

CORSO DI LAUREA
TECNICHE DI RADIOLOGIA MEDICA, PER IMMAGINI E RADIOTERAPIA

CORSO INTEGRATO
«FISICA E APPARECCHIATURE TC E RM – RMX012»

ANNO ACCADEMICO 2024/2025



Insegnamento:
APPARECCHIATURE RISONANZA MAGNETICA
RMX054 - 13 ore MED/50 CFU 1



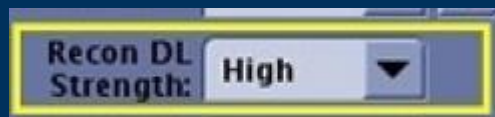
dic. '24

2° anno I semestre

Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore



Insegnamento: APPARECCHIATURE RISONANZA MAGNETICA RMX054 - 13 ore MED/50 CFU 1



MRI – DEEP LEARNING (DL)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

dic. '24

Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore



Insegnamento:

APPARECCHIATURE RISONANZA MAGNETICA

RMX054 - 13 ore MED/50 CFU 1

TSRM Marino Gentile
Radiographer

Gemelli  1964
2024

+39 3280077833

✉ marino.gentile@outlook.com

✉ marino.gentile@policlinicogemelli.it

dic. '24
 www.variodyne.it



Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore



Argomenti del Corso

- G+ Introduzione
- G+ Sicurezza in RM
- G+ Mdc e sicurezza
- G+ Passato, presente e futuro della RM
- G+ Fenomeno «RM» e principi fisici di base
- G+ Magnete e i vari componenti
- G+ Radiofrequenza e Bobine
- G+ Gradienti
- G+ Generazione di un'immagine RM
- G+ Tecniche di acquisizione – *Parallel Imaging*
- G+ **Intelligenza artificiale – Deep Learning**
- G+ Artefatti
- G+ Esame RM
- G+ Sequenze RM
- G+ Apparecchiature Fondazione



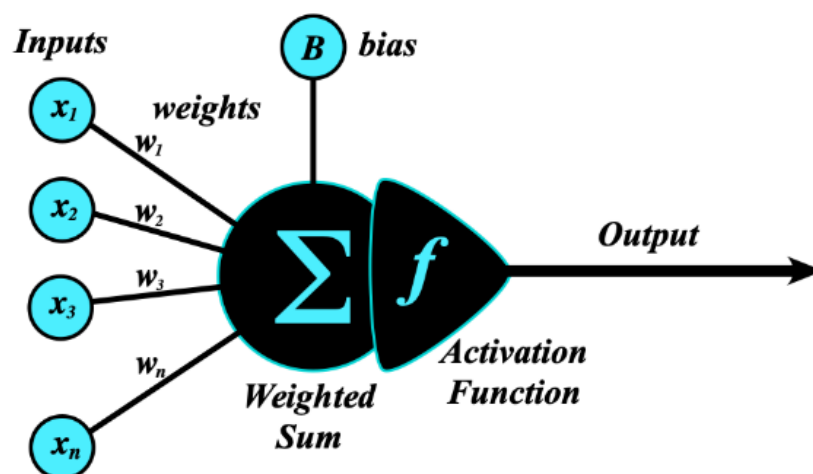
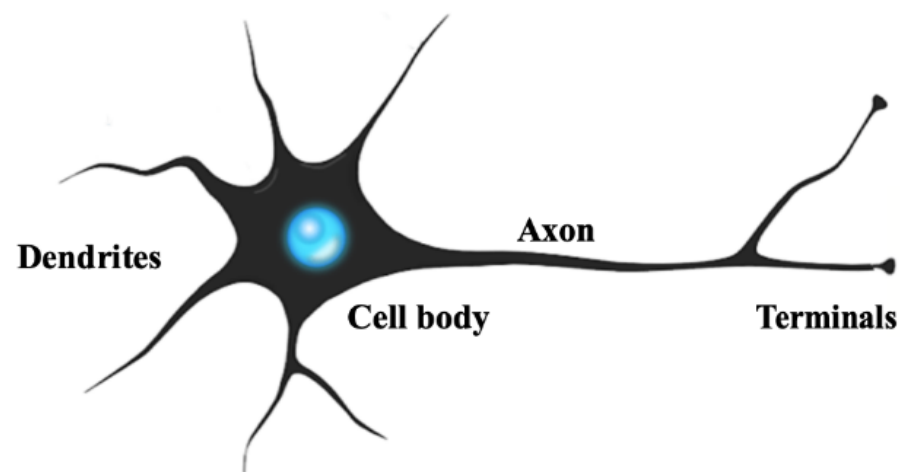
Intelligenza Artificiale: il nuovo Rinascimento

Il *deep learning* (DL) è un sottotipo di *machine learning* (ML) che impiega strati di unità interconnesse che imitano grossolanamente l'azione delle cellule nervose nel cervello. Conosciute anche come reti neurali artificiali, queste configurazioni si sono dimostrate estremamente potenti e hanno dominato la scienza dell'imaging relativa all'IA negli ultimi 15 anni.

DEEP LEARNING

Il componente fondamentale delle reti neurali basate su DL, vagamente modellato sulle cellule nervose biologiche, è il perceptron, chiamato in alternativa neurone artificiale, unità o nodo.

Una cellula nervosa biologica riceve stimoli in ingresso dai nervi vicini attraverso i suoi dendriti. Se la somma di questi stimoli è sufficiente per creare la depolarizzazione della membrana nel corpo cellulare del neurone, un segnale elettrico in uscita verrà trasmesso lungo l'assone ai suoi terminali (che a sua volta può stimolare i dendriti di altri nervi).



Il neurone artificiale riceve una serie di input ponderati ($w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n$) più un bias costante (B). Questa somma ponderata viene quindi inserita in una funzione di attivazione che produce un output per il nodo.

Lo scopo della funzione di attivazione è quello di introdurre non linearità tra le unità. Senza questo, l'output di tutti i gruppi di neuroni sarebbe semplicemente una combinazione lineare degli altri e i comportamenti più interessanti e potenti delle reti neurali non sarebbero possibili.

