Radiologiske undersøkelser av thorax

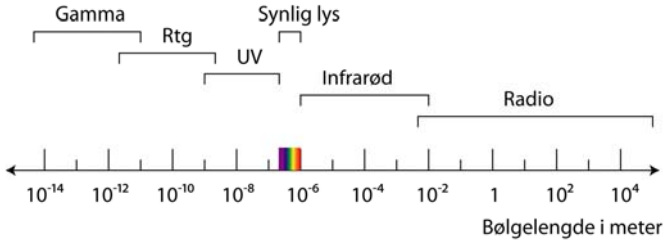
Av Sven Weum

Da Wilhelm Röntgen oppdaget røntgenstrålene for over hundre år siden var dette en diagnostisk revolusjon. Thorax med sine store kontraster mellom luft, bløtdeler og bein skulle snart vise seg å være svært godt egnet for røntgenundersøkelser. Det gikk ikke lang tid før røntgen thorax ble en sentral og uunnværlig del av pasientutredningen. Siden den gang har vi fått mange nye radiologiske metoder som CT, MR og ultralyd. Men fremdeles er røntgen thorax den mest brukte radiologiske undersøkelsen i medisinen.

RØNTGEN

Røntgenstråler er *elektromagnetiske stråler* på samme måte som radiobølger, mikrobølger, lys (infrarødt, synlig og ultrafiolett) og gammastråler. Elektromagnetiske stråler kjennetegnes ved at de

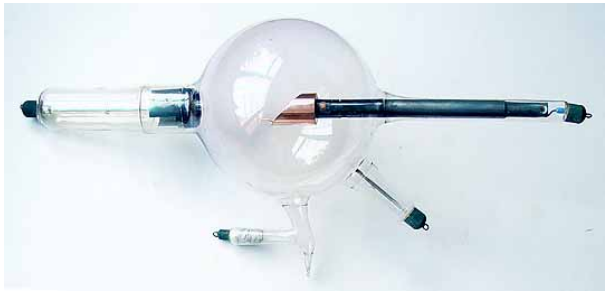
- ikke trenger noe medium for å spre seg
- sendes ut med både et magnetisk og et elektrisk felt
- har samme hastighet i vakuum og materie (300.000.000 m/s)
- beveger seg i rett linje
- kan vekselvirke med fysiske materialer slik at de absorberes eller spres
- oppfører seg både som bølger og partikler (fotoner)



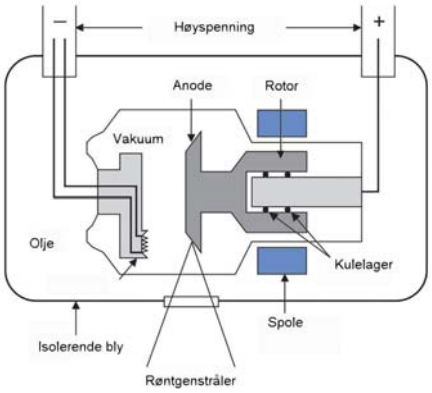
Fotoner har en energi som er proporsjonal med frekvensen de sendes ut med. Fotoner med høy frekvens (og altså kort bølgelengde) har derfor høy energi og kan brukes til røntgendiagnostikk.

DANNELSEN AV RØNTGENSTRÅLER

Wilhelm Röntgen oppfant røntgenrøret som kan omdanne elektrisk energi til røntgenstråler. Røntgenrøret kan bestå av et glassrør der luften er pumpet ut og inneholder en *katode* og en *anode*.



