

MR Apparatur

Rune Sylvarnes

Radiografutd., HiTø
NORUT Informasjonsteknologi AS

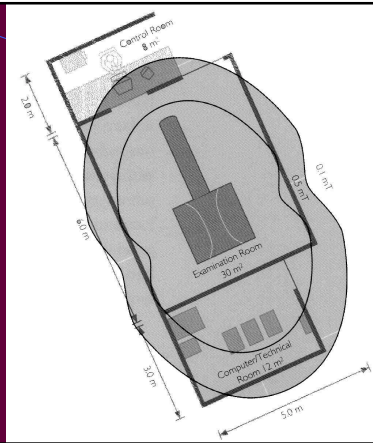
MR apparatur

- Magneter
 - statisk
 - varierende (gradientspoler)
- Radiobølger
 - sender
 - mottaker
- Datamaskin for bildeberegning
- Betjeningskonsoller
- Laserkamera/fotoenhet (overflødig ved PACS)
- Arbeidsstasjon

Varierer med posisjon, statisk i tid

Varierer i tid

Magnetfeltlinjer rundt



Tesla (T)

- Magnet feltstyrken måles i Tesla.
- Gammel måleenhet er Gauss (G).
- 1 Tesla = 10 000 Gauss.
- Magnetfeltet på jorda = ca. 0.5 G
- Magnetfeltstyrken for MR billedtaking = 0.3-1.5T (= 15 000 G)
- Telefon når vi har han helt inntil øret =0.3-0.4G. Grense for pacemaker pas.=10G.

MR

Hovedmagnetfeltet i en MR er statisk og ALLTID på. Styrken kan variere:

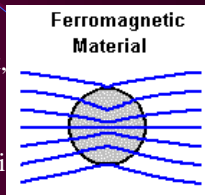
- høy-tesla 1.5 T
- middels Tesla 0.5 T
- lav-Tesla 0.2 T

Ulike typer magnetisme

- Ferromagnetisme
- Paramagnetisme
- Diamagnetisme

Ferromagnetisme

- Ferromagnetiske stoff har en stor magnetisk susceptibilitet, dvs. at når et slik materiale plasseres i et ytre magnetfelt, blir magnetfeltet sterkere inni materialet enn utenfor. Disse stoffene kan gi artefakter.
- Eks. jern, nikkel

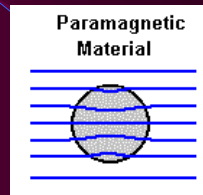


Basiskurs i MR, Tromsø-00

7

Paramagnetisme

- Paramagnetiske stoff har positiv magnetisk susceptibilitet, men kun tusendeler av den ferromagnetiske.
- Eks. O_2 og ioner av noen materialer



Basiskurs i MR, Tromsø-00

8

Diamagnetisme

- Diamagnetiske stoff har svakt negativ magnetisk susceptibilitet.
- Eks. det meste vev, vann, kobber, bariumsulfat

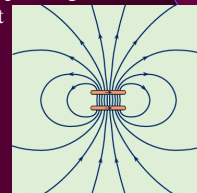


Basiskurs i MR, Tromsø-00

9

Spole

- En spole er en antenne sammensatt av et eller flere elementer der hvert element er en elektrisk ledende strømsløyfe
- Når sløyfen påtrykkes en spenning vil strømmen produsere et magnetisk felt

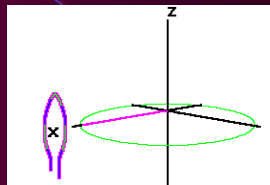


Basiskurs i MR, Tromsø-00

10

Induksjon

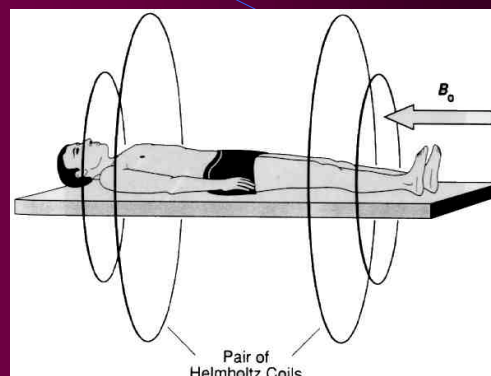
- Motsatt vil det genereres (induseres) en strøm gjennom strømsløyfen når magnetfeltlinjene gjennom en strømsløyfe alternerer.
- Slik måles MR-signalet.