AIR™ Recon DL – Protocol Basics



Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

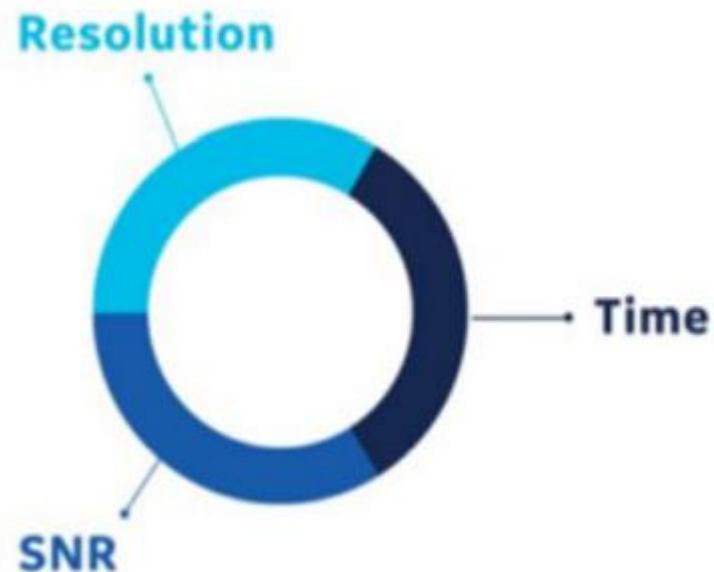
AIR™ Recon DL è una rete neurale ad apprendimento profondo addestrata per ricostruire immagini più nitide da una vera risoluzione intelligente. I vantaggi includono tempi di acquisizione più rapidi, risoluzione più elevata e SNR più elevato. AIR™ Recon DL utilizza i dati grezzi per il risultato più efficace ed è compatibile con tutte le anatomie. AIR™ Recon DL offre all'utente una maggiore flessibilità per aumentare la risoluzione senza raggiungere i bordi della soglia, il che potrebbe influire sulla qualità dell'immagine. Ciò consente la scansione a una risoluzione spaziale significativamente più elevata, un SNR più elevato e una velocità più elevata, che in precedenza non erano ottenibili con la ricostruzione dell'immagine convenzionale.

DOC2723319 Rev.01 [gehealthcare.com/mr](https://www.gehealthcare.com/mr)

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

AIR™ Recon DL offre maggiore libertà nell'ottimizzazione dei protocolli bilanciando:

- Risoluzione spaziale
- SNR
- Tempo



DOC2723319 Rev.01

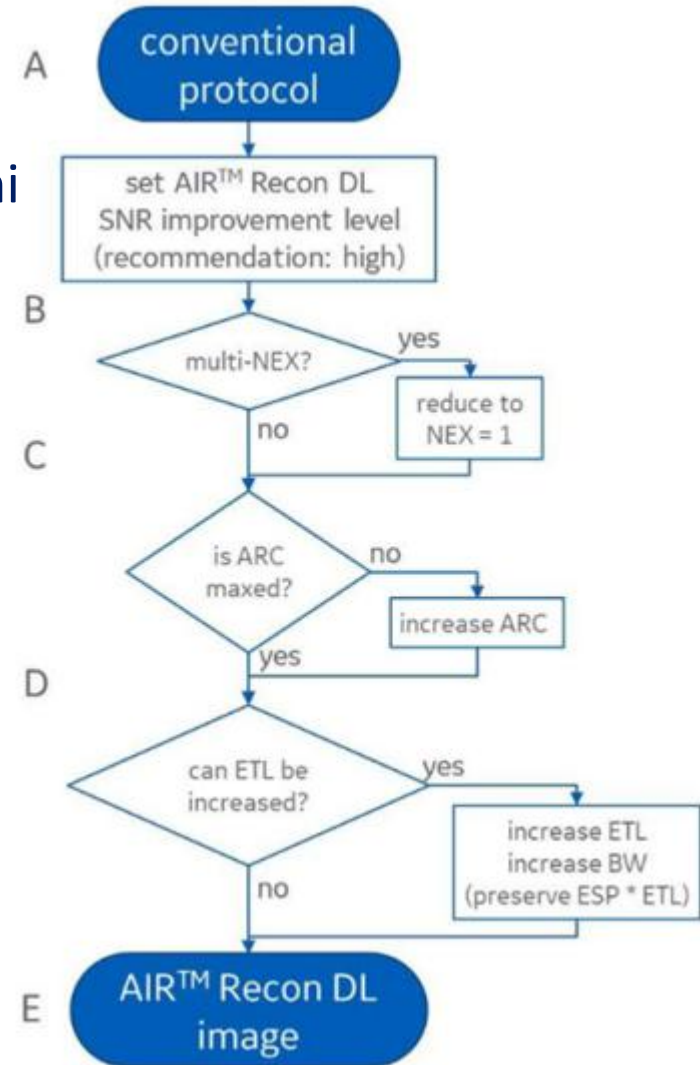
gehealthcare.com/mr

AIR RECON DL

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Ridurre i tempi di scansione Con AIR™ Recon DL
Passaggio 1:, i tempi di scansione delle immagini possono essere notevolmente ridotti grazie all'abbondanza di SNR. Con questo margine di SNR su cui lavorare, il diagramma di flusso seguente a destra descrive il processo decisionale di conversione del protocollo AIR™ Recon DL per l'impostazione dei parametri volti a ridurre il tempo di scansione.

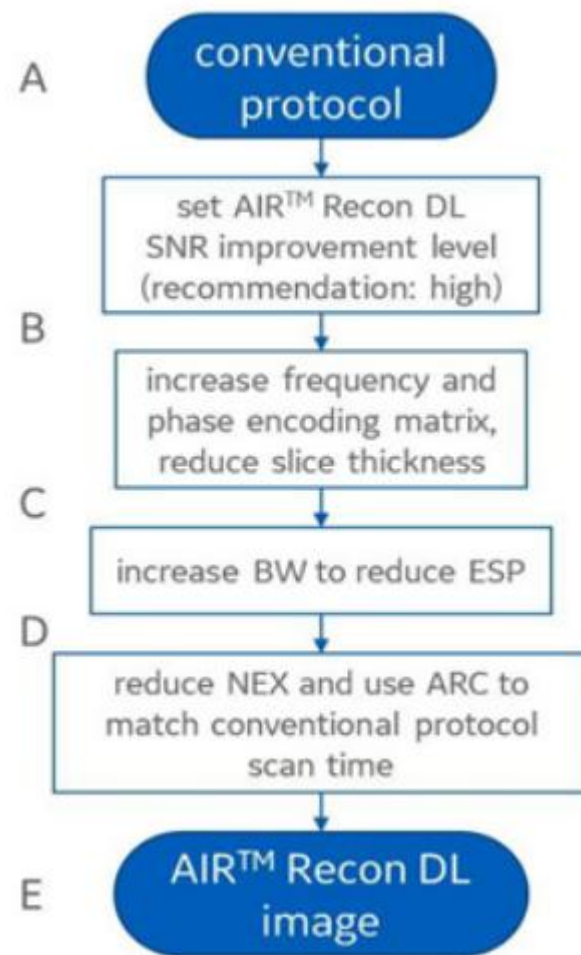
- Imposta la forza di AIR™ Recon DL (A)
- Ridurre NEX a 1 (B)
- Aumenta ARC (C)
- Aumenta la larghezza di banda e l'ETL per preservare la spaziatura dell'eco (D)



Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Passaggio 2: aumento della risoluzione spaziale
Quando gli utenti sono più interessati all'acquisizione di immagini con un'elevata risoluzione spaziale, senza ridurre in modo specifico il tempo di scansione, i vantaggi del miglioramento SNR di AIR™ Recon DL possono fornire volumi di voxel notevolmente inferiori.

