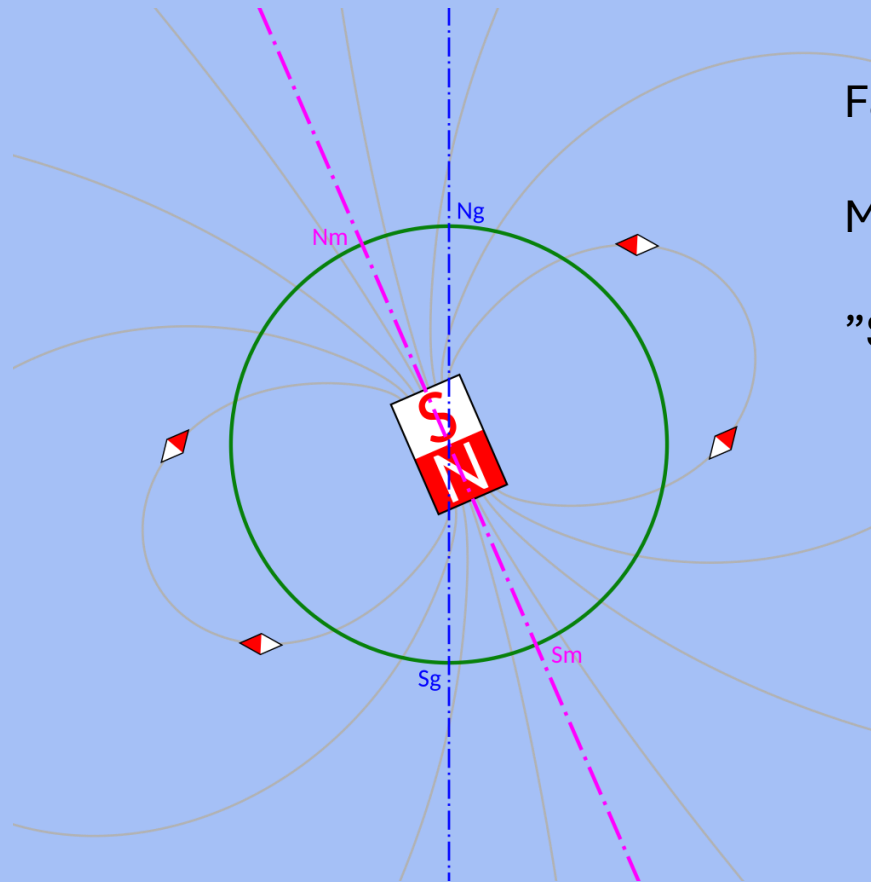


MR fysik och bildtolkning

för ST-läkare i kardiologi
Fredensborg 2025-09-30

Jorden omges av ett magnetfält

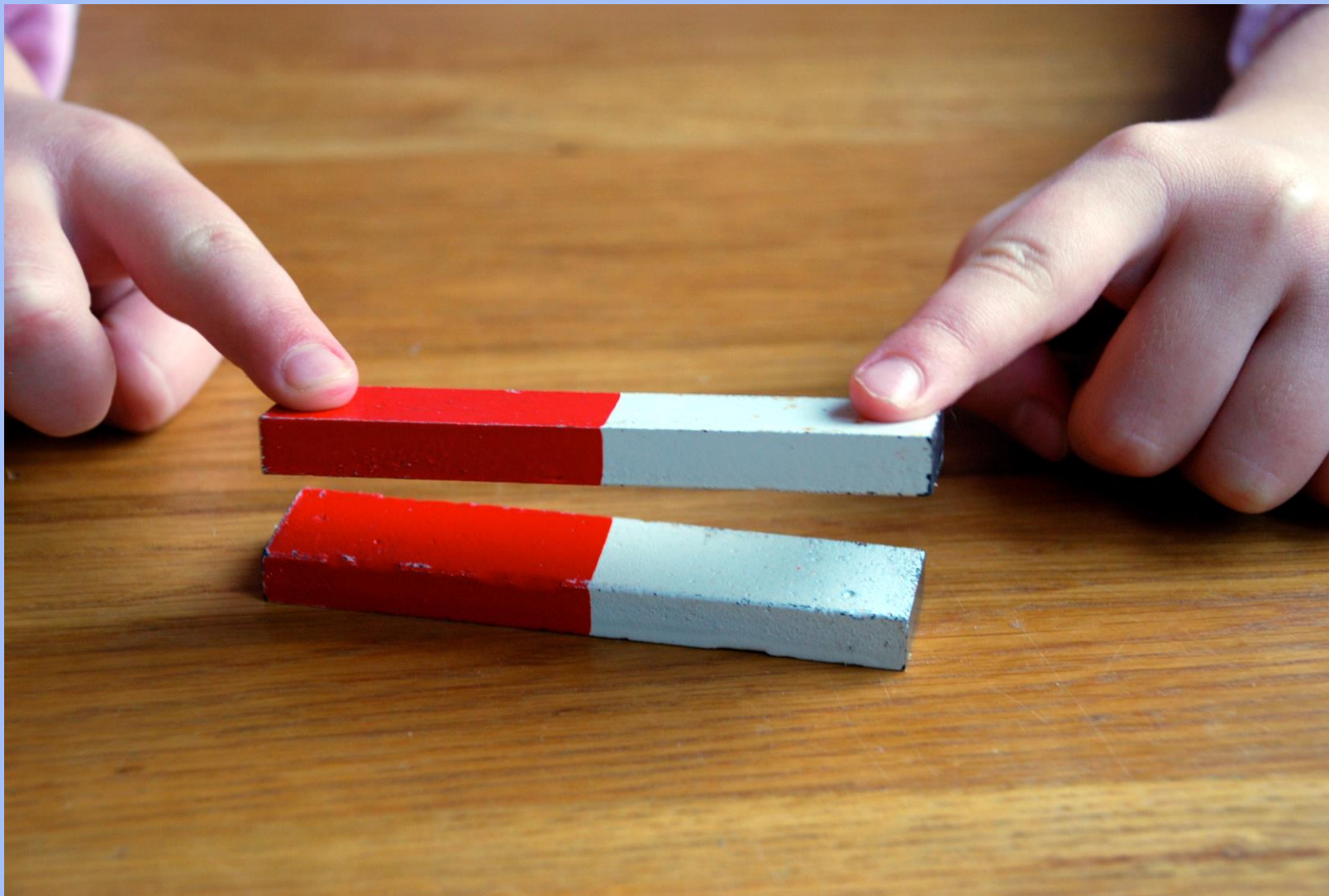


Fältet är svagt

Magnetkamerans fält är starkt

”Supraledande magnet”

Olika poler attraherar, lika repellerar



Resurser för inläarning

- Appar: MRI made easy, MRI Buzzology (radiology.bayer.se)
- MRI_for_beginners, 6 kapitel från Bayer
- Kursmaterial SCMR
- Videos SCMR
- Kompendium PG Björklund "Magnetresonanstomografi"
- Artiklar: Ridgway: "Cardiovascular Magnetic Resonance Physics for Clinicians, JCMR 2010 och 2012"

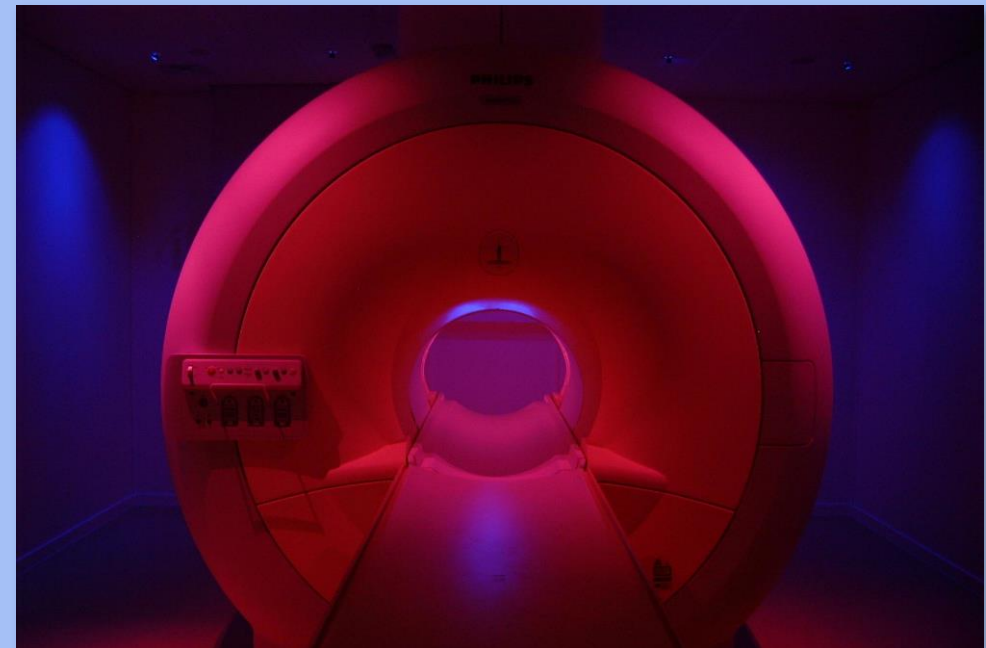
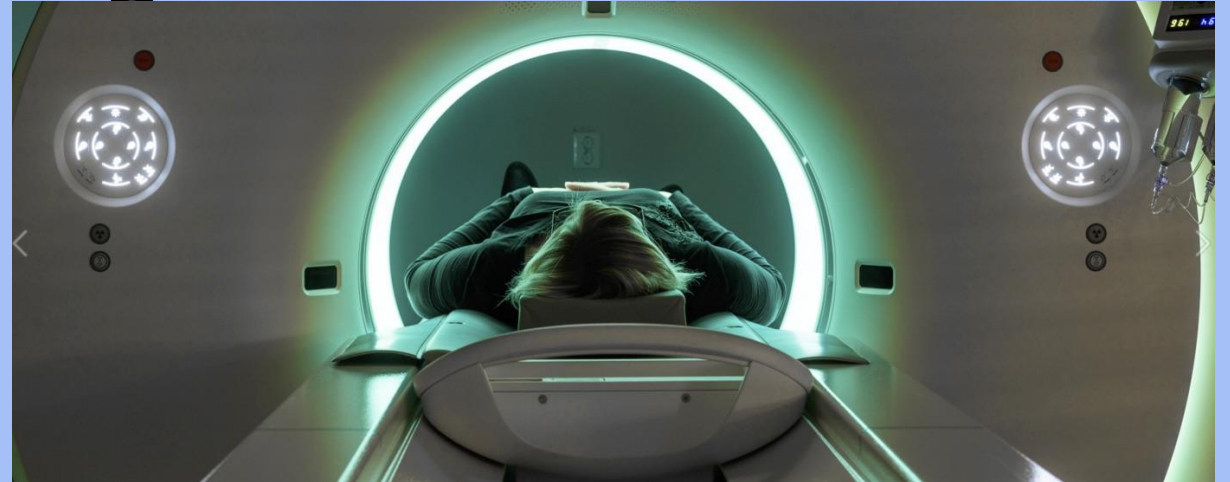
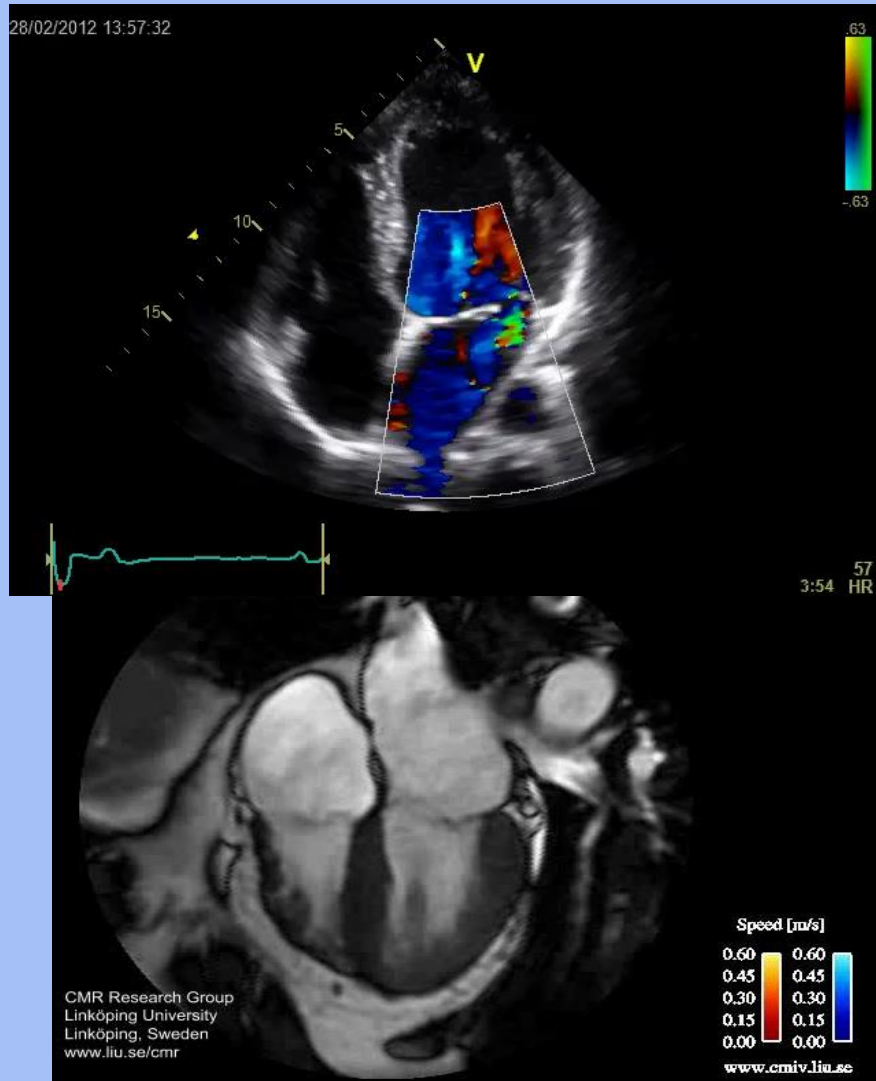
Vad innehåller en hjärt-MR-undersökning?

Let us start with
a general
overview of MRI. .