Basiskurs i MR, Tromsø-00

11

Spole for å lage B_0



Superledende magneter (B_0)

- ◆ En spole hvor det går strøm. Magnetfeltet blir homogent midt inni spolen.
- ◆ Den vanligste magnettypen p.g.a magnetfeltstyrken, stabil og homogen.
- ◆ Spolen er sterkt nedkjølt og superledende (vanligvis lavere enn 10 K, dvs, -263°C)

Basiskurs i MR, Tromsø-00

13

Superledende forts.

- Superledende materialer har ikke motstand, og strømmen som går i den fortsetter å gå uten tilførsel av energi.
- Når strømmen først er satt i gang, går den uavbrutt => det sterke magnetfeltet B_0 kan ikke slås av.
- Spolen er omsluttet flytende helium som har kokepunkt på ca -269°C (4 K).

Basiskurs i MR, Tromsø-00

14

Magnetgradienter

- Gradientspoler lager små magnetfelt i tillegg til magneten.
- Gjør magnetfeltet gradvis sterkere / svakere i en retning.
- Ved å sende strøm i en eller flere av de 3 gradientspolene (X,Y,Z gradient), kan magnetfeltet gradvis gjøres sterkere /svakere i en hvilken som helst retning.
- Resonansfrekvensen endrer seg tilsvarende og gjør billedannelsen mulig. Ved hjelp av gradientene kan man fritt velge snittplanets orientering.

Basiskurs i MR, Tromsø-00

15

Spole/Coil

- For å sende og ta imot signal benyttes antenner eller spoler.
- Kroppsspole (body coil) er oftest bygd inn i apparatet og dekker hele volumet hvor det er mulig å ta bilder.
- Overflatespoler legges rundt pasienten der avbildning ønskes. Overflatespoler brukes for å bedre signal til støyforholdet, bedre oppløsning og kan tilpasse ulike kroppsdeler.

Basiskurs i MR, Tromsø-00

16

RF-spole

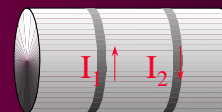
- Eksitasjon: Spolen produserer et alternerende felt B_1 med frekvens lik resonansfrekvens. Styrken av feltet og varigheten av feltet (pulsen) bestemmer pulsvinkelen.
- Mottak: Spolen får induisert en strøm når M har en alternerer komponent gjennom spolen.
- RF-spolene trenger begge forsterkere. Signalene er svake.