- Imposta la forza di AIR™ Recon DL (A)
- Aumenta la dimensione della matrice (B)
- Ridurre lo spessore della fetta (B)
- Aumenta la larghezza di banda per ridurre la spaziatura dell'eco (C)
- Riduci NEX e usa ARC (D)



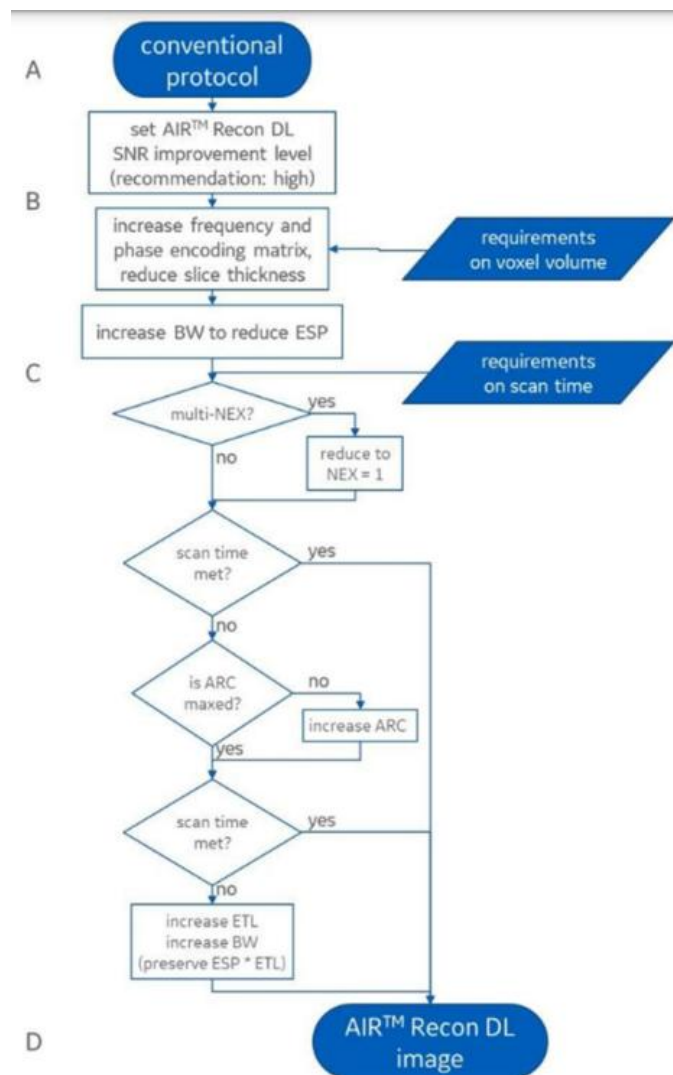
Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Passaggio 3: utilizzare AIR™ Recon DL sia per risparmiare tempo di scansione che per aumentare la risoluzione spaziale. Si prevede che molti nuovi utenti sceglieranno di utilizzare AIR™ recon DL per un mix di riduzione del tempo di scansione e miglioramento della risoluzione spaziale, insieme al guadagno SNR. GE fornisce a questo scopo nuovi protocolli AIR™ Recon DL per uso di routine. Il diagramma di flusso di conversione del protocollo stabilisce in modo efficace prima il miglioramento della risoluzione spaziale, seguito da passaggi per ridurre il tempo di scansione.

- Imposta AIR™ Recon DL Forza (A)
- Aumenta la dimensione della matrice (B)
 - Ridurre lo spessore della fetta (B)
 - Aumenta la larghezza di banda per ridurre la spaziatura dell'eco (B)
- Riduci NEX (C)
- Aumenta ARC (C)
- Aumenta la larghezza di banda e l'ETL per preservare la spaziatura dell'eco (C)

AIR RECON DL

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL



Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Differenze a 1.5T e 3T.

Ci sono due importanti distinzioni da tenere presenti rispetto all'SNR di base e alla larghezza di banda di ricezione. Con la ricostruzione dell'immagine convenzionale, l'SNR a 1,5 T è circa la metà di quello a 3,0 T e questa proporzione si traduce anche in AIR™ Recon DL. Pertanto, ci sarà un margine SNR inferiore per consentire la riduzione del volume dei voxel o la riduzione del tempo di scansione. Inoltre, la raccomandazione di utilizzare una larghezza di banda maggiore sarà diversa a 1,5 T, rispetto a 3,0 T. L'aumento della larghezza di banda consente una minore spaziatura dell'eco.

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

3T Protocols:

- **+/- 42.5 to 62 kHz** ((or higher)
Increasing bandwidth allows
for a decreased echo spacing
- BW/pixel value at **350-450**

1.5T Protocols:

- **+/- 32kHz to +/-42kHz**, is
sufficient to sharpen images
without adversely impacting
remaining SNR.
- BW/pixel value at **300- 350**

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Why do I still see motion on my images? AIR™ Recon DL removes noise ringing artifacts from your images but note that it does not remove additional artifacts from your images. In fact, removing the noise from your image may increase the likelihood of noticing other artifacts, such as motion. How can you avoid motion on your images?

- Make sure your patient is comfortable on the scan table, providing pillows and pads as necessary
- Immobilize the anatomy as much as possible
- Use PROPELLER sequences Especially in Cervical Spine Imaging: • Remind your patient to minimize swallowing during scans

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Perché vedo ancora movimento nelle mie immagini? AIR™ Recon DL rimuove gli artefatti dovuti al rumore dalle immagini, ma tieni presente che non rimuove ulteriori artefatti dalle immagini. Infatti, rimuovere il rumore dall'immagine può aumentare la probabilità di notare altri artefatti, come il movimento.

Come puoi evitare il movimento nelle tue immagini?