The single steps of an MR
examination can be described
quite simply:

- the patient is placed in
a magnet,
- a radio wave is sent in,
- the radio wave is turned off,
- the patient emits a signal,
which is received and used for
- reconstruction of the picture

MR-kameran har inga rörliga delar

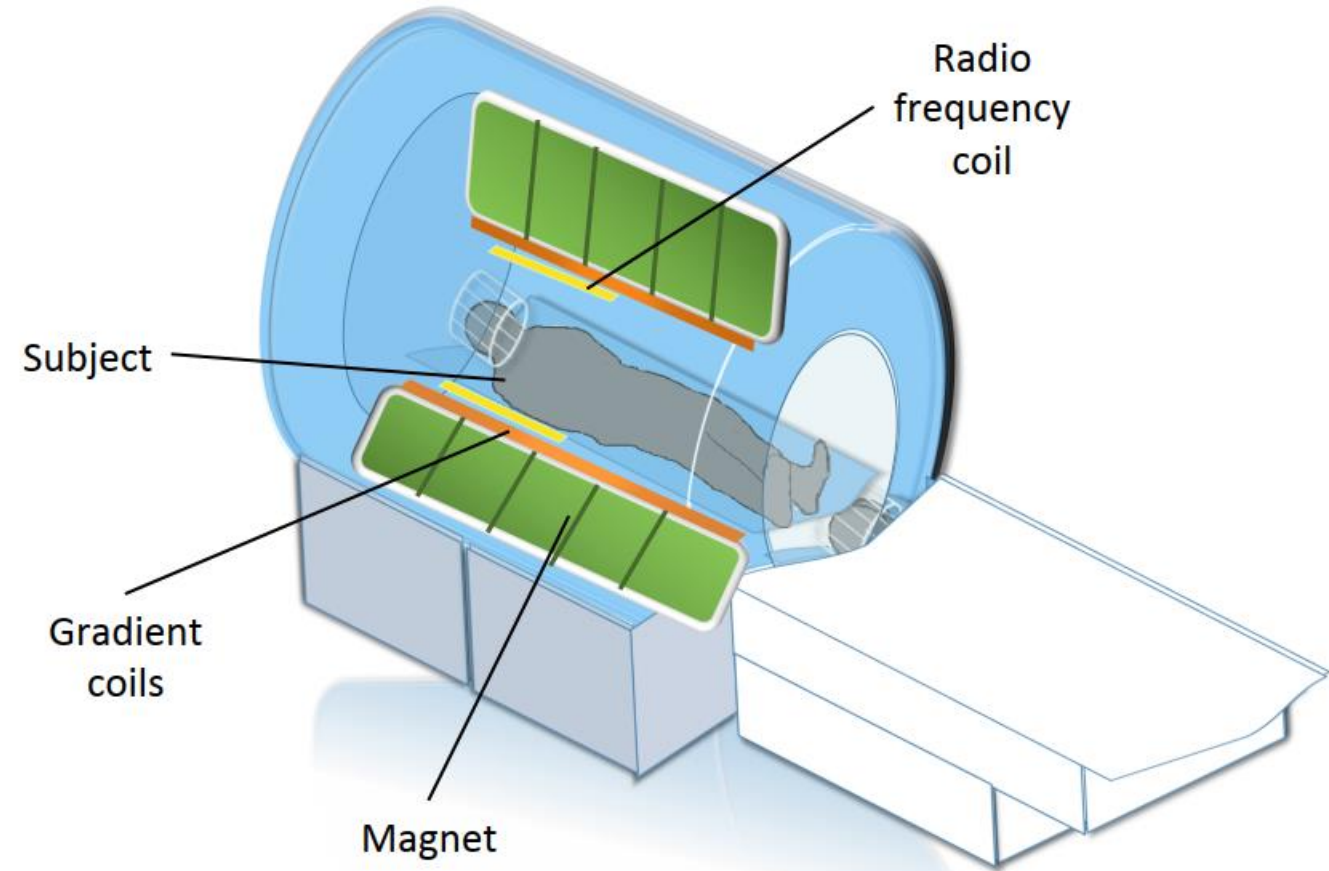
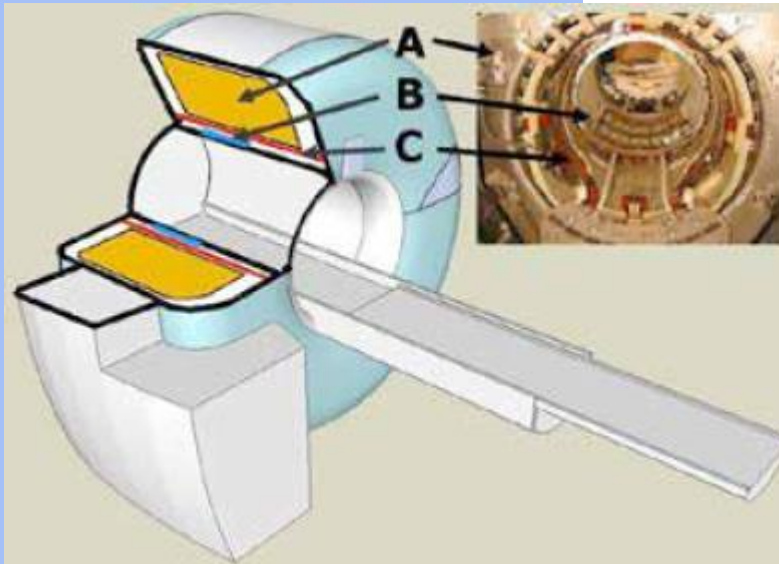


Datortomografens röntgenrör roterar 3.3 varv/sekund



2013

Hur är MR-scannern konstruerad?



Representation of a typical MRI scanner

MIRC

Image courtesy: MRI scanner cutaway: Colinmcnulty.com

Magnetfältet 1,5 Tesla är 30 000 x jordmagnetiska fältet

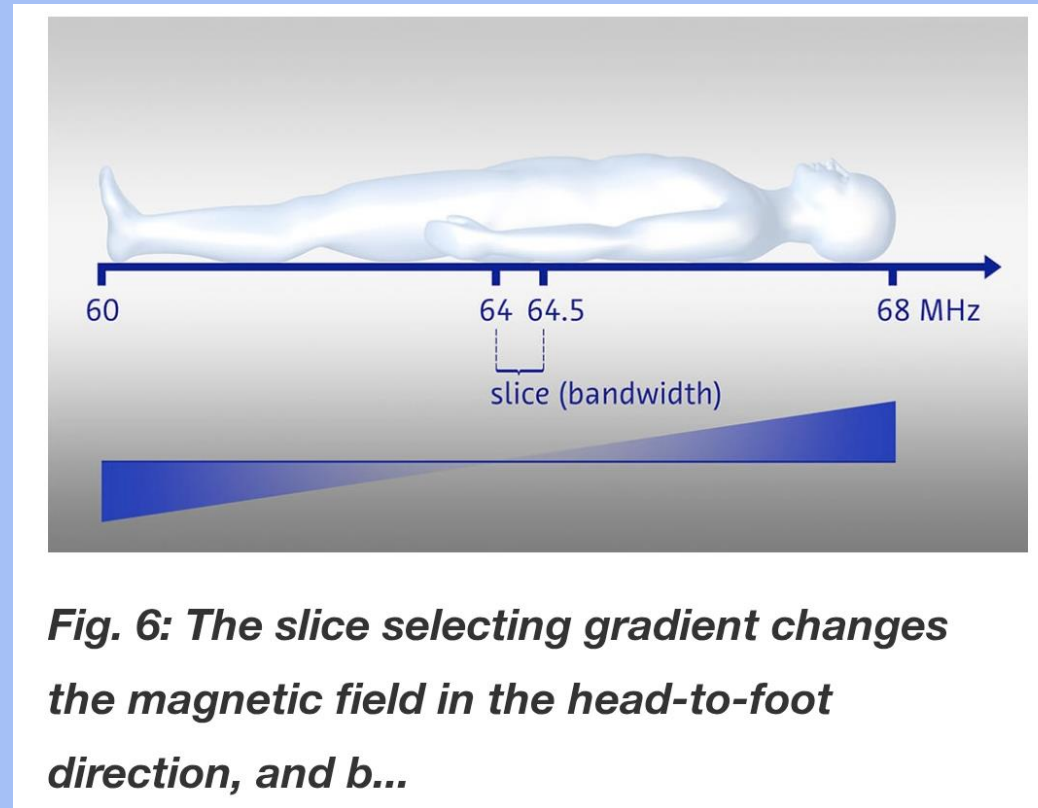


Här: olycka med infusionspump
i tunneln. Pumpen var inte "MR-säker"

Alla som arbetar i magnetisk miljö
måste gå magnetsäkerhetskurs för
att undvika risker

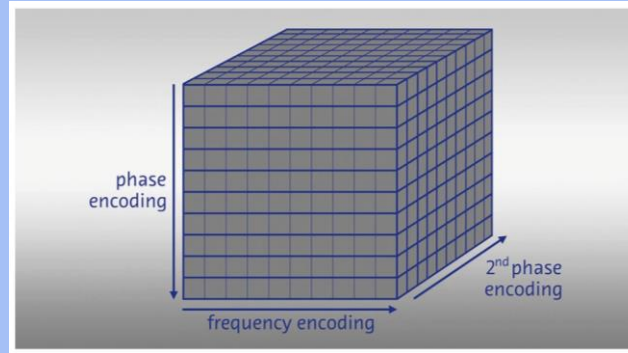
Grundregel: töm alla fickor!

Magnetkamerans fält förändras från huvud till fötter



Fältskillnader används för att välja från vilken skiva genom kroppen bilden skapas

Skivor från CT/MR läggs samman till en volym



- Ett bildelement kallas pixel, ett volymselement voxel
- Isotropa voxlar har samma storlek i alla riktningar, t.ex. 1x1x1 mm och kan rekonstrueras i valfritt snitt
- Magnetkamerans voxlar ser ut som “tändstickor”, t.ex. 1.5x1.5x8 mm
Vid rekonstruktion blir strukturerna “sick-sack” randiga

Aliasing (vikningsfel) orsakar ”invikning”

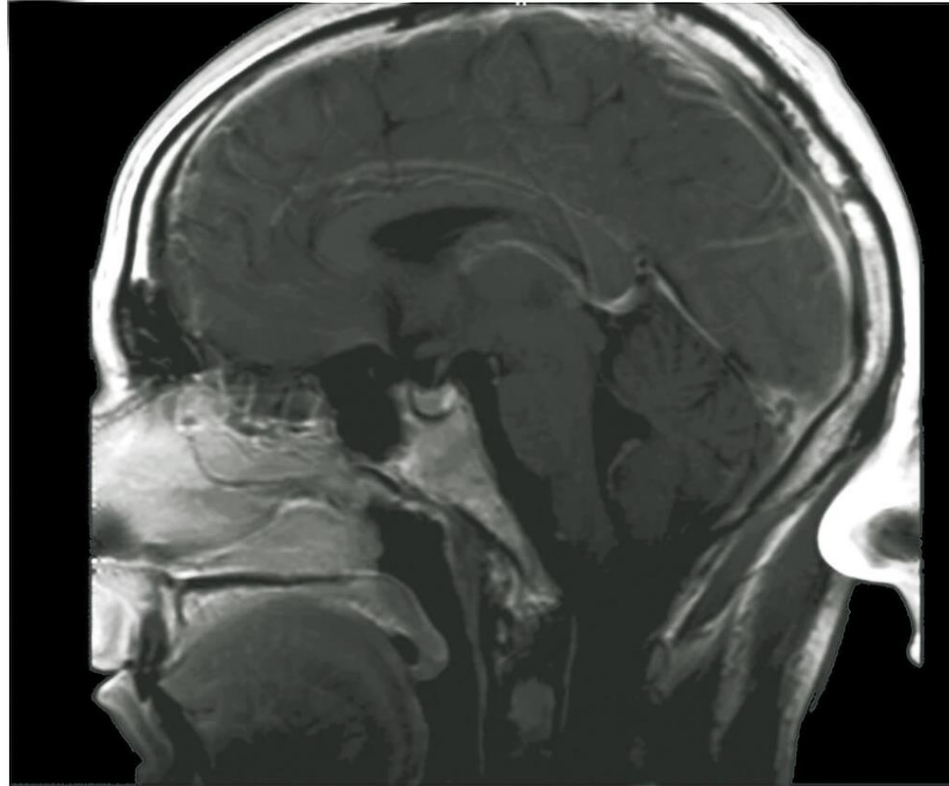
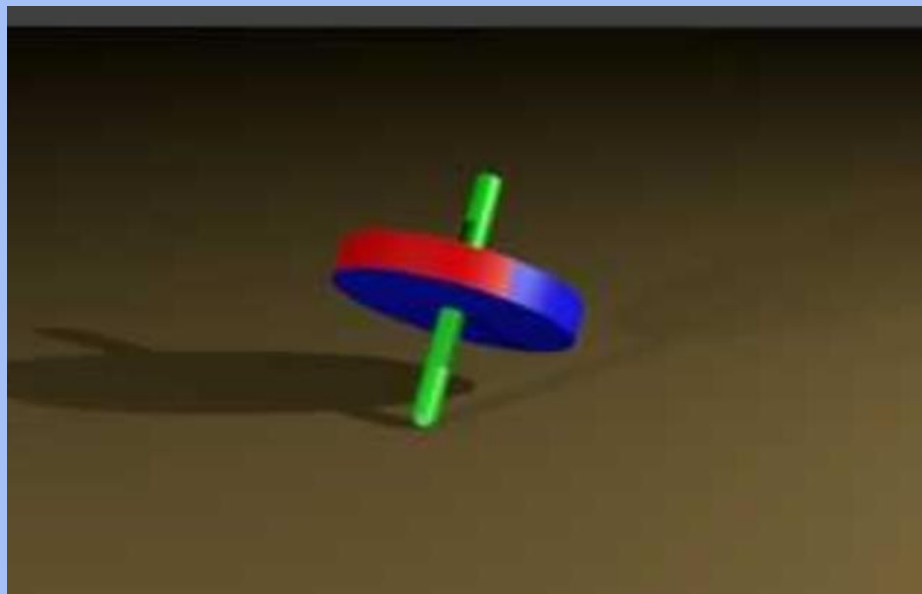
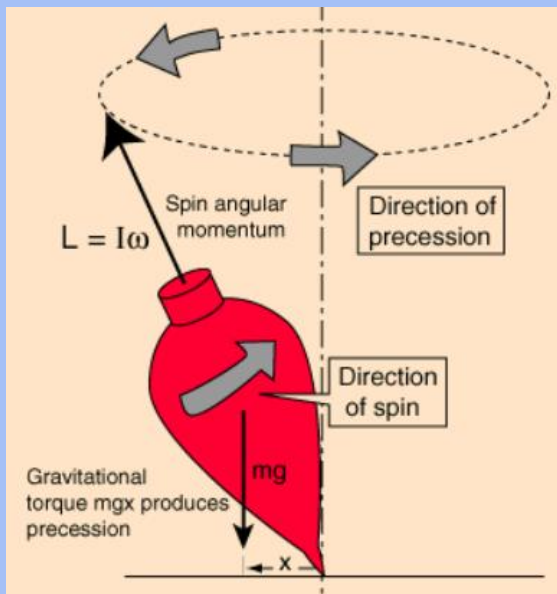
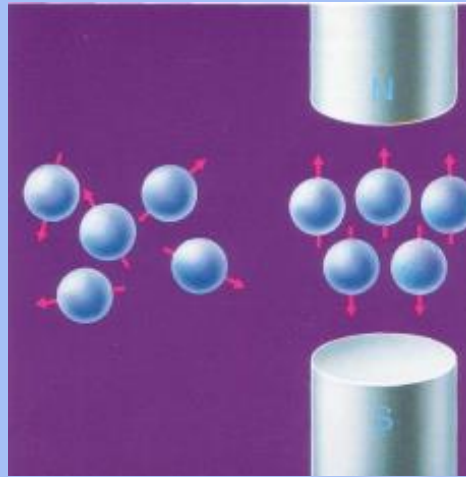
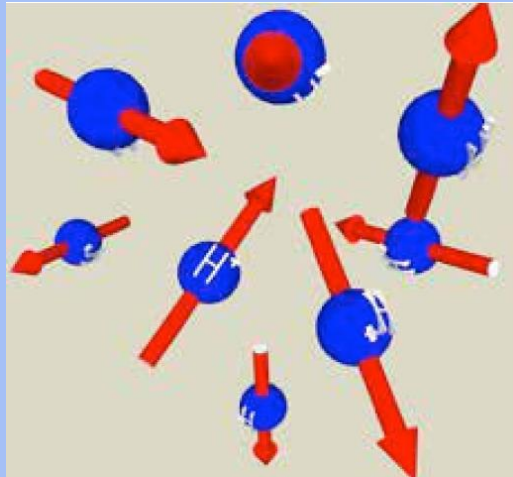
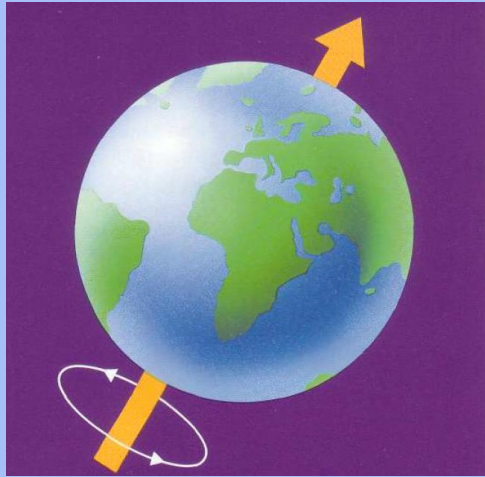


Fig. 31: Wrap-around (calzone effect) with tip of the nose showing up in the back of the head.

