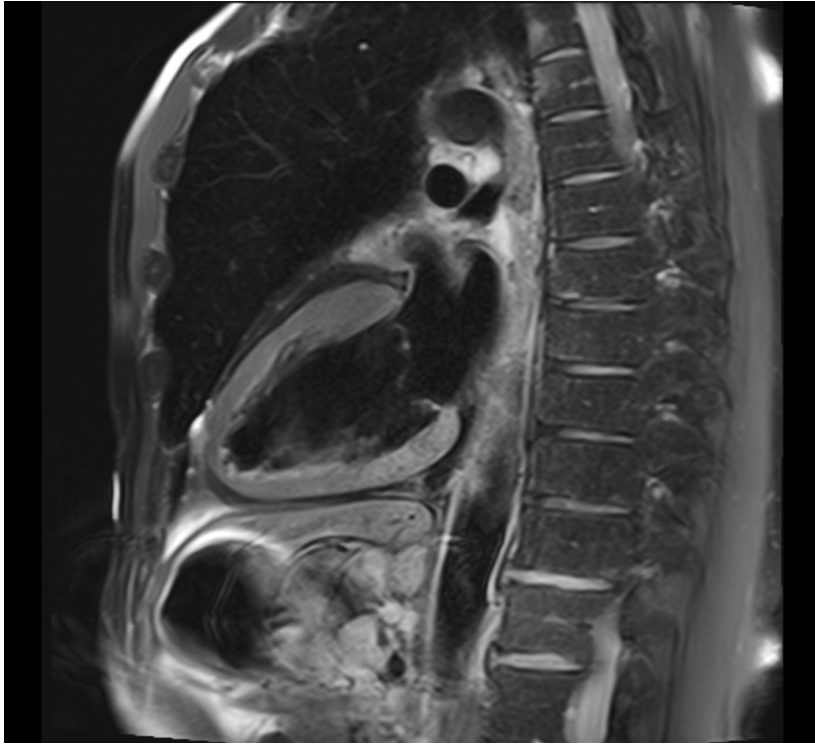


SH AX

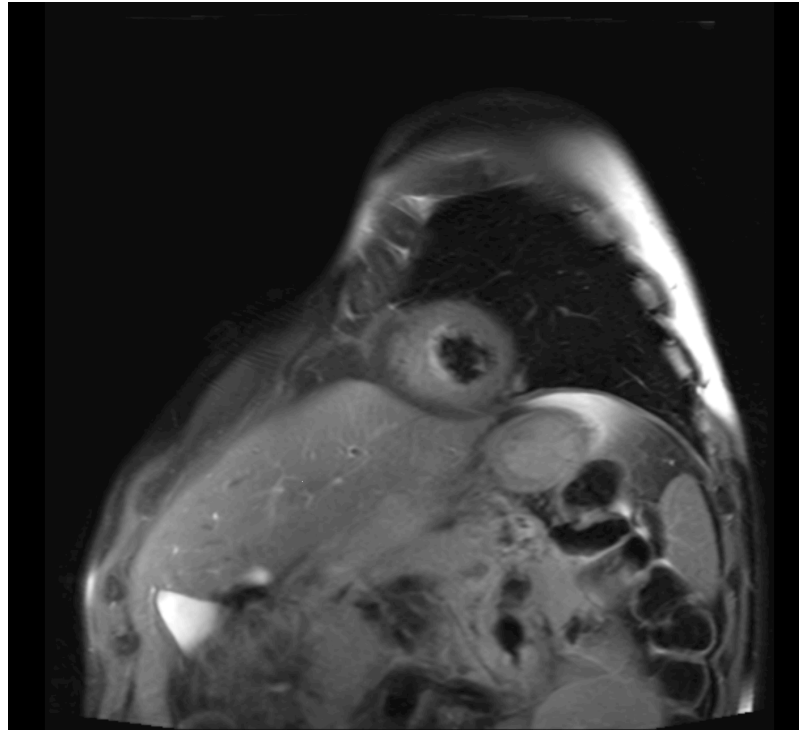


SH AX CS

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks

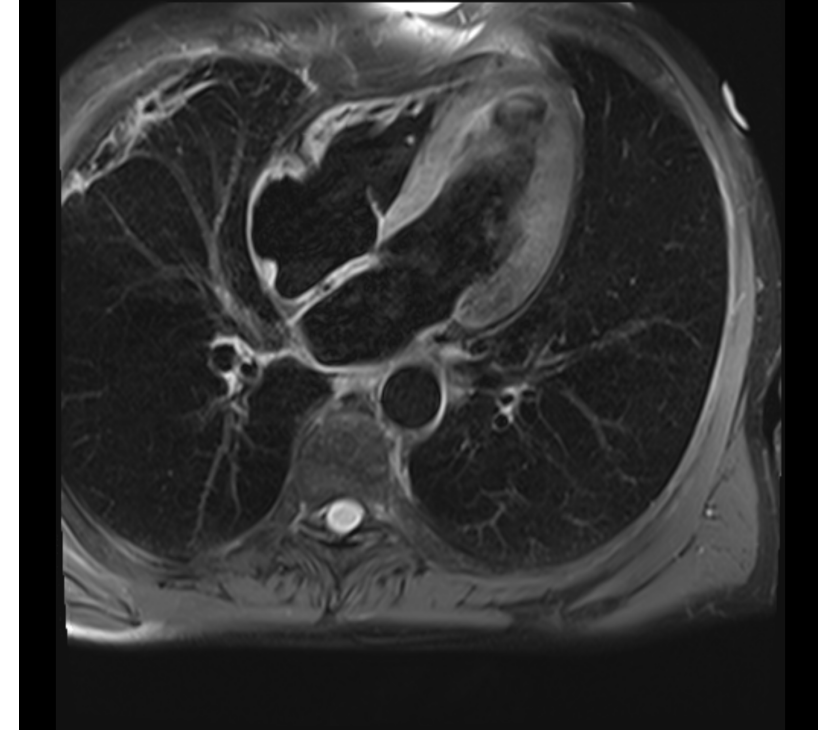


2 CH



Sh AX

DRB (high) + DRS



4 CH

Cardio RM a 3T: metodologia di studio, tips and tricks



davide.fierro86@gmail.com

d.fierro@policlinicoumberto1.it

Grazie per l'attenzione...