- Assicurarsi che il paziente sia a proprio agio sul tavolo di scansione, fornendo cuscini secondo necessità
- Immobilizzare il più possibile l'anatomia
- Utilizzare le sequenze PROPELLER soprattutto nell'imaging della colonna cervicale:
- Ricordare al paziente di ridurre al minimo la deglutizione durante le scansioni

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

Utilizza il posizionatore di inclinazione (tilt) per mettere il paziente nel modo più confortevole possibile. L'utilizzo del tilt consente di mantenere la colonna vertebrale dritta e riduce al minimo il movimento della deglutizione inclinando leggermente la testa verso l'alto

- Utilizzare le bande SAT anteriori ai corpi vertebrali per evitare la comparsa di movimento nella porzione anteriore del collo
- Utilizzare la compensazione del flusso (Flow Compensation) per mitigare il flusso del liquido cerebrospinale nel midollo
- In alternativa utilizzare le sequenze PROPELLER

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL

In sintesi:

Per realizzare appieno i vantaggi clinici di AIR™ Recon DL è importante capire come può fornire più libertà per ottenere una risoluzione spaziale più elevata, un SNR più elevato e tempi di scansione più brevi, separatamente o simultaneamente. Una maggiore libertà nell'ottimizzazione del protocollo può essere utile per rendersi conto che tipo di scansioni semplicemente non erano ottenibili con la ricostruzione dell'immagine convenzionale. Tutti gli utenti hanno preferenze diverse quando si tratta di risoluzione spaziale, SNR e tempo di scansione e questo articolo ha tentato di fornire linee guida dettagliate su come sfruttare al meglio AIR™ Recon DL per soddisfare tali esigenze.

[gehealthcare.com/mr](https://www.gehealthcare.com/mr)

DOC2723319 Rev.01

Level up your image quality with AIR™ Recon DL

AIR™ Recon DL is a pioneering, deep-learning based reconstruction algorithm that improves SNR and image sharpness, enabling shorter scan times. It improves image quality at the foundational level by making use of the raw data to remove image noise and ringing.



Increases productivity by enabling shorter scan times



Removes image noise and ringing by leveraging raw data



Delivers sharper and clearer TrueFidelity™ MR images

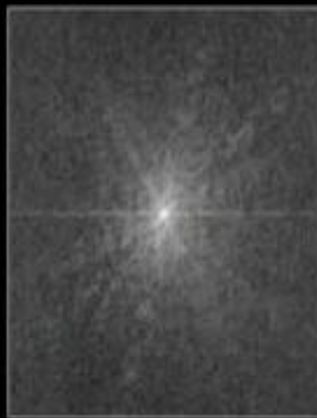


Enables you to set your preferred SNR improvement level

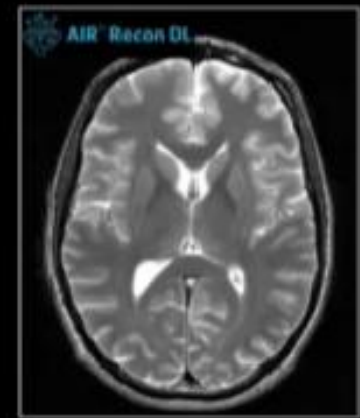
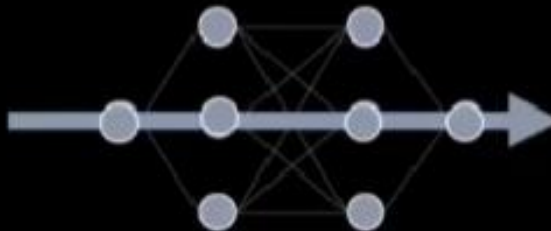
AIR™ Recon DL MR image reconstruction

Deep-learning network trained to reconstruct images that are:

- sharper from Intelligent True Resolution
- higher in SNR with a user-selectable improvement level