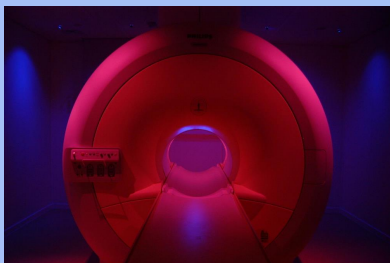
Bilden skapas av protonen i vattenmolekylen H_2O



Protonen har ett magnetiskt moment som ställer in sig i det externa magnetfältet, parallellt eller antiparallellt (högre energi)

Rotationsaxelns lutning kallas precession

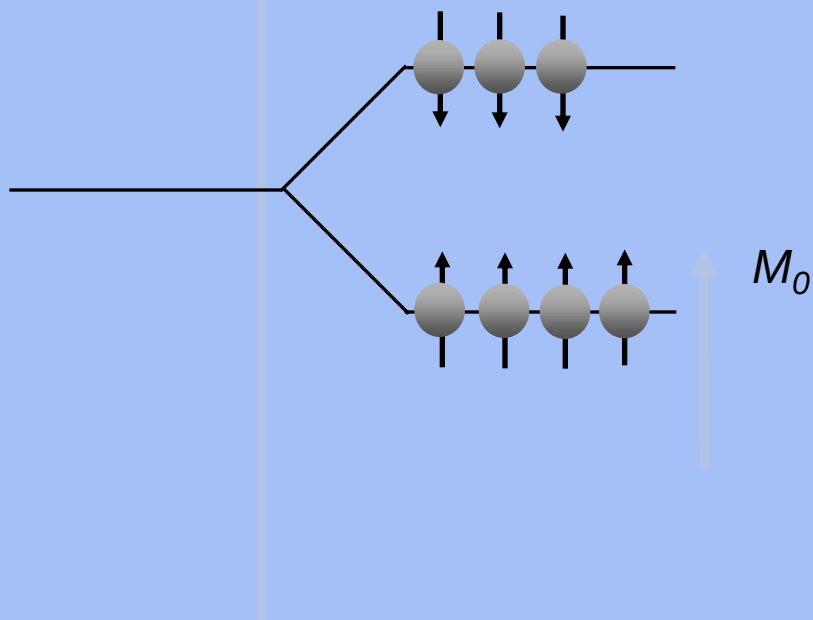
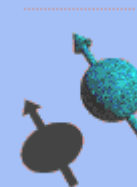
Precessionen beror av fältstyrka och en egenskap hos väte, "Larmor-frekens", 63 MHz vid 1.5 Tesla

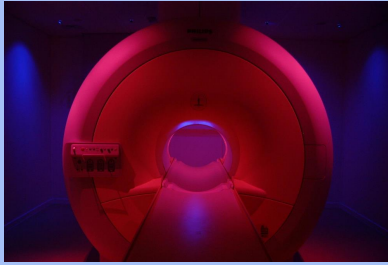


Grundtillstånd

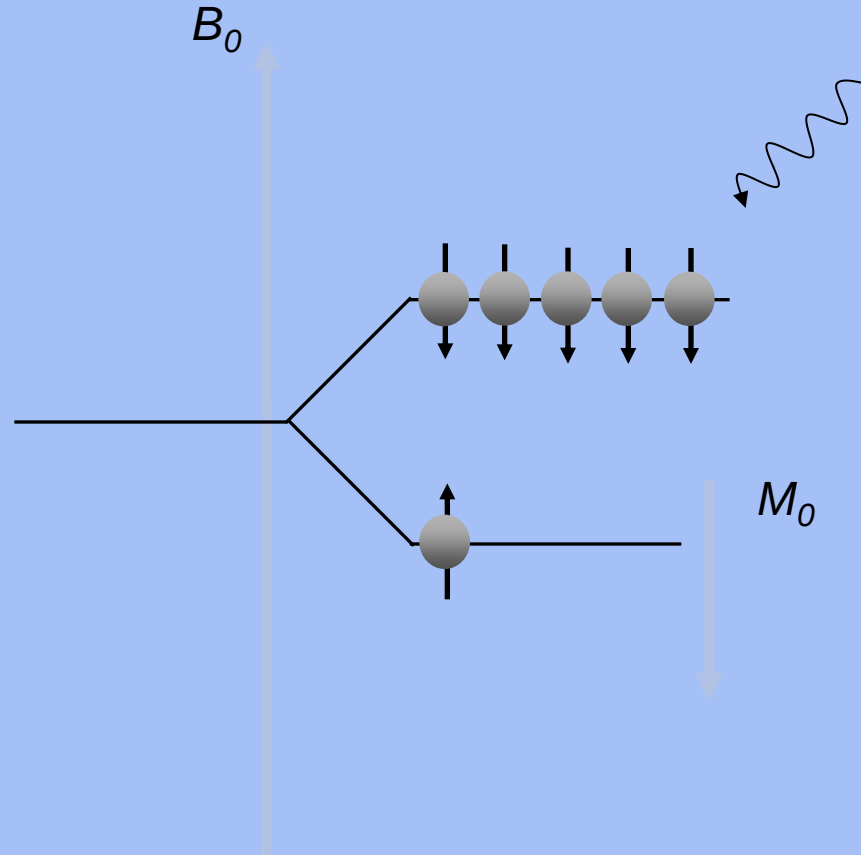
Det statiska magnetfältet kallas

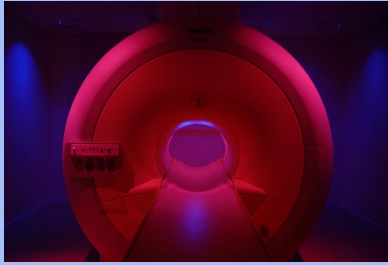
B_0



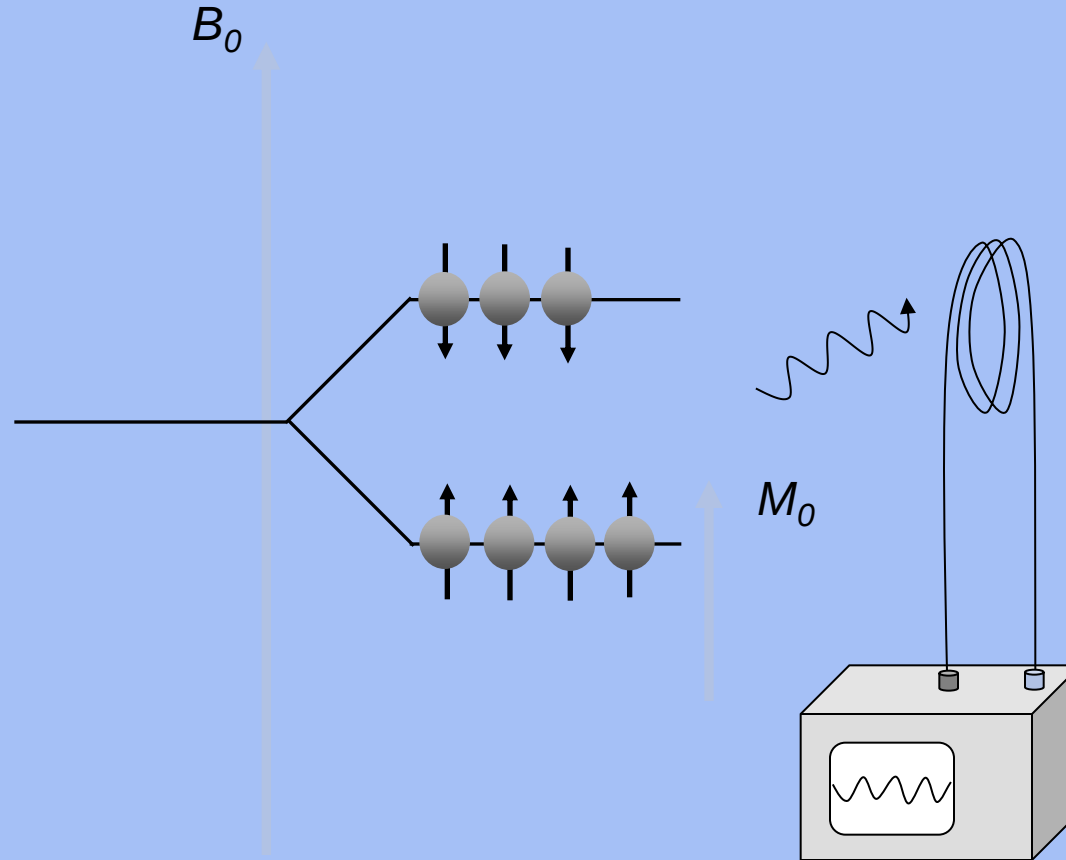


Excitation, en puls som har "eko-tid" TE och "repetitionstid", TR





Återgång, radiosignal sänds ut, bild skapas

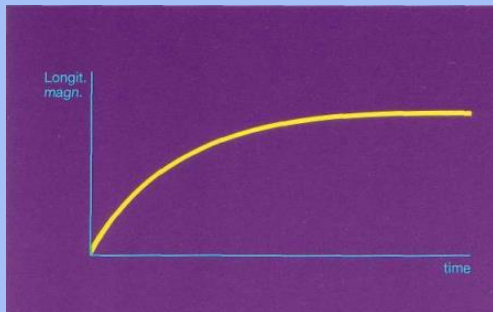


Atomer påverkar sin omgivning

Protonernas position i kroppen kan beskrivas som "x-y-z" i relation till magnetfältet B_0 och kroppen. Kroppens längsaxel och magnetfältets riktning är "z"

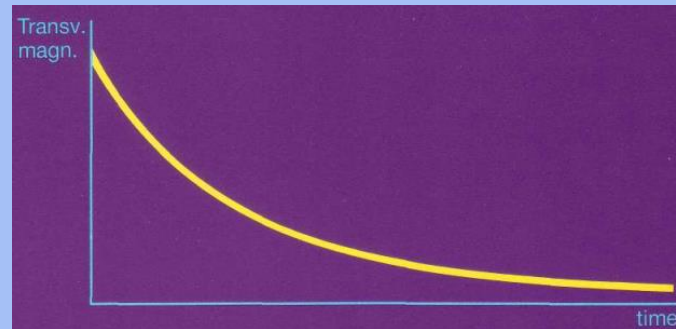
Efter en radiosignal återgår protonerna till sin ursprungliga position och magnetiseringen förändras. I longitudinell riktning ("Z", längs kroppen) kan den resulterande magnetsignalen ser ut så här:

"T1-relaxation"



I transversell riktning kommer protonerna i otakt och det kan se ut så här:

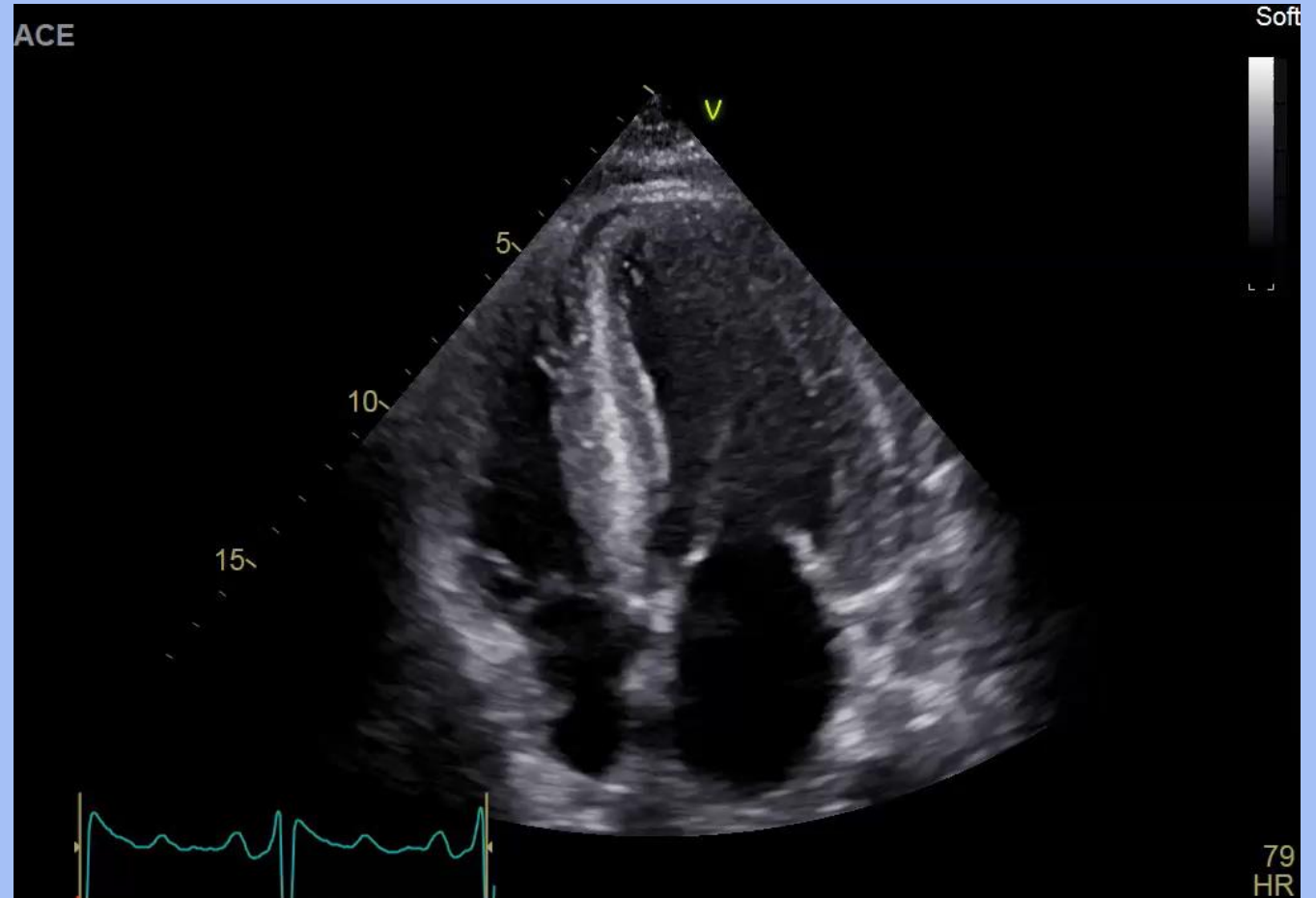
"T2-relaxation"



Vi utnyttjar T1, T2 och proton-täthet för att skapa kontrast i våra magnetkamerabilder

Steady State Free Precession med både T1- och T2-viktad bild är grunden i hjärt-MR