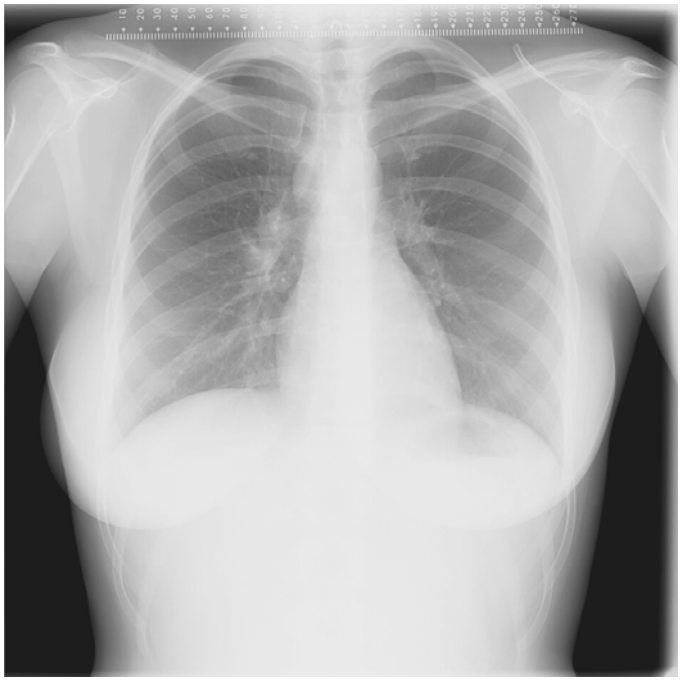
Katoden kan bestå av en glødetråd som gløder når man sender strøm gjennom den, på samme måte som i en lyspære. Når denne gløder vil det løsne elektroner fra overflaten som vil sveve rundt glødetråden. Ved å sette en høy elektrisk spenning på anoden vil de negativt ladede elektronene trekkes mot anoden med stor kraft. Elektroner løsner fra katoden og farer i vill fart mot anoden. Når elektronene kolliderer med anoden som er laget av metallet wolfram dannes det røntgenstråler.



Det er bare omkring en prosent av den elektriske energien som omdannes til røntgenstråler, resten går tapt som varme. For at anoden ikke skal bli ødelagt av varmeutviklingen, har moderne røntgenrør vanligvis en skålformet anode som beveges rundt av en motor. På denne måten fordeles varmen over et større område og røntgenrøret kan produsere mer stråler uten at anoden ødelegges.

RØNTGEN THORAX

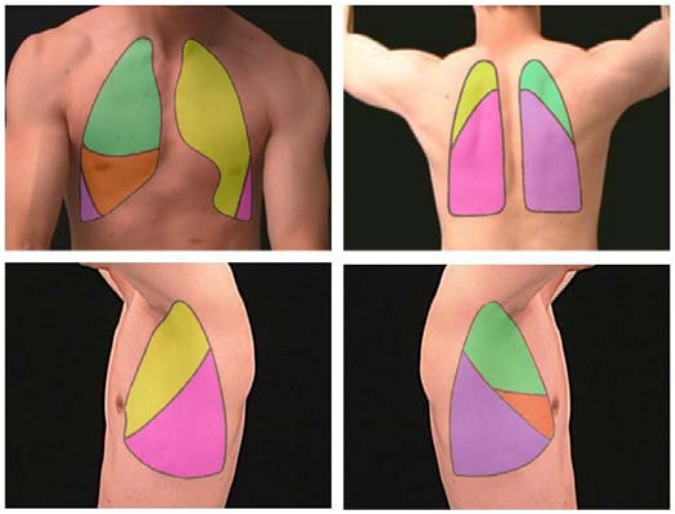
Ulike deler av kroppen har forskjellige fysiske egenskaper og gir ulike kontraster på røntgenbilder. I thorax har vi store kontraster mellom luft, bløtdeler og beinvev. Det ble tidlig oppdaget at thorax egner seg svært godt for røntgenundersøkelser.



Standard røntgen thorax tas stående med brystet mot detektorpanelet eller filmen, røntgenstrålene sendes inn fra ryggsiden og går i posterioanteriør retning (PA). I tillegg tas vanligvis et sidebilde slik at vi får fremstilt thorax i to plan.

Dersom pasienten er for dårlig til å stå må man ta røntgenbildet i seng. Detektoren eller filmplaten legges da bak pasientens rygg og røntgenstrålene sendes gjennom pasienten i anterioposteriør retning (AP). Fordi strålene sendes ut fra et lite punkt og divergerer slik at de dekker en større og større flate når avstanden fra røntgenrøret øker, vil thoraxorganene fremstilles ulikt på stående bilder (PA) og sengebilder (AP). Fordi røntgenrøret er nærmere og hjertet ligger langt frem i thorax, vil hjertet og

mediastinum bli forstørret på sengebilder. Når pasienten ligger på ryggen vil også venene i øvre del av lungene fylles med mer blod og bli mer tydelige. Dette kan likne mye på stuvning og er viktig å tenke på når man studerer sengebilder av thorax. Luft vil stige opp på forsiden av thorax og væske vil synke ned på ryggsiden når pasienten ligger på ryggen. Dette gjør det vanskeligere å påvise pneumothorax og pleuravæske.