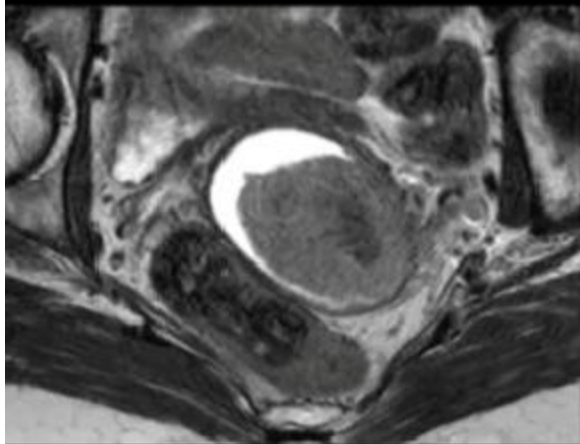
Raw data



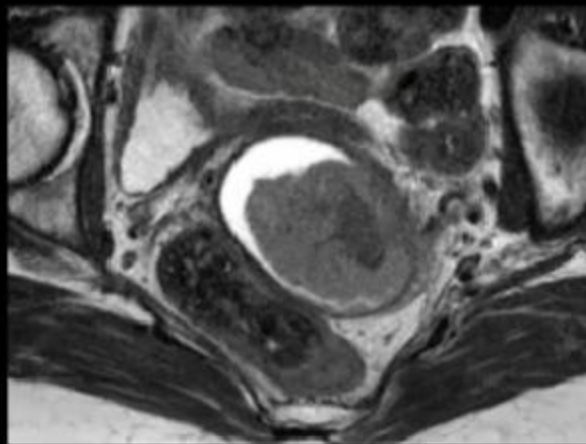
Final image

Air Recon DL: Cervical Cancer

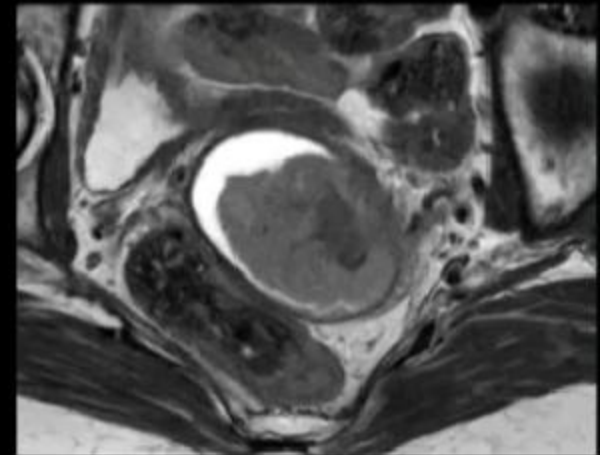
FSE T2 1.5 NEX **2:47**



FSE T2 1 NEX **:58**
Increased Acc



FSE T2 DL Recon **:58**

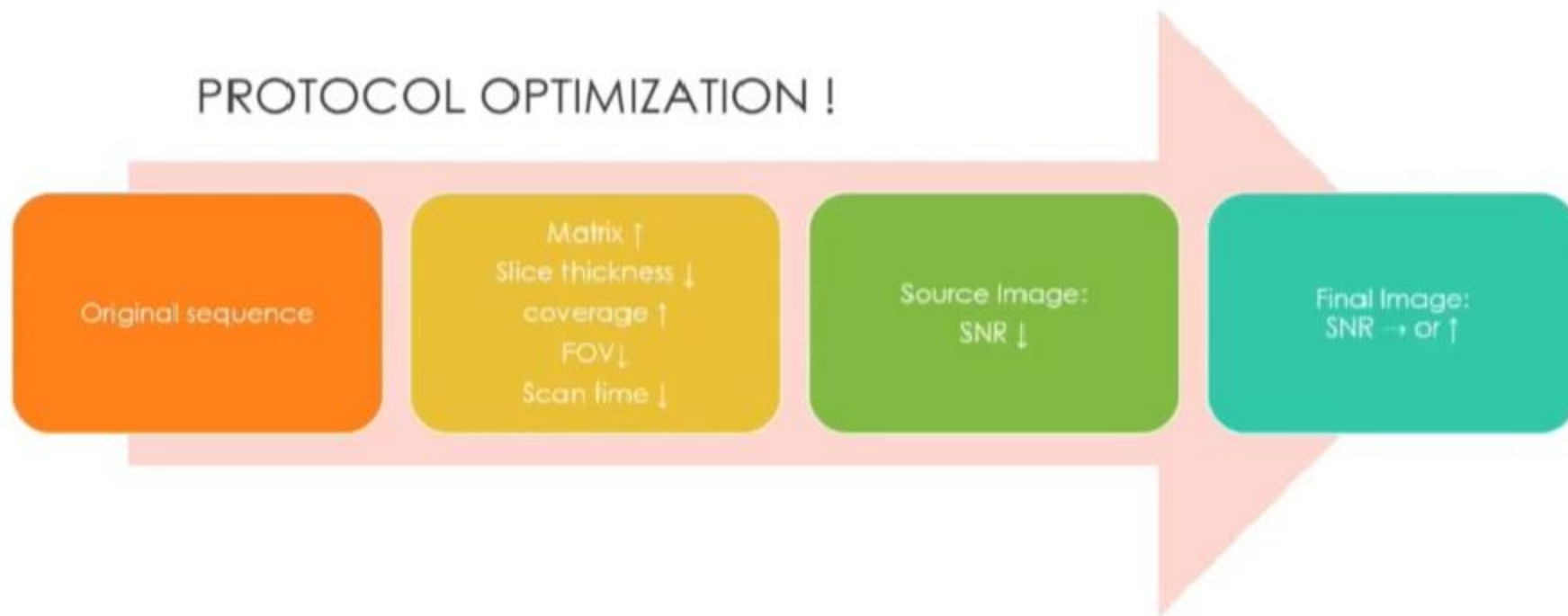


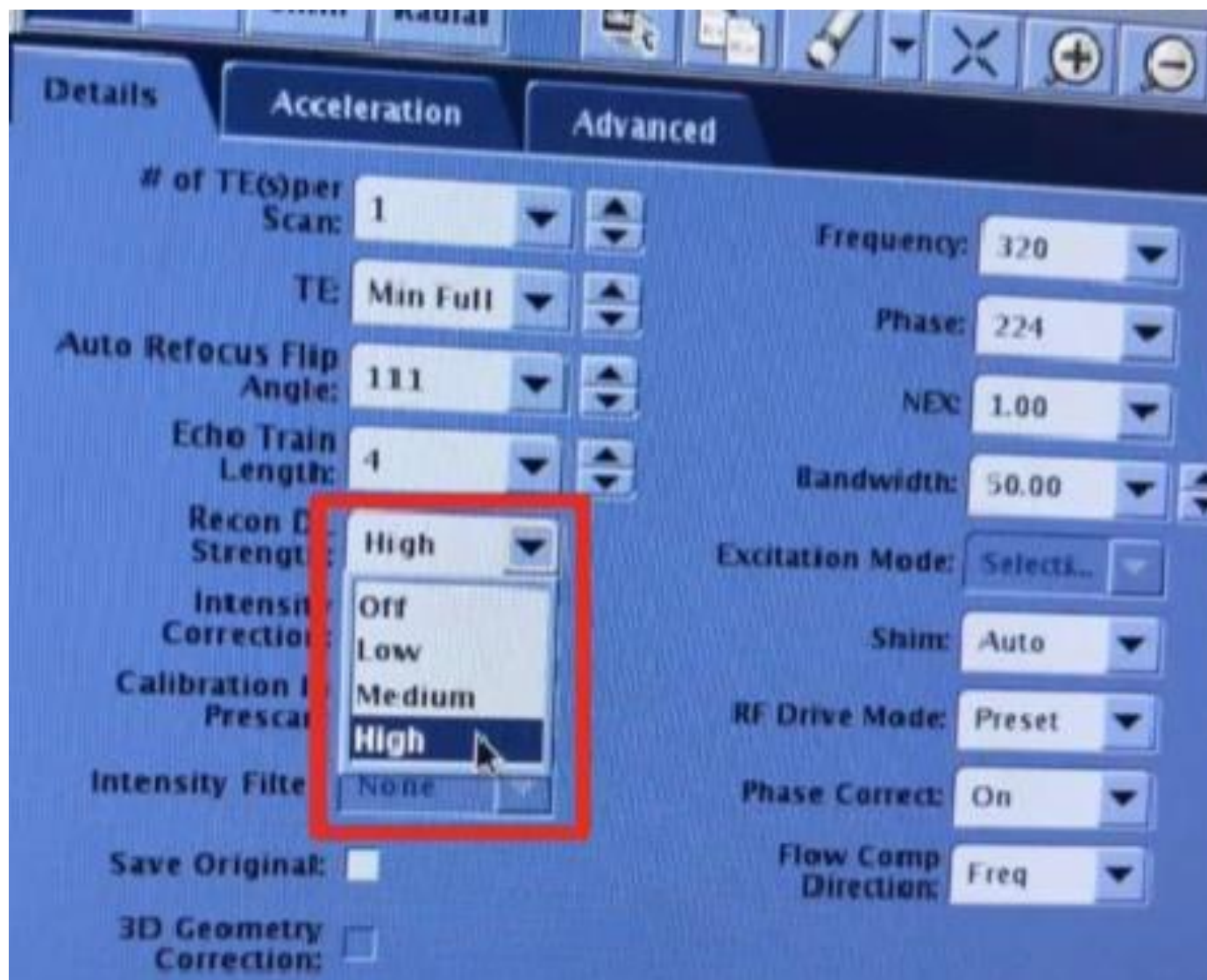
Same raw data



AIR RECON DL – HOW TO USE IT?

