



HL1202 Övningsmaterial – MR

Rekommenderade förberedelseuppgifter inför MR-seminariet: 1.15, 2.11, 3.5, 3.7

Lärandemål 1: Förklara och tillämpa de fysikaliska processerna som ligger till grund för avbildning

E) Beskriva fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med givna parametrar

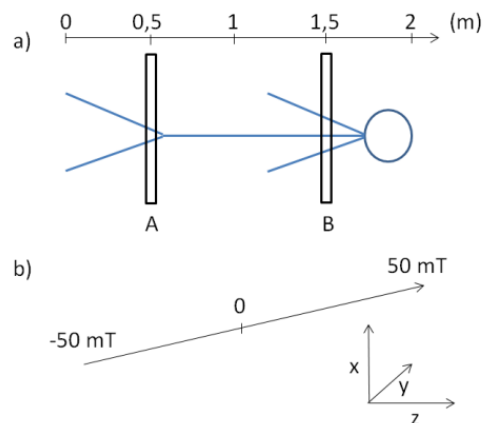
- 1.1 Vilka egenskaper har väteatomerna som gör dem lämpliga att använda för MR-avbildning? Vilka andra atomer skulle kunna användas och varför?
- 1.2 Vad händer med protonerna vid påverkan av ett externt magnetfält? Förklara termerna: Larmorfrekvens, Protonspinn, Protonprecession.
- 1.3 Hur påverkas Larmorfrekvensen av styrkan på B_0 ?
- 1.4 Beskriv vad som kan avbildas/inte kan avbildas med MR och förklara varför.
- 1.5 Beskriv signalen som mäts och bygger upp bilden vid en MR-undersökning. Beskriv principerna för hur MR-signalen uppkommer och detekteras.
- 1.6 Vilka olika sätt finns för att få kontrast i en MR-bild? Hur kommer det sig att det blir kontrast i bilderna? Vad är T1 och T2 och hur uppkommer de effekter som T1 och T2 är ett mått på? Vilken/vilka vävnadsegenskaper ger upphov till kontrast i en T1- och T2-viktad bild?
- 1.7 Vad ser man i en T1-viktad bild, vad blir mörkt respektive ljust och varför?
- 1.8 Vad ser man i en T2-viktad bild, vad blir mörkt respektive ljust och varför?
- 1.9 Rita kurvan för T1-relaxationen för vatten som har $T1 = 4000$ ms vid 1,5T. Markera var T1-tiden för vatten kan utläsas samt ange axlarnas storhet.
- 1.10 Rita kurvan för T2-relaxationen för vatten som har $T2 = 2000$ ms vid 1,5T. Markera var T2-tiden för vatten kan utläsas samt ange axlarnas storhet.
- 1.11 Avbildning med MR kan ge olika typer av kontrast genom att ändra TR och TE. Vilken typ av kontrast fås vid de olika kombinationerna av TR och TE i rutorna a, b och c? Förklara även varför en viss typ av kontrast fås i de olika fallen och vad som blir ljust respektive mörkt i bilden (fett eller vatten).

	Kort TE <10 ms	Lång TE > 40ms
Kort TR < 1000 ms	a	
Lång TR > 3000 ms	b	c

- 1.12 Beskriv tre artefakter som kan uppstå i en MR-bild?
- 1.13 Vad finns det för risker med MR och vad ska man tänka på för att göra undersökningen säker för patienten?

- 1.14 Vad är TR och TE och hur ska de väljas för att få en T1, T2 eller protondensitetsviktad bild? Motivera ditt svar.
- 1.15 Nedan beskrivs fyra händelser som sker efter varandra (a, b, c, d) för att ta en MR-bild på en patient som är 2 m lång. Förklara för var och en av händelserna vad som händer med magnetiserings-vektorerne M_{xy} och M_z i tvärsnitt A och B i figur a när:

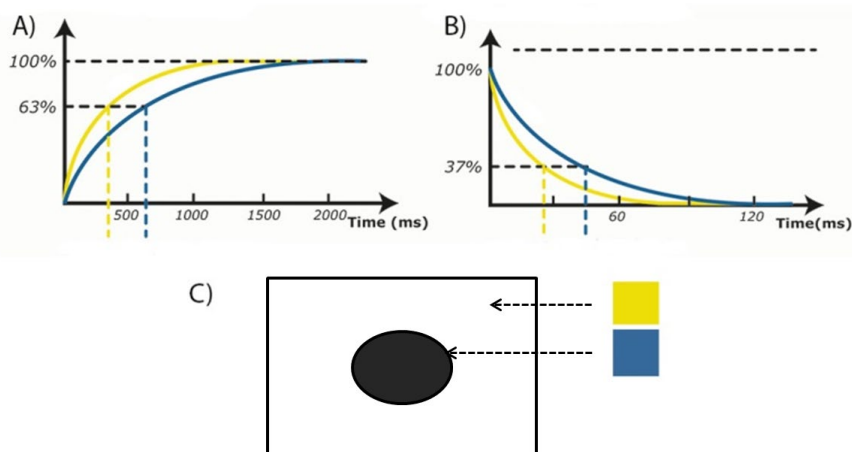
- a) patienten placeras i ett stationärt magnetfält på 1T.
b) ett gradientfält med storleken 50 mT/m slås på i z-led enligt figur b.
c) en RF-puls med centerfrekvens 42,57 MHz skickas in.
d) en RF-puls med centerfrekvens 43,63 MHz skickas in.



- 1.16 En patient undersöks i horisontellt läge i en MR-kamera med fältstyrkan (B_0) 1T. Gradientfältet i z-led (G_z) är 100 mT/m och appliceras i z-led från patientens fötter till huvud. För att avbilda ett snitt 1 m från fötterna används en RF-puls med centerfrekvens 42,6 MHz. Vilken centerfrekvens ska RF-pulsen ha för att avbilda en skiva av hjärtat som är 1,5 m från fötterna?
- 1.17 Figur A-B visar transversella och longitudinella magnetiseringskurvor för vatten och fett. Figur C visar en MR-bild där området som blir ljus i bilden motsvarar de gula kurvorna i figur A-B och området som blir mörkt i bilden motsvarar de blåa kurvorna i figur A-B.

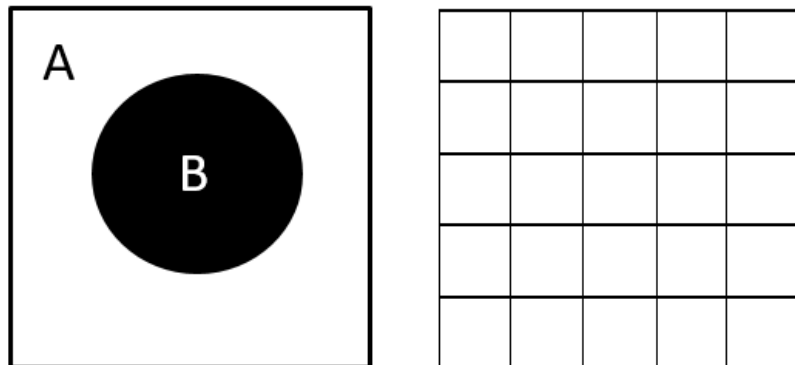
a) Förklara från vilken av figurerna (A eller B) fett och vattens T_1 - respektive T_2 – tider kan utläsas. Ange T_1/T_2 – tider för fett och vatten utifrån diagrammen samt ange om fett respektive vatten motsvarar de gula eller blåa kurvorna i figurerna A-B.

b) Vilken viktning har bilden i figur C? Förklara varför det som motsvaras av de blåa kurvorna i figurerna A-B blir mörkt och det som motsvaras av de gula kurvorna i figurerna A-B blir ljus. Ange ungefärliga TE och TR-tider i ms som använts för att skapa bilden i figur C. Motivera dina svar.



C/A) Förklara fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med implicita parametrar/Beräkna eller uppskatta avbildningsprocesser genom egna antaganden

- 1.18 Objektet i figuren till vänster, där $T_{1A} = 250$ ms, $T_{2A} = 70$ ms, $T_{1B} = 3000$ ms och $T_{2B} = 1500$ ms, avbildas i en MR-kamera med $TE = 60$ ms och $TR = 2800$ ms. Matrisen som används vid avbildningen visas i den högra figuren, dvs en matrisstorlek på 5×5 pixlar används. Rita hur bilden kommer att se ut, ange vilken typ kontrast bilden har och förklara varför den typen av kontrast har uppstått.

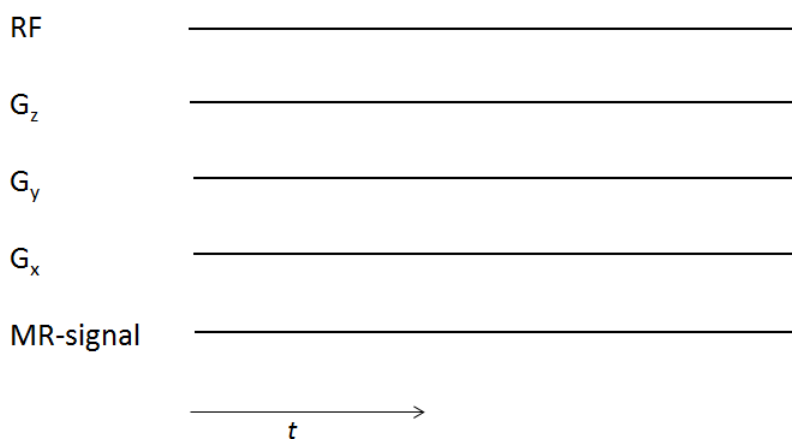


Lärandemål 2: Redogöra för uppbyggnaden och principen av bildgivande tekniker och apparatur