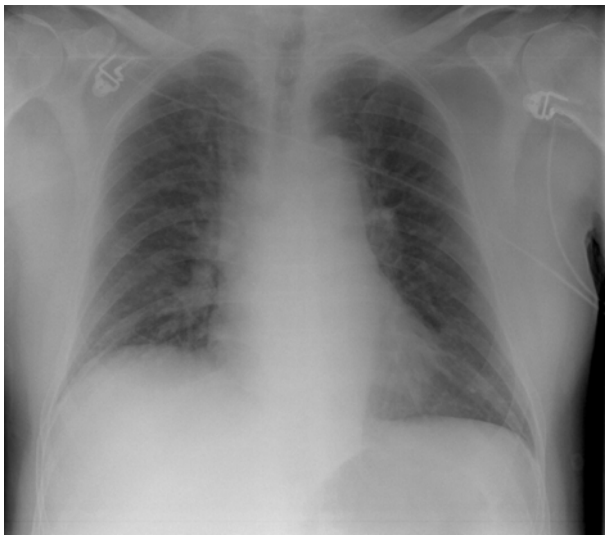


Dersom det er mulig vil vi derfor tilstrebe å ta stående bilder av pasienten. Normalt vil vi da ta bilder både i front- og sideplan.

Ved at anatomien fremstilles i to plan kan vi lokalisere eventuell patologi i tre dimensjoner. Når vi vet hvordan grensene mellom de ulike lungelappene går, kan vi relativt enkelt fastslå i hvilken lungelapp et infiltrat eller en tumorsuspekt fortetning befinner seg.

Mange patologiske forandringer vil bare synes i et plan fordi de overskygges av andre strukturer i det andre planet. Et eksempel kan være diffuse forandringer bak hjertet som synes bedre på sidebildet. Bakre sinus kommer også mye tydeligere frem på sidebildet der de ikke overskygges av diafragmakuplene.

Stående bilde



Sengebilde

TOLKNING AV RØNTGEN THORAX

Det er hovedsakelig tre fenomener som gjør det mulig å påvise patologi på røntgenbilder. Vi ser etter fortetninger (lysere områder), oppklaringer (mørkere områder) og forskyvning av de normale anatomiske strukturene. Når vi har kunnskap om den normale røntgenanatomien, kan vi påvise en rekke patologiske tilstander ved å lete systematisk etter slike forandringer.

For å få en mest mulig systematisk tilnærming til tolkning av røntgenbildene kan det være nyttig å følge en bestemt rekkefølge når man leter etter patologi. Denne "normalfloskelen" som beskriver et normalt røntgen thorax kan hjelpe oss med dette:

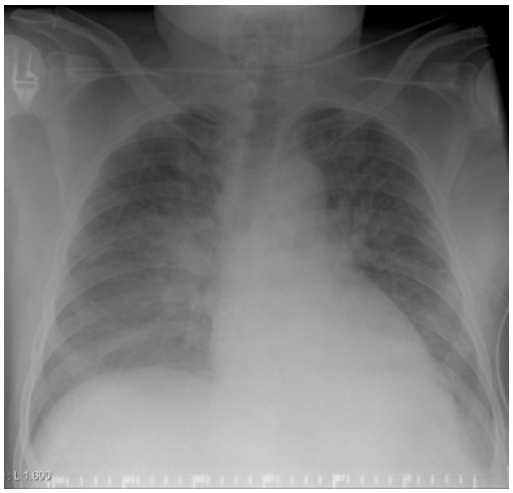
Frie sinus, normal hjerteskygge og konfigurasjon av mediastinum. Klare lunger uten stuvning, atelektaser, infiltrat eller tumorsuspekte fortetninger. Ingen pneumothorax eller skjelettpatologi.

Lær deg denne formuleringen utenat og gå gjennom den hver gang du ser på et røntgen thorax.