PROTOCOL OPTIMIZATION !





EASE-OF-USE

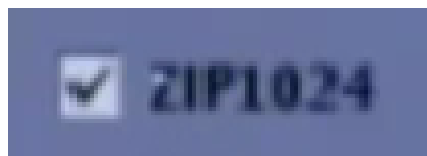
- AIR Recon DL shows impressive performance in reducing image noise and Gibbs Ringing and improves SNR/CNR
- Allows to push protocols or applications to levels incompatible with conventional reconstruction – in any anatomy.
- Avoids the tradeoff between resolution, scan time and image quality. Gives you the „free lunch“.
- Most significant development in MR technology over the last several years.

	Conventional	AIR Recon DL	% Decrease
Shoulder	12:49	6:38	50%
LSP	11:04	6:44	40%
CSP	14:06	8:24	40%
TSP	9:38	6:27	35%
Knee	13:27	8:35	35%
Prostate	17:39	12:50	30%
Hip	17:58	9:23	45%
Wrist	13:47	7:50	45%
Hand	13:07	5:47	50%
Ankle	12:22	7:50	40%
Foot	11:54	7:27	40%
Female Pelvis	17:54	12:09	35%
Abdomen	13:02	7:01	40%

AIR Recon DL

- Elevates image quality
 - Reduces image noise
 - Recognizes and mitigates artifacts
 - Encourages use of higher matrices (resolution)
 - Enables techniques that reduce blur & inherently sharpens
 - Reduces motion artifact
- Substantially improves patient experience and throughput from 33-50%

Protocol Optimization For AIR™ Recon DL



ZIP = zero-filling
that enhances
apparent image
resolution

AIR RECON DL

Ax DWI ALL b1000 **GRx** **0:44** **Details** **Diffusion** **Acceleration** **Advanced**

Scan Plane: **Oblique** Freq. Dir: **R/L** # of TE(s) per Scan: **1.0** Frequency: **160**

Freq. FOV: **24.0** Auto TR: **8816.0** Num Shots: **1** Phase: **160**

Phase FOV: **1.00** # Slices: **40** TE: **minimum** Bandwidth: **258.0**

Slice Thickness: **3.00** Recon DL Strength: **High** Excitation Mode: **Select**

Spacing: **0.3** Intensity Correction: **PURE** Shim: **Auto**

R/L A/P S/I Max # Slices: **40** Calibration In Prescan: **On** RF Drive Mode: **Preset**

Start **L2.7** **A17.0** **S55.1** # of Acqs: **1** Intensity Filter: **None** Anatomical Reference: **ACPC**

End **R8.1** **A10.6** **S80.7** Rel. SNR(s): **70** Save Original: ☐ Anatomical Plane: **Axial**

Act End **R7.5, A11.0, S73.1** Acq Voxel Size: **1.5x1.5x3.0** 3D Geometry Correction: ☐ Table Delta: **0.00**

Chem SAT: **Fat** Echo Spacing: **0.9** Real Time Field Adjustment: ☒ Real Time Center Frequency: ☐

☐ Contrast

WB-SAR: 0.17 Head-SAR: 0.52 B₁-RMS: 0.97μT Mode: First dB/dt: First Minimum TE: 77.4 Maximum TE: 169

AIR RECON DL

Ax DWI ALL b1000 **GRx** **0:44** **Details** **Diffusion** **Acceleration** **Advanced**

Scan Plane: **Oblique** Freq. Dir: **R/L** # b-values: **1**

Freq. FOV: **24.0** Auto TR: **8816.0** NEX for T2: **1.00**

Phase FOV: **1.00** # Slices: **40** Diffusion Direction: **ALL**

Slice Thickness: **3.00** # of Diffusion Directions: **3**

Spacing: **0.3** # of T2 Images: **1**

Synthetic b-values: **0**

#	b-value	NEX
1	1000.0	1.0

R/L A/P S/I

Start **L2.7** **A17.0** **I55.1**

End **R8.1** **A10.6** **S80.7**

Act End **R7.5, A11.0, S73.1**

Chem SAT: **Fat**

Max # Slices: **40**

of Acqs: **1**

ReL SNR: **70**

Acq Voxel Size: **1.5x1.5x3.0**

Echo Spacing: **0.9**

☐ Contrast ☐ Recon All Images ☒ Optimize TE ☐ Dual Spin Echo



AIR™ Recon DL – Protocol Basics

The Test

You need to get 6 correct answers to pass this test.

Once you view the replay and pass the test you will be able to download and Save or Print the CE Certificate.

1. ARDL is a deep-learning based reconstruction algorithm that improves SNR and image sharpness, enabling shorter scan times.

Select a Choice

-
- TRUE
- FALSE

2. Which statement is/are correct regarding ARDL?

2. Which statement is/are correct regarding ARDL?

Select a Choice

-
- It is a T2 weighted sequence
- Can only be used in AXIAL images
- Enables you to set your preferred SNR improvement level
- All of the above

3. ARDL removes image noise and ringing artifacts.

Select a Choice

-
- TRUE
- FALSE

AIR™ Recon DL – Protocol Basics



4. ARDL is compatible with all anatomies and various pulse sequences.

Select a Choice

6. ZIP1024 is recommended when using ARDL

Select a Choice

5. Which parameters are more commonly adjusted to optimize your protocols for ARDL?

Select a Choice

6. TR, TE, Frequency direction

7. Which parameter should be adjusted on DWI if using ARDL?

Select a Choice

8. NEX



AIR™ Recon DL – Protocol Basics

8. What is the recommended Bandwidth at 1.5T and 3T when using ARDL?

Select a Choice

-

-
- +/- 10 to 16kHz for 1.5T and +/- 16 to 31.5kHz for 3T
- +/- 32 to 42kHz for 1.5T and +/- 42.5 to 62kHz for 3T
- None of the above
- All of the above

TiP®

(Training in Partnership)