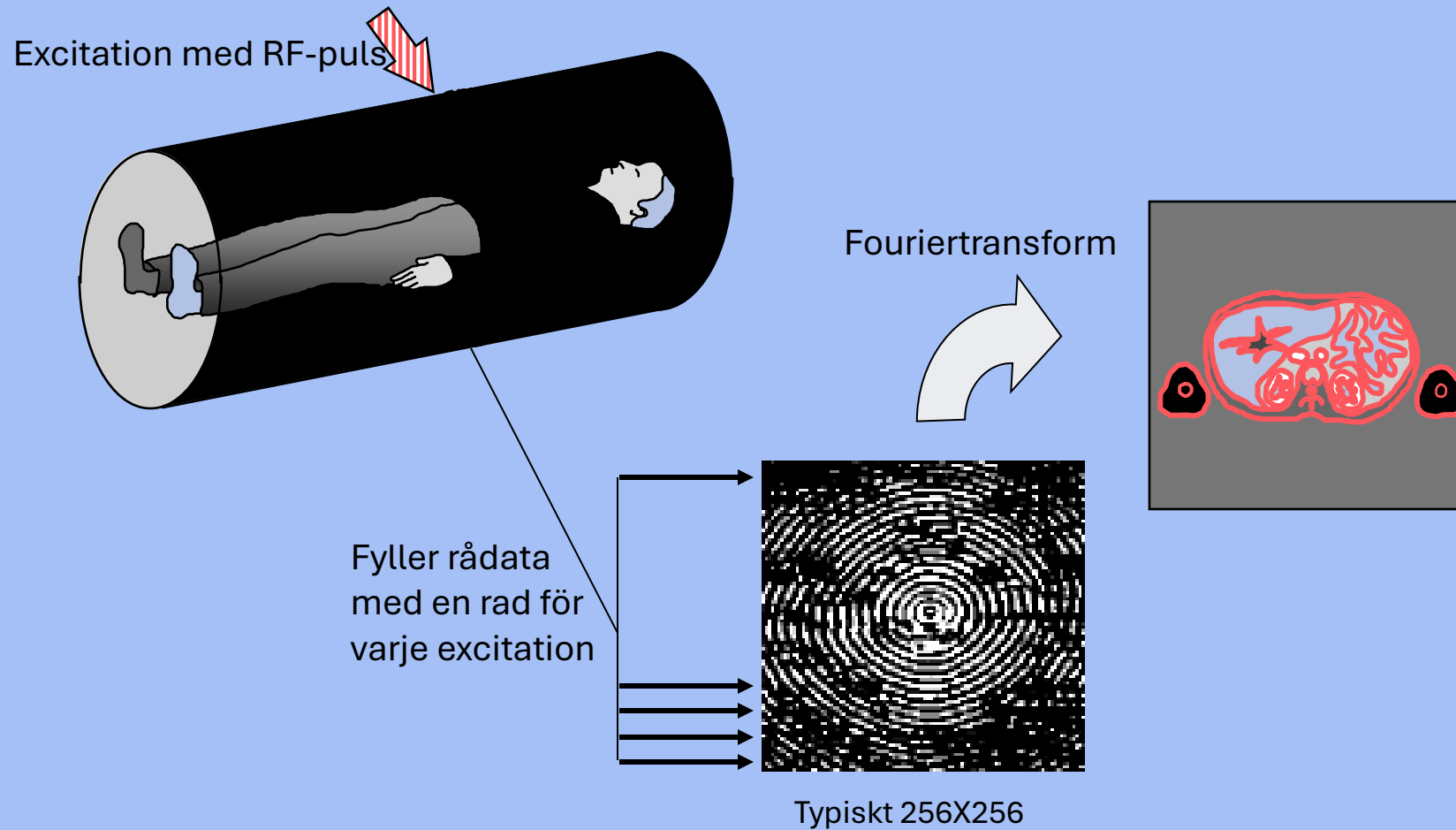
Vävnaden blir grå och blodet svart



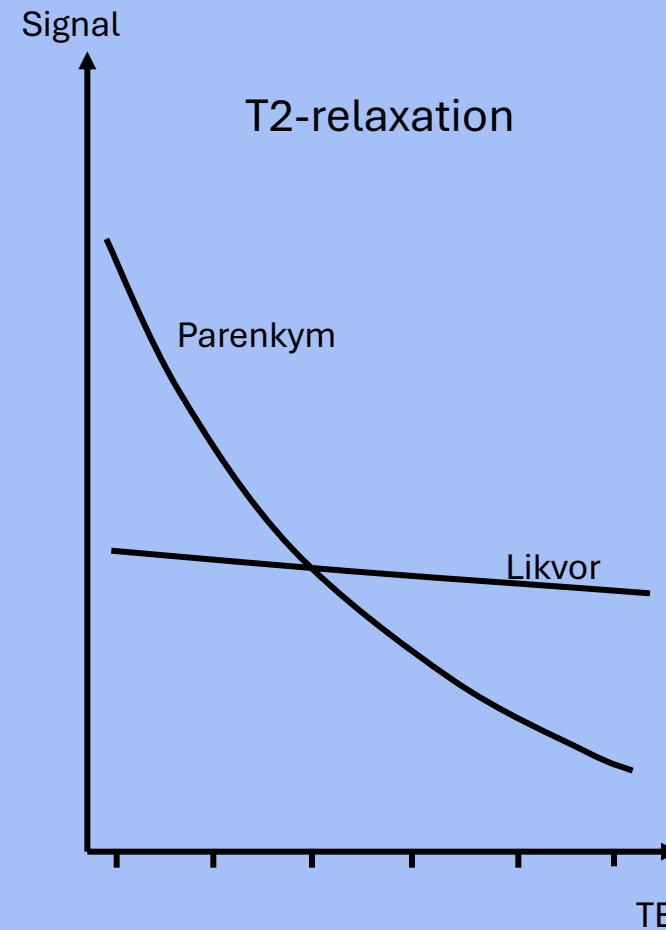
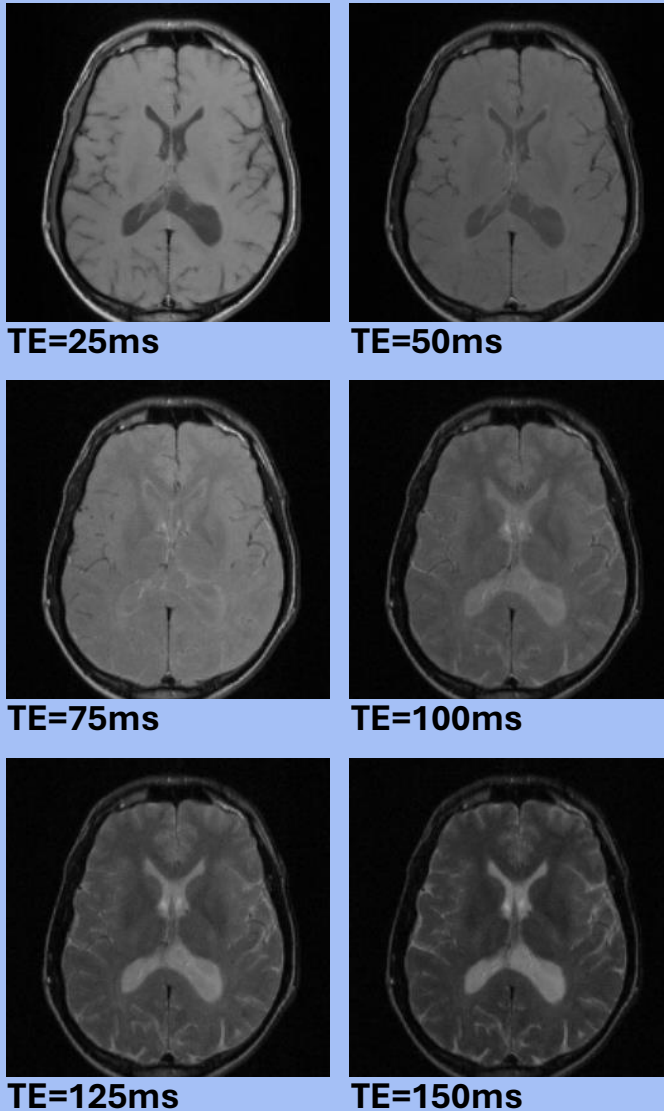
K-rummet är en representation av bilden

Hur K-rummet läses av påverkar bildskärpan och snabbheten i bildväxlingen

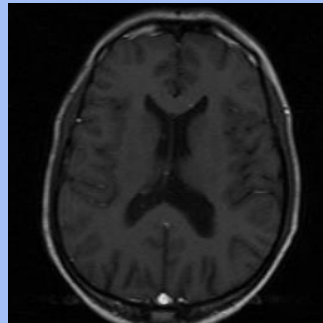
Insamling av MR-signal



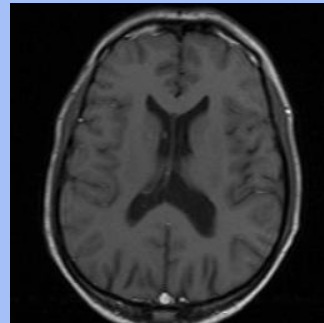
Hur T2- kontrast påverkas av eko-tiden



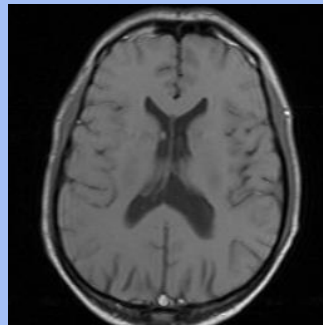
Hur T1-kontrast påverkas av repetitionstiden



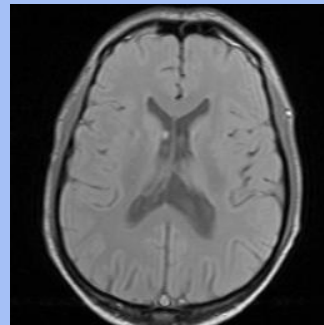
TR=0,250s



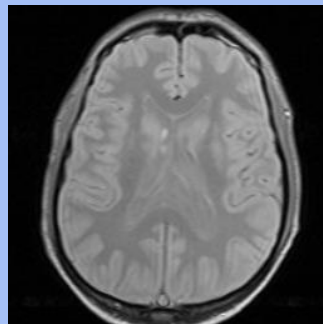
TR=0,500s



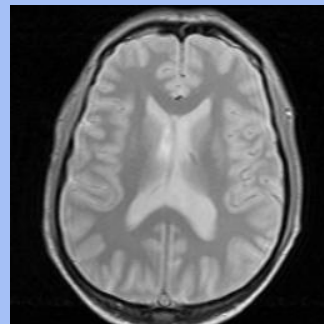
TR=1,000s



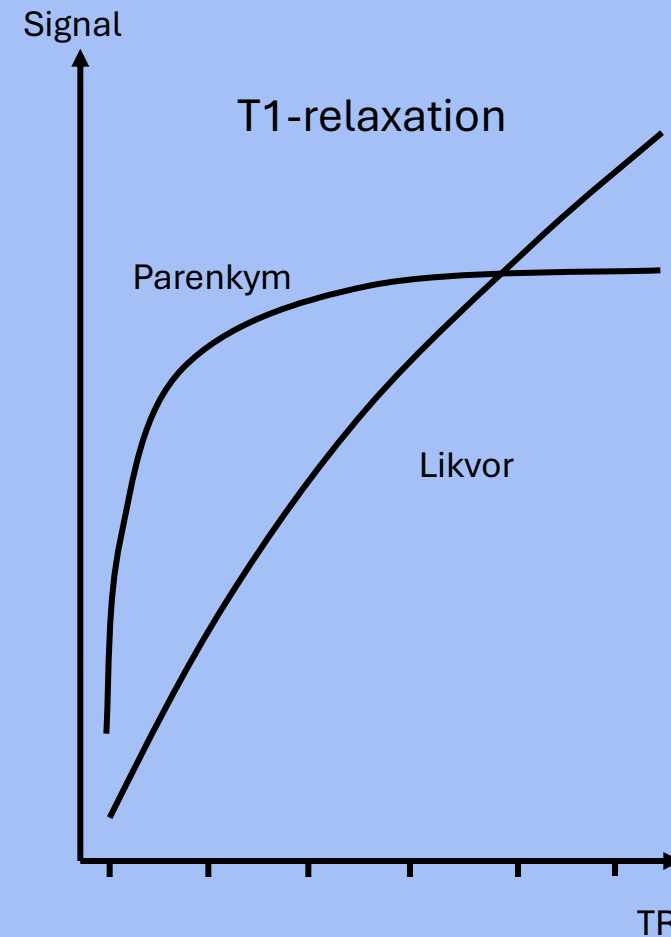
TR=2,000s



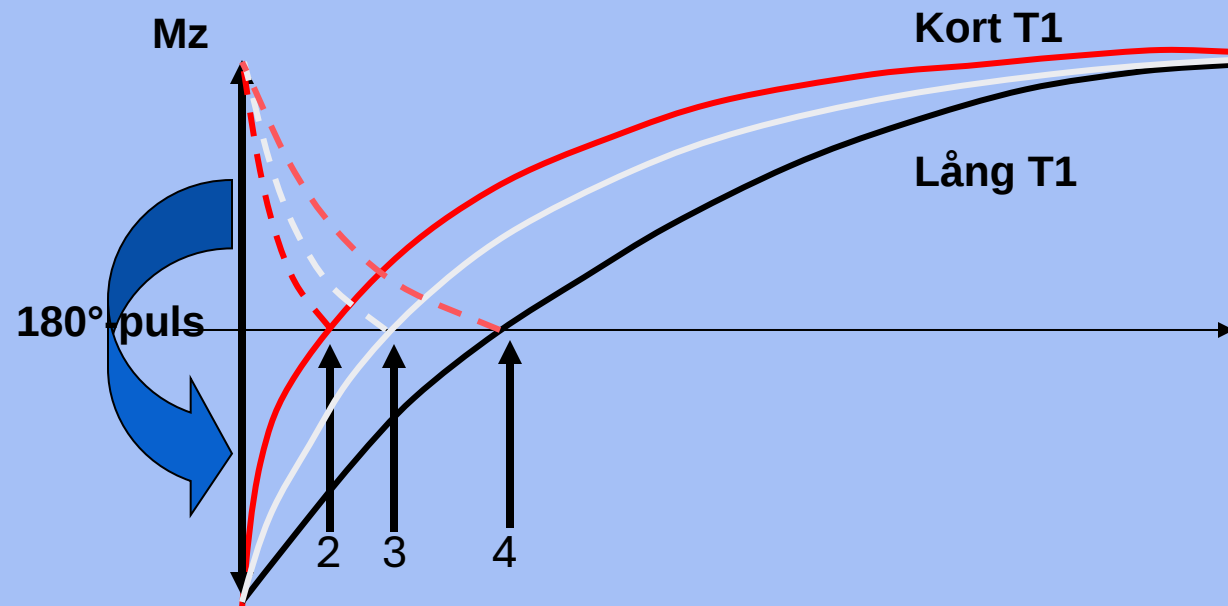
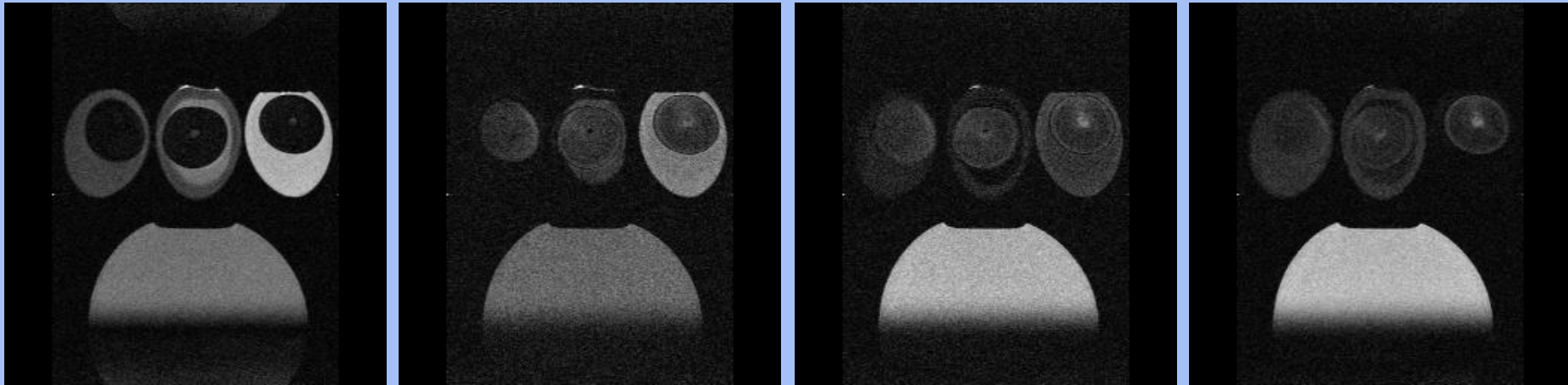
TR=4,000s