Frie sinus
Normalt fremstilles recessus costodiaphragmaticus på frontbildet som en spiss vinkel helt lateralt og basalt i begge lunger. På sidebildet ses bakre sinus på begge sider projisert over hverandre. Ved sammenvoksninger i pleura eller væske i de basale delene av pleurahulen vil sinus bli avrundet eller avflatet. På stående bilder kan man også se om det er fri luft i bukhulen under diafragma.

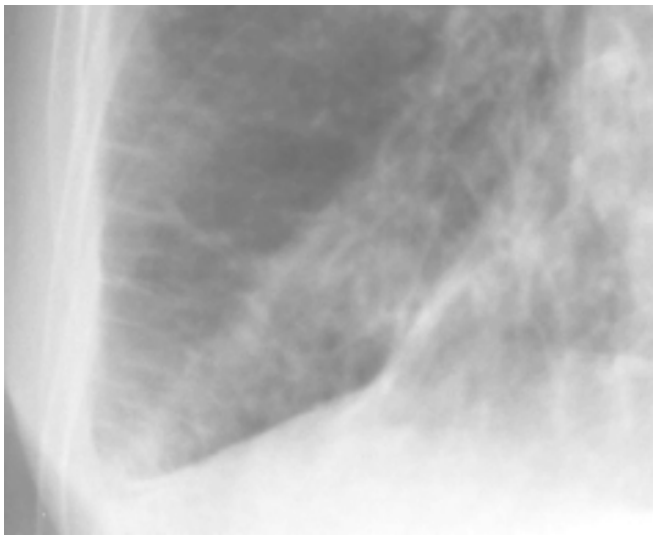
Normal hjerteskygge
Hvis pasienten har pustet godt nok inn ved undersøkelsen vil hjertet stå nokså vertikalt på frontbildet. Vi kan da måle bredden på hjertet og sammenlikne dette målet med avstanden mellom den mest laterale begrensning av høyre og venstre lunge. Hjertet skal ikke være bredere enn halvparten av denne avstanden. Vi kan også vurdere formen på hjertet for å ta stilling til hvilken del av hjertet som eventuelt er forstørret. Hvis det er innlagt pacemaker kan vi vurdere hvordan elektrodene er plassert i hjertekamrene. Ved pneumoniske infiltrat eller atelektaser som grenser mot hjertet (for eksempel i høyre lunges midtlapp) vil hjertekonturen her bli uskarp eller utvisket.

Normal konfigurasjon av mediastinum
Ved forstørrede lymfeknuter eller svulster i mediastinum vil mediastinalskyggen på frontbildet ofte bli bredere enn normalt. Ved thoracalt aortaaneurysme kan man ofte se en bredere aortaskygge enn normalt. Ofte kan vi ikke si med sikkerhet hvorfor mediastinum ser annerledes ut, men dette kan som regel avklares med en CT-undersøkelse. Mediastinalkonturen blir uskarp eller utvisket når det finnes lungefortetninger som grenser mot mediastinum.



Klare lunger uten stuvning
Ved hjertesvikt og hos pasienter som har fått for mye intravenøs væske, vil vi kunne se stuvningsforandringer i lungene.

På grunn av økt venetrykk fylles også venene apikalt i lungene som ellers er relativt sammenfalt. Markerte lungekartegninger er derfor et tegn på stuvning. Vanligvis er venene i de lavere lungeavsnittene mer tydelige enn venene apikalt, men ved stuvning blir de apikale venene like tydelige eller kraftigere enn de basale venene. Dette fenomenet kalles *redistribusjon*.



Når venetrykket øker ytterligere, får man *interstitielt ødem*. I tillegg til at kartegningene er videre apikalt, ses nå ofte uskarpe kartegninger basalt. På grunn av væskeansamling i det interstitielle rom blir det nå markerte interlobære septa. Dette blir synlig på røntgen thorax som *Kerley B linjer,* det vil si små horisontale lyse linjer som er mest synlige lateralt i lungene. Ved interstitielt ødem får man også væskeansamling omkring bronkiene og ofte nedsatt kontrast omkring hilusregionene. Sinus blir ofte avrundet eller utfylt på grunn av pleuravæske.

Ved enda høyere venetrykk utvikles *alveolært ødem*. Da ses grå eller hvite fortetninger med uskarp avgrensning i lungeparenchymet, oftest mest uttalt omkring hilusregionene og basalt. Fortetningene kan flyte sammen og bli flere centimeter i diameter. Noen ganger ses de som et sommerfuglmønster omkring hilus.