GE Healthcare certifies that



has satisfactorily completed

AIR Recon DL - Protocol Basics On Demand

and has been awarded 1

Continuing Education credits as designated by

ASRT Department of Education – Category A credits

July 21, 2022

WIZ00320139

Date

Reference Number

08/01/2025

Activity/Course Expiration

License Number

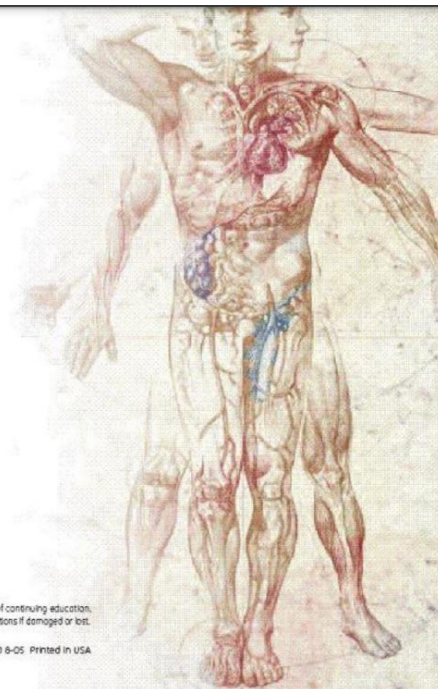
Margie Travis

GE Representative



Please retain this certificate for your own personal record of continuing education. Certificate may be replaced only by GE Healthcare TiP Applications if damaged or lost.

05-100079 0 8-05 Printed in USA



AIR RECON DL

AIR™ Recon DL è un'applicazione di ricostruzione di deep-learning che utilizza reti neurali addestrate per ricostruire il segnale buono e non il rumore derivante da un SNR migliorato e la nitidezza oltre a consentire tempi di scansione più brevi.

AIR™ Recon è un algoritmo di ricostruzione intelligente che migliora l'SNR, riduce il rumore di sfondo e sopprime gli artefatti.

The screenshot displays the 'Advanced' tab of the AIR Recon DL interface. The parameters are organized into two columns:

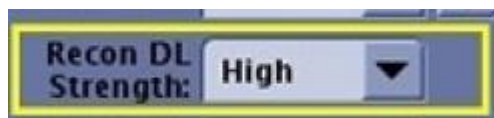
- Left Column:**
 - # of TE(s) per Scan: 2
 - TE: 1.2
 - TE2: 2.4
 - Flip Angle: 65
 - Recon DL Strength: High** (highlighted with a yellow box)
 - Intensity Correction: PURE
 - Calibration In Prescan: On
 - Intensity Filter: None
 - Save Original: ☐
 - 3D Geometry Correction: ☐
- Right Column:**
 - Frequency: 288
 - Phase: 212
 - Bandwidth: 166.7
 - Excitation Mode: Selecti...
 - Shim: Auto
 - RF Drive Mode: Preset
 - Phase Correct: Off

AIR RECON DL

Procedura AIR™ Recon DL (Ricos DL)

AIR™ Recon DL (Ricos DL) È una tecnica di ricostruzione. È stata sviluppata attraverso il deep learning e progettata per migliorare la qualità dell'immagine. Viene utilizzata per:

- ✓ migliorare l'SNR
- ✓ aumentare la nitidezza dell'immagine
- ✓ ridurre gli artefatti ad anello



1 low
2 medium
3 High



AIR RECON DL

Seguire questi passaggi per selezionare un parametro di scansione AIR™ Recon DL (Ricos DL).

1. Dalla barra del menu sullo schermo Scan Parameters (Parametri scansione), fare clic sulla freccia **nell'angolo in alto a destra** della schermata Scan Parameter (Parametri scansione) per aprire la scheda Details (Dettagli).



2. Dalla scheda Details (Dettagli), fare clic sulla freccia **Recon DL Strength** (Forza Ricos DL) e selezionare un'opzione dal menu: **Off** (Disattivata), **Low** (Bassa), **Medium** (Media) o **High** (Alta).

Il valore della Recon DL Strength (Forza Ricos DL) rappresenta il livello di enhancement che verrà applicato alle immagini.

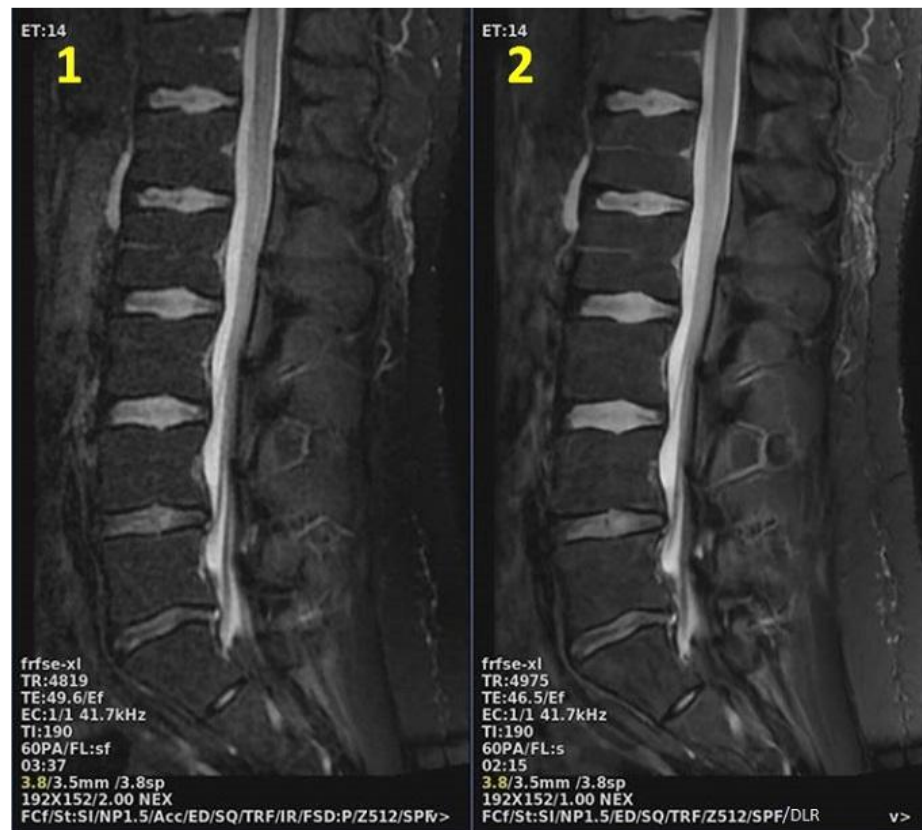
Si noti che i filtri intensità sono disabilitati dato che non sono compatibili con AIR™ Recon DL (Ricos DL).

AIR RECON DL

AIR™ Recon DL (Ricos DL) può migliorare l'SNR, da utilizzare per modificare altri parametri di scansione per ridurre il tempo della scansione, risultato ottenibile in vari modi incluso, in via esemplificativa ma non esaustiva, riducendo il numero di eccitazioni (NEX), aumentando l'RBw e/o aumentando nell'imaging parallelo il fattore per ARC o ASSET.