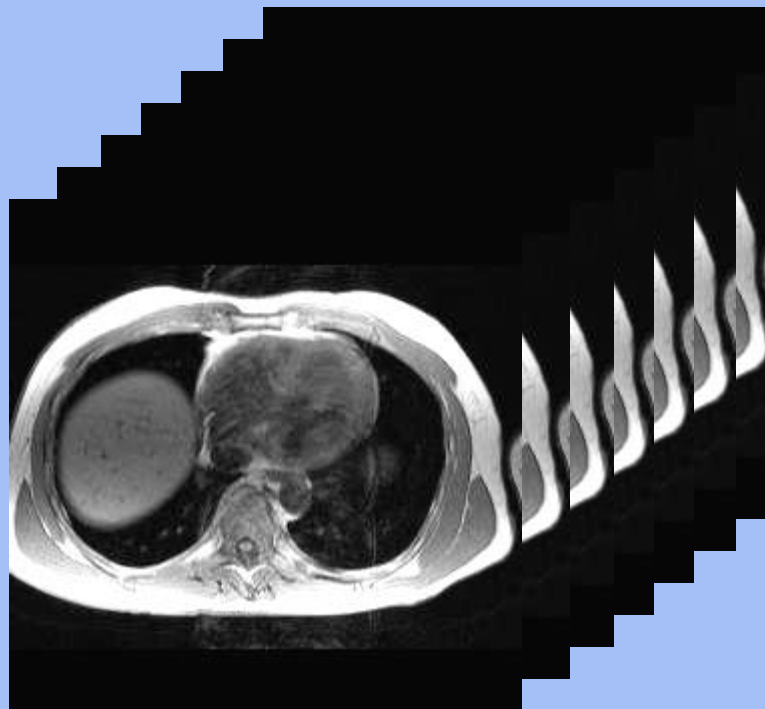
TR=8,000s



Inversion Recovery är basen för infarktvisualisering

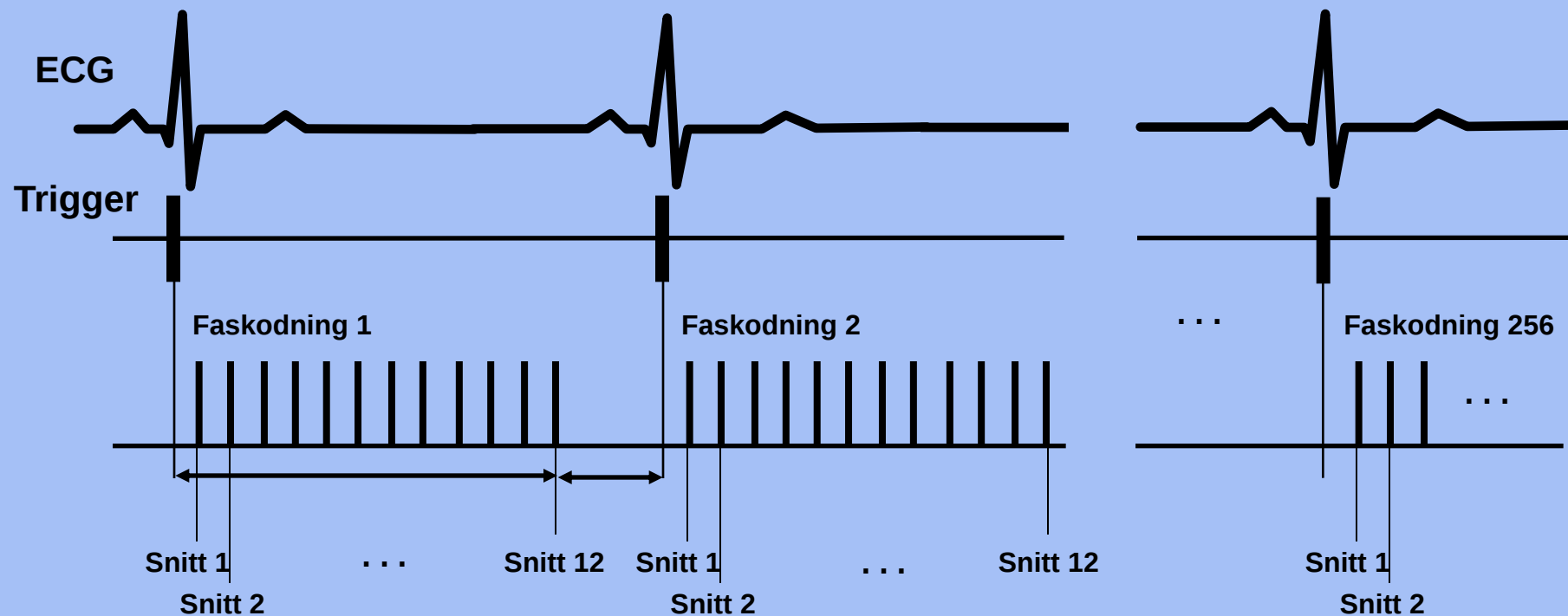


Traditionella tekniker



Triggad multi-snitt sekvens
Insamlingstid 4:31

Total insamlingstid: 256 hjärtslag

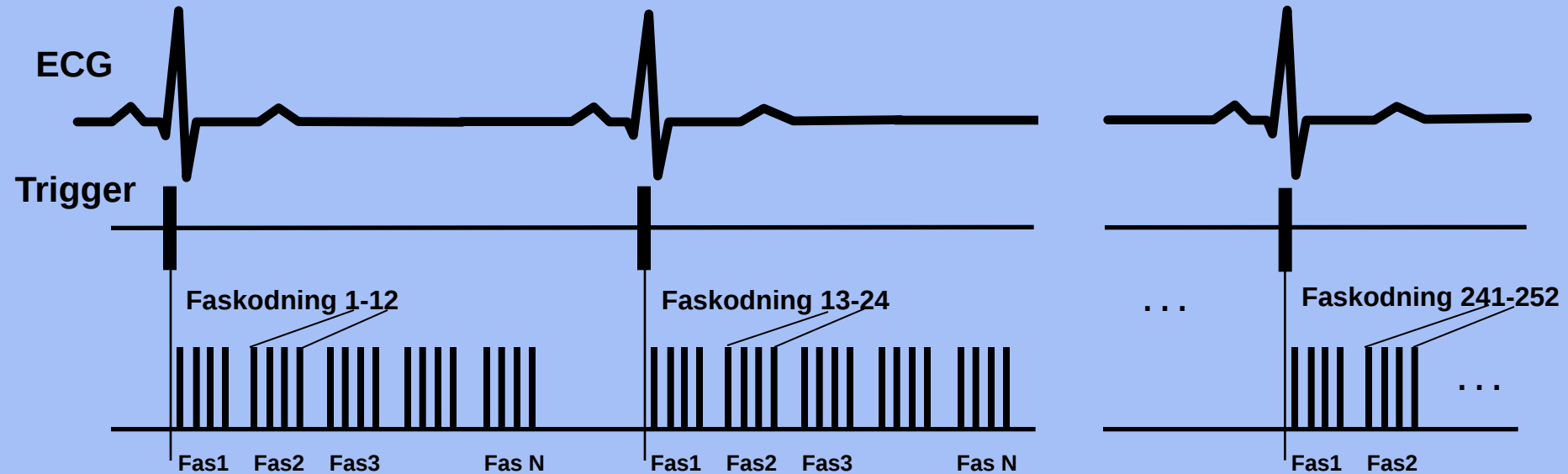


Segmenterad Cine



Segmenterad cine insamlingstid 0:14

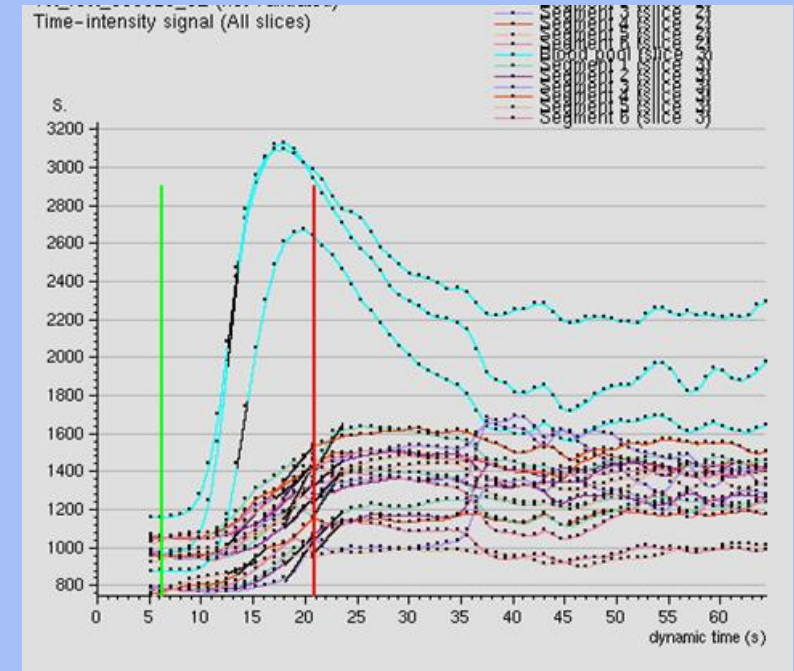
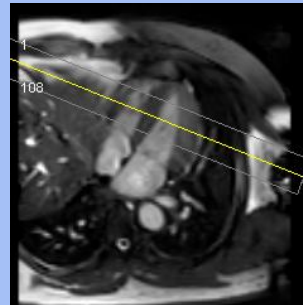
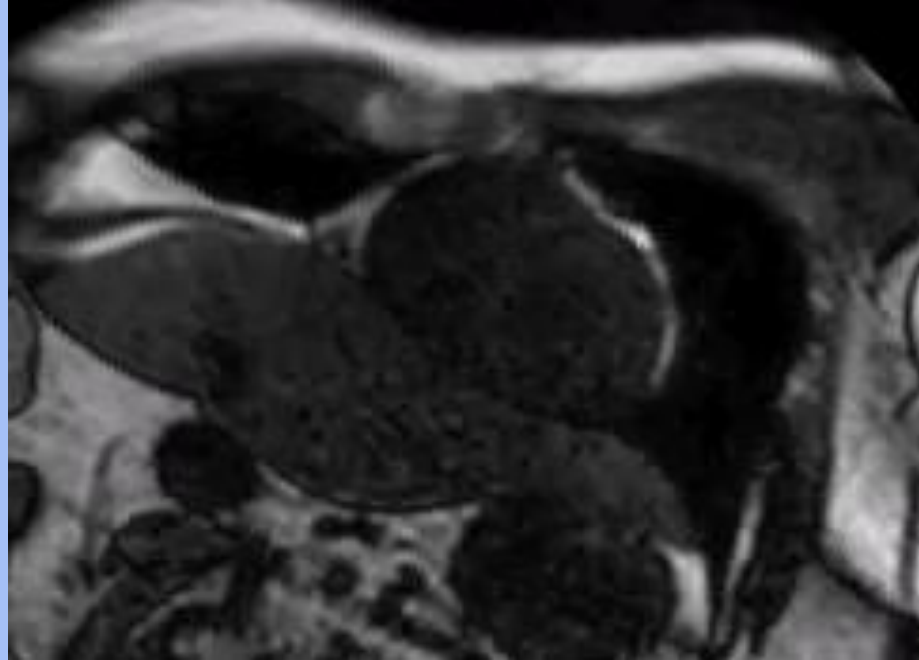
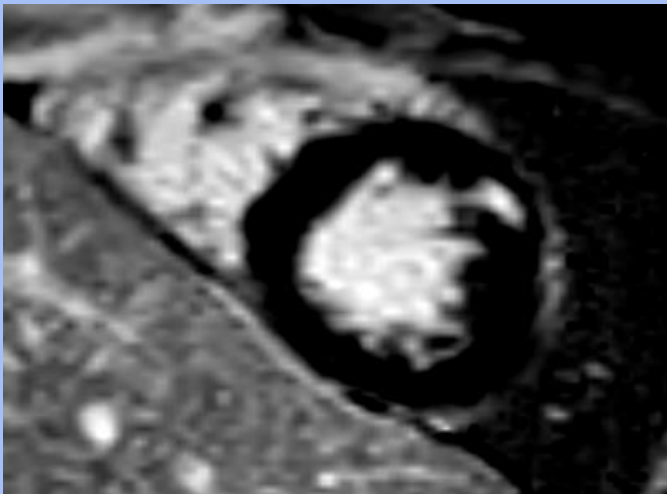
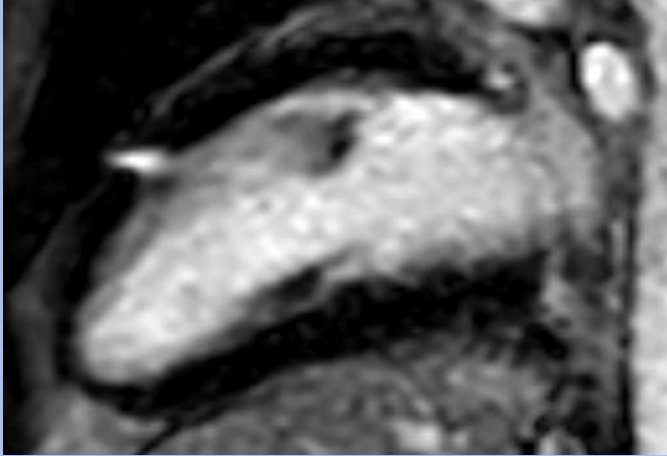
Segmentering Cine



Total insamlingstid: 20 hjärtslag

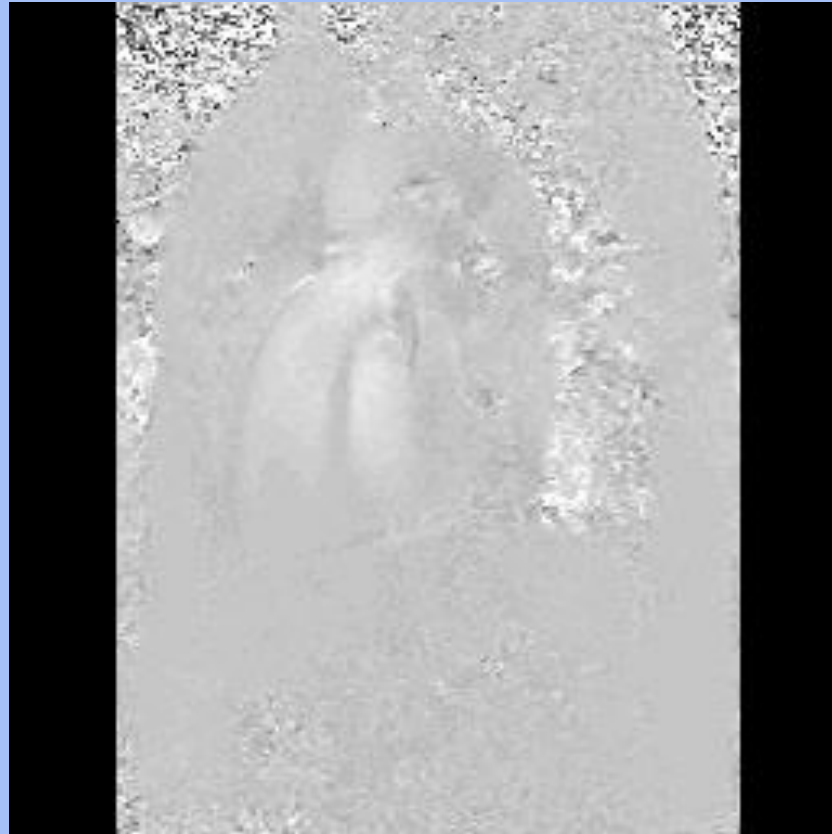
När kan det vara aktuellt att mäta perfusion?