Atelektaser

Atelektaser er sammenfalt lungevev med nedsatt luftholdighet. Disse kan ses i områder med pleuravæske fordi lungen da ikke klarer å ekspandere normalt. Pasienter som ventilerer dårlig i forbindelse med operasjoner og sengeleie vil også ofte få atelektaser. Ved svulster eller fremmedlegemer som hindrer luftpassasje til enkelte lungeavsnitt vil vi også se atelektaseforandringer distalt for hinderet. Det er ikke alltid mulig å se forskjell på atelektaser og infeksiøse infiltrater. Vi kan som regel ikke utelukke at det også finnes infeksjon i et område der det er mye atelektaser. Da er klinikken og blodprøvene viktige for å avgjøre om det er infeksjon eller ikke.

Infiltrat

Med infiltrat mener vi vanligvis fortetninger som skyldes infeksjon i lungene. Disse kan ha ulikt utseende avhengig av type infeksjon, felles for alle infiltrater er at de fremtrer som patologisk økt tetthet i forhold til normalt lungevev. Men det kan som sagt være vanskelig å skille infeksiøse infiltrat

fra atelektaser. Noen svulster kan også likne pneumoniske infiltrater. Derfor er det viktig å kontrollere at en patologisk fortetning går tilbake etter behandling.

Tumorsuspekte fortetninger
Lungemetastaser opptrer oftest som runde fortetninger. Små metastaser kan være svært vanskelige å få øye på, og da er det nyttig å lete nøye gjennom alle lungefeltene med forstørrelse for å se etter patologiske fortetninger. Lungesvulster kan ofte ha et typisk utseende med spiculae som vokser ut fra tumor og inn i det friske lungevevet omkring. Det er viktig at vi oppdager mistenkelige forandringer tidlig slik at vi kan gjøre videre utredning og starte behandling så tidlig som mulig.

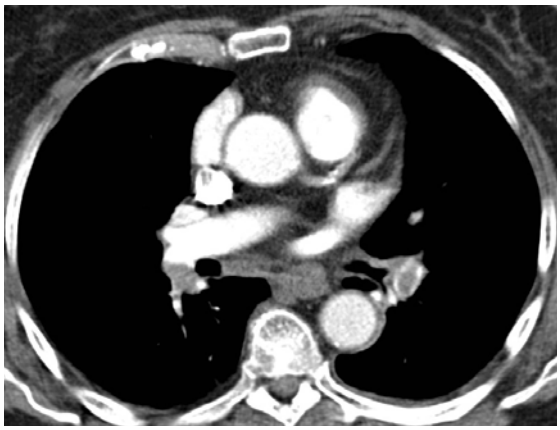
Pneumothorax
Normalt ligger viscerale og parietale blad av pleura tett mot hverandre med bare et tynt væskesjikt mellom disse. Hvis brystveggen punkteres ved et traume slik at det kommer luft inn mellom disse to sjiktene, fylles det ellers lukkede hulrommet med luft. Det samme kan skje hvis det lekker luft fra lungen og ut i pleurahulen, for eksempel fra emfysematøse bullae.

Skjelettpatologi
Vanlig røntgen thorax skal være eksponert slik at vi får optimal fremstilling av lungevev og andre bløtdeler. Men skjelettet fremstilles også, og vi kan enkelt se på sidebildet om det for eksempel finnes kileformede virvelcorpora på grunn av kompresjonsfrakturer. Vi kan se oppklaringer og fortetninger i beinvevet som kan være forenlig med henholdsvis lytiske eller sklerotiske metastaser. Osteolytiske forandringer ses også ved myelomatose.

Ferske costafrakturer med feilstilling ses vanligvis godt på røntgen thorax, selv om mange costafrakturer kan være vanskelige å se. Både clavicula, scapula og proksimale humerus ses på røntgen thorax og vi bør alltid se etter patologi også i skjelettet.

Costafraktur er primært en klinisk diagnose som stilles på bakgrunn av anamnese og klinisk undersøkelse som viser indirekte kompresjonsømhet. Ikke alle disse frakturene kan bekreftes med røntgen, men ved betydelige traumer tar man ofte røntgen thorax for å utelukke pneumothorax eller blødning til pleurahulen.