#	Descrizione
1	AIR™ Recon DL (Ricos DL) spento. Tempo di scansione = 3:37
2	AIR™ Recon DL (Ricos DL) acceso. Tempo di scansione = 2:15, parametri di scansione aggiustati per ridurre il tempo di scansione

N.B. parametri di scansione aggiustati...



AIR RECON DL

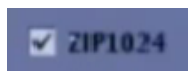
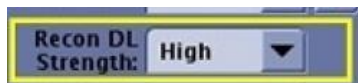
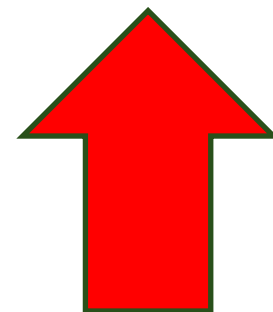
AIR™ Recon DL (Ricos DL) le immagini sono annotate con DLR. Si noti che il livello di Recon DL Strength (Forza Ricos DL) può essere visualizzato dall'interfaccia DICOM o dalla schermata del testo della serie.

```
ShouldFull/FL:p+  
FOV:16x16  
3.0thk/0.5sp  
21/03:21  
352X224/1.50 NEX  
St:r/NP2.0/ED/TRF/FSD:L/FR/DLR
```



Io so io e tu sei AI...

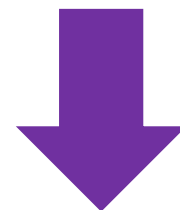
Matrice
Bandwidth
ETL
P.I.



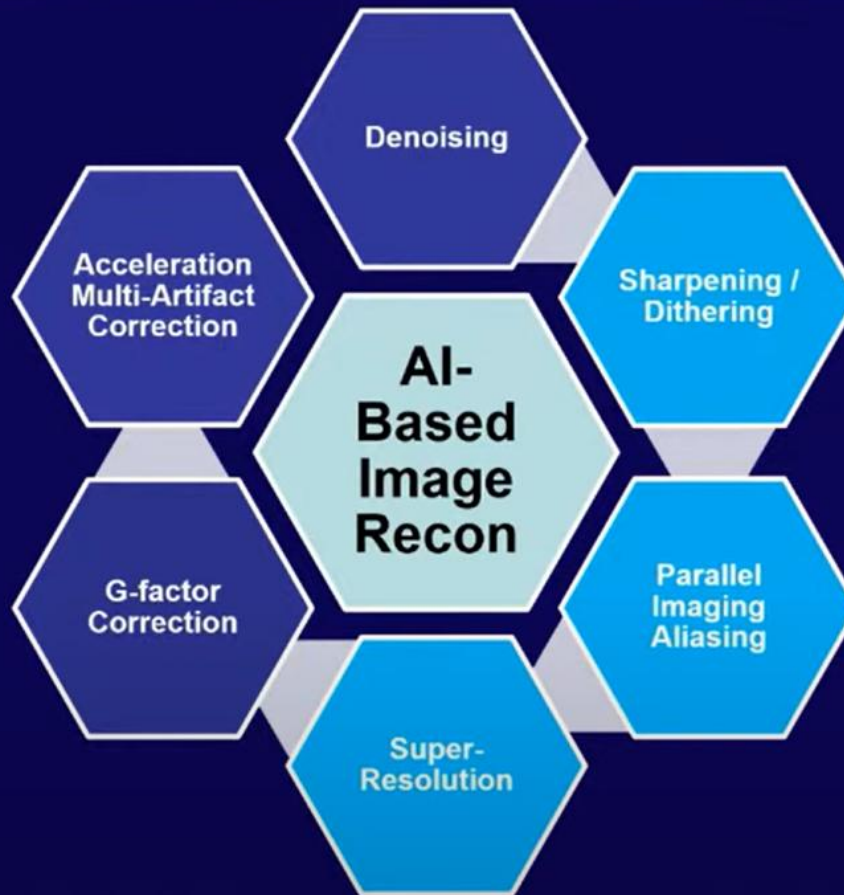
<https://www.youtube.com/watch?v=pkFioLEfP44&t=12s>



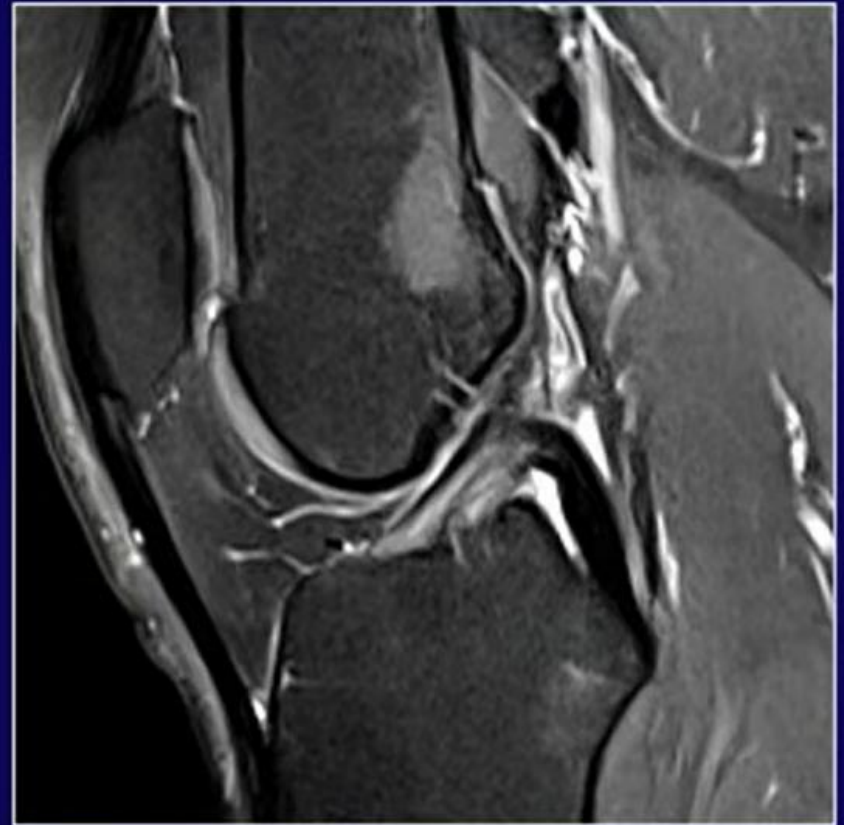
Spessore strato
Nex



What can AI do?



Denoising/Smoothing



Sharpening / Dithering