Infarkt med rena kranskärl



Flödesvisualisering

Flöde i planet

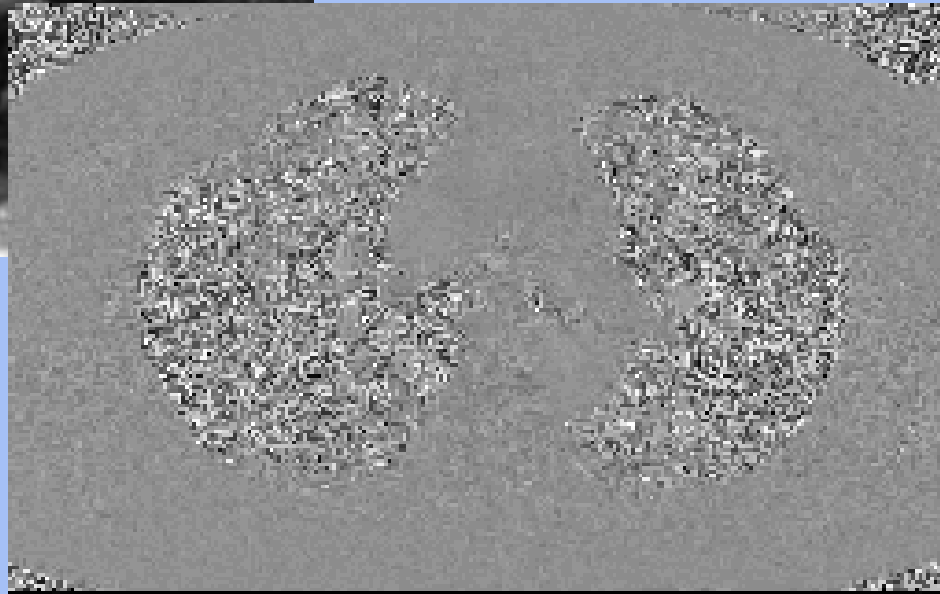


Flöde kvantifiering

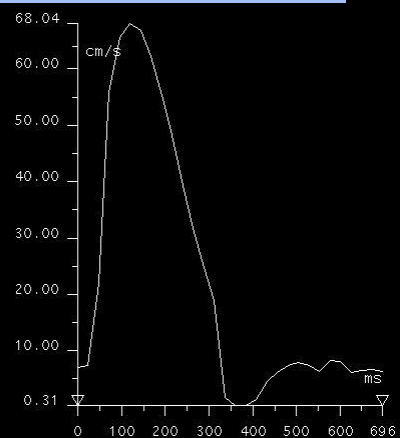
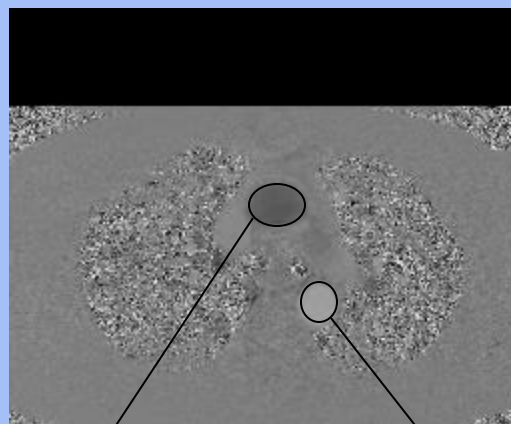
Detta är en "magnitud"-bild för anatomi



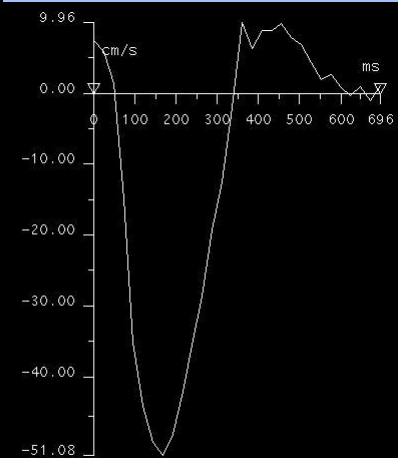
Flöde genom planet kan kvantifieras
med fas-bilden nedan, jfr pulsad Doppler



Flöde kvantifiering



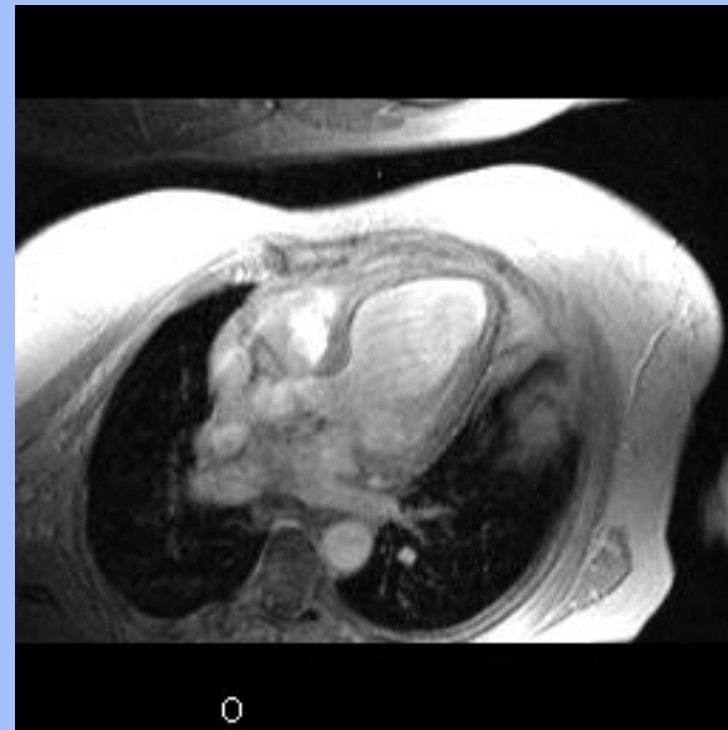
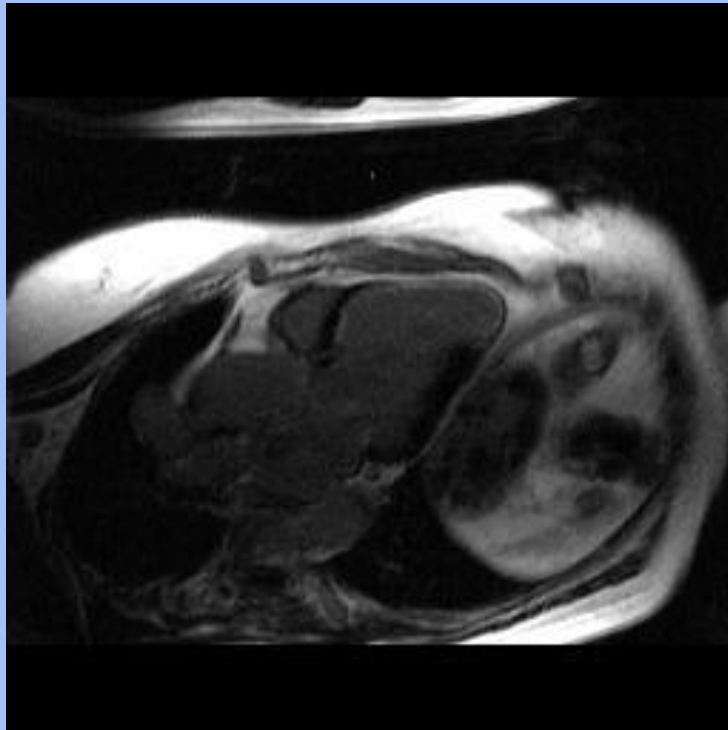
Peak Velocity: 68.04 cm/s Vascular Area: 4.91 cm²
Mean Velocity: 22.49 cm/s Mean Flow: 110.38 cm³/s



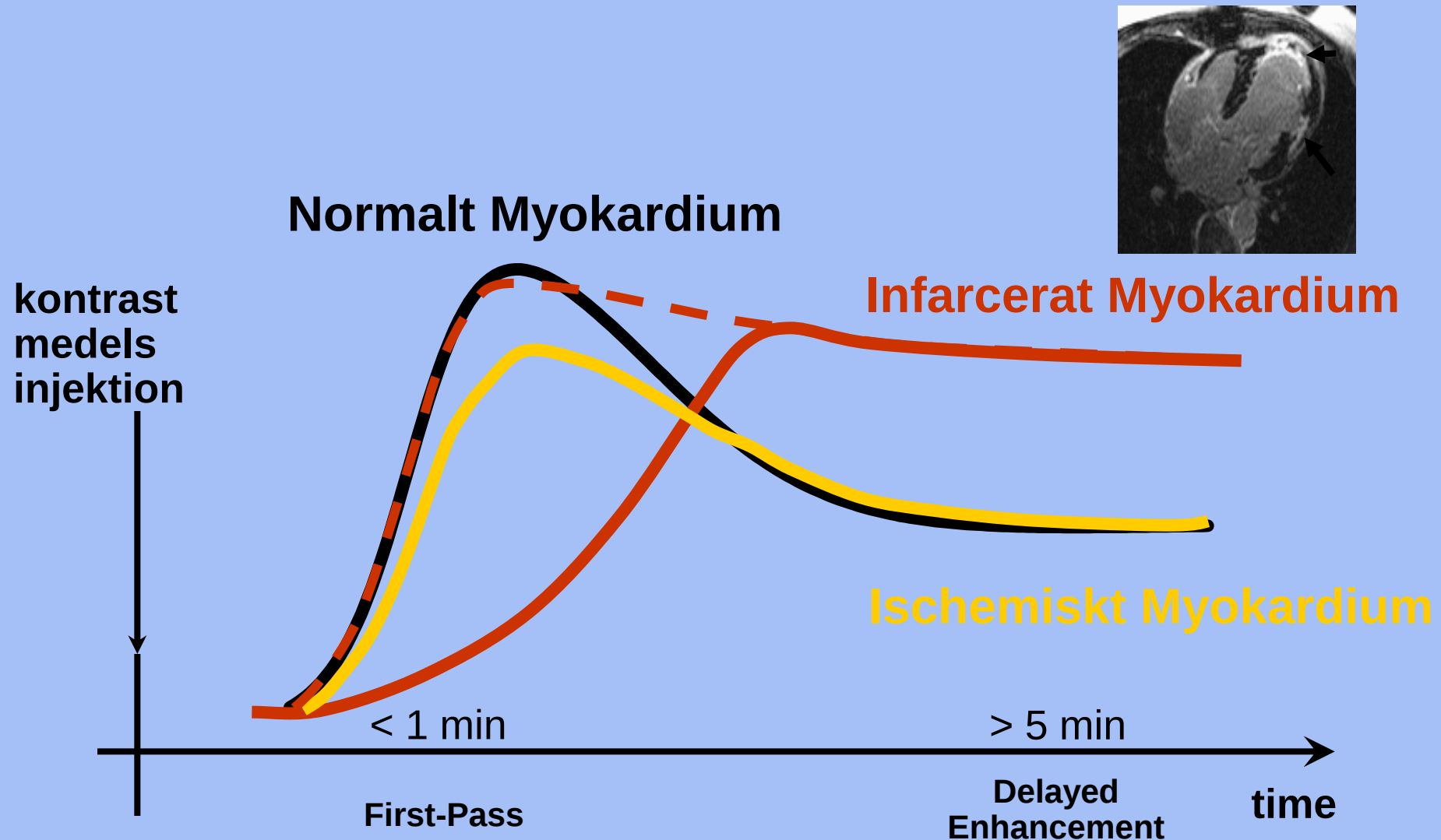
Peak Velocity: -51.08 cm/s Vascular Area: 5.94 cm²
Mean Velocity: -10.44 cm/s Mean Flow: -62.02 cm³/s

MR-avbildning av fibros

Ärr/fibros i myokard tar upp gadolinium-kontrast

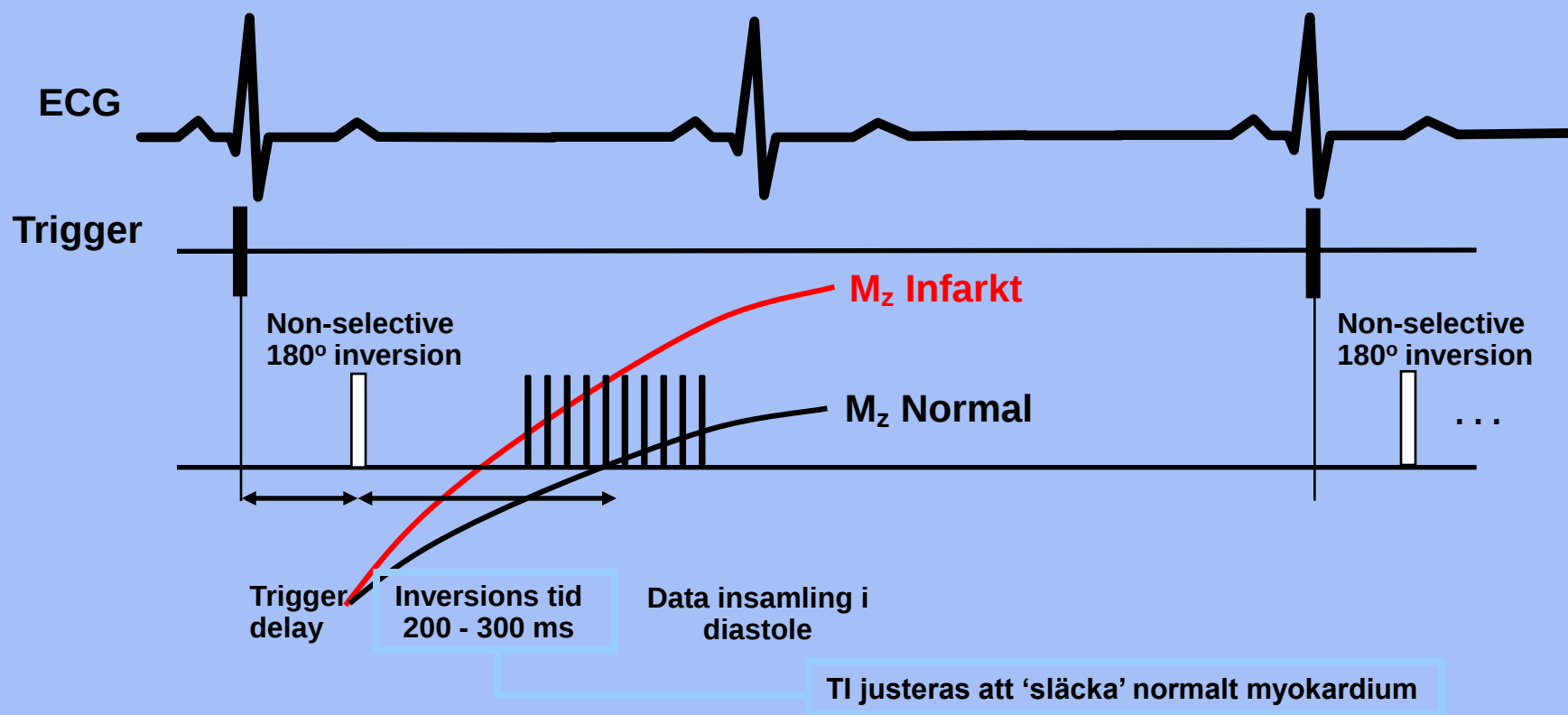


‘Late-gadolinium-enhanced’ MRI



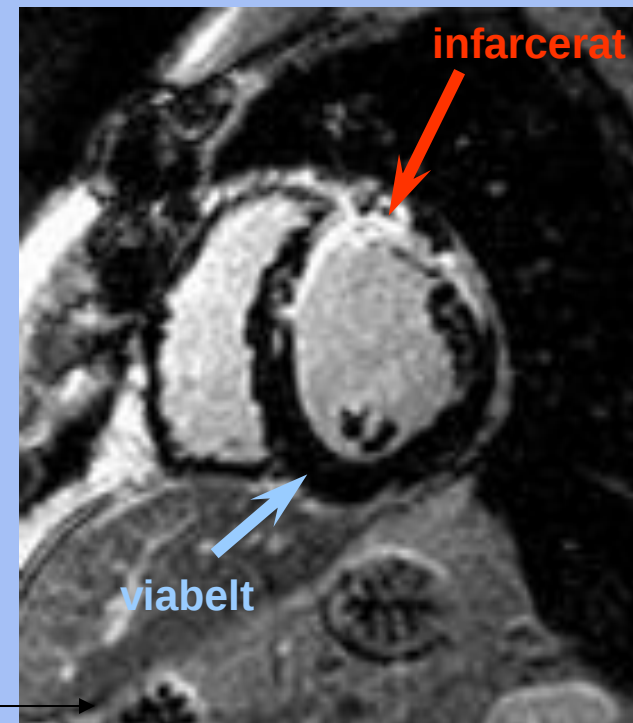
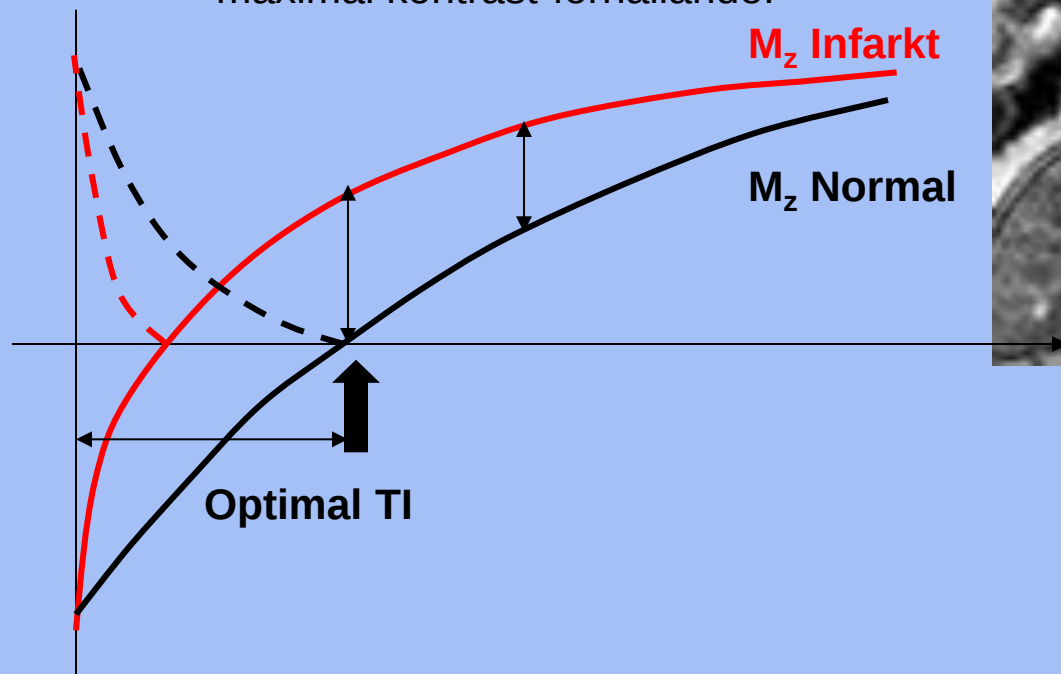
‘LGE’ MRI