CT



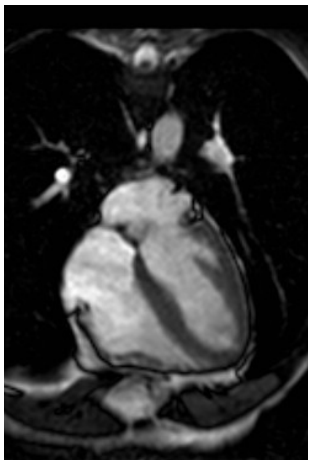
Computertomografi (CT) bruker "vanlige" røntgenstråler til å fremstille tomografiske snitt av pasientens kropp. Ved at røntgenrøret og de strålefølsomme detektorene roterer omkring pasienten, får computeren store mengder informasjon som settes sammen til bilder. Siden metoden ble introdusert på 70-tallet har det skjedd en voldsom utvikling både når det gjelder hvor raskt undersøkelsen kan gjøres og hvor god oppløsning man får på bildene. Med de mest moderne CT-maskinene kan vi nå ta bilder av hele thorax på få sekunder og rekonstruere snittbilder i alle ønskelige plan. Det finnes også avansert programvare som vi kan bruke for å bearbeide bildene og gi tredimensjonal fremstilling av de ulike organene.

CT gir svært god oversikt over anatomien. Undersøkelsen gjøres vanligvis fra lungetoppen til nedre begrensning av diafragma, og vi får da fremstilt alle organene i thorax. Ved å gi intravenøs kontrast kan vi skille mellom kar og andre strukturer, og ved å tilpasse tiden mellom kontrastinjeksjon og bildeopptak kan vi bestemme om vi vil ha mest kontrast i lungekretsløpet eller i aorta. For å utelukke lungeemboli kjører vi en egen lungeemboliprotokoll der maskinen måler røntgentettheten til blodet i truncus pulmonalis. Når tettheten er størst kjører maskinene så gjennom hele thorax slik at vi får fremstilt sirkulasjonen i lungenes arterielle kretsløp. Eventuelle embolier vil da synes som kontrastdefekter i de ellers kontrastfylte arteriene.

Hovedproblemet med CT er at pasienten utsettes for ganske stor stråledose. En vanlig CT-undersøkelse av thorax gir en stråledose som er større enn dosen fra hundre vanlige røntgenbilder. Dette kan forsvares når undersøkelsen virkelig er nødvendig, men man bør alltid tenke på strålehygiene før man rekvirerer CT, spesielt av barn og unge pasienter. Noen ganger vil CT være den beste undersøkelsen og helt nødvendig for å komme fram til riktig diagnose. Det er for eksempel ikke mulig å utelukke lungeemboli ved hjelp av røntgen thorax. CT er ofte uunnværlig i den preoperative vurderingen av kreftpasienter.

MR

Det teoretiske grunnlaget for magnettomografi (MR) har vært kjent i mange årtier, men det var først på 1980-tallet at den tekniske utviklingen var kommet langt nok til at det lot seg gjøre å lage MR-maskiner til diagnostisk bruk ved sykehus. MR eller MRI står for *Magnetic Resonance Imaging,* og dette er en type bildediagnostikk som bruker svært kraftig magnetisme og radiobølgepulser for å fremstille anatomien og eventuell patologi i kroppen.



Pasienten ligger inne i en tunnel og omgis der av et sterkt magnetfelt. Alle hydrogenkjernene i kroppen står kontinuerlig og spinner rundt sin egen akse. Ved å sende radiobølger inn i kroppen med en bestemt frekvens (avhengig av styrken på magnetfeltet), kan man få mange av hydrogenkjernene i kroppen til å gå inn i en høyere energitilstand der spinnet har endret retning. Kjernene vil etter en tid gå tilbake til sin opprinnelige tilstand, og da sendes det ut radiobølger. Ved at maskinen gjør små endringer i retningen på magnetfeltet til ulike tidspunkt, vil hydrogenkjernene sende ut radiobølger med ulik fase og frekvens alt ettersom hvilken fysisk plassering de ulike hydrogenkjernene har i kroppen. Disse fotonene fanges opp av en spole og danner grunnlaget for dannelsen av et bilde i maskinen. På denne måten kan man lage bilder i alle tenkelige plan.