E) Beskriva tekniken och systemets ingående delar samt dess funktion

- 2.1 Beskriv de ingående delarna i en MR-kamera samt dess funktioner. (ex. huvudmagnet, gradientspolar, mottagarspolar)
- 2.2 Vad händer när styrkan på det externa magnetfältet ökas och vilka för- och nackdelar finns det med starkare magnetfält?
- 2.3 Hur genereras RF-pulsen och vad är syftet med den? Vilka avväganden måste tas i beaktande när RF-pulsen väljs?
- 2.4 Hur gör man för att få MR-bilder från olika tvärsnitt av kroppen?
- 2.5 En vanlig sekvens för att generera MR-bilder är spin-ekosekvensen. Beskriv den. Vad gör 90° -pulsen respektive 180° -pulsen, hur påverkar pulserna protonerna och därmed också nettomagnetiseringen i z- och x-y-led?
- 2.6 Bilden nedan visar tidsaxlar för när RF-signaler skickas ut, gradienter slås på (G_z = gradienten i z-led, G_y = faskodningsgradienten, G_x = frekvenskodningsgradienten) samt MR-signalen läses av.

a) Rita av bilden nedan och markera på tidsaxlarna när 90° -pulsen och 180° -pulsen skickas in, när de tre gradienterna är påslagna samt när MR-signalen läses av i en spin-ekosekvens. Markera även TR och TE på tidsaxlarna.



b) Hur bör TR och TE väljas i sekvensen ovan för att få en T1-viktad bild på hjärnan? Utgå från värdena i tabellen, motivera kort ditt svar och ange svaret i sekunder.

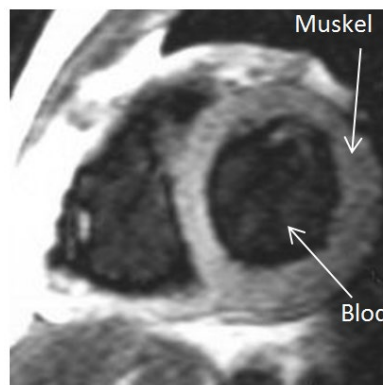
	T_1	T_2
Cerebrospinalvätska	2500 ms	1000 ms
Vit hjärnsubstans	780 ms	90 ms
Grå hjärnsubstans	920 ms	100 ms

c) Vad blir ljus respektive mörkt i bilden i b)? Förklara varför.

- 2.7 Beskriv skillnaden mellan T2 och T2*.
- 2.8 Beskriv hur en 3D-bild skapas med MR.
- 2.9 Figuren visar en MR-bild på ett hjärta i kort-axel med snitt-tjockleken 8 mm.

a) Vilken viktning har bilden? Förklara varför blod är mörkt och varför muskel är ljus samt ange och motivera typiska TE och TR i ms för att ta en bild med denna viktning.

b) Vilka fördelar respektive nackdelar finns det med att använda ännu smalare respektive tjockare snitt än 8 mm och hur kan detta uppnås? (frågan hör till lärandemål 3)

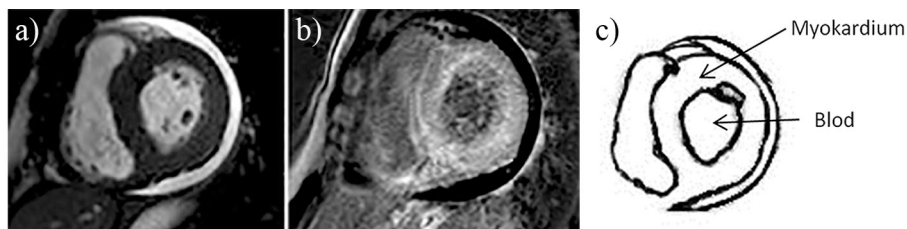


2.10 Är följande påstående sant eller falskt om övriga inställningar inte ändras:

- a) En ökning av FOV resulterar i förbättrad spatiell upplösning
- b) En ökning av FOV resulterar i förbättrad temporal upplösning
- c) En ökning av B_0 resulterar i längre T_1

2.11 Figur a-b visar två MR-bilder av hjärtat. Bilderna har tagits med en spin-ekosekvens i ett kortaxelsnitt av hjärtat där vänsterkammarens muskel (myokardium) och hålrum (blod) är synliga enligt markering i den schematiska bilden i figuren (c).