Basiskurs i MR, Tromsø-00

17

Maxwell pair

- Seleksjons gradient

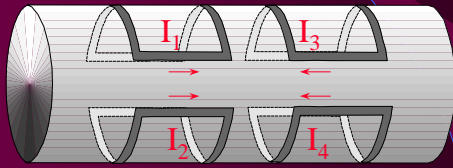


Basiskurs i MR, Tromsø-00

@KIG-95
18

Golay pair

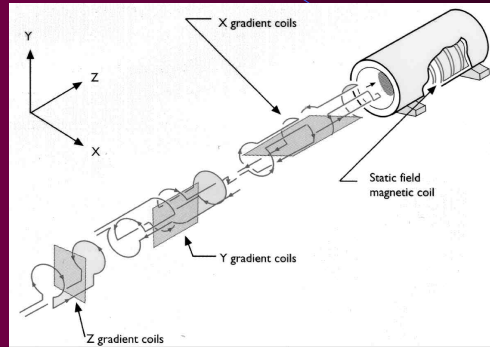
- Frekvens- og fase-kode gradient



Basiskurs i MR, Tromsø-00

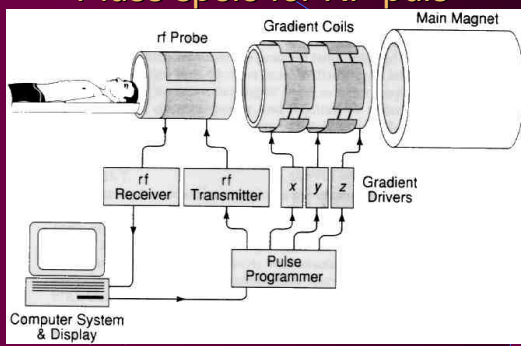
@KIG-95
19

Spoler for B_0, G_x, G_y, G_z



20

Pluss spole for RF-puls



Computer System & Display

Mottakerspoler

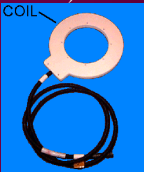
- Overflatespoler
 - Ringspoler
 - Salspoler (Saddle coil)
 - Fuglebur spoler (bird cave coil)
 - Phased array spoler
 - Kvadraturspoler

Basiskurs i MR, Tromsø-00

22

Overflatespole

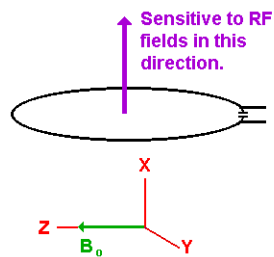
- Kun for mottak
- Godt SNR (signal-støy forhold)



Basiskurs i MR, Tromsø-00

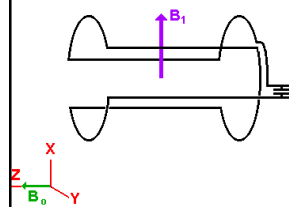
23

Surface Coil

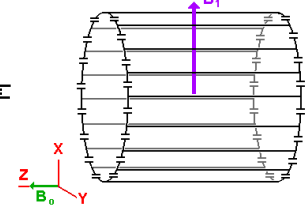


Andre spoler

Saddle Coil



Bird Cage Coil

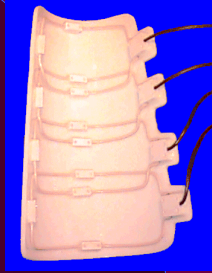


Basiskurs i MR, Tromsø-00

24

Phased Array spoler

- Lineær eller kvadratur
- Hver spole (2-8 stk) er uavhengig av de andre
- Kan dekke større områder med samme SNR som en enkel spole
- Nyeste: Phased array med koding i hardware => raskere



Basiskurs i MR, Tromsø-00

25

Kvadraturspoler

- Sammensatt av to spoler 90° på hverandre.
- De måler samme signal (korrelert), men ikke samme støy (ukorrelert).
- Ved riktig sammensetning av signalene kan SNR reduseres med faktor $\sqrt{2}$ sammenlignet med lineære spoler.
- Kan være både sender og mottaker

Basiskurs i MR, Tromsø-00

26

Gradient-, RF og mottaker-spoler

- Vi kan tenke oss en "Tilleggsmagnet" til hovedmagneten. Hovedmagneten er en spole som sender RF-pulsene fra den store tunnelen pasienten ligger i.
- Magnetgradientene er mye svakere enn hovedmagneten.
- Tilleggsmagneten eller spolen som detekterer NMR signalet er derimot plassert på pasienten.

Basiskurs i MR, Tromsø-00

27

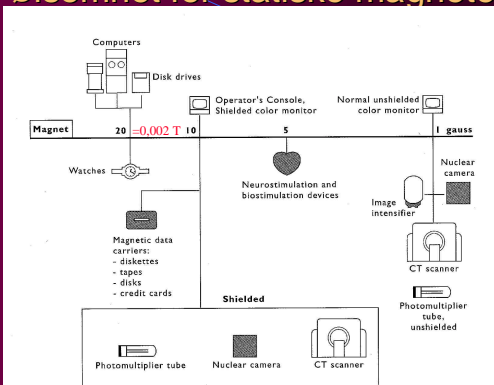
Skjerming for B_0

- Passiv skjerming: Store jernplater rundt lab'et.
- Aktiv skjerming: Ytre superledende magnet utenpå den indre superledende magneten
- Ytre spole med strøm motsatt vei => reduserer feltstyrken utenfor magneten

Basiskurs i MR, Tromsø-00

28

Følsomhet for statiske magnetefelt



Skjerming for RF-puls

- MRI signaler er svake => må skjerme fra RF-signal utenfra.
- Skjermer også mot at RF-puls skal forstyrre radiosignal utenfor behandlingsrommet.
- Passiv skjerming: Faraday bur bygges i gulv, vegger og tak i lab'et.