Fordi hydrogenkjernene får ulike egenskaper alt etter hvilke molekyler de befinner seg i, er det mulig å skille mellom en mengde forskjellige typer vev ved hjelp av MR. Ved å endre ulike parametere kan vi få helt ulike bilder som gir forskjellige kontraster og viser ulike fysiske egenskaper ved vevene i kroppen. For eksempel vil vann bli svart på et såkalt T1-opptak, mens det blir hvitt på et T2-opptak. På et protonvektet opptak får vi et bilde der kontrastene bestemmes av protontettheten og så videre.

Ved hjelp av raske MR-sekvenser og EKG-styrt bildetaking kan vi nå ta bilder av hjertet som viser kontraksjon og blodfløde gjennom ulike deler av diastolen og systolen. MR egner seg ikke for undersøkelse av lungeparenchymet, men kan være svært nyttig for å kartlegge patologi i bløtdelene i

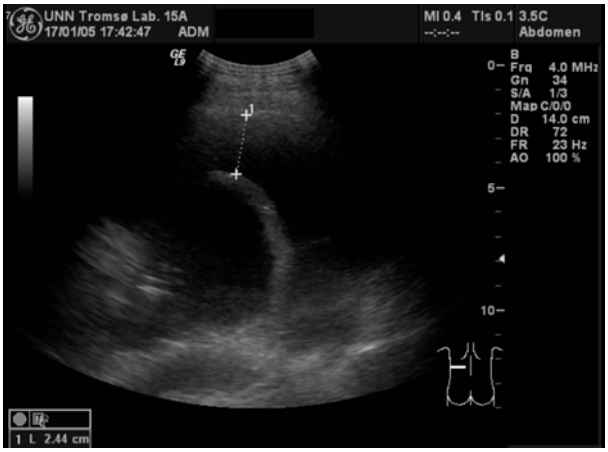
thorax. For pasienter som ikke tåler vanlig intravenøs kontrast kan MR være et alternativ til CT ved for eksempel kartlegging av aorta og de store karene i thorax.

MR utsetter ikke pasientene for noen skadelig stråling og er derfor en svært skånsom undersøkelse.

ULTRALYD

Ultralyd er lydbølger som svinger mye raskere enn øret klarer å oppfatte. Ultralyd som brukes klinisk har mellom 1 og 15 millioner svingninger per sekund (MHz). Bølgene av ultralyd sprer seg i væske og bløtdeler på samme måte som vanlige lydbølger. Når ultralydbølgene treffer ulike strukturer dannes det ekko som reflekteres tilbake. Ultralyd fungerer etter samme prinsipp som sonar, en teknologi som ble utviklet under 2. verdenskrig for å påvise ubåter.

En sender produserer et tog av korte pulser av høyfrekvente elektriske svingninger. Transduceren fungerer som en høyttaler som omformer de elektriske svingningene til høyfrekvente mekaniske vibrasjoner som går inn i kroppen. I et homogent medium som for eksempel vann, vil ultralydstrålen bare svekkes gradvis etter hvert som den penetrerer dypere og dypere. Men hvis strålen passerer gjennom ulike vev, vil noe av strålen reflekteres tilbake. Tiden det tar før impulsen kommer tilbake er direkte proporsjonal med avstanden fra transduceren. Styrken på ekkoet er avhengig av forskjellen i de fysiske egenskapene til de to typene vev som grenser til hverandre og avstanden fra transduceren. En computer omdanner ekkoene fra transduceren til levende bilder på en skjerm.



Kardiologene bruker ultralyd med Doppler for å fremstille hjertets bevegelse og blodfløde gjennom kamrene og klaffene. Vi kan også bruke ultralyd for å se på metastaser og andre lesjoner som ligger i tilslutning til brystveggen. Men ultralydbølgene reflekteres tilbake når de går fra vev og væske til luft og vi kan derfor ikke undersøke lungeparenchymet. Ultralyd er imidlertid en svært god undersøkelse for å kartlegge væske i pleurahulen, og vi bruker ultralyd for å se hvor vi skal stikke når vi tapper pleuravæske.

S Weum 140907