IR-SSFP



Inversion Recovery

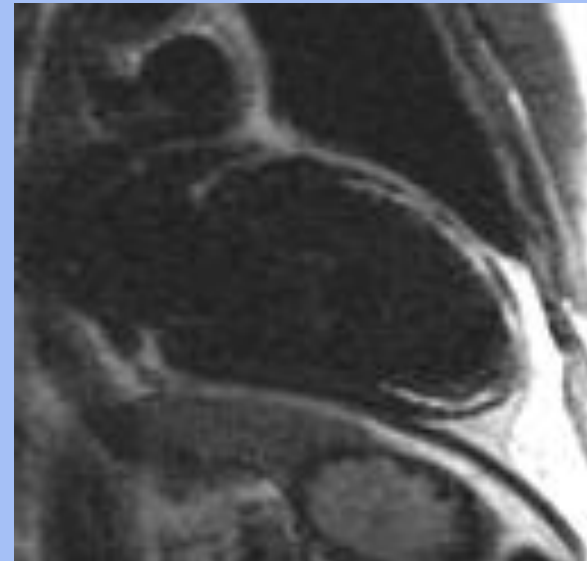
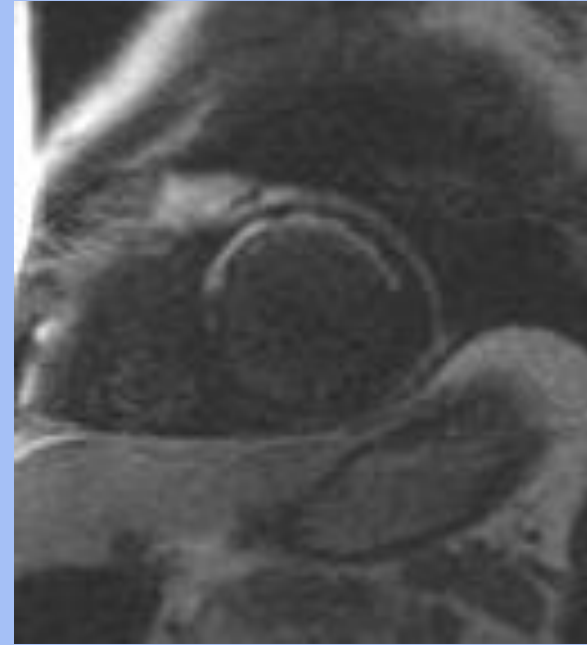
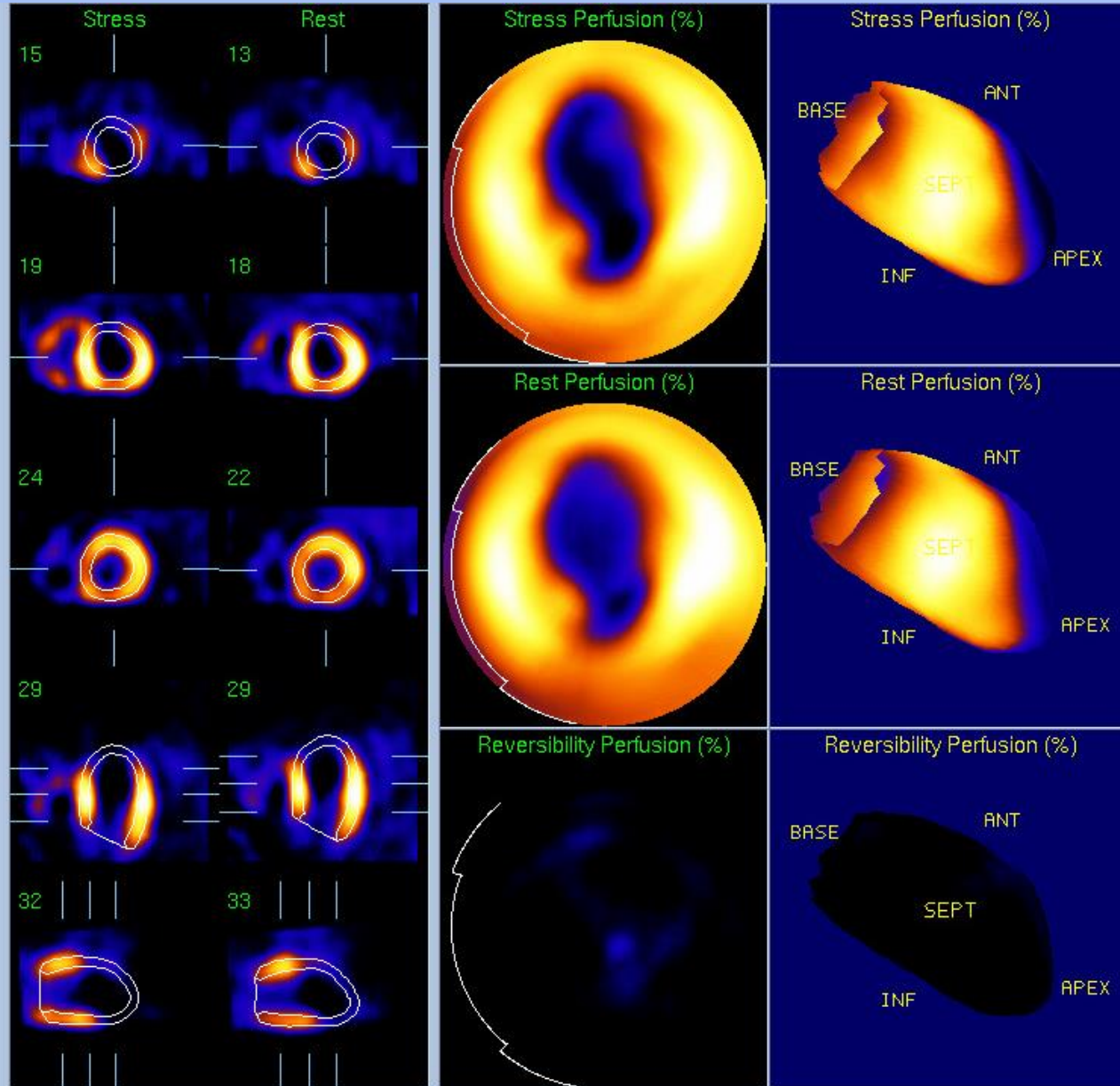
- Kortare T1 i kontrast-förstärkt infarcerat område ger snabbare signal återhämtning efter inversion.
- Släckning av signal från viabelt myokardium med längre T1 ger maximal kontrast-förhållande.



Fibros-avbildning i nästan all CMR

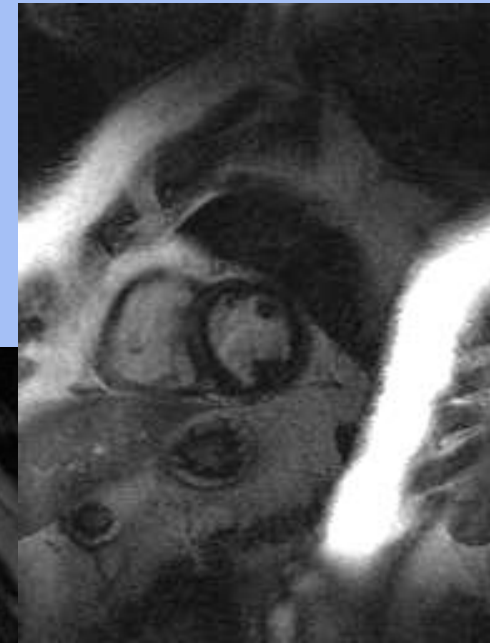
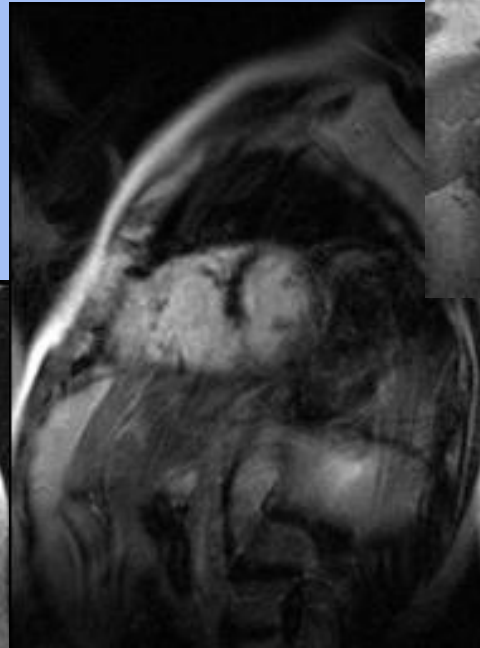
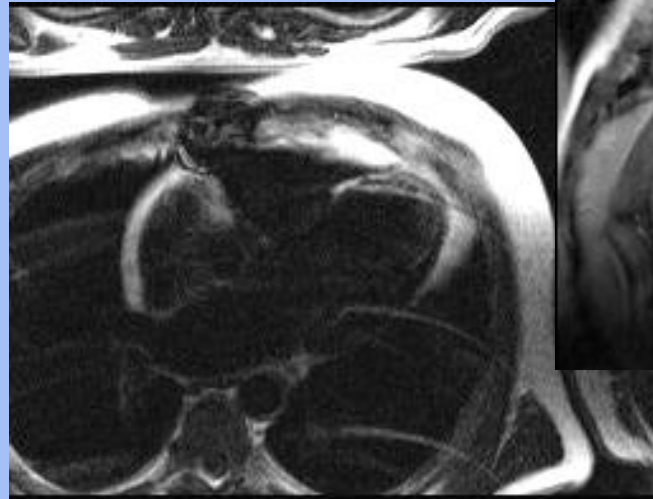
- översiktsbilder
- inj gadolinium, enkel eller dubbel dos
- vänta 15-20 min (reg ev cine bilder)
- fastställ inversionstid (=svart myokard)
- registrera enhancementbilder

Jämförelse med SPECT

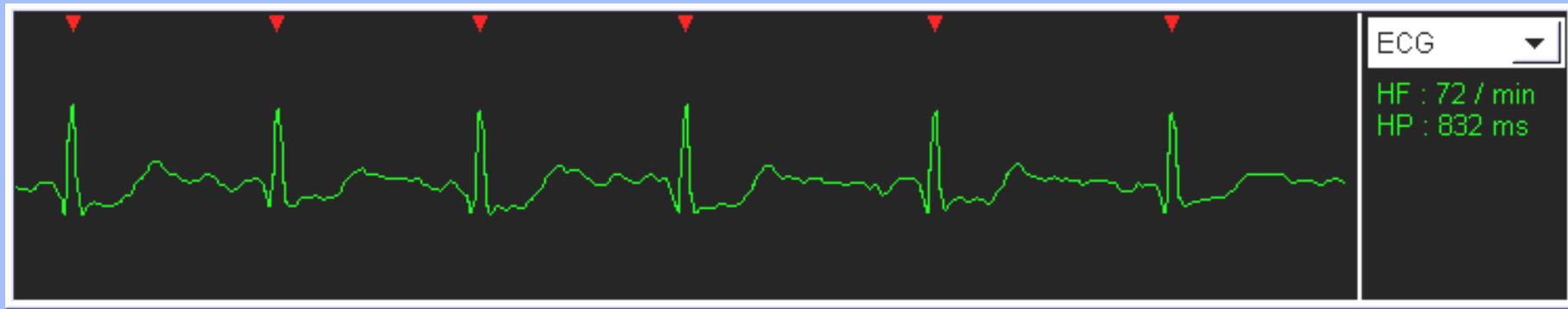


Artefakter

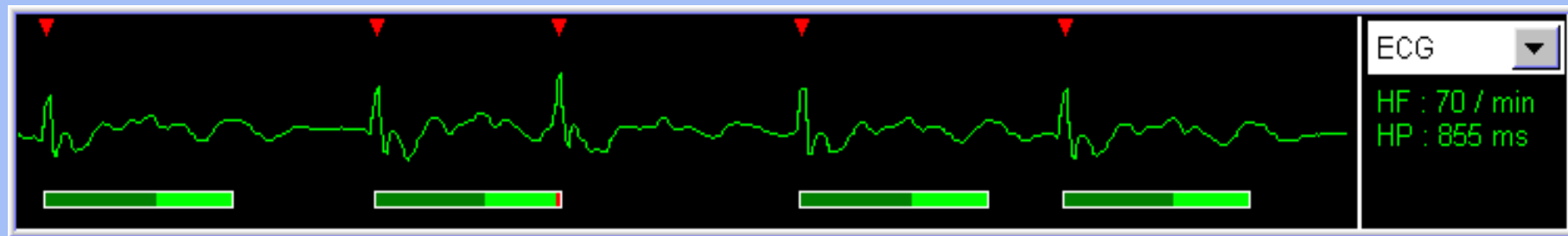
- regelbunden rytm
- hålla andan
- inversionstid