Basiskurs i MR, Tromsø-00

30

Shimming

- Justering av B_0 for å lage magnetfeltet mest mulig homogent.
- Passiv: Produsent legger inn jernstykker i magneten.
- Aktiv: Programvare som justerer felt inhomogeniteter med gradientspolene med pasienten i magneten og bestemt ROI. Nyttig siden en kropp i feltet alltid fører til forstyrrelser i magnetfeltet.

Eddy strømmer

- Strømmer i ledende deler (som metallet som skjermer magneten) generert av raskt skiftende gradientfelt
- Eddy strømmer lager sin tur uønskede magnetgradientfelt som kan gi artefakter
- Motvirkes ved aktiv skjerming av gradientspolene

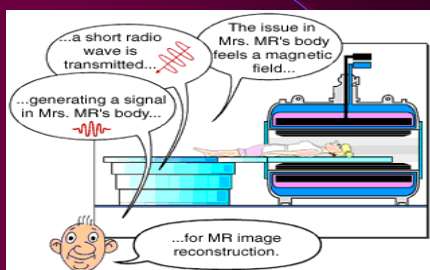
Annet tilleggsutstyr

- Kommunikasjonsutstyr med pasienten
- Utstyr for måling av pust og/eller puls for synkronisering av enkelte u.s.

Datamaskiner

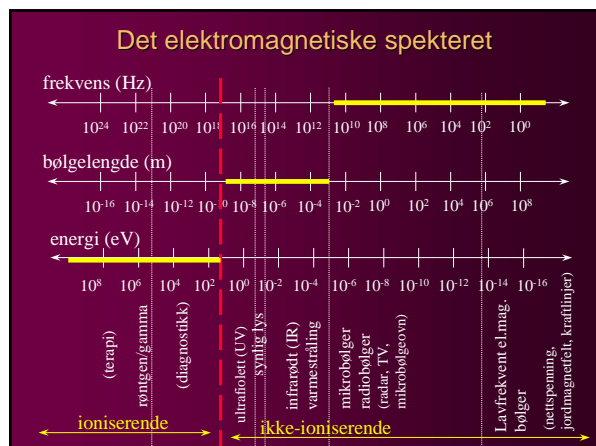
- Egne datamaskiner for styring av maskinen, bilderekonstruksjon og visning
- Krever mye databehandling for rekonstruksjon, men i dag er dette ingen bremse:
Kan rekonstruere opp mot 200 bilder pr. sek. I !

MRI



Hva avbilder vi?

| Modalitet | Avbilder |
|----------------|---|
| Røntgen/CT | Den lineære attenuasjonskoeffisienten μ (hvor mye røntgenstrålen svekkes) |
| Ultralyd | Akustisk impedans (refleksjon av lydbølger) |
| Nukleærmedisin | Opptak av radiofarmasøytika |
| MR | T_1 , T_2 , Protontetthet (relaksasjon) |



Referanser

- <http://MRITutor.com/>
- <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside.htm>
- <http://www.users.on.net/vision/papers/hardware/hardware.htm>
- <http://www.britannica.com/>
- http://rad.usuhs.mil/rad/handouts/hood/mr_options/
- Philips, "Basic Principles of MR Imaging", 2nd ed
- Woolbarst, A: "Physics of Radiology", Appleton & Lange 1993
- Kjell-Inge Gjesdal, Ullevål sykehus
- Linda Isaksen, Høgskolen i Tromsø

Basiskurs i MR, Tromsø-00 38