- a) Vilken typ av kontrast har bilden i figur a? Ange även hur TE och TR har valts för att få denna typ av kontrast samt varför de valda TR och TE ger upphov till den kontrasten.
- b) Vilken typ av kontrast har bilden i figur b? Ange även hur TE och TR har valts för att få denna typ av kontrast samt varför de valda TR och TE ger upphov till den kontrasten.



MR-bilder i kortaxel av hjärtat (a-b) samt schematisk bild av det avbildade planet i hjärtat (c).

C/A) Redogöra för hur givna förändringar i tekniken och systemets ingående delar påverkar avbildningen/Redogöra för hur tekniken och systemets ingående delar kan optimeras genom egna antaganden

2.12 Beskriv utifrån egna antaganden hur tekniken och avbildningsparametrar kan optimeras vid MR-avbildning av ett knä.

Lärandemål 3: Redogöra för modaliteternas bildkvalitet

E) Med givna parametrar beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet samt förklara hur de begränsas utifrån fysikaliska processer

- 3.1 Hur lokaliseras pixlarna i varje tvärsnitt?
- 3.2 Beskriv vad som bestämmer temporal upplösning i en MR-bild och hur den kan förbättras.
- 3.3 Beskriv vad som bestämmer spatiell upplösning i en MR-bild och hur den kan förbättras. Beskriv detta för x-, y- och z-led.
- 3.4 Beskriv vad som bestämmer kontrastupplösning i en MR-bild och hur den kan förbättras.
- 3.5 Två MR-bilder, A och B, tas på samma objekt med olika inställningar som anges nedan. De inställningar som inte anges antas vara samma för de två bilderna. Finns det en skillnad och i så fall vilken bild (A eller B) har bäst:
 - a) temporal upplösning?
 - b) spatiell upplösning i z-led, x-led och y-led?
 - c) T1-kontrast mellan vatten och fett.

Relaxationstider för vatten och fett vid 1T anges i tabellen. Motivera dina svar!

Bild A B ₀ : 1,5T Matrisstorlek: 256 x 256 pixlar TR: 3500 ms TE: 100 ms Field of view: 5 x 5 cm Slicetjocklek: 3 cm	Bild B B ₀ : 1,5T Matrisstorlek: 512 x 512 pixlar TR: 300 ms TE: 30 ms Field of view: 10 x 10 cm Slicetjocklek: 2 cm
--	--

	T1	T2
Vatten	4000	2000
Fett	250	70

- 3.6 Hur påverkas MR-bilderna om patienten andas under bildtagningen?
- 3.7 En protondensitetsviktad MR-bild tas av ett 2D-snitt av hjärnan med följande inställningar: TR = 3000 ms TE = 20 ms, field of view = 10 x 10 cm och matrisstorleken 200 x 200 pixlar.
 - a) Uppskatta den temporala upplösningen samt beskriv hur den kan förbättras.
 - b) Uppskatta bildens spatiella upplösning samt beskriv hur den kan förbättras.
- 3.8 Beskriv sambandet mellan spatiell respektive temporal upplösning och:
 - a) ökat FOV
 - b) minskat B₀
 - c) minskad matrisstorlek
 - d) smalare bandbredd på RF-pulsendå övriga inställningar inte ändras. Motivera dina svar.

C/A) Beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet med implicita parametrar/Beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet genom egna antaganden

- 3.9 Uppskatta, genom att göra rimliga antaganden, den temporala upplösningen i bilder/s då hjärtat avbildas i 3D med T1-viktning och 8 mm tjocka snitt.
- 3.10 Uppskatta hur lång tid det tar att samla in en protondensitetsviktad 3D volym av hjärtat med MR genom att göra rimliga antaganden.
- 3.11 En patient med befarad hjärnskada efter en fallolycka undersöks med en MR-kamera (3T).
- a) Uppskatta temporal upplösning av en T1-viktad bild av hjärnan i 3D med hög kontrast mellan grå och vit hjärnvävnad genom att göra rimliga antaganden. Tabellen anger T1 och T2-tider för grå och vit hjärnvävnad vid $B_0 = 3T$.
- b) Ange relevanta parameterar som ger avbildningen en spatiell upplösning på 0,5 mm i x- och y-led samt 3 mm i z-led.

	T1 (ms)	T2(ms)
Grå hjärnvävnad	1331	80
Vit hjärnvävnad	832	110