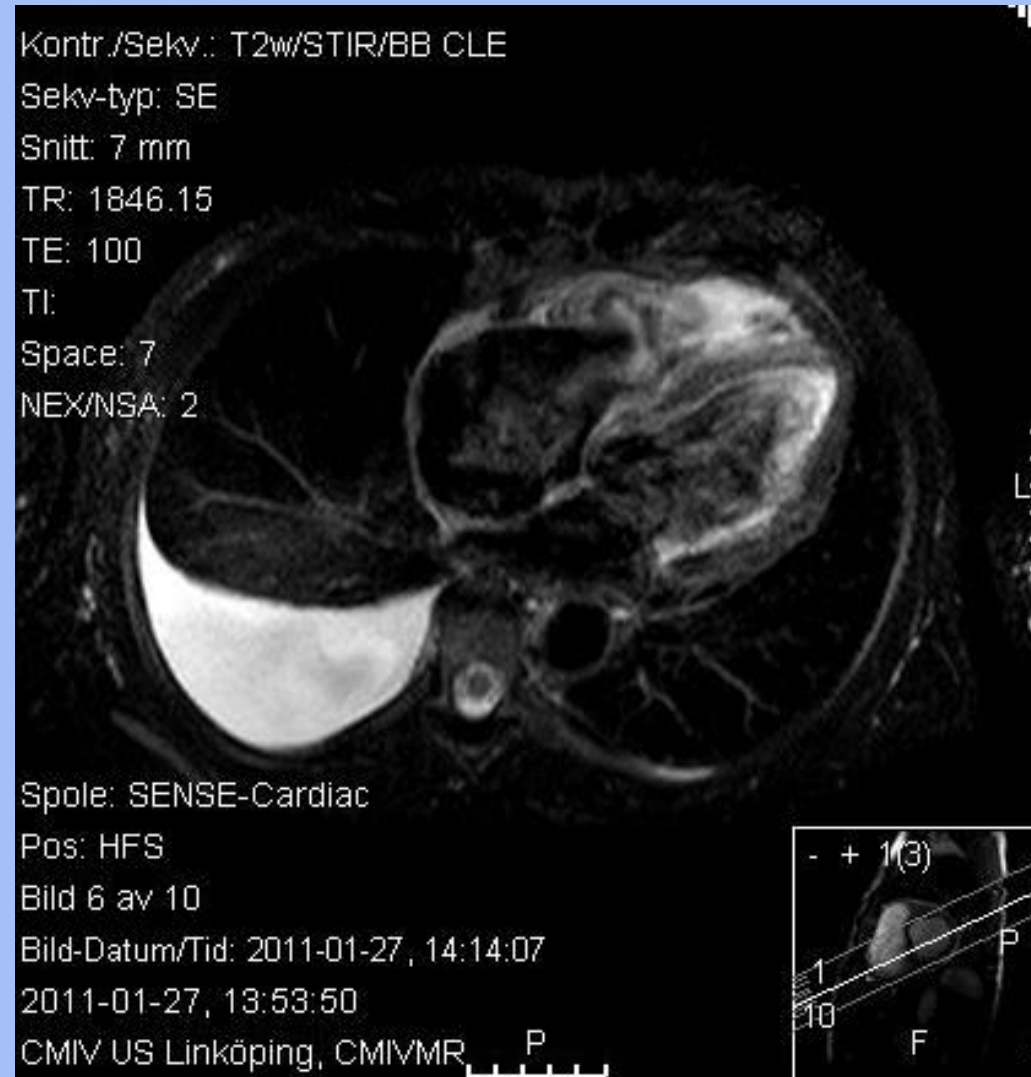
MR kräv(de) regelbunden hjärtrytm



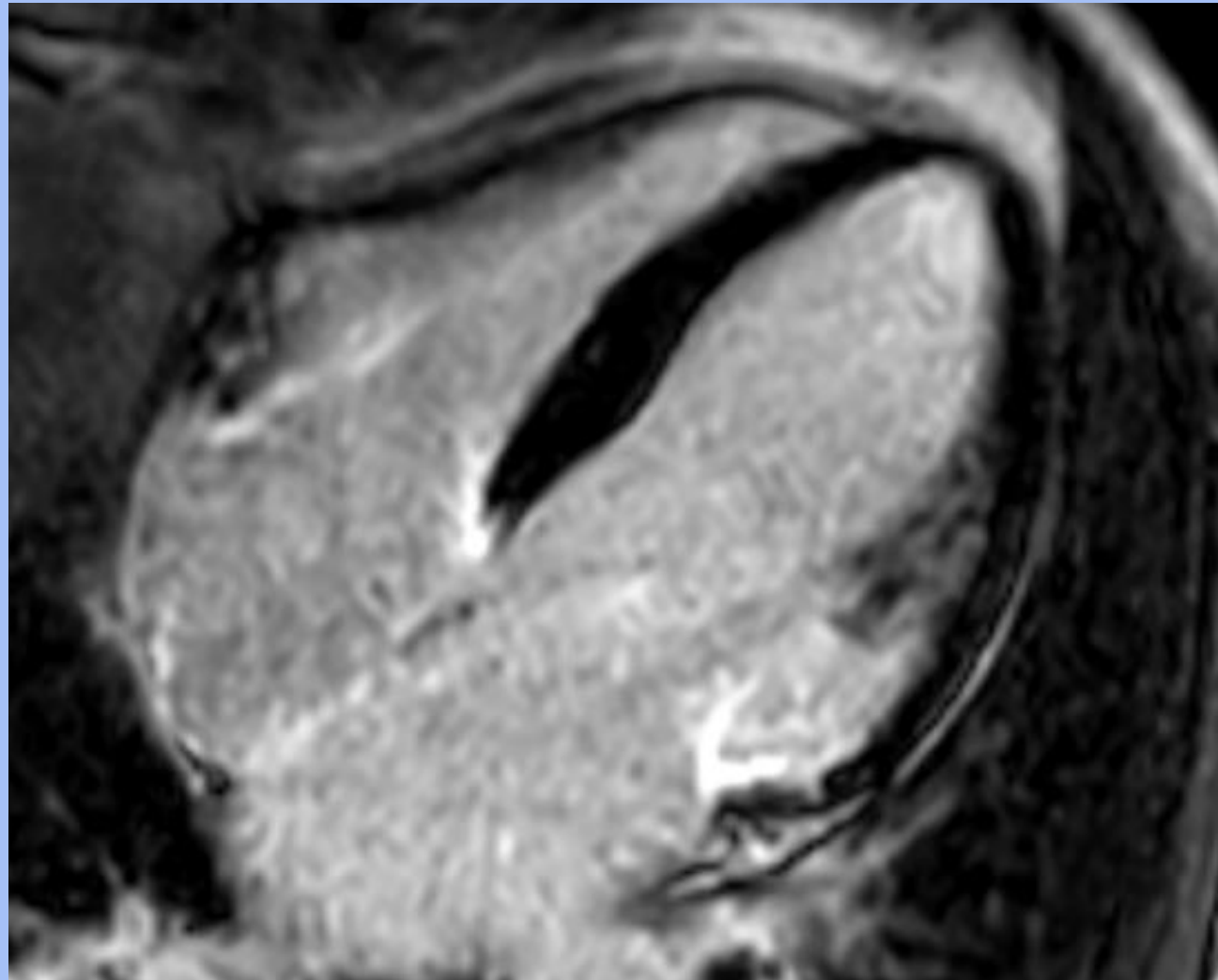
Men även sådant här ekg kan ge bra bilder



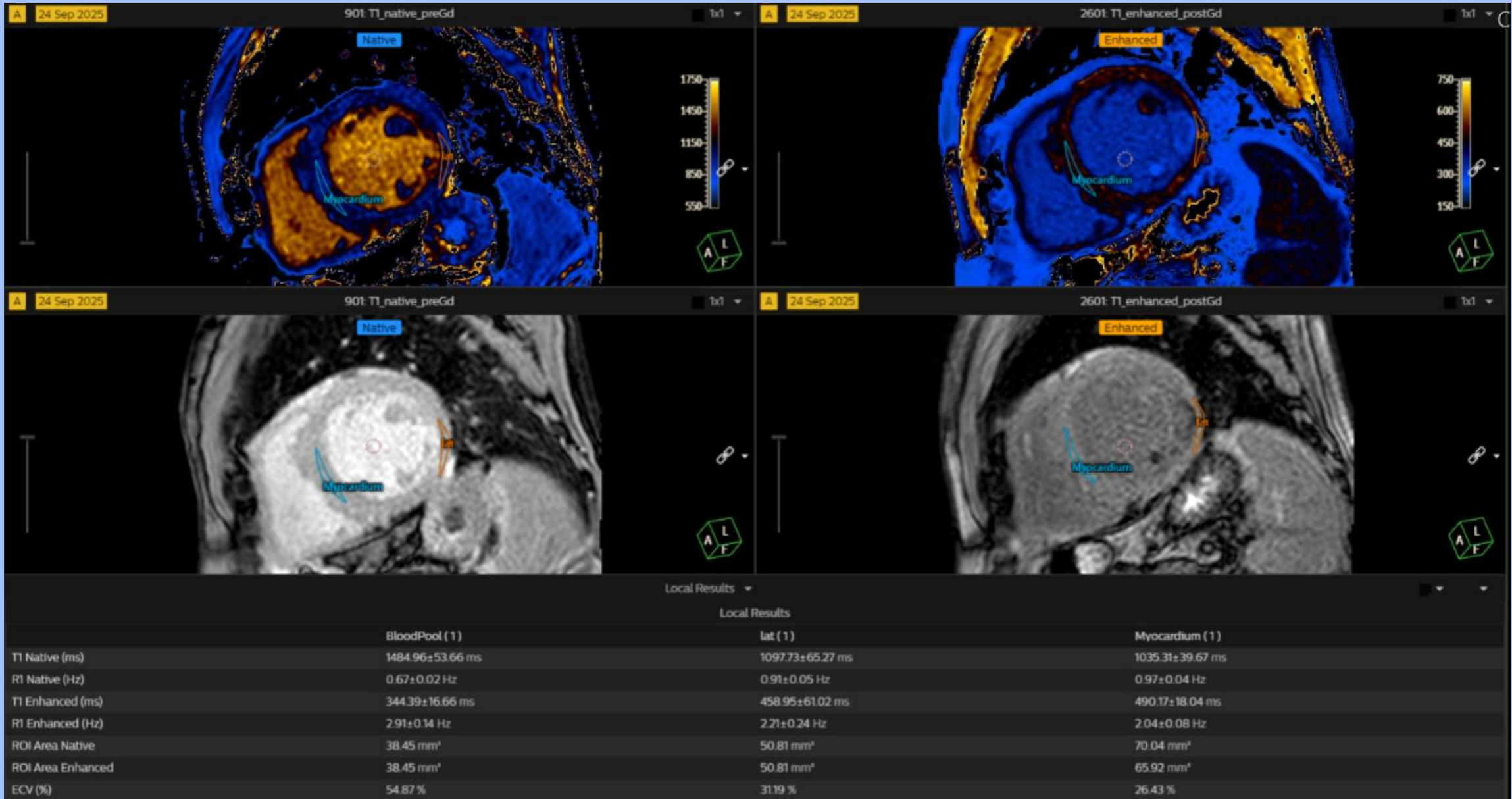
I T2-viktad bild blir stillastående vätska vit (ödem)



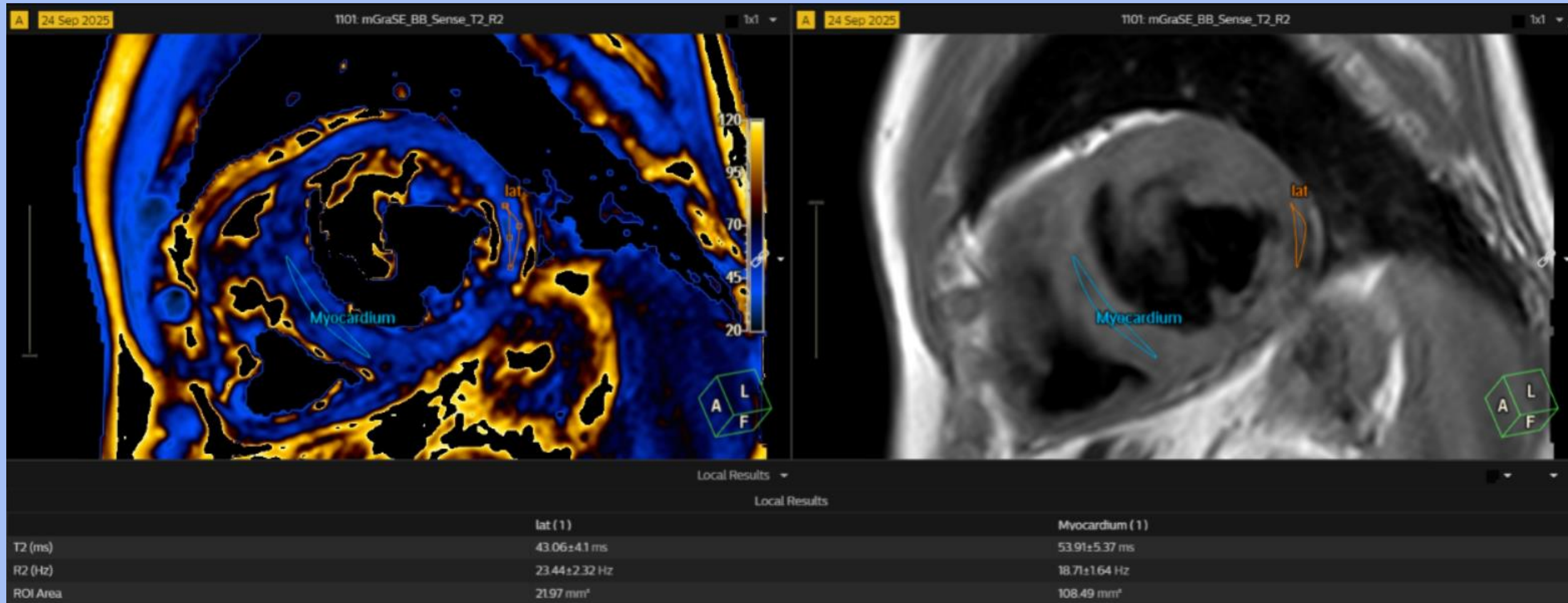
Dilaterad kardiomyopati + äldre fibr ärr lateralt



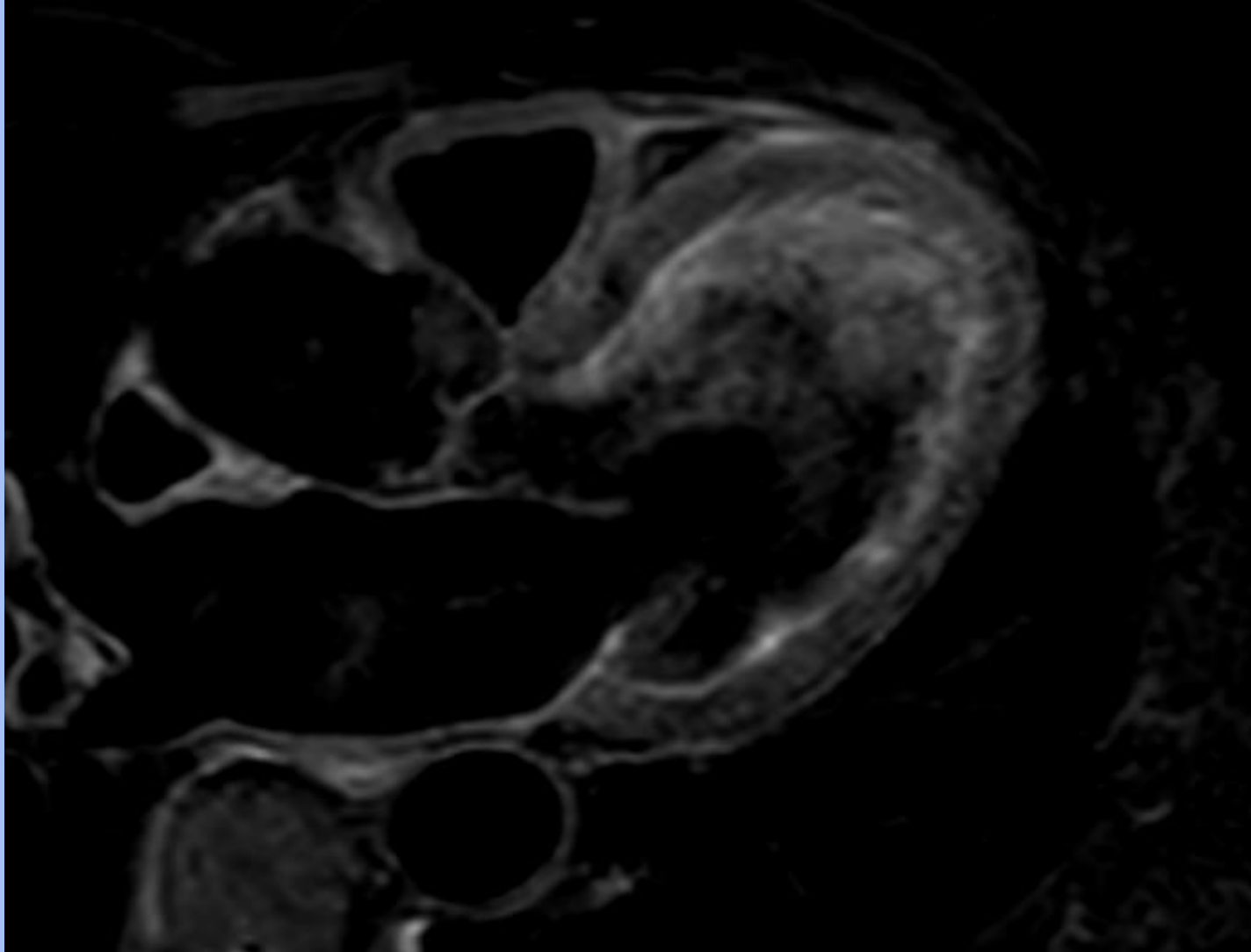
T1-mapping för inlagring/vätska/fett/fibros



T2-mapping för ödem, alternativ till STIR



STIR för att leta ödem



Frågor